AXISVM

FELHASZNÁLÓI KÉZIKÖNYV

™ Minden márka- és terméknév az adott cég védjegye vagy bejegyzett védjegye
©1991-2027 Inter-CAD Kft. Minden jog fenntartva.

A programrendszer célja a tervezési munka megkönnyítése. Használata nem csökkenti felhasználójának felelősségét, hogy a kötelező szakmai gondossággal járjon el, valamint a tervezés időpontjában hatályos, idevonatkozó jogszabályi előírásokat, szabványokat maradéktalanul tartsa be.

Az INTER-CAD Kft. fenntartja a jogot termékének megváltoztatására, előzetes értesítés nélkül

Tartalomjegyzék

1. ÚJDONSÁGOK AZ 27-ES VERZIÓBAN 12

2. A RENDSZER HASZNÁLATA 14

2.1. Hardverszükséglet 14
2.2. Védelem, installálás, indítás, verziócsere, kapacitás, nyelv 14
2.2.1. Az AXISVM indítópult 14
2.2.1.1. Hibaelhárítás és hibaüzenetek 16
2.2.2. Felhő (cloud) alapú licenc (Sentinel CL) 19
2.2.3. Hardverkulcsos védelem 21
2.2.3.1. Sentinel SuperPro 21
2.2.3.2. Sentinel HL 23
2.2.4. Szoftverkulcsos védelem (Sentinel SL) 24
2.2.5. Telepítés 26
2.2.6. Bővítmények futtatása 31
2.3. Hogyan kezdjünk hozzá? 32
2.4. A képernyő felosztása 33
2.5. Billentyűzet és egérkezelés, kurzor 34
2.6. Billentyűparancsok 35
2.7. Gyorsmenü 39
2.8. Dialógusablakok 39
2.9. Táblázatok 39
2.9.1. Rugókarakterisztikák 46
2.10. Dokumentációszerkesztő 47
2.10.1. A dokumentációs eszköztár 50
2.10.2. Dokumentáció 51
2.10.3. Szerkesztés 53
2.10.3.1. Dokumentáció generálása sablon alapján 54
2.10.3.2. Sablon szerkesztése 55
2.10.3.3. Dokumentáció generálása szűrők segítségével 59
2.10.4. Rajzok 59
2.10.5. Képtár 59
2.10.6. A Képtár és a Rajztár gyorsgombjai 60
2.10.7. Szövegszerkesztő 60
2.11. Szintek 61
2.12. Fóliakezelő 61
2.13. Rajztár 61
2.14. Mentés a rajztárba 61
2.15. Export 3D PDF formátumba 61
2.16. Ikontábla 62
2.16.1. Kijelölés 63
2.16.2. Nagyítás, kicsinyítés 65
2.16.3. Nézetek, perspektíva beállítás 66
2.16.4. Ábrázolási mód 67
2.16.5. Színkódolás 72
2.16.6. Objektumok másolása és mozgatása 74
2.16.6.1. Eltolás 74
2.16.6.2. Forgatás 75
2.16.6.3. Tükrözés 76
2.16.6.4. Skálázás 77
2.16.7. Munkasíkok 77
2.16.8. Raszterhálók 79
2.16.9. Vonalzók 82
2.16.10. Szerkesztést segítő kényszerek 82
2.16.11. Kóták, méretvonalak, feliratok 83
2.16.11.1. Vetületi méretvonalak elhelyezése 84
2.16.11.2. Hossz-méretvonalak elhelyezése 86
2.16.11.3. Szögkóták elhelyezése 87
2.16.11.4. Ívhossz kóta elhelyezése 88
2.16.11.5. Ívsugár kóták elhelyezése 88
2.16.11.6. Szint- és magassági kóták elhelyezése 88
2.16.11.7. Szövegdobozok elhelyezése 89
2.16.11.8. Információs és eredményfeliratok elhelyezése 90

2.16.11.9. Szintvonal feliratozás ... 93
2.16.11.10. Alaptest kóták beállítása ... 93
2.16.12. Háttérfólia szerkesztése ... 93
2.16.13. Átnevezés, átsorszámozás ... 95
2.16.14. Vágósávok ... 95
2.16.15. Forgóasztal ... 97
2.16.16. Drón ... 97
2.16.17. Részletek ... 102
2.16.18. Metszet ... 104
2.16.19. Virtuális rúd ... 108
2.16.20. Keresés ... 111
2.16.21. Megjelenítés ... 112
2.16.22. Modellbeállítások ... 118
2.16.23. Információ ... 121
2.17. Az intelligens parancssor ... 122
2.18. Gyorskapcsolók ... 124
2.18.1. Az azonosítás szabályozása ... 125
2.19. Információs paletták ... 126
2.19.1. Info-paletta ... 126
2.19.2. Színkódolás ... 126
2.19.3. Koordináta-paletta ... 126
2.19.4. Színskála-paletta ... 126
3. MENÜ ... 130
3.1. Fájl ... 130
3.1.1. Új ... 130
3.1.2. Korábbi változatok ... 131
3.1.3. Megnyitás ... 132
3.1.4. Mentés ... 132
3.1.5. Mentés névvel ... 132
3.1.6. Export ... 132
3.1.6.1. AUTOCAD DXF fájl exportálása ... 133
3.1.6.2. IFC fájl exportálása – IFC modul ... 133
3.1.6.3. AXISVM modell exportálása Revitbe ... 135
3.1.6.4. Tekla Structures fájlok exportálása ... 138
3.1.6.5. Nemetschek AllPlan fájlok exportálása – ALP modul ... 139
3.1.6.6. SAF formátumú fájl exportálása ... 140
3.1.6.7. AXISVM adatok exportálása ... 141
3.1.6.8. Egyéb alkalmazások adatainak exportálása ... 141
3.1.7. Import ... 141
3.1.7.1. AutoCAD DXF fájl importálása ... 142
3.1.7.2. IFC fájl importálása – IFC modul ... 143
3.1.7.3. REVIT RAE fájl importálása – REV modul ... 145
3.1.7.4. Importálás a Tekla Structures programból ... 151
3.1.7.5. PDF fájl importálása ... 151
3.1.7.6. SAF formátumú fájl importálása ... 152
3.1.7.7. AXISVM AXS fájl importálása ... 153
3.1.7.8. Egyéb alkalmazások fájljainak importálása (*.stl, *.sc1, *.geo, SDNF, DSTV) ... 153
3.1.8. Parametrikus tervezés ... 154
3.1.8.1. Rhinoceros/Grasshopper add-on ... 154
3.1.8.2. AutoDesk/Dynamo plugin ... 157
3.1.9. Tekla Structures-AXISVM kapcsolat – TI modul ... 158
3.1.9.1. Kétirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 vagy későbbi verziókhoz ... 158
3.1.9.2. Egyirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 előtti verziókhoz ... 167
3.1.10. Fejléc ... 171
3.1.11. Nyomtatóbeállítás ... 171
3.1.12. Nyomtatás ... 171
3.1.13. Nyomtatás fájlból ... 173
3.1.14. Modelltár ... 174
3.1.15. Anyagtár ... 175
3.1.16. Szelvénytár ... 180
3.1.16.1. Grafikus szelvényszerkesztő ... 184
3.1.17. Rugókarakterisztika-tár ... 196
3.1.17.1. Csomópont-csomópont rugó (Cs-Cs) ... 197
3.1.17.2. Szeizmikus izolátorok ... 201
3.1.18. Kilépés ... 202
3.2. Szerkesztés ... 202

3.2.1. Vissza 202
3.2.2. Újra 203
3.2.3. Utolsó parancs ismétlése 203
3.2.4. Mindent kijelöl 203
3.2.5. Előző kijelölés visszaállítása 203
3.2.6. Másolás 203
3.2.7. Beillesztés 203
3.2.8. Másolás/beillesztés beállításai 203
3.2.9. Törlés 204
3.2.10. Táblázatkezelő 205
3.2.11. Dokumentáció-szerkesztő 205
3.2.12. Ábra mentése képtárba 206
3.2.13. Súlyelemzés 206
3.2.14. Szerkezeti elemek összeállítása 207
3.2.15. Szerkezeti elemek szétbontása 207
3.2.16. Rúdelemek helyettesítése héjmodellel 207
3.2.17. Csomóponti kapcsolat héjmodelljének generálása 207
3.2.18. Rudakra szétosztott felületi terhek konvertálása 207
3.2.19. Kijelölt teherpanelekre helyezett terhek konvertálása egyedi terhekké 208
3.2.20. Automatikus referenciák konvertálása 208
3.2.21. Parametrikusan megadott bordák függetlenítése 208
3.2.22. Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint 208
3.3. Beállítások 208
3.3.1. Megjelenítés 208
3.3.2. Modellbeállítások 209
3.3.3. Fóliakezelő 209
3.3.4. Szintek 210
3.3.4.1. Szintek nyírási középpontja 212
3.3.5. Raszterháló 213
3.3.6. Vonalzók 213
3.3.7. Szabvány 213
3.3.7.1. A méretezés alapjai EN 1990 214
3.3.7.2. Terhek EN 1991 215
3.3.7.3. Vasbeton szerkezetek méretezése EN 1992 218
3.3.7.4. Acélszerkezetek méretezése EN 1993 220
3.3.7.5. Öszvér szerkezetek méretezése EN 1994 223
3.3.7.6. Fa szerkezetek méretezése EN 1995 224
3.3.7.7. Falazott szerkezetek méretezése EN 1996 225
3.3.7.8. Geotechnika EN 1997 225
3.3.7.9. Szeizmikus méretezés EN 1998 226
3.3.8. Mértékegységek 228
3.3.9. Gravitáció 228
3.3.10. Merevségcsökkentés válaszspektrum-analízishez 229
3.3.11. Alapbeállítások 230
3.3.11.1. Adatbiztonság 231
3.3.11.2. Színek 232
3.3.11.3. Vezérlők 233
3.3.11.4. Grafikus szimbólumok 234
3.3.11.5. Betűtípusok 235
3.3.11.6. Dialógusablakok 236
3.3.11.7. Alapértelmezett elnevezések 236
3.3.11.8. Szerkesztés 237
3.3.11.9. Hálógenerálás 238
3.3.11.10. Eszköztár 239
3.3.11.11. Ábrázolás 240
3.3.11.12. Részletek 241
3.3.11.13. Tehercsoportok alapértékei 242
3.3.11.14. Számítás 243
3.3.11.15. Dokumentáció 244
3.3.11.16. Frissítés 246
3.3.12. Billentyűparancsok 247
3.3.13. Nyelv 248
3.3.14. Dokumentálási nyelv 248
3.3.15. Eszköztárak alaphelyzetbe 248
3.3.16. Dialógusablakok alappozícióba 248
3.3.17. Dialógusablakok az elsődleges monitorra 248
3.3.18. Összes figyelmeztetés visszakapcsolása 248
3.4. Nézetek 249

3.5. Kiegészítő alkalmazások 250
3.6. Ablakok 251
3.6.1. Tulajdonságszerkesztő 251
3.6.2. Információs-paletták 252
3.6.3. Háttérkép 252
3.6.4. Vízszintes felosztás 253
3.6.5. Függőleges felosztás 254
3.6.6. Speciális elrendezések 254
3.6.7. Bezárás 255
3.6.8. Rajzfelirat méretezése 255
3.6.9. Feliratok átfedésének kiküszöbölése 255
3.6.10. Rajztár 255
3.6.10.1. Rajzok exportálása 3D PDF fájlba 258
3.6.11. Mentés a rajztárba 258
3.7. AI eszközök 259
3.7.1. AI Súgó 259
3.7.2. AI Kijelölő 260
3.7.3. AI Modellépítés 260
3.7.4. AI Add-On fejlesztés 260
3.7.5. Python-kód futtatása 260
3.8. Licenc 262
3.9. Súgó 264
3.9.1. Tartalom 264
3.9.2. Segédletek 264
3.9.3. Az AXISVM honlap 265
3.9.4. AXISVM frissítése az internetről 265
3.9.5. MyAXISVM belépés 265
3.9.6. COM szerver információk 265
3.9.7. AXISVM COM szerver referencia kézikönyv 266
3.9.8. A programról 266
3.9.9. Hiba- és figyelmeztető üzenetek 266
3.9.10. A jelenlegi kiadásról 266
3.10. Ikon menü 266

4. ADATMEGADÁS 268

4.1. Geometria 268
4.2. Szerkesztőfelület 269
4.2.1. A munkafelület felosztása ablakokra 269
4.3. Koordináta-rendszerek 270
4.3.1. Alap- (ortogonális) koordináta-rendszer 270
4.3.2. Segéd- (henger-, gömb-) koordináta-rendszerek 271
4.4. Koordináta-paletta 271
4.5. Segédháló- (grid-) rendszer 272
4.6. Kurzorlépés (snap) 272
4.7. Szerkesztést segítő kellékek 272
4.7.1. Vonzáskör (aura) 272
4.7.2. Koordinátaérték számszerű megadása 274
4.7.3. Távolság mérése 274
4.7.4. Kötött irányok 274
4.7.5. Koordináta zárolása 275
4.7.6. Automatikus összemetszés 276
4.8. Eszközök a geometriai szerkesztőben 276
4.8.1. Csomópont 276
4.8.2. Vonal 277
4.8.3. Körív 278
4.8.4. Horizontális felosztás 278
4.8.5. Vertikális felosztás 278
4.8.6. A kijelölt íves szakaszok helyettesítése egyenes szakaszokkal 279
4.8.7. Négyszög felosztása, háromszög felosztása 279
4.8.8. Vonalfelosztás 280
4.8.9. Metszéspont 281
4.8.10. Csomópont eltávolítása 281
4.8.11. Közbenső csomópontok eltávolítása 281
4.8.12. Vonalak kinyújtása más vonalakig, síkokig 281
4.8.13. Vonalak levágása más vonalak, síkok mentén 282
4.8.14. Vonalak kinyújtása közös metszéspontjukig 283

4.8.15. Normál transzverzális 283
4.8.16. Objektumok szétvágása sík mentén 283
4.8.17. Féltér levágás 283
4.8.18. Tartományok metszése 284
4.8.19. Fölösleges vonalak és csomópontok eltávolítása 284
4.8.20. Ellenőrzés 284
4.8.21. Felület 285
4.8.22. Módosítás, transzformációk 286
4.8.23. Törlés 287
4.9. Elemek 287
4.9.1. Anyagtáblázat 288
4.9.2. Szelvénytáblázat 289
4.9.2.1. Betöltés szelvénytárból 291
4.9.3. Fúrásminták megadása (SOIL modul) 292
4.9.4. Objektumok rajzolása 295
4.9.5. Támaszok rajzolása 296
4.9.6. Tartomány 297
4.9.6.1. Normál tartomány definiálás 298
4.9.6.2. Kompozit bordás tartomány 300
4.9.6.3. Üreges tartomány 301
4.9.6.4. Sűrűbordás tartomány 302
4.9.6.5. Trapézlemezes födém tartomány 302
4.9.6.6. Tartomány egyedi merevségi mátrixszal 304
4.9.6.7. CLT-tartomány – CLT modul 306
4.9.7. Lyuk 308
4.9.8. Műveletek tartományokkal 308
4.9.9. Talajmodellezési tartomány (SOIL modul) 309
4.9.10. Vonalelemek 310
4.9.10.1. Rácsrúdelem 311
4.9.10.2. Rúdelem 312
4.9.10.3. 7 szabadságfokú rúdelem – 7 DOF modul 321
4.9.10.4. Bordaelem 322
4.9.11. Hidegen alakított acél szelemenek modellezése 325
4.9.12. Szelemencsoport megadása 327
4.9.13. Felületelemek 330
4.9.13.1. Tárcsaelem 330
4.9.13.2. Lemezelem 331
4.9.13.3. Héjelem 331
4.9.14. Csomóponti támasz 332
4.9.14.1. Támaszmerevségek számítása 335
4.9.15. Vonalmenti támasz 340
4.9.15.1. Támaszmerevségek számítása 341
4.9.16. Felületi támasz 343
4.9.16.1. Támaszmerevségek számítása 344
4.9.17. Élmenti csukló 344
4.9.17.1. Dilatációk 345
4.9.18. Nyírási mező 346
4.9.18.1. Trapézlemez 347
4.9.18.2. Szendvicspanel 349
4.9.18.3. Tálca 350
4.9.18.4. Egyedi 350
4.9.19. Merev test 351
4.9.20. Diafragma 351
4.9.21. Rugóelem 352
4.9.22. Kontaktelem 356
4.9.23. Kapcsolati elem 358
4.9.24. Csomóponti szabadságfok 361
4.9.25. Referenciák 363
4.9.26. Építész modellből statikai váz generálása 366
4.9.27. Módosítás 369
4.9.28. Törlés 369
4.10. Terhek 370
4.10.1. Teheresetek, tehercsoportok 370
4.10.2. Teherkombinációk 379
4.10.3. Csomóponti terhek 381
4.10.4. Koncentrált teher rúdra 381
4.10.5. Koncentrált teher tartományon és teherpanelen 382
4.10.6. Vonalmenti megoszló teher rúdon/bordán 383

4.10.7. Élmenti teher elemperemen ... 384
4.10.8. Vonalmenti teher tartományon és teherpanelen ... 386
4.10.9. Felületi teher ... 387
4.10.10. Hálófüggetlen felületi teher tartományokon, teherpaneleken ... 388
4.10.11. Vonalelemekre szétosztott felületi teher ... 391
4.10.12. Teherpanel ... 392
4.10.13. Hóteher – SWG modul ... 395
4.10.14. Szélteher – SWG modul ... 402
4.10.15. Szimulált szél szélcsatorna vizsgálathoz – WIND modul ... 413
4.10.16. Szélteher-generálás CFD (Computational Fluid Dynamics) fájlból – CFD modul ... 417
4.10.17. Folyadékteher ... 418
4.10.18. Önsúly ... 419
4.10.19. Hosszváltozás ... 419
4.10.20. Feszítő-/nyomóerő ... 419
4.10.21. Hőmérsékletváltozás vonalelemen ... 419
4.10.22. Hőmérsékletváltozás felületelemen ... 420
4.10.23. Támaszmozgás ... 421
4.10.24. Hatásábra ... 421
4.10.25. Földrengés számítás – SE1 modul ... 422
4.10.25.1. Számítás az Eurocode 8 alapján ... 423
4.10.25.2. Számítás a svájci SIA 261 alapján ... 429
4.10.25.3. Számítás az olasz NTC 2018 alapján ... 430
4.10.25.4. Számítás a román P100-1 alapján ... 430
4.10.25.5. Számítás a holland NPR 9998 alapján ... 430
4.10.26. Pushover terhek – SE2 modul ... 430
4.10.27. Globális imperfekciók ... 432
4.10.28. Kihajlási alakok szerinti imperfekciók ... 433
4.10.29. Feszítés – PS1 modul ... 433
4.10.29.1. Rúd-, bordaelemek utófeszítése ... 434
4.10.29.2. Utófeszítés tartományokon ... 441
4.10.30. Mozgó terhek ... 445
4.10.30.1. Mozgó teher vonalelemeken ... 445
4.10.30.2. Mozgó teher tartományokon, teherpaneleken ... 447
4.10.31. Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul ... 448
4.10.31.1. Csomóponti dinamikus erő ... 453
4.10.31.2. Dinamikus koncentrált teher tartományon és teherpanelen ... 454
4.10.31.3. Hálófüggetlen dinamikus felületi teher tartományokon, teherpaneleken ... 454
4.10.31.4. Támaszgyorsulás ... 454
4.10.31.5. Csomóponti gyorsulás ... 455
4.10.32. Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul ... 455
4.10.33. Tűzhatás fa vonalelemeken – TD8 modul ... 462
4.10.34. Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul ... 465
4.10.35. Tűzhatás beton tartományokon – RC8-S modul ... 467
4.10.36. Terhek szétosztása külön teheresetekbe ... 468
4.10.37. Csomóponti tömegek ... 469
4.10.38. Módosítás ... 469
4.10.39. Törlés ... 470
4.11. Szélcsatorna – WIND modul ... 470
4.11.1. Szerkezetmodellezési beállítások ... 471
4.11.1.1. Exportált elemek ... 471
4.11.1.2. Zsugorfóliázás ... 472
4.11.1.3. Felületérdesség ... 472
4.11.2. Szélcsatorna-szimuláció ... 472
4.11.2.1. Számítási paraméterek (egyszerű megadás) ... 473
4.11.2.2. Számítási paraméterek (részletes megadás) ... 473
4.11.2.3. Szélcsatorna-modell ... 473
4.11.2.4. Háló ... 475
4.11.2.5. Megoldásvezérlés ... 478
4.11.3. Áramlástani számítás ... 478
4.11.4. Az áramlástani számítás eredményei ... 480
4.11.5. Áramvonal-kiindulópontok megadása és áramvonal-animáció ... 481
4.12. Háló ... 482
4.12.1. Hálógenerálás ... 482
4.12.1.1. Hálógenerálás vonalelemekre ... 482
4.12.1.2. Hálógenerálás tartományokra ... 482
4.12.1.3. Testelemháló generálása talajmodellezéshez ... 484
4.12.2. Hálózatsűrítés ... 485
4.12.3. Végeselemalak ellenőrzés ... 486

4.12.4. Szabad élek kijelölése ... 486
4.12.5. Összes háló törlése ... 486
4.13. Építési fázisok – STG modul ... 486
4.13.1. Az építési fázisok koncepciója ... 488
4.13.2. Építési fázisok létrehozása ... 490
4.13.3. Építési fázisok szerkesztése ... 491
4.13.4. Az építési fázisok megjelenítési lehetőségei ... 494
4.13.5. Az építési fázisok terheinek megadása ... 494
5. SZÁMÍTÁS ... 496
5.1. Statika ... 497
5.1.1. Építési fázisok számítása – STG modul ... 504
5.2. Rezgés ... 507
5.2.1. Rezgés válaszfaktor meghatározása ... 510
5.3. Dinamika ... 512
5.4. Kihajlás ... 514
5.5. Végeselemek ... 515
5.6. Egy analízis lépései ... 519
5.7. Hibaüzenetek ... 520
5.8. Számítási paraméterek ... 521
6. EREDMÉNYEK ... 522
6.1. Statika ... 522
6.1.1. Minimum- maximumértékek ... 529
6.1.2. Animáció ... 529
6.1.3. Talajmetszet-animáció ... 531
6.1.4. Diagramábrázolás ... 531
6.1.5. Pushover kapacitásgörbék ... 534
6.1.5.1. Kapacitásgörbék Eurocode 8 szerint ... 535
6.1.5.2. Gyorsulás-Elmozdulás Válaszspektrum (ADRS) ... 536
6.1.5.3. Szinteltolódások ... 537
6.1.6. Eredménytáblázatok ... 537
6.1.6.1. Metszetszakasz eredménytáblázatok ... 539
6.1.7. Elmozdulások ... 539
6.1.7.1. Teljes lehajlás (wtot) számítása vasbeton lemezekre ... 542
6.1.7.2. Relatív elmozdulások ... 543
6.1.8. Csomóponti sebességek ... 544
6.1.9. Csomóponti gyorsulások ... 544
6.1.10. Rács/rúdelem igénybevételei ... 544
6.1.11. Bordaelem igénybevételei ... 547
6.1.12. Virtuális rúd igénybevételei ... 548
6.1.13. Felületelem igénybevételei ... 549
6.1.14. Támaszelem igénybevételei ... 551
6.1.15. Vonal-vonal kapcsolati elemek és élmenti csuklók igénybevételei ... 552
6.1.16. Rugó elemek igénybevételei ... 553
6.1.17. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem alakváltozásai ... 553
6.1.18. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségponti alakváltozásai ... 554
6.1.19. Felületelem alakváltozásai ... 554
6.1.20. Felületelem feszültségponti alakváltozásai ... 556
6.1.21. Testelem alakváltozásai ... 556
6.1.22. Rugó elemek deformációi ... 557
6.1.23. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségei ... 557
6.1.24. Felületelem feszültségei ... 562
6.1.25. Testelem feszültségei ... 566
6.1.26. Rugó elemek nemlineáris eredményei ... 567
6.1.27. Rugó elemek dinamikai eredményei ... 568
6.1.28. Csomóponti egyensúly ... 568
6.1.29. Hatásábrák ... 569
6.1.30. Kiegyensúlyozatlan terhek ... 570
6.1.31. Az építési fázisok eredményei ... 571
6.2. Kihajlás ... 572
6.2.1. Kihajlási alakok szerinti imperfekciók összeállítása – IMP modul ... 573
6.3. Rezgés ... 575
6.4. Dinamika ... 577
6.5. Vasbetontervezés ... 577
6.5.1. Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul ... 577

6.5.1.1. Ortogonális x/y vasalás számítása Eurocode 2 szerint ... 581
6.5.1.2. Ortogonális x/y vasalás számítása SIA 262 szerint ... 583
6.5.1.3. Ferde vasalás számítása Eurocode 2 és SIA 262 szerint ... 584
6.5.1.4. Trapézlemezes födémek vasalásának számítása Eurocode és SIA szabványok szerint ... 585
6.5.2. Alkalmazott vasalás ... 589
6.5.2.1. Vasalás felületekre és tartományokra ... 590
6.5.2.2. Hálófüggetlen vasalás megadása ... 591
6.5.3. Vasbeton felületszerkezetek alkalmazott vasalásának ellenőrzése ... 592
6.5.4. Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás) ... 594
6.5.5. Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata ... 598
6.5.6. Vasbeton felületek nemlineáris számítása ... 600
6.5.7. Repedéstágasság számítása ... 602
6.5.7.1. Számítás Eurocode 2 szerint ... 602
6.5.8. Nyírási ellenállás és vasalás számítás lemezekhez, héjakhoz – RC3 modul ... 603
6.5.8.1. Számítás Eurocode 2 szerint ... 603
6.5.8.2. Számítás SIA 262 szerint ... 604
6.5.9. Átszúródási paraméterek csoportos megadása ... 605
6.5.10. Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul ... 605
6.5.10.1. Mértékadó külpontosságok számítása ... 612
6.5.10.2. Ellenőrzés Eurocode 2 szerint (külpontos nyomás és húzás) ... 616
6.5.10.3. Ellenőrzés SIA 262 szerint (külpontos nyomás és húzás) ... 618
6.5.10.4. Vasbeton oszlop ellenőrzése nyírásra és csavarásra ... 620
6.5.10.5. Nyírási és csavarási ellenállások számítása Eurocode 2 szerint ... 622
6.5.10.6. Nyírási és csavarási ellenállások számítása SIA 262 szerint ... 623
6.5.10.7. Kapacitástervezés: tervezési nyíróerő földrengési szituációban Eurocode és SIA szerint ... 623
6.5.11. Öszvér keresztmetszetű oszlop ellenőrzése – RC2 modul ... 625
6.5.11.1. Kihasználtságok számítása EC4 és SIA szerint ... 627
6.5.12. Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás) ... 628
6.5.13. Gerendavasalás számítás – RC2 modul ... 633
6.5.13.1. Gerendavasalás tervezés lépései ... 634
6.5.13.2. Számított gerendavasalás ellenőrzése ... 636
6.5.13.3. Alkalmazott gerendavasalás módosítása és ellenőrzése ... 639
6.5.13.4. Gerenda tervezése Eurocode szerint ... 641
6.5.13.5. Gerenda tervezése a svájci szabvány (SIA 262) szerint ... 643
6.5.13.6. A gerendavasalás globális eredménykomponensei ... 645
6.5.14. Vasbeton szerkezetek tűzállósági méretezése – RC8 modulok ... 645
6.5.14.1. Vasbeton oszlopok és gerendák tűzállósági méretezése – RC8-B modul ... 646
6.5.14.2. Vasbeton felületszerkezetek tűzállósági méretezése – RC8-S modul ... 648
6.5.15. Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul ... 649
6.5.15.1. Átszúródásvizsgálat Eurocode szerint ... 650
6.5.15.2. Átszúródásvizsgálat SIA 262 szerint ... 659
6.5.15.3. Átszúródásvizsgálat eredményei a modelltérben ... 662
6.5.16. Alapozás tervezése EuroCode és SIA szerint – RC4 modul ... 663
6.5.16.1. Pontalapok tervezése ... 663
6.5.16.2. Sávalapok tervezése ... 676
6.5.16.3. Talajrétegrend-szerkesztő ... 678
6.5.16.4. Talaj rétegrend-könyvtár ... 679
6.5.17. Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul ... 680
6.5.17.1. Falvasalás megadása ... 685
6.5.17.2. Falvasalás ellenőrzése külpontos nyomásra és húzásra ... 688
6.5.17.3. Vasbeton falak ellenőrzése nyírásra ... 694
6.5.17.4. Eredmények ... 697
6.5.18. Vasbeton szerkezetek feszültséganalízise – RC6 modul ... 699
6.5.18.1. Vasbeton keresztmetszet feszültséganalízise ... 699
6.5.18.2. Vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízise ... 706
6.6. Acéltervezés ... 708
6.6.1. Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul ... 708
6.6.1.1. ULS tervezési paraméterek ... 715
6.6.1.2. SLS tervezési paraméterek ... 725
6.6.1.3. Lekérdezések és részletes tervezési számítások ... 726
6.6.1.4. Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása – SD9 modul ... 729
6.6.2. Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul 732
6.6.2.1. ULS tervezési paraméterek ... 739
6.6.2.2. SLS tervezési paraméterek ... 742
6.6.2.3. Lekérdezések és részletes tervezési számítások ... 742
6.6.2.4. Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása – SD9 modul ... 743
6.6.3. Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra Eurocode 3 szerint – SD8 modul ... 743

6.6.3.1. Melegen hengerelt acél elemek tűzállósági méretezése ... 745
6.6.3.2. Hidegen alakított, vékonyfalú acél elemek tűzállósági méretezése ... 752
6.6.4. Acélszerkezeti kapcsolatok ellenőrzése - SC1 modul ... 753
6.7. Fatervezés ... 754
6.7.1. Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul ... 754
6.7.1.1. Ellenőrzés teherbírási határállapotban (ULS) ... 759
6.7.1.2. Ellenőrzés használhatósági határállapotban (SLS) ... 763
6.7.2. Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra -TD8 modul ... 766
6.7.3. Faszerkezetek szelvény optimalizálása – TD9 modul ... 770
6.8. CLT tartományok ellenőrzése – CLT modul ... 774
6.9. Falazott szerkezetek ellenőrzése – MD1 modul ... 777
6.9.1. Vasalatlan falazatok komplex ellenőrzése ... 777
6.9.1.1. Falazatok definiálása és paramétereinek megadása ... 778
6.9.1.2. Sávra jellemző paraméterek megadása ... 782
6.9.1.3. Szintek ellenőrzése, tervezési paraméterek megadása, csomóponti beállítások ... 784
6.9.1.4. Falazott sáv megjelenítése a modellben ... 792
6.9.1.5. Eredmények ... 792
6.9.1.6. Az ellenőrzés alapelvei ... 798
6.9.1.7. Ellenőrzés az Eurocode 6 alapján ... 799
6.9.1.8. Ellenőrzés az NTC alapján ... 803
6.9.1.9. Ellenőrzés a SIA alapján ... 806

7. AZ AXISVM PROGRAMOZÁSA ... 810

8. AXISVM VIEWER ÉS VIEWER EXPERT ... 810

9. MYAXISVM: PRÓBAVERZIÓ, LIGHT VERZIÓ, OKTATÁSI VERZIÓ ÉS VIEWER ... 811

10. MINTAPÉLDÁK ... 812

10.1. Síkbeli acél keretszerkezet statika/I-rendű vizsgálata ... 812
10.2. Síkbeli acél keretszerkezet statika/II-rendű vizsgálata ... 813
10.3. Síkbeli acél keretszerkezet kihajlásvizsgálata ... 814
10.4. Síkbeli acél keretszerkezet rezgés/I-rendű vizsgálata ... 815
10.5. Síkbeli acél keretszerkezet rezgés/II-rendű vizsgálata ... 816
10.6. Vasbeton tárcsa statika/I-rendű vizsgálata ... 817
10.7. Csuklós megtámasztású vasbeton lemez statika/I-rendű vizsgálata ... 818
10.8. Befogott megtámasztású vasbeton lemez statika/I-rendű vizsgálata ... 819

11. IRODALOMJEGYZÉK ... 820

1. Újdonságok az 27-es verzióban

ÁLTALÁNOS

AXISVM indítópult	2.2.1 Az AXISVM indítópult
AXISVM témák (Hagyományos / Világos / Sötét)	3.3.11.2 Színek
Egérvezérlési profilok	3.3.11.3 Vezérlők
A Koordináta-ablak betűtípusa függetlenül állítható	3.3.11.5 Betűtípusok
Fényerő, fényirány szabályozása és vetett árnyék a látványterven	2.16.4 Ábrázolási mód
Mesterséges intelligencia eszközök	3.7 AI

BIM ÉS EGYÉB ADATKAPCSOLATOK

Parametrikus tervezés fejlesztések (új funckciók a GrasshopperToAXISVM V9.0-ban)	3.1.8.1 Rhinoceros/Grasshopper
SAF 2.2.0 export / import	3.1.6.6 SAF formátumú fájl exportálása 3.1.7.6 SAF formátumú fájl importálása

ELEMEK

Új beállítások az anyag- és szelvénytáblázathoz *Csak a felhasznált anyagok / szelvények megjelenítése* *Csak az aktív részletek anyagai / szelvényei*	4.9.1Anyagtáblázat 4.9.2Szelvénytáblázat
Gombok merevségkomponensek beállításának gyorsításához	4.9.14 Csomóponti támasz 4.9.17 Élmenti csukló 4.9.21 Rugóelem
Támaszmerevségek frissítése a tényleges alaptestek szerint a becsült teher értékét a süllyedésszámításban mértékadó teherrel helyettesíti	3.2.22 Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint
Hidegen alakított acél szelemenek modellezése	4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése
Szelemencsoport-panel szelemenkiosztások generálásához	4.9.12 Szelemencsoport megadása
Szelemenkimutatás, Kötőelem-kimutatás szelemenekhez	3.2.13 Súlyelemzés
Nyírási mező, burkolatok merevítő hatásának figyelembevételéhez	4.9.18 Nyírási mező
Trapézlemez-könyvtár	4.9.18.1.1 Trapézlemez-könyvtár
Egyedi CLT rétegrend megadásakor Hozzáadás/Felülírás opció	4.9.6.7 CLT-tartomány – CLT modul

TERHEK

Teheresetekhez a név mellett a mértékadó kombinációkban megjelenítendő rövidítés is megadható	4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok
A mértékadó tehercsoport-kombinációk képzésénél állandó teher-csoportok Aktív státusza is módosítható Kizártra.	4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok
*Zsugorfóliázás a szélcsatorna-modell konvergenciájának gyorsítása érdekében (**WIND** modul)*	4.11.1.2 Zsugorfóliázás
*Felületérdesség figyelembevétele a szélcsatornában (**WIND** modul)*	4.11.1.3 Felületérdesség
*A szélcsatorna alsó síkjának magassága eltérhet a terepszinttől (**WIND** modul)*	4.11.2.3 Szélcsatorna-modell
A szeizmikus hatás összetevői kombinálhatók a domináns alak szerint előjelező SRSS-jellegű módszerrel is.	4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul

ÉPÍTÉSI FÁZISOK

*Rúdgyazások, felületi támaszok, élcsuklók, vonal-vonal kapcsolati elemek merevségei módosíthatóak építési fázisokban (**STG** modul)*	4.13.3 Építési fázisok szerkesztése
*Állandó teheresetek nemcsak be-, de ki is kapcsolhatóak építési fázisokban (**STG** modul)*	4.13.5 Az építési fázisok terheinek megadása
*A program meghatározza az építési fázisok mértékadóinak burkolóját is (**STG** modul)*	

SZÁMÍTÁS

MKL / PARDISO optimalizált egyenletrendszer-megoldó	3.3.11.14 Számítás
ARPACK / PARDISO optimalizált sajátérték-számító	3.3.11.14 Számítás
Erő- és elmozdulásvezérelt nemlineáris számítás esetén megadható egy konstans tehereset is.	5.1 Statika

EREDMÉNYEK

Összetett burkolók képezhetők a lineáris, nemlineáris, dinamikai számítások és építési fázisok eredményeiből	6.1 Statika
Hagyományos és összetett burkoló-összeállítások dokumentálása	6.1 Statika
Eredményanimáció egyidejű forgóasztal-animációval	6.1.2 Animáció

MÉRETEZÉS

*Hidegen alakított vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint (**SD3** modul)*	6.6.2 Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul
*Vasbetongerendák csoportos méretezése, ellenőrzése (**RC2** modul)*	6.5.13.6 A gerendavasalás globális eredménykomponensei
*Átszúródási paraméterek csoportos megadása, oszlopok, falvégek és falsarkok csoportos ellenőrzése (**RC3** modul)*	6.5.15.3 Átszúródásvizsgálat eredményei a modelltérben

DOKUMENTÁCIÓ

A rajztári elemek körbevághatók	3.6.10 Rajztár
Új előnézet a Dokumentációszerkesztőben	2.10 Dokumentációszerkesztő
Dokumentáció exportálása DOCX formátumban	2.10 Dokumentációszerkesztő
A tervezési számítások RTF és DOCX exportáláskor nem oldalanként, hanem soronként íródnak ki, így részenként törölhetők és áthelyezhetők	2.10 Dokumentációszerkesztő
Tervezési számítások elején összefoglaló kivonat jeleníthető meg	6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul 6.5.13 Gerendavasalás számítás – RC2 modul 6.5.15 Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul 6.5.16 Alapozás tervezése EuroCode és SIA szerint – RC4 modul 6.5.17 Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul 6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul 6.6.2 Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul 6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul 6.9 Falazott szerkezetek ellenőrzése – MD1 modul

2. A rendszer használata

2.1. Hardverszükséglet

Ajánlott konfiguráció

- 16 GB RAM memória
- 50 GB szabad merevlemez kapacitás
- 17 ''-monitor (1920x1080 pixel felbontás)
- kettő vagy többmagos processzor, 2 GHz feletti sebesség
- egér vagy más, kurzort vezérlő eszköz
- Windows 11, 64 bites operációs rendszer

Minimális konfiguráció

- 4 GB RAM memória
- 10 GB szabad merevlemez kapacitás
- 15 '' monitor (1024x768 pixel felbontás)
- egér
- Windows 10, 64 bites operációs rendszer

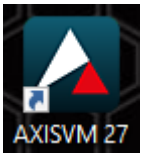
Támogatott operációs rendszerek

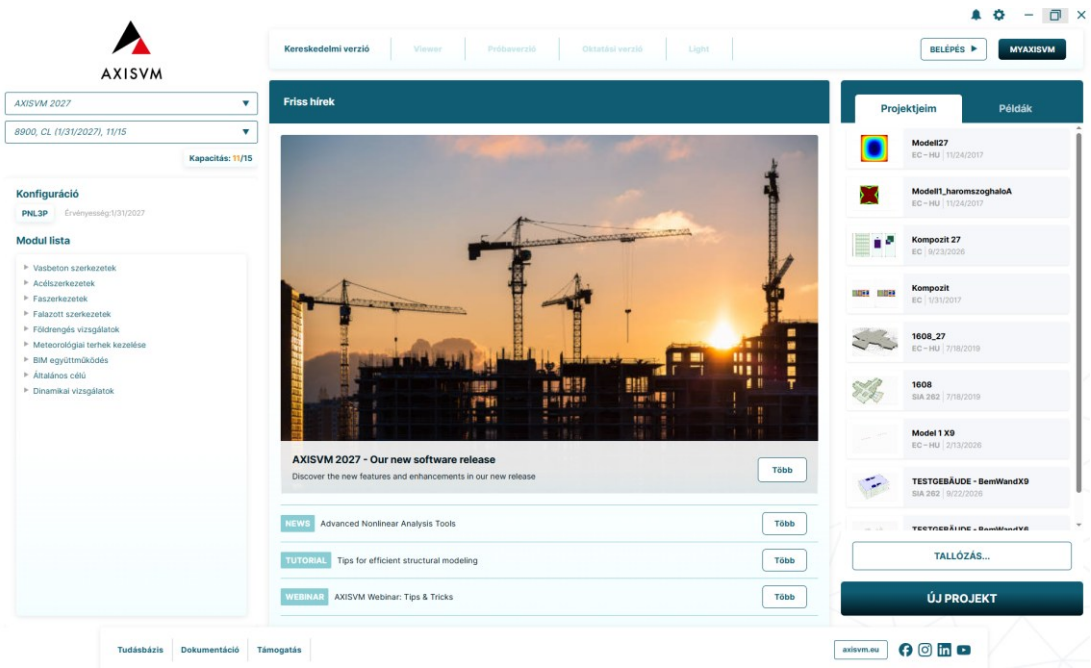
Windows11, Windows10
Az AXISVM kizárólag 64 bites operációs rendszer alatt működik.

2.2. Védelem, installálás, indítás, verziócsere, kapacitás, nyelv

A programrendszert **hardver-** vagy **szoftverkulcs** védi. Telepítés után az Asztalon és a Start menüben megjelenik az AXISVM indítópult ikonja.

2.2.1. Az AXISVM indítópult





Az AXISVM központi indítópultja, amely egyesíti a verzióválasztást, a licencmenedzsmentet, a projekt-kezelést és a legfrissebb szakmai információk elérését.

Verzióválasztás

Az indítópult felderíti és kezeli a számítógépre telepített különböző AXISVM verziókat (az 13-astól kezdve). A felületen közvetlenül kiválasztható a kívánt verzió valamint a futtatási környezet (kereskedelmi verzió / viewer / próbaverzió / oktatási verzió / LT verzió).

Licenckezelés és jogosultság-ellenőrzés

Támogatja a felhőalapú MYAXISVM azonosítást, a felhős, a helyi hardverkulcsos és szoftverkulcsos licenceket. A felület valós idejű kapacitásszámlálón mutatja az éppen lefoglalt és összesen elérhető licencek számát, az esetleges lejárati időt, a konfigurációt és a licenchez tartozó tervezési modulok listáját. Egyedi és hálózati licenceket is kezel.

Projektjeim

A jobb oldali panel az utoljára megnyitott axs modellfájlok indítását kínálja fel. A súgóbuborék a fájllal kapcsolatos további információkat közöl.

Példák

Itt elérhetőek az AXISVM hivatalos mintamodellek.

Integrált frissítéskezelés

Az indítópult automatikusan értesítést ad az elérhető programjavításokról és új kiadásokról. Új verzió vagy kiadás megjelenésekor a letöltés és telepítés közvetlenül a felületről kezdeményezhető.

Hírfolyam és értesítési központ

A kezdőoldalon a legfrissebb fejlesztési cikkek, szakmai tartalmak és képzési információk érhetők el.
Az értesítési központ időben jelzi a licenc közelgő lejáratát vagy hogy internetkapcsolat szükséges.

☞ **A licenc ellenőrzéséhez 30 naponként legalább egy alkalommal működő internetkapcsolat mellett kell elindítani a programot.**

A felső sávot megfogva az indítópult ablaka odébb húzható, a szokásos ikonokkal teljes ablakméretűre növelhető illetve a tálcára lecsukható.

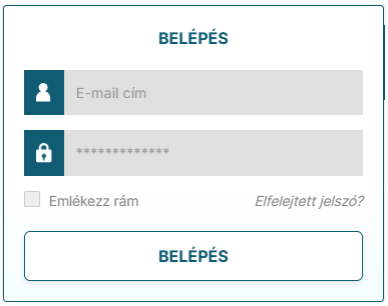
Eszköztár

Az ÉRTESÍTÉSEK felugró panel megjelenítése, az olvasatlan üzenetek számát számláló jelzi.

A LAUNCHER BEÁLLÍTÁSOK felugró panel megjelenítése.
A nyelv mellett kiválasztható, hogy megjelenjenek-e a programverziók régebbi kiadásai is, illetve az indítás után az indítópult kis méretű ikonként beépüljön-e a Windows értesítési területére (a tálca jobb oldalán, az óra mellett).



Licenctípus-választó, bejelentkezés

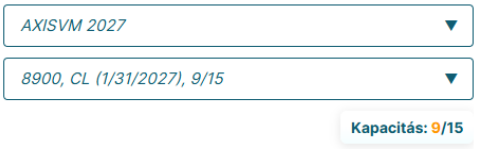


Kiválasztható az indítandó licenc típusa.
Jobboldalt a BELÉPÉS gombra kattintva a MYAXISVM regisztrációhoz megadott e-mailcím és jelszó megadásával be lehet jelentkezni. Az *Emlékezz rám* opció bekapcsolása esetén az indítópult minden indításkor automatikusan bejelentkezik.
Elfelejtett jelszó esetén a bejelentkező panelen az Elfelejtett jelszó?-ra kattintva megnyílik a MYAXISVM jelszó-helyreállító oldala. Az új jelszó beállítása után azonnal be lehet lépni az indítópulton is.
A MYAXISVM gomb a böngészőben nyitja meg a felhasználó személyes webes fiókját.
Sikeres belépés esetén az indítópult betölti a fiókhoz tartozó felhőlicenceket, frissíti a program és modul-konfigurációt, az elérhető licencek számát, megkeresi a letölthető példamodelleket és frissítéseket.
A fejlécen megjelenik az aktív profil, a profilnév kezdőbetűiből generált kör alakú jelvény.
Hibás adatok megadása, inaktív fiók vagy hálózati hiba esetén a rendszer felugró üzenetben tájékoztat a sikertelenség okáról.

Kijelentkezés

Kijelentkezéshez a kör alakú jelvényre, majd a panelen a KILÉPÉS gombra kell kattintani. Ennek hatására az indítópult felszabadítja felhőlicencek lefoglalását, megszünteti az automatikus bejelentkezést, kiüríti a vezérlősávon a verzióválasztót és a modullistát.

Vezérlősáv



Az első legördülő lista a telepített programverziókat sorolja fel, a második a kiválasztott verzióhoz tartozó licenceket. Felhős licencek esetén valós időben mutatja a használatban levő, és a cég számára elérhető összes férőhely számát.

Az indítópult a kiválasztott verzió gépen lévő példányát összeveti az elérhető legfrissebb változattal. Ha a kiválasztott verzióhoz újabb szervízcsomag vagy frissítés érhető el megjelenik az élő frissítési panel is, A FRISSÍTÉS gomb lenyomására elindul a letöltés és telepítés.
Ha a beállításokban engedélyeztük a régebbi kiadások megjelenítését, lehetőség van visszaállni egy korábbi kiadásra is (pl. egy korábbi számítás pontos reprodukálásához). A telepítő ilyenkor visszaállítja a program korábbi kiadás szerinti állapotát.

Konfiguráció és modullista



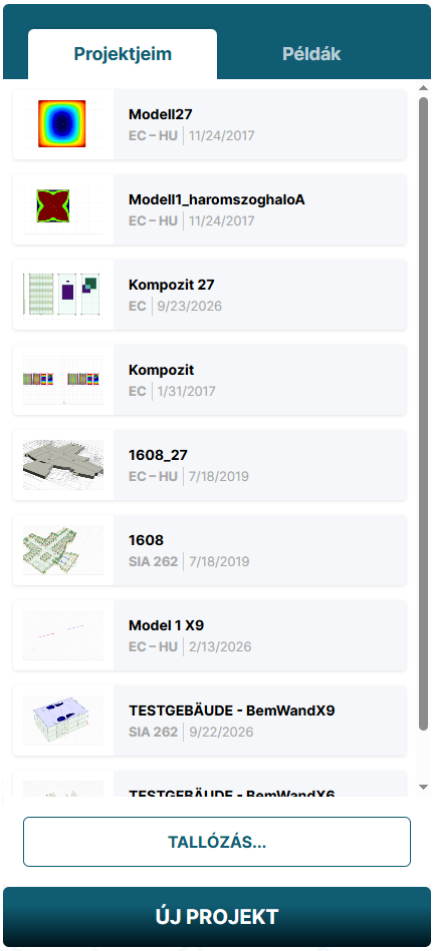
A kiválasztott verziónak és licencnek megfelelő programkonfiguráció mellett a korlátozott idejű licencek vagy aktív szolgáltatási csomagok érvényességi idejét is ellenőrizhetjük. A lejárat közeledtét narancs illetve piros figyelmeztető szín jelzi.
A kategóriákba rendezett modulok listájában türkizzölddel jelennek meg az elérhető, szürkével a további modulok, funkciójukat súgóbuborék ismerteti.

Friss hírek

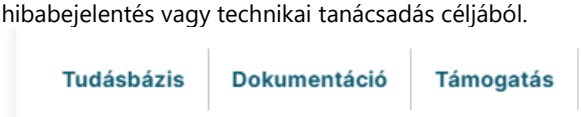
Működő internetkapcsolat esetén a középső ablakban kártyákon jelennek meg szakmai anyagok, az új kiadások javítás és újdonságlistái, a fejlesztési hírek és oktatási események.

Indítósáv

A jobb oldalon a *Projektjeim* fül alatt a legutóbb megnyitott és szerkesztett modellek listája látható, a név alatt látható a beállított szabvány és a legutolsó módosítás dátuma is. A súgóbuborék további adatokkal szolgál.
A *Példák* az AXISVM mintamodelljeit tartalmazza, az elérhető modellek a *Letöltés* gombbal azonnal a gépre menthetők és megnyithatók
Alul a TALLÓZÁS gomb a hagyományos Windows fájlválasztó ablakot nyitja meg. Az ÚJ PROJEKT a kiválasztott verziót és licencet indítja el, modell betöltése nélkül. Az indítópult mindkét esetben visszahúzódik a tálcára.



A képernyő alján támogatási csatornákhoz férhetünk hozzá. A *Tudásbázis* gyakran ismételt kérdéseket, modellezési útmutatókat és cikkeket gyűjt össze, a *Dokumentáció* alatt a hivatalos kézikönyv és a különféle segédletek tölthetők le PDF formátumban, a *Támogatás* közvetlen elérést biztosít az Inter-CAD ügyfélszolgálati portáljához hibabejelentés vagy technikai tanácsadás céljából.



Jobboldalt alul az AXISVM hivatalos weboldalára illetve közösségi oldalaira mutató linkek találhatók:



2.2.1.1. Hibaelhárítás és hibaüzenetek

2.2.1.1.1 MYAXISVM fiókkal kapcsolatos hibák

Érvénytelen hitelesítő adatok
Üzenet: *„Hibás e-mail vagy jelszó”*
Kiváltó ok: Az e-mail cím vagy a jelszó elgépelése, illetve helytelen karakterek megadása.

Megoldás: Ellenőrizze a billentyűkiosztást és a Caps Lock állapotát! Ha nem emlékszik a jelszavára, kattintson az *Elfelejtett jelszó?* hivatkozásra a bejelentkező panelen, és kérjen jelszó-visszaállítást a regisztrált e-mail címére.

Nem megerősített vagy felfüggesztett fiók

Üzenet: *„Fiókja még nincs megerősítve, nézze meg az e-mail fiókját."*
„Felfüggesztett fiók, kérem vegye fel a kapcsolatot a támogatói csapattal."

Kiváltó ok: Új fiók regisztrációja után a megerősítő e-mail aktiváló linkjére még nem kattintott rá, vagy a vállalati előfizetés adminisztratív okból inaktív státuszba került.

Megoldás: Keresse meg a postafiókjában az Inter-CAD automatikus aktiváló levelét (ellenőrizze a Spam/Levélszemét mappát is), és kattintson a visszaigazoló linkre. Felfüggesztett fiók esetén forduljon az Inter-CAD ügyfélszolgálatához a szerződés vagy az előfizetés rendezése érdekében.

Munkamenet lejárata

Üzenet: *„A munkamenet lejárt, jelentkezzen be újra."*

Kiváltó ok: A helyileg tárolt bejelentkezési munkamenet érvényessége biztonsági okokból (pl. hosszú inaktivitás vagy más eszközről történt jelszómódosítás miatt) lejárt.

Megoldás: Kattintson a jobb felső sarokban a BELÉPÉS gombra, és adja meg újra a belépési adatokat. Jelölje be az *Emlékezz rám* jelölőnégyzetet az automatikus belépéshez.

2.2.1.1.2 Licencelési hibák

Minden licenchely foglalt

Üzenet: *„Licencében minden hely használatban van, próbálja újra később."*

Kiváltó ok: Hálózati licencek vagy felhős csoportos licencek esetén a megvásárolt párhuzamos férőhelyek száma elérte a maximális értéket (például a kapacitásszámláló 5 / 5 állapotot mutat).

Megoldás: Egyeztessen a munkatársakkal, hogy valaki zárja be a futó AXISVM programját, ha éppen nem végez számítást, s ezzel szabadítson fel helyet a közös keretben. Rendszer-adminisztrátorként a MYAXISVM felületen ellenőrizheti a licencek aktuális kiosztását, vagy igény esetén bővítheti a férőhelyek számát.

Lejárt licenc

Üzenet: *„A licence lejárt"*

Kiváltó ok: Az időszakos bérleti konstrukció, a próbaverzió vagy az éves szoftverkövetési támogatás határideje lejárt.

Megoldás: A MYAXISVM gombra kattintva kezdeményezze az előfizetés megújítását. Ha több licenccel is rendelkezik, a bal oldali vezérlősávon válasszon másik aktív licencet.

Elérhetetlen licencszerver

Üzenet: *„A licenc szerver nem elérhető, kérem ellenőrizze az internetkapcsolatot"*

Kiváltó ok: Helyi hálózati kimaradás, zárt vállalati tűzfalbeállítás, vagy a helyi hálózati licenckezelő szerver leállása.

Megoldás: Ellenőrizze a gép internetkapcsolatát. Helyi hálózati szerver esetén győződjön meg arról, hogy a munkaállomás eléri az irodai hálózatot (VPN vagy helyi LAN kapcsolat), és a licencszolgáltatás fut a kiszolgálón.

2.2.1.1.3 Indítási és futtatási hibák

A folyamat már fut

Üzenet: *„Az AXISVM már fut."*

Kiváltó ok: Az AXISVM egy példánya már fut a gépen, de a felhasználói felület a háttérbe került, vagy egy korábbi folyamat a háttérben ragadt.

Megoldás: Ellenőrizze a Windows tálcát és az értesítési területet: kattintson a tálcaikonra az ablak előtérbe hozásához. Ha a program felülete nem látható, nyissa meg a Windows Feladatkezelőt (Ctrl+Shift+Esc), keresse meg az axisvm.exe folyamatot, állítsa le a feladatot, majd indítsa újra az indítópultról.

Adminisztrátori jogosultság szükséges

Üzenet: *„Adminisztrátor jogosultság szükséges, kérem futtassa az indítóprogramot adminisztrátorként.", "Elérés megtagadva...*"

Kiváltó ok: Az indítópult vagy a célként kijelölt AXISVM könyvtár olyan védett rendszermappában található (pl. C:\Program Files), amelyhez a Windows korlátozott jogosultságú felhasználó esetén írási/konfigurálási engedélyt követel meg

Megoldás: Zárja be az indítópultot, kattintson jobb gombbal az asztali parancsikonra, és válassza a *Futtatás rendszergazdaként* opciót.
Vállalati hálózat esetén kérje a helyi rendszergazda segítségét a megfelelő mappajogosultságok beállításához.

Sérült vagy hiányzó telepítési fájlok

Üzenet: *„Hibás fájlok, kérem telepítse újra az AXISVM-et.*". *„Az AXISVM nem található, a telepített program hibás.*"

Kiváltó ok: Egy vírusirtó szoftver téves riasztás miatt karanténba helyezett egy futtatófájlt, vagy a szoftver korábbi frissítése megszakadt.

Megoldás: Ellenőrizze a vírusvédelmi szoftver karanténját, és állítsa be kivételként az AXISVM telepítési mappáját.
Futtassa le újra az adott AXISVM verzió telepítőjét a hibás állományok javításához.

Hiányzó futtatókörnyezeti összetevők

Üzenet: *„Egy szükséges rendszerelem nem található, kérem telepítse újra az AXISVM-et.", „A videókártyája vagy annak illesztőprogramja nem támogatott...*"

Kiváltó ok: A számítógépen hiányzik a Microsoft .NET Desktop Runtime vagy a Microsoft Edge WebView2 futtatókörnyezet, illetve a videokártya nem támogatja az OpenGL 3.3 szabványt.

Megoldás: Telepítse a legfrissebb 64 bites .NET Desktop Runtime és Microsoft Edge WebView2 csomagokat (a program telepíti ezeket). Frissítse a számítógép grafikus vezérlőjének (NVIDIA, AMD vagy Intel) hivatalos illesztőprogramját.

2.2.1.1.4 Frissítési hibák

Elérhetetlen frissítési katalógus

Üzenet: *„A frissítési szerver nem elérhető, kérem ellenőrizze a kapcsolatot és próbálja újra."*

Kiváltó ok: Időszakos internetkimaradás, szigorú vállalati proxy szerver, vagy az Inter-CAD frissítési szerverének karbantartása.

Megoldás: Ellenőrizze az internetkapcsolatot a böngészőben. Várjon néhány percet, majd a verzióválasztóban válassza ki újra a verziót a frissítési adatok újbóli lekérdezéséhez.

Megszakadt vagy zárolt letöltés

Üzenet: *„A frissítés megszakítva."* *„Egy frissítés letöltése már folyamatban van, kérem várja meg a befejezését.*"

Kiváltó ok: A "Mégsem" gombra kattintott, a hálózati kapcsolat megszakadt az adatátvitel közben, vagy a háttérben egy másik letöltési folyamat zajlik.

Megoldás: Győződjön meg a stabil hálózati kapcsolatról, majd kattintson ismét a FRISSÍTÉS gombra a letöltés újraindításához. Amennyiben a letöltő folyamat zárolva maradt, indítsa újra az indítópultot.

A telepítő elindítása sikertelen

Üzenet: *„A telepítő letöltődött, de nem indult el, kérem futtassa."*

Kiváltó ok: A Windows felhasználói fiókok felügyelete (UAC) blokkolta az automatikus telepítőindítást, vagy a vírusirtó meggátolta a letöltött átmeneti .exe állomány futtatását.

Megoldás: Keresse meg a felhasználói fiók ideiglenes könyvtárába letöltött telepítőfájlt, és indítsa el rendszergazdaként vagy futtassa az indítópultot rendszergazdai jogosultsággal a frissítés megkezdése előtt.

2.2.2. Felhő (cloud) alapú licenc (Sentinel CL)

Sentinel CL licenc

Eladott új programjainkat alapértelmezés szerint felhő alapú licenccel szállítjuk.
A felhő alapú licenc működése hasonló az SL típusú szoftverlicenchez de a licenc nem a felhasználó számítógépére vagy a hálózati szerverre kerül, hanem a felhőbe, egy logikai szerverre.

A felhő alapú licenc előnyei:

- A licenc bárhonnan elérhető, ahol van internetkapcsolat, ezért akárhány számítógépről használható (természetesen párhuzamosan nem, hacsak nem hálózati a licenc,)
- Nem kell tartanunk a kulcs elvesztésétől, fizikai sérülésétől
- A licenc nem kötődik a számítógép hardverelemeinek azonosítóihoz, mint az SL licenc
- A licencfájl birtokában nem igényel további beállítást

A felhő alapú licenc hátránya:

- A licenc eléréséhez internetkapcsolat kell, anélkül a program nem indítható. Az ilyen helyzetek kivédésére a licenc a felhőből ideiglenesen letölthető egy konkrét számítógépre. Ennek részleteiről a *Licenc* menüpont leírásánál olvashat:
-

A felhő alapú licenceket a szoftverfejlesztő által bérelt szerver kezeli és tárolja. A szerver üzemeltetését tehát nem a szoftverfejlesztői biztosítja, így az esetleges üzemszünetből, vagy a szerver működésének problémáiból eredő szolgáltatáskiesésért sem tud felelősséget vállalni, de mindent megtesz a szolgáltatás mielőbbi helyreállítása érdekében.
Ha olyan helyen szeretné a programot futtatni, ahol nincs vagy bizonytalan az internetelérés, vagy fontos, hogy egy adott időszakban a program mindenképp használható legyen, töltse le licencet ideiglenesen egy konkrét számítógépre. Bővebben lásd: **3.8 Licenc**
A program akárhány számítógépre telepíthető, de egyszerre csak annyi gépen használható, ahány licencet vásárolt. A licencek foglaltságáról a *Licenc* menüpontban, a *Licenckezelő*ben tájékozódhat.

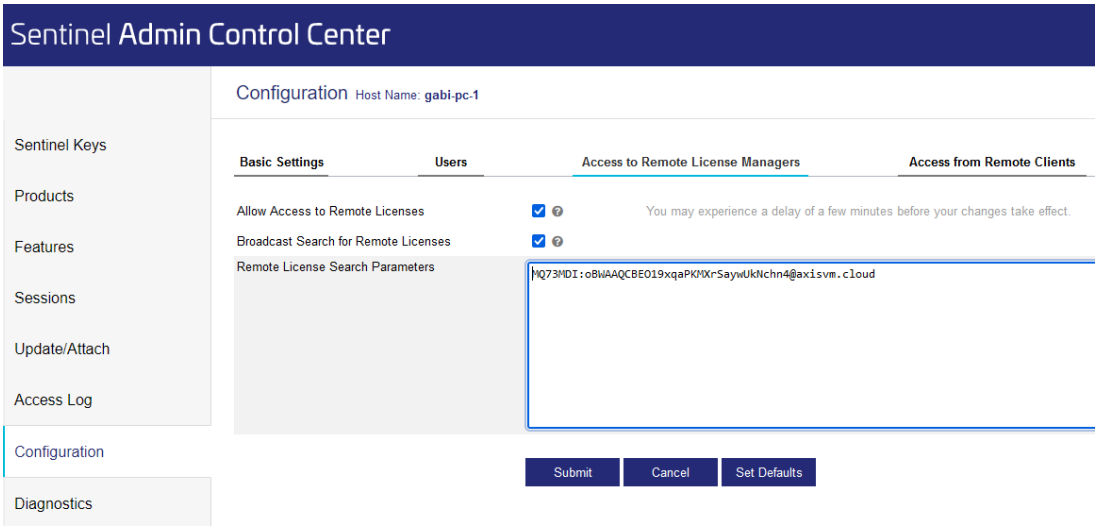
A licenc eléréséhez a *Sentinel Admin Control Center* (ACC) szolgáltatás szükséges, melynek telepítése a program telepítésével együtt automatikusan megtörténik, ha a telepített összetevők között szerepel a Sentinel meghajtóprogram is. (Ez alapértelmezésben mindig bekapcsolt).
A program futtatásához szükség van még AXISVM*_[key number]*.key kulcsfájlra is, amit a forgalmazó juttat el Önhöz. Ez a fájl tartalmazza a regisztrált felhasználónevét és a megvásárolt modulokat.
A telepítés után, de a program első indítása előtt a felhő-alapú licencet regisztrálni kell: ehhez elegendő a visszaigazoló emailben szereplő linkre, majd a megjelenő weboldalon a *Telepítés* gombra kattintani.
Ha a regisztráció sikeres volt, és a vonatkozó licenc elérhető, akkor a program indítható.
Ha a licenc elérésében hibát tapasztal, ellenőrizze a tűzfal, valamint az ACC beállításait.

A tűzfal ellenőrzése

Az ACC az 1947-es porton keresztül kommunikál a szerverrel, amit telepítéskor automatikusan megnyit. Vizsgálja meg, hogy ez a port a tűzfalon engedélyezett-e TCP és UDP protokollok számára is. Az operációs rendszer vagy antivírus-program frissítésekor előfordulhat, hogy a tűzfal beállításai megváltoznak, ilyenkor vissza kell állítani a korábbi beállítást. Megoldás a Sentinel futtatókörnyezet újbóli telepítése is, mert a telepítő, ha rendszergazdai jogokkal futtatják, elvégzi a tűzfal beállítását is. A telepítőt az AXISVM program mappa alatti *Sentinel LDK* mappában találja *InstallSentinelRuntime.exe* néven.

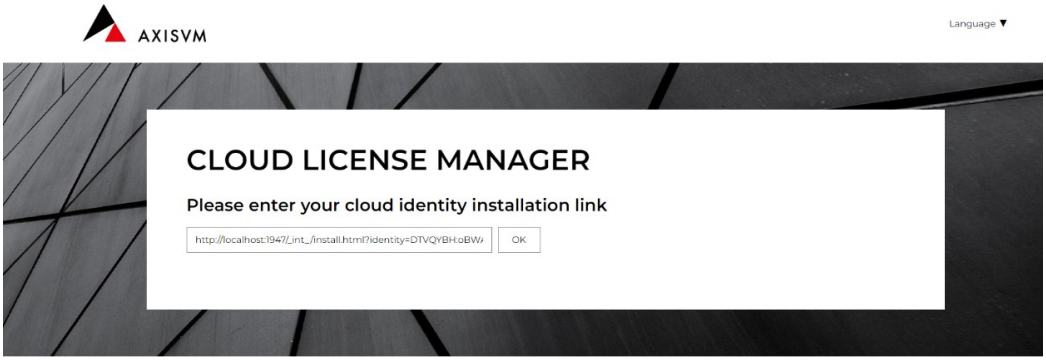
Az ACC ellenőrzése

Gépelje be böngészőjébe a *localhost:1947* kifejezést. Ekkor megjelenik az ACC felülete. Itt válassza baloldalon a *Configuration* menüpontot majd utána a felső sorban váltson az *Access to Remote License Managers* oldalra. A *Remote License Search Parameter*s mezőben meg kell jelenni az Ön egyedi azonosítójának.
Ha ez a mező üres, akkor ez az információ hiányzik. Kérje egyedi azonosítóját a forgalmazótól, majd másolja be ide és nyomja meg a *Submit* gombot. Ha a beírás sikeres, az azonosító látható marad. Ha eltűnik, akkor a megadott azonosító hibás.
Ha az egyedi azonosító megjelenik a mezőben, de a program nem indul, akkor vagy a felhőszerver nem érhető el valamilyen szolgáltatási hiba miatt vagy az Ön licence le van tiltva.
Ilyenkor kérje a forgalmazó segítségét a hiba elhárításához.

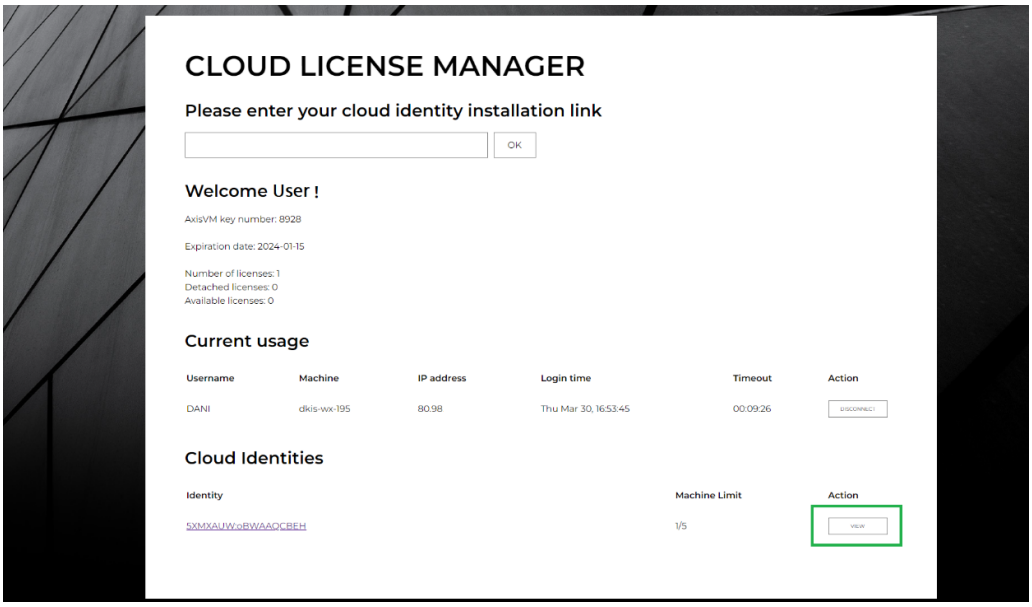


Cloud License Manager

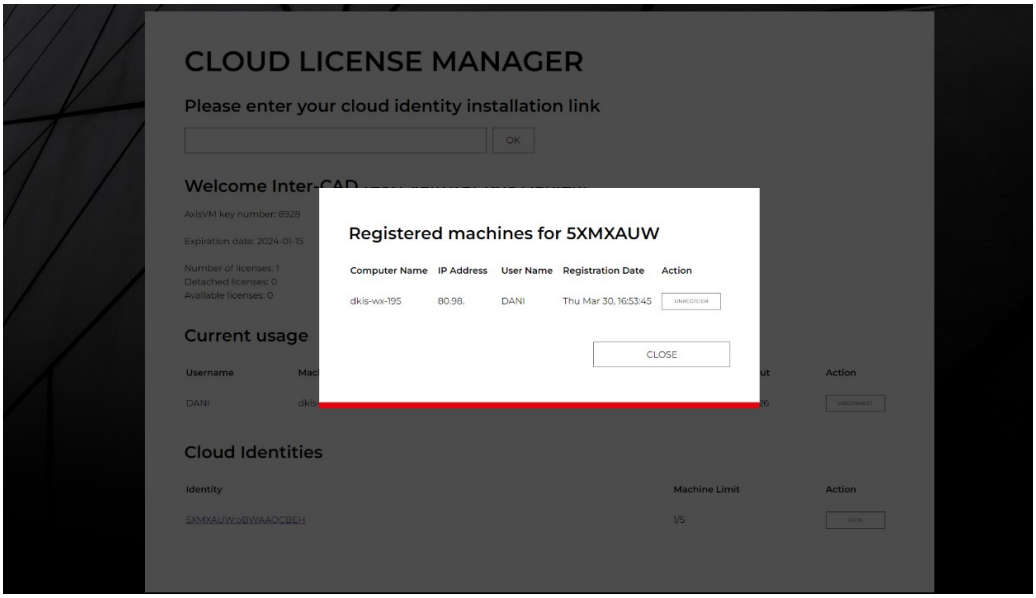
A Cloud License Manager az AXISVM CL licencek kezelőeszköze.
Segítségével nyomon követheti és deaktiválhatja az aktív munkameneteket, listázhatja a licenchez kapcsolódó összes felhős azonosítót, valamint nyomon követheti és törölheti azoknak a számítógépeknek a regisztrációját, amelyeken a felhős azonosítókat korábban használta, de későbbiekben már rájuk szükség.
A menedzser a **cloud.axisvm.eu** címen érhető el, ahol be kell írnia a felhős azonosítóhoz tartozó linket, amelyet a licenc megvásárlásakor kapott email-ben.



A helyes telepítési link megadása után láthatja a licencére vonatkozó alapvető információkat: a licencek számát, a licenc időkorlátját (amennyiben tartozik hozzá), az egyszerre használható licencek számát, a leválasztott licencek számát és a rendelkezésre álló licencek számát.
Láthatja továbbá a felhős licencén jelenleg futó összes AXISVM munkamenetet is, amelyeket igény szerint le is kapcsolhat.



Ha egy azonosító mellett a 'View' gombra kattint, láthatja az összes olyan gépet, amelyen az adott azonosítót használták. Törölheti a listából azt a számítógépet, amelyet a továbbiakban már nem kíván használni.



2.2.3. Hardverkulcsos védelem

Hardverkulcsos védelem esetén a programot több számítógépre is telepítheti, de csak azon tudja indítani, amelyikhez a hardverkulcsot csatlakoztatta. A hardverkulcsot csak a telepítés után csatlakoztassa a számítógéphez, mert egyes operációs rendszerek megpróbálják felismerni a csatlakoztatott eszközt, ami akadálya lehet a helyes telepítésnek.

2.2.3.1. Sentinel SuperPro

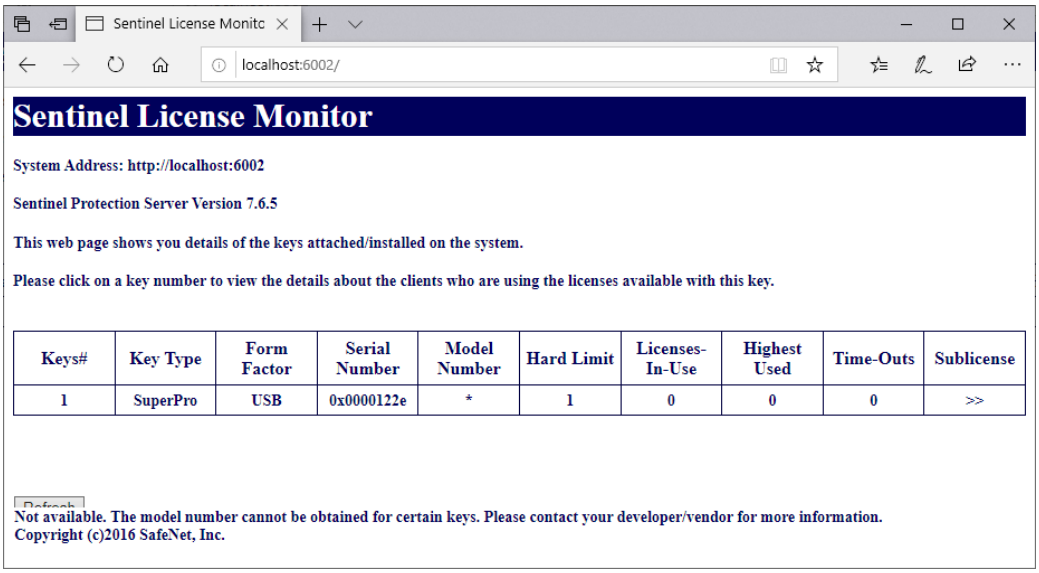
SuperPro hardverkulcs

Korábbi programverziókban a leggyakrabban alkalmazott programvédelmi eszköz a **Sentinel SuperPro** hardverkulcs, mely egy és több felhasználós (hálózati) kivitelben is vásárolható. Az 1 felhasználós kulcs egyszerre legfeljebb 1 számítógépen, illetve Windows Terminal Server esetén legfeljebb 1 terminálról használható. Hálózati kulcs esetén egy időben annyi számítógépen futtatható, ahány licencet megvásároltunk.
A kulcs működéséhez a Sentinel SuperPro meghajtó program szükséges.
A meghajtó programot a telepítőprogram automatikusan telepíti, de ha ez pl. a hozzáférési jogosultság hiánya miatt nem volt lehetséges, akkor a telepítés utólag is elvégezhető.

Az AXISVM telepítését követően az AXISVM program mappája alatt keresse a *Sentinel* mappát és onnan indítsa a *Sentinel Protection Installer* programot.
Amennyiben telepítő pendrive-val rendelkezik, akkor arról indítsa a Startup.exe programot és válassza a ***Meghajtó program újratelepítése*** funkciót. A Sentinel SuperPro kulcs működtetéséhez legalább 7.1 verziójú meghajtó program szükséges. A program telepítő csomagjában a 7.6.9 verzió található.

SuperPro hálózati hardverkulcs

Hálózati kulcs esetén a program és a kulcs leggyakrabban nem ugyanazon a számítógépen található.
A kulcs jellemzően egy szerver számítógépre vagy egy olyan kliens számítógépre csatlakozik, mely a többi kliens számítógépről is látható.
A hálózatos kulcsokat használhatja belső hálózaton (LAN) vagy távoli eléréssel (VPN) is.
A hardverkulcs megfelelő működéséhez erre a számítógépre is telepíteni kell a *Sentinel Protection Installer* meghajtó programot. (Lásd SuperPro hardverkulcs)
A telepítés hatására a Sentinel Protection Server szolgáltatás elindul, ami biztosítja a szerverhez kapcsolódó hardverkulcs és a kliens számítógépeken elindított AXISVM példányok közötti kapcsolatot.
Az AXISVM program a hálózat tetszőleges számú számítógépére telepíthető, azonban egy időben csak annyi példány indítható, ahány licencet a hardverkulcs tartalmaz.
A program indulásakor a hálózati kulcsba egy regisztráció kerül, mely a program befejezésekor felszabadul, így ez a licenc más felhasználó számára elérhető lesz.
Ha a program futása valamilyen hiba miatt megszakad, a kulcsból a regisztráció nem törlődik azonnal, így ez a licenc nem lesz elérhető. Az ilyen módon „beragadt" licencet a kulcsot kezelő szerver program 3 perc elteltével automatikusan felszabadítja, így az ismét elérhetővé válik.
A hardverkulcs gyártója által biztosított *Sentinel License Monitor* programmal ellenőrizhetők a hálózaton csatlakoztatott hardverkulcsok, valamint ezekben hány szabad licenc van és jelenleg mely felhasználók használják a licenceket, valamint lehetőség van az esetlegesen beragadt licencek felszabadítására is.
Az ellenőrzéshez gépelje be böngészőjébe annak a számítógépnek a lokális hálózaton érvényes IP címét melyhez a hardverkulcsot csatlakoztatta, majd a 6002-es port számát, pl.: **http://192.168.18.167:6002.**
Ha azon a gépen futtatja böngészőjét, ahol a hardverkulcsot csatlakoztatta, akkor a következőt: **http://localhost:6002**



☞ **TŰZFAL BEÁLLÍTÁSA*:* a hálózatos működés biztosítása érdekében engedélyezze a tűzfalon a TCP/IP valamint UDP protokollokat a 6001 és 6002-es portokra.**

Sentinel SuperPro hálózati kulcsok elérése

VPN kapcsolat esetén ez a beállítás szükséges.
A kliens számítógépen elindítva AXISVM programot, az automatikusan keresi a hálózaton az elérhető hardverkulcsokat. Megvizsgálja az összes olyan számítógépet, melyen a Sentinel SuperPro Server fut, függetlenül attól, hogy ott jelenleg van-e csatlakoztatott hardverkulcs vagy nincs. Emiatt a kulcs felismerése lassú lehet.

A hardverkulcs gyorsabb elérése érdekében a kliens gépen (ahol az AXISVM programot futtatja) lehetőség van egy NSP_HOST környezeti változó létrehozására, amivel közvetlen megadható, hogy a kulcsot mely számítógépen kell keresni A változónak a hardverkulcsot tartalmazó számítógép IP címét kell beállítani. Például: NSP_HOST = 192.168.0.23

Amennyiben több hálózati hardverkulccsal rendelkezik és ezeket különböző szervereken telepíti, lehetősége van NSP_HOST1, ..., NSP_HOST5 környezeti változók beállítására. Ebben az esetben az így megadott IP címeken történik meg a kulcsok keresése Így legfeljebb 5 hálózati kulcsot kezelhet 5 különböző szerveren.

☞ **A hálózat valamely gépén csak akkor indíthatjuk a programot, ha a SuperPro Server program fut a kulcsot tartalmazó gépen. Amennyiben ez valamilyen okból leáll, az éppen futtatott programok is leállnak.**

2.2.3.2. Sentinel HL

Sentinel HL hardverkulcs

A **Sentinel HL** hardverkulcs egy olyan új típusú programvédelmi eszköz, mely nem igényli meghajtó program telepítését. A kulcsot az USB portra csatlakoztatva a Windows operációs rendszer automatikusan HID (Human Interface Device) eszközként felismeri.
A Sentinel HL kulcsok is rendelhetők egy vagy több felhasználós (hálózati) kivitelben.
Az egy felhasználós kulcs egyszerre legfeljebb egy számítógépen, illetve Windows Terminal Server esetén legfeljebb 1 terminálról használható. Hálózati kulcs esetén a program egy időben annyi számítógépen futtatható, ahány licencet megvásároltak.
Az AXISVM program a hálózat tetszőleges számú számítógépére telepíthető, azonban egy időben csak annyi példány indítható, ahány licencet a hardverkulcs tartalmaz.

Sentinel HL hálózati hardverkulcs

A hálózatos kulcsokat használhatja belső hálózaton (LAN) vagy távoli eléréssel (VPN) is. Ebben az esetben a hardverkulcsot a szerver gépre helyezze a programokat pedig a csatlakozó kliens gépekre egyedileg telepítse. A hálózatos hardverkulcsok működéséhez a hardverkulcsot tartalmazó számítógépen és a kliens számítógépen is telepíteni kell a SENTINEL futtató környezetet.
Ehhez futtassa a feltelepített AXISVM mappa alatt a Sentinel LDK mappában található *InstallSentinelRuntime* alkalmazást.
A SENTINEL futtató környezet biztosítja a szerverhez kapcsolódó hardverkulcs és a kliens számítógépeken elindított AXISVM példányok közötti kapcsolatot. Ha a futtató környezet nem működik, az AXISVM a kliens gépeken nem lesz indítható.
Ha a hálózati hardverkulcsához további licenceket szeretne vásárolni, Indítsa el az alább ismertetett *Admin Control Center*-t. A baloldali menüből kérje a *Sentinel Keys* elemet majd keresse meg a megjelenő listában a hálózati kulcsát, melyhez további licencet kér.
Ebben a sorban a jobboldalon kattintson a C2V ikonra és mentse a fájlt a lemezre. Ezt a fájlt továbbítsa a forgalmazónak a licenc bővítési kérelmével együtt. A forgalmazótól egy V2C fájlt fog visszakapni, mely a bővített licencet tartalmazza. A licencszám frissítéséhez válassza a baloldali menüben az *Update/Attach* menüelemet majd a tallózás gombbal keresse meg a forgalmazótól kapott V2C kiterjesztésű fájlt. A *Megnyitás* gombra kattintva a fájlból az információk a hálózati kulcsba íródnak, a kulcs a bővített licensz számmal használatba vehető.

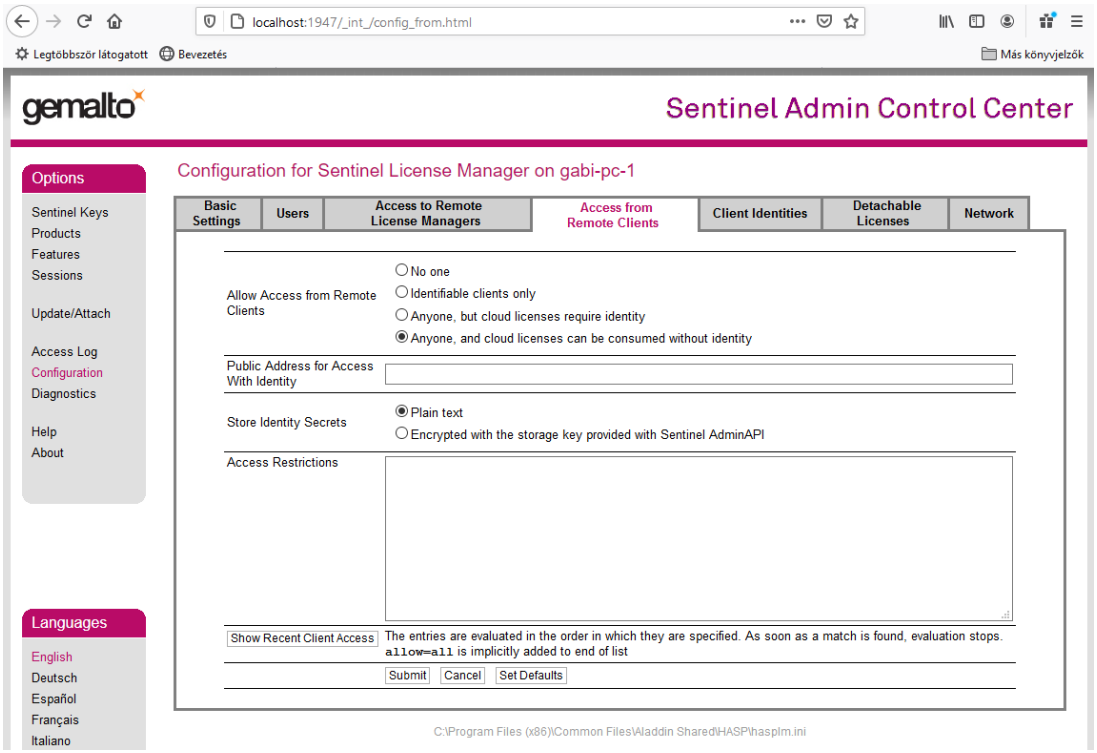
☞ **TŰZFAL BEÁLLÍTÁSA: a hálózatos működés biztosítása érdekében engedélyezze a tűzfalon a TCP/IP valamint UDP protokollokat az 1947-es portra.**

A szerver és kliens gép beállítása a hálózati kulcs eléréséhez

A Sentinel HL hálózatos hardverkulcsok működéséhez a szerver és kliens számítógépeken is el kell végezni a *Sentinel Admin Control Center* konfigurálását az alábbi formában.

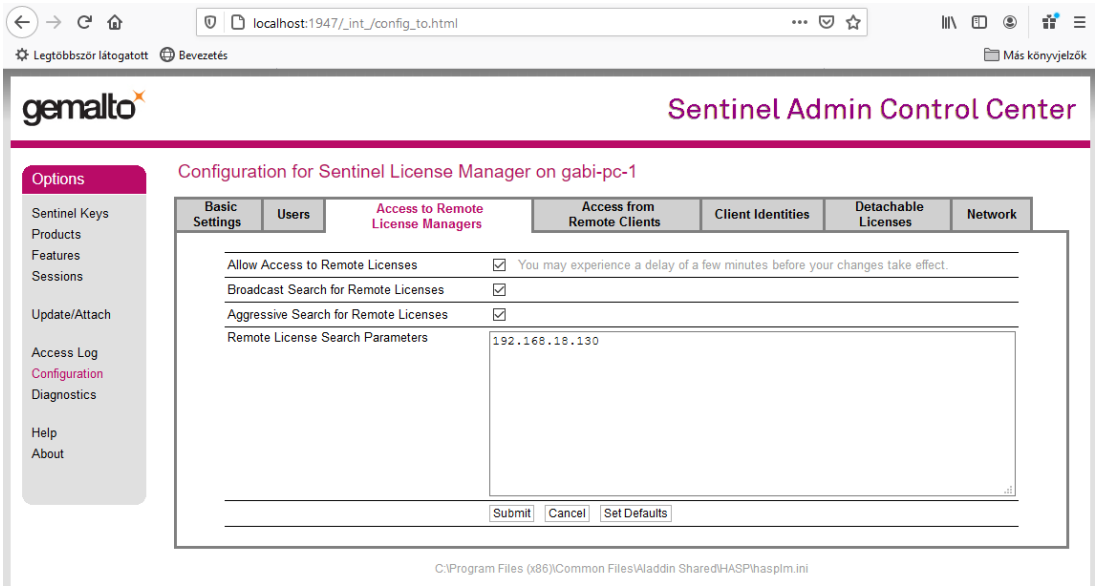
Szerver

A szerver számítógépen az internet böngészőjében gépelje be a *localhost:1947* sort. A megjelenő Sentinel Admin Control Center kezelőfelületén válassza az „Access from Remote Clients" oldalt és engedélyezze az „Allow Access From Remote Clents" opciónál az „Anyone" lehetőséget.



Kliens

A kliens számítógépen az internet böngészőjében gépelje be a *localhost:1947* sort. A megjelenő *Sentinel Admin Control Center* kezelőfelületén válassza az „Access to Remote License Managers" oldalt és engedélyezze az „Allow Access to Remote Licenses", „Broadcast Search for Remote Licenses" és „Aggressive Search for Remote Licenses" kapcsolókat. A Remote License Search Parameters mezőbe írja be a kulcsot tartalmazó szerver IP címét és nyomja meg a Submit gombot.
Ha mind a szerver mind a kliens gép beállítása helyes, akkor a kliens gépen a baloldalon a „Sentinel Keys" pontot választva a listában megjelennek a szerver gépre telepített Sentinel HL és SL típusú kulcsok is.



2.2.4. Szoftverkulcsos védelem (Sentinel SL)

Szoftverkulcsos védelem esetén az USB portra csatlakoztatható hardverkulcs helyett a számítógépre telepített licenc védi a programot. A szoftverkulcsos licenc is rendelhető lokális (csak egy gépen futtatható) használatra vagy hálózaton keresztül egy vagy több felhasználó számára elérhető módon.

A hálózati szoftverlicenc esetén egyidőben annyi felhasználó tudja a programot indítani ahány licencet a szoftverkulcs tartalmaz. A szoftverkulcs egy speciális programmal másik számítógépre átvihető, ennek menetét később részletezzük. Az átvitelt követően a program csak azon a számítógépen lesz futtatható, ahová a szoftverkulcsot átvitte, a korábbi helyen nem.

A szoftverlicenc a gép hardverjéhez kötődik, ezért a hardver minden módosítása (alaplap, processzor, hálózati kártya, merevlemez cseréje) a licenc elvesztésével jár!

Ennek elkerülése érdekében a licencet a hardver minden módosítása **előtt** át kell helyezni egy másik gépre, majd az alkatrészcsere után visszahelyezni. Ld. *Sentinel SL szoftverkulcs áthelyezése*

Sentinel SL szoftverkulcsok

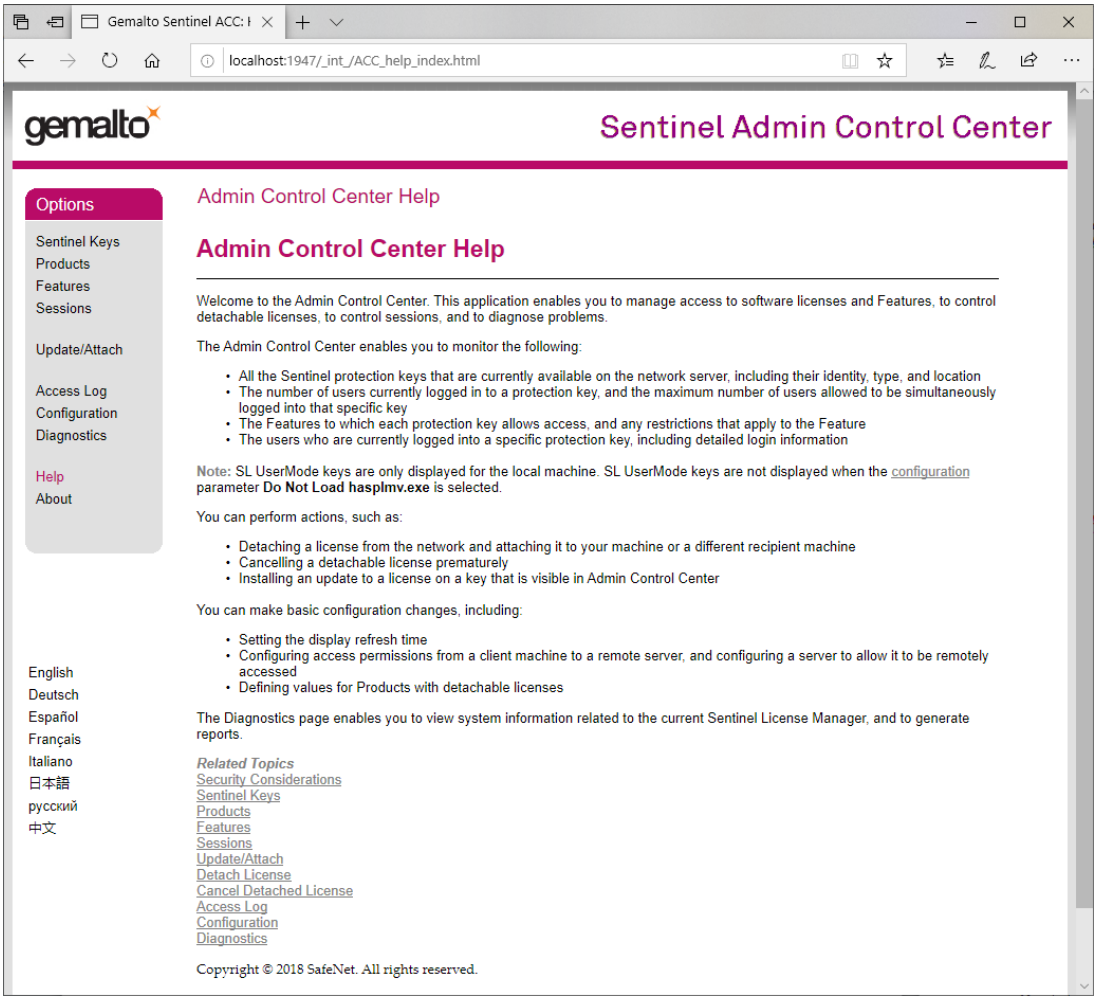
A Sentinel védelmi csomag lehetőséget ad **Sentinel SL** szoftverkulcs kezelésére is. Itt nem külső fizikai kulcs biztosítja a védelmet, hanem számítógéphez rögzített szoftverkulcs, mely a hardver paraméterei szerint minden számítógépen eltérő. Közvetlenül nem másolható, nem törölhető, csak a Sentinel védelmi csomaghoz tartozó RUS programmal helyezhető át. Ezt később részletesen tárgyaljuk.
A szoftverkulcs használata olyan esetben lehet indokolt, ha a hardverkulcs megfelelő tárolása, csatlakoztatása vagy védelme nem, vagy csak nehezen megoldható.
Felhívjuk figyelmét, mivel a szoftverkulcs a számítógép merevlemezén tárolódik, vírusok és egyéb kártékony szoftverek vagy egy hibásan lefutó operációs rendszer frissítés is kárt tehet benne. A sérült/elveszett szoftverkulcs pótlása csak díj ellenében lehetséges.

Sentinel futtatókörnyezet telepítése

A szoftverkulcs működéséhez szükséges a SENTINEL futtató környezet telepítése
A futtatókörnyezetet letöltheti a **www.axisvm.hu** weboldalon a letöltések\Sentinel meghajtóprogram menüpontban, vagy megtalálhatja az AXISVM telepítését követően a Sentinel LDK mappában InstallSentinelRuntime.exe néven.

Sentinel Admin Control Center

A futtató környezet működését ellenőrízheti, ha böngészőjébe begépeli a következőt:
http://localhost:1947
A parancs hatására megjelenik a Sentinel Admin Control Center.



A *Sentinel Admin Control Center* segítségével áttekintheti a hálózathoz kapcsolódó Sentinel HL és SL típusú kulcsokat, aktuális használatukat, valamint kiléptethet felhasználót a licencből.
Az összes elérhető kulcs megtekintéséhez válassza a baloldali listából a Sentinel Keys elemet.
Ezt követően egy olyan listát kap, amely tartalmazza a hálózathoz kapcsolódó összes Sentinel HL és SL típusú kulcsot.
Amennyiben a rendszerhez több kulcs is csatlakozik és nem tudja melyik az AXISVM-hez tartozó, a baloldali listából válassza a Products elemet. Ekkor a listában a védett szoftverek szerint rendezve láthatja a kulcsokat. Keresse az AXISVM-hez tartozó kulcsot!

Sentinel SL szoftverkulcs igénylése

A szoftverkulcs működéséhez szükséges a SENTINEL futtató környezet telepítése. Ezt végezze el a „Sentinel futtatókörnyezet telepítése" pontnál leírtak szerint.
A futtatókörnyezet telepítését követően keresse majd indítsa el a SentinelRuntime könyvtárban található *RUS_AxisVM_Hu.exe* alkalmazást.
Válassza ki alul az *Installation of new protection key* opciót és kattintson a *Collect information* gombra. A megjelenő ablakban mentse el a generált *c2v* kiterjesztésű azonosító-fájlt és küldje el a forgalmazónak e-mailben.

Sentinel SL szoftverkulcs használatba vétele

Az előzőleg elküldött *c2v* formátumú fájlra, (mely a számítógép paramétereit tartalmazza) a forgalmazó visszaküld egy *v2c* kiterjesztésű fájlt, amely a kulcsot tartalmazza. Ezt a fájlt mentse le a gépére egy tetszőleges mappába.
Indítsa el *RUS_AxisVM_Hu.exe* alkalmazást, amivel a kulcs igénylésekor előállította a c2v fájlt.
Válassza az *Apply License File* fület, majd alul az *Update File* mezőben adja meg a fájl elérési útját vagy kattintson a […] gombra és keresse meg a fájlt.
Ezután az *Apply Update* gombra kattintva a szoftverkulcs aktiválódik.
A szoftverkulcs jelenlétét és működését ellenőrizze az előző pontban ismertetett *Admin Control Center* segítségével. Megfelelő működés esetén a *Sentinel keys* elemet választva a menüből, a listában a Sentinel SL kulcs is megjelenik.

Sentinel SL szoftverkulcs áthelyezése

A szoftverlicenc másik gépre átvihető, de ezután a program csak azon a gépen fog elindulni (mintha hardverkulcsot tennénk át a másik gépbe). A kulcs áthelyezéséhez először azon a gépen indítsa el a *RUS_AxisVM_Hu.exe* alkalmazást, amelyik gépre a kulcsot szeretné áthelyezni. Válassza a *Transfer License* fület és generáljon egy átvitelhez szükséges azonosítót (recipient information file, *.id), és ezt másolja fel az első gépre is. Az első gépen is válassza a *Transfer License* fület, majd a *Read the recipient information file from* mezőnél a […] gombra kattintva töltse be ezt az *.id fájlt, majd töltse ki a *Generate the license transfer file to* mezőt, kattintson a *Generate License Transfer File* gombra. Ezt a *h2h* kiterjesztésű fájlt másolja át a másik gépre és ott az *Apply License File* fülön töltse be és kattintson az *Apply Update* gombra.

A szerver és kliens gép beállítása a hálózati kulcs eléréséhez

A hálózati szoftverlicenc használatához is szükséges a *Sentinel Admin Control Center* konfigurálása a Sentinel HL hálózati kulcs használatánál tárgyalt módon.

2.2.5. Telepítés

Telepítés előkészítése Macintosh gépeken

Ha Ön az AXISVM Windows alapú programot Mac-en szeretné használni, akkor ezt vagy valamelyik ún. virtualizáló program (pl. *Parallels, VMware Fusion*) vagy pedig a *Boot Camp* segédprogram segítségével teheti meg.

1. Virtualizáló program használata (rebooting nélkül)

Mind a *Parallels,* mind a *VMware Fusion* lehetővé teszi a Windows és más operációs rendszerek telepítését a MacOS mellett. A Windows úgy érzékeli, mintha egy valódi gépről futna de valójában mindezt egy Mac szoftveren belül teszi.

A Windowsnak a virtuális gépre való telepítéséhez szüksége lesz Windows-licencre. Ha már rendelkezik termékkulccsal, ingyen letöltheti a Windows telepítőjét, amit a virtuális gépre. telepíthet.

Mindkét program fizetős és ingyenes próbaverziót is kínál.

2. Boot Camp használata Windows telepítésére (dual rebooting)

Az *Apple Boot Camp* lehetővé teszi, hogy Windows-t telepítsen Mac számítógépére. *Boot Camp* használatának hátránya, hogy nem lehet egyszerre futtatni MacOS és Windows alkalmazásokat

mert egyszerre csak egy operációs rendszer futhat. Így minden alkalommal újra kell indítania gépét a MacOS és a Windows közötti váltáshoz.

A Virtualizáló programokhoz hasonlóan a *Boot Camp*-en keresztüli Windows használata is Windows licencet igényel.

3. Remote Desktop használata Windows telepítésére

Ha már rendelkezik Windows rendszerrel, akkor teljesen kihagyható a Windows futtatása a Mac-en. Használhat *Remote Desktop* szoftvert a Windows gép Mac számítógépéről történő eléréséhez.

A Windows telepítése után a Mac gépe készen áll arra, hogy az AXISVM programot telepítse Windows alá.

☞ ***Remote Desktop* használata esetén az AXISVM Mac-en való futtatásához hálózati licenszfájl rendelése szükséges!**

Installálás

A telepítéshez

- csatlakoztassa az installáló pendrive-ot számítógépére és indítsa el róla a Startup.exe programot, vagy
- elektronikus letöltés esetén indítsa el a letöltött telepítő programot.

Telepítő varázsló indítása

A megjelenő indító ablakban az AXISVM 27 telepítése menüponttal indíthatjuk el a telepítés folyamatát. Kövessük a képernyőn megjelenő utasításokat.

Licencszerződés

Kérjük, hogy a licencszerződést figyelmesen olvassa el, majd az *Elfogadom a szerződést* rádiógomb bekapcsolásával fogadja el.

Telepítés helye

Alaphelyzetben a programrendszer a **C** jelű merevlemezre települ a **C:\AxisVM_27** könyvtárba, a mellékelt mintamodellek a **C:\AxisVM_27\Peldak** könyvtárba kerülnek.
A fenti beállítások a felhasználó által módosíthatóak.
A program telepíthető az eddigi verzióknál megszokott módon a C:\Program Files\AxisVM_X6 mappába is. Ekkor azonban az **AxisVM_x64.exe** és az **\IDTFConverter \DTFConverter.exe** programokra be kell állítani *A program futtatása rendszergazdaként (Run as administrator)* opciót.
A *Start / Számítógép (Computer)* menüből keressük meg a programokat, jobb gombbal rájuk kattintva válasszuk a *Tulajdonságok (Properties)* menüpontot, majd a *Kompatibilitás (Compatibility)* fület és a *Jogosultsági szint (Privilege level)* alatt kapcsoljuk be az említett funkciót.
Ellenőrizni kell azt is, hogy a felhasználónak legyen írási joga a C:\Program Files\AxisVM_27 könyvtárra.
Ezt az iménti ablakban a *Biztonság (Security)* fülön állíthatjuk be (aki rendszergazdaként használja a gépet, az már rendelkezik ezzel a jogosultsággal).

☞ **A program telepítése a c:\Program_Files mappába nem javasolt, mivel ebben az esetben a program indítása csak adminisztrációs jogokkal lehetséges és néhány alprogram (pl. 3D PDF generáló) működésében még ennek ellenére is zavarok lehetnek.**

Program automatikus telepítése csendes módban

(silent installation)

A program automatikus telepítése csendes módban is elvégezhető parancssorból indítva. Ez a funkció rendszergazdáknak nyújthat segítséget és azon alkalmazásoknak, melyek a telepítő programot automatikusan aktiválják.
Javasolt módszer parancssorból történő telepítéshez:

setup.exe /VERYSILENT /SUPPRESSMSGBOXES /NORESTART /Dir="C:\AxisVMX_27" lang=nl NoIcons=0 types=64bits Tasks=extensions1,extensions2

A program telepítője az Inno Setup telepítőszoftver-készítő programmal készült, a fontosabb és a fenti példában is szereplő paramétereket az alábbiakban angol nyelven közöljük. Az itt nem szereplő beállítások az Inno Setup súgójában tekinthetők meg.

/SP-
Disables the This will install... Do you wish to continue? prompt at the beginning of Setup. Of course, this will have no effect if the DisableStartupPrompt [Setup] section directive was set to yes.

/SILENT, /VERYSILENT
Instructs Setup to be silent or very silent. When Setup is silent the wizard and the background window are not displayed but the installation progress window is. When a setup is very silent this installation progress window is not displayed. Everything else is normal so for example error messages during installation are displayed and the startup prompt is (if you haven't disabled it with DisableStartupPrompt or the '/SP-' command line option explained above).
If a restart is necessary and the '/NORESTART' command isn't used (see below) and Setup is silent, it will display a Reboot now? message box. If it's very silent it will reboot without asking.

/SUPPRESSMSGBOXES
Instructs Setup to suppress message boxes. Only has an effect when combined with '/SILENT' and '/VERYSILENT'.

The default response in situations where there's a choice is:

- Yes in a 'Keep newer file?' situation.
- No in a 'File exists, confirm overwrite.' situation.
- Abort in Abort/Retry situations.
- Cancel in Retry/Cancel situations.
- Yes (=continue) in a DiskSpaceWarning/DirExists/DirDoesntExist/NoUninstallWarning/ExitSetupMessage/ConfirmUninstall situation.
- Yes (=restart) in a FinishedRestartMessage/UninstalledAndNeedsRestart situation.

5 message boxes are not suppressible:

- The About Setup message box.
- The Exit Setup? message box.
- The FileNotInDir2 message box displayed when Setup requires a new disk to be inserted and the disk was not found.
- Any (error) message box displayed before Setup (or Uninstall) could read the command line parameters.
- Any message box displayed by [Code] support function MsgBox.

/LOG

Causes Setup to create a log file in the user's TEMP directory detailing file installation and [Run] actions taken during the installation process. This can be a helpful debugging aid. For example, if you suspect a file isn't being replaced when you believe it should be (or vice versa), the log file will tell you if the file was really skipped, and why.

The log file is created with a unique name based on the current date. (It will not overwrite or append to existing files.)

The information contained in the log file is technical in nature and therefore not intended to be understandable by end users. Nor is it designed to be machine-parseable; the format of the file is subject to change without notice.

/LOG="filename"

Same as /LOG, except it allows you to specify a fixed path/filename to use for the log file. If a file with the specified name already exists it will be overwritten. If the file cannot be created, Setup will abort with an error message.
/NOCANCEL

Prevents the user from cancelling during the installation process, by disabling the Cancel button and ignoring clicks on the close button. Useful along with '/SILENT' or '/VERYSILENT'.

/NORESTART

Instructs Setup not to reboot even if it's necessary.

/LANG=language

Specifies the language to use. language specifies the internal name of the language as specified in a [Languages] section entry.
When a valid /LANG parameter is used, the Select Language dialog will be suppressed.

/DIR="x:\dirname"

Overrides the default directory name displayed on the Select Destination Location wizard page. A fully qualified pathname must be specified.

/GROUP="folder name"

Overrides the default folder name displayed on the Select Start Menu Folder wizard page. If the [Setup] section directive DisableProgramGroupPage was set to yes, this command line parameter is ignored.

/NOICONS

Instructs Setup to initially check the Don't create a Start Menu folder check box on the Select Start Menu Folder wizard page.

/TYPE=type name

Overrides the default setup type.
If the specified type exists and isn't a custom type, then any /COMPONENTS parameter will be ignored.

/COMPONENTS="comma separated list of component names"

Overrides the default component settings. Using this command line parameter causes Setup to automatically select a custom type. If no custom type is defined, this parameter is ignored.
Only the specified components will be selected; the rest will be deselected.
If a component name is prefixed with a "*" character, any child components will be selected as well (except for those that include the dontinheritcheck flag). If a component name is prefixed with a "!" character, the component will be deselected.
This parameter does not change the state of components that include the fixed flag.
Example:
Deselect all components, then select the "help" and "plugins" components:
/COMPONENTS="help,plugins"
Example:
Deselect all components, then select a parent component and all of its children with the exception of one:
/COMPONENTS="*parent,!parent\child"

/TASKS="comma separated list of task names"

Specifies a list of tasks that should be initially selected.
Only the specified tasks will be selected; the rest will be deselected. Use the /MERGETASKS parameter instead if you want to keep the default set of tasks and only select/deselect some of them.
If a task name is prefixed with a "*" character, any child tasks will be selected as well (except for those that include the dontinheritcheck flag). If a task name is prefixed with a "!" character, the task will be deselected.
Example:

Deselect all tasks, then select the "desktopicon" and "fileassoc" tasks:
/TASKS="desktopicon,fileassoc"
Example:
Deselect all tasks, then select a parent task and all of its children with the exception of one:
/TASKS="*parent,!parent\child"

Program automatikus eltávolítása csendes módban

(silent uninstall)

Telepítéskor a program könyvtárában létrejön egy unins000.exe fájl, amivel a program eltávolítható.
A parancssori paraméterek a következők:

/SILENT, /VERYSILENT

When specified, the uninstaller will not ask the user for startup confirmation or display a message stating that uninstall is complete. Shared files that are no longer in use are deleted automatically without prompting. Any critical error messages will still be shown on the screen. When '/VERYSILENT' is specified, the uninstallation progress window is not displayed.

If a restart is necessary and the '/NORESTART' command isn't used (see below) and '/VERYSILENT' is specified, the uninstaller will reboot without asking.

/SUPPRESSMSGBOXES

Instructs the uninstaller to suppress message boxes. Only has an effect when combined with '/SILENT' and '/VERYSILENT'. See '/SUPPRESSMSGBOXES' under Setup Command Line Parameters for more details.

/LOG

Causes Uninstall to create a log file in the user's TEMP directory detailing file uninstallation and [UninstallRun] actions taken during the uninstallation process. This can be a helpful debugging aid.

The log file is created with a unique name based on the current date. (It will not overwrite or append to existing files.)

The information contained in the log file is technical in nature and therefore not intended to be understandable by end users. Nor is it designed to be machine-parsable; the format of the file is subject to change without notice.

/LOG="filename"

Same as /LOG, except it allows you to specify a fixed path/filename to use for the log file. If a file with the specified name already exists it will be overwritten. If the file cannot be created, Uninstall will abort with an error message.

/NORESTART

Instructs the uninstaller not to reboot even if it's necessary.

Hibaelhárítás

Az installáló program létrehozza az AXISVM 27 ikont az asztalon (Desktop).
Erre duplán kattintva a program elindul.
Az operációs rendszer biztonsági szintjétől függően az indításkor biztonsági figyelmeztetés jelenhet meg. Válassza az *Igen* gombot és folytassa a futtatást.
Amennyiben a program nem indul el, állítson be adminisztrátori jogokat a futtatáshoz az alábbi módon:

- Kattintson az indítóikonra az *Egér jobb gomb*bal.
- A gyors menüből válassza a *Tulajdonságok* (Properties) menüpontot.
- A megjelenő dialógusablak *Kompatibilitás* (Compatibility) fülén a Jogosultsági szinteknél a "*A program futtatása rendszergazdaként*" ("Run as administrator") jelölőnégyzetet kapcsolja be.

Amennyiben már adminisztrátori jogokkal rendelkezik, de a program nem indul el, ellenőrizze a következőket:

Ha a program hibakódot ad vissza, akkor ellenőrizze, hogy a hardverkulcsot megfelelően csatlakoztatta-e a számítógéphez, illetve USB kulcs esetén a kulcs zöld színű LED-je világít-e. Ha nem világít, akkor az USB port nem működik.
Ha indításkor nem kap vissza hibakódot, de a program mégsem indul el, akkor valószínűleg egy telepített vírusfigyelő program nem engedi a programot működni.

Vírusfigyelők-téves riasztás

A program telepítésekor megtörténhet, hogy a számítógépen található antivírus program vírust jelez. Ezt téves riasztásnak nevezzük. Ennek oka az, hogy a legtöbb mai vírusfigyelő program nem tényleges víruskódot ellenőríz, hanem olyan műveleteket vizsgál, ami vírusok esetén előfordulhat. Mivel az AXISVM speciális védelemmel van ellátva, ami megakadályozza a program visszafejtését, ezért néhány vírusfigyelő ezt a téves riasztást adhatja.
Ebben az esetben a következőt teheti:

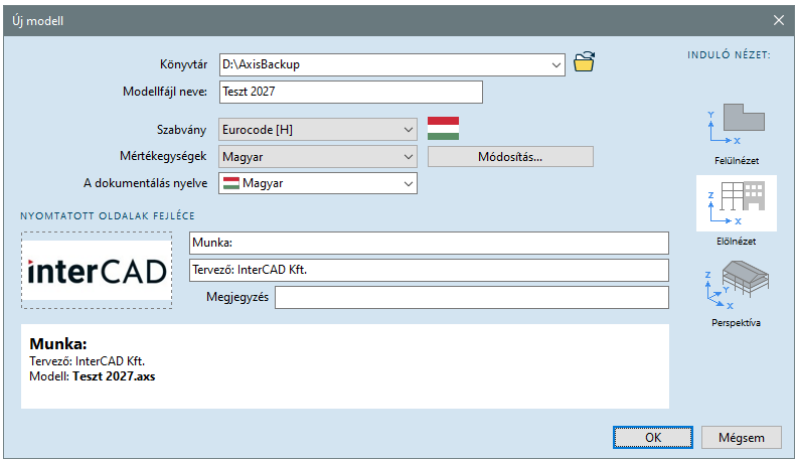
- Ha a vírusfigyelő karanténba helyezte az AxisVM.exe állományt. Helyezze vissza azt az eredeti helyére
- Kapcsolja ki az AxisVM.exe ellenőrzését a vírusfigyelőben
- Csökkentse a heurisztikus keresés érzékenységét a vírusfigyelő beállító paneljén.

A VirusTotal internetes oldalán közel 50 vírusfigyelővel ellenőriztetheti programját.

Indítás

Az AXISVM program sikeres indításakor először a programról tájékoztató ablak látható, majd a nyitó képernyő, mely új modell létrehozását illetve már létező modellek megnyitását gyorsítja meg. Megjelenése az alsó jelölőnégyzettel kikapcsolható. Visszaállítása az *Alapbeállítások / Adatbiztonság* dialógusban (3.3.11.1 Adatbiztonság) a *Nyitó képernyő használata* jelölőnégyzettel lehetséges.

Új modell létrehozása esetén a következő alap adatokat kell megadni (3.1.1 Új):



A program indítása csökkentett üzemmódban

Az **AxisVM.exe** indítható úgynevezett csökkentett üzemmódban a /SAFE kapcsolóval.
Pl. axisvm_xx.exe /SAFE, ahol xx a program verziószáma.

A kapcsolót akkor célszerű használni, ha a programot a következő okok miatt nem sikerül elindítani:

- hibás a grafikus kártya vagy a meghajtó program, mivel csökkentett módban a program a hardvergyorsítást nem használja
- processzor működési hiba esetén, mivel ilyenkor csak hagyományos, egymagos módban fut a program
- ha legutóbb hibával állt le a program és megpróbál valamilyen hibás állapotú modellt visszaállítani, mivel csökkentett módban nem állít vissza semmilyen fájlt a program
- amennyiben hibás Plugin vagy AddOn telepítése és ennek betöltése esetén hiba keletkezik, mivel csökkentett módban nem tölt be Plugin és AddOn kiegészítőket a program.

A program indítása hibakereső üzemmódban

Amennyiben a program indítása során problémát tapasztal vagy a program egyáltalán nem indul, akkor az probléma felderítéséhez az AxisVM indítható úgynevezett hibakereső üzemmódban a /USERDEBUG valamint /NETDONGLELOG kapcsolóval. Ha hálózati kulccsal rendelkezik, futtassa a programot egymás után mindkét kapcsolóval. Lokális kulcs esetén elegendő csak a /USERDEBUG kapcsolót használnia.
Pl. AxisVM.exe /USERDEBUG vagy AxisVM.exe /NETDONGLELOG
A kapcsolók hatására az indítás folyamatáról naplófájl készül, melyet továbbíthat a forgalmazónak. A fájl tartalma alapján a forgalmazó segíthet önnek a hiba okának elhárításában.

Verziócsere

Aki korábbi AXISVM verzióval rendelkezik, az installálást a fentiek szerint végezheti. Az új verziót célszerű egy új könyvtárba telepíteni, így az előző verzió továbbra is indítható.

Régi modellek konvertálása

Előző programverzióval készült modelleket a program automatikusan felismeri és betölti, mentéskor azonban már az új verziónak megfelelő formátumban tárolja. A *Mentés névvel* menüpontban lehetőség van az adatokat korábbi verziók formátumába lementeni.

Fájl-kiterjesztések

Program változat	*kiterjesztés*	*Megnyitható*				
		Piaci	*Viewer*	*Oktatási*	*Kipróbálási*	*Light*
Piaci	.axs/.axe	igen	igen	igen	igen	nem
Viewer	.axv/.axw	nem	igen	nem	nem	nem
Oktatási	.axs/.axe	VJ	igen	igen	VJ	**EF**
Kipróbálási	.axs/.axe	igen	igen	igen	igen	**EF**
Light	.axd/.axr	igen	igen	igen	igen	igen

VJ	Vízjel (a nyomtatott dokumentációban vízjel jelenik meg)
EF	Elemszámfüggő (a modellben szereplő végeselemek számától függően nyitható meg)

Struktúra

A programrendszerben egy teljes szerkezeti analízis három lépésben történik, szükség szerint egy vagy több ciklusban.

Adatmegadás



Kapacitás

Professzionális változat esetén a megadható modellre nem vonatkoznak korlátozások, így gyakorlatilag a merevlemez szabad kapacitása és a virtuális memória határozza meg a megoldható modell maximális méretét.

Standard változat:

Paraméter		Maximális
Csomópontok		nincs korlátozva
Anyagtípusok		nincs korlátozva
Elemek	csak rácsrúd	500
	rúd+rácsrúd+borda *	250
	borda felület peremén	1500
	tárcsa+lemez+héj	2000
	testelem (SOIL modul)	20000
	támasz	nincs korlátozva
	merev test	nincs korlátozva
	diafragma	nincs korlátozva
	rugó	nincs korlátozva
	kontakt	nincs korlátozva
	Kapcsolati elem	nincs korlátozva
Teheresetek		nincs korlátozva
Teherkombinációk		nincs korlátozva
Rezgésalakok		nincs korlátozva

***** Amennyiben rúd és/vagy borda is szerepel a szerkezetben

2.2.6. Bővítmények futtatása

A programhoz használhat más fejlesztők vagy az Ön által készített kiegészítő programokat (bővítményeket). Ezek futtatásához azonban szükséges az AXISVM regisztrálása COM szerverként a Windows regisztrációs adatbázisában. Amennyiben a telepítéskor Adminisztrátori jogokkal rendelkezett, ez a regisztráció automatikusan megtörténik.
később kézzel szükséges elvégezni. Ehhez futtassa adminisztrátori jogokkal a telepített program mappájában található !Register_AxisVM.bat (32 bites op. rendszeren) vagy a !Register_AxisVM_x64.bat (64 bites op. rendszeren) parancsfájlt.

☞ **A 32 bites bővítmények automatikusan a 32 bites AXISVM programot indítják, és csak ahhoz használhatóak, míg a 64 bites bővítmények csak a 64 bites AXISVM alatt működőképesek.**

Alapértelmezésben a program 64 bites verziója települ, és ez csak a 64 bites COM szervert regisztrálja. Ha a 32 bites verzióra van szükség, a telepítésnél a 32 bites verzió telepítését kell kérni, ennek során a 32 bites COM szerver is feltelepül.

Ha a bővítmények nem futnak, mert a regisztrálás valamilyen hiba miatt nem történt meg a telepítés során, akkor a COM szerver regisztrációk a COM-szerver információk menüpontban ellenőrizhetők és módosíthatók: **3.9.6 COM szerver információk****.**

2.3. Hogyan kezdjünk hozzá?

A programrendszer megismerését célszerű egy egyszerű modell adatbevitelével és a számított eredmények kiértékelésével kezdeni. Ehhez nyújt segítséget a **10**. fejezet 1-es mintapéldája. A mintapélda adatbeviteli lépései megtalálhatók a **Lépésről-lépésre kézikönyv**ben.

A programrendszerben az adatbevitel három, logikailag jól elkülöníthető részből tevődik össze:

Geometria Első lépésben megrajzolhatjuk vagy betölthetjük más CAD programból a szerkezet geometriáját reprezentáló vonalhálózatot (síkban / térben), de arra is van lehetőségünk, hogy azonnal elemeket (oszlop, gerenda, fal, födém) hozzunk létre a modellben.

Elemek Amennyiben csak a vonalhálózatot rajzoltuk meg, második lépésben a megszerkesztett vonalhálózathoz hozzárendeljük az anyag-, keresztmetszeti és egyéb jellemzőket, megadjuk a megtámasztásokat, ezáltal teljessé téve a statikai vázat.

Terhek Harmadik lépésben a kész statikai vázra különböző terheket teszünk. Elkészítjük a terheréseteket, tehercsoportokat, teherkombinációkat.

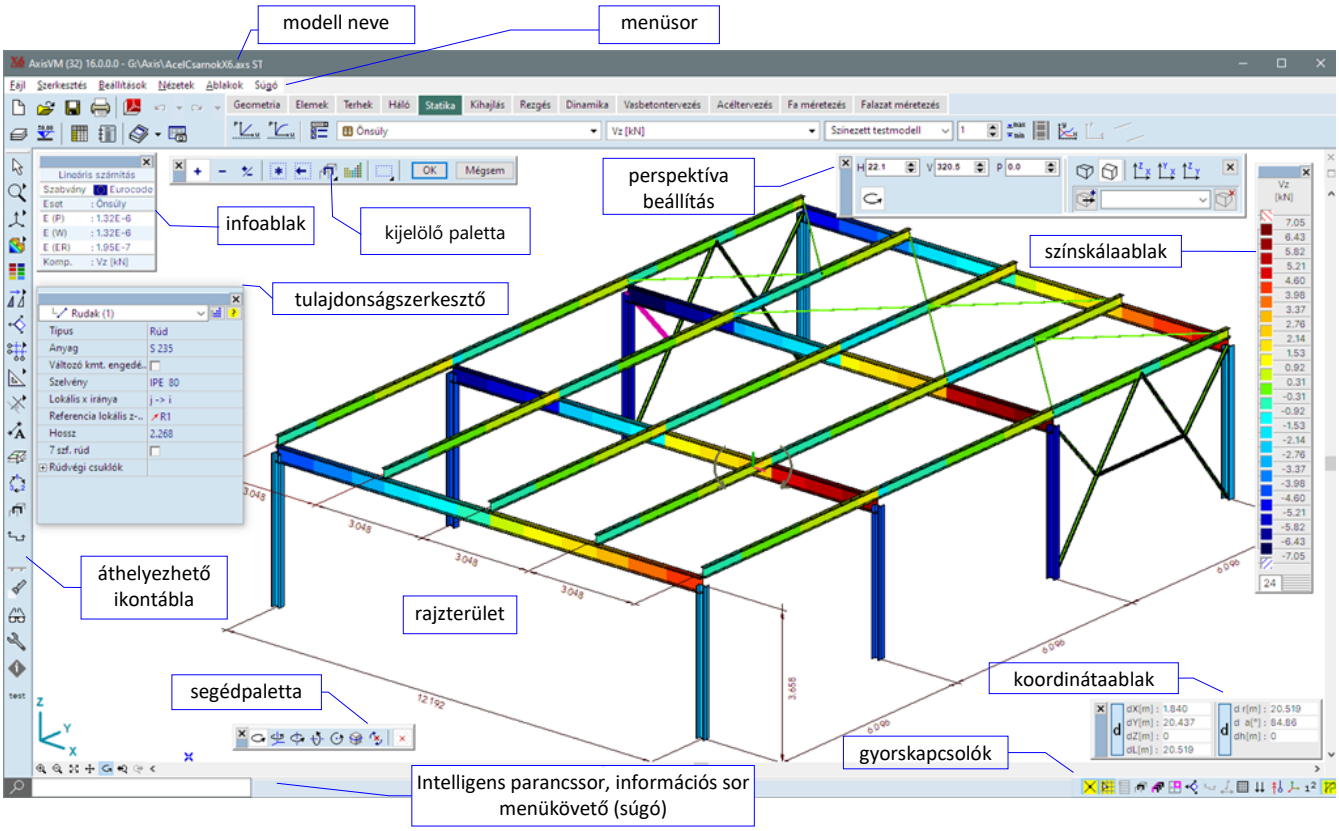
A szoftver telepítőcsomagjában és weboldalunkon is megtalálható *Lépésről-lépésre kézikönyvek*ben az adatbevitel lépéseinek részletes leírását találjuk.
A *Lépésről-lépésre oktatókönyv* egyszerű szerkezeteken keresztül mutatja be a modell felépítését és az alkalmazandó számítások menetét:

- Gerenda modell
- Keret modell
- Lemez modell
- Tárcsa modell (adatbevitel parametrikus háló alkalmazásával)
- Tárcsa modell (adatbevitel geometriai tartományok alkalmazásával
- Héj modell

A *Lépésről-lépésre haladó oktatókönyv* két bonyolultabb modell dinamikai, illetve földrengés vizsgálatán vezeti végig a felhasználókat.
Az oktatókönyvekben leírt oktatóanyagok angol nyelvű videón is megtekinthetők: *Tutorial videók*

A felhasználói kézikönyvet a programrendszerrel való ismerkedéskor egyszer feltétlenül olvassuk végig!
Az 1. fejezetben a programverzió újdonságai találhatók.
A **2. fejezet** a programrendszer használatával kapcsolatos általános információkat tartalmazza, míg a többi felépítése az adatbeviteli és eredmény lekérdező menükkel azonos.
Ha már némi jártasságot szereztünk a programrendszer használatában, ajánlott a felhasználói kézikönyv ismételt végig olvasása, mert bizonyos információk csak ekkor telnek meg tartalommal.

2.4. A képernyő felosztása



Tagolódás

Az ablak fejlécében található az aktuális könyvtár és modell neve.
A felső sorban található a menürendszer (a fő menükre az **[Alt] billentyű** segítségével is tudunk váltani), alatta a felső ikonsor, itt az ikonok egy része az adatbevitel vagy eredmény-feldolgozás fázisai szerint külön, lapozható oldalakra került. A középső részen helyezkedik el a rajzterület, amely tulajdonképpen a teljes szerkezetet ábrázoló „rajzpapír" kiablakozott része. Ennek helyzete és mérete szükség szerint változtatható. Bal oldalon található az ikontábla, mely összefoglalja mindazon funkciókat, amelyek a programrendszer használatának bármely fázisában elérhetők. A jobb alsó sarokban találhatóak a *Gyorskapcsolók*. *Lásd...* **2.18 Gyorskapcsolók.** A képernyő alján menükövető súgó és információs sor segíti a tájékozódást. Itt jelenik meg az aktuális tevékenységhez tartozó magyarázó szöveg.
A bal alsó sarokban intelligens parancssor segít megtalálni a keresett funkciót vagy kijelölni keresett elemeket (*lásd...* **2.17 Az intelligens parancssor**)

Modell

*Modell*nek nevezzük a számításhoz szükséges bemenő adatok (és a számított eredmények) összességét. Minden új modellhez egy azonosítót (nevet) kell rendelnünk, amely tetszőleges betű-, számsorozat lehet, és a későbbiekben ennek segítségével hivatkozhatunk a modellre. Bizonyos karaktereket a Windows operációs rendszer nem enged használni a modellnév megadásakor. Ezen karakterek köre Windows verziótól függően változhat.

A modellek adatait a program két fájlban tárolja:

Bemenő adatok: *modellnév*.**axs**
Eredmény adatok: *modellnév*.**axe**

A bemenő adatfájl alapján az eredményfájl bármikor újra előállítható a számítás újraindításával, ezért legtöbb esetben elegendő a *modellnév.axs* fájl archiválása. A program a modell betöltésekor ellenőrzi, hogy az azonos nevű *axs* és *axe* fájlok a modellnek ugyanahhoz a változatához tartoznak-e.
Építési fázisok megadása után (*lásd...* **4.13 Építési fázisok – STG modul**), a *modellnév*.**axe** fájl csak a végállapot eredményeit tárolja. A közbenső fázisok eredményei a *modellnév*.**stg1,** *modellnév* **stg2, ...** *modellnév*.**stgN,** fájlokba kerülnek, ahol N a fázisok száma.

Ha a számítás valamelyik építési fázisban leáll, a már kiszámolt fázisok eredményei megmaradnak. Ha számítás után a *k.* építési fázist módosítjuk, az 1, 2, ... *k – 1* fázisok eredményei megmaradnak.

2.5. Billentyűzet és egérkezelés, kurzor

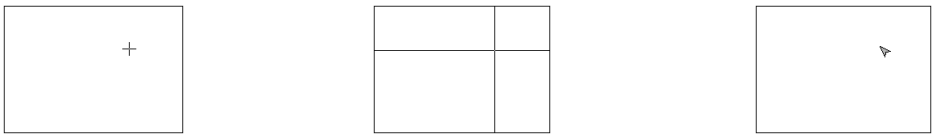
Teljes Unicode támogatás
A Unicode a különböző írásrendszerek egységes kódolását és használatát leíró nemzetközi szabvány, mely a világ összes nyelvének karakterkészletét tartalmazza. A program a 11-es verziótól kezdve valamennyi szöveget Unicode formátumban kezeli.

Windows témák támogatása
Az ablakok megjelenítésekor a program a beállított Windows témát követi.

Kurzor

A kurzor kényelmes és hatékony kezelését az használatával érhetjük el.
A kurzor különböző formában jelenhet meg a képernyőn:

Szálkereszt: *Szálkereszt (nagyít/kicsinyít):* *Mutatónyíl:*



A kurzorral egy objektum fölé állva a kurzor alakja megváltozik. Ezek részletes magyarázatát *lásd...* **4.7.1 Vonzáskör (aura)** fejezetben.

Információs lap

Egy elem fölé állva a kurzor mellett megjelenő információs lapon a következő adatok jelennek meg, attól függően, hogy a felső ikonsor melyik oldalán vagyunk:

Geometria:	csomópont koordinátái, vonal hossza
Elemek:	végeselem, hossz, tömeg, referencia, szabadságfok, támasz, anyag, keresztmetszet megnevezés
Terhek:	terhek, csomóponti tömeg
Háló:	hálózási paraméterek
Statika:	elmozdulás, igénybevétel, feszültség, reakció, vasmennyiség, hatásábra-ordináta
Kihajlás:	kihajlási alak-ordináta
Rezgés:	rezgésalak-ordináta
Dinamika:	elmozdulás, gyorsulás, sebesség, igénybevétel, feszültség, támaszreakció
Vasbetontervezés:	fajlagos vasmennyiség, tényleges vasmennyiség, repedéstágasság, oszlop vasalás ellenőrzés, gerenda vasalás tervezés, pontalap tervezés
Acéltervezés:	elmozdulások, igénybevételek, kihasználtsági, illetve ellenállási értékek
Fa méretezés:	elmozdulások, igénybevételek, kihasználtsági, illetve ellenállási értékek

Billentyűzet

Néhány billentyűnek kiemelt szerepe van:

[↑], [↓], [←],[→], A kurzor mozgatása az aktuális síkban

[Ctrl] + [↑], [↓], [←], [→], A kurzor mozgatása az aktuális síkban a Ctrl szorzóval beállított lépésközzel.

[Shift]+[↑][↓][←][→], A kurzor mozgatása az aktuális síkban $n \cdot \Delta\alpha$, egyedi α vagy $\alpha + n \cdot 90°$ irányszögű egyenesen

[Home] [End] A kurzor mozgatása az aktuális síkra merőleges irányban

[Esc] A funkciók megszakítása

[Enter] [Space] bal gomb **Parancsgombok**. Menüelemek kiválasztására, funkciók végrehajtására, rámutatásos kiválasztásra használhatók, elem kijelölésénél vagy lekérdezésénél.

[Alt] A vezérlő menü aktivizálása

[Tab] Dialógus ablakokban az információs mezők közötti mozgás

[+] [-] Nagyítás/kicsinyítés. A nagyítási/kicsinyítési centrum a kurzor aktuális pozíciója

[Insert] / [Alt]+[Shift] *görgő* A kurzor aktuális pozíciójára helyezi a relatív origót
Előre mozgatás: nagyítás,
Hátra mozgatás: kicsinyítés,
Lenyomás és egér mozgatás: rajzablak mozgatása
A nagyítási/kicsinyítési centrum a kurzor aktuális pozíciója

Billentyűparancsok Olyan billentyűkombinációk, amelyek a gyakran használt funkciók gyors elérését teszik lehetővé. *Lásd...* **2.6 Billentyűparancsok**

jobb gomb Gyorsmenü megjelenítése. *Lásd...* **2.7 Gyorsmenü**

2.6. Billentyűparancsok

Az AXISVM programban a leggyakrabban használt műveletekhez, eszköztári elemekhez, menüpontokhoz alapértelmezett billentyűkombinációk tartoznak. A fő eszköztáron ugyanaz a parancs a különböző füleken *(Geometria, Elemek, Terhek)* eltérő funkciókat indíthat. Lehetőség van a felsorolt billentyűzetkombinációk módosítására, újak felvételére is a *Billentyűzetparancsok* dialógusablakban. *Lásd...* **3.3.12 Billentyűparancsok**

Általános parancsok

Megnyitás	Ctrl+O
Mentés	Ctrl+S
Nyomtatás	Ctrl+P
Vissza (Undo)	Alt+BkSp
Újra (Redo)	Shift+Alt+BkSp
Fóliakezelő	F11
Szintek	F7
Táblázatkezelő	F12
Dokumentáció-szerkesztő	F10
Rajztár	F6
Mentés a rajztárba	F9
Súlyelemzés	F8
Törlés	Del
A relatív origó beállítása	Ins
Előző tehereset	Ctrl+PgUp
Következő tehereset	Ctrl+PgDn

Ikontábla

Kijelölés	S
Színkódolás	Shift+C
Eltolás, másolás	Shift+T
Forgatás	Shift+R
Tükrözés	Shift+M
Skálázás	Shift+S
Kótavonalak	Ctrl+Alt+D
Háttérfóliák szerkesztése	Ctrl+Alt+E
Részlet	Shift+P
Metszet	Shift+X
Keresés	F3
Megjelenítés	Ctrl+Y
A modell adatai	Shift+I
Nézetek	
Nagyítás	Ctrl+ü
Kicsinyítés	Shift+Ctrl+ü
Teljes ábra	Ctrl+W
Eltolás	Ctrl+M
Forgatás	Ctrl+R
Elölnézet	Ctrl+1
Oldalnézet	Ctrl+3
Felülnézet	Ctrl+2
Perspektíva	Ctrl+4
Drótváz	Alt+F5
Takartvonalas ábrázolás	Alt+F6
Látványterv	Alt+F7
Textúra	Alt+F8
Vonalzók	
Raszterháló	Shift+G
Merőleges	Alt+V
Párhuzamos	Alt+P
Vonal szögfelezőn	Alt+B
Osztópont	Alt+M
Két egyenes metszéspontja	Alt+I

Eszköztár

[Geometria] ..... Shift+F1
[Elemek] ..... Shift+F2
[Terhek] ..... Shift+F3
[Háló] ..... Shift+F4
[Statika] ..... Shift+F5
[Kihajlás] ..... Shift+F6
[Rezgés] ..... Shift+F7
[Dinamika] ..... Shift+F8
[Vasbetontervezés] ..... Shift+F9
[Acéltervezés] ..... Shift+F10
[Fa méretezés] ..... Shift+F11

Geometria

Csomópont ..... N
Vonal L
Poligon ..... P
Téglalap ..... R
Körív ..... A
Körív három pontból ..... B
Horizontális felosztás ..... H
Vonalfelosztás ..... D
Metszéspontok I

Elemek

Anyag ..... Shift+Ctrl+M
Szelvény ..... Shift+Ctrl+C
Objektumok közvetlen rajzolása F4
Támaszok közvetlen rajzolása F5
Tartomány ..... D
Lyuk ..... H
Vonalelemek L
Csomóponti támasz ..... T
Vonalmenti támasz ..... U
Pont-pont kapcsolati elem I
Vonal-vonal kapcsolati elem ..... J

Terhek

Teheresetek és tehercsoportok L
Teherkombinációk C
Csomóponti terhek ..... N
Koncentrált teher rúdra ..... B
Koncentrált teher tartományon ..... A
Megoszló teher vonalelemen ..... J
Élmenti teher ..... E
Vonalmenti teher tartományon I
Felületi teher ..... H
Megoszló teher tartományon ..... D
Rácsrudakra/Rudakra/bordákra szétosztott felületi teher ... K
Teherpanel ..... P
Hóteher ..... O
Szélteher ..... W
Folyadékteher ..... F
Önsúly ..... G
Mozgó vonalmenti teher megadása ..... T

Háló

Hálógenerálás ..... G

Statika

Lineáris statikai számítás L
Nemlineáris statikai számítás ..... N
Eredményábrázolási paraméterek ..... D
Min, Max értékek ..... Ctrl+X
Animáció ..... A

Kihajlás

Kihajlásvizsgálat L
Eredményábrázolási paraméterek ..... D
Min, Max értékek ..... Ctrl+X
Animáció ..... A

Rezgés

Rezgésvizsgálat L
Eredményábrázolási paraméterek ..... D
Min, Max értékek ..... Ctrl+X
Animáció ..... A

Dinamika

Dinamikai számítás L
Eredményábrázolási paraméterek ..... D
Min, Max értékek ..... Ctrl+X
Animáció ..... A

Vasbetontervezés
- Vasalási paraméterek ..... P
- Alkalmazott vasalás ..... T
- Eredményábrázolási paraméterek ..... D
- Min, Max értékek ..... Ctrl+X
- Animáció ..... A
- Oszlopvasalás ellenőrzés C
- Gerendavasalás tervezés ..... B
- Lemez átszúródásvizsgálata ..... U
- Pontalap tervezése ..... F
- Sávalap tervezése I

Acéltervezés
- Tervezési paraméterek ..... P
- Eredményábrázolási paraméterek ..... D
- Min, Max értékek ..... Ctrl+X
- Kapcsolat méretezés ..... J
- Kapcsolat méretezés ..... K
- Acél szelvények optimalizálása ..... O

Fa méretezés
- Tervezési paraméterek ..... P
- Eredményábrázolási paraméterek ..... D
- Min, Max értékek ..... Ctrl+X
- Animáció ..... A

Menü

Fájl
- Megnyitás ..... Ctrl+O
- Mentés ..... Ctrl+S
- Nyomtatás ..... Ctrl+P
- Kilépés ..... Ctrl+Q

Szerkesztés
- Vissza (Undo) ..... Alt+BkSp
- Újra (Redo) ..... Shift+Alt+BkSp
- Mindent kijelöl ..... Num *
- Másolás ..... Ctrl+C
- Beillesztés ..... Ctrl+V
- Törlés ..... Del
- Táblázatkezelő F12
- Dokumentáció-szerkesztő F10
- Rajztár F6
- Mentés a rajztárba F9
- Súlyelemzés F8
- Piano Sisma ..... Ctrl+Alt+P
- Szerkezeti elemek összeállítása ..... Shift+A
- Szerkezeti elemek szétbontása ..... Shift+B

Beállítások
- Szimbólumok ..... Ctrl+Y
- Kapcsolók ..... Ctrl+D
- Fóliakezelő F11
- Szintek F7
- Vonalzók ..... Ctrl+G
- Raszterháló ..... Shift+G
- Billentyűparancsok ..... Ctrl+K
- Alapbeállítások
  - Betűtípusok ..... Shift+Alt+F
  - Számítás ..... Shift+Alt+B

Nézetek
- Elölnézet ..... Ctrl+1
- Felülnézet ..... Ctrl+2
- Oldalnézet ..... Ctrl+3
- Perspektíva ..... Ctrl+4
- Egy szinttel feljebb ..... PgUp
- Egy szinttel lejjebb ..... PgDn
- Nagyítás ..... Ctrl+ü
- Kicsinyítés ..... Shift+Ctrl+ü
- Teljes ábra ..... Ctrl+W
- Eltolás ..... Ctrl+M
- Forgatás ..... Ctrl+R
- Drótváz ..... Alt+F5
- Takartvonalas ábrázolás ..... Alt+F6
- Látványterv ..... Alt+F7
- Textúra ..... Alt+F8

Ablakok

Tulajdonságszerkesztő	Shift+Alt+P
Info-paletta	Shift+Alt+I
Színkódolás	Shift+Alt+C
Koordináta-paletta	Shift+Alt+K
Színskála-paletta	Shift+Alt+L
Háttérkép betöltése	Ctrl+B
Vízszintes felosztás	Shift+H
Függőleges felosztás	Shift+V
Bezárás	Ctrl+F4
Kisebb rajzfeliratok	Ctrl+Alt+I
Nagyobb rajzfeliratok	Ctrl+Alt+O
Rajztár	F6
Mentés a rajztárba	F9

Súgó

Tartalom	F1

Gyorsgombok

Automatikus metszés	Ctrl+I
Hálózat rajza ki/be	M
Csak a kijelölt elemek megjelenítése	Ctrl+F
Terhek rajza ki/be	Ctrl+L

Eredmények megjelenítése

Kikapcsolt	Ctrl+F5
Diagram	Ctrl+F6
Szintvonal	Ctrl+F7
Szintfelület 2D	Ctrl+F8
Metszet	Ctrl+F9
Szintfelület 3D	Ctrl+F10
Diagram + átlagértékek	Ctrl+F11
Eredménykomponensek listája	Q

Koordináta-paletta

X	X
Y	Y
Z	Z
L	Shift+Ctrl+L
R	Shift+Ctrl+R
A	Shift+Ctrl+A
H	Shift+Ctrl+H
B	Shift+Ctrl+B
Ideiglenes munkasík	Shift+Ctrl+W
X[m] : zárolása	Ctrl+Alt+X
Y[m] : zárolása	Ctrl+Alt+Y
Z[m] : zárolása	Ctrl+Alt+Z
L[m] : zárolása	Ctrl+Alt+L
r[m] : zárolása	Ctrl+Alt+R
a[°] : zárolása	Ctrl+Alt+A
h[m] : zárolása	Ctrl+Alt+H
b[°] : zárolása	Ctrl+Alt+B
Relatív / globális koordináták	Shift+D
Relatív / globális polárkoordináták	Shift+E

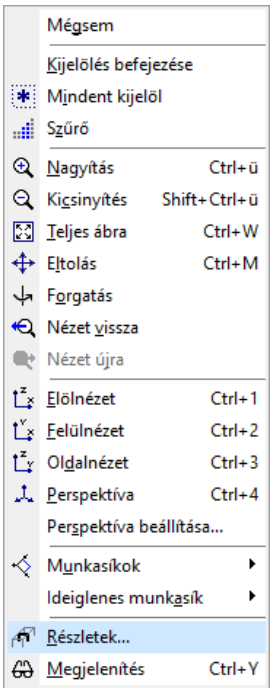
Forrógombok a táblázatokban

[Ctrl]+[L]	válogatás az adatbázisból
[Alt]+[F4]	kilépés
[Ctrl]+[Insert]	új adatsort illeszt a táblázatba
[Ctrl]+[Del]	az aktív adatsort törli
[Ctrl]+[A]	mindent kijelöl
[F5]	a táblázat adott sorára ugrik
[Ctrl]+[D]	formátum alapérték
[Alt]+[F]	az oszlopformátum értékének beállítása
[Ctrl]+[R]	eredménymegjelenítés módjának beállítása (eredménytáblázatoknál)
[Ctrl]+[G]	új szelvény szerkesztése (szelvénytáblázatoknál)
[Ctrl]+[M]	aktuális szelvény módosítása (szelvénytáblázatoknál)
[F1]	helyzet-érzékeny súgó
[F9]	táblázat hozzáadása dokumentációhoz
[F10]	dokumentáció-szerkesztő

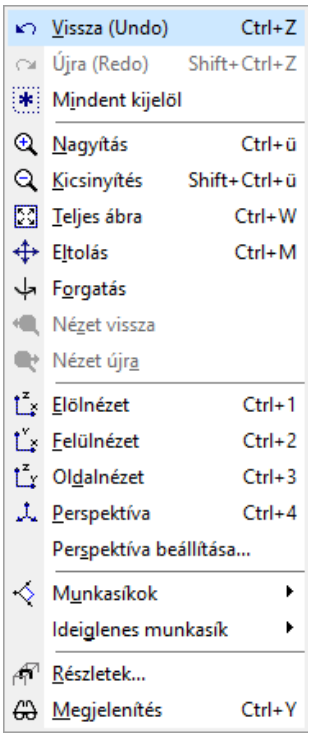
2.7. Gyorsmenü

jobb gomb Az jobb gombjának hatására a gyorsmenü jelenik meg. A gyorsmenü felépítése az aktuális funkció szerint változik.

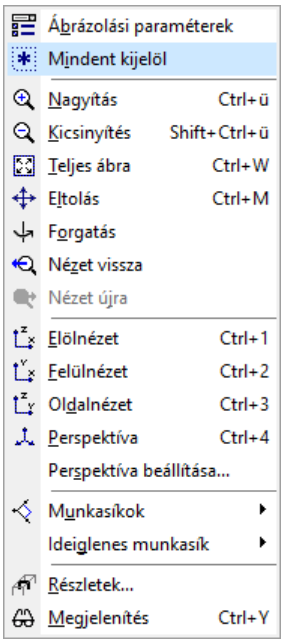
Kijelölés



Geometria/Elemek/Terhek



Eredménylekérdezés



2.8. Dialógusablakok

Egy funkció kiválasztásakor legtöbb esetben egy dialógusablak jelenik meg, melynek kezelése a Windows alkalmazásokban megszokott módon történik.
A dialógusablakokban alkalmazott betűtípus a *Beállítások* \ *Alapbeállítások* \ *Betűtípusok* dialógusablakban módosítható.

Minden dialógusablak elhelyezése megváltoztatható. A megváltozott pozíciót a program tárolja, így következő alkalommal az ablak ugyanezen a helyen jelenik meg.

2.9. Táblázatok



[F12] A programban használt valamennyi adatbeviteli és eredménytáblázat a *Táblázatkezelő*ben található, melyet a felső ikonsor megfelelő ikonjára kattintva vagy az **[F12]** billentyűvel hívhatunk. Az aktuális táblázat a modell adatait, az eredménytáblázatokat és a különböző adatbázisokat felsoroló bal oldali fából választható ki. Az adatbeviteli részből (a *Statika* fültől balra) indítva a táblázatkezelőt, csak a bemenő adatok, az eredménylekérdezőben (a *Statika* fülön vagy attól jobbra) pedig a bemenő adatok és az eredménytáblázatok jelennek meg.

☞ **A táblázatokban csak a szűrési feltételeknek megfelelő elemek adatai jelennek meg. Ha vannak kijelölt elemek vagy bekapcsolt részletek, akkor a táblázatok alapértelmezésben csak a kijelölt, illetve a részlethez tartozó elemeket sorolják fel.**

Az aktuális szűrési feltételt a táblázat címsorában, a szűrés eredményét a dialógusablak bal alsó sarkában láthatjuk.

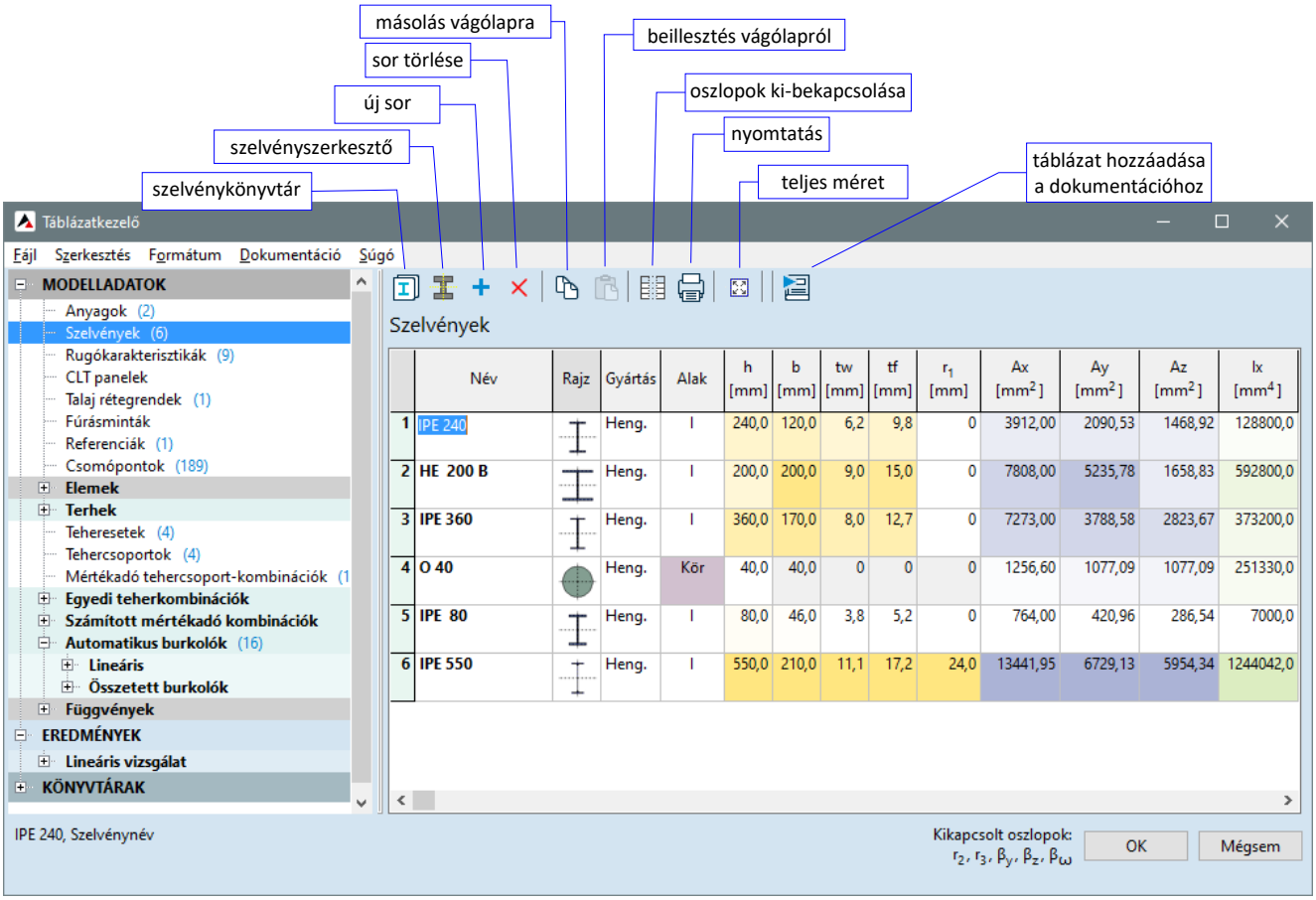
Ha a modell építési fázisokat tartalmaz (lásd **4.13 Építési fázisok – STG modul**), az *Elemek* mappa alatt megjelenik egy *Építési fázisok* almappa, benne az egyes fázisokkal, azokban pedig a fázisban már megépült elemekkel.

Táblázatcellák színkódolása

A *Táblázatkezelő* táblázatai a cellákban megjelenített adatokhoz (pl. tartomány vastagsága, rúdelem szelvénye, hossza, eredménykomponensek értékei stb.) színkódolást rendel (csak a képernyőn). Így gyorsabban felismerhetőek az egyező, nagyobb, illetve kisebb értékek.

Az eredménytáblázatok általában a negatív értékeket kék, a pozitívakat piros háttérszínnel mutatják. A kihasználtság jellegű eredménytáblázatoknál, ahol valamilyen határérték van, a határon belüli értékeket zölddel míg a határ felettieket pirossal jelöljük.

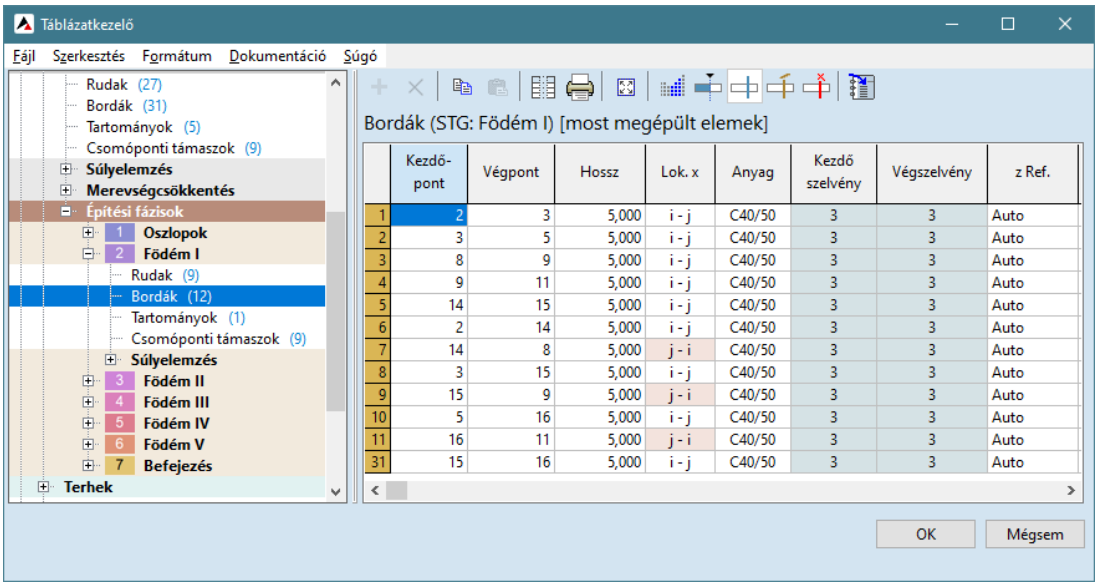
A színezés kikapcsolható a *Formátum\Táblázatcellák színkódolása* menüpontnál.



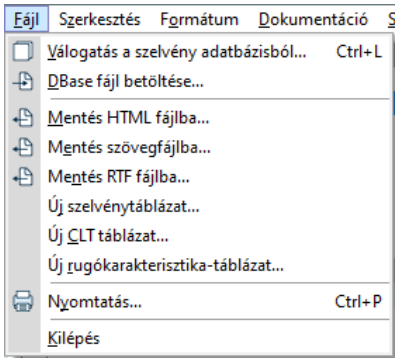
Szűrési opciók építési fázisok esetén



Ha a modell tartalmaz építési fázisokat, és az Elemek / Építési fázisok / a táblázat tartalma szűrhető a rájuk vonatkozó megjelenítési opciók szerint is (az aktuális fázisban megépült, módosított vagy törölt elemek). Ilyenkor a táblázat feletti eszköztár kiegészül az építési fázisokra vonatkozó szűrési feltételekkel (*lásd...* **4.13.4 Az építési fázisok megjelenítési lehetőségei**)



Fájl menü



Válogatás az adatbázisokból
Ctrl + L

Az *Anyagok*, *Szelvények*, *Rugókarakterisztikák* vagy *CLT fa panelek* táblázatra állva az *Anyagtár*, *Szelvénytár*, *Rugókarakterisztika-tár* ill. *CLT* adatbázisából lehet a modelladatok táblázatába anyagokat, szelvényeket, rugókarakterisztikákat, CLT paneleket betölteni

DBase fájl betöltése

DBase fájlt (*név.dbf*) tölt be a táblázatba. A program ellenőrzi a DBase fájl mezőinek értékét, és ha azok a táblázatba nem írhatók be, hibaüzenetet ad

Mentés Dbase fájlba

A táblázatot *név.dbf* fájlba menti. A DBase fájl mezők neveit a program az oszlopok megnevezéséből kiindulva állítja elő. A mezők mind szöveges típusúak

Mentés HTML fájlba

A táblázatot *név.htm* fájlba menti. Az így előállt fájlt pl. a Microsoft World is képes táblázatként importálni. Az oszlopok különböző igazításai a HTML fájlba nem kerülnek át, ezért azt a szövegszerkesztőben kell beállítani

Mentés szövegfájlba

A táblázatot *név.txt* (ASCII) fájlba menti

Mentés RTF fájlba

A táblázatot *név.rtf* fájlba menti az aktuális sablonfájl felhasználásával.
A sablonfájlokról a **2.10.2 Dokumentáció** fejezetben olvashat bővebben.
Az itt előállított fájlt pl. Word szövegszerkesztőbe importálhatjuk.

Új szelvénytáblázat

Új szelvénytáblázat létrehozása, melyet a program a *név.sec* fájlban tárol. Az így létrehozott táblázatot a *Szelvénytár* azonos típusú táblázatai közé helyezi el. Az így létrehozott táblázatban tetszőleges típusú szelvényeket tárolhatunk, a táblázat típusa csak a táblázat listába való besorolását szabályozza.

Szelvénytáblázat jellemzők... A *Szelvénytár*on belül megadott egyedi szelvénytáblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat paraméterei (táblázat neve, szelvény típusa) módosíthatók.

Szelvénytáblázat törlése A *Szelvénytár*on belül megadott egyedi szelvénytáblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat törölhető.

Új CLT táblázat A menüponttal egyedi CLT rétegrend-táblázat adható az *CLT fa panelek* adatbázishoz.

CLT táblázat átnevezése Az *CLT fa panelek* adatbázison belül megadott egyedi rétegrend-táblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat neve módosítható.

CLT táblázat törlése Az *CLT fa panelek* adatbázison belül megadott egyedi rétegrend-táblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat törölhető.

Új rugókarakterisztika-táblázat A menüponttal egyedi rugókarakterisztika-táblázat adható a *Rugókarakterisztika-tár* adatbázisához.

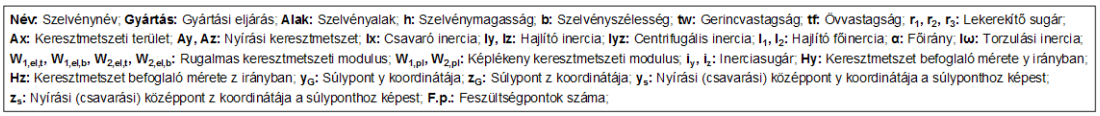
Rugó–karakterisztika-táblázat átnevezése A *Rugókarakterisztika-tár* adatbázison belül megadott egyedi rugókarakterisztika-táblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat neve módosítható.

Rugó–karakterisztika-táblázat törlése A *Rugókarakterisztika-tár* adatbázison belül megadott egyedi rugókarakterisztika-táblázat kiválasztása esetén megjelenő menüpontban a táblázat törölhető.

Nyomtatás **Ctrl + P**



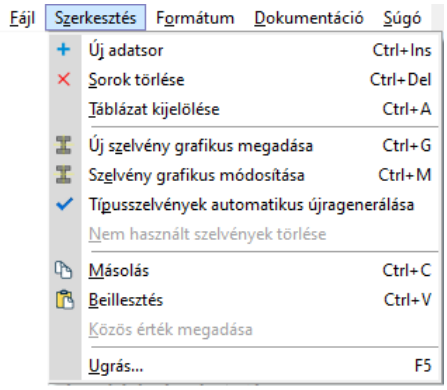
A táblázat tartalmát a kiválasztott nyomtatón kinyomtatja a megadott fejléc és megjegyzés szövegekkel. A *Táblázatnyomtatás* dialógusablakon a *Táblázatoszlopok magyarázatait* bekapcsolva a táblázat alján az oszlopok jelentését összefoglaló szöveg jelenik meg.



Név: Szelvénynév; **Gyártás:** Gyártási eljárás; **Alak:** Szelvényalak; **h:** Szelvénymagasság; **b:** Szelvényszélesség; **tw:** Gerincvastagság; **tf:** Övvastagság; r_1, r_2, r_3: Lekerekítő sugár; **Ax:** Keresztmetszeti terület; **Ay, Az:** Nyírási keresztmetszet; **Ix:** Csavaró inercia; **Iy, Iz:** Hajlító inercia; **Iyz:** Centrifugális inercia; I_1, I_2: Hajlító főinercia; **α:** Főirány; **Iω:** Torzulási inercia; $W_{1,el,t}$, $W_{1,el,b}$, $W_{2,el,t}$, $W_{2,el,b}$: Rugalmas keresztmetszeti modulus; $W_{1,pl}$, $W_{2,pl}$: Képlékeny keresztmetszeti modulus; i_y, i_z: Inerciasugár; **Hy:** Keresztmetszet befoglaló mérete y irányban; **Hz:** Keresztmetszet befoglaló mérete z irányban; y_G: Súlypont y koordinátája; z_G: Súlypont z koordinátája; y_s: Nyírási (csavarási) középpont y koordinátája a súlyponthoz képest; z_s: Nyírási (csavarási) középpont z koordinátája a súlyponthoz képest; **F.p.:** Feszültségpontok száma;

Kilépés **Alt + F4** Kilép a táblázatkezelőből, hatása a *Mégsem* gombéval azonos.

Szerkesztés



Új adatsor **Ctrl + Insert**



Új adatsor megadása a táblázatban

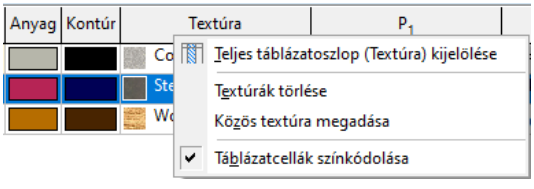
Sorok törlése **Ctrl + Del**



A kijelölt adatsorok törlése. A gyorsmenüben is megtalálható menüpont.

Textúrák törlése Csak anyag táblázat vagy anyag adatbázis esetén jelenik meg és a kijelölt sorok textúra hozzárendelését szünteti meg.

Közös textúra megadása A kijelölt sorokra ugyanazt a textúrát állítja be. Csak az anyagtáblázat jobbgombos menüjében elérhető.



Táblázat kijelölése
Ctrl + A
Teljes táblázat kijelölése

Új szelvény grafikus megadása
Ctrl + G

A modell vagy a *Szelvénytár* szelvényeinek táblázatába új szelvényt helyezhetünk a grafikus szelvényszerkesztő segítségével.

Szelvény grafikus módosítása
Ctrl + M
A modell vagy a *Szelvénytár* szelvényeinek táblázatának utoljára kiválasztott szelvényét módosíthatjuk a grafikus szelvényszerkesztő segítségével.

Típusszelvények automatikus újra generálása
Bekapcsolt állapota esetén a táblázatban megváltoztatott paraméter(ek)nek megfelelően újra generálja a szelvényt és annak adatait.

Nem használt szelvények törlése
A modellben nem használt szelvények a táblázatból törlődnek.

Másolás
Ctrl + C

A kijelölt adatsorok másolása vágólapra. A gyorsmenüben is megtalálható menüpont.

Beillesztés
Ctrl + V

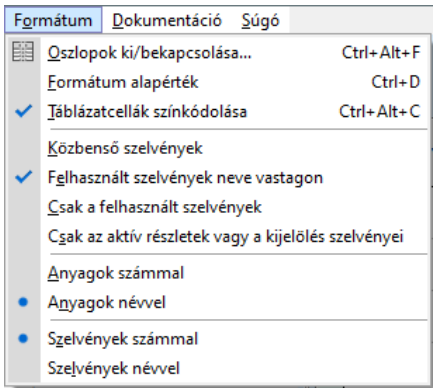
A vágólap tartalmának beillesztése a táblázatba.

Közös érték megadása
Ha egy oszlopon belül jelöltünk ki cellákat (vagy akár az egész oszlopot), megadhatunk közös értéket valamennyi kijelölt cella számára. Például a csomópontok táblázatában valamennyi csomópont Z koordinátájának ugyanazt az értéket adva a modellt tökéletesen egy síkba hozhatjuk. A gyorsmenüben is megtalálható menüpont.

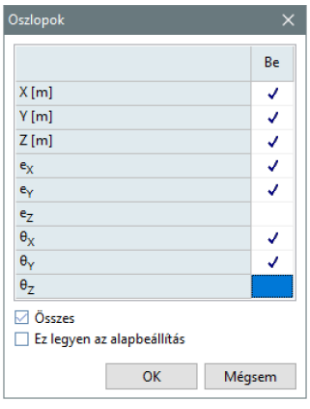
Ugrás...
F5
A táblázat adott sorára ugrik

Formátum

Modelladatok táblázataiban



Oszlopok ki-/bekapcsolása
Ctrl + Alt + F

A táblázat oszlopainak megjelenítése szabályozható. A listában az aktivizálható oszlopok fejléce jelenik meg, a következő oszlopban lehet a megjelenítést ki/bekapcsolni. A táblázat alatt a kikapcsolt oszlopok felsorolása tájékoztatásul megjelenik.
Az *Ez legyen az alapbeállítás* kapcsoló hatására a beállítás elmentődik és alapértelmezésként az engedélyezett oszlopok fognak megjelenni a táblázatban.
Az oszlop adatainak formátuma a kiválasztott mértékegység beállításától függ, *lásd...* **3.3.8 Mértékegységek**. Valós számok megadásakor csak a Windowsban beállított tizedes elválasztójelet használhatjuk, mely a *Start / Settings / Control Panel / Regional Settings / Number / Decimal symbol* (vagy *Start / Beállítások / Vezérlőpult / Területi beállítások / Szám / Tizedesjel*) mezőben módosítható.
Az oszlopok szélességét a fejlécsor cellahatárainak mozgatásával módosíthatjuk.

Formátum alapérték
Ctrl + D

A táblázat adatait az alapértelmezés szerinti oszlopformátumnak megfelelően jeleníti meg (az oszlopszélességeket is alapértékre állítja).

Teheresetek sorrendje...

A létrehozott teheresetek megjelenítési sorrendje beállítható a teheresetek léptetésével vagy rendezésével. *Lásd...* **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**

Táblázatcellák színkódolása

A cellák érték szerinti színezésének (lásd a bevezető részben) ki-bekapcsolása.

Szelvények és anyagok

Ha a modell anyagainak vagy szelvényeinek táblázatát nyitjuk meg, a *Formátum* menüben megjelennek ezekhez kapcsolódó speciális beállítások is. *lásd...***4.9.1 Anyagtáblázat, 4.9.2 Szelvénytáblázat**

Anyagok számmal / Anyagok névvel

Ha a táblázatokban valamelyik oszlop anyagra hivatkozik, itt beállítható, hogy az anyag sorszáma vagy neve jelenjen meg.

Szelvények számmal / Szelvények névvel

Ha a táblázatokban valamelyik oszlop szelvényre hivatkozik, itt beállítható, hogy a szelvény sorszáma vagy neve jelenjen meg.

Eredménylekérdezésnél bővül a formátum menü, illetve az ikonsor:

Eredmény-lekérdezéskor

Eredmények megjelenítése...
Ctrl + R

A megjelenő dialógusablakban szabályozható a szélsőértékek kigyűjtése, valamint a táblázat és a kivonat kapcsolóval beállítható, hogy részletes, vagy csak szélsőértékeket tartalmazó kivonatos táblázat jelenjen-e meg. *Lásd részletesen...* **6.1.6 Eredménytáblázatok**

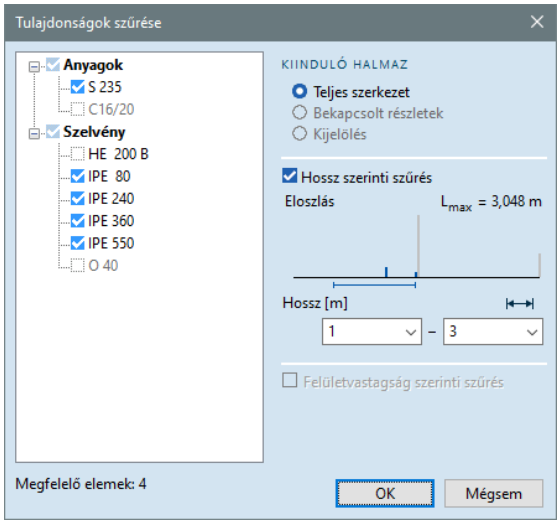
Táblázat KI/BE
Ctrl + T

Táblázat megjelenítése kapcsolható KI/BE.

Kivonat KI/BE
Ctrl + E

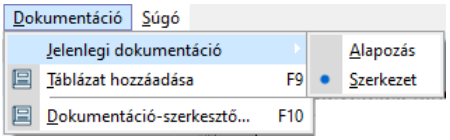
A szélsőértékeket tartalmazó kivonat megjelenítése kapcsolható KI/BE.

Tulajdonságszűrő
Ctrl + Q



A szűrő segítségével beállíthatjuk, hogy milyen tulajdonságú elemek jelenjenek meg a táblázatban. A kiinduló halmaz szabályozza, hogy a szerkezet mely részét vegye figyelembe a program a kigyűjtés során.

Dokumentáció



Jelenlegi dokumentáció

Kiválasztható, hogy a táblázatok melyik dokumentációba kerüljenek be.
Lásd még... **2.10 Dokumentációszerkesztő**

Táblázat hozzáadása
F9

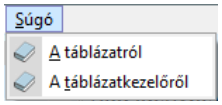
Az éppen megjelenített táblázat hozzáadása az aktuális dokumentációhoz. Ha a baloldali fában olyan elemet jelölünk ki, amely alá több táblázat tartozik (például a MODELL, vagy a Terhek), akkor ezzel a funkcióval valamennyi, a kijelölt elem alá tartozó táblázat bekerül a dokumentációba. Eredménytáblázatok esetén, ha az éppen megjelenített táblázat csak kivonatot tartalmaz, a dokumentációhoz hozzáadott valamennyi eredménytábla is csak kivonatot fog tartalmazni. *Lásd még...* **2.10 Dokumentációszerkesztő**

Dokumentáció-szerkesztő
F10



A dokumentáció-szerkesztő indítása

Súgó



A táblázatról Az aktuális táblázat tartalmához kapcsolódó információkat jelenít meg.

A Táblázat-kezelőről Információt ad a táblázatkezelőről.

Mozgás, kijelölés a táblázatban

Tab
↑, ↓, ←, →,
bal gomb

Táblázat aktív (módosítható) mezőjének mozgatása vagy a táblázat sorainak görgetése. **[Shift]** lenyomása mellett az irány-nyilak az aktív mező mozgatása helyett cellákat jelölnek ki. A táblázat cellái a bal egérgomb lenyomása után az egér elhúzásával is kijelölhetők. Egy oszlop legfelső, fix cellájára kattintva kijelölhetjük az egész oszlopot. Egy sor legelső, fix cellájára kattintva kijelölhetjük az egész sort. A bal felső sarokban lévő cellára kattintva az egész táblázatot kijelölhetjük. A kijelölt cellák táblázatként a vágólapra másolhatók. Ha a kijelölés egyetlen oszlopon belül marad, a kijelölt celláknak közös érték adható.
Lásd az előzőekben részletesen: **Közös érték megadása**.

Home / End A táblázati sor első / utolsó cellájába áll

Ctrl + Home A táblázat első cellájába áll

Ctrl + End A táblázat utolsó cellájába áll

Page Up / Page Down Lapozás a táblázatban felfelé / lefelé. Az -rel a függőleges görgetősáv felső / alsó részére kattintva ugyanez a funkció érhető el

Ctrl + ← / Ctrl + → Lapozás a táblázatban balra / jobbra vagy ugrás az előző / következő mezőre. Csak olyan táblázatoknál használható, ahol több oszlop van, mint amennyi egyidejűleg megjeleníthető. Az -rel, a vízszintes görgetősáv bal / jobb oldalára kattintva, ugyanez a funkció aktivizálható

Enter Az aktív (módosítható) adatmező adatbevitelének befejezése. Az új aktív mező automatikusan az oszlop következő mezője, sor végén a következő sor első oszlopának mezője. Az bal gombjával rákattintva bármely mező aktívvá tehető.

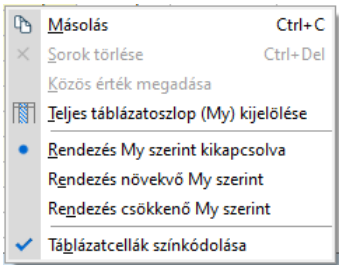
Esc Adatmódosítás megszakítása az aktív mezőben. Hatására az adatmezőben az átírás előtti adat jelenik meg. Ugyanez a hatása az jobbgomb / **Mégsem** utasításnak.

OK A táblázat lezárása

Mégsem Kilépés a táblázatból mentés nélkül

☞ **Eredménytáblázatok esetén – ha az Eredmények megjelenítése ablakban a Kivonat funkciót bekapcsoltuk – a táblázatok végén az adatok minimum/maximum értékei is megjelennek. Ha csak a Kivonat funkció van bekapcsolva, a táblázat csak a szélsőértékeket fogja tartalmazni.**

Előugró menü



A táblázatra jobb gombbal kattintva felugró menü jelenik meg. Tartalma a táblázattól illetve a kijelölt celláktól függ. Egyes funkciók a főmenüben is megjelennek, mások csak itt érhetők el:

Teljes táblázatoszlop kijelölése: A kattintással meghatározott cella oszlopának kijelölése.
Textúrák törlése: Csak az anyagok táblázatában érhető el. Eltávolítja a textúrát a kijelölt sorokból.
Közös textúra beállítása: Csak az anyagok táblázatában érhető el. A kijelölt anyagoknak azonos textúrát állít be.

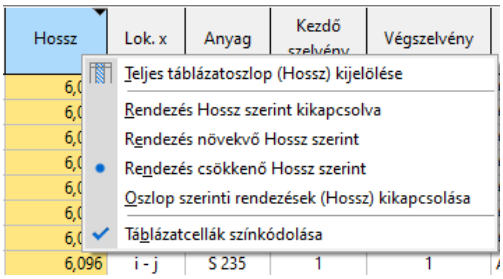
Oszlopok szerinti rendezés Az adatbeviteli és eredménytáblázatok a legtöbb oszlop szerint rendezhetőek. Az oszlop fejléce fölé állva az fejléc háttérszínének megváltozása jelzi, hogy lehetséges a rendezés. A fejlécre kattintva választható *Növekvő, Csökkenő* és *Kikapcsolt* rendezés.

A legtöbb adatbeviteli táblázat egyidejűleg több oszlop szerint is rendezhető. Pl. ha a csomópont-táblázatban először Z majd X szerinti rendezést kérünk, akkor először Z szerinti sorrendet látunk, de ahol azonos Z koordináta van azon belül X szerinti sorrend alakul ki.

Az eredménytáblázatoknál az eredménykomponens oszlopokból egyszerre csak egy választható ki rendezésre. (másik komponenst kiválasztva már csak annak megfelelően történik rendezés. De akadnak itt is olyan oszlopok, melyek rendezése a komponenssel párhuzamosan bekapcsolható. Pl. rúd igénybevétel, feszültség, elmozdulás rendezhető először szelvények szerint majd ezen belül valamely igénybevétel- vagy elmozdulás komponens szerint.

A *Táblázatkezelő* táblázatainak fejlécén egérrel mozogva a rendezhető oszlopok színe szürkéről kékesebbre vált. Az oszlopfejlécre kattintva az világoskékké válik, jobboldalt pedig megjelenik a rendezés irányát jelző szimbólum. A táblázat sorai a megadott feltétel szerint rendeződnek. Több oszlop szerint is kérhetünk rendezést, ekkor a rendezési feltételek a kattintások sorrendjében jutnak érvényre.

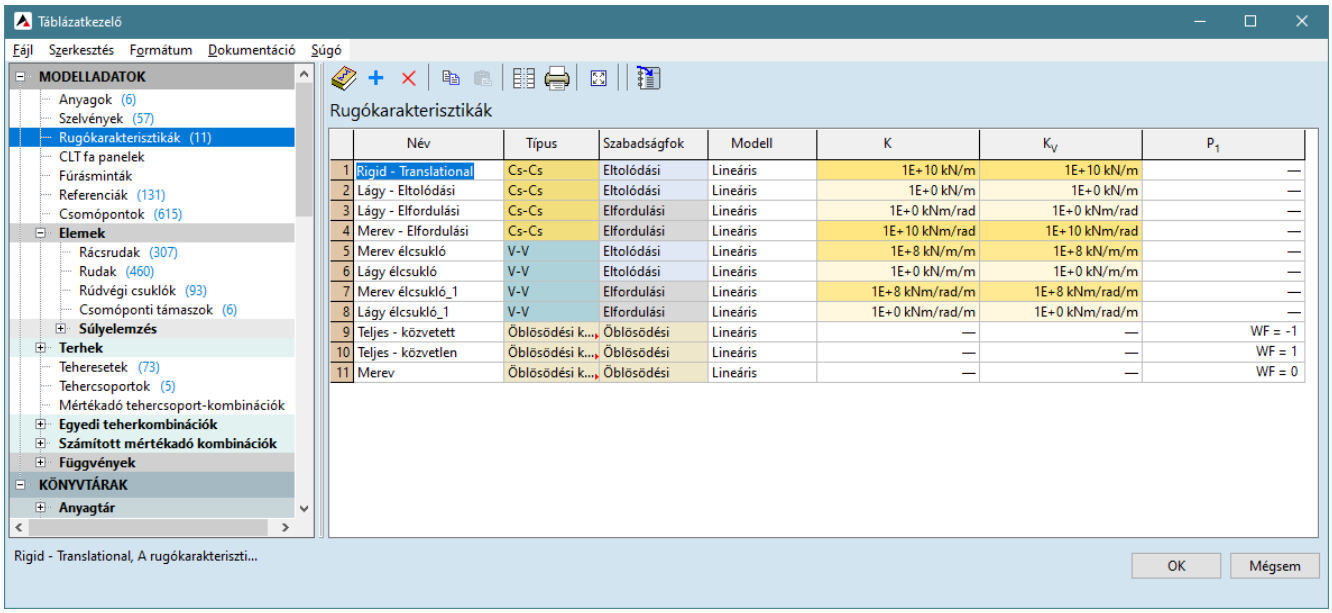
Többszörös rendezés esetén a rendezési feltételek sorrendjét a fejlécen jobb gombbal kattintva a helyi menüben ellenőrizhetjük *(Oszlop szerinti rendezések)*:



2.9.1. Rugókarakterisztikák

Rugókarakterisztikák definiálása

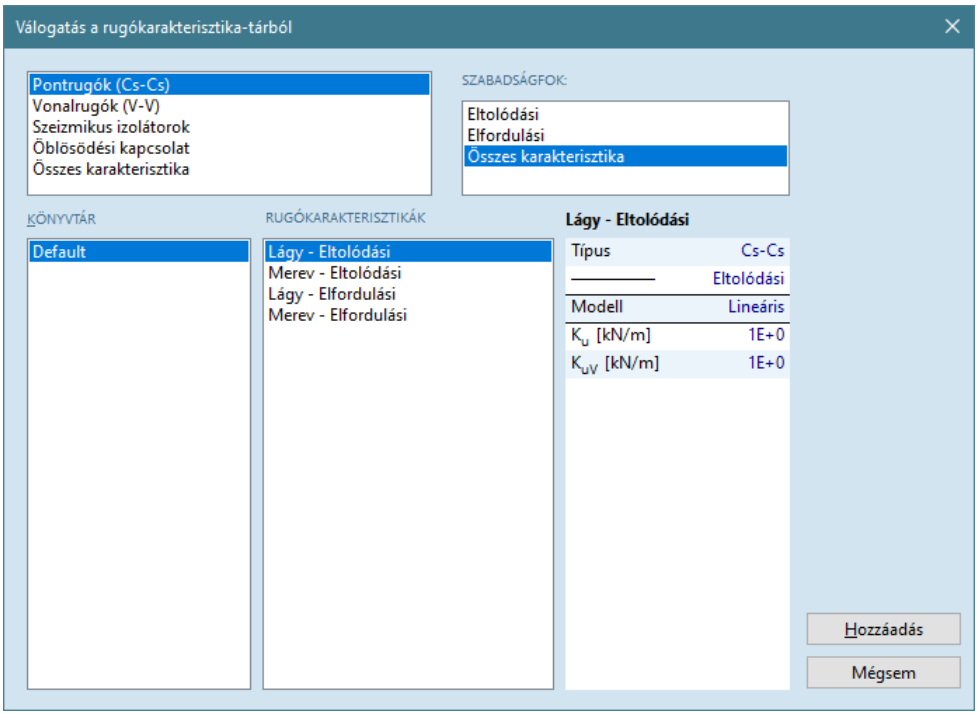
A táblázakezelőn keresztül a *Rugókarakterisztikák* pontban megadhatunk új karakterisztikákat. Ebben a táblázaban szerepelnek a modellben megadott rugókarakterisztikák.



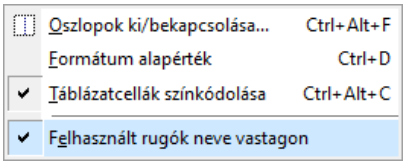


Rugókarakterisztika-tár

Válogathatunk a *Rugókarakterisztika-tárból* is rugókarakterisztikákat. Az ikonra kattintva a megjelenő ablakban lehet kiválasztani, hogy melyik könyvtár elemeit szeretnénk látni (első oszlop). A Rugóparaméterek oszlopban csak olyan karakterisztikák jelennek meg amik megfelelnek a kiválasztott típusnak és szabadságfoknak *(Elmozdulási / Elfordulási / Összes)*. A kiválasztott karakterisztika tulajdonságai a harmadik oszlopban láthatóak. A *Hozzáadás* gombbal hozzáadhatjuk a modellhez.
A listára felvett, de a modellben fel nem használt rugókarakterisztikák bármikor törölhetők a *Szerkesztés / Nem használt rugókarakterisztikák törlése* funkcióval.



A *Formátum / Felhasznált rugókarakterisztikák neve vastagon* funkció bekapcsolásával elkerülhető, hogy olyan rugókarakterisztikát töröljünk a táblázatból, melyet a szerkezet valamelyik rugóeleméhez már hozzárendeltünk.



Új rugókarakterisztika megadása: a **3.1.17 Rugókarakterisztika-tár** fejezetben leírtaknak megfelelően történhet.

Rugókarakterisztika jellemzői

Már meglévő rugókarakterisztiák szerkesztéséhez az egyik jellemzőre kattintva megjelenik a szerkesztő ablak. Közvetlenül csak a *Név* szerkeszthető a táblázatban.
A rugókarakterisztikák jellemzői a **3.1.17 Rugókarakterisztika-tár** fejezetben találhatóak.

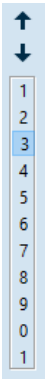
2.10. Dokumentációszerkesztő

F10

A dokumentáció-szerkesztő segítségével a program által létrehozott táblázatok, rajzok és általunk megadott szövegek (összefoglaló néven: dokumentációs elemek) felhasználásával teljes dokumentációt készíthetünk, mely a modellfájlban (.axs) tárolódik.
A dokumentációk és elemeik a dialógus baloldalán található fában jelennek meg.
A dokumentáció kinyomtatható, illetve DOCX vagy RTF-formátumban lementhető, ezeket tovább módosíthatjuk például a Word szövegszerkesztőben.



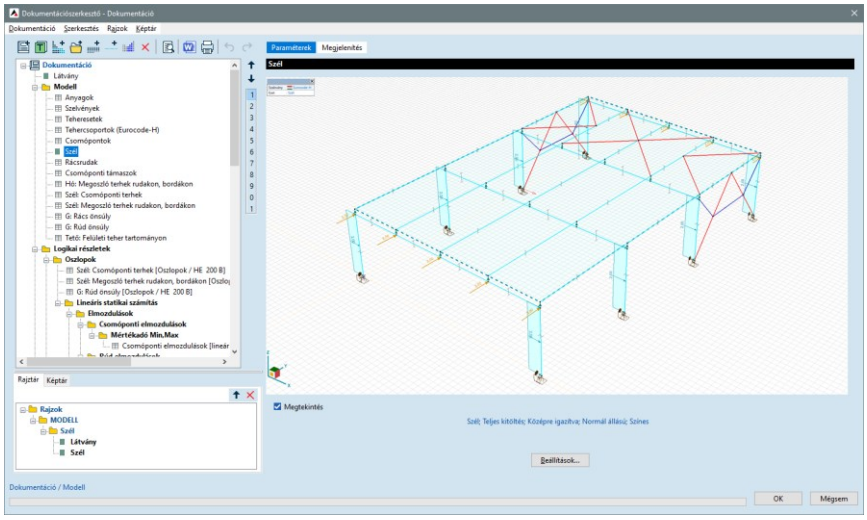
A dokumentáció megjelenését kinyomtatás előtt beállíthatjuk, illetve ellenőrizhetjük a Nyomtatás ikonra kattintva.
Az oldalméret, tájolás, margók, stb. beállítása: a *Dokumentáció nyomtatása* dialógusban állítsuk be a kívánt értékeket, majd kapcsoljuk be a *Megtekintés* opciót. Ezután *ne* kérjünk nyomtatást, lépjünk ki a *Mégsem* gombbal. A *Dokumentációszerkesztő* a továbbiakban ezek szerint a beállítások alapján dolgozik majd.



A táblázatkezelőből beillesztett táblázatok (*lásd...* **2.9 Táblázatok,** *Táblázatok hozzáadása*) tartalma naprakész a dokumentációban, azaz automatikusan frissül, ha bármilyen változtatást végzünk a modellen (töröljük vagy módosítjuk egyes részeit).
A dokumentációszerkesztőben egyidejűleg több dokumentáció is létrehozható. A dokumentációk tartalmát a szerkesztőablak baloldalán található fa-struktúra jeleníti meg.
A nyilakkal a kijelölt elemet (elemeket) mozgathatjuk a fában felfelé vagy lefelé.
A kijelölt elemeket egérrel új helyre húzhatjuk, a beillesztés pontos helyét illetve annak szintmélységét a célpozíciónál megjelenő fekete vízszintes vonal jelzi.
A számsor valamely elemére kattintva a teljes fa kinyílik, de csak a számértéknek megfelelő szintmélységig.

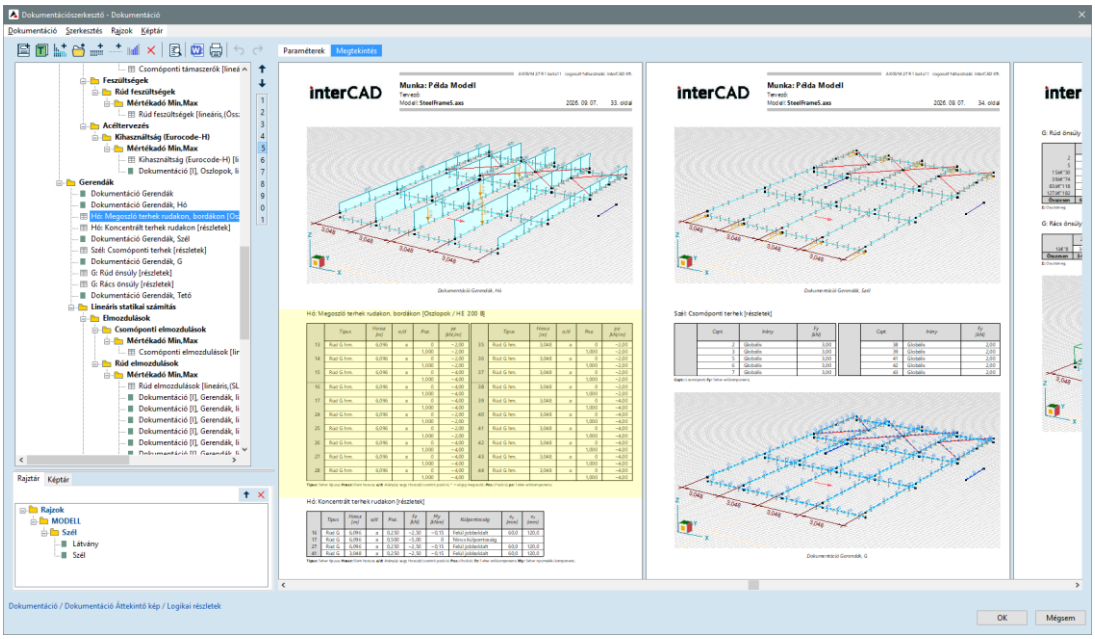
Paraméterek

A *Paraméterek* kiválasztása esetén az éppen kijelölt dokumentációs elemmel kapcsolatos, részben szerkeszthető adatok, információk láthatók az ablak jobb oldalán (lásd részletesen lejjebb).



Megtekintés

A *Megtekintés* kiválasztasakor a dokumentáció előnézete látszik a fában kiválasztott elem oldalánál.
Az ablak átméretezhető, így az előnézet mérete szabályozható. Akárcsak a *Nyomtatási kép* funkciónál, a megjelenő előnézeti képet egérrel itt is odébbhúzhatjuk, illetve megrántva a rántás sebességétől függő folyamatos jobbra-balra görgetés is lehetséges. Az ábrák első kirajzolása időigényes, ilyenkor a lapozás illetve görgetés természetesen meg-megakadhat.

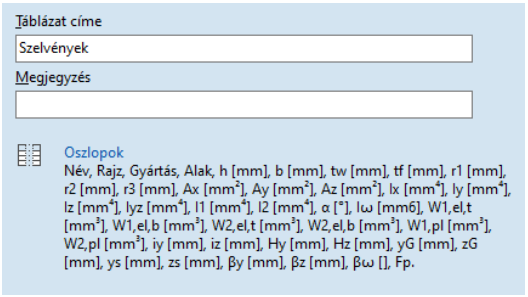


A fában kijelölt elem az előnézeten sárga háttérrel jelenik meg. Az előnézeten valamely képre, táblázatra, mappacímre kattintva az kijelölődik az előnézeten és a fában is. Ctrl+kattintással az előnézeten és a fában elszórtan több dokumentációs elem is kijelölhető, Shift+kattintással az előző kijelölt elemtől kezdődő folytonos tartomány elemeit jelölhetjük ki.
Ha a dokumentációból elemeket törlünk, elemet adunk hozzá, elemeket húzunk új helyre vagy szöveget, címet, tulajdonságokat módosítunk, a teljes dokumentáció automatikusan újratördelődik.

Paraméterek

Mappa A kiválasztott mappa neve jobb oldalon szerkeszthető.

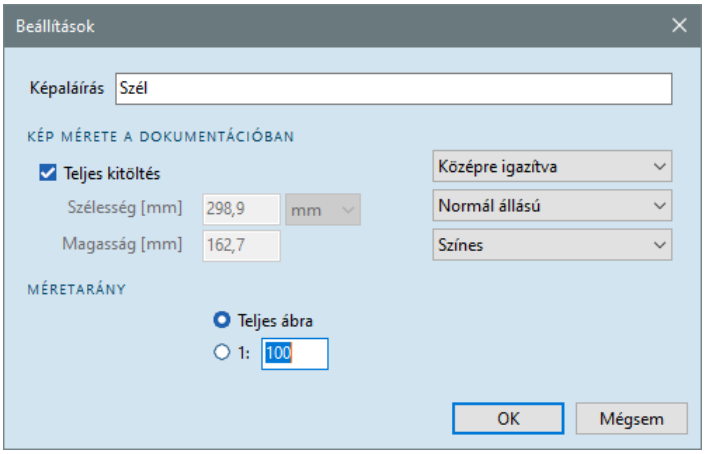
Táblázatok Táblázatok esetén a jobb oldalon a megjegyzés szövege, az oszlopok megnevezései és más, a táblázatban felsorolt elemekkel kapcsolatos információk jelennek meg. Az ikonra kattintva beállíthatjuk, hogy a táblázatnak mely oszlopai jelenjenek meg. A cím és a megjegyzés szövege is szerkeszthető, de a dokumentációs nyelv váltásakor a program csak az automatikusan generált táblázatcímeket fordítja le.



Szövegek Szövegek esetén a fa-struktúrában a kezdősorok, jobb oldalon maga a szöveg jelenik meg egy nem szerkeszthető ablakban. A szövegen a Szerkesztés... gombra (a képernyő jobb alsó részén) kattintva változtathatunk.

Képek Megadhatjuk, milyen képaláírást szeretnénk, illetve, hogy a kép a dokumentációba milyen méretben és milyen igazítással kerüljön be.

Rajztár A bal alsó ablakban a *Rajztár* fülre kattintva választhatunk az elmentett rajzok közül. A képtár ábráival szemben a rajzok nem tárolódnak, hanem szükség esetén a tárolt beállítások szerint újra felépülnek. Ezért a rajzok automatikusan követik a modell változásait. Részletes leírás a **3.6.10 Rajztár**, **3.6.11 Mentés a rajztárba** fejezetekben.



Képtár

A szerkesztőablak bal alsó részén a Képtár fülre kattintva kigyűjtve látható valamennyi, a programból bitmap (*.BMP*, *.JPG*) vagy Windows Metafile (.WMF, .EMF) formátumban lementett ábra. A képtár tartalma fizikailag a merevlemezen egy, a modellfájl (*.AXS*) könyvtára alatt automatikusan létrehozott *Images_modellnév* nevű alkönyvtárban helyezkedik el. A képtárból ábrákat illeszthetünk be bármelyik dokumentációba. Részletesen *lásd...* **2.10.5 Képtár**
A főmenüben a *Szerkesztés\ Ábra mentése képtárba* (**[F9]**) funkcióval tárolhatja az aktuális ábrát, illetve a méretezési eredménytáblázatokat. *Lásd még...* **3.2.12 Ábra mentése képtárba.**

Beállítások

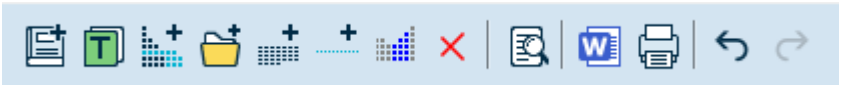
Az előnézeti ablak alatt látható *Beállítások...* gombra kattintva a rajz/kép aláírása módosítható, a rajz/kép mérete, igazítása, állása adható meg illetve rajztári elemek esetén kiválasztható a kép jellege (színes, szürkeskálás, fekete-fehér) és méretaránya.

A dokumentáció kijelölt elemét (szöveget, képet, táblázatot, oldaltörést) a listában egy-egy sorral feljebb, illetve lejjebb mozgathatjuk, illetve egérrel máshová húzhatjuk. A menü, illetve a jobbgombos menü használatával egy elemet egy másik dokumentáció végére mozgathatunk, illetve másolhatunk.

A képtárból / rajztárból egy vagy több kijelölt képet a *Képtár / Képek beillesztése a dokumentációba,* illetve *Rajzok / Rajzok beillesztése a dokumentációba* menüpont, a felfelé mutató nyíl vagy egérrel történő áthúzás segítségével illeszthetünk be a dokumentációba.

A dokumentáció-szerkesztő a létrejött dokumentációhoz automatikusan tartalomjegyzéket generál, amit a dokumentáció elejére illeszt. A tartalomjegyzékben a táblázatok a címükkel szerepelnek. Szöveg-elemek csak akkor kerülnek a tartalomjegyzékbe, ha a szövegszerkesztőben valamelyik címsor stílussal formáztuk őket. Képek csak akkor kerülnek be a tartalomjegyzékbe, ha van hozzájuk képaláírás.

2.10.1. A dokumentációs eszköztár





Új dokumentáció létrehozása.
Lásd... **2.10.2 Dokumentáció**



Dokumentáció-generálás sablon alapján
Lásd... **2.10.3.1 Dokumentáció generálása**



Dokumentáció-generálás szűrők segítségével
Lásd... **2.10.3.3 Dokumentáció generálása szűrők segítségével**



Mappa beillesztése.
Lásd... **2.10.3 Szerkesztés**



[Ctrl]+[T]

Formázott szöveg beillesztése a jelenlegi listaelem után.
Lásd... **2.10.3 Szerkesztés**



[Ctrl]+[Alt]+[B]

Oldaltörés beillesztése a listaelem után.
Lásd... **2.10.3 Szerkesztés**



Kijelölés szűrés.
Lásd... **2.10.3 Szerkesztés**



[Del], [Ctrl]+[Del]

Törli a kijelölt dokumentációs elemeket vagy dokumentációt.
Lásd... **2.10.3 Szerkesztés**



[Ctrl]+[R]

Az aktuális dokumentáció nyomtatási képének megjelenítése.
Lásd... **2.10.2 Dokumentáció**



[Ctrl]+[W]

Az aktuális dokumentáció mentése DOCX fájlba.
RTF mentés a *Dokumentáció / Export RTF fájlba...* menüpontban.
Lásd... **2.10.2 Dokumentáció**



[Ctrl]+[P]

Nyomtatás.
Lásd... **2.10.2 Dokumentáció**

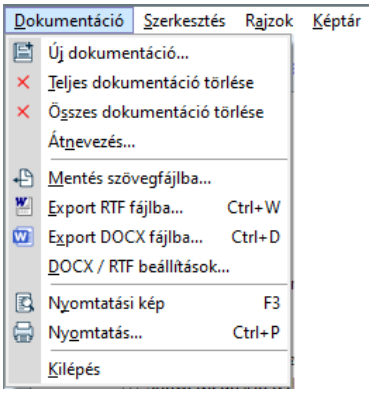

[Ctrl]+[Z]

Undo. Az utoljára végrehajtott művelet visszavonása.
Lásd… **2.10.3 Szerkesztés**


[Shift]+[Ctrl]+[Z]

Redo. A visszavont műveletet hajtja végre.
Lásd… **2.10.3 Szerkesztés**

2.10.2. Dokumentáció



Új dokumentáció



Ezzel a funkcióval új dokumentációt hozhatunk létre tetszőleges, de legfeljebb 32 karakter hosszúságú névvel.

Teljes / Összes dokumentáció törlése



A *Teljes dokumentáció törlése* funkcióval azt a dokumentációt töröljük, amelyikben a fa-struktúrán a kijelölt elem található. A dokumentációban felhasznált képek a képtárban megmaradnak.

Az *Összes dokumentáció törlése* valamennyi dokumentációt törli.

Átnevezés

Egy, már létező dokumentáció nevét módosíthatjuk.

Mentés szövegfájlba…

A dokumentáció szöveges részei mentődnek egy ASCII fájlba, amely sokféle alkalmazásba betölthető további feldolgozásra.

Export RTF fájlba



A dokumentációt a beállított sablonfájl felhasználásával létrehozott *név.rtf* fájlba exportálja. Ha a mentés nem a modell könyvtárába történt, a program valamennyi, az adott dokumentációban felhasznált képet bemásolja az RTF fájl könyvtára alá egy *Images_modellnév* könyvtárba. A fájlba a dokumentációba illesztett szövegek karakter-és bekezdésformázásai a karakterszín kivételével változtatás nélkül átkerülnek.
A táblázatok RTF-táblázatként exportálódnak, tehát például a Word szövegszerkesztőben a szokásos módon kezelhetők. Mivel a táblázatcímek a Word Címsor 3 (Heading 3) címsorstílusával íródnak ki, a dokumentációhoz könnyen készíthetünk tartalomjegyzéket is (a nyelv és verzió függvényében).

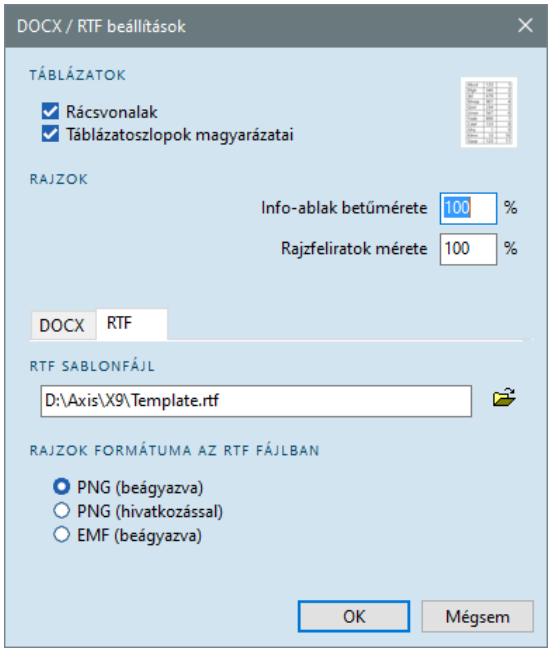
Export DOCX fájlba



A dokumentációt DOCX fájlba exportálja. Ez az export, szemben az RTF-fel, nem sablonfájlból indul ki, hanem ugyanazokat a fejléc és és céglogo beállításokat használja, mint a nyomtatás.

DOCX / RTF beállítások… RTF

A program a dokumentációt egy sablon (alapértelmezésben a program könyvtárában található *NormalSablon.rtf* fájl**)** felhasználásával menti RTF fájlba. Kiválaszthatjuk, hogy a dokumentáció-szerkesztő melyik sablonfájllal dolgozzon.



A sablonfájl módosításával elérhetjük, hogy a dokumentáció tartalma az általunk kialakított fedőlappal és fejléccel jelenjen meg. A sablonfájl módosítása előtt mindenképpen olvassuk el a sablonfájlban található tájékoztató szöveget! Kijelölhető, hogy az RTF fájlban milyen formátumban tárolódjanak a rajzok.

PNG (beágyazva): az RTF állomány mérete nagyobb, azonban a rajz beágyazódik a fájlba, annak részévé válik. Ez segíti az állomány hordozhatóságát. A PNG (Portable Network Graphics) formátum veszteségmentesen tömöríti az ábrákat.

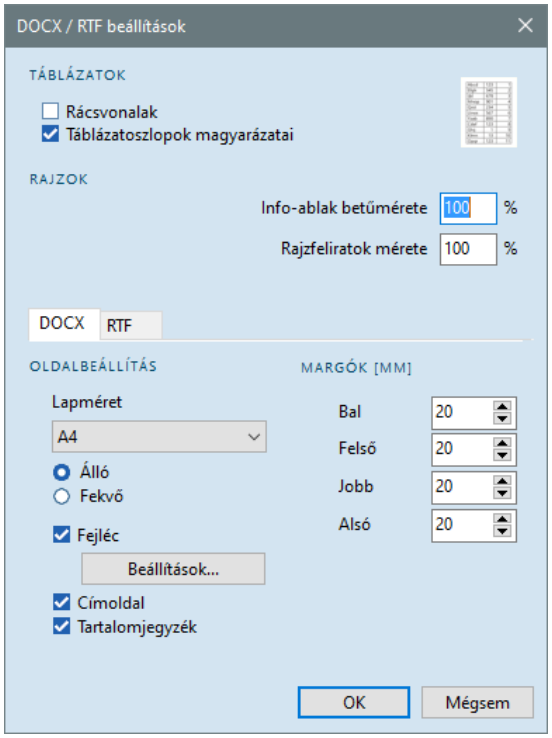
PNG (hivatkozással): A fájl mérete kisebb (a rajzok külön fájlokban tárolódnak), de áthelyezésekor vagy továbbításakor e-mailben a hivatkozásban szereplő rajz állomány(ok) mozgatásáról vagy elküldéséről a felhasználónak kell gondoskodnia, mert a képek csak akkor jelennek meg, ha a képek az RTF fájlhoz képest egy *Images_modellnév* alkönyvtárban rendelkezésre állnak.

EMF (beágyazva): az RTF állomány mérete nagyobb, mint PNG esetén. Az ábrák EMF (Enhanced Windows Metafile) formátumban kerülnek a fájlba.

Beállítható továbbá, hogy a táblázatok cellái rácsvonalakkal vagy anélkül jelenjenek meg.

A *Táblázatoszlopok magyarázatai* bekapcsolásával a táblázat végén összefoglaló készül az oszlopok magyarázataival (lásd még: *Nyomtatás*).

A tervezési számítások képleteket is tartalmaznak, ezért ezek soronként, grafikus tartalomként kerülnek be a dokumentumba, ami lehetővé teszi részek áthelyezését és törlését, a tartalom módosítását azonban nem.



DOCX / RTF beállítások... DOCX

A kimenet lapméretét és lap állását és margóit, a *Fejléc* és *Címoldal* megjelenítését, illetve a *Tartalomjegyzék* generálását szabályozhatjuk.
A *Fejléc* alatti *Beállítások...* gomb segítségével módosíthatjuk a fejléc tartalmát és a céglogot. Lásd **3.1.10 Fejléc, 3.3.11.15 Dokumentáció.**

Itt is beállítható, hogy a táblázatok cellái rácsvonalakkal vagy anélkül jelenjenek meg.
A *Táblázatoszlopok magyarázatai* bekapcsolásával a táblázat végén összefoglaló készül az oszlopok magyarázataival (lásd még: *Nyomtatás*).
Ebben a formátumban minden beillesztett rajz, kép a dokumentumban tárolódik.
A tervezési számítások képleteket is tartalmaznak, ezért ezek soronként, grafikus tartalomként kerülnek be a dokumentumba, ami lehetővé teszi részek áthelyezését és törlését, a tartalom módosítását azonban nem.

Nyomtatási kép **[F3]**



A dokumentáció oldalait kinyomtatás előtt megtekinthetjük. Az átméretezhető nyomtatási kép ablakban 10%–500% között állíthatjuk a nagyítást, az oldalak között a vezérlő gombokkal, illetve billentyűzettel lépkedhetünk: **[Home]** = első oldal, **[⟵]** = előző oldal, **[⟶]** = következő oldal, **[End]** = utolsó oldal. Dokumentáció nyomtatási előnézet egyszerre több oldal megjelenítésére is képes, amennyiben ezt a nyomtatási kép ablak mérete lehetővé teszi. A **[PgUp] [PgDn]** gombokkal egyszerre annyi oldalt léphetünk vissza, illetve előre, ahány oldal a képernyőre kifér.
A megjelenő képet egérrel odébbhúzhatjuk, illetve megrántva a rántás sebességétől függő folyamatos görgetés is lehetséges, mint a mobiltelefonokon. Az ábrák első kirajzolásakor a lapozás illetve görgetés meg-megakadhat.

Nyomtatás **[Ctrl]+[P]**

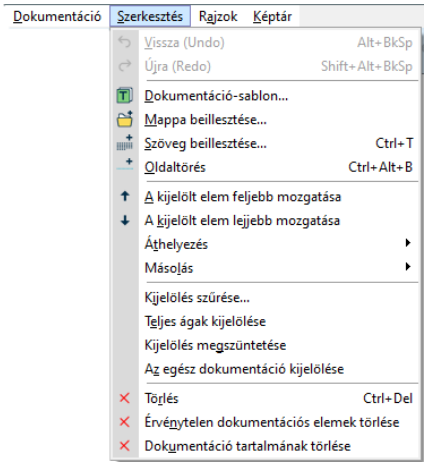


Nyomtatási paraméterek beállítása, nyomtatás indítása. A nyomtatási paraméterek megegyeznek a táblázatnyomtatás esetén beállítható paraméterekkel.
A *Táblázatoszlopok magyarázatait* bekapcsolva az oszlopok jelentését összefoglaló szöveg jelenik meg a dokumentáció minden egyes táblázata alján.

Név: Szelvénynév; **Gyártás:** Gyártási eljárás; **Alak:** Szelvényalak; **h:** Szelvénymagasság; **b:** Szelvényszélesség; **tw:** Gerincvastagság; **tf:** Övvastagság; r_1, r_2, r_3: Lekerekítő sugár; **Ax:** Keresztmetszeti terület; **Ay, Az:** Nyírási keresztmetszet; **Ix:** Csavaró inercia; **Iy, Iz:** Hajlító inercia; **Iyz:** Centrifugális inercia; I_1, I_2: Hajlító főinercia; **α:** Főirány; **Iω:** Torzulási inercia; $W_{1,el,t}$, $W_{1,el,b}$, $W_{2,el,t}$, $W_{2,el,b}$: Rugalmas keresztmetszeti modulus; $W_{1,pl}$, $W_{2,pl}$: Képlékeny keresztmetszeti modulus; i_y, i_z: Inerciasugár; **Hy:** Keresztmetszet befoglaló mérete y irányban; **Hz:** Keresztmetszet befoglaló mérete z irányban; y_G: Súlypont y koordinátája; z_G: Súlypont z koordinátája; y_s: Nyírási (csavarási) középpont y koordinátája a súlyponthoz képest; z_s: Nyírási (csavarási) középpont z koordinátája a súlyponthoz képest; **F.p.:** Feszültségpontok száma;

Kilépés Kilépés a dokumentációszerkesztőből

2.10.3. Szerkesztés



A *Szerkesztés* menü funkcióinak egy részét elérhetjük a dokumentáció valamelyik elemére a jobb egérgombbal kattintva az előugró menüből is.

Undo Az utoljára végrehajtott művelet visszavonása

Redo A visszavont műveletet hajtja végre

Dokumentáció-sablon..



Lásd... **2.10.3.1 Dokumentáció generálása**

Mappa beillesztése...



Új mappát illeszt be a fa-struktúrába, az éppen kijelölt szint alá. A képernyő jobb oldalán megjelenik a mappa ikon alatt az aktuális (kijelölt) mappa neve. A kibontott szintek számát a szintbeállító skálával lehet beállítani.

Szöveg beillesztése **Ctrl+T**



Szövegszerkesztő indítása. A szövegszerkesztőben elkészített formázott szöveg az aktuális elem után kerül be a fába. *Lásd...* **2.10 Dokumentációszerkesztő/szovegek**

Oldaltörés **Ctrl+Alt+B**



Oldaltörést helyez el a kijelölt dokumentációs elem *után*.

Kijelölt elem feljebb / lejjebb mozgatása



A dokumentációban eggyel feljebb/lejjebb mozgatja a kijelölt elemet.

Áthelyezés A kijelölt dokumentációs elemet a lenyíló menüből választott másik dokumentáció végére helyezi át.

Másolás A kijelölt dokumentációs elem egy másolatát a lenyíló menüből választott másik dokumentáció végére helyezi.

Kijelölés szűrése...



Beállíthatjuk, hogy a fában milyen típusú elemek legyenek kijelölhetőek (dokumentáció, táblázat, rajz, kép, szöveg, oldaltörés, mappa).

Teljes ágak kijelölése Bekapcsolása esetén az adott szinten lévő, illetve az alatta elhelyezkedő valamennyi mappa és annak tartalma kijelölésre kerül.

Kijelölés megszüntetése A dokumentációban lévő kijelöléseket szünteti meg.

Az egész dokumentáció kijelölése Hatására a teljes dokumentáció kijelölésre kerül.

Törlés
Del, Ctrl + Del

A kijelölt dokumentációs elem (szöveg, kép, táblázat, oldaltörés) törlése. Ha a kijelölés egy dokumentáción áll, a funkció a teljes dokumentáció törlését ajánlja fel.

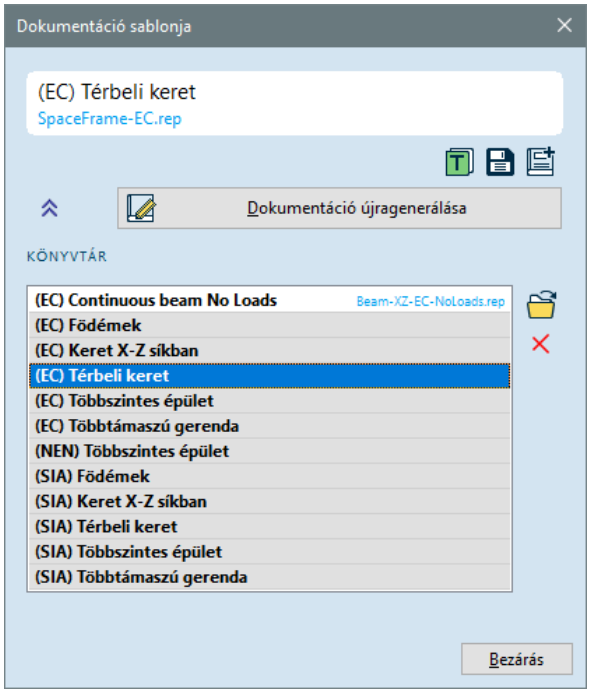
Érvénytelen dokumentációs elemek törlése Azon elemek törölhetőek, amelyekhez nem tartozik érvényes eredmény.

Dokumentáció tartalmának törlése Törli az összes elemet a dokumentációból. A funkció magát a dokumentációt nem törli, később elemeket adhatunk hozzá.

2.10.3.1. Dokumentáció generálása sablon alapján

A dokumentációs sablont előre beállított szempontok szerinti dokumentáció előállítására használhatjuk. A sablont fájlba is menthetjük és más modelleknél is felhasználhatjuk a dokumentáció generálására. A dokumentálandó elemek körét, valamint a bemenő adatokat és eredményeket szűrőfeltételek beállításával határozhatjuk meg.

Az ikonra kattintva a sablonkezelő ablakba jutunk. Ha az aktuális dokumentáció sablon alapján készült, azt a sablont láthatjuk betöltve. Ha nem sablon alapján készült a dokumentáció, akkor egy új, alapértelmezett sablon töltődik be.
Az ablak lenyitható alsó felén az előregyártott sablonok (szürke háttéren) és a felhasználó által mentett egyedi sablonok (fehér háttérrel) könyvtára látható. A lista valamelyik elemére kattintva betöltődik az annak megfelelő sablon.
A sablonok a listában a szerkesztéskor megadott nevükkel jelennek meg (*Lásd...* **2.10.3.2 Sablon szerkesztése**).
A sablonokat a program a *c:\ Users \ [felhasználónév] \ AppData \ Roaming \ AXISVM \ [verziószám] \ Templates* könyvtárba menti és onnan olvassa be.



Dokumentáció újragenerálása Ha a modellen végzett módosítások a dokumentáció kiegészítését kívánják (például elkészült az acél elemek méretezése) az újra generáláshoz nyomjuk meg a *Dokumentáció újra generálása* gombot. A dokumentációhoz utólag, kézzel hozzáadott dokumentációs elemek ilyenkor törlődnek.

Ezzel a gombbal lenyithatjuk, illetve visszacsukhatjuk az ablak alsó részén látható sablonlistát.

Az eszköztár ikonjaival a következő műveleteket végezhetjük:

Sablon szerkesztése
Módosíthatunk a dokumentáció generálásához használt szűrőfeltételeken, illetve a rajzok készítéséhez használt ábrákon. *Lásd...* **2.10.3.2 Sablon szerkesztése**



Jelenlegi sablon mentése fájlba
Az aktuális sablont fájlba menthetjük, ha később hasonló dokumentációt szeretnénk generálni egy másik modellhez is. A **.rep* kiterjesztésű sablonfájlok alapértelmezésben a fent megadott könyvtárba kerülnek.



Új dokumentáció generálása a sablon alapján
A sablon alapján generált dokumentáció ebben az esetben nem írja felül a Dokumentációszerkesztőben kiválasztott dokumentációt, hanem egy felhasználó által megadott névvel különálló új dokumentáció keletkezik.



Sablon importálása
A megnyíló dialógusablakban tetszőleges mappában kijelölt *.rep kiterjesztésű sablonfájlokat importálhatunk a sablonfájlok könyvtárába. Ezután az importált sablonok is kiválaszthatóak, belőlük dokumentáció generálható.

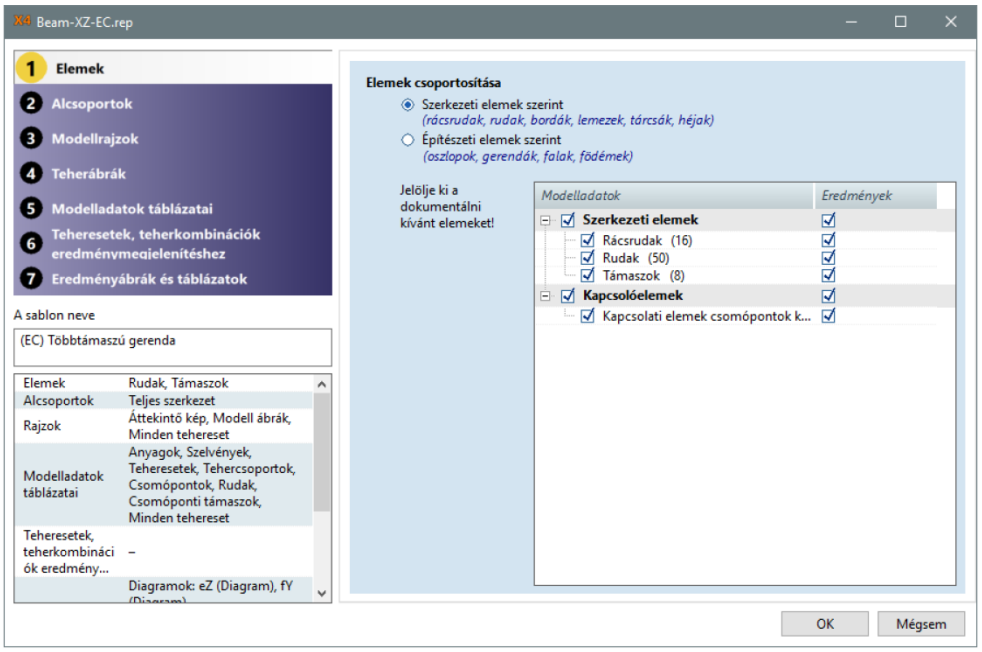


Sablon törlése a könyvtárból
A listában kijelölt sablont törölhetjük a sablonfájlok könyvtárából.

2.10.3.2. Sablon szerkesztése

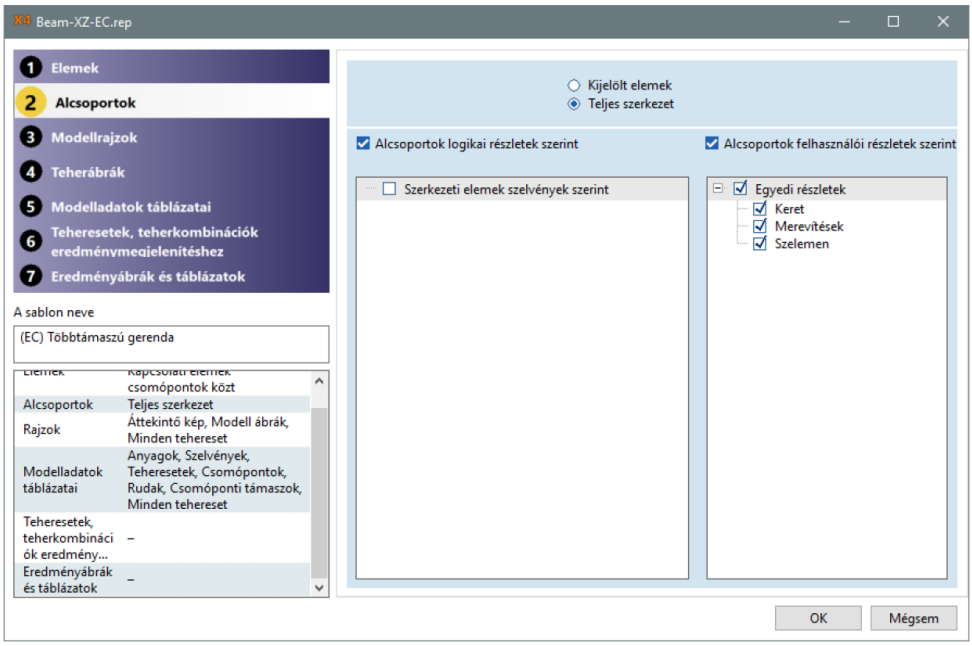
A dokumentációs sablon kialakítása összetett feladat. A sablon felépítésének lépéseit a bal felső sarokban láthatjuk. A listaelemekre kattintva az egyes beállításokon, szűrőfeltételeken módosíthatunk. A lista alatti szerkesztőmezőben megadhatjuk a sablon nevét, ami majd a sablonkezelő ablakban megjelenik.

Elemek



Megadhatjuk, hogy a generált dokumentáció milyen elemeket tartalmazzon, és azokat milyen szempont szerint csoportosítsa. Ha *Szerkezeti elemek szerint* csoportosítunk, akkor a végeselem-típusok alapján, ha az *Építészeti elemek szerint,* akkor az építészeti funkció alapján csoportosítjuk az elemeket. Az építészeti funkciót a program az elemek geometriája alapján határozza meg. *Lásd...* **4.9.26 Építész modellből statikai váz generálása**
Külön szabályozható, hogy mely elemekre kérjük az eredmények dokumentálását.
A további lépésekben a sablonszerkesztő már csak a megjelölt elemtípusokhoz tartozó táblázatokat, rajzokat kínálja fel.

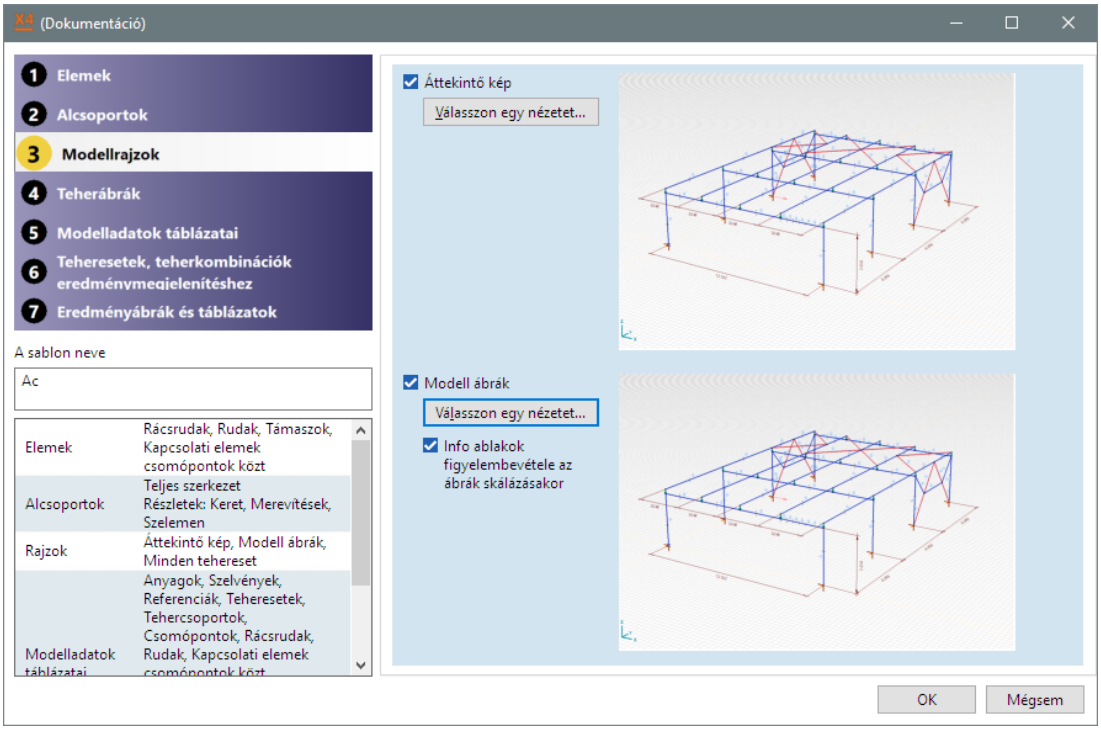
Alcsoportok



Itt szabályozható, hogy a kiválasztott elemtípusokat milyen alcsoportokra bontva dokumentáljuk. A dokumentációban az egyes alcsoportokról komplett dokumentáció készül.

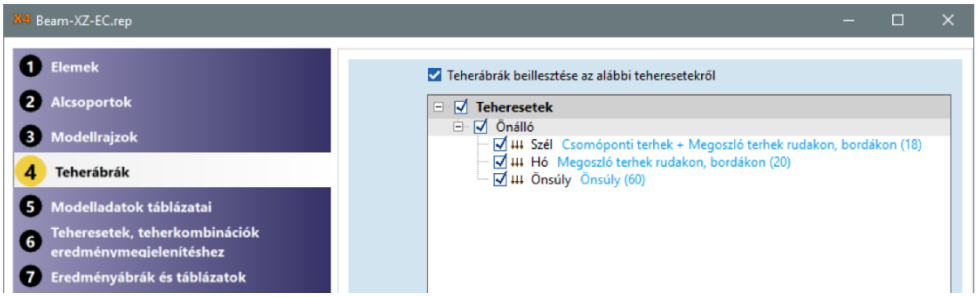
A *Kijelölt elemek* választása esetén csak azokról az elemekről készül dokumentáció, melyeket még a dokumentációszerkesztőbe való belépés előtt kijelöltünk.
Az *Alcsoportok logikai részletek szerint* opció kiválasztásával alcsoportokat képezhetünk az azonos vastagságú tartományokból vagy az azonos szelvényű rúdelemekből, illetve az egyes szintekből.
A *Tartományok dokumentálása egyenként* opció bekapcsolása esetén minden tartományról komplett dokumentáció készül. A tartományok esetleges belső tartományai a befoglaló tartománnyal együtt dokumentálódnak.
Teljes szerkezet dokumentálása esetén felhasználói részletek szerinti alcsoportokat is választhatunk.

Modellrajzok



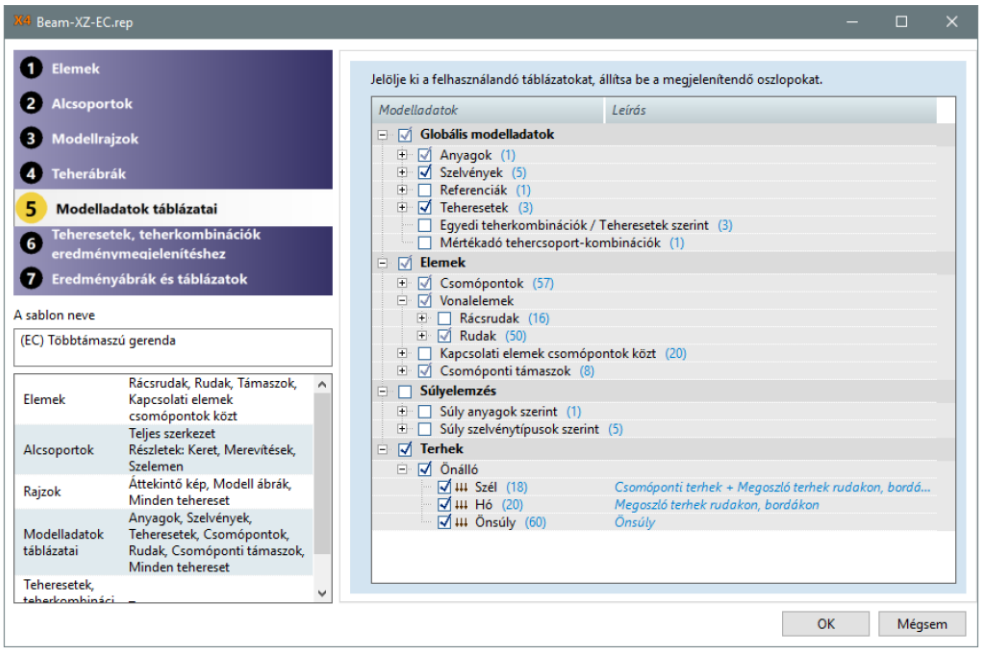
Kiválaszthatjuk, kerüljön-e *Áttekintő kép* a dokumentáció elejére, s ha igen, melyik nézet. A nézetet a Rajztárba lementett nézetek közül választhatjuk ki.
Kiválaszthatjuk azt a nézetet is *(Modell ábrák),* melyben a teher- és eredménydiagramokat ábrázolni szeretnénk.
Ha nem választunk nézetet vagy a Rajztár üres, a dokumentációba az aktív ablak nézete szerint kerülnek be a rajzok.
Ha egy diagram csak a szerkezet egy részletét ábrázolja, a képkivágás úgy módosul, hogy a részlet kitöltse a teljes ábrát. A nézőpont és a megjelenített grafikus szimbólumok azonban ekkor is a kiválasztott rajz alapján állnak be. Az *Info ablakok figyelembevétele az ábrák skálázásakor* opciót bekapcsolva a program az ábrát az épp aktív információs ablakok közt fennmaradó helyre skálázza be.

Teherábrák



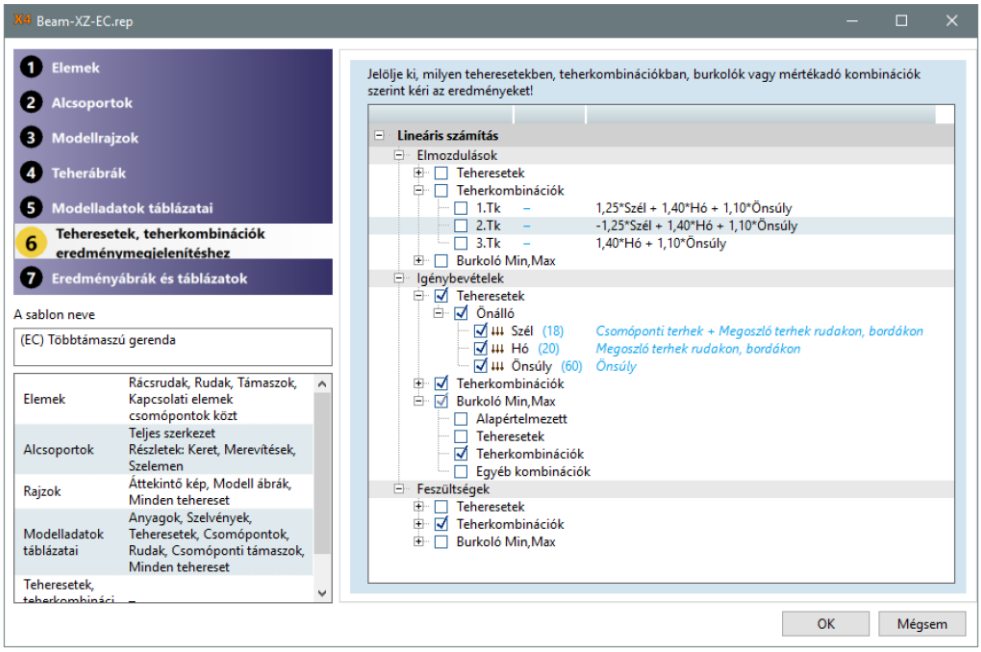
A *Teherábrák beillesztése az alábbi teheresetekből* opció bekapcsolása esetén kiválaszthatjuk azokat a telhereseteket, melyekről teherdiagramot akarunk a dokumentációba illeszteni. A teherdiagramok a Modellrajzok lépésben a *Modell ábrák*nál kiválasztott nézet szerint készülnek.

Modelladatok táblázatai



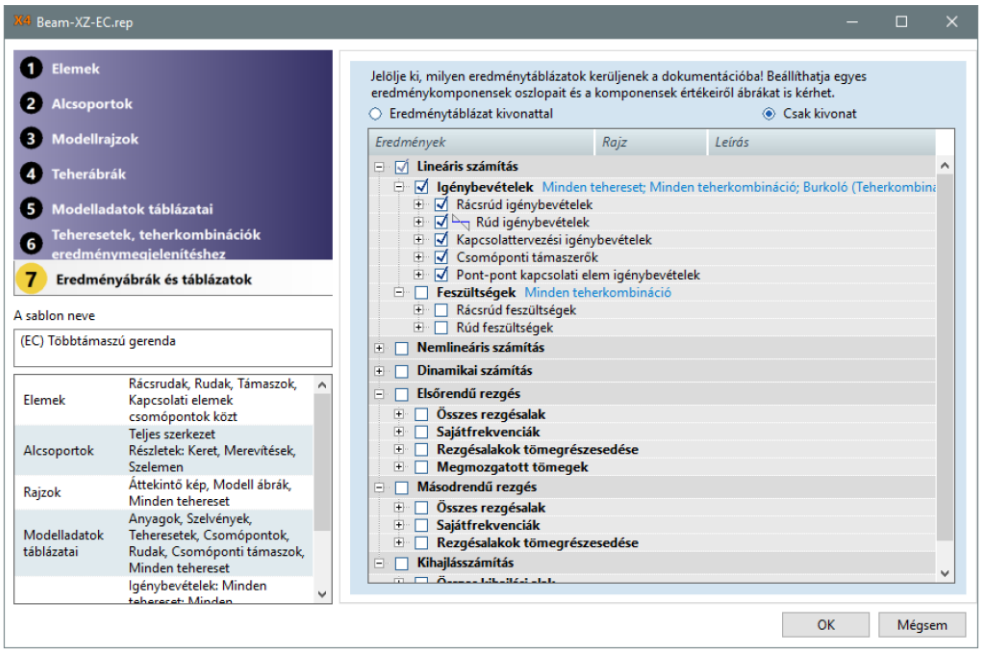
Kijelölhetjük, milyen modell adatokat szeretnénk táblázatos formában a dokumentációba illeszteni. Mód van a táblázatok egyes oszlopainak ki-/bekapcsolására is.
Az *Elemek* bejegyzés alatt csak azoknak az elemeknek a táblázatai szerepelnek, melyeket az első lépésben dokumentálásra kiválasztottunk.
A fában a *Terhek* bejegyzés alatt kapcsolhatjuk az egyes teheresetek terheinek táblázatait.

Teheresetek, teherkombinációk az eredmények megjelenítéséhez



Az AXISVM-ben elvégzett számítás jelentős mennyiségű eredményt szolgáltat. Itt választható ki, hogy az elmozdulások, igénybevételek, illetve feszültségek eredményeiből mely teheresetek, teherkombinációk, burkolók vagy mértékadó kombinációk eredményeit jelenítjük meg táblázatok, illetve diagramok formájában.

Eredményábrák és táblázatok

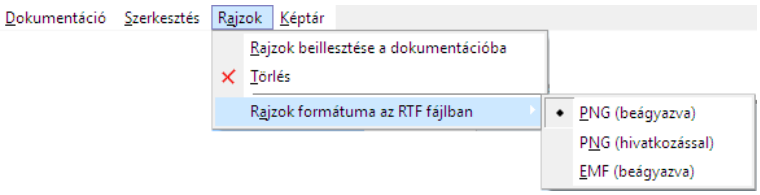


Az utolsó lépésben választhatunk, mely eredménytáblázatok kerüljenek be végül a dokumentációba. Az eredménykomponensek táblázatoszlopai ki-/bekapcsolhatók, s minden eredménykomponenshez – függetlenül attól, hogy a táblázatoszlopot be vagy kikapcsoltuk –, ábrát is kérhetünk. Kattintsunk a fában az adott eredménykomponens sorában a *Rajz* oszlopra, és a legördülő listából válasszuk ki a kívánt ábrázolási módot. Az eredménydiagramok a *Modellrajzok* lépésben a *Modell ábrák*nál kiválasztott nézet szerint készülnek és a vonatkozó táblázat elé kerülnek.

2.10.3.3. Dokumentáció generálása szűrők segítségével

Bár sablonok használatával jobban szabályozható a generált dokumentáció tartalma, mód van a régebbi verziókból ismert eljárás alkalmazására is. A *Szűrő* oldalon kiválaszthatjuk, hogy milyen típusú elemek és terhek, mely egyedi részletek, mely teheresetek, eredménykomponensek táblázatai jelenjenek meg a dokumentációban, illetve az eredménytáblázatoknál a teljes táblázat szerepeljen, vagy csak a szélsőértékekről tájékoztató kivonat. A szűrőbeállítás eredményeképpen adódó dokumentációt a jobb oldali fában láthatjuk, ahol mód van az egyes dokumentációs elemek ki-bekapcsolására. A generált dokumentációba csak a kipipált elemek kerülnek.

2.10.4. Rajzok



Rajzok beillesztése a dokumentációba

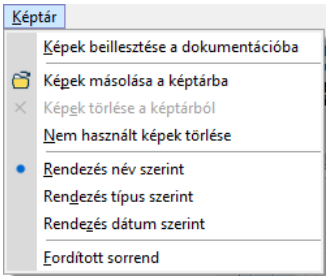
A rajztárban kijelölt rajzot/rajzokat beilleszti a kiválasztott dokumentációba. A beillesztés helyét a dokumentációs fában épp kijelölt elem határozza meg.

Hatása megegyezik a rajztár, illetve képtár gyorsgombjával.

Rajzok formátuma az RTF fájlban

Kijelölhető, hogy az RTF fájlban milyen formátumban tárolódjanak a rajzok.
Lásd... **2.10.2 Dokumentáció/ RTF beállítások...**

2.10.5. Képtár



Képek beillesztése a dokumentációba

A képtárban kijelölt képet vagy képeket beilleszti a dokumentációba

Képek másolása a képtárba

Bitmap (*.BMP*, *.JPG*, *.PNG*) és Windows Metafile (*.WMF*) formátumú képeket másolhatunk az *Images_modellnév* könyvtárba

Képek törlése a képtárból

A képtárban kijelölt képet vagy képeket törli a képtárból. A képfájlok véglegesen törlődnek

Nem használt képek törlése

Ezzel a funkcióval egy lépésben törölhetjük a képtárból azokat a képeket, amelyek egyik dokumentációban sem szerepelnek

Rendezés név szerint

A képtár név szerint rendezi sorba a képeket

Rendezés típus szerint

A képtár típus (*.BMP*, *.EMF*, *.JPG*, *.WMF*) szerint rendezi sorba a képeket úgy, hogy az egyforma típusú képeket név szerint rendezi

Rendezés dátum szerint

A képtár dátum szerint rendezi sorba a képeket. Ha a legújabb képeket szeretnénk a lista elején látni, kapcsoljuk be a *Fordított sorrend*et

Fordított sorrend

A rendezés a *Fordított sorrend* kapcsoló bekapcsolásakor csökkenő, kikapcsolásakor növekvő sorrend szerint történik

2.10.6. A Képtár és a Rajztár gyorsgombjai



Az ábrák listája fölött található ikonokkal gyorsan elérhetünk bizonyos funkciókat



Képek másolása más könyvtárakból a képtárba. A rajztári rajzok nem tárolódnak fájlban, ezért ez a funkció ott nem használható.



Képek vagy rajzok beillesztése a dokumentációba. A beillesztés helyét a dokumentációs fában kijelölt elem határozza meg.

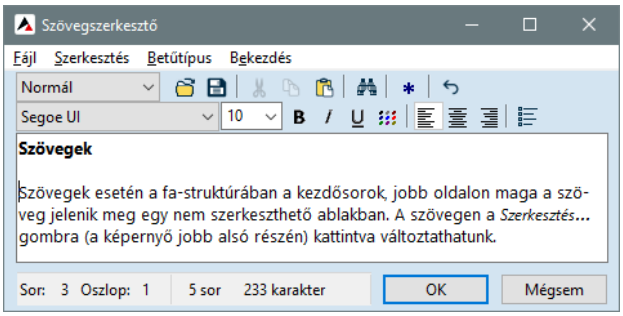


Kijelölt képek vagy rajzok törlése a *Képtár*ból / *Rajztár*ból.

2.10.7. Szövegszerkesztő

Ctrl + T Ha a dokumentációszerkesztőben *Szerkesztés\ Szöveg beillesztésé*t kérjük, megnyílik egy beépített, egyszerű szövegszerkesztő, mellyel formázott szöveget állíthatunk elő. A Szövegszerkesztő funkciói hasonlóak a Windows beépített WordPad szövegszerkesztőjéhez.

Fájl



Megnyitás **Ctrl + O** Ez a funkció elsősorban az ebben a szövegszerkesztőben írt, és onnan lementett szövegek visszatöltésére szolgál. Ha olyan, más szövegszerkesztővel készített RTF fájlt nyitunk meg, ami ebben az egyszerű szövegszerkesztőben nem kezelhető elemeket (pl. táblázatokat, szegélyeket, Unicode-os karaktereket stb.) tartalmaz, előfordulhat, hogy hibás szöveg, vagy vezérlőkódok jelennek meg.

Mentés **Ctrl + S** RTF formátumban lementi a szövegszerkesztőbe írt szöveget

Kilépés A szövegszerkesztő bezárása

Szerkesztés

Vissza **Alt + BkSp** A legutolsó szerkesztési művelet visszavonását eredményezi

Újra **Shift + Alt + BkSp** Az utoljára visszavont szerkesztési művelet újbóli végrehajtását eredményezi

Kivágás **Ctrl + X** A kijelölt szövegrészt vágólapra helyezi, és a szövegből eltávolítja

Másolás **Ctrl + C** A kijelölt szövegrészt vágólapra helyezi

Beillesztés **Ctrl + V** A vágólapon található szöveget beilleszti a kurzor aktuális pozíciójánál

Keresés **Ctrl + F** Kifejezés keresését teszi lehetővé a dokumentumban. Beállítható, hogy a keresés a szöveg elejétől vagy az aktuális kurzorpozíciótól kezdődjön, hogy csak teljes szavakat keressen a program, illetve, hogy a keresés során megkülönböztesse-e a kis- és nagybetűket

Tovább keresés **F3** Ha a program a szövegben megtalálta a keresett kifejezést, ezzel a funkcióval a keresett szöveg további előfordulásait is megtalálhatjuk

Mindent kijelöl **Ctrl + A** A teljes szerkesztett szöveget kijelöli

Betűtípus

Félkövér
Ctrl + B A kijelölt szöveget félkövérré teszi

Dőlt
Ctrl + I A kijelölt szöveget dőltté teszi

Aláhúzott
Ctrl + U A kijelölt szöveget aláhúzottá teszi

Szín
Ctrl + Alt + C A kijelölt szöveg színét állítja be

Bekezdés

Balra zárás
Ctrl + L A kijelölt bekezdéseket balra zárja

Középre zárás
Ctrl + E A kijelölt bekezdéseket középre zárja

Jobbra zárás
Ctrl + R A kijelölt bekezdéseket jobbra zárja

Felsorolásjel
Ctrl + Alt + U A kijelölt bekezdések elejére felsorolásjelző szimbólumot helyez

2.11. Szintek



Részletes leírás a 3.3.4 **Szintek** fejezetben.

2.12. Fóliakezelő



Részletes leírás a **3.3.3 Fóliakezelő** fejezetben.

2.13. Rajztár



Részletes leírás a **3.6.10 Rajztár** fejezetben.

2.14. Mentés a rajztárba



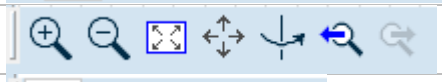
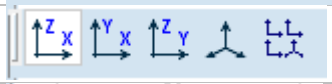
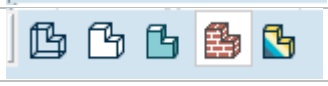
Részletes leírás a **3.6.11 Mentés a rajztárba** fejezetben.

2.15. Export 3D PDF formátumba



Az aktuális ablakban látható ábrát lementi 3D PDF formátumban.
Az interaktívan nagyítható, forgatható háromdimenziós kép megtekintéséhez kifejezetten az *Adobe Acrobat Reader* program szükséges, annak is a frissített 8.1-es vagy későbbi verziója.
A fájl az ábrán megjelenő tényleges vasalást is tartalmazza.

2.16. Ikontábla

Kijelölés	
Nagyítás / kicsinyítés	
Nézetek	
Ábrázolási mód	
Színkódolás	
Mozgatás	
Munkasíkok	
Raszter	
Vonalzók	
Szerkesztést segítő kényszerek	
Kótázás / Feliratozás	
Háttérfólia szerkesztése	
Átnevezés / átsorszámozás	
Vágósávok	
Forgóasztal	
Drón	
Részlet	
Metszet	
Virtuális rúd	
Keresés	
Megjelenítés	
Szerviz	
A modell adatai	

Ikontáblák mozgatása, áthelyezése

A baloldali ikontábla, valamint a kinyíló ikonsorok áthelyezhetők, illetve mozgathatók a munkafelületen.

Ikontábla áthelyezése:

Az ikontábla fogójára pozícionálva (felső szél) a kurzoralak mozgatást jelző alakra vált. Az egér bal gombjának lenyomásával az ikontábla a munkafelület tetszőleges pontjára vihető. Az ikonsor mindaddig függőleges kiosztású lesz, amíg a munkafelület alsó vagy felső szélén túl nem húzzuk. Ekkor vízszintes ikonsorrá változik. Ha a bal, illetve jobb oldalhoz ütköztetjük a vízszintes ikonsort, akkor automatikusan függőleges ikonsorrá alakul. A vízszintes elrendezésű ikontáblát az alsó, illetve felső menüsorba is áthelyezhetjük. A program szelvényszerkesztőjében, oszlop- és gerendavasalási moduljában az ikontábla a menüsorokba nem illeszthető be.

A függőleges ikonsort a bal vagy jobb oldalhoz ütköztetve a munkafelület adott oldalához rögzíthetjük. Ha a munkafelületen lévő ikontáblát lezárjuk, akkor az eredeti, bal oldali pozíciójába kerül.

Kinyíló ikonsorok áthelyezése:

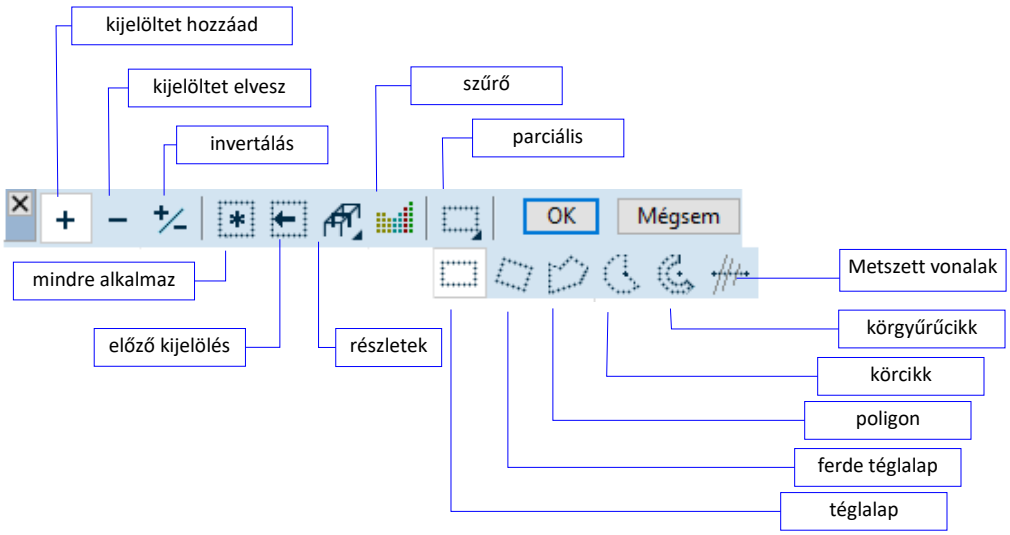
A kinyíló ikonsorok fogópontjuk megfogásával leválaszthatók az ikontábláról. Ha az ikonsort lezárjuk vagy az ikontábla területére visszahúzzuk, automatikusan visszakerül az eredeti helyére az ikontáblában. Szintén elhelyezhetők a menüsorokban, a bal és jobboldali szélre viszont nem illeszthetők

☞ **Az ikontáblát és ikonsorokat a *Beállítások\Eszköztárak alaphelyzetbe* menüpont segítségével állíthatjuk vissza eredeti pozíciójukba.**

2.16.1. Kijelölés



Aktivizálja a kijelölő palettát



A kijelölő-paletta minden olyan esetben megjelenik, amikor egy funkció egyszerre több elemre is vonatkozhat. A kijelölő-paletta segítségével jelölhetők ki azok az elemek, amelyekre a funkciót végre akarjuk hajtani (ebben a pontban egyaránt elemnek nevezzük a csomópontokat, hálózati vonalakat, végeselemeket és terheket). A kijelölést a program akkor tekinti befejezettnek, ha a paletta **OK** gombjával a menüt lezártuk. Kijelölni, kijelölést megszüntetni rákattintással vagy kijelölő keretekkel lehet.

Összegző mód



A kurzorral azonosított elemet rámutatással, vagy több elemet bekeretezéssel jelölhetünk ki. Rámutatás a **[parancsgombok]**-kal (egérkattintással, vagy az **Enter** lenyomásával) történik

Kivonó mód

A bekeretezett vagy rákattintással azonosított elemek kijelölését megszünteti

Inverz mód



A bekeretezett elemek kijelöltségi állapotát megfordítja

Mindre alkalmaz



A kijelölési módtól függően minden elemre végrehajtja a kijelölést, a megszüntetést vagy az invertálást

☞ **Minden kijelölő parancs csak a szűrőben beállított elemtípusokra hajtódik végre (lásd lejjebb).**

Előző



Az előző parancsnál alkalmazott kijelölés újra hívása

Kijelölés részletek alapján



Az ikon jobb alsó sarkára kattintva a legördülő listából kiválasztható a kívánt részlet. A kijelölés a beállított üzemmódnak megfelelően a kiválasztott részlet elemeire vonatkozik.

Szűrő



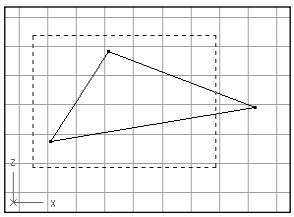
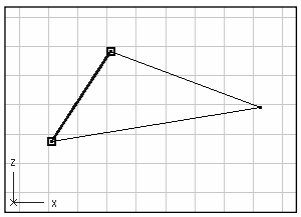
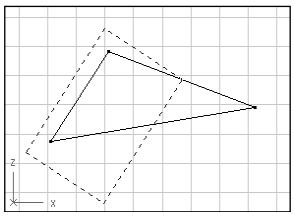
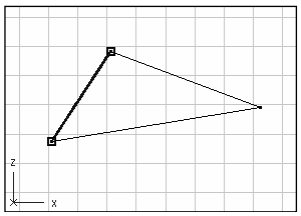
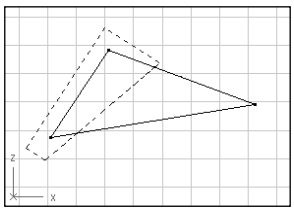
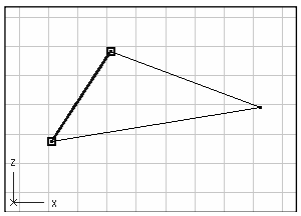
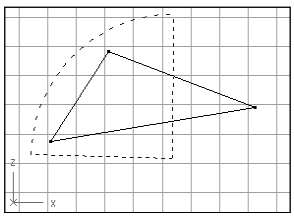
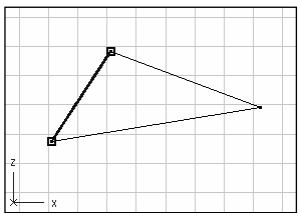
A kijelölhető elemtípusok beállítása. A tulajdonságszűrő segítségével bizonyos típusú vagy tulajdonságú elemek kijelölését könnyíthetjük meg (adott hosszúságú, szelvényű, anyagú rudak, azonos referenciával rendelkező, adott vastagságú felületek stb.). A szűrt kijelölés alternatív módja az intelligens parancssor (**2.17 Az intelligens parancssor**).

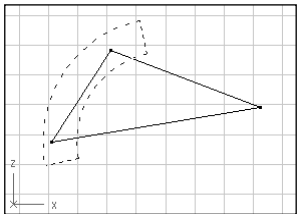
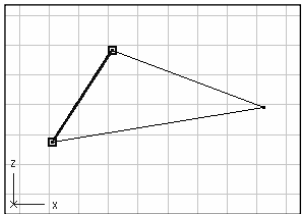
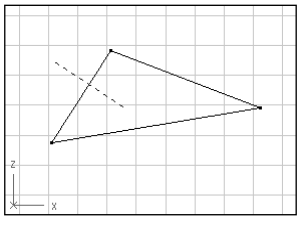
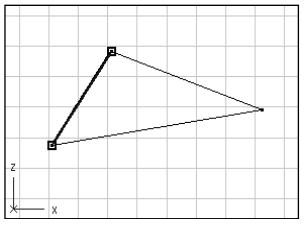
Parciális



Elemek kiválasztása keret segítségével. A kurzort a terület tetszőleges sarkába állítjuk és megnyomjuk valamelyik **[parancsgomb]**-ot. A kurzormozgató billentyűkkel vagy az segítségével a kijelölő keretet megfelelő méretűre állítjuk. Valamely **[parancsgomb]** megnyomására a kiválasztás megtörténik. A kijelölő kereten belül fedésben levő (egymás mögötti) elemek mind kijelölődnek.

Téglalap alakú keret esetén:
- *Balról jobbra* húzva a kijelölő ablakot csak a teljesen bekerített elemek jelölődnek ki.
- *Jobbról balra* húzva minden olyan elemet kijelöl, aminek egy része már benne van a kijelölő keretben.

A keret típusa:	A kijelölés eredménye:
Téglalap 	 
Elforgatott téglalap 	 
Poligon 	 
Körcikk 	 

A keret típusa:	A kijelölés eredménye:
Körgyűrű cikk 	 
Elmetszett szakaszok 	 

Ok Kijelölés befejezése. Az adatmegadás a kijelölt elemekre fog vonatkozni

Mégsem Kijelölés megszakítása. Adatmegadás közben az adatmegadást is megszakítja

A kijelölt csomópontok lila négyzetben, a vonalak, ill. végeselemek lila színnel jelennek meg. A kétszeresen kijelölt csomópontokon egy külső kék négyzet látható.

A kijelölő-paletta bekapcsolása nélkül a **[Shift]** gomb nyomva tartása mellett lehet az elemeket kijelölni, és/vagy a **[Ctrl]** nyomva tartása mellett a kijelölést megszüntetni
A kétszeres kijelölés az **[Alt]** gomb nyomva tartása mellett működik.

Kijelölés közben a szerkezet megjelenítésén változtathatunk, más nézetbe vagy perspektív nézőpontra válthatunk át.

2.16.2. Nagyítás, kicsinyítés



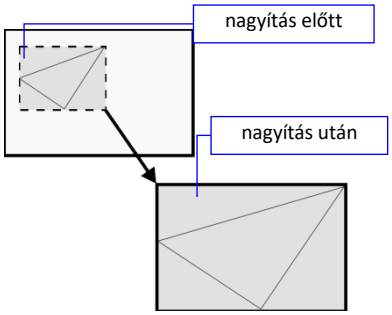


Nagyítás, kicsinyítés, teljes ábra, eltolás, nézet visszaállítása, nézet újra parancsok részletezése

Nagyítás



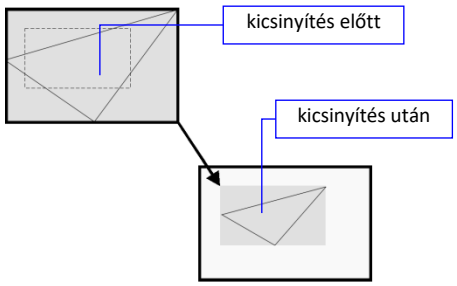
A rajz egy kijelölt részének felnagyítását teszi lehetővé.
A kurzort a nagyítandó rész valamelyik sarkára kell vinni. Lenyomunk egy tetszőleges **[parancsgombot]** (egérkattintás, vagy **Enter**), majd a megjelenő keretet az vagy a kurzorbillentyűk segítségével a megfelelő nagyságúra állítjuk. Ismét lenyomva egy **[parancsgombot]**, a teljes képernyőn a kijelölt rész jelenik meg.



Kicsinyítés



A képernyőn látható rajzot egy kijelölt nagyságú területre kicsinyíti. A terület kijelölése a nagyításnál bemutatott módon történik. A teljes képernyőn lévő rajz a kijelölt részben fog megjelenni.



Teljes ábra



Olyan beállítást hoz létre, melyben a modell rajza teljes egészében látható a rajzablakban.

Eltolás



Segítségével a teljes szerkezetet ábrázoló rajzpapír – maximálisan a rajzablak méretével – eltolható.
A képzeletbeli rajzpapír új pozíciója megadható egy irányított eltolási vektorral, mely a rajzablak bármely két pontjával definiálható.

A modell mozgatása

1. Kattintsunk az eltolás ikonra.
2. Tartsuk lenyomva az bal gombját, és mozgassuk az egeret a kívánt irányba. Ennek hatására a modell a megfelelő irányba elmozdul.

Gyors modellmozgatás:
Az ábra eltolását az középső gombjának lenyomásával és az egér megfelelő irányú mozgatásával is végrehajthatjuk. Ebben az esetben nem szükséges az eltolás ikont kiválasztani.


alakú kurzor hívja fel a figyelmet arra, hogy a szerkezet „megragadásával" mozgathatjuk a modellt.

Forgatás



A funkció kiválasztása után a baloldali egérgombot lenyomva és az egeret mozgatva a modell a befoglaló téglatest középpontja körül forgatható.
A forgatáskor a képernyő alsó részén a következő ikonsor jelenik meg:



1. Szabad forgatás a képernyő vízszintes tengelye és a globális Z tengely körül
2. Forgatás a globális Z tengely körül
3. Forgatás a képernyő függőleges tengelye körül
4. Forgatás a képernyő vízszintes tengelye körül
5. Forgatás a képernyőre merőleges tengely körül
6. Forgatás a képernyőn látható elemek befoglaló téglatestjének középpontja körül
7. Forgatás megadható pont körül.
   A pipetta ikonnal kattintsunk a fogatás középpontjául kiszemelt pontra.
   Az utolsó ikonnal ki-bekapcsolhatjuk a forgatási középpont megjelenítését.

alakú kurzor hívja fel a figyelmet arra, hogy a szerkezet „megragadásával" irányíthatók a forgatások.

Nézet vissza / újra

Visszaállítja az utolsó nézet vagy perspektíva beállítás előtti állapotot (View Undo). A visszalépések száma maximum 50. Az *Újra* gomb hatástalanítja a nézet vissza parancsot (View Redo).

2.16.3. Nézetek, perspektíva beállítás

Nézetek

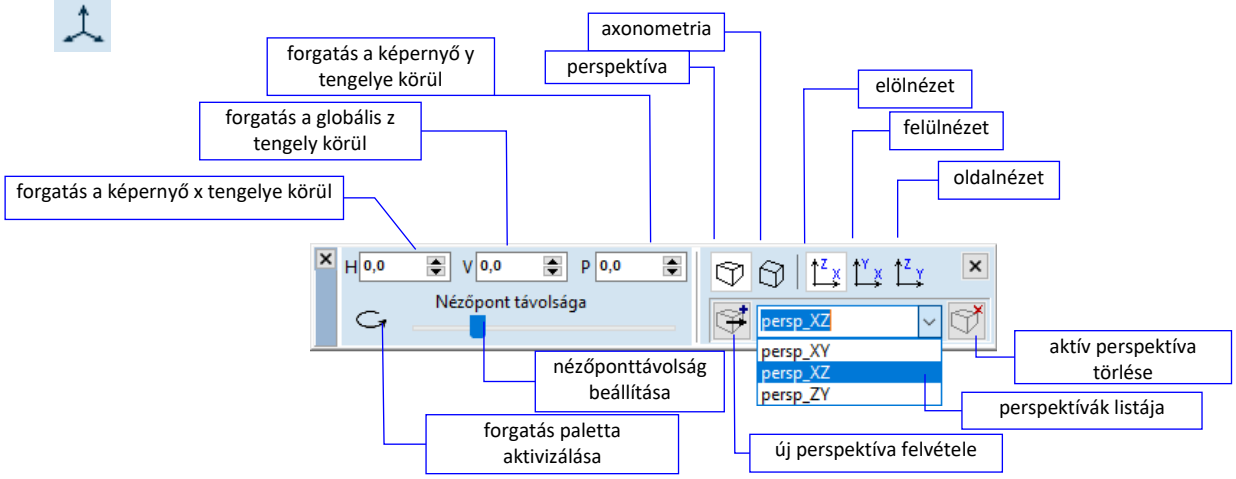
Elölnézeti rajz (X-Z síkra vetület)

Felülnézeti rajz (X-Y síkra vetület)

Oldalnézeti rajz (Y-Z síkra vetület)

Perspektíva-paletta

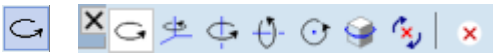
A perspektív nézet beállításai menüből: *Nézetek / Perspektíva beállítása*



A palettán a perspektív leképzéssel kapcsolatos tulajdonságok állíthatók be. A megfelelő nézőpont beállítás három koordinátatengely körüli forgatással, valamint a nézőponttávolság megadásával érhető el. A forgatási szögek tized fok pontossággal adhatók meg. Minden beállításhoz rendelhető egy név, és a későbbiekben ennek alapján választható ki újra. A beállítás mentéséhez írjon be egy nevet a szövegdobozba és kattintson a baloldali, felvétel ikonra. Beállítás törléséhez válassza ki a törlendő perspektívát és kattintson a jobboldali, törlés ikonra. A program kilépéskor a perspektíva-paletta beállításait tárolja és a következő indításkor a mentett állapot jelenik meg.

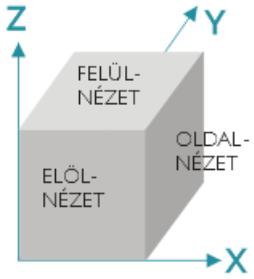
Nézőpont távolság Nézőpont távolságon a nézőpont és a modellt befoglaló test középpontjának távolságát értjük.

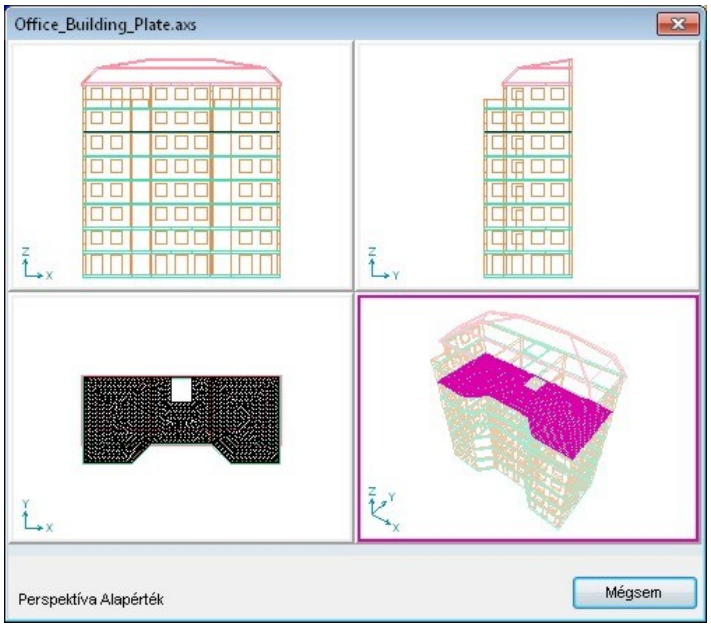
Forgatás A forgatás ikonra kattintva a már korábban ismertetett (Nagyítás, kicsinyítés \ **Forgatás**) ikonsor jelenik meg.



Három nézet, perspektíva Megjeleníti a szerkezet három nézeti rajzát, valamint a perspektív képét. A megfelelő ábrára kattintva a kiválasztott nézetben vagy perspektívában dolgozhatunk tovább.







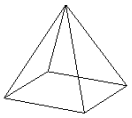
2.16.4. Ábrázolási mód





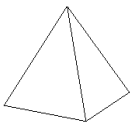


Drótvázas megjelenítés. A modell megjelenítése drótvázas ábrázolási módban. Ebben a módban a rúdelemek tengelye és a felületek, illetve tartományok kontúrvonala jelenik meg.



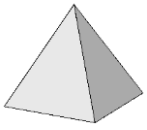


Takartvonalas megjelenítés. Drótvázas megjelenítés, ahol nem látható (takart) élek és vonalak nem jelennek meg.

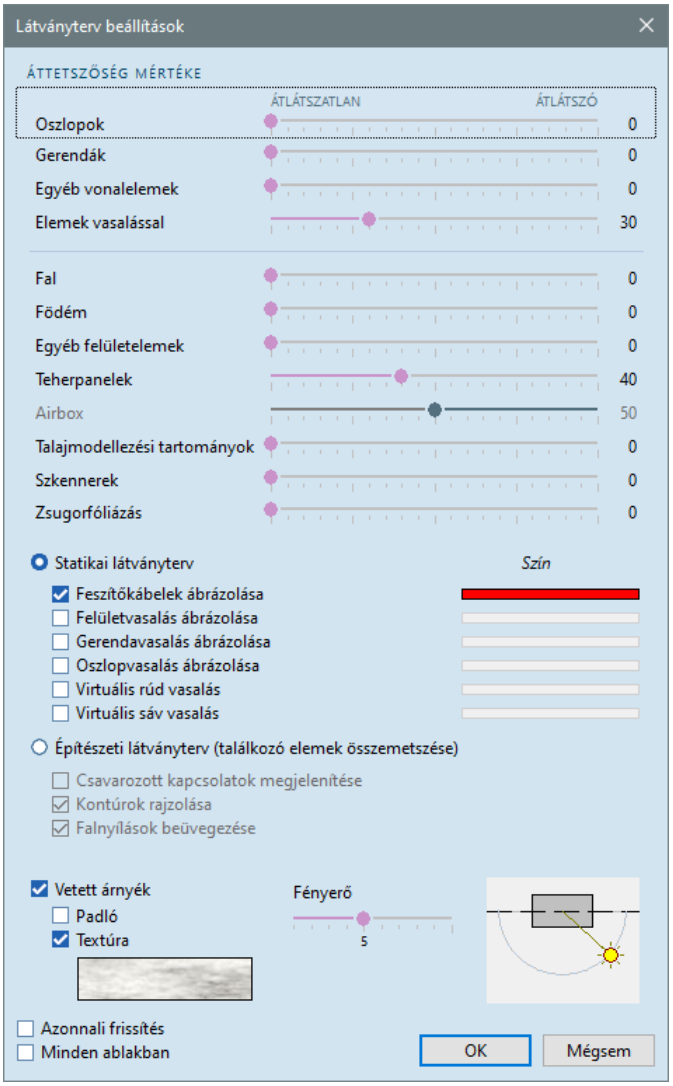




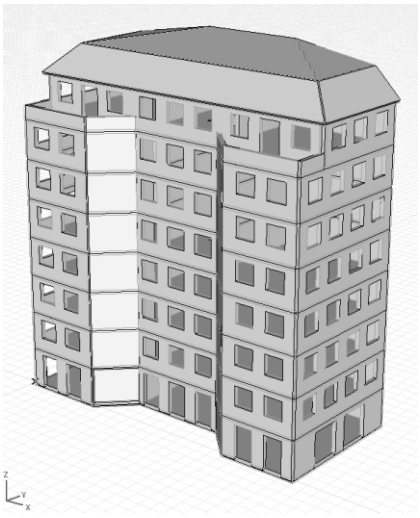
Látványterv. A rúdelemek a hozzájuk rendelt szelvénnyel, a felületelemek és tartományok tényleges vastagsággal jelennek meg. Az elemek színe az anyaguktól függ, az anyagokhoz rendelt színek az anyagtáblázatban módosíthatóak.
A látványterv simított fényhatásokkal, vékonyfalú szelvények esetén teljes kontúrral jelenik meg.



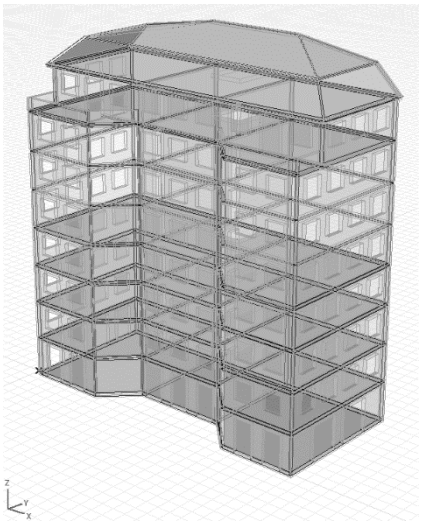
Látványterv beállítások



Áttetszőség A *Nézetek / Látványterv beállítások...* menüpontban beállíthatjuk az egyes elemcsoportok áttetszőségét is. Az elemeket a program geometriájuk alapján sorolja csoportokba. A függőleges vonalelemeket oszlopnak, a vízszinteseket gerendának, a vízszintes síkú felületeket födémnek, a függőlegeseket falaknak tekinti.



Átlátszatlan



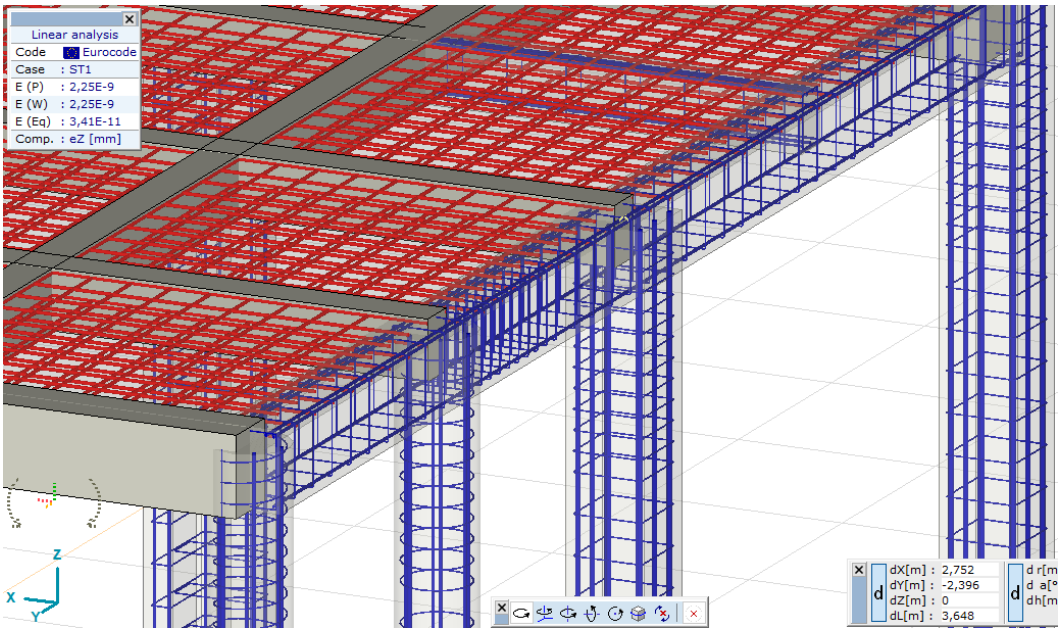
Áttetsző

Látványterv típusa

Készülhet statikai vagy építészeti látványterv:

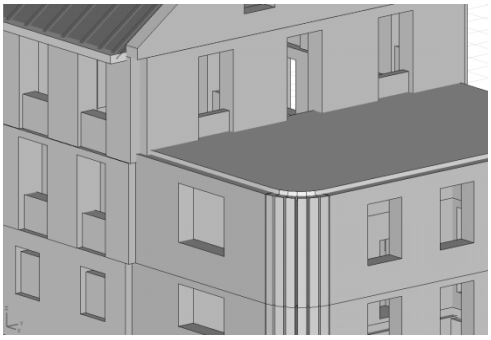
Statikai látványterv

A beépített kapcsolókkal a vasalt, illetve feszített szerkezetek valósághűbb megjelenítésére nyílik lehetőség. A feszítőkábelek, illetve vasak látványterven használt színe is kiválasztható.

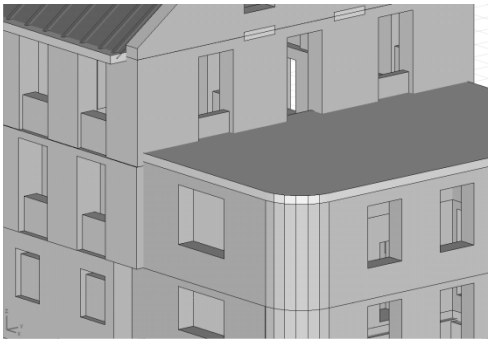


Építészeti látványterv

Az ábrázolás a találkozó elemek összemetszésével történik. Ki/be kapcsolható a *Kontúrok rajzolása* ill. a *Falnyílások beüvegezése* is. A *Csavarozott kapcsolatok megjelenítése* funkció bekapcsolt állapotában a látványterven teljes részletességgel megjelennek a csavarozott kapcsolatok is.



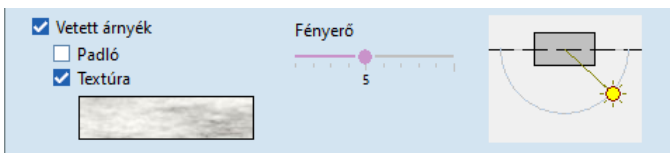
Statikai látványterv

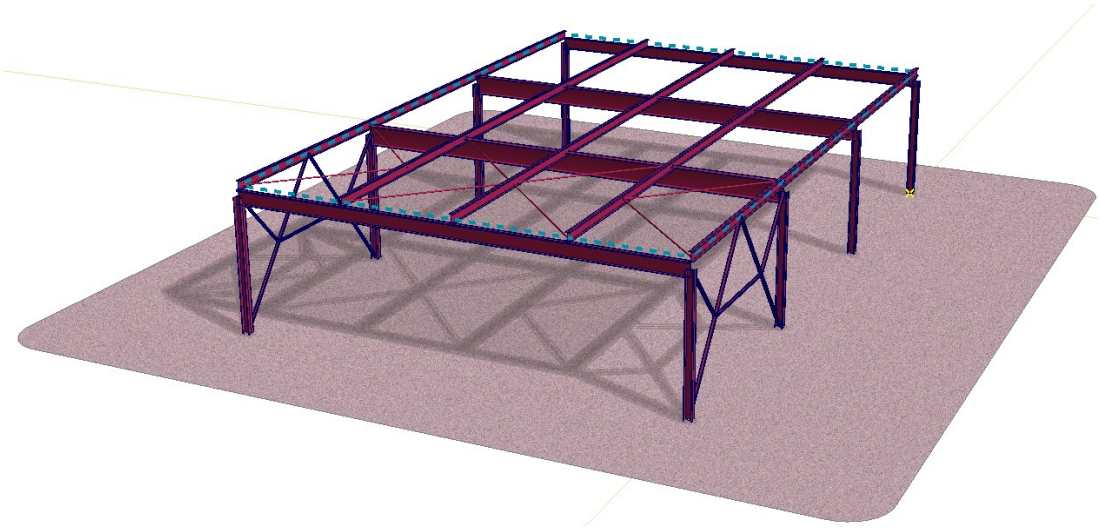


Építészeti látványterv

A *Vetett árnyék* aktiválása esetén a látványterven megjelenik egy padlósík is, azon pedig a modell vetett árnyéka. A padlósík csak vizuális elem, a modellnek nem része. A padlósíkon textúra is megjeleníthető (ld. alább), akkor is, ha modell elemei egyébként nem textúrázva jelennek meg. Az árnyék annál kontrasztosabb, mennél nagyobb a fényerő.

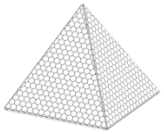
A *Vetett árnyék* bekapcsolásától függetlenül állítható a látványterven a *Fényerő* és a fény (és ezzel az árnyék) iránya is, ha a sematikus rajzon a sárga fényforrás-szimbólumot egérrel új helyzetbe mozgatjuk.

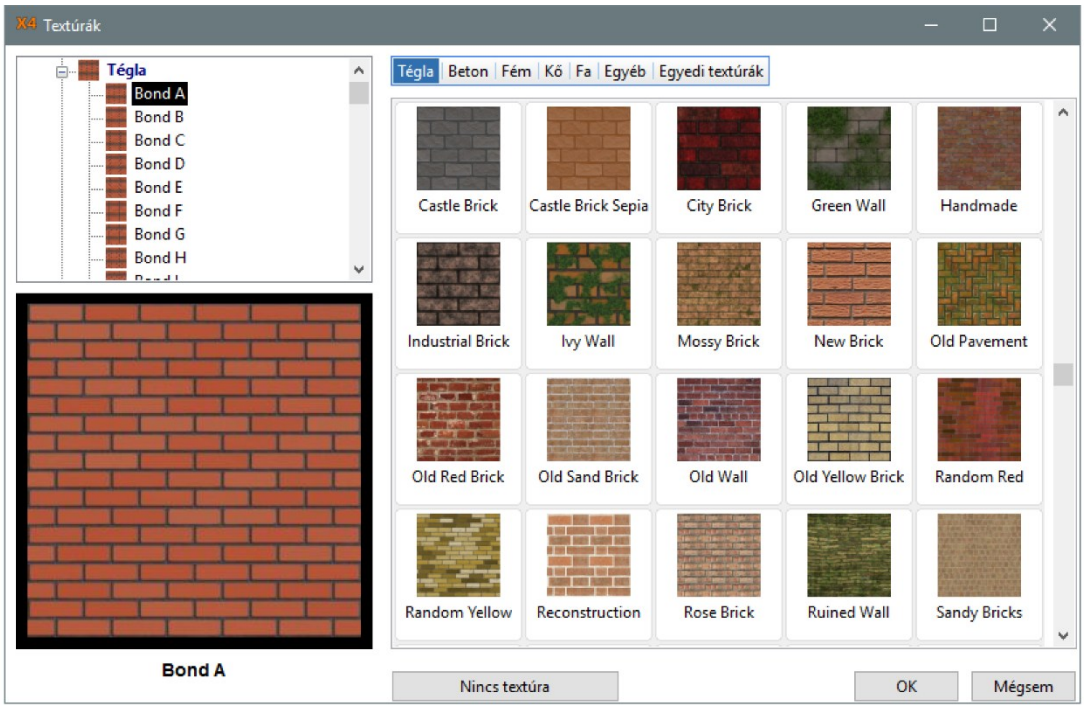






Textúra. Az egyes anyagokhoz rendelt textúrák alkalmazásával készített látványterv. A beépített textúrák, illetve saját textúrák az anyagtáblázatban rendelhetők az egyes anyagtípusokhoz. Az anyagtáblázat Textúra mezőjén kattintva a következő ablak jelenik meg:

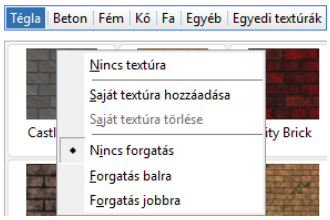




A textúra ablak bal felső részén megjelenő fastruktúra fő ágai, illetve a vízszintes lista mutatják a beépített anyagtípusokat (tégla, beton, fém, kő, fa, egyéb). A legutolsó kategória a felhasználó által definiált, saját textúrákat tartalmazza. Az ablak jobb oldalán az adott anyagtípushoz tartozó textúrák láthatóak, a fa alatt pedig az éppen kiválasztott textúra látható kinagyítva.

Gyorsmenü használata

A textúrák ablakban egér jobb gombbal kattintva egy gyorsmenü jelenik
meg, mely a következőkre nyújt lehetőséget:



- Textúra hozzárendelés megszüntetése
- Saját textúra hozzáadása, törlése
- Forgatási beállítások

Nincs textúra

Az anyaghoz tartozó textúra hozzárendelés szüntethető meg. Hatása azonos a *Nincs textúra* gombéval.

Saját textúra hozzáadása

Egy böngészőablak segítségével lehetőség van 24 bites TrueColor képek (JPG, BMP) betöltésére. A program a képet annak méretétől függően 64 x 64, 128 x 128 vagy 256 x 256 pixeles, négyzetes textúrává alakítja, nem négyzet alakú kép esetén a négyzeten kívül eső terület elhagyásával.

Saját textúra törlése

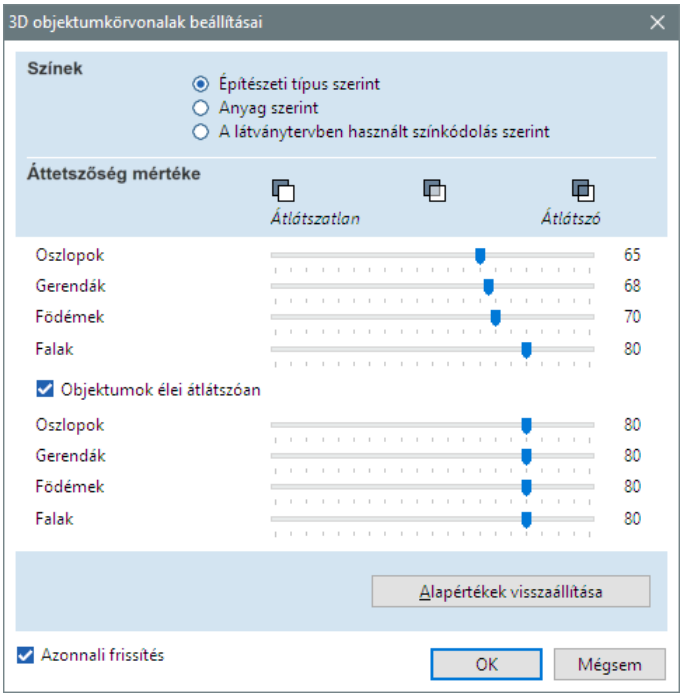
Előre definiált textúrák nem törölhetőek, csak a hozzárendelés szüntethető meg (a *Szerkesztés* menü vagy a *Gyorsmenü / Textúrák törlése* menüpontjánál is). A felhasználó által definiált (custom) textúrák azonban törölhetők az adatbázisból.

Forgatási beállítások

A textúrák az elemek lokális rendszere szerint kerülnek az elemekre. Ez bizonyos mintázatok és alakzatok, például téglafalak esetén problémát okozhat, ezért lehetőség van a textúra elfogatására.
Alapértelmezésben a textúra nincs elforgatva, de beállítható balra vagy jobbra forgatás is, 90°-os szöggel. Az elforgatás irányát a textúra neve mellett megjelenő < (forgatás balra), > (forgatás jobbra) jelek mutatják. Az elforgatást a kinagyított textúrán is láthatjuk.

3D objektum-körvonalak beállításai

3D objektumkörvonalak bekapcsolásakor áttetszően megjelenik a test is. Az áttetszőség mértéke szabályozható.



Színek

Építészeti elemtípus szerint	A test a falakhoz, födémekhez, gerendákhoz, oszlopokhoz stb. beállított színekkel jelenik meg. *Lásd...* **3.3.11 Alapbeállítások** / Grafikus szimbólumok
Anyag szerint	A test az anyaghoz rendelt színekkel jelenik meg.
A látványtervben használt színkódolás szerint	A test a látványtervhez érvényes aktuális színkódolás szerint jelenik meg. *Lásd...* **2.16.5 Színkódolás**

Áttetszőség mértéke

A csúszkákkal beállítható az objektumok és éleik áttetszősége. Az alapértékekhez az *Alapértékek visszaállítása* gomb megnyomásával térhetünk vissza. Az *Azonnali frissítés* bekapcsolásával a változások a modellrajzon azonnal érvényre jutnak.

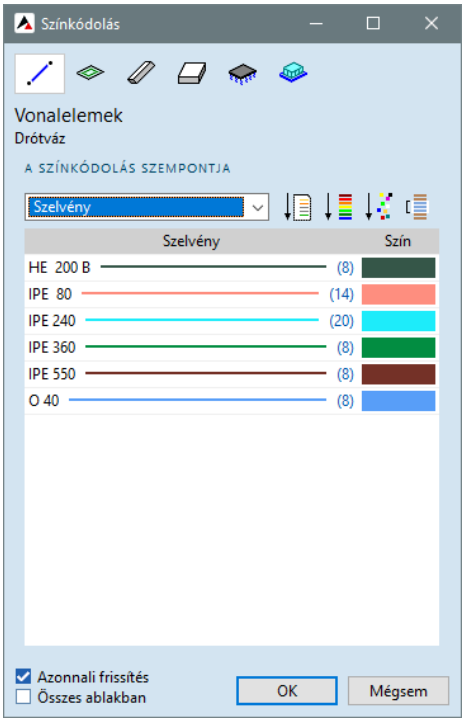


Eredmények látványterven. Ha eredménykomponenst jelenítünk meg és a *Színezett testmodell*t választjuk (*lásd...* **6.1 Statika**), ez az ábrázolási mód aktiválódik, mely az eredménykomponens értékeit a valós fizikai jellemzőikkel ábrázolt elemeken mutatja. Beállításait *lásd...* **3.3.11.11 Ábrázolás.**

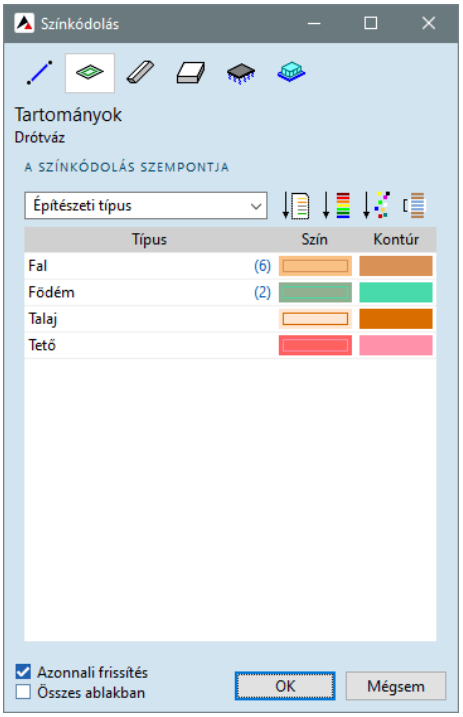
2.16.5. Színkódolás

Színkódolás beállításával gyors áttekintést kaphatunk az eltérő tulajdonságokkal rendelkező elemekről. A színkódolás szempontját a legördítő listából választhatjuk ki.
A program az eltérő tulajdonságokhoz automatikusan színeket rendel, de ezeket a későbbiekben tetszésünk szerint módosíthatjuk. A drótváz és a látványterv színezését függetlenül szabályozhatjuk.

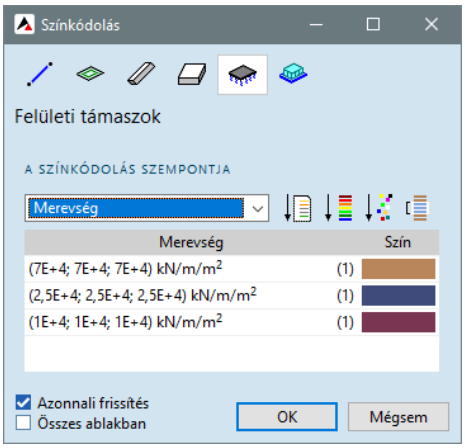
Vonalelem



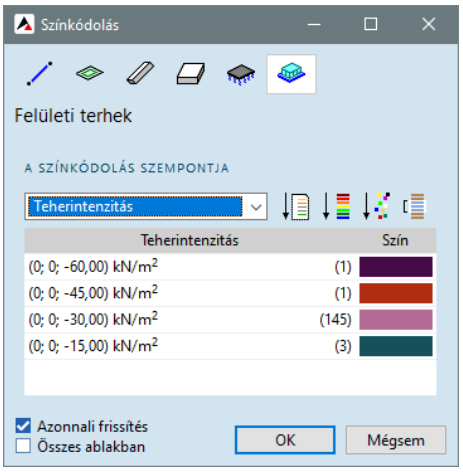
Tartomány



Felületi támasz



Felületi terhek

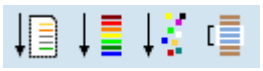


A színkódolás módja

Alapérték	A programban beállított szín-alapértékeket használja.
Típus	Az elemek végeselem típusa szerint történik a színkódolás. Vonalelemeknél a rúd, rácsrúd és a bordaelem jelennek meg eltérő színnel, míg tartományoknál a héj, lemez és tárcsa elemek.
Építészeti típus	Építészeti elemtípus (oszlop, gerenda, fal, födém, tető) szerinti színkódolás.
Anyag	Anyagtípusok szerinti színkódolás.
Vastagság	Felületelemek vastagsága szerinti színkódolás.
Szelvény	Szelvénytípusok szerinti színkódolás.
Merevség	Felületi támasz merevsége szerinti színkódolás.
Excentricitás	Tartomány excentricitása szerinti színkódolás.

Excentricitási csoportok	Tartományok excentricitási csoportjai jelennek meg azonos színnel.
Csuklók	Rúdvégi csuklók típusa szerinti kódolás.
Teherintenzitás	Felületi teher színezése a teher intenzitása szerint. Egymást átfedő terhek esetében az átfedés területe az összegzett tehernek megfelelően színeződik.
Tehercsoport intenzitások	Felületi teher színezése a tehereset és a teher intenzitása szerint. Ennél az áttekintést segítő színkódolásnál nem csak az aktuális tehereset terhei jelennek meg a rajzon, hanem az aktuális tehercsoportba tartozó valamennyi tehereset terhe. Ez az ábrázolási mód főleg a teheresetekbe szétosztott terhek (*lásd...* **4.10.36 Terhek szétosztása külön teheresetekbe)** ellenőrzésekor hasznos. Bár több tehereset terheit látjuk a rajzon, kijelölni, módosítani csak az aktuális tehereset terheit lehet.
Egyszínű	Valamennyi rajzos információ az itt beállított egyetlen színnel jelenik meg.

Műveletek a színekkel



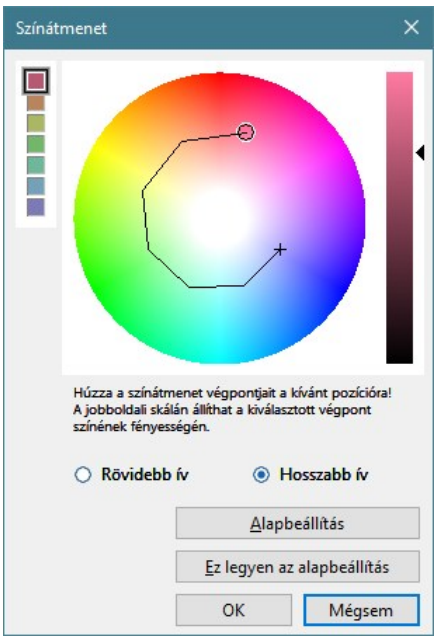


Alapérték visszaállítása (a program által használt értékek beállítása).



Színátmenet
A kör alakú színpalettán a végpontokat odébb húzva megadhatjuk a színátmenet kezdő és végértékét. A program ezek közé generálja a szükséges számú közbenső árnyalatot.
A kiválasztott végpont színének fényesség-komponensét a jobboldali skálán lehet állítani.
A *Rövidebb ív* a két pontot a lehető legrövidebb íven köti össze. A *Hosszabb ív* a színkört ezzel ellentétes irányban járja be.

Az *Ez legyen az alapbeállítás* gombra kattintva az aktuális végértékek és az ívválasztás tárolódik el alapértékként.
Az *Alapbeállítás* gombra kattintva ez a beállítás töltődik vissza.



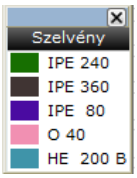


Véletlen szín: a program véletlenszerűen választ színt az egyes rajzi elemekhez, de ügyel arra, hogy ezek a színek ne essenek túlságosan közel egymáshoz



Közös színek: a Shift billentyű lenyomásával több elem kiválasztható a listából és ezekhez azonos szín rendelhető.

A beállított színkódolást egy tájékoztató palettáról olvashatjuk le.



Azonnali frissítés A beállítások a rajzon azonnal megjelennek.

Összes ablakban Az összes ablakban ezt a beállítást alkalmazzuk.

2.16.6. Objektumok másolása és mozgatása

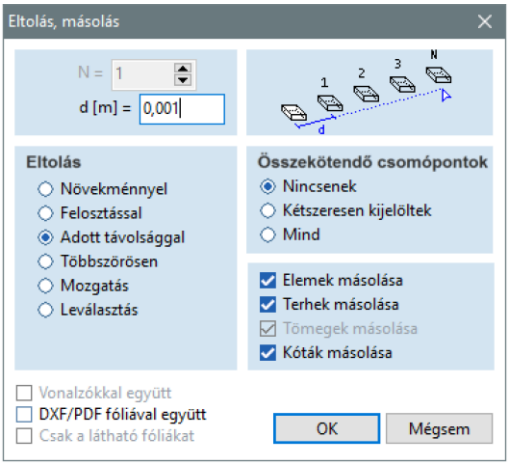




2.16.6.1. Eltolás



Geometriai elemek vagy terhek mozgatása vagy megsokszorozása adott vektor irányába.



Eltolás növekménnyel — *N* számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészletről, az eltolás vektornak megfelelő távolságonként.

Eltolás felosztással — *N* számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészletről, az eltolás-vektor *N*-ed részének megfelelő távolságonként.

Eltolás adott távolsággal — A *d* paraméterrel megadott távolságonként hoz létre másolatot az eltolás vektor irányába annyiszor, ahányszor a *d* távolság egészszer megvan az eltolás vektornak megfelelő távolságban.

Eltolás többszörösen — Tetszőleges számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről lánc-szerűen, oly módon, hogy egy-egy megadott eltolás vektor végpontja egyben a következő eltolás vektor kezdőpontja.

Mozgatás — A kijelölt szerkezetrészletet az eltolás vektorral definiált irányba és távolságra mozgatja. A mozgatott csomópontokba kapcsolódó elemekkel az összeköttetés megmarad.

Leválasztás — A kijelölt szerkezetrészletet az eltolás vektorral definiált irányba és távolságra mozgatja. A mozgatott elemek csomópontjaiba kapcsolódó egyéb elemeket leválasztja.

Összekötendő csomópontok

Nincsenek — A program nem köt össze csomópontokat.

Kétszeresen kijelöltek — Az **[Alt]** gombot lenyomva tartva a már kijelölt csomópontokra való újbóli kattintással kétszeresen kijelöltté válnak a csomópontok. Másoláskor a kétszeresen kijelölt pontokat köti össze a másolataikkal.

Mind — A kijelölt összes csomópontot összeköti a másolt csomópontokkal.

Kapcsolók

Elemek másolása — A funkció bekapcsolásával a geometriai elemekre definiált végeselemek öröklődnek a másolással létrehozott elemekre.

Terhek másolása — A funkció csak az elemek másolása funkció bekapcsolása esetén érhető el. Hatására a meglévő végeselemekre definiált terhek öröklődnek a másolással létrehozott elemekre.

☞ **A terhek elemektől függetlenül, önállóan is másolhatók.**

Tömegek másolása — A kijelölt csomópontokon lévő terhek másolódnak.

Kóták másolása — Geometriai transzformációkban a kóták és méretvonalak csak akkor másolódnak együtt a másolt csomópontokkal, ha ki vannak jelölve. A funkció kikapcsolása esetén a kijelölt kóták és méretvonalak sem másolódnak.

Vonalzókkal együtt Bekapcsolásakor az összes vonalzóra is végrehajtódik a kiválasztott transzformáció (a teljes szerkezeten végrehajtott műveleteknél célszerű használni).

DXF fóliával együtt A funkció bejelölése esetén a művelet a DXF fólia rajzelemeire is végrehajtódik.
Amennyiben a fólián vannak kijelölt elemek, akkor a másolás csak a kijelölt elemekre vonatkozik. Ha egy elem sincs kijelölve, akkor a teljes fólia másolódik.

Csak a látható fóliákat Bekapcsolt állapotban csak a látható fóliákat másolja a program.

Egy eltolási művelet végrehajtása a következő lépésekben történik:

1. Rákattintunk az Eltol funkcióra.
2. Kijelöljük az eltolni kívánt elemeket vagy terheket.
3. OK a kijelölő táblán a kijelölés befejezéséhez (elfogadásához).
4. A megnyíló ablakban kiválasztjuk a megfelelő eltolást, és beállítjuk az ehhez tartozó szükséges paramétereket.
5. OK.
6. Megadjuk a vektor kezdőpontját és végpontját.

A művelet értelemszerűen 2-3-1-4-5-6 sorrendben is végrehajtható.

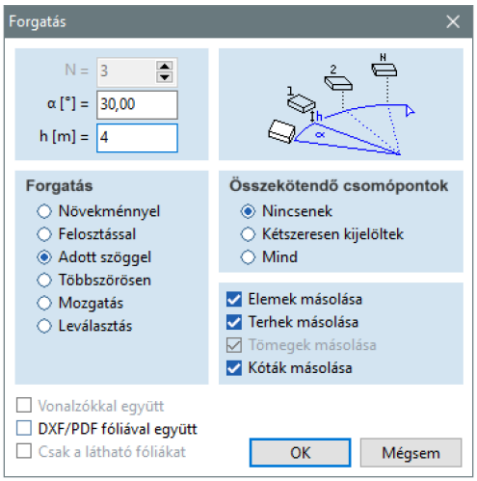
☞ **Egy modellben többször előforduló szerkezeti egység esetén érdemes egy példányban felépíteni azt, definiálni a végeselemeket és terheket, s csak ezután megsokszorozni a megfelelő számban.**

☞ **Az Eltol funkció használata során, az eltolás vektor megadásakor felhasználhatjuk a képernyőn már meglévő csomópontokat és vonalakat.**

☞ **Kijelölt terhek másolhatók, illetve mozgathatók egyik teheresetből a másikba, ha a teher mozgatása vagy másolása közben átkapcsolunk arra a teheresetre, ahova a terhet másolni vagy mozgatni szeretnénk.**

2.16.6.2. Forgatás

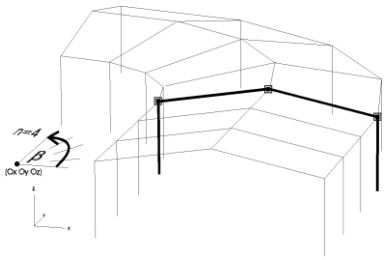
Geometriai elemek vagy terhek adott centrum körüli elforgatása, megsokszorozása. A forgatás mindig képsíkra merőleges, a forgatási centrumon átmenő tengely körül történik. A forgatás szögét, a forgatási kezdőpontot és végpontot a forgatás centrumával összekötő egyenesek képsíkon vett irányszögei adják.



A *Forgatás* funkció meghívásakor megnyíló ablakban a következő lehetőségek közül választhatunk:

Forgatás növekménnyel *N* számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészletről a forgatási centrum körül, adott forgatási szöggel történő elforgatással, a *h* paraméternek megfelelő magasságkülönbségekkel.

Forgatás felosztással *N* számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről a forgatási centrum körül, adott forgatási szög *N*-ed részével történő elforgatással, a *h* paraméternek megfelelő magasságkülönbségekkel.



Forgatás adott szöggel Az *α* paraméterrel megadott szögenként hoz létre másolatot a forgatás irányába annyiszor, ahányszor az *α* szög egészszer megvan a forgatási szögben, a *h* paraméternek megfelelő magasságkülönbségekkel.

Forgatás többszörösen Tetszőleges számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről a képsíkban, azonos forgatási centrum körül, másolatonként tetszőleges forgatási kezdőponttal és forgatási szöggel.

Mozgatás A kijelölt szerkezetrészletet a forgatási centrum körül a forgatási szöggel elforgatja, a *h* paraméternek megfelelő magasságkülönbséggel.

Leválasztás A kijelölt szerkezetrészletet a forgatási centrum körül a forgatási szöggel elforgatja. A mozgatott elemek csomópontjaiba kapcsolódó egyéb elemeket leválasztja.

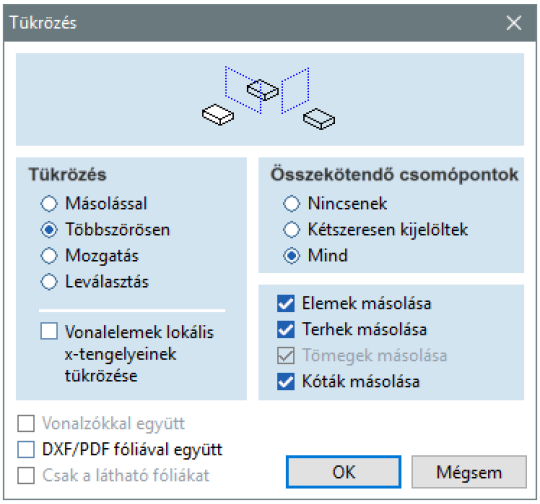
Összekötendő csomópontok, Kapcsolók

Lásd részletesen... **2.16.6.1 Eltolás**

Perspektív megjelenítés esetén a forgatás csak a Z tengellyel párhuzamos tengely körül történhet. Ilyenkor a forgatás kezdő- és végpontja, valamint a forgatás centruma csak kitüntetett képernyőpont lehet, és a forgatás centrumán átmenő, az XY síkkal párhuzamos síkra vetített vetületeiket összekötő egyenesek határozzák meg a forgatás szögét.

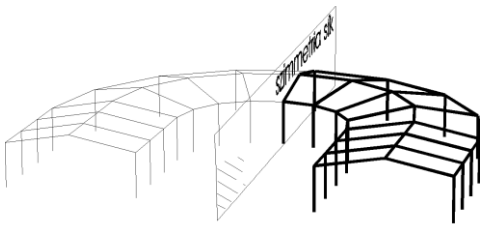
2.16.6.3. Tükrözés

Geometriai elemek vagy terhek másolása, mozgatása tükrözéssel.
A dialógusablakban a következő lehetőségek közül választhatunk:



Tükrözés másolással Másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről, a megadott tükörsíkra való tükrözéssel.

Tükrözés többszörösen Tetszőleges számú másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről, másolatonként külön megadott síkra.



Mozgatás A kijelölt szerkezetrészt a megadott síkkal áttükrözi.

Leválasztás A kijelölt szerkezetrészletet a megadott síkkal áttükrözi. A mozgatott elemek csomópontjaiba kapcsolódó egyéb elemeket leválasztja.

Vonalelemek lokális x-tengelyeinek tükrözése Itt szabályozhatjuk, hogy a művelet megfordítsa-e a tükrözött vonalelemek lokális x irányát

Összekötendő csomópontok, Kapcsolók

Lásd részletesen... **2.16.6.1 Eltolás**

Perspektív megjelenítésben a tükrözés az XY síkra merőleges síkkal történik.

2.16.6.4. Skálázás



Geometriai elemek átméretezése, megsokszorozása megadott arány szerint. A skálázás tengelyek szerinti arányát (a skálázási faktort) a vonatkoztatási pont eredeti és új helye lokális koordinátáinak aránya határozza meg abban a lokális koordináta-rendszerben, amelynek a skálázás centruma az origója. Egy pont új koordinátái az eredeti koordinátáinak és a skálázás-tengelyek szerinti arányának a szorzatai lesznek.

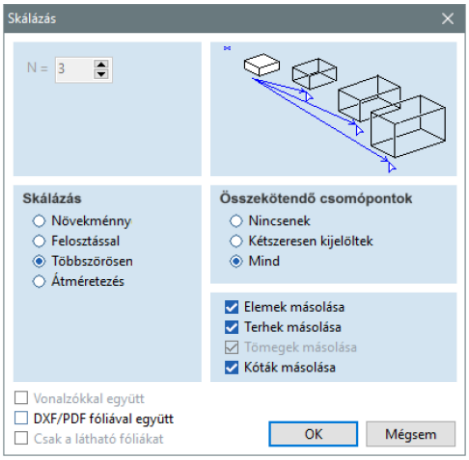
A dialógusablakban a következő lehetőségek közül választhatunk:

Skálázás növekménnyel

N db másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről úgy, hogy az *n*-edik másolat helyét az

*(eredeti koordináták * skálázási faktor * n)*

szorzattal kapjuk meg.



Skálázás felosztással

N db másolatot hoz létre a kijelölt szerkezetrészről, a megadott skálázási arányokkal oly módon, hogy az *n*-edik másolat helyét az (eredeti koordináták * skálázási faktor * *n* / *N*) szorzattal kapjuk meg.

Skálázás többszörösen

Tetszőleges számú másolatot hoz létre azonos skálázási centrummal és vonatkoztatási ponttal, a vonatkoztatási pont új helyét másolatonként megadva.

Átméretezés

A kijelölt szerkezetrészt a megadott skálázási arányokkal átméretezi.

Összekötendő csomópontok, Kapcsolók

Lásd részletesen... **2.16.6.1 Eltolás**

2.16.7. Munkasíkok



Munkasíkok (felhasználói koordináta-rendszer) használatával egyszerűen szerkeszthetünk ferde síkokon is. Gondoljunk egy ferde síkba szerkesztendő nyílásra (például tetősíkablak helye). A tetőszerkezet síkja felvehető munkasíkként, így a szerkesztés két dimenzióban történhet. Munkasíkoknál is lehetőségünk van magassági koordináták megadására, mely a munkasíkra merőleges tengelyt jelenti.

☞ **Az összes szerkesztő funkció munkasíkokban is használható.**
A munkaablakot több részre osztva minden ablakban más-más munkasík vehető fel.

Munkasík típusok

Globális X-Y, Globális X-Z, Globális Y-Z munkasík

Globális koordinátasíkokkal párhuzamos munkasíkot adhatunk meg, a harmadik koordináta (síkra merőleges tengely) megadásával. Praktikusan használhatjuk ezt a lehetőséget többszintes épület szintjeinek rajzolásakor.

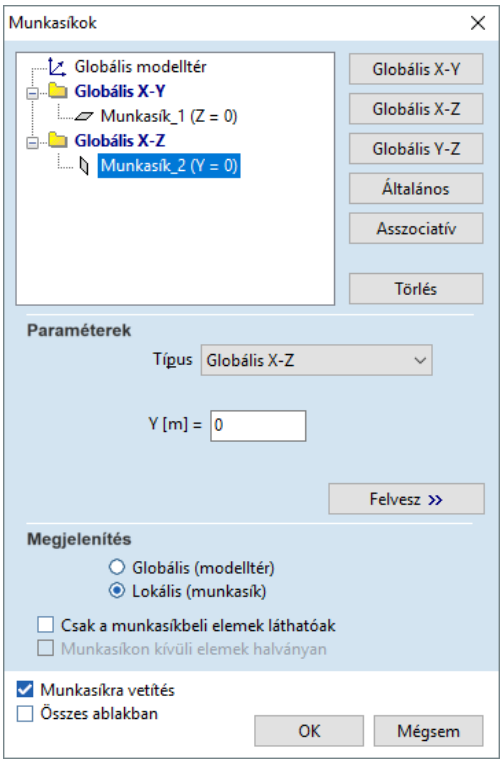
Általános ferde munkasík

Térben tetszőleges ferde munkasíkot adhatunk meg. A munkasík origójának, *x* és *y* tengelyének megadásával.

Asszociatív munkasík

Bármely lokális rendszerrel rendelkező végeselem (rúd, rácsrúd, borda, tartomány) koordináta-rendszerét felvehetjük. Ebben az esetben a munkasík origója a végeselem első pontja, a munkasík tengelyei pedig az elem lokális rendszerével párhuzamosak lesznek.

☞ **A végeselem lokális rendszerét változtatva a munkasík is automatikusan megváltozik. Ha a végeselemet töröljük, a munkasík is törlődik.**



Az **OK** gombra kattintva az új munkasík létrejön. Bekerül a listába a típusának megfelelő helyre és aktívvá válik.
A *Gyorskapcsolók* ikonsor munkasík ikonjára állva, az ikon feletti listában válthatunk a munkasíkok között. A *Nézetek\Munkasíkok* menüpontban, illetve a *Gyorsmenük*ben szintén megváltoztathatjuk az aktív munkasíkot.

Megjelenítés

Beállíthatjuk, hogy a munkasíkot a globális modelltérben vagy a saját lokális rendszerében szeretnénk megjeleníteni.
A *Csak a munkasíkbeli elemek láthatóak* kapcsoló hatására csak a munkasíkba eső objektumok jelennek meg a rajzon.
A *Munkasíkon kívüli elemek halványan* kapcsolóval a szerkezet többi része is halványan láthatóvá válik.

Munkasík paramétereinek módosítása

A munkasík nevére kattintva megjelennek a paraméterei. Az adatok szerkesztése után az **OK** gombot vagy egy másik munkasíkot kiválasztva a módosítások tárolódnak.

Törlés

A felhasználó által definiált munkasíkok törlésére szolgál.

Felvesz>>

A *Felvesz* gombbal munkasík tulajdonságait (origó, tengelyek) grafikusan módosíthatjuk.

Munkasíkra vetítés

A funkció bekapcsolt állapotában minden szerkesztési művelet a munkasíkban zajlik. Ha a munkasík koordináta-rendszerében, de nem a munkasík*ban* szeretnénk dolgozni (pl. a munkasík fölött 3 méterrel rajzolni), a funkciót kapcsoljuk ki.

2.16.8. Raszterhálók

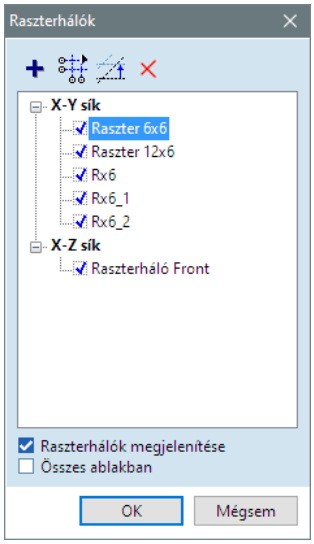




Az Ikontábla gombjáról lenyíló két gomb közül az első parametrikus raszterhálók, a második egyedi rasztervonalak felvételét teszi lehetővé.

Raszterhálók





A raszter tetszőleges síkban fekvő, adott hosszúságú, címkével ellátott, szerkesztést és tájékozódást segítő vonalak hálózata. A rasztert alkotó vonalak lehetnek a globális *X-Y*, *Y-Z* vagy *X-Z* síkkal, illetve a modellben definiált munkasíkkal vagy szinttel párhuzamosak. A hálókiosztást megadhatjuk numerikus adatokkal vagy definiálhatunk egyedi rasztervonalakat is.
A modellben definiált raszterek síkok szerint csoportosítva jelennek meg egy fában, ahol egyenként ki-bekapcsolhatók.

Raszterhálók megjelenítése

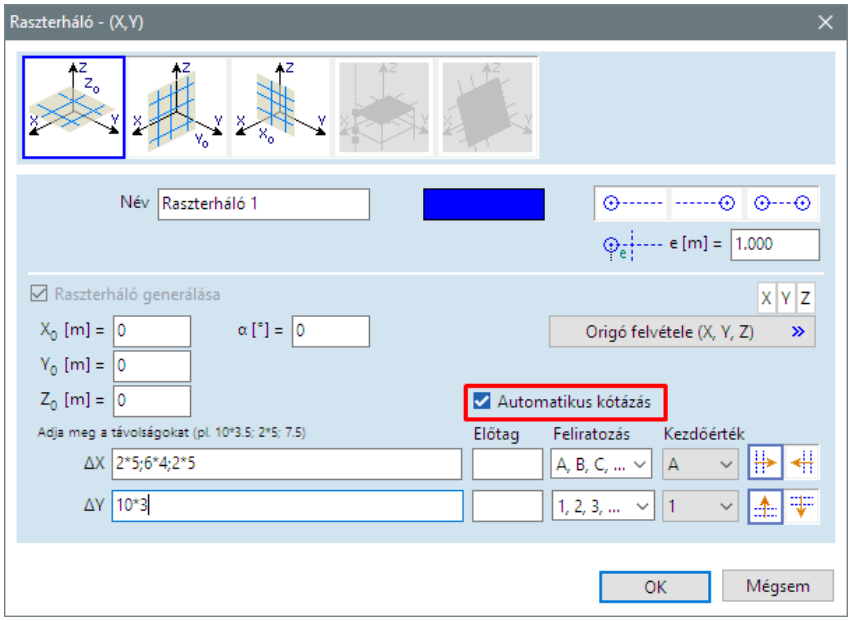
Raszterhálók megjelenítésének ki/be kapcsolása.
Kikapcsolt állapotban egyetlen raszterháló sem jelenik meg a modellben.
Bekapcsolt állapotban csak a fában megjelölt azon raszterek látszanak, melyek megjelenítését a hozzájuk megadott szabály engedélyezi. Szinthez vagy munkasíkhoz rendelt raszterhálók ugyanis beállíthatók úgy is, hogy csak akkor látszanak, ha a szóban forgó munkasík vagy szint aktív.

Összes ablakban

Bekapcsolt állapotban a módosítás az összes ablakban végrehajtódik.

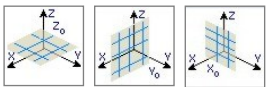
Új raszterháló megadása





Raszterháló esetében a választott síknak megfelelően meg kell adnunk az X_0, Y_0 illetve Z_0 kiindulópontot, majd sorban a megfelelő ΔX, ΔY vagy ΔZ osztásközöket szöveges leírás formájában. Ha például X_0 = 0 mellett ezt írjuk be: 4*3,5; 2*5; 7,5, akkor a raszterek a következő X koordinátákra kerülnek: 3,50; 7,00; 10,50; 14,00; 19,00; 24,00; 31,50.
A raszterháló tetszőleges α szöggel el is forgatható.
A háló rasztervonalainak hosszát a másik irányban elhelyezett rasztervonalak legkisebb és legnagyobb pozíciója közötti különbség adja, így a háló mindig egy mindkét irányban osztóvonalakkal ellátott téglalap.

Raszterháló síkja



A három globális sík (X-Y, X-Z, Y-Z) közül választhatunk. A raszter globális síktól való távolsága (Z, Y és X érték) is beállítható.



Szintekre bontott modell esetén akár szintenként is megadható eltérő raszterháló. A raszterháló az összes szinthez hozzárendelhető, ha a legördülő listából a *Mindegyik szinten* listaelemet választjuk. Ha csak egy szinthez rendeljük hozzá a rasztert, és bekapcsoljuk a *Csak akkor jelenjen meg, ha a szint aktív* kapcsolót, a raszterháló csak akkor látszik, ha a választott szint az aktív.



A modell szerkesztése közben definiált munkasíkokhoz rendelhetünk hozzá raszterhálót. A *Csak akkor jelenjen meg, ha a munkasík aktív* lehetőség bekapcsolása esetén a raszterháló csak aktív munkasíkon fog látszani.

Név A raszterháló neve

Szín A szín feliratú gombra kattintva a megjelenő színpalettáról választható ki a raszterháló megfelelő árnyalata.

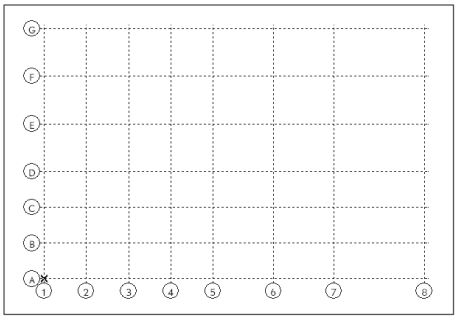
X_0, Y_0, Z_0 [m] A raszterháló origója (távolsága a globális origótól). Az origót az *Origó felvétele* gombra, majd a modell valamely pontjára kattintva interaktívan is felvehetjük. A gomb feletti *X, Y, Z* cellákra kattintva szabályozhatjuk, hogy a választott pont mely koordinátáit vegye fel a program.



α[°] A raszterháló origója körüli elfogatási szög.

Raszterháló generálása A raszterháló generálásához szükséges osztásközök, a feliratozás előtagja, formája (betűvel vagy számjegyekkel), a feliratozás kezdőértéke adható meg.

A generált rasztervonalak címkéi lehetnek egymásra következő számok (1, 2, 3, ...) vagy betűk (A, B, C, ...). Ez a *Feliratozás* alatti legördíthető listákból választható ki. A *Kezdőérték* alatt beállítható, honnan kezdődjenek a címkék. Közös előtag is megadható, így generálhatók pl. 1A, 1B, 1C, ... vagy F1, F2, F3, ... címkék is. A sorok végén a rasztervonalak generálásának sorrendjét (balról-jobbra, jobbról balra, illetve alulról felfelé, fentről lefelé) adhatjuk meg.





A függőleges rasztervonalak létrehozásának sorrendje

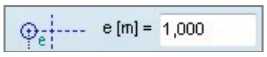


A vízszintes rasztervonalak létrehozásának sorrendje



A felirat elhelyezése

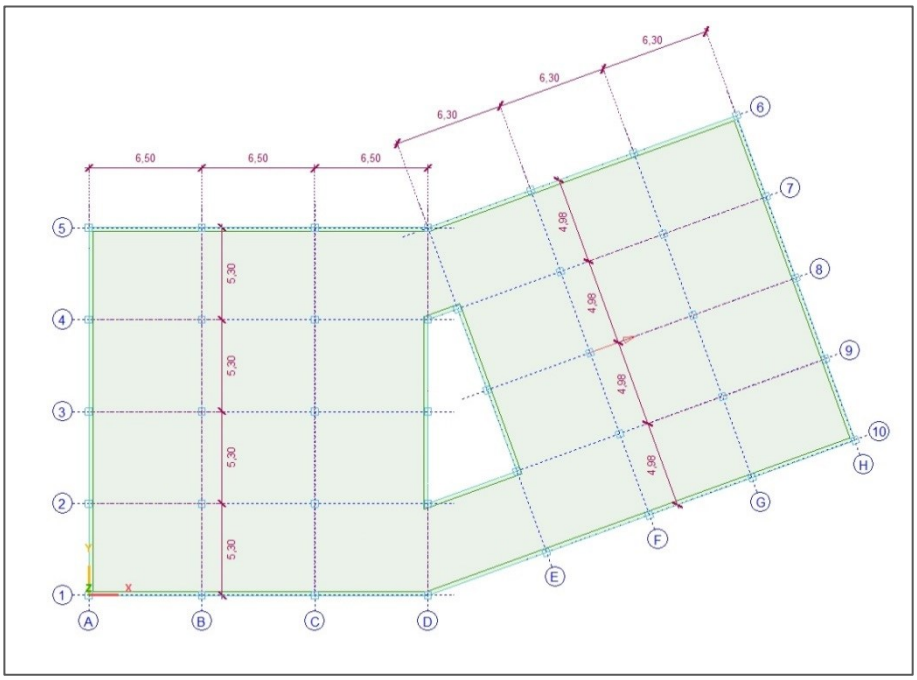
e[m]



Rasztervonalak túlnyújtása

A három ábra segítségével kiválasztható, hová kerüljenek a címkék: a vonalak kezdő- vagy végpontjába, esetleg mindkettőbe. Célszerű a rácsvonalakat megtoldani *(Rasztervonalak túlnyújtása),* így a címkék a raszterhálón kívülre kerülnek.
Megadhatóak egyedi rasztervonalak is, ebben az esetben egyszerűen a kívánt kezdő és végpontra kell kattintani. Az elhelyezett rasztervonal paramétereit a megjelenő lebegő palettán lehet beállítani a raszterhálónál megismert módon.
A rasztervonalak metszéspontjai közé helyezett méret kótáknál is működik a félautomata kótázás (*lásd...* **2.16.11.1 Vetületi méretvonalak elhelyezése**), tehát ha ebben az üzemmódban pl. az A1 és G1 pontokat összekötő kótát helyeznünk el, a közbeeső raszterek metszéspontjai alapján méretvonal-lánc generálódik az A1-B1, B1-C1, C1-D1, D1-E1, E1-F1, F1-G1 szakaszokkal.

Automatikus kótázás Az *Automatikus kótázás* bekapcsolása esetén a raszterháló megadásakor mindjárt a rasztervonalak távolságát mutató kótavonalak is generálódnak. A kóták asszociatívak, azaz követik a raszteren végrehajtott változtatásokat.



Raszterháló módosítása



A megadott raszterháló címkéit, pozícióját és színét vagy akár a teljes kiosztást módosíthatjuk. A kiosztás módosításához kapcsoljuk be a *Raszterháló generálása* funkciót. Ekkor a beállított paraméterek szerint a háló összes adata újra generálódik.

Raszterhálók másolása



Másolatok készítése a kijelölt raszterhálóból.
Meg kell adni a másolatok nevének tövét: A program a másolatok nevét ebből az _1, _2, _3 stb. utótag hozzáfűzésével állítja elő.
Meg kell adni a másolatok kívánt darabszámát, az eltolásvektor talppontját, majd végpontját.

☞ **A korábban megadott egyedi rasztervonalak törlődnek, ha a *Raszterháló generálása* funkciót bekapcsoljuk.**

Raszterháló törlése

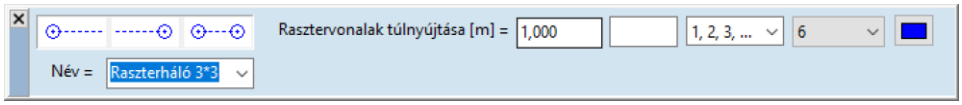


A kijelölt raszterháló törölhető.
[Ctrl] vagy [Shift] billentyűvel egyszerre több raszterháló is kijelölhető.

Egyedi rasztervonal



Megadhatóak egyedi rasztervonalak is, ebben az esetben egyszerűen a kívánt kezdő és végpontra kell kattintani. Az elhelyezett rasztervonal paramétereit a megjelenő lebegő palettán lehet beállítani, a raszterhálónál megismert módon.
Az egyedi raszter megadásakor állítsa be azt a raszterhálót, amelyhez az egyedi vonalat hozzá kívánja adni. Az egyedi vonal ezzel a raszterhálóval együtt lesz ki/be kapcsolható.
Amennyiben ezt a raszterhálót újra generálja, az egyedileg megadott rasztervonal törlődik.
Ha a raszterhálót törli az egyedi rasztervonal is törlésre kerül.



2.16.9. Vonalzók



A vonalzók a geometriai szerkesztéshez használható segédvonalak.
Segítségükkel tetszőleges raszter-rendszert alakíthatunk ki, meghatározhatók vele metszéspontok, rögzíthetők távolságok. A kurzor érzékeli a vonalzókat.
Lásd még... **4.7 Szerkesztést segítő kellékek**

A vonalzókat kék szaggatott vonal jelzi. A vonalzók megjelenítése ki/be kapcsolható a *Megjelenítések / Kapcsolók* dialógusablakban.



Függőleges, illetve vízszintes vonalzó elhelyezése nézetben, a kurzor aktuális pozíciójánál



Vízszintes-függőleges vonalzópár elhelyezése nézetben, a kurzor aktuális pozíciójánál

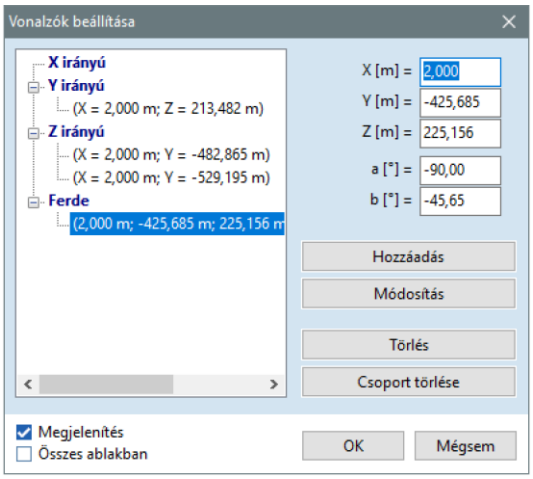


Ferde vonalzó elhelyezése a kurzor aktuális pozíciójánál



Ferde-merőleges vonalzópár elhelyezése nézetben, a kurzor aktuális pozíciójánál

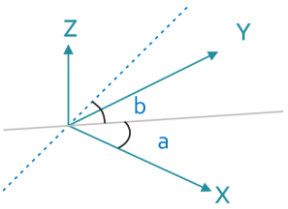
Perspektív nézetben csak ferde vonalzó helyezhető el, de ott is valamennyi típusú vonalzó megjelenik. A vonalzók egérrel elmozdíthatók. Vonalzót úgy is törölhetünk, hogy az ablak határán kívülre húzzuk. Vonalzók megadása koordinátákkal: a vonalzóra kattintva vagy a *Beállítások \ Vonalzók* menüpontot választva egy dialógusablak jelenik meg.



Megjelenítés Vonalzók megjelenítésének ki/be kapcsolása.

Összes ablakban Bekapcsolt esetben a megjelenítés módosítása az összes ablakban végrehajtódik. Kikapcsolt esetben csak az aktív ablakban.

a: a vonalzó vetületének és az X tengelynek a szöge az X-Y síkban
b: a vonalzó X-Y síkkal bezárt szöge



2.16.10. Szerkesztést segítő kényszerek

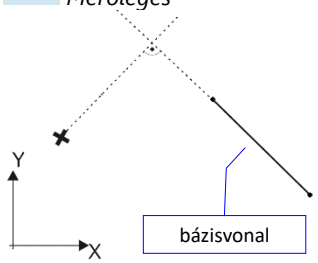


A *Szerkesztést segítő kényszerek* ikonjaival a vonalhúzás irányát rögzíthetjük.



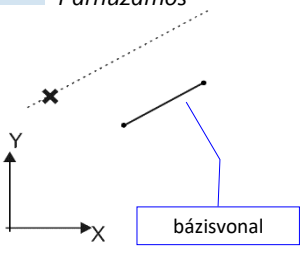


Merőleges





Párhuzamos



A funkciók használatának lépései: először indítsuk el a vonalrajzolás funkciót. Kattintsunk a merőleges vagy párhuzamos ikonra majd egy meglévő vonalra vagy az irányt kijelölő két pontra. Ezután a bázisvonalra merőlegesen vagy vele párhuzamosan fog mozogni a kurzor.
A merőleges/párhuzamos/síkra merőleges gombokat jól használhatjuk szerkesztési funkciókban vagy metszősík megadása közben.

Kényszer típusa	**A funkció használata**
 *Síkra merőleges*	Először indítsuk el a vonalrajzolás funkciót. Kattintsunk a síkra merőleges ikonra majd a síkot kijelölő tartományba vagy a kontúrjára. Ezután a síkra merőlegesen fog mozogni a kurzor. A síkot 3 ponttal is kijelölhetjük.
 *Felezőpont*	Kezdje húzni a vonalat, majd kattintson a szakasz kezdő és végpontjára, melynek a felezőpontját kényszerként kívánja alkalmazni.
 *Szögfelező*	Kezdje húzni a vonalat, majd jelölje ki a két szögszárat, melynek szögfelezőjét kényszerként kívánja alkalmazni.
 *Metszéspont*	Kezdjen csomópontletételbe vagy vonalhúzásba, kattintson az ikonra, majd kattintson a szakaszokra (vagy kezdő- és végpontjukra). Kényszerként a metszéspontot kapja. Egy vagy több íves szakasz esetében két metszéspont is adódhat, ezeket a program körökkel megjelöli, a kívánt metszéspontot kattintással választhatjuk ki.
 *Osztópont*	Kezdjen csomópontletételbe vagy vonalhúzásba, kattintson az ikonra, majd kattintson a két csomópontra. A megjelenő ablakban adja meg az osztópontot arány vagy távolság alapján.
 *Pontkényszerhez rendelt művelet*	Beállítható, hogy a *Metszéspont* és *Osztópont* művelet alkalmazásakor a kiszámított pontba a program csomópontot generáljon, vagy csak a relatív origót mozgassa oda.

2.16.11. Kóták, méretvonalak, feliratok

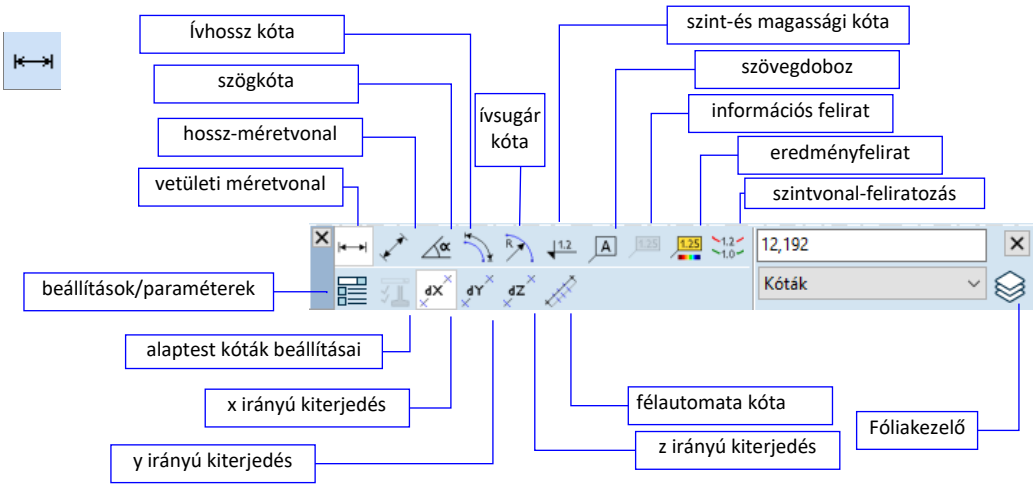




A modellben térbeli, asszociatív vetületi és hossz-méretvonalakat és méretvonal-láncokat, szög-, szint- és magassági kótákat, valamint szövegdobozokat és eredményfeliratokat helyezhetünk el.
A kóták ikonra kattintva megjelenik egy eszköztár-paletta, melynek bal felső ikonsoráról kiválaszthatjuk a megfelelő kótázó eszközt. A paletta bal alsó ikonjára kattintva a kiválasztott kótázó eszköz beállításait módosíthatjuk.

A már elhelyezett méretvonalak, kóták, feliratok pozíciója az objektumokat egérrel odébb húzva utólag bármikor módosítható. Ha a modell pontjainak felhasználásával adtuk meg őket, valamennyi objektum asszociatívan viselkedik, azaz követi a pontok térbeli helyzetének változását.

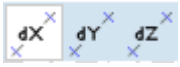
2.16.11.1. Vetületi méretvonalak elhelyezése



Méretvonal megadása

Egy méretvonal megadásának lépései a következők:

1. Kattintsunk előbb a méretezendő szakasz egyik, majd a másik végpontjára. Ha a két pont között már van vonal, a két végpont helyett kattinthatunk egyszerűen a vonalra is.



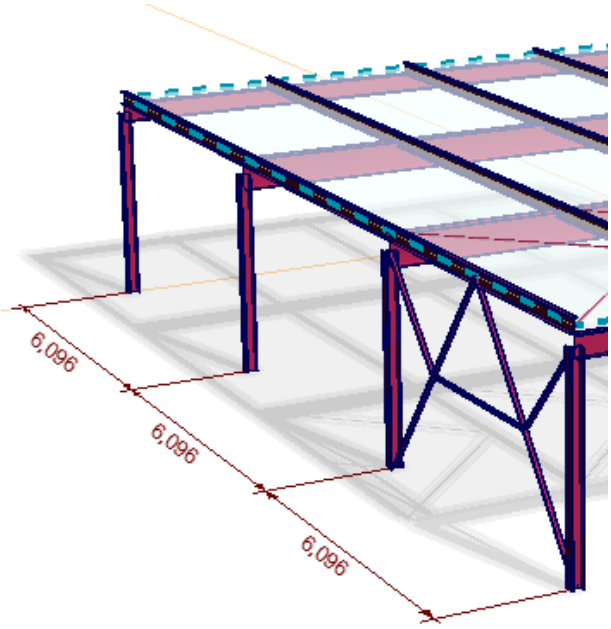
Húzzuk el az egeret. A megjelenő vetületi méretvonal iránya a húzás irányától függően általában automatikusan adódik. Az egyetlen kivétel, ha a méretezendő szakasz egyik globális síkkal sem párhuzamos és perspektívában szerkesztünk. Ilyenkor a palettáról válasszuk ki a *dX, dY, dZ* irányok valamelyikét.

2. Kattintással rögzítsük a méretvonal pozícióját.

Méretvonal-láncok létrehozásához kattintsunk sorban a lánc pontjaira vagy a méretezendő vonalakra. A 2-3. lépés ugyanaz, mint a különálló méretvonalak esetében. A méretvonal-láncok, ha a **[Shift]** gomb lenyomásával bármelyik tagjukra kattintunk, mindig egyszerre jelölődnek ki, és egérrel is egyszerre mozgathatók. Ha egy méretvonalat ki szeretnénk venni a láncból, jelöljük ki kijelölő kerettel, és mozdítsuk odébb.

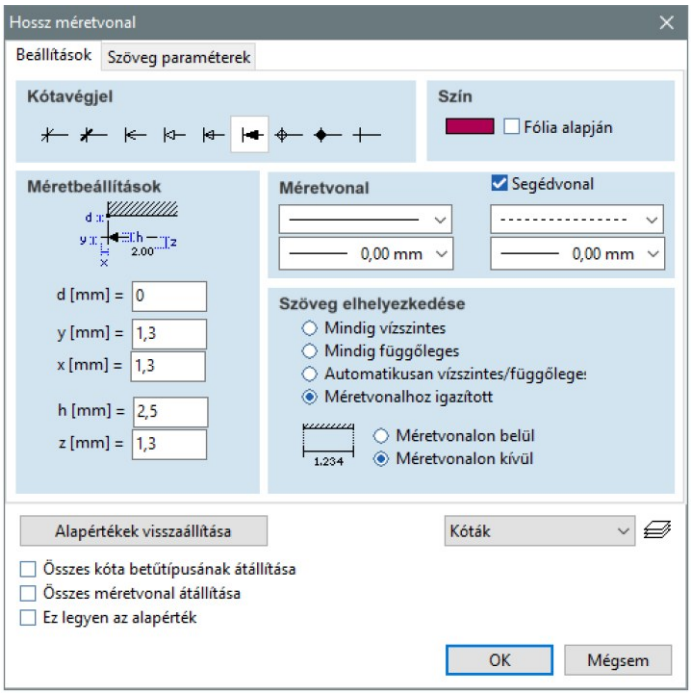


Méretvonal-láncot hoz létre a félautomata méretvonal funkció is. Ennek bekapcsolásával a méretezendő szakasz két végpontja között elhelyezkedő valamennyi közbeeső szakaszt egyszerre méretezhetjük, ha azok nem egy generált végeselemháló létrehozásának következtében létrejött felosztás (esetleges hosszúságú) szakaszai.



Ha a méretvonal a modell csomópontjaihoz kapcsolódik, mindig asszociatív, tehát a csomópontok elmozdításakor a méretvonal és az érték is azonnal követi a változásokat.

Vetületi és hossz kóták beállításai



Kótavégjel A kótavégek beállítása, átméretezése végezhető el. Kilencféle lezárás közül lehet választani.

Szín Minden méretvonal színe egyedileg is megadható, vagy beállítható az aktív fólia színére. A program a kóták, méretvonalak, feliratok számára automatikusan létrehoz egy *Kóták* fóliát, de lehetőség van saját fóliák létrehozására is.

Méretek A méretvonalak rajzával kapcsolatos paraméterek (túlnyúlások, közök és végjel méretek) részletes beállítására itt van mód, az ábrának megfelelően.

Méretvonal A legördülő listákból kiválasztható a méretvonal típusa és vonalvastagsága. A *Fólia alapján* beállításnál a méretvonal vastagsága meg fog egyezni a fóliához beállított vonalvastagsággal.

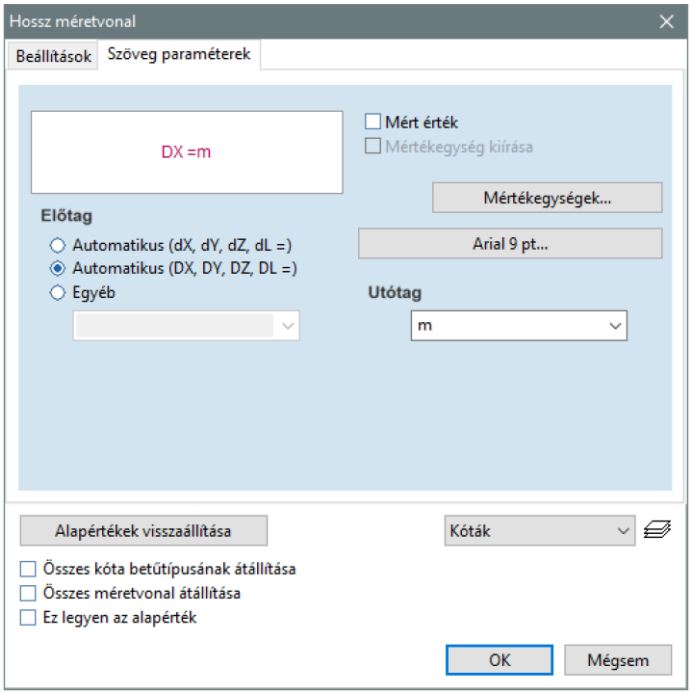
Segédvonal A segédvonalak megjelenítése ki-bekapcsolható.
A legördülő listákból kiválasztható a méretsegédvonal típusa és vonalvastagsága. A *Fólia alapján* beállításnál a méretsegédvonal vastagsága meg fog egyezni a fóliához beállított vonalvastagsággal.

Szöveg elhelyezkedése Itt állítható be a méretvonalra írt szöveg elhelyezkedése (mindig vízszintes, mindig függőleges, a méretvonal szögétől függően automatikusan vízszintes vagy függőleges, illetve a méretvonalhoz igazított ferde felirat). Megadható, hogy a szöveg a méretvonalon belül vagy kívül jelenjen meg.

Az *Ez legyen az alapérték* kijelölőnégyzetet bekapcsolva az **[OK]** gomb megnyomásakor a program az ablakban beállított paramétereket, mint alapértéket jegyzi meg.
Az *Alapérték visszaállítása* gombra kattintva a tárolt beállítás visszatölthető.
Az *Összes méretvonal átállítása* kijelölőnégyzetet bekapcsolva a beállítás valamennyi, a modellben korábban megadott vetületi méretvonalra (hossz-méretvonalnál a megadott hossz méretvonalakra) kiterjed, így a méretvonalak megjelenése egységessé tehető.

Fóliakezelő Amennyiben a kótázás indításakor a modell még egyetlen fóliát sem tartalmaz, akkor a rendszer automatikusan létrehoz egy *Kóták* nevű fóliát. A fóliák legördülő listája mellett található Fóliakezelő ikonra kattintva saját fóliákat hozhatunk létre, illetve beállíthatjuk a meglévő fóliák tulajdonságait (láthatóság, szín, vonaltípus, azonosítás stb.).

Szöveg-paraméterek



A beállító ablak második, Szövegparaméterek oldalán állíthatjuk be a méretvonalra kerülő szöveget.

Mért érték Ha ezt a kijelölőnégyzetet bekapcsoljuk, a méretvonalra a valódi hossz kerül, egyébként csak az előtagként és utótagként megadott szöveg. A távolság vagy hosszérték kiírási formátumát a *Mértékegységek* beállító-ablak *Kótázás* oldalán található *Méretkóta* formátum határozza meg.

Mértékegység kiírása Jelenítse meg a mért érték mértékegységét is.

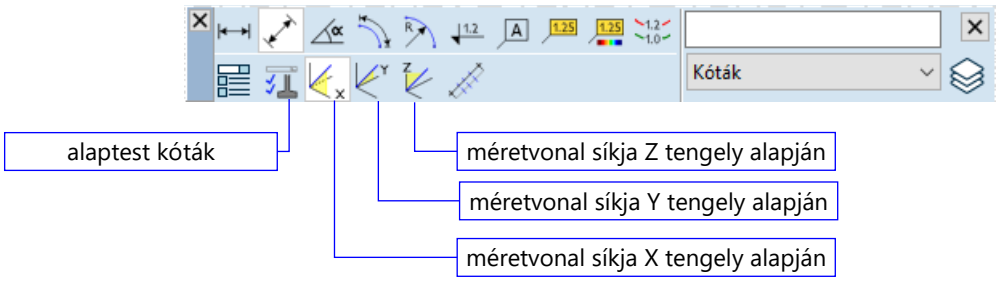
Beállítható a kóta betűtípusa és mérete.

Előtag A kóta felirat előtagja lehet tetszőleges állandó szöveg, és lehet automatikus. Ekkor a vetületi méretvonal irányától függően a dX =, dY =, dZ = vagy DX =, DY =, DZ = előtag kerül a szöveg elejére.

Utótag A kótafelirat utótagja tetszőleges állandó szöveg lehet.

2.16.11.2. Hossz-méretvonalak elhelyezése

A modellben asszociatív hossz méretvonalak, illetve méretvonal-láncok helyezhetők el.



Egy hossz-méretvonal vagy méretvonal-lánc megadásának lépései megegyeznek a vetületi méretvonalaknál leírtakkal. A hossz-méretvonal síkja és pozíciója általában automatikusan adódik, kivéve, ha a méretezendő szakasz egyik globális síkkal sem párhuzamos és perspektívában szerkesztünk. Ilyenkor a palettáról választhatjuk ki, melyik síkba kerüljön a méretvonal. Ez a sík a méretezendő szakasz és a globális X, Y vagy Z tengely által kifeszített sík lehet.

A hossz-méretvonalak esetén ugyanazokat a jellemzőket állíthatjuk be, mint a vetületiek esetén. Egyetlen különbség, hogy az automatikus szöveg előtagja mindig dL = vagy DL =.

Példa a méretvonalak asszociativitására:



skálázás előtt *skálázás után*

2.16.11.3. Szögkóták elhelyezése



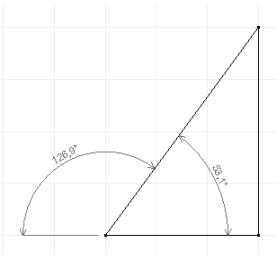
A modellben asszociatív szögkóták helyezhetők el, melyek két szakasz szögét jelölik.
Egy szögkóta megadásának lépései a következők:

1. Kattintsunk előbb az első szakasz egyik majd másik végpontjára. Ha a két pont között már van vonal, a két végpont helyett kattinthatunk egyszerűen a vonalra is.

2. Kattintsunk a második szakasz egyik majd másik végpontjára. Ha a két pont között már van vonal, a két végpont helyett kattinthatunk egyszerűen a vonalra is.

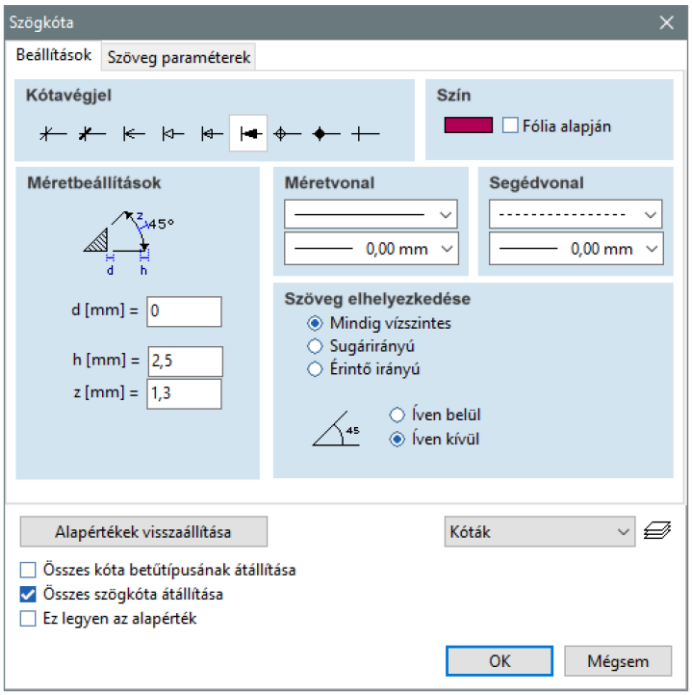
3. Húzzuk el az egeret. A szögkóta körívének sugara és helye automatikusan adódik. Az egér pozíciójától függően a két szakasz szögét, kiegészítő szögét vagy váltószögét is kótázhatjuk.

4. Kattintással rögzítsük a szögkóta pozícióját.





A szögkóták paraméterei a vetületi és hossz méretvonalak beállításaival analóg módon állíthatók.

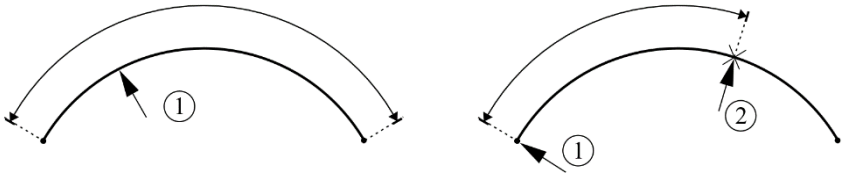


A szögérték kiírási formátumát a *Mértékegységek* beállító ablak *Kótázás* oldalán található *Szögkóta*-formátum határozza meg.

2.16.11.4. Ívhossz kóta elhelyezése



A szerkezetben található íves elemek ívhossza kótázható. Teljes kör vagy körív kótázásához az ív egy pontjára kell kattintani. Az ív egy szakasza is kótázható, az ívrész kezdő vagy végpontjára majd az ív egy tetszőleges pontjára kattintva.





Lásd... **Vetületi méretvonalak elhelyezése** fejezetben.

2.16.11.5. Ívsugár kóták elhelyezése



Egy körívre kattintva a körív sugarának értéke kótázható.



Lásd... **Vetületi méretvonalak elhelyezése** fejezetben.

2.16.11.6. Szint- és magassági kóták elhelyezése



A modellben asszociatív szint- és magassági kóták helyezhetők el. Mindkét kóta típus a *Mértékegységek* beállító-ablak *Geometria* oldalán található *Távolság* mértékegység formátumát használja (ez egyébként megegyezik a koordinátaértékek megjelenítési formátumával). *Lásd...* **3.3.8 Mértékegységek**

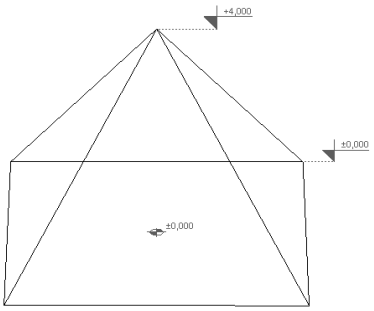


Szint kótákat felülnézetben helyezhetünk el, a kiválasztott pontra való kattintással. A program felülnézetnek ebben az esetben azt az irányt tekinti, amelyik egybeesik a gravitáció irányával.
Lásd... **3.3.9 Gravitáció**

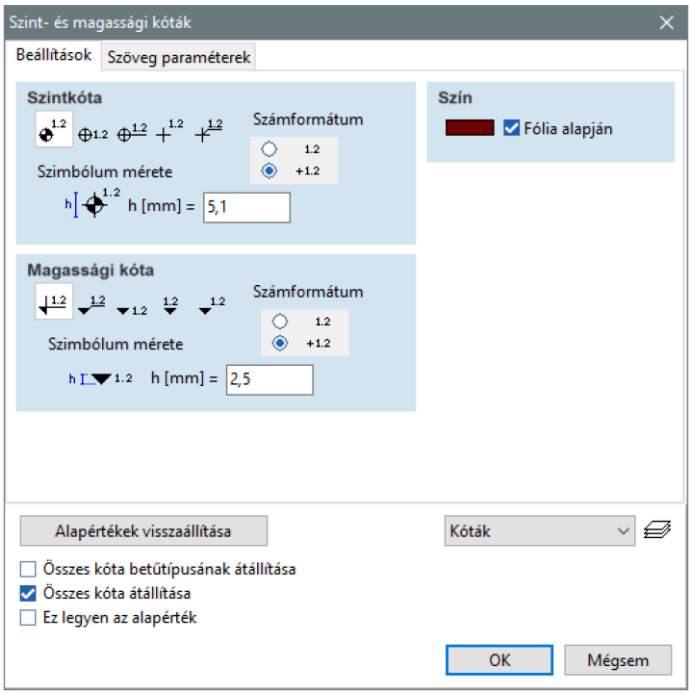


Magassági kótákat elölnézetben, oldalnézetben és perspektívában helyezhetünk el.
Megadásának lépései a következők:

1. Kattintsunk arra a pontra, amelynek magasságát kótázni szeretnénk.
2. Húzzuk el az egeret abba a pontba, ahová a magassági kótát el akarjuk helyezni, és kattintással rögzítsük a kóta pozícióját.



A szint- és magassági kóták elhelyezését a palettának ugyanazzal a gombjával kezdeményezhetjük, a kóta típusa mindig beáll az aktuális nézetnek megfelelően. Mindkét kóta típus paramétereit ugyanabban a dialógusablakban állíthatjuk.



Szint kóta Szint kóta kiválasztása, számformátum (+ előjel kiírása) megadása és a méretbeállítás végezhető el.

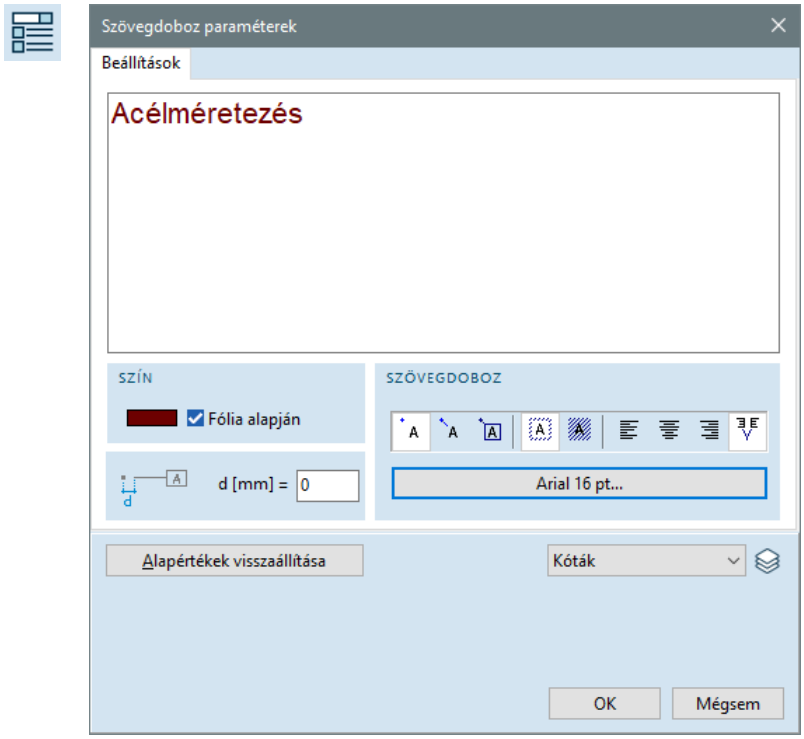
Magassági kóta Magassági kóta kiválasztása, számformátum (+ előjel kiírása) megadása és a méretbeállítás végezhető el.

2.16.11.7. Szövegdobozok elhelyezése

A modellben asszociatív feliratok helyezhetők el. A feliratok lehetnek több sorosak is, a betűtípus és a bekezdés-tulajdonságok azonban a szövegben mindig egységesek.

Egy szövegdoboz megadásának lépései a következők:

1. Írjuk be a felirat szövegét a *Szövegdoboz-paraméterek* ablakban, vagy (egy soros felirat esetén) a paletta szerkesztőmezőjében.
2. Kattintsunk arra a pontra, amelyhez a szövegdobozt rendeljük.
3. Húzzuk el az egeret, és kattintással rögzítsük a szövegdoboz pozícióját.



Szín A felirat, a keret és a segédvonal közös színe állítható be, vagy választható a szín a fólia alapján.

Szövegdoboz A szövegdoboz rajzát, a keret és a segédvonal megjelenítését, a szöveg átlátszóságát és igazítását állíthatjuk be a gombsorral. Megadhatjuk a segédvonal kezdőpontjának *d* távolságát is a viszonyítási ponttól.

Betűtípus Beállítható a felirat betűtípusa, stílusa, mérete.

Az alapérték módosításán kívül mód van az összes szövegdoboz jellemzőinek egységesítésére. Ettől függetlenül egységesíthetjük a szövegek betűtípusait is.

Aktív linkek A szövegdobozokban lehetséges úgynevezett *aktív linkek* megadása is, amivel tetszőleges külső információt csatolhatunk a modellhez. Ha a szöveg fájlhivatkozás vagy tartalmaz internetes címet, a szövegdobozra kattintva nem a fenti dialógusablak jelenik meg, hanem a fájl vagy internetes cím aktiválódik. A szöveg módosításához előbb jelöljük ki a szövegdobozt (pl. Shift+kattintással) és utána kattintsunk bele.

Fájlnév link A fájlhivatkozás a -> karakterekből és a fájlnévből áll. Pl.:

->C:\Tervek\A\Dokumentumok\Részletek.doc

Ha nem adjuk meg a teljes elérési utat, a program a fájlt a modell könyvtárából kiindulva keresi. A fenti hivatkozás tehát így is megadható:

-> \Dokumentumok\Részletek.doc

A szövegdobozra kattintva elindul az operációs rendszerben a megadott fájltípushoz rendelt program és betölti a hivatkozásban megadott fájlt. Így álló- és mozgóképeket, hangokat, Excel-táblázatokat, dokumentumokat vagy bármilyen más információt hozzárendelhetünk a modell bármely részéhez.

Internetes cím link A támogatott internetes címformátumok:

http://..., ftp://..., https://..., file://..., www. ...

A szövegdobozra kattintva elindul az alapértelmezett böngészőprogram és betölti a megadott oldalt. Ha egy szövegdoboz több internetes oldalra is hivatkozik, a program a legelsőt tölti be.

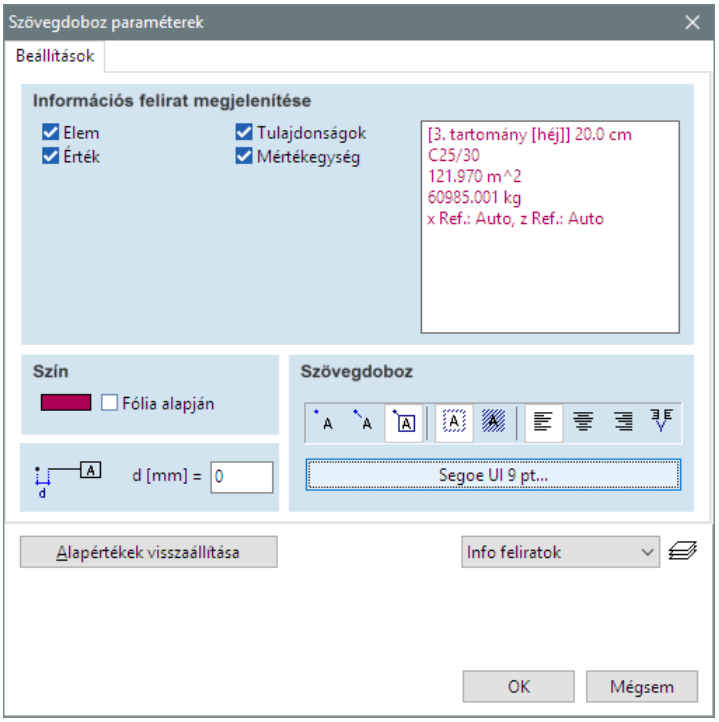
2.16.11.8. Információs és eredményfeliratok elhelyezése

Információs felirat elhelyezése



Az adatmegadás fázisában asszociatív feliratok elhelyezését teszi lehetővé. Attól függően, hogy a *Geometria*, *Elemek* vagy *Terhek* definiálása közben feliratozunk, más-más elemtulajdonságok fognak megjelenni a szövegdobozban.

Az információs felirat megjelenését szabályozó paraméterek:

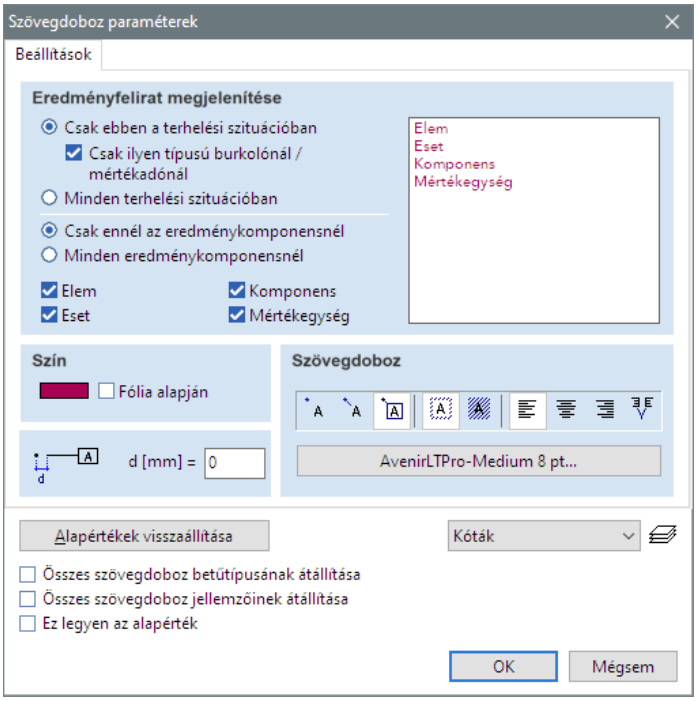


Eredményfelirat elhelyezése

Az eredmények megjelenítése közben a kurzor csomópontokon, oldalfelező pontokon, felület középpontokon, rudak és bordák közbenső pontjain érzékeli az eredményeket. Ezek az információk automatikusan bekerülnek az eredményfelirat szövegdobozába.
Az eredményfelirat elhelyezésének lépései megegyeznek a szövegdoboz elhelyezésének lépéseivel. A felirat mindig az aktuális eredménykomponensnek a szövegdoboz referenciapontjában számított értéke.

Az eredmény felirat szövegdoboza mindig csak akkor jelenik meg, ha az ablakban megjelenített eredménykomponens ugyanaz, mint a felirat megadásakor volt. Tehát pl. *My* értékeket tartalmazó felirat csak akkor látható, amikor az ablakban az *My* komponens értékeit jelenítjük meg.

Az eredményfelirat megjelenését szabályozó paraméterek:



Csak ebben a terhelési szituációban

Bekapcsolt állapotban ez az eredménydoboz csak abban a teheresetben, kombinációban (vagy burkoló ill. mértékadó ábrázolása esetén) jelenik meg, amelyikben létrehoztuk.

Csak ilyen típusú burkolónál / mértékadónál

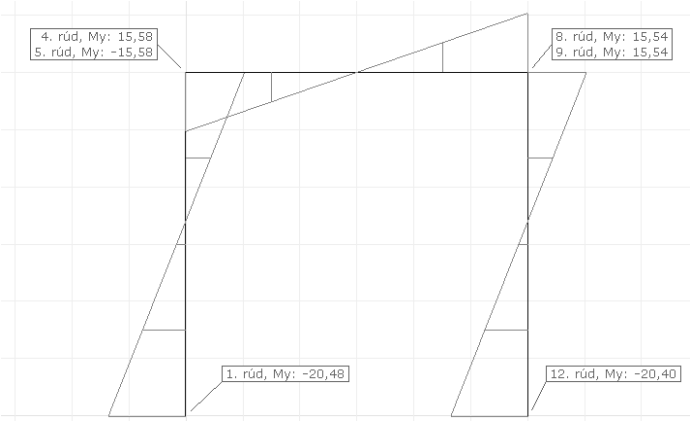
Burkoló vagy mértékadó esetben ez a feltétel tovább szűkíti a megjelenés körét: burkoló esetén csak annál a fajta burkolónál (pl. Összes teherkombináció) jelenik meg a szövegdoboz, amilyennél megadtuk, mértékadó esetben csak ugyanolyan típusú mértékadó (pl. SLS Kváziállandó) kiválasztása esetén, mint amin megadáskor állt a program. Kikapcsolt esetben a szövegdoboz, ha burkolónál adtuk meg, bármilyen burkoló, ha mértékadónál, bármilyen mértékadó kiválasztásakor látszani fog.

Minden terhelési szituációban

Az eredménydoboz minden terhelési szituációban (teheresetben, teherkombinációban, burkolóban, mértékadóban) látható.

Minden eredménykomponensnél

Az eredménydoboz bármely eredménykomponensnél megjelenik.



A szövegdoboz feliratát szabályozó paraméterek:

Elem	Elem sorszámának megjelenítése.
Komponens	Eredménykomponens megjelenítése.
Eset	Tehereset vagy kombináció sorszámának ill. a mértékadó kombinációnak a megjelenítése.
Mértékegység	Mértékegység megjelenítése.

Az *Alapértékek visszaállítása* gomb alatt három kapcsoló segíti a **szövegdoboz testre szabás**át:

Összes szövegdoboz betűtípusának átállítása

Az **OK** gomb megnyomása után az összes szövegdobozban csak a betű típusát állítja át az itt megadott értékre.

Ez legyen az alapérték

Az ezt követően létrehozott modellek szövegdobozai az itt megadott paraméterek alapján jelennek meg.

Összes szövegdoboz jellemzőinek átállítása

Az **OK** gomb megnyomása után az összes szövegdoboz minden paraméterét átállítja az itt megadott értékekre.

Fóliakezelő



[F11]

A *Fóliakezelő*ben létrehozhatunk új fóliákat vagy a meglévő fóliák tulajdonságait módosíthatjuk. A funkció elérhető a *Beállítások**Fóliakezelő* menüpontból is.

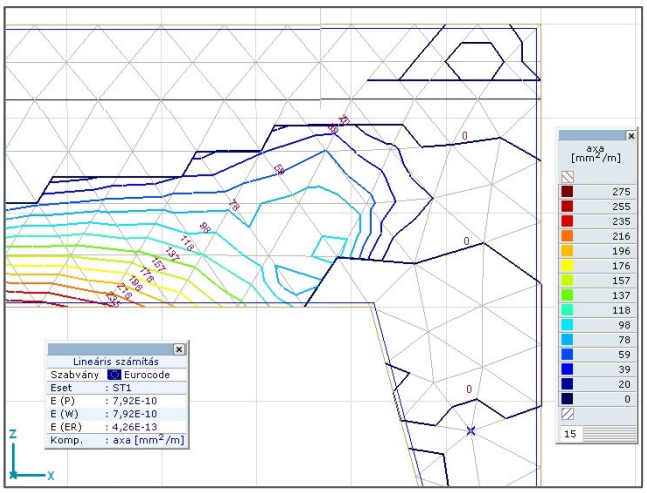
Lásd... **3.3.3 Fóliakezelő**

2.16.11.9. Szintvonal feliratozás



A funkció segítségével szintvonalakhoz feliratot rendelhetünk.
A szintvonal felirat elhelyezésének lépései a következők:

1. Kattintsunk a szintvonal ikonra
2. Adjunk meg két pontot, amely egy szakaszt határoz meg
3. Ahol ez a szakasz metszi a szintvonalakat, oda kerülnek a feliratok



A szintvonalak teljesen automatikus feliratozását a Színskála-paletta beállító dialógusán tudjuk bekapcsolni. *Lásd...* **2.19.4 Színskála-paletta**

2.16.11.10. Alaptest kóták beállítása



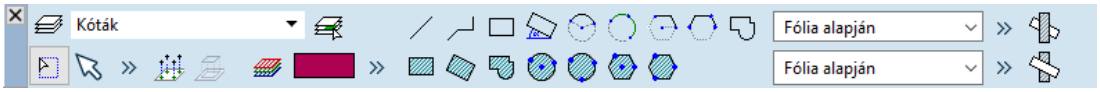
Az alaptesteken megjelenő kóták tulajdonságát állíthatja be.
A beállítások működése megegyezik a többi kóta típusnál leírtakkal.

2.16.12. Háttérfólia szerkesztése



Háttérfólia szerkesztő

A háttérfólia szerkesztőben módosíthatjuk a betöltött DXF és PDF fóliák elemeit valamint rajzelemeket helyezhetünk el saját fóliáinkon. A háttérfólia elemei csak rajzi információként jelennek meg, a statikai vázban nincs szerepük.





Fóliakezelő indítását *lásd...* **3.3.3 Fóliakezelő** fejezetben.

Szerkesztendő fólia neve

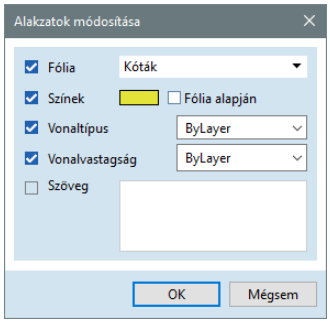
Válasszuk ki a szerkesztendő fólia nevét.
Új fólia létrehozásához kattintsunk a *Fóliakezelő* ikonra és hozzuk létre az új fóliát. Ezt követően a listában ez a fólia is megjelenik.



Ha a gomb megnyomása után egy fólia valamely rajzelemére kattintunk, a megfelelő fólia szerkeszthetővé válik.



Rajzelemek módosítása.
A módosításhoz kattintson a módosítandó elem kontúrjára és a megjelenő ablakban állítsa be a megfelelő paramétereket.
Amennyiben több elemet szeretne egyszerre módosítani, akkor használja a kijelölő-keretet, majd kattintson az egyik kijelölt elem kontúrjára.
Összetettebb kijelölések elvégzéséhez a módosító funkció indítása előtt használja a kijelölő palettát, majd a kijelölés befejezése után kattintson a módosító ikonra.
Valamely háttérfólia rajzelemére jobb gombbal kattintva a helyi menüből választhatjuk a *Fólia elkülönítése szerkesztésre* funkciót, illetve törölhetjük a rajzelemet tartalmazó fóliát (*Fólia törlése*).





Kijelölő paletta indítása. Használatát *lásd...* **2.16.1 Kijelölés.**
Abban az esetben, ha egyszerre több elemet szeretne módosítani vagy törölni, és az elemek kijelöléséhez nem elegendő a kijelölő-keret, használja a kijelölő palettát.



Tulajdonság felvétele
A kijelölő ikon mellett található tulajdonság felvevő gombbal egy rajzelemre kattintva annak összes tulajdonságát feltöltheti a szerkesztő ablakba majd ezekkel a tulajdonságokkal rajzolhat új elemeket.



Kijelölt fólia alakzatok csomópontjainak AXISVM csomópontokká alakítása



Statikai váz vonalak generálása a kijelölt rajzelemekből
A háttérfólián kijelölt elemekből közvetlenül statikai váz vonalakat generálhat (a létrehozás során a háttérfólia elemei is megmaradnak).



Kijelölt rajz objektumok legalulra helyezése.



Kijelölt rajz objektumok legfelülre helyezése.

[Del] *Kijelölt elemek törlése*
Több elem kijelöléséhez használja a kijelölő palettát.



Tollszín kiválasztása



Szín kiválasztás a fólia színe alapján.



Szín kiválasztás színpalettáról.



Szín felvétele egy rajzelemről.

Vonaltípus beállítása
A lenyíló listából válassza ki a megfelelő vonaltípust. A vonaltípus a kitöltött rajzelemekre nincs hatással.



Vonalstílus felvétele pipettával

Toll vastagság beállítása
A lenyíló listából válassza ki a megfelelő vastagságot. A vonal vastagsága a kitöltött rajzelemekre nincs hatással.



Tollvastagság felvétele pipettával



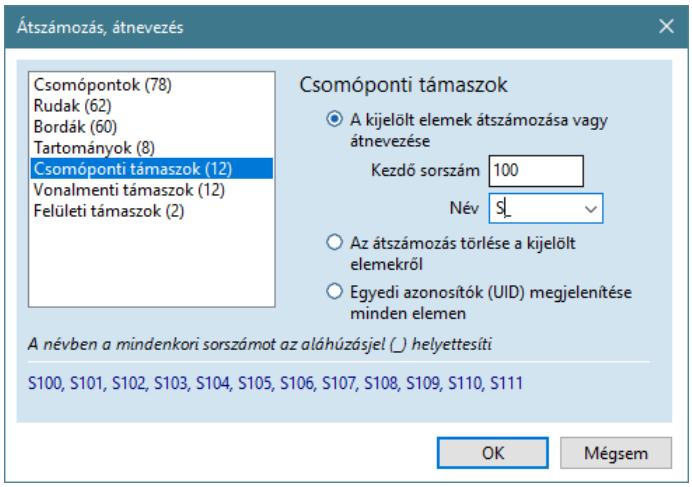
Vonalas alakzatok rajzolása a beállított paraméterekkel (szín, tollvastagság és vonaltípus).



Kitöltött alakzatok rajzolása a beállított színnel.

2.16.13. Átnevezés, átsorszámozás

A modell csomópontjai, rácsrúdjai, rúdjai, bordái, tartományai, csomóponti, vonalmenti, felületi támaszai, valamint fa és acél méretezési elemei átsorszámozhatók, illetve névvel láthatók el (a program ezeket az objektumokat alapértelmezésben a létrehozás sorrendjében számozza meg).
Átnevezéshez, átsorszámozáshoz ki kell jelölni az érintett csomópontokat vagy elemeket, majd az Ikontáblán a funkció ikonjára kell kattintani.



A megjelenő dialógusablak bal oldalán egy lista mutatja, miből hány elem van kijelölve.
A listából kiválaszthatjuk, mit akarunk átsorszámozni. Háromféle műveletből választhatunk:

Átszámozás vagy átnevezés

Az első a kijelölt elemek átszámozása vagy átnevezése az alábbi mezők kitöltésével.

Kezdő sorszám

Meg kell adnunk a kezdő sorszámot. A kijelölt elemek geometriai elhelyezkedésük sorrendjében, a kezdő sorszámtól induló, egyesével növekvő sorszámot kapnak. Figyelem: az átsorszámozás ki nem jelölt elemek sorszámát is érintheti, mert két elemnek nem lehet azonos sorszáma!

Név

A névben a mindenkori sorszámot az aláhúzás jel helyettesíti. Ha pl. a kezdő sorszám *1*, a Név mezőbe pedig azt írjuk: *N_*, akkor a kijelölt elemek neve rendre *N1, N2, N3,* ... lesz.
Ha csak egy elem van kijelölve, a névnek nem kell feltétlenül sorszámot tartalmaznia.
Ha egynél több elem van kijelölve a névnek tartalmaznia kell a sorszámot, mert két elemnek nem lehet azonos neve.
Ha a Név mezőbe semmit sem írunk, az elem neve a sorszáma lesz.

Az átszámozás törlése a kijelölt elemekről

Ha ezt a funkciót választjuk, és úgy kattintunk az OK gombra, akkor a listában kiválasztott elemtípus kijelölt elemein visszaállnak az eredeti sorszámok és törlődnek a megadott nevek. Ez a ki nem jelölt elemek sorszámát is érintheti, mert két elemnek nem lehet azonos a sorszáma.

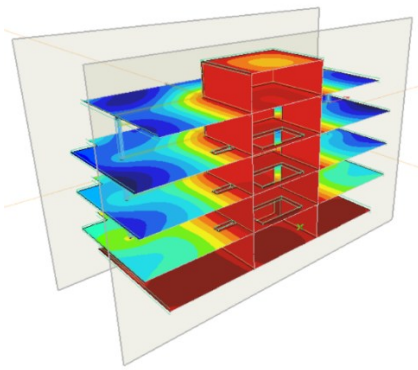
Egyedi azonosítók (UID) megjelenítése minden elemen

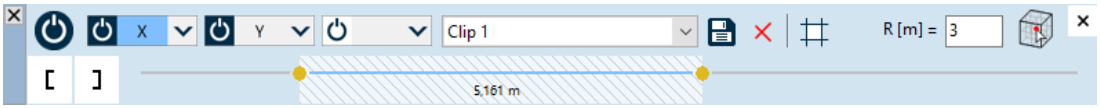
A harmadik lehetőség az egyedi azonosítók (UID-k) megjelenítése a listából kiválasztott típusú elemeken (de mindig az **összes** elemen). Ez a funkció biztosítja, hogy az elemhez rendelt azonosító az elem élettartama alatt nem változik. Ennek akkor láthatjuk hasznát, ha az AXISVM-ből adatokat exportálunk külső alkalmazásokba további feldolgozás céljából.

A sorszámok illetve nevek megjelenítéséhez a *Megjelenítés* dialógusablakon (**2.16.21 Megjelenítés**) vagy a gyorskapcsolókkal be kell kapcsolni az elemek sorszámának megjelenítését.

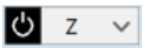
2.16.14. Vágósávok

A vágósávokkal a model valamely, egy, két vagy három interaktívan állítható vágósík-pár által közrezárt szeletét jeleníthetjük meg. Vágósávokkal gyorsan feltárhatjuk a szerkezet belső részeit, akár eredményeikkel együtt.
A vágósáv-konfigurációk egy, két vagy három (az X-Y, X-Z, Y-Z síkkal párhuzamos, vagy egyedi normálisú) párhuzamos sík-párból állnak. A vágósáv-konfigurációk névvel elmenthetőek.

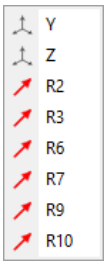




A vágósávok ki/bekapcsolása
A nagy gomb az egész vágósáv-konfigurációt ki/bekapcsolja. A kis gombok csak az egyes irányokat.



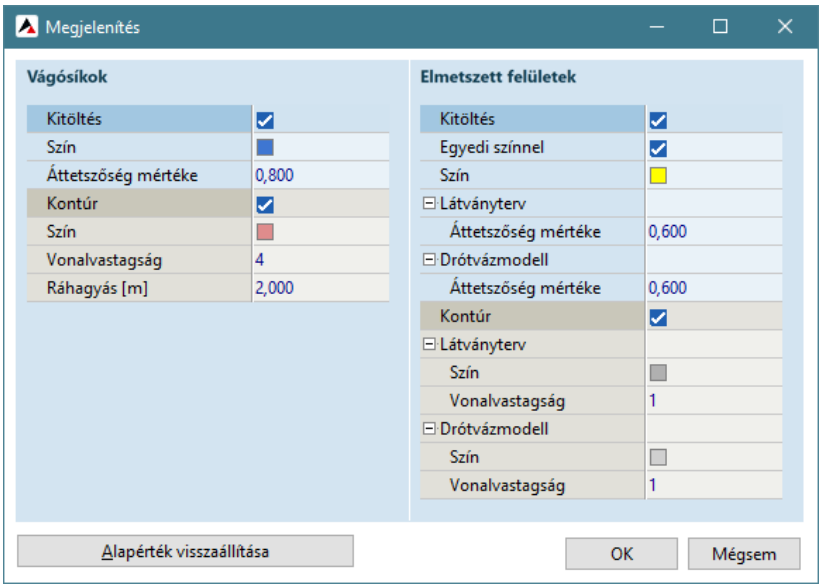
A vágósávok normálisai
Legfeljebb három vágósáv vehető fel, normálisukat a legördülő listából lehet kiválasztani. A normálvektor lehet valamely globális iránnyal párhuzamos vagy referenciavektor irányú (*lásd...* **4.9.25 Referenciák**). A vágósávok egyedileg is ki/bekapcsolhatók.
A normálvektor-mezőbe kattintva az kékre változik, a hozzá tartozó vágósáv pozíciója pedig állíthatóvá válik.
Az egérrel elhúzható tolókák a síkok pozícióját változtatják meg, a sraffozott rész együtt is mozgatható, a sáv szélessége ilyenkor nem változik.



Az aktuális vágósávok mentése
A beállított vágósáv-konfiguráció mentése névvel. Az adatok a modellben tárolódnak.

A mentett vágósáv-konfiguráció törlése
Törli a legördülő listából választott vágósáv-konfigurációt a modellből.

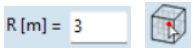
A vágósávok megjelenítésének beállításai



A *Megjelenítés* dialógusablakon a vágósíkok és az elmetszett felületek rajzi megjelenítését szabályozhatjuk. A változások a modellen azonnal érvényre jutnak.
Az *Alapérték visszaállítása* gombra kattintva visszatérhetünk az alapértelmezett megjelenítéshez.

Vágósíkok
A vágósíkok rajzának kitöltése és körvonala külön is kapcsolható.
A *Ráhagyás* azt szabályozza, hogy a kirajzolt síktartomány mennyivel terjedjen túl a szerkezet vágósíkon adódó vetületének befoglaló téglalapján.

Elmetszett felületek
Itt a szerkezeti elemek vágósíkokon kialakuló metszésfelületeinek rajza szabályozható. A kitöltés és a körvonal külön is kapcsolható. Bizonyos értékek drótvázmodellhez és látványtervhez eltérően is megadhatóak.



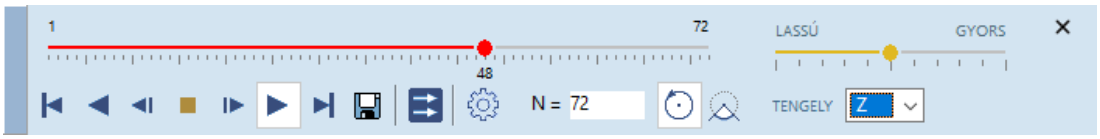
Kocka alakú kivágat a választott pont körül
Megadható a vágósíkok adott ponttól mért R távolsága. Az ikonra kattintva a modelltér bármely pontja felvehető. A vágósíkok a globális síkokkal lesznek párhuzamosak.

Az első / második vágósík kapcsolása
A párhuzamos síkok külön-külön is ki/bekapcsolhatóak. A kikapcsolt sík oldalán a model határolás nélkül jelenik meg.

2.16.15. Forgóasztal



Megjeleníti a *Forgóasztal* palettát, amelyről a szerkezetet különböző tengelyek körül animálva forgathatjuk az aktív ablakban az aktuális beállításokkal. A *Forgóasztal* adatbemeneti vagy eredményábrázolási módban egyaránt használható.
Az ablak a **6.1.2 Animáció** fejezetben ismertetetthez hasonló: felső részén két csúszkát találunk, a piros a forgatási fázist mutatja, az egérrel odébb húzva kézzel forgathatjuk a szerkezetet a választott tengely körül. Animáció lejátszásakor annak sebességét a sárga csúszkával szabályozhatjuk. Az *Esc* billentyű leállítja az animációt.



Az animációt vezérlő gombok működését lásd a **6.1.2 Animáció** fejezetben.

Az animációhoz generált képkockák (elforgatási lépések) száma.

Kétféle forgóasztal animáció közül választhatunk:



Teljes körbeforgatás
Az animáció a szerkezetet 360°-ban körbeforgatja.



Ide-oda forgatás adott szögtartományban
A szögtartományt a megjelenő δ mezőben adhatjuk meg.

Tengely

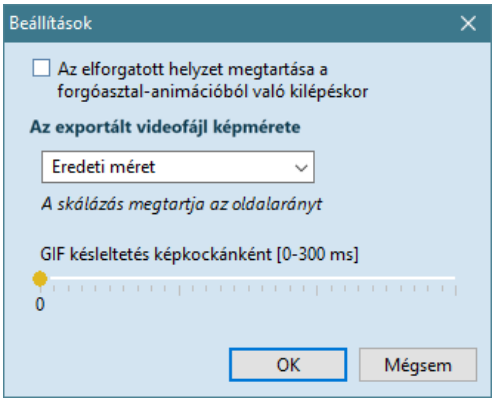
A forgatás tengelye. A legördülő listából a globális X, Y, Z tengelyek mellett kiválaszthatóak a modellben felvett referenciavektorok és referenciatengelyek is (*lásd...* **4.9.25 Referenciák**).
Ha munkasíkot állítottunk be, a listában a globális irányok helyett az aktuális munkasík x, y, z tengelyei jelennek meg.



Beállítások

A Beállítások hasonlóak az Animációnál elérhető beállításokhoz (**6.1.2 Animáció**): megadható a videófájlba mentéskor alkalmazható képméret, illetve GIF exportnál a képkockák késleltetése.

Speciálisan a Forgóasztal-animációnál megjelenő beállítás *Az elforgatott helyzet megtartása a forgóasztal-animációból való kilépéskor.*
Kikapcsolása esetén az animáció lezárásakor a modell visszaáll az eredeti helyzetbe. Bekapcsolása esetén a modell megőrzi az az animáció lezárásakor beállt elforgatott helyzetet.

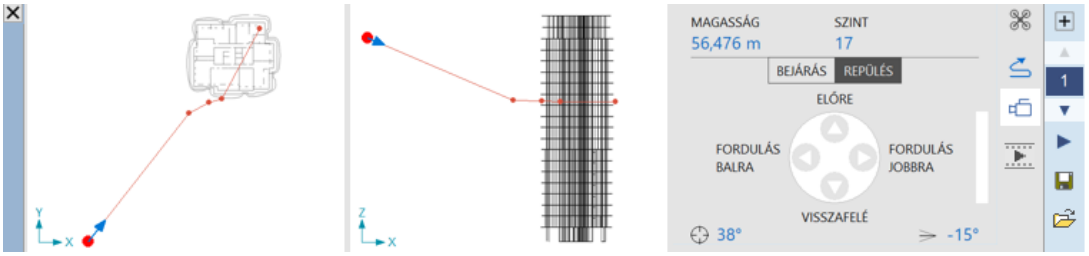


2.16.16. Drón



A drón a szerkezeti modellnek, és különösen a szerkezet belsejének ellenőrzésére, illetve a szerkezet bemutatására szolgáló segédeszköz. Működése a valóságos drónokéra emlékeztet: nemcsak körberepülni képes a modellt, de a többi megjelenítési módtól eltérően képes a szerkezetbe behatolni, és azt a belsejébe eső pontról is ábrázolni.

Bekapcsoláskor a drón egy helyzetét és állapotát kijelző palettát jelenít meg. Az első két panel a szerkezetet és a piros pöttyel jelölt drónt ábrázolja felülnézetben és elölnézetben.



A harmadik panelről a felső sávban a drón aktuális magasságát (a pozíció Z koordinátáját), többszintes épületénél az ennek megfelelő szint értékét lehet leolvasni. Alatta a drón üzemmódját (lásd később), a főbb vezérlők állapotát láthatjuk, alul pedig a drón nézésirányа X-Y síkra vetített vektorának irányszögét (az Y irány a 0°) és a nézésirány X-Y síkkal bezárt szögét (a vízszintes síkban 0°).
A drón nézésiránya és az előre-hátra mozgás iránya mindig egybeesik.

Eszköztár

A panel jobb oldalán két függőleges eszköztár található, egy szürke és egy kék hátterű.
A szürke eszköztár gombjainak funkciói:


Fő nézetek, beállítások


Repülések felvétele


Kamerapálya rögzítése kameraállások sorozataként


Repülés vagy kamerapálya-animáció mentése animációs fájlba

A kék eszköztár funkciói attól függenek, hogy a repülés felvételét vagy a kamerapálya-animáció összeállítását választottuk, ezeket később ismertetjük.

Drón üzemmódok

A *Bejárás* és a *Repülés* üzemmódok között az a különbség, hogy *Bejárás* során a drón nézési és haladási irányának vektora vízszintes síkban marad. A drón fel-le és oldalt ekkor is mozgatható. A *Repülés* üzemmódban a nézés és haladás iránya kiléphet a vízszintes síkból, de a függőleges Z iránnyal bezárt szöge nem lehet kisebb 30°-nál.

Vezérlés

A drón kétféleképpen vezérelhető: billentyűzettel vagy XBOX kompatibilis kontrollerrel.
Ha a kontrollert csatlakoztatjuk a számítógéphez, a billentyűzetről vezérlés automatikusan kikapcsolódik. Ha a kontrollert eltávolítjuk, a billentyűzetről való vezérlés automatikusan visszakapcsolódik.

Billentyűzetről

↑ vagy *W*	Mozgás előre
↓ vagy *S*	Mozgás hátrafelé
← vagy *A*	Fordulás balra
→ vagy *D*	Fordulás jobbra
Ctrl + ↑ vagy *T*	Billentés felfelé
Ctrl + ↓ vagy *G*	Billentés lefelé
Shift + ↑ vagy *I*	Emelkedés Z irányban
Shift + ↓ vagy *K*	Süllyedés Z irányban
Shift + ← vagy *N*	Oldalazás balra
Shift + → vagy *M*	Oldalazás jobbra
PgUp	Balra fordulás 15°-kal
PgDn	Jobbra fordulás 15°-kal
1	Elölnézet (X-Z)
2	Felülnézet (X-Y)
3	Oldalnézet (Y-Z)
F	Váltás a *Bejárás / Repülés* üzemmódok között
+ / - vagy Q / E	A drón haladási sebességének növelése / csökkentése
Shift + + / - vagy *Shift + Q/E*	A drón emelkedési süllyedési vagy oldalazási sebességének növelése / csökkentése
Space	A drón megállítása
Home	A modell nézete nem változik, de az drón épületen kívüli pozícióra mozog
Esc	Repülés visszajátszásának vagy kamerapálya-animáció lejátszásának megszakítása

A mozgató illetve forgató gombok lenyomásakor a drón gyorsulva mozog a felső sebességhatár eléréséig. A gomb felengedésekor és újbóli lenyomásakor a folyamat újraindul.
Ha a drónt ennél kisebb, állandó sebességgel akarjuk mozgatni, a kívánt sebesség elérésekor nyomjuk meg a – gombot a numerikus billentyűzeten vagy az E billentyűt, és tartsuk nyomva.
A mozgások kombinálhatók, pl. ↑ + ← = kanyarodás, W + I = előrehaladás emelkedéssel.
Ha a drón repülésének szögét szeretnénk menetközben vízszintesre állítani, de a repülési üzemmódot szeretnénk megtartani, váltsunk az F billentyűvel a *Bejárás* és *Repülés* üzemmódok között úgy, hogy a *Repülés* maradjon aktív.

Ha a drón nem reagál a billentyűlenyomásokra, kattintsunk a főablakba, hogy visszakerüljön rá a vezérlés.

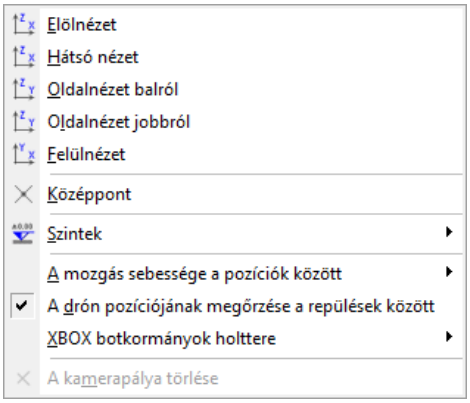
XBOX kompatibilis kontrollerrel



1	Jobb oldali ravasz	Gázkar, a drónt előre mozgatja
2	Bal oldali ravasz	Gázkar, a drón hátrafelé mozgatja
3	Bal botkormány	A drón nézési és haladási irányán változtat (fordulás, billentés)
4	Jobb botkormány	A drónt emelkedő, süllyedő vagy oldalazó mozgásra készteti
5	X vagy Y gomb	*Bejárás* üzemmód
6	A vagy B gomb	*Repülés* üzemmód
7	Bal ütköző	Alaphelyzet, ld. *Home billentyű*
8	Jobb ütköző	Alaphelyzet, ld. *Home billentyű*

Ha a drón repülésének szögét szeretnénk menetközben vízszintesre állítani, de a repülési üzemmódot szeretnénk folytatni. nyomjuk meg az X vagy Y gombot (5), ezzel a repülés vízszintesre vált, majd az A vagy B gombot (6) amivel visszakapcsoljuk a *Repülés* üzemmódot.

Fő nézetek, beállítások



Az ikonra kattintva a kitüntetett nézetek valamelyikébe mozgathatjuk a drónt. Ha vannak a modellben szintek, akkor a legördülő almenüben kiválasztott szint alapján a drón a kiválasztott szint közepének megfelelő magasságra áll.
A mozgás sebessége a pozíciók között az almenüben 1-től 10-ig állítható. Ez a kitüntetett nézetek és a kamerapályán rögzített kameraállások közötti mozgás gyorságát befolyásolja.
Az *XBOX botkormányok holttere* hasonlóan 1-től 10-ig állítható. Ezzel szabályozható, hogy milyen kitérítésre reagáljon a drón. Mennél kisebb az érték, annál finomabban indítható. Túl alacsony holttér esetén viszont – a kontroller sajátosságaiból adódóan – a középpozícióba helyezett kontroller is jelet adhat, kismértékű mozgást válthat ki.
A drón pozíciójának megőrzése a repülések között bekapcsolt állapotában a drón a legközelebbi repüléskor arról a pozícióról indul, ahol utoljára állt. Az érték a modellel együtt tárolódik.
A repülés felvételének törlése (vagy a másik üzemmódban *A kamerapálya törlése*) után a felvétel vagy kamerapálya törlődik, és a lejátszás inaktívvá válik. Ha a felvételt korábban már lementettük, a mentett felvétel nem törlődik.

Repülések felvétele

A kék eszköztár gombjaival a drónrepülés során bejárt pályát és nézésirányokat rögzíthetjük, és valós időben visszajátszhatjuk. A felvett repüléseket a modellbe név megadásával lementhetjük illetve a felvételeket betölthetjük.

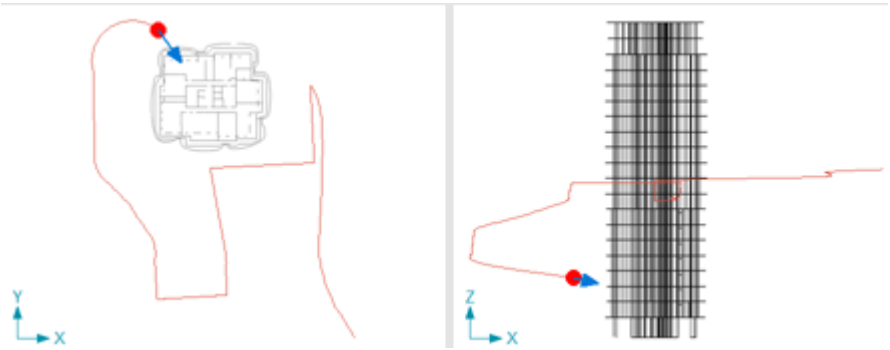
A repülés rögzítése
A gombot megnyomva az ikon teljesen pirosra vált. A program ettől kezdve a drón minden mozgását rögzíti. A gomb újbóli megnyomásával a felvétel véget ér. A felvétel a következő gombbal lejátszható. Törlése a *Fő nézetek, beállítások* menüben lehetséges.

A rögzített repülés lejátszása

A rögzített repülés mentése név megadással

Rögzített repülés betöltése vagy törlése
A mentett repülések közül a megjelenő menüből választhatunk, vagy a *Rögzített repülések törlése* legördülő menüből kiválaszthatjuk a törlendő felvételt.
A felvett, de nem mentett repülés a *Fő nézetek, beállítások* menüben törölhető.

A bejárt útvonal vetületei a segédábrákon is megjelennek.

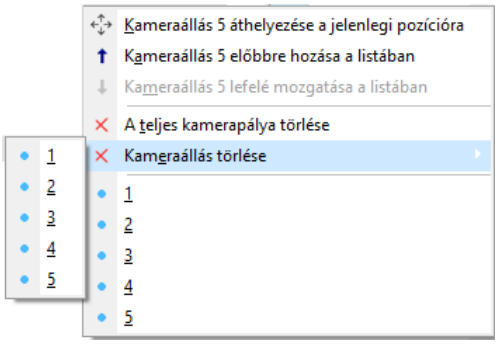


Kamerapálya rögzítése kameraállások sorozataként

A kék eszköztár gombjaival a kamerapályát szerkeszthetjük. A kamerapálya egymást követő kameraállásokból áll, melyek között a drón a *Fő nézetek, beállítások* menüben kiválasztott *A mozgás sebessége a pozíciók között* értéknek megfelelő gyorsasággal mozog.
Ha már vannak rögzített kameraállások, és kiválasztottuk valamelyiket, akkor az eszköztáron látható az aktuális kameraállás száma. A drónt a kameraállásból ezután elmozdíthatjuk, az érték nem változik.
Az eszköztár funkciói:

Kameraállás hozzáadása
Beilleszti az aktuális kameraállást a kiválasztott kameraállás után.

A pályán választott kameraállás
A felfelé nyíllal az előző, a lefelé nyíllal a következő kameraállásba mozgathatjuk a drónt.
A számértékre kattintva egyszerű szerkesztési lehetőségek nyílnak:

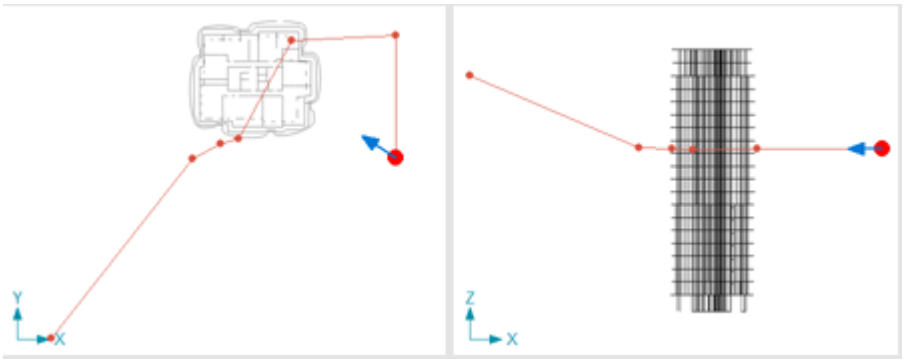


Repülés a kamerapálya mentén

A kamerapálya mentése név megadással

A kamerapálya betöltése vagy törlése
A mentett kamerapályák közül a megjelenő menüből választhatunk, vagy a *Rögzített kamerapálya törlése* almenüjéből kiválaszthatjuk a törlendő kamerapályát.
A felvett, de nem mentett repülés a *Fő nézetek, beállítások* menüben törölhető *A kamerapálya törlése* menüpontban.

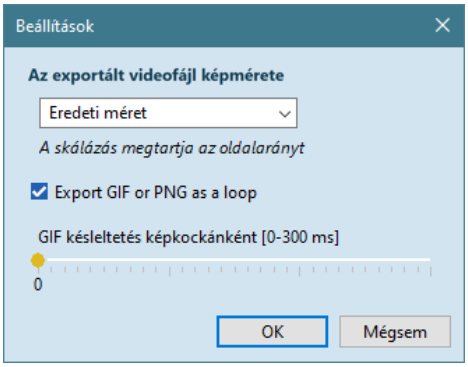
A kamerapálya vetületei a segédábrákon is megjelennek.



Animáció mentése fájlba



Az aktuálisan felvett vagy betöltött repülést vagy kamerapálya-animációt rögzíthetjük AVI, animált GIF vagy animált PNG formátumban. E két utóbbi formátum kisebb fájlokat eredményez, és a legtöbb böngésző (vagy például a Skype is) támogatja: a fájlt az ablakra rádobva elindul a lejátszás (lásd **6.1.2 Animáció**).
A beállítóablakban megadott képméret csökkentésével a fájlméret nem feltétlenül csökken, mert az eredeti méretben rögzített képek hatékonyabban tömöríthetőek. Ha az AXISVM ablakának méretét átméretezéssel változtatjuk, azzal szintén befolyásolni tudjuk a lementett fájl méretét.



Elemek keresése



Ha drón üzemmódban használjuk az Ikontábláról az keresőfunkciót (**2.16.20 Keresés**), akkor a drón a keresett elemhez repül. Ha a *Talált elem kijelölése* opciót bekapcsoljuk, az elem ki is jelölődik.
A drón az intelligens parancssorból (**2.17 Az intelligens parancssor**) indított keresés eredményéhez is odarepül. Ha több, vesszővel elválasztott sorszámot adtunk meg, tehát több elemet kerestünk egyszerre, akkor a drón végiglátogatja a megtalált elemeket.

☞ **Mivel a drón az elemtől annak méretétől függő távolságra áll meg és feléje fordul, elképzelhető, hogy a drón és a kérdéses elem között más elem is van, például fal, ami eltakarja. A drónnal előre mozogva a helyzet tisztázható.**

☞ **A drón nem áll meg az elemeknél, minden tárgyon átrepül. Mivel bejuthat pl. egy vasbeton oszlop belsejébe, előfordulhat, hogy az oszlop hátsó, a betonvasak mögötti oldallapjait nem jeleníti meg, ha a *Beállítások / Alapbeállítások / Színek / Egyszerűsített OpenGL rajzolás drón módban is* opció be van kapcsolva. Kikapcsolása után ez a sebességoptimalizálás megszűnik, és a program drón módban kirajzolja objektumok hátsó határolólapjait is.**

Minimum- és maximumértékek



Ha drón üzemmódban eredménymegjelenítés zajlik, a minimum és maximum értékek keresésekor (*lásd...* **6.1.1 Minimum- maximumértékek**) a drón az első minimum illetve maximum találathoz odarepül. A drón elemhez pozícionálása ugyanúgy zajlik, mint az *Elemek keresése* esetén.

Kijelölés, azonosítás

Elemek a drón üzemmódban is azonosíthatóak, az aktuális fülnek megfelelő tulajdonságaik buborékban megjelennek, és ki is jelölhetők Shift+rákattintással. A megjelenített tehereset és eredmény-komponens is módosítható.

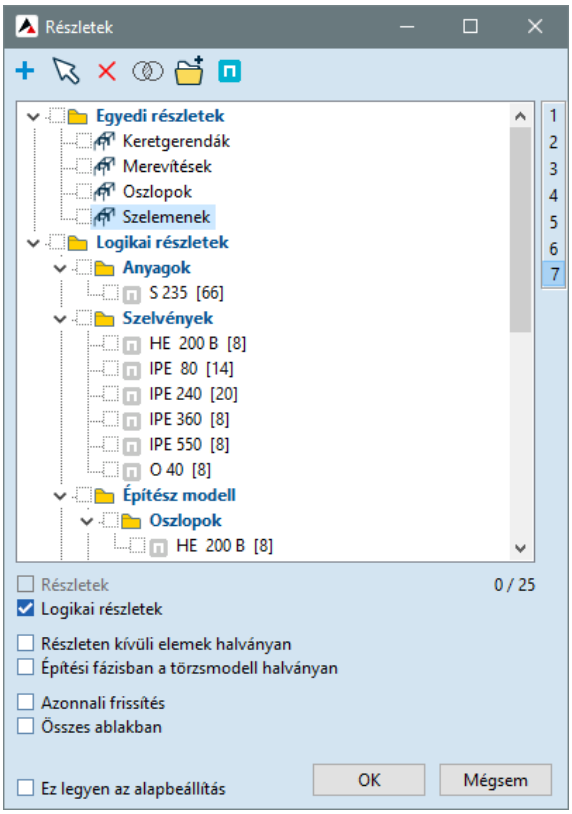
2.16.17. Részletek



A részlet a szerkezet egy részének önálló megjelenítését teszi lehetővé. Így a teljes szerkezet egy részét külön szerkeszthetjük vagy eredményeit külön megjeleníthetjük, lekérdezhetjük, nyomtathatjuk.
A dialógusablak a megjelenítendő részlet vagy részletek kiválasztását, definiálását, módosítását, törlését biztosítja. Egyszerre több részlet is aktívvá, illetve inaktívvá tehető. A megjelenítés későbbiekben az itt beállított szerkezeti részletekre fog korlátozódni.

A továbbiakban részlet alatt az itt bekapcsolt részletet, részleteket fogjuk érteni.

A programban kétféle részletet különböztetünk meg: egyedi és logikai részletet.
Az *egyedi részleteket* a felhasználó definiálja a részlethez tartozó elemek kijelölésével.
A *logikai részleteket* ezzel szemben a program hozza létre automatikusan, különböző tulajdonságok (pl. anyag, szelvény, vastagság, elemtípus, szint, optimalizálási csoport, excentricitási csoport) szerinti csoportokba rendezve az elemeket.



A részlet vagy részletcsoport neve előtti kijelölőnégyzetre kattintva a részlet, illetve csoport ki-/bekapcsolható. A részletek egyébként a dialógusablak megnyitása nélkül, a *Részletek* gyorskapcsolónál (a képernyő jobb alsó sarkában) is ki-/ bekapcsolhatók.
A kinyitott csoportok mélységét az ablak jobb szélén található számokra kattintva állíthatjuk.

Új



Egy új egyedi részlet definiálása
Minden új részlethez hozzá kell rendelni egy nevet, és a későbbiekben ez alapján választhatjuk ki. Új részlet a kijelölő-paletta segítségével adható meg.
Az aktuális részlet neve az *Info* ablakban látható. Amennyiben egyszerre több részlet aktív, az *Info* ablakban az *'n részlet'* felirat jelenik meg, ahol *n* a bekapcsolt részletek száma.

Módosítás



A kiválasztott egyedi részletet módosíthatjuk. A kijelölés kezdetén a részlethez tartozó elemek láthatók kiválasztva.
Egyedi részlet nevét a kijelölt részletre még egyszer kattintva átírhatjuk.

Törlés



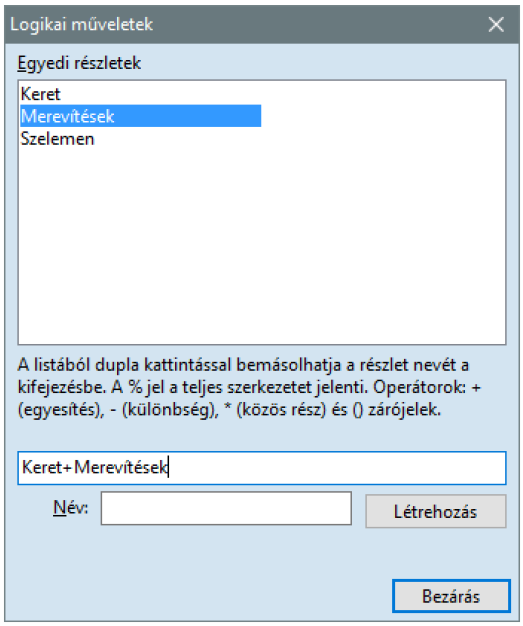
Egy – már definiált – részletet törölhetünk. A törlés alkalmával a szerkezetet felépítő elemek nem törlődnek. (Logikai részlet nem törölhető)

☞ **Az eredmények metszetszakaszokon táblázatos megjelenítésekor csak azok a metszetszakaszok jelennek meg a táblázatban, melyek a bekapcsolt részletekben láthatóak.**
Lásd... **6.1.6.1 Metszetszakasz eredménytáblázatok**

Logikai műveletek



A modell felhasználó által definiált részletei között tetszőlegesen összetett műveleteket végezhetünk. Ehhez meg kell adnunk azt a logikai kifejezést, mely a létrehozni kívánt részletet definiálja. A listából a részlet neve dupla kattintással bemásolható a kifejezésbe. A *%* jel a teljes szerkezetet jelenti, tehát pl. *%–Oszlopok* a teljes szerkezetet adja az *Oszlopok* nevű részlet elemei nélkül. A *Létrehozás* gombra kattintva a Név mezőben megadott néven jön létre a kifejezéssel megadott új részlet.
Ha a részlet neve a +, -, , (,) műveleti jelek bármelyikét tartalmazza, a részlet nevének " karakterek közé kell kerülnie (pl. "födém +12.00").



Új mappa létrehozása

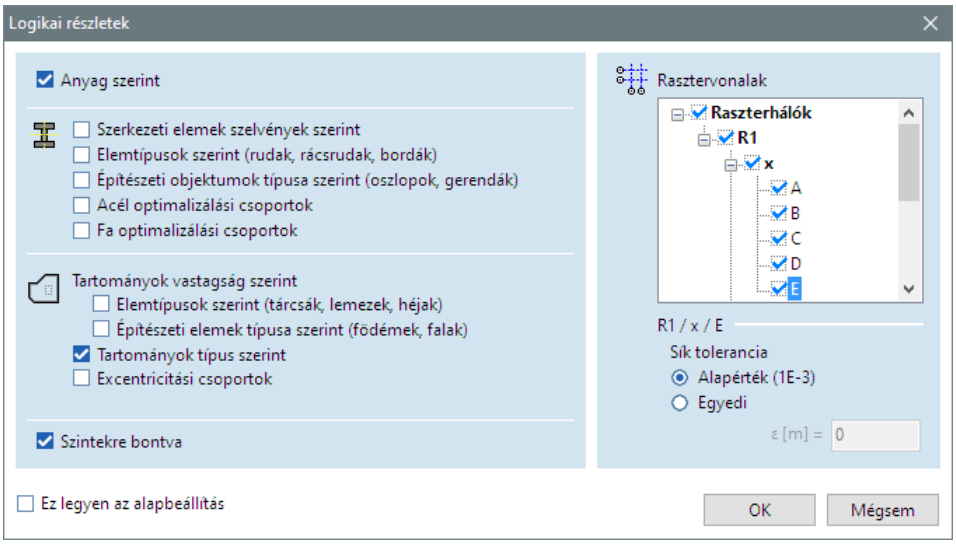


Új mappák létrehozása lehetővé teszi, hogy a definiált egyedi részleteket strukturáltan, áttekinthetően tároljuk. A részletek az egyedi részleteken belül egérrel áthúzhatók máshová, **[Ctrl]** vagy **[Shift]** billentyűk lenyomása mellett kattintva a részletekre csoportos kijelölés is végezhető. A mappát ki/bekapcsolva a mappában található valamennyi részlet egyszerre ki / bekapcsolható.

Logikai részletek



A megjelenő dialógusablakban beállíthatjuk, hogy a program milyen kritériumok alapján hozzon létre logikai részleteket.
Az építészeti objektumok típusát a geometriájuk dönti el: a függőleges rúd, borda és rácsrúd elemek oszlopok, a vízszintesek gerendák. A vízszintes síkú tartományok födémek, az erre merőleges síkban lévők falak.
Acél és fa optimalizálási csoportok is megtalálhatóak a logikai részletek között. A funkcióval egyszerűen kijelölhető, illetve megjeleníthető egy-egy optimalizálási csoport összes eleme, ami segítség abban az esetben, ha manuálisan szeretnénk a szelvényeket utólag kicserélni.
Tartományok excentricitási csoportjai, illetve a különböző típusú speciális tartományok (sűrűbordás, trapézlemezes, CLT, stb.) is felvehetők a logikai részletek közé. *Lásd...* **4.9.6 Tartomány**



Ha definiáltunk a modellben szinteket (*lásd...* 3.3.4 **Szintek**), a részleteket szintekre is szétbonthatjuk.

Ha a modell tartalmaz Raszterhálókat (2.16.8 Raszterhálók), a rasztervonalak alapján is generálhatóak logikai részletek. Ezek mindig a rasztervonalak raszterháló síkjára merőleges kihúzásával kapott síktartományokba eső elemeket tartalmazzák. Vonalak és tartományok csak akkor jelennek meg, ha valamennyi pontjuk a síktartományba esik. A sík tolerancia minden rasztervonalhoz külön-külön beállítható, az alapérték a szerkesztési pontosság (2.16.22 Modellbeállítások). Több rasztervonal is kijelölhető (Ctrl+kattintás vagy Shift+kattintás a rasztervonal nevére), ilyenkor közös érték adható meg.

Megjelenítést befolyásoló kapcsolók

A dialógusablak kapcsolói a következőképpen befolyásolják a megjelenítést:

Részletek
Bekapcsolásakor a fában bekapcsolt részletek kerülnek megjelenítésre, kikapcsolásakor pedig a teljes szerkezet.

Logikai részletek
Bekapcsolásakor a listában bekapcsolt részletek kerülnek megjelenítésre, kikapcsolásakor pedig a teljes szerkezet.

Azonnali frissítés
A KI/BE kapcsolásokat azonnal követi a megjelenítés. Ellenkező esetben csak az **OK** gomb megnyomásakor frissül a rajz.

Összes ablakban
Ha a munkaterületet több ablakra osztottuk, bekapcsolt állapotban valamennyi ablakban megjelennek a változások. Ellenkező esetben csak az aktív ablakban szerepelnek.

Részleten kívüli elemek halványan
Részletek ábrázolása esetén a teljes szerkezet is megjelenik halvány szürke színben, segítve a tájékozódást.

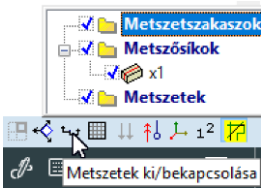
Ez legyen az alapbeállítás

Bekapcsolása esetén a program a dialógusablak bezárása után a *Logikai részletek,* az *Összes ablakban* és a *Részleten kívüli elemek halványan* kapcsolók aktuális állását fogja alapértelmezettnek tekinteni.

2.16.18. Metszet

A metszetek, metszősíkok, *metszetszakaszok* felületszerkezet (lemez, tárcsa, héj) esetében az elmozdulások, igénybevételek, feszültségek és vasmennyiségek ábrázolására használhatók.
Metszetek esetében egyszerűen meglévő vonalelemek és/vagy felület végeselem-peremek kijelölésével határozzuk meg, mely vonalak mentén ábrázoljuk az aktuális eredménykomponenst. Használata tartományok esetén nem javasolt, mert az újrahálózás megszünteti a korábbi végeselemeket.
A *metszősíkok* és *metszetszakaszok* ábrái úgy keletkeznek, hogy az eredménykomponensek értékeit a modell tartományainak egy adott síkkal kialakuló metszésvonalai mentén ábrázoljuk.
A *metszősík* a modell egészét elmetszi és minden metszésvonalra felrajzolja az eredményt.
A *metszetszakasz*nál mi adjuk meg, mely szakaszon ábrázoljuk az eredményt, így lehetőség nyílik különféle átlagértékek és eredők számítására is, ha pedig sávszélességet is rendelünk hozzá, a metszetszakaszra merőlegesen felvett szakaszokon integrált értékekből is felépíthetjük az eredménydiagramot.
A metszetszakszok csoportokba rendezhetők, így egyszerre ki- vagy bekapcsolhatjuk őket.
Amennyiben egy rúd, borda vagy rácsrúd egy bekapcsolt metszősíkban van és olyan eredménykomponenst ábrázolunk, amely ezeken az elemeken megjeleníthető akkor az eredmény diagram ott is megjelenik.
A metszetszakaszok eredményei táblázatos formában is megtekinthetők a táblázatkezelőben.
Lásd... 6.1.6.1 Metszetszakasz eredménytáblázatok

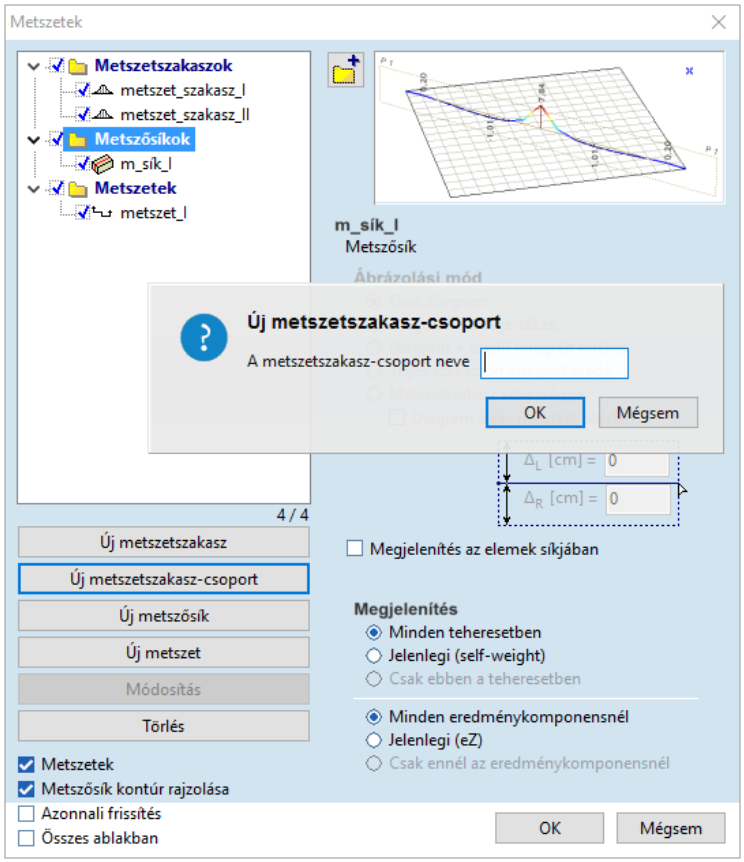
A metszetek, metszősíkok és metszetszakaszok a dialógusablak megnyitása nélkül, a *Metszetek és metszősíkok gyorskapcsoló*nál egy kattintással ki-/ bekapcsolhatók. A program automatikusan külön mappákba csoportosítja a létrehozott metszetszakaszokat, metszősíkokat és metszeteket.



☞ **Elemeket áthúzni egyik típuscsoportból a másikba nem lehet!**

Az eredmények metszetszakaszokon táblázatos megjelenítésekor csak azok a metszetszakaszok jelennek meg a táblázatban, melyek a bekapcsolt részletekben láthatóak

Metszetszakasz - csoport létrehozása



Lehetőség van egyszerre ki/bekapcsolható metszetszakasz-csoportok kialakítására.

Az *Új metszetszakasz-csoport* gombra kattintva a metszetszakasz-csoport nevének (*név*) megadása után a definiáló funkció lesz aktív. Egymás után tetszőleges számú metszetszakasz megadható, amíg az **[Esc]** gombbal be nem fejezzük a tevékenységet. A létrehozott metszetszakaszok sorszámot *(xx)* kapnak, és *név_xx* elnevezéssel a *név* azonosítóval létrejövő mappába kerülnek. Meglévő metszetszakasz-csoportot is bővíthetünk, ha a csoport egy tagján vagy mappáján állva indítjuk a funkciót.

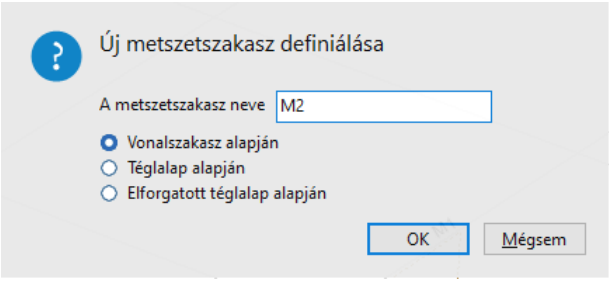
Új mappa létrehozása



Az új mappák létrehozása lehetővé teszi, hogy a már definiált metszeteket áttekinthető struktúrában tároljuk. Az új mappa az alá a mappa alá kerül, amelyen a létrehozás pillanatában állunk. A metszet egérrel másik mappába áthúzható (természetesen csak a metszettípuson belül), a **[Ctrl]**, **[Shift]** billentyűk és egér bal gomb használatával csoportos kijelölés is lehetséges.

Új metszetszakasz

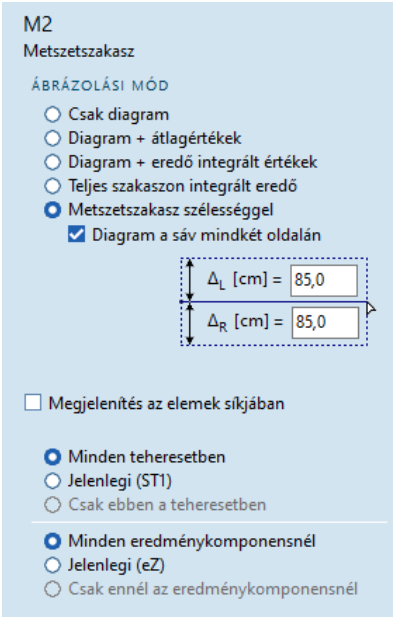
Metszetszakaszt többféleképpen is megadhatunk:



Vonalszakasz alapján:
A szakasz kijelöléséhez két pontot kell megadnunk, de ez a két pont csak olyan tartományokon lehet, melyek egy síkban vannak. A *Metszetszakasz szélességgel* ábrázolási módot választva a szakaszhoz rendelhetünk jobb és baloldali integrációs sávot is, ilyenkor a diagram formában látjuk a keresztirányú eloszlás átlagértékét. A sávszélesség szemléltetése céljából a diagram a sáv két oldalán is megjeleníthető.

Téglalap alapján:
A valamelyik globális síkkal párhuzamos tartományokon egy téglalap rajzolásával, szokott módon az átellenes sarokpontokra kattintva jelöljük ki a metszetszakasz-sávot. A metszetszakasz a rövidebb oldal felezőpontjait összekötve fog kialakulni, mindkét oldalon azonos szélességel.

Elforgatott téglalap alapján:
Az előző módszer bármilyen normálisú síkban használható változata.



A téglalapokkal megadott metszetszakaszok automatikusan *Metszetszakasz szélességgel* ábrázolási módot állítanak be.
Bekapcsolhatjuk azt is, hogy a szakaszon az igénybevétel diagram vagy annak átlagértéke, illetve az integrált diagramok eredője jelenjen meg. Az átlagos és integrált értékeket az eredeti diagram szomszédos előjelváltásai közötti szakaszokra kapjuk.

Burkoló vagy mértékadó eredmény esetén a program először minden pontban kiszámítja a szélsőértéket, majd integrálja azokat. *Összegzett földrengés eredmények* (X, Y, Z, +, -) esetén a program először minden pontban kiszámítja a CQC vagy SRSS módszer szerint összegzett értéket, majd integrálja azokat.

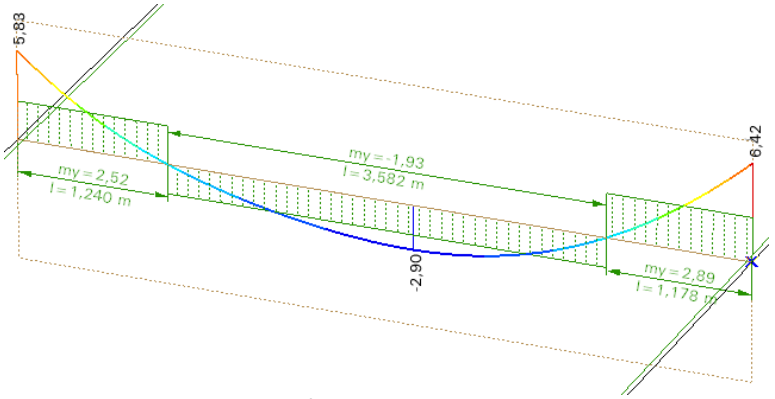
☞ **Vagyis a kapott eredmény egyik esetben sem valóságosan létrejövő érték, mivel nem egyidejű értékek integrálásával adódott.**

A diagram alapesetben az elemek síkjára merőlegesen jelenik meg, de a *Megjelenítés az elemek síkjában* kijelölésével az elemek síkjába forgatható. Ez a kapcsoló az *Eredményábrázolási paraméterek* ablakban valamennyi metszetszakaszra egyszerre ki/bekapcsolható

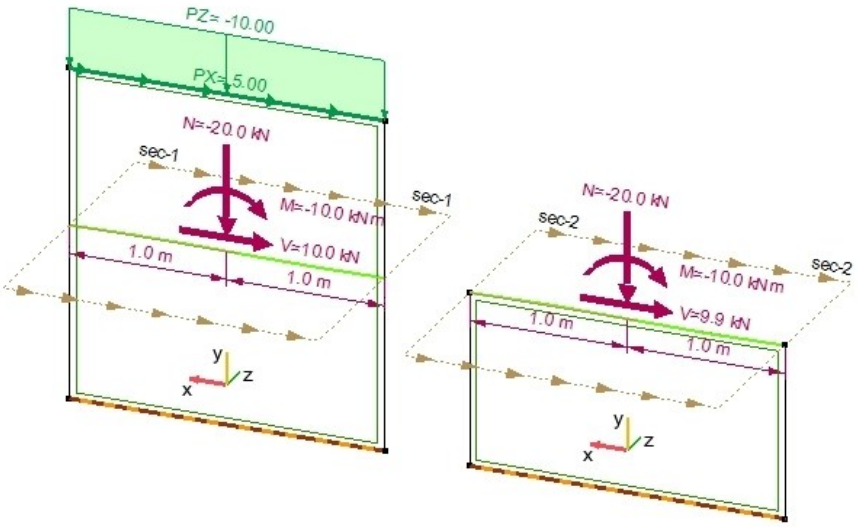
☞ **A *Diagram a sáv mindkét oldalán* beállítás csak akkor érvényesül, ha a *Megjelenítés az elemek síkjában* nem aktív.**



Eredő ábrázolása

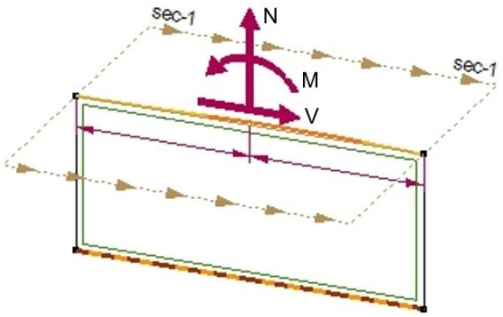


Átlag ábrázolása



Teljes szakaszon integrált eredő ábrázolása

A metszetszakasz két részre osztja a tartományt, amelyek közül az egyiket a számításhoz gondolatban eltávolítjuk. Az a rész marad meg, amelyből a metszetszakaszra merőleges lokális tengely (az ábrán a sárgával jelölt a lokális *y*) kifelé mutat. Az eredő igénybevételeket jelképező nyilak a tartomány eltávolított része által a megmaradó részre kifejtett erőket és nyomatékot szemléltetik. A metszetszakasz kontúron látható nyilak a metszetszakasz irányát jelzik, ami a definiáláskor megadott első ponttól a második felé mutat. Az igénybevételkomponensek pozitív iránya a következő ábrán látható.



☞ **Teljes szakaszon integrált eredő eredmény csak olyan metszetszakaszon jeleníthető meg, amelyik párhuzamos a lokális x vagy y tengellyel.**

☞ **Burkoló és mértékadó eredő igénybevételek csak min vagy csak max beállításban jeleníthetők meg. A három komponenshez tartozó érték nem egyidejű.**

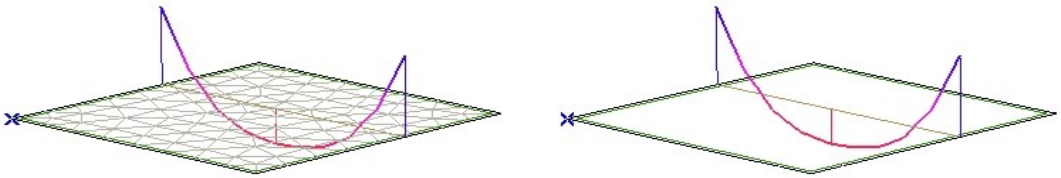
☞ **Burkoló vagy mértékadó eredmény esetén a program először minden burkoló vagy mértékadó teherkombinációban kiszámítja az integrált értéket, majd ezek szélsőértékét jeleníti meg. Az eredmény így egy konkrét teherkombinációhoz tartozik, de független a megjelenített diagramtól, ami nem egyidejű értékeket tartalmaz.**

☞ **Összegzett földrengés eredmények (X, Y, Z, +, -) esetén a program először minden modális teheresetben kiszámítja az integrált értéket, majd ezeknek a CQC vagy SRSS módszer szerint összegzett értékét jeleníti meg. Az eredmény így független a megjelenített diagramtól, ami nem egyidejű értékeket tartalmaz.**

Új metszősík

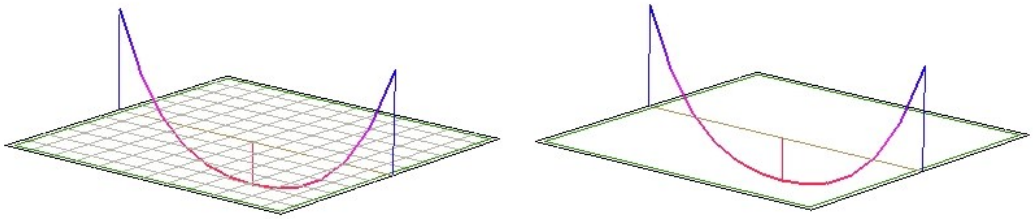
Itt mindig egy síkot kell definiálnunk, megadva egy azonosító nevet, majd valamelyik nézetben két pontjával rögzítve kell a metszősík helyzetét. Perspektív megjelenítés esetén a metszősík helyzetét három pontjával kell rögzíteni. Eredménymegjelenítéskor a metszősíkot az ábrán egy szaggatott vonallal határolt téglalap jelöli (ennek megjelenítése tetszés szerint ki-/ bekapcsolható). A metszősík a modell egészét elmetszi, s a felületeken kialakult metszésvonalak mentén ábrázolja a kiválasztott eredménykomponenst.

A metszet megjelenítését praktikusan alkalmazhatjuk azokban az esetekben, mikor a teljes szerkezetet szeretnénk megjeleníteni, de igénybevételeket a modellnek csak bizonyos részein szeretnénk ábrázolni.



Új metszet

Egy metszet definiálásakor meg kell adni egy azonosítót, majd ki kell jelölni a metszethez tartozó felületelem-széleket. A metszet definiálást rúdszerkezet esetén is alkalmazhatjuk. Ebben az esetben ki kell jelölnünk azokat az elemeket melyeket az adott nevű metszetben egyidejűleg kívánunk megjeleníteni. A kijelölt vonalaknak nem kell összefüggő hálózatot alkotniuk.

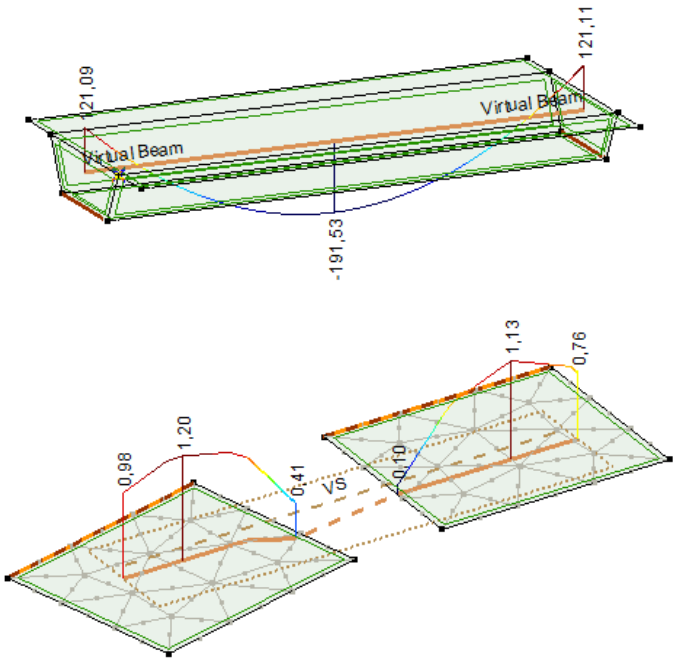


☞ **A metszetvonal iránya nincs összefüggésben az ábrázolt eredménykomponensekkel.**

2.16.19. Virtuális rúd

Virtuális rudak definiálásával a tartományokon (és a hozzájuk csatlakozó bordákon) fellépő igénybevételeket egyetlen rúd igénybevételeivé alakítva jeleníthetjük meg.

A program ilyenkor először meghatározza az egyes szerkezeti elemek belső erőit, majd a virtuális rúd lokális *x* tengelyét megadó referenciatengelyére merőleges véges sok metszetben a számított dinámrendszert az aktuális kereszt-metszet redukálási pontjába redukálja. A redukálási tengely a virtuális rúd beállításaitól függően lehet a súlyvonal, vagy egyedileg definiált egyenes.



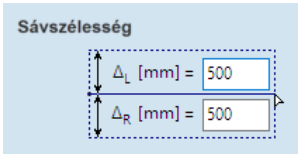
A virtuális sáv annyiban különbözik a virtuális rúdtól, hogy a rúdtengelyre merőleges metszetszakaszok nem terjednek ki a tartomány pereméig, szélességük állandó érték.
Ha a bekapcsolt részletekben szerepelnek olyan tartományok, melyekhez virtuális rudat definiáltunk, akkor a *Virtuális rúd igénybevételek* (*lásd...* **6.1.12 Virtuális rúd igénybevételei**) valamelyik eredménykomponensét kiválasztva a virtuális rúd tengelye mentén láthatjuk a redukált eredményt.
A virtuális rudak eredményei táblázatos formában is megtekinthetők a *Táblázatkezelő*ben.
Lásd... **6.1.6.1 Metszetszakasz eredménytáblázatok**

Új virtuális rúd

Virtuális rúd definiálásakor adjuk meg a nevét, majd jelöljük ki azokat a tartományokat, melyeken a virtuális rúd végigfut. Több tartomány kijelölése esetén a virtuális rúd nyomvonala nem feltétlenül lesz folytonos. Ezután meg kell adnunk a redukálási tengely típusát (ld. lejjebb).

Új virtuális sáv

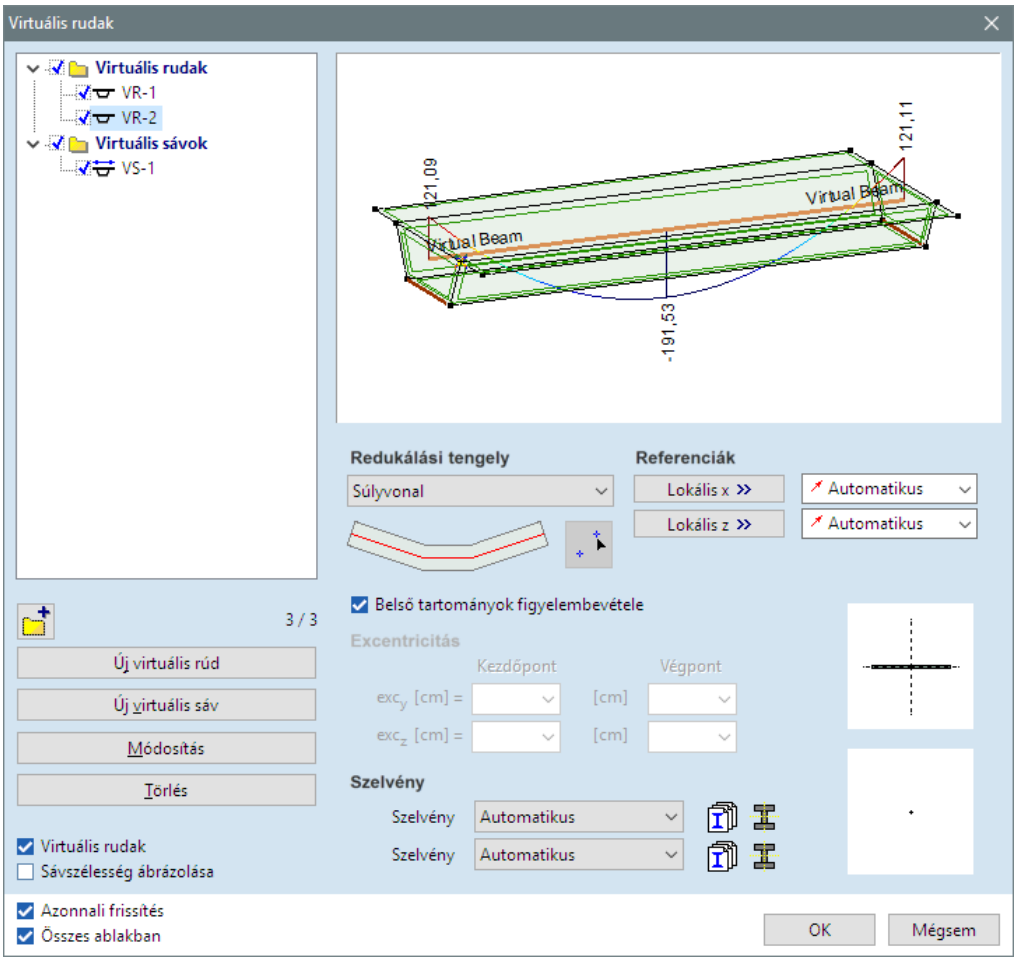
Sávos megadási mód választása esetén a rúdtengely megadása kezdő és végpont kijelölésével történik, de ez a két pont csak olyan tartományokon lehet, melyek egy síkban vannak. Újonnan definiált virtuális sávhoz automatikusan kétoldali 0,5 m sávszélesség kerül definiálásra, az értékek utólag módosítható.



☞ **A virtuális rudak keresztmetszeteinek felépítésénél a program a hálózott és hálózatlan tartományokat egyaránt figyelembe veszi, virtuális sávok esetén viszont csak a felületelemeket érzékeli, a hálózatlan tartományokat nem!**

☞ **A virtuális rudak és sávok megadása jelentősen gyorsabb lehet, ha még a modell hálózása előtt definiáljuk azokat, mert ekkor a programnak nem kell a megadás után rögtön kiszámolni a pontos súlyvonalakat a végeselemek metszésével. Ebben az esetben a metszettek felvétele a végeselem háló felvétele után történik meg.**

☞ **Elemeket áthúzni egyik típuscsoportból a másikba nem lehet!**



Redukálási tengely virtuális rúd esetén



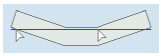
Súlyvonal: A redukálási tengely egybeesik a virtuális rúd súlyvonalával. Ekkor alapértelmezésként a virtuális rúd referenciatengelyei automatikusan kerülnek beállításra. A virtuális rúd lokális rendszerét a redukálási tengelytől függetlenül változtathatjuk a lokális x és z irányokat kijelölő referenciavektorokkal.



Egyenes: A program a lokális *x* referencia iránya mentén, arra merőlegesen felszeleteli a virtuális rúdhoz rendelt tartományokat. Egy konkrét pontban a keresztmetszet így nem más, mint a ponthoz tartozó metszősík és a tartományok közös pontjainak a halmaza. Az első és utolsó nem zérus számosságú ilyen halmaz tekinthető a virtuális rúd első és utolsó keresztmetszetének. A redukálási tengely az első és az utolsó keresztmetszet súlypontjait összekötő egyenes lesz.
A redukálási tengely iránya nem feltétlenül esik egybe a lokális x iránnyal, de függ tőle!



Pont és referenciavektor: A redukálási tengely egy referenciavektor irányú, adott ponton átmenő egyenes lesz.

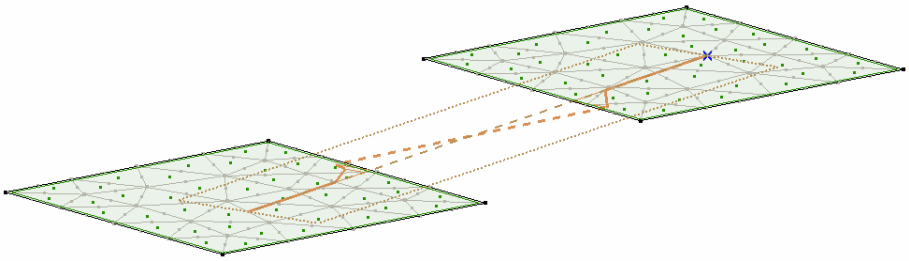


Két pont: A redukálási tengely a megadott pontokon átmenő egyenesre esik.

Redukálási tengely virtuális sáv esetén

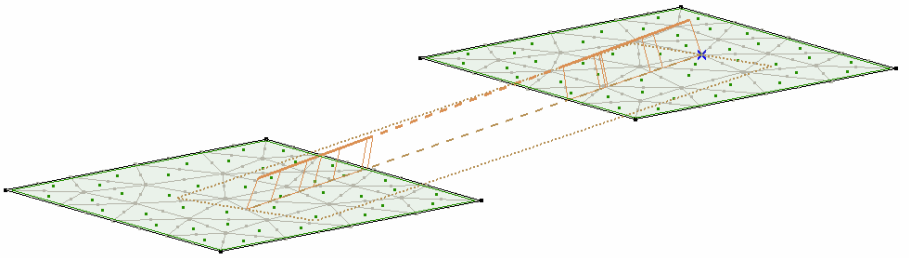


Súlyvonal: A redukálási tengely egybeesik a virtuális sáv súlyvonalával, amely a virtuális sáv, felhasználó által definiált, tengelyére merőleges síkok által létrehozott metszettek súlypontjait köti össze.



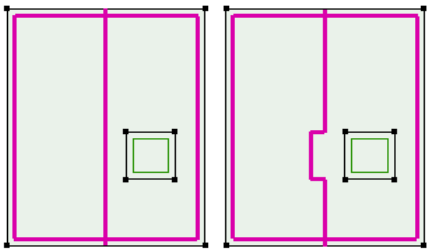


Excentrikus: A metszetek létrehozása azonos módon történik, az érintett szerkezeti elemek belső erőit a program azonban nem a súlyvonalra, hanem a virtuális sáv felhasználó által definiált tengelye kezdő- és végpontjának eltolásával kapott, azokat összekötő egyenesre redukálja.



Belső tartományok figyelembevétele

Bekapcsolt állapotban a program a nyomvonal meghatározásakor és az igénybevételek redukálásakor figyelembe veszi a virtuális rúdhoz hozzárendelt tartományok által befoglalt, kijelöletlen tartományokat is.



Azonosan definiált virtuális rudak nyomvonala a belső tartományok figyelembe vételével (balra) és anélkül (jobbra).

Referenciák

A referenciatengelyek alapértelmezésként automatikusan beállnak. Ekkor a virtuális rúd lokális *x* irányú referenciatengelye a kijelölt tartományok globális térben meghatározott befoglaló téglatestjének leghosszabb oldalával lesz párhuzamos. A virtuális rúd lokális *y, z* tengelyeit a program a rúdelemekhez hasonlóan állítja be (*lásd részletesen...* **4.9.25 Referenciák**).

Szelvény

Virtuális rúd és sáv használatakor is egyedi szelvény rendelhető az elemhez, amely a COM-szerveren keresztül lekérdezhető és a felhasználó által programozott méretezési eljárásban felhasználható.

Új mappa létrehozása



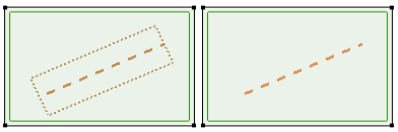
Az új mappák létrehozása lehetővé teszi, hogy a már definiált virtuális rudakat áttekinthető struktúrában tároljuk, illetve a mappákba sorolt virtuális rudak együtt kapcsolhatóak be- és ki. Az új mappa az alá a mappa alá kerül, amelyen a létrehozás pillanatában állunk. A virtuális rúd egérrel másik mappába áthúzható (természetesen csak a típusán belül), a [Ctrl], [Shift] billentyűk és egér bal gomb használatával csoportos kijelölés is lehetséges.

Virtuális rudak

Ki/bekapcsolható a modellen a virtuális rudak megjelenítése.

Sávszélesség ábrázolása

Ki/bekapcsolható a modellen a virtuális sávok sávszélességének jelölése.

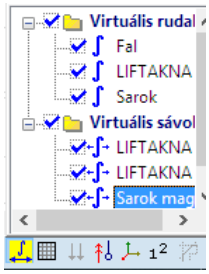


Azonosan definiált virtuális sáv a sávszélesség ábrázolásával (balra) és anélkül (jobbra).

Gyorskapcsoló



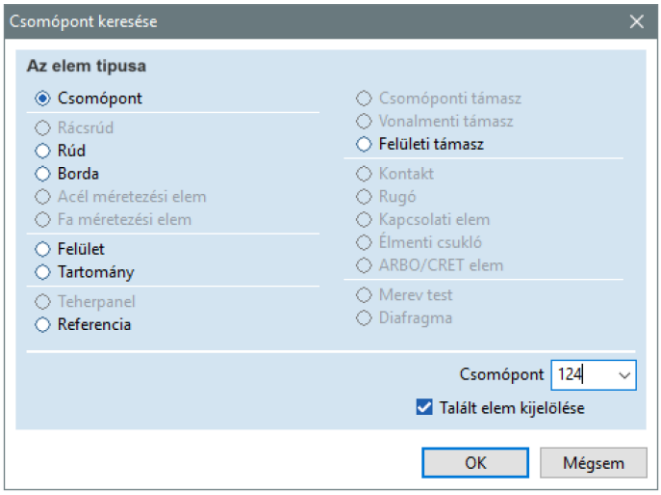
A gyorskapcsolók közt is található egy, a virtuális rudak és sávok bekapcsolására alkalmas gomb.



2.16.20. Keresés



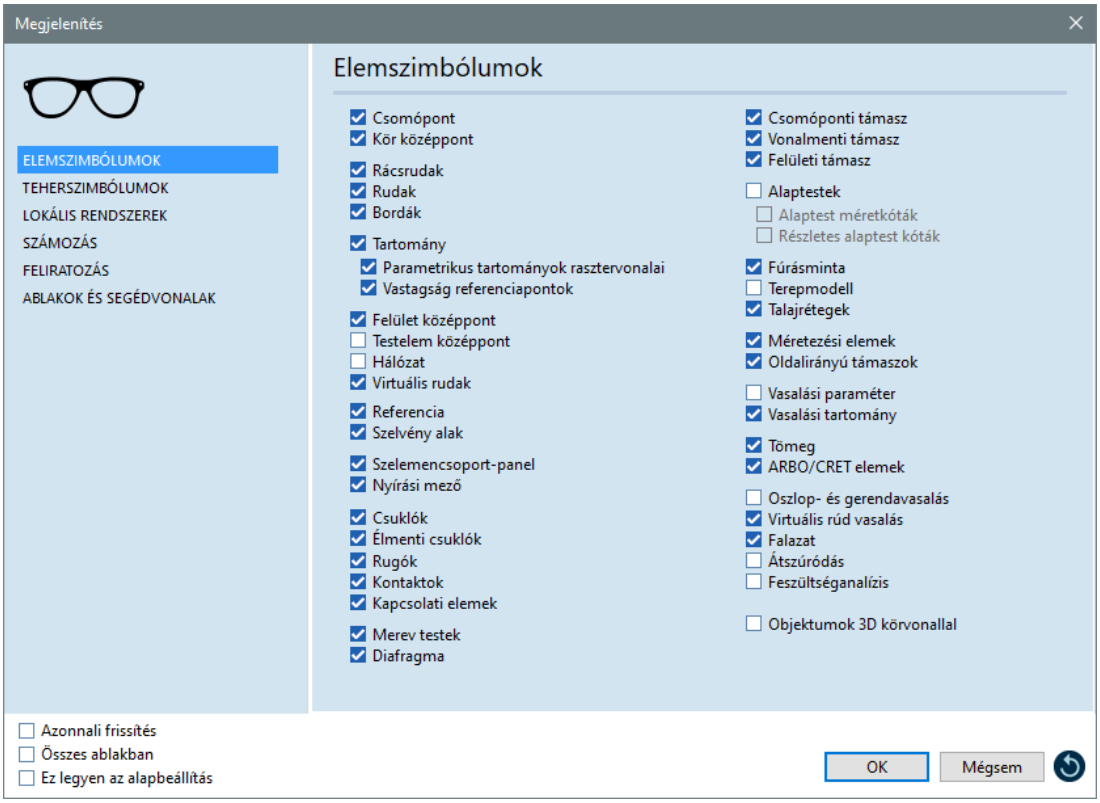
Megkeresi a megadott sorszámú csomópontot vagy végeselemet, és rápozícionálja a kurzort. Ha bekapcsoljuk a *Talált elem kijelölése* kijelölőnégyzetet, a program a megtalált elemet lila színnel ki is jelöli.



Elemek keresésre használható az intelligens parancssor is, ott akár egyszerre több elemet is megkereshetünk (kijelölhetünk). *Lásd...* **2.17 Az intelligens parancssor.**
Ha a *Keresés* funkciót *Drón* üzemmódban használjuk (*lásd...* **2.16.16 Drón**), a keresés eredményéhez a drón odaröpül.

2.16.21. Megjelenítés

Elemszimbólumok



A kiválasztott elemszimbólumok megjelenítése

A leggyakrabban használt szimbólumok ki/be kapcsolását gyorskapcsolón -  - is elérheti.
A szimbólumok megjelenítése módosítható a *Beállítások/Alapbeállítások/Szimbólumok* menüpontban.

Grafikus szimbólumok



Csomópont
A csomóponti pontok (kisméretű fekete négyzet) megjelenítése

Rácsrudak, Rudak, Bordák
A vonalelemek típus szerint színezett megjelenítése

Virtuális rudak
- A virtuális rúd tengelyvonalát a tartományon futó vastag világosbarna vonal jelöli.

Kör középpont
- A kör vagy ív középpontját kereszt szimbólummal jeleníti meg

Tartomány
A tartományt a kontúron belül futó körvonal jelzi.
- A körvonal színe a felület típusára utal:
  lemez = piros tárcsa = kék héj = zöld

Parametrikus tartományok rasztervonalai
- A rasztervonalak is a felület típusának megfelelő színben jelennek meg. Sűrűbordás vagy kompozit bordás tartományok bordahálózatának rasztervonalai vastag, az üreges födémek üregeinek rasztervonalai vékony szaggatott vonalak.

Vastagság referenciapontok
- A változó vastagságú tartomány definiálásakor megadott vastagság referenciapontok barna szaggatott vonallal rajzolt keresztként jelennek meg, és szaggatott barna vonal köti össze őket. A vastagságérték csak akkor jelenik meg, ha a *Feliratozás* fülön a *Tulajdonságok / Vastagság* opciót bekapcsoltuk.

Felületközéppont
A felület-végeselemek középpontja (azonosító pontja) is a felület típusának megfelelő színű.

Hálózat

A végeselem hálózat belső vonalainak megjelenítése

- Kikapcsolt állapot esetén a generált hálóvonalak nem jelennek meg.

Támaszok

- *Csomóponti támasz:* támasztengely irányú vastag vonal
  Vonalmenti támasz: élirányú vastag vonal
  Az *eltolódási támaszok* sárgák, az *elfordulási támaszok* narancsszínűek.
  Felületi támasz: világos barna sraffozással jelzi a program.

Alaptestek ábrázolása

- A Vasbeton méretező oldalon tervezett alaptestek a számított/beállított alakjukkal és méretükkel jelennek meg.
  Kóták
  - Az alaptest főbb méretei az alaptest kóták beállításának megfelelően jelennek meg. *Lásd...* **2.16.11.10 Alaptest kóták beállítása**

Kapcsolati elem

- *Pont-pont kapcsolati elem* esetén a pontokat zöld vonal köti össze, a kapcsolat helyét a nyílhegy mutatja.
  Vonal-vonal kapcsolati elem esetén a vonalak középpontját folytonos, a végpontokat pedig szaggatott zöld vonal köti össze. A kapcsolat pozícióját itt is a nyílhegy mutatja.

Merev test

- A merev testek vastag fekete vonallal jelennek meg a képernyőn.

Diafragma

- A diafragmák vastag lila szaggatott vonallal jelennek meg a képernyőn.

Referencia

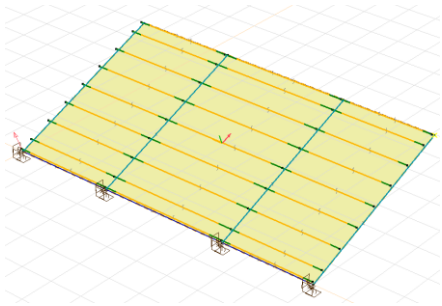
- Jelölésük: piros vektor, kereszt, háromszög

Szelvényalak

- A szelvény alakjának ábrázolása méretarányos.
  Egyedi típusú szelvények esetén a befoglaló téglalap jelenik meg.

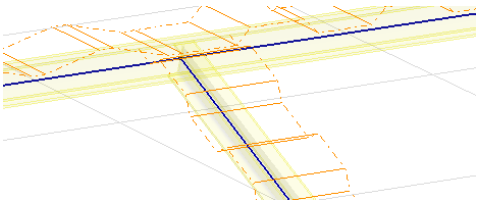
Szelemencsoport-panel

- A szelemcsoport-panelt halványsárga átlátszó kitöltés jelzi, a szelemenek narancssárgák, átfedő szakaszaik zöldesek.
  A panel, mivel csak logikai egység, a látványterven nem jelenik meg



Nyírási mező

- A nyírási mezővel merevített elemek fölött trapézlemez-jellegű minta jelenik meg, szaggatott szélekkel, a látványterven is. Maga a burkolatelem nem rajzolódik ki.



Csuklók

Rúdvégi csuklók megjelenítése:

- kék kör: rúdvégi csukló / görgő
  kék kör kereszttel: rúdvégi félmerev csukló
  piros kör: rúdvégi gömbcsukló
  kék, kitöltött kör: rúdvégi képlékeny csukló

Élmenti csuklók megjelenítése:

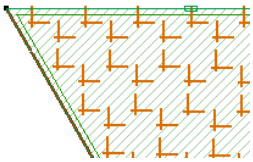
- A peremre rajzolt karikákkal jelzi a program

Méretezési elemek

- Fa vagy acél méretezési elemek jele narancssárga vonal az elem mentén, rajta a méretezési elem sorszáma.

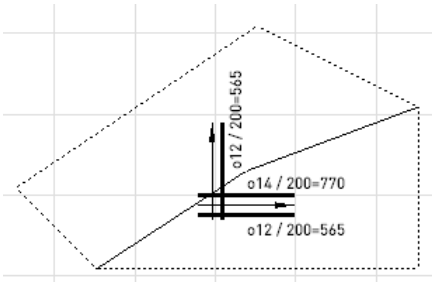
Vasalási paraméter

- A felületelemek középpontjára rajzolt két egymást metsző vonal jelzi, hogy a felülethez hozzá van rendelve vasalási paraméter. A vonalak iránya illusztrálja a beállított vasalási irányokat (*lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**).



Vasalási tartomány

- A hálófüggetlen vasalási tartományt szaggatott barna körvonal jelzi.
  A tartomány közepén megjelennek az *x* és *y* irányú alsó és felső vasmennyiségek is, a szimbólumot folytonos barna vonal köti össze a tartomány két csúcspontjával.



Tömeg

A csomópontokon definiált koncentrált tömegek megjelenítése.

- Jelölés: piros színnel kitöltött körrel

ARBO-CRET elemek

A modellben elhelyezett Aschwanden ARBO-CRET elemek

- Az elem vázlatos rajza.

AIRDECK elemek

A modellben elhelyezett AIRDECK elemek megjelenítése

- A kitöltő elemek drótváz-nézetben körként, látványtervben gömbökként jelennek meg.

Vastagság referenciapontok

Változó vastagságú tartományok megadásakor megjelölt referenciapontok, a hozzájuk tartozó vastagságértékekkel.

- Narancssárga keresztek, az összetartozó pontok között narancssárga szaggatott vonalak.

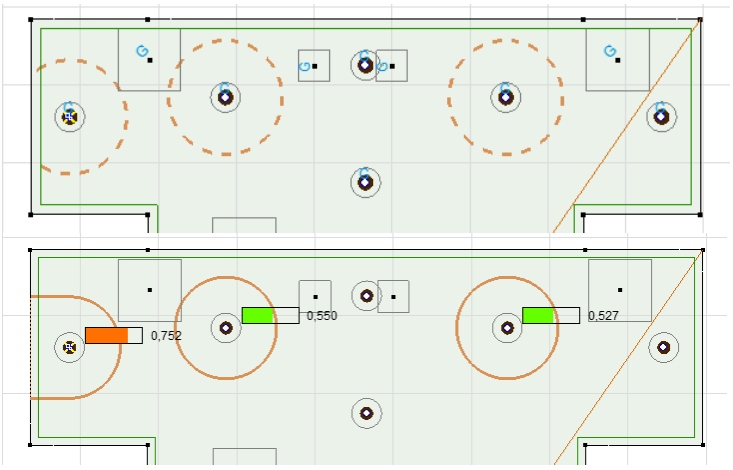
Falvasalás

Falvasalás vizsgálatánál figyelembe vett keresztmetszet az alkalmazott vasalással kiegészítve.

- Részletes leírás a falvasalás ábrázolásáról a **6.5.15 fejezet**ben található.

Átszúródás

Azon oszlopok, falsarkok, falvégek körül, melyekhez átszúródásvizsgálati paramétereket adtunk meg, szaggatott vonalakkal jelölt szimbólum jelenik meg. Ha a tényleges átszúródásvizsgálatot is elvégeztük, annak eredménye és a legkisebb átszúródási kerület rajza is megjelenik

- 

Feszültséganalízis paraméterek

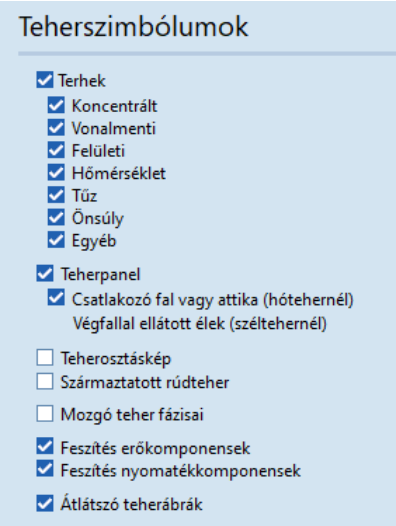
Vasbeton keresztmetszet feszültséganalízise során figyelembe vett paraméterekkel rendelkező szerkezeti elemek kiemelése.

- Feszültséganalízis paraméterekkel rendelkező elemek jelölése cikk-cakk vonallal.

Objektumok 3D körvonallal

Ezzel a kapcsolóval a vonal-és felületelemek tényleges geometriáját (a szelvény, a vastagság, az excentricitás ismeretében) drótváz ábrázolási módban is láthatóvá tehetjük. A körvonalak színe az elem építészeti típusa szerint (oszlop, gerenda, fal, födém) változik. Áttetszően megjelenik a térbeli test is. Az áttetszőség mértéke szabályozható. *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Teherszimbólumok



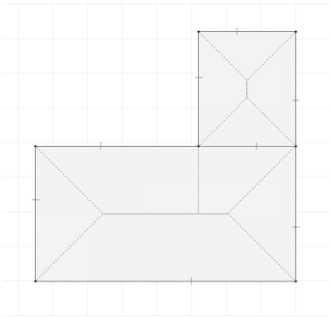
Terhek megjelenítése

A teherszimbólumok megjelenítését tehertípusonként szabályozhatjuk.



A következő tehertípusok között választhatunk:
koncentrált erő, vonalmenti megoszló teher, felületi megoszló teher, hőmérsékleti teher, tűzteher, önsúly, mozgó teher fázisai, egyéb (hosszváltozás, feszítőerő).

Felületi terhek eloszlásának ábrázolását rúdszerkezeten (lásd a jobboldali ábrát) a *Teherosztáskép* kapcsolóval állíthatjuk be.



Teherpanel

A teherpanelek kontúrját zöldeskék, vastag, szaggatott vonal jelzi. Tartományhoz rögzített teherpanelek esetén a tartománykontúr szakaszain kis téglalapok jelzik, hogy nem önállóan megadott teherpanelről van szó.

Csatlakozó fal vagy attika / Végfallal ellátott élek

Hóteher megadásakor megjelölhetők azok a peremek, ahol a teherpanelhez fal vagy attika csatlakozik, széltehernél pedig a végfallal ellátott élek.
Ezeket az él mentén végig futó világosbarna téglalap jelzi.

Teherosztáskép, Származtatott rúdteher

Rudakon szétosztott felületi terhek esetén megjeleníti az osztásképet illetve a szétosztásból származó rúdterheket.

Mozgó teher fázisai

Bekapcsolása esetén a mozgó terhek összes fázisa megjelenik szürke színben.
Kikapcsolása esetén a mozgó teher mindig az aktuális tehereset szerinti fázisban látható.

Feszítés erőkomponensek, Feszítés nyomatékkomponensek

Utófeszített szerkezetek feszítőkábeleinek a szerkezetre gyakorolt erő és nyomatékkomponenseit jeleníti meg a szerkezeten a PS1 modullal kapott eredmények alapján.

Átlátszó teherábrák

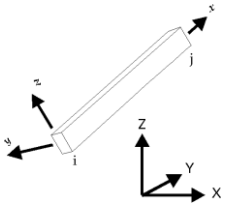
Bekapcsolása esetén a teherábrák kitöltése átlátszóvá válik, ellenkező esetben átlátszatlan.

Lokális rendszerek

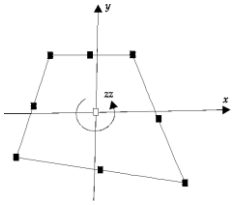


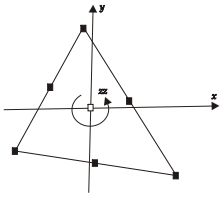
A kiválasztott típusú végeselemek lokális koordinátatengelyeit jeleníti meg.





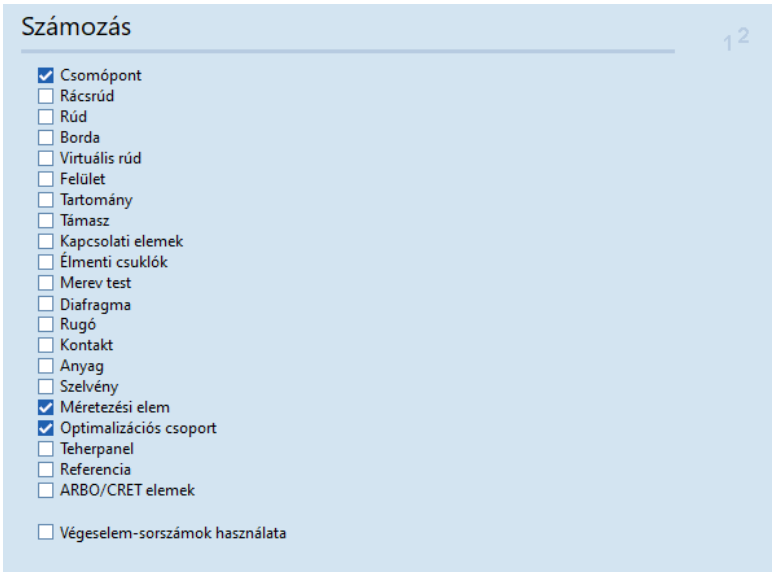
Rúd lokális koordináta-rendszere

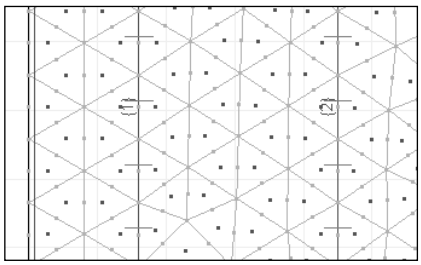




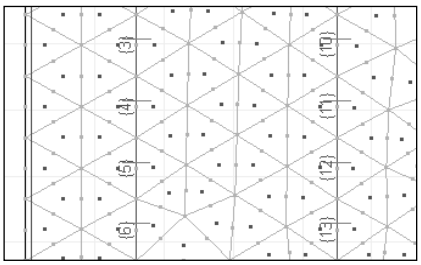
Felületelemek lokális koordináta-rendszere

Számozás





A csomópontok, elemek, anyagok, szelvények, referenciák sorszámait jeleníti meg.



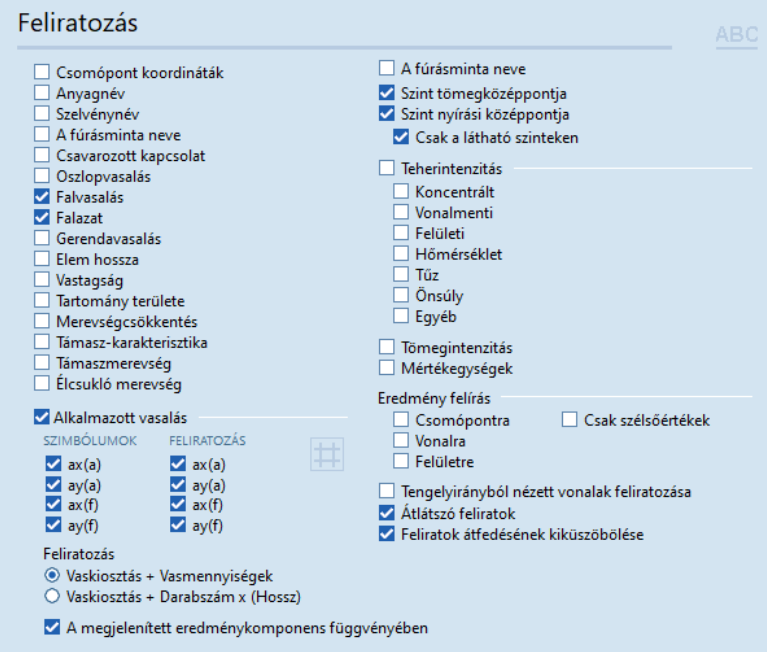
Behálózott vonalelemek esetén a *Végeselem-sorszámok használata* kapcsolóval feliratozható az elemet alkotó végeselemek száma.

Végeselem sorszámok használata

A kapcsoló hatására a rajzon a végeselemek sorszáma jelenik meg, a táblázatkezelőben pedig a táblázatok is végeselemekre bontva szerepelnek. Kikapcsolt állapotban a sorszámok szerkezeti elemekre vonatkoznak (egy szerkezeti elem több végeselemből is állhat) és a táblázatokban is a szerkezeti elemek láthatóak.

Szerkezeti elemek összeállítása *lásd...* **3.2.14 Szerkezeti elemek összeállítása**
Szerkezeti elemek szétbontása *lásd...* **3.2.15 Szerkezeti elemek szétbontása**

Feliratozás



Tengelyirányból nézett vonalak feliratozása

A *Tengelyirányból nézett vonalak feliratozása* kapcsolóval ki/be kapcsolható a feliratozás azokon a vonalakon, melyeket a tengelyük irányából láthatunk (vagyis pontként jelennek meg a képernyőn).

Átlátszó feliratok

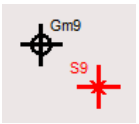
Amennyiben ez a kapcsoló bekapcsolt állapotban van, a program a feliratokat áttetsző háttérrel rajzolja ki. Ellenkező esetben a feliratok egy háttérszínnel kitöltött kis téglalapra kerülnek.

Feliratok átfedésének kiküszöbölése

Az opció bekapcsolásakor a program igyekszik a feliratokat úgy elhelyezni, hogy a szövegek ne fedjék egymást. Ahol ez nem megoldható, ott a kevésbé fontos feliratok kikapcsolásával igyekszik biztosítani az olvashatóságot. Ilyenkor a rajzba belenagyítva egyre több felirat bukkan fel.
Nagy számú felirat esetén az optimalizálás időigényes lehet.

Szint tömegközéppontja

Ha a modellben megadtunk földrengés-szinteket, földrengés-terheket, és a statikai számításnak van eredménye, bekapcsolható a szintek tömegközéppontjának jelölése: fekete kereszten fekete kör, mellette *Gm<szint indexe>*.



Szint nyírási középpontja

Bekapcsolható a szintek nyírási középpontjának (**3.3.4.1 Szintek nyírási középpontja**) jelölése: piros kereszten piros x, mellette *S<szint indexe>*.

A *Csak a látható szinteken* kapcsolóval beállítható, hogy csak a látható szintekhez tartozó középpontok jelenjenek meg.

Tulajdonságok

Feliratozhatóak az elemek és terhek különböző paraméterei: anyag, szelvény, rúdhossz, vastagság, teherintenzitás, tömegintenzitás, nyírási merevségcsökkentés, földrengés merevségcsökkentő tényezők stb. Ha a *Mértékegységek* jelölőnégyzete bekapcsolt állapotú, akkor az értékek után az aktuális mértékegységek is megjelennek.

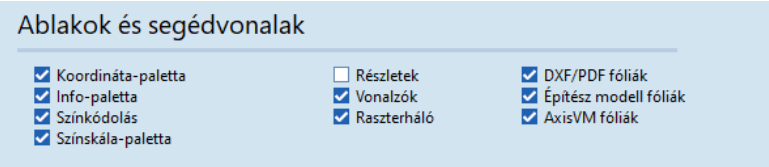
Alkalmazott vasalás

Az *x* és *y* irányú alsó és felső vasmennyiségek szimbólumai, feliratozása kapcsolható be komponensenként, illetve beállítható a feliratozás módja.



A megjelenített eredménykomponens függvényében jelölőnégyzet bekapcsolásakor az éppen ábrázolt irányú, számított vasmennyiségekhez tartozó tényleges vasalás jelenik meg.

Ablakok és segédvonalak



Információs paletták

Koordináta-paletta *Lásd...* **2.19.3 Koordináta-paletta**
Info-paletta *Lásd...* **2.19.1 Info-paletta**
Színkódolás *Lásd...* **2.19.2 Színkódolás**
Színskála-paletta *Lásd...* **2.19.4 Színskála-paletta**

Megjelenítés

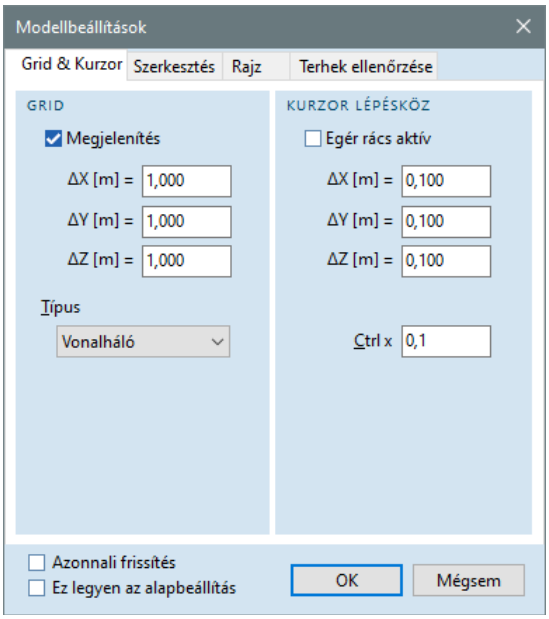
Részletek	Egyedi és/vagy logikai részletek megjelenítésének bekapcsolása
Vonalzók	Vonalzók megjelenítésének bekapcsolása
Raszterháló	Raszterháló bekapcsolása
DXF/PDF fóliák	DXF/PDF fóliák bekapcsolása
Építész modell fóliák	Építész modell fóliák bekapcsolása
AXISVM fóliák	AXISVM fóliák bekapcsolása

Azonnali frissítés Bekapcsolása esetén a változások azonnal megjelennek az ábrán.

Összes ablakban frissítés Bekapcsolása esetén a frissítés minden ablakban megtörténik.

Ez legyen az alapbeállítás Bekapcsolása esetén minden új modellnél a beállított szimbólumok, feliratok és kapcsolók lesznek érvényben.

2.16.22. Modellbeállítások



Grid & Kurzor

Segédháló A grid (segédháló) a kurzormozgatás vizuális segédeszköze. Beállítástól függően vonalháló vagy pontrács formájában jelenik meg.

Háló	A tengelyeket sárga egyenesek jelzik, a hálóvonalak szürkék
Pontrács	A tengelyeket sárga keresztek jelzik, a hálóosztásokat szürke pontok

A gridnek az alábbi jellemzőit adhatjuk meg:

Megjelenítés	A grid megjelenítése kapcsolható ki és be.
ΔX, ΔY, ΔZ	A grid osztástávolsága állítható be a tér három iránya szerint.
Típus	A grid típusa választható ki (vonalháló vagy pontrács).

A segédhálót a kurzorlépés (snap) méretére beállítva olyan rácsrendszert alakíthatunk ki, ahol csak a hálóvonalak metszéspontjaiba tehető csomópont, ami modulrendszerre épülő geometriánál jól áttekinthető szerkesztést tesz lehetővé.

Kurzor lépésköze

ΔX, ΔY, ΔZ

A kurzor billentyűzetről történő mozgatásának lépésközét szabályozza. Egy nyílbillentyű lenyomására a beállított *ΔX, ΔY, ΔZ* lépésközzel mozdul el a kurzor az adott irányba.

Ctrl x

Beállítható, hogy a **[Ctrl]** gombbal együtt lenyomva a kurzor billentyűket az alap mozgatási érték hányadára csökkenjen vagy hányszorosára növekedjen, a kívánt beállítási pontosságnak megfelelően.

Egér rács aktív

Az itt szerepelő kapcsoló beállításával a kurzort (szálkeresztet), a billentyűzettel és az 🖱-rel azonos módon mozgathatjuk. Ez a mód csak a geometriai szerkesztésben aktivizálható, ha valamelyik parancsikon aktív.

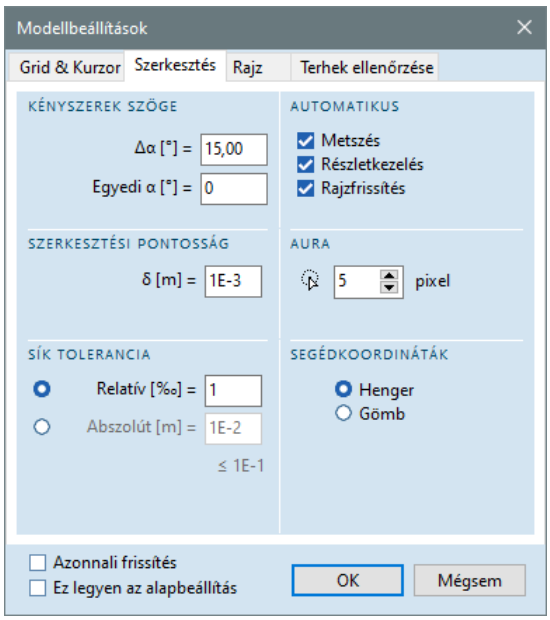
*A **[Ctrl]** billentyűt az 🖱-rel is használhatjuk, ha az 🖱 rács aktív bekapcsolt állapotban van.*

☞ **A kurzor-lépésköz inaktívvá válik, ha egy nem a globális koordinátatengelyekkel párhuzamos vonalra ráállunk. Ez esetben a kurzor a vonalon mozog.**

☞ **Ha a szerkesztési pontosság értékét nagyobbra állítjuk, mint a kurzor-lépésköz, akkor az egér a beállított kurzor lépésköz helyett a szerkesztési pontosság értékével mozog.**

A kötött irányok használatánál a kurzor-lépésköz a rögzített irányban van értelmezve, tehát a kurzor a kijelölt irányban fog a megadott kurzorlépéssel mozogni, mégpedig a három érték közül (ΔX, ΔY, ΔZ) az elsőnél megadott értékkel. *Lásd részletesen...* **4.7.4 Kötött irányok**

Szerkesztési paraméterek beállítása



Kényszerek szöge Itt adhatók meg a Δα és az *egyedi* α értékei. *Lásd részletesen...* **4.7.4 Kötött irányok**

Automatikus A bekapcsolt funkciók a szerkesztés alatt automatikusan végrehajtásra kerülnek.

Metszés

Ha az automatikus összemetszés aktív állapotú, akkor új hálózati elem létrehozásakor az egymást metsző vonalak metszéspontjába automatikusan csomópont generálódik, és az elemek kettéosztódnak. Aktiválása ill. kikapcsolása a *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Automatikus / Metszés* menüpontban történhet. A felületelemként definiált elemeket felületelemekre osztja. Ha olyan elemeket metszünk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket.

Részletkezelés

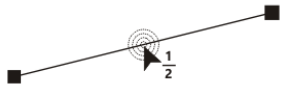
Ha az automatikus részletkezelés aktív állapotú, akkor egyedi részletek megjelenítésekor az újonnan létrehozott elemek automatikusan bekerülnek az aktív részletekbe. Logikai részletek esetén az elemek kezelése mindig automatikus.

Rajzfrissítés

Automatikus rajzfrissítés minden művelet után.

Szerkesztési pontosság Az itt megadott távolságon belüli pontokat a hálózatellenőrző összeolvasztja. Rúdhosszak vizsgálatánál szintén ezen a pontosságon belül tekinti egyezőnek a program az értékeket.

Aura (kurzor környezet) A kurzorral való rámutatás során azt az elemet (csomópontot, vonalat) találja meg, amely az auráján belülre esik. Ha több elem van az aurán belül, akkor a középponthoz legközelebbit választja.
Mértékegysége pixel (képpont).
Lásd részletesen... **4.7.1 Vonzáskör (aura)**



Síktolerancia

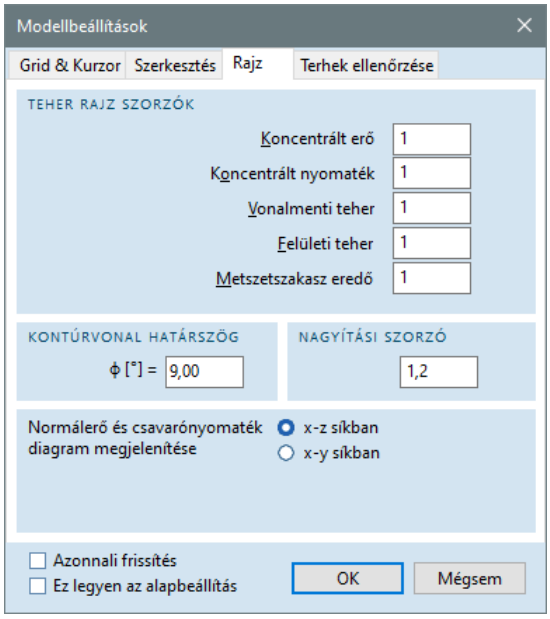
A tartományok és a felületelemek csomópontjainak egy síkban kell elhelyezkedniük. Ha a tartomány vagy felületelem egy pontja az itt beállított értéknél nagyobb mértékben eltér az elem többi pontja által meghatározott síktól, akkor az elem törlődik.
A toleranciát az alábbi módokon adhatjuk meg:

Relatív [%] : az elem poligonjának legnagyobb kiterjedésének %-ában
Abszolút [m] : egy adott értékkel

Segédkoordináták

Henger / Gömb, *lásd részletesen...* **4.3.2 Segéd- (henger-, gömb-) koordináta-rendszerek**

Rajz

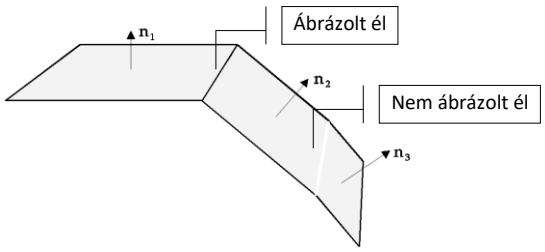


Teherrajz-szorzók

A terhek grafikus megjelenítési szorzóit állíthatjuk be.
A terheket egy minimális és egy maximális ábrázolási érték között arányosan jeleníti meg a program. A szorzókkal a minimális és a maximális ábrázolási értékeket tudjuk befolyásolni. A szorzó csak a megjelenítést befolyásolja, a teher értékét nem. Típusai a következők:

Koncentrált erő	A koncentrált teher megjelenítési szorzója.
Koncentrált nyomaték	A koncentrált nyomaték megjelenítési szorzója.
Vonalmenti teher	Az élmenti teher megjelenítési szorzója.
Felületi teher	A megoszló teher megjelenítési szorzója.
Metszetszakasz eredő	Ez a szorzó a metszetszakaszon ábrázolt mennyiség metszetszakaszra számított eredő értékét jelölő nyíl nagyságát befolyásolja.

Kontúrvonal-határszög



Két vagy több szomszédos felületelem közös éle nem rajzolódik, ha a normálvektoraik által bezárt szög kisebb az itt beállított értéknél.

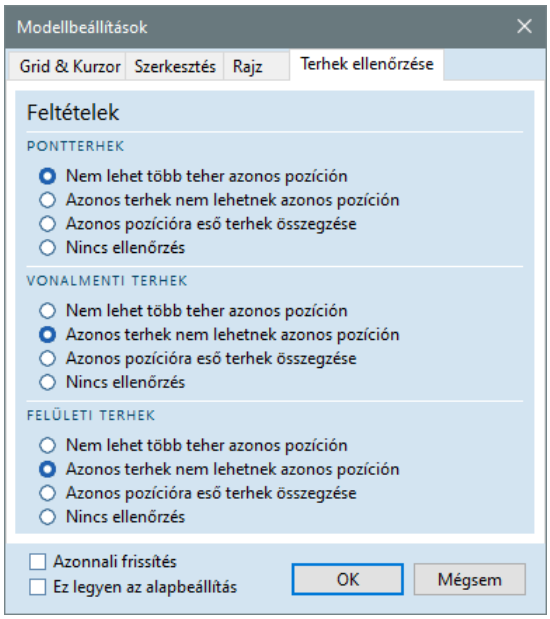
Nagyítási szorzó

A nagyítás/kicsinyítés léptékét állíthatjuk be, melyet a [+] / [-] billentyűkkel aktivizálhatunk.

Diagram síkja

Az AXISVM a normálerő és csavarónyomaték eredménydiagramokat a 12-es verzióig mindig az elem lokális *x-z* síkjában rajzolta, itt beállítható az *x-y* sík is.

Terhek ellenőrzése



Itt állítható be, milyen feltételek alapján ellenőrizze a program megadás után a pontterheket (csomóponti, ill. rúdra vagy tartományra megadott koncentrált terheket), a vonalelemekre vagy tartományokra helyezett vonalmenti terheket, illetve a tartományokra és teherpanelekre ható felületi terheket.

Nem lehet több teher azonos pozíción:
Ha egy teher egy már létező teher pozíciójára esik, törlődik.

Azonos terhek nem lehetnek azonos pozíción:
Ha egy teher egy vele azonos intenzitású teherrel egy pozícióra kerülne, törlődik.

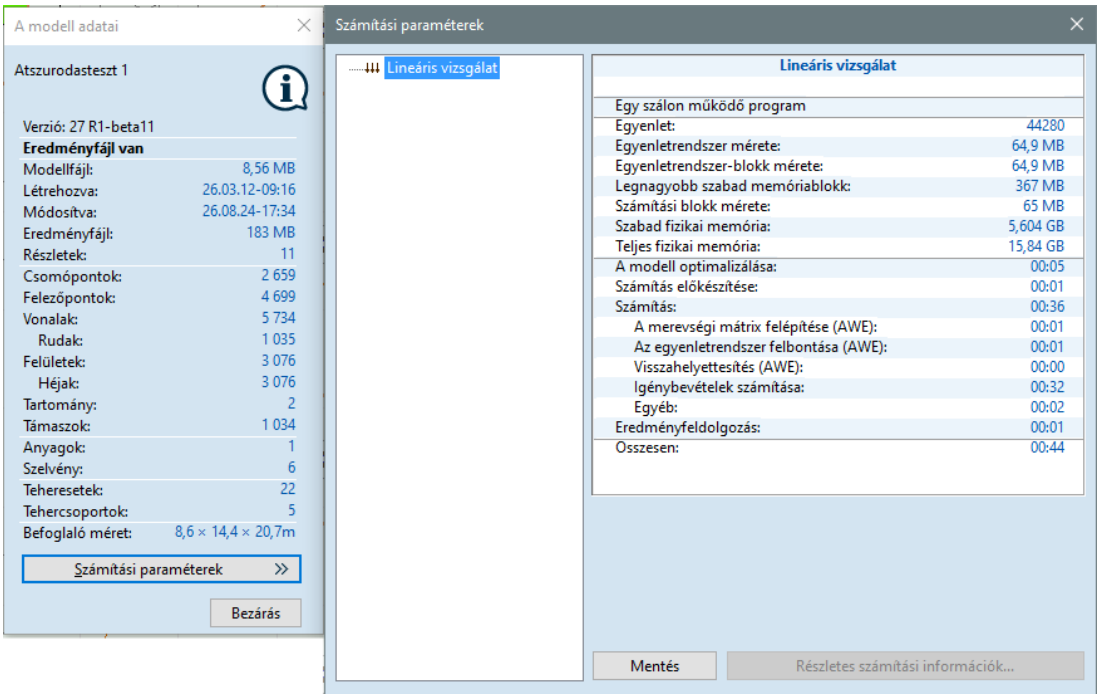
Azonos pozícióra eső terhek összegzése:
Ha egy teher egy már létező teherrel egy pozícióra kerül, az intenzitása hozzáadódik.

Nincs ellenőrzés:
Ugyanarra a pozícióra több, akár azonos teher is megadható.

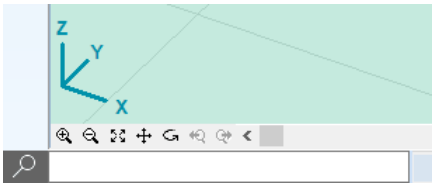
2.16.23. Információ



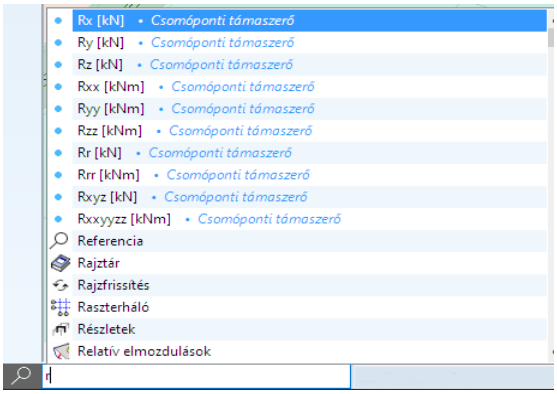
Információt ad az aktuális modell adatairól, mint például: csomópontok száma, végeselemtípusonként az elemek száma, teheresetek és teherkombinációk száma.
A *Számítási paraméterek* gombra kattintva számítási idők és egyéb számítási adatok is lekérdezhetőek.

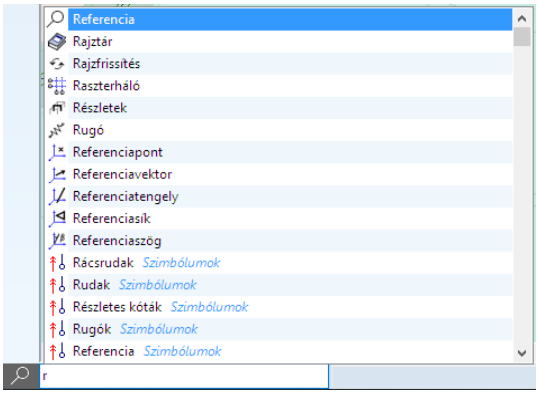


2.17. Az intelligens parancssor



A szerkesztőmezőbe kattintva vagy a *Ctrl+F* gyorsbillentyű lenyomása után a program a beírt szöveg alapján igyekszik kitalálni, mit keresünk. A beírt szöveget nem csak a kifejezés elején keresi, hanem annak belsejében is, de azok a kifejezések, melyek a beírt szöveggel kezdődnek, a lista elejére kerülnek.
A lista tartalma függ attól is, melyik fülön vagyunk.
Statika fülön pl. megjelennek az eredménykomponensek, az *Elemek* fülön nem.





Beírás közben bizonyos billentyűknek speciális funkciója van:

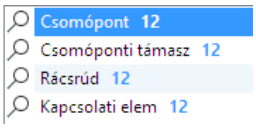
↑ ↓	Fel-le mozoghatunk a listában
Enter	A kijelölt listaelemhez tartozó funkció végrehajtása
Esc	Megszakítja a keresést

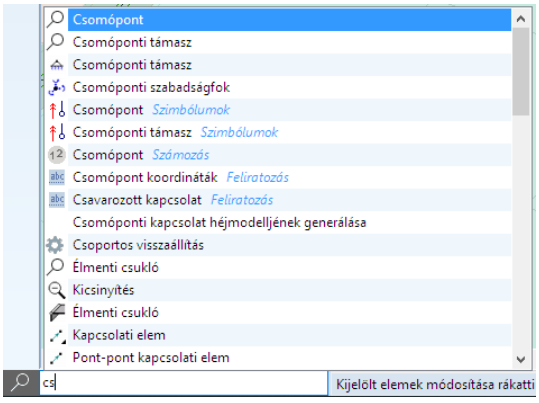
A listában megjelennek:

- Az összes parancs (menü, ikontábla, eszköztár-ikonok, koordináta-ablak funkciók stb.) amihez billentyű-kombinációt lehet rendelni
- A *Megjelenítés* dialógusablakon (**2.16.21 Megjelenítés**) ki/bekapcsolható szimbólumok, feliratozások, kapcsolók
- Teheresetek (*Terhek* fülön)
- Eredménykomponensek, terhelési szituációk (eredménymegjelenítő füleken)
- A *Beállítások / Alapbeállítások* ablakban állítható funkciók
- A *Beállítások / Szervíz* ablakban (csavarkulcs) állítható értékek
- Elemek kereshetők sorszámuk alapján
- Elemek jelölhetők ki, feltételek alapján is

Elemek keresése

Ha pl. a 12. csomópontot keressük, a „**cs**” beírása után a jobboldali ábrán látható találatokat kapjuk (ha vannak kereső funkció találatok, azok a lista elejére kerülnek). Ha a beírást szóközzel és a **12** beírásával folytatjuk, a találatok leszűkülnek a kereshető elemekre:





A listából a megfelelő elemet választva Enter hatására a keresett elem kijelölődik és az egérkurzor is rááll.
Összefoglalva, a 12. csomópont keresése: **cs 12**[Enter].
Mivel a kereső a kifejezés belsejében is megtalálja a keresett szöveget, a 7. csomóponti támaszt akár így is kereshetjük: **tám 7**[Enter].

Többszörös keresés

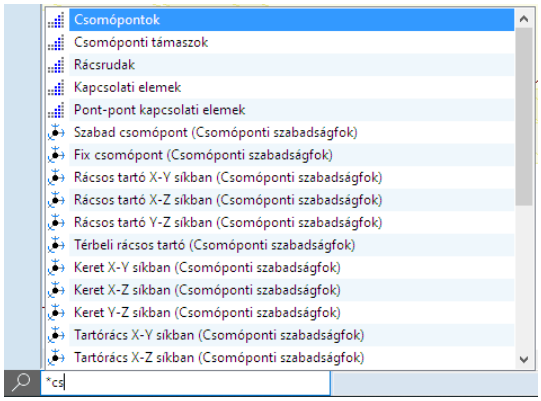
Megadhatunk több, vesszővel elválasztott sorszámot is.
Az 1., 2., és 7. csomópont kijelölése tehát: **cs 1,2,7**[Enter]

Kijelölés

Kijelölés és kijelölés megszüntetése is lehetséges parancssorból. Ha részlet van bekapcsolva, a kijelölés mindig az aktív részletben látható elemekre vonatkozik.

Egyszerű kijelölés

Ha a beírt szöveg elején ***** karakter van, kijelölés történik.
Ha ***-** áll a szöveg elején, akkor kijelölés eltávolítása történik.
Mindent kijelölni a *****[Enter], minden kijelölést megszüntetni a ***-**[Enter] beírásával lehet.
Az összes csomópont kijelölése a fentiekhez hasonlóan: ***cs**[Enter].
Adott szabadságfokkal rendelkező csomópontok is egyszerűen kijelölhetőek.
Rudak, rácsrudak, bordák, tartományok, egyéb elemek hasonlóképpen jelölhetők ki.



Kijelölés tulajdonság alapján

Ha a ***** után elkezdjük beírni az anyag vagy szelvény nevét (vagy azt, hogy **any**, **szel**) bizonyos anyagú vagy szelvényű elemeket jelölhetünk ki. A ***Alsó borda, *Borda középsíkban, *Felső borda** kifejezésekkel adott excentricitású bordákat jelölhetünk ki. A kifejezéseket nem kell végigírni, mert a ↑ ↓ nyilakkal kiválaszthatók a listából. A ***Változó keresztmetszet** a változó keresztmetszetű vonalelemeket, a ***Változó vastagságú** a változó vastagságú tartományokat jelöli ki. A speciális típusú tartományokra (***Sűrűbordás, *Üreges, *Kompozit bordás födém, *Trapézlemezes födém, *CLT, *Egyedi merevségi mátrix**) is kereshetünk. Beírhatunk építészeti típust is (***Gerendák, *Oszlopok, *Falak, *Födémek**).

Kijelölés paraméter alapján

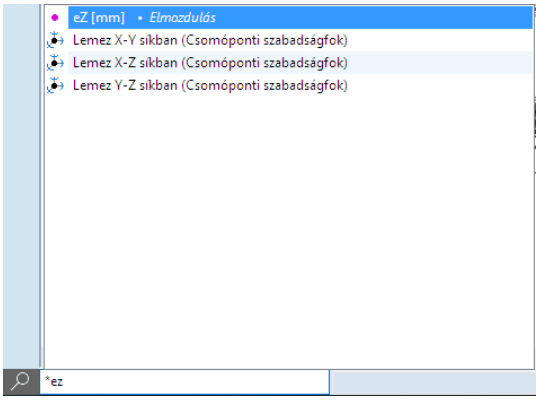
Elemek egyes tulajdonságaik szerint is kijelölhetőek. Ha pl. az 5 m-nél hosszabb vonalelemeket szeretnénk kijelölni, így tehetjük meg: ***ho**[Enter] hatására a parancssorba kerül a ***Hossz (m)** kifejezés, a lista helyén pedig súgószöveg jelenik meg:

Írja be a szűrőfeltételt, majd nyomjon Entert!
Például: >0, >=10, <>20, =30, <=40, <50

A beírást folytatva: ***Hossz (m) > 5**[Enter] hatására a feltételnek megfelelő vonalelemek kijelölődnek.
A feltétel a >, >=, <>, =, <= és < karakterkombinációkat, illetve egy számértéket tartalmazhat.
Jelenleg a következő parametrikus keresések lehetségesek: ***Hossz** (vonalelemek), ***Borda excentricitása, *Terület** (tartományok), ***Vastagság** (tartományok), ***Excentricitás** (tartományok)

Kijelölés eredmény értéke alapján

Ha eredmény fülön (*Statika*, vagy attól jobbra) tartózkodunk, kereshetünk valamelyik eredménykomponens értéke szerint is. A választott eredménykomponensre megadott feltételnek megfelelő elemek fognak kijelölődni (felület igénybevételnél felületelemek, csomóponti támaszigénybevételnél csomóponti támaszok, stb.)
Azon elemek kijelölése, ahol eZ < 0, például a fentiekhez hasonlóan így oldható meg:
***ez**[Enter] hatására a parancssorba kerül az ***eZ [mm]** kifejezés. A beírást folytatva ***eZ [mm] < 0**[Enter] hatására kijelölődnek azok a csomópontok, felezőpontok, felület középpontok, rúd és borda elemek, ahol negatív a globális Z-tengelyre vetített elmozdulás.
Ha az aktív ablakban már az eZ komponens van kiválasztva, a kijelölés még ennél rövidebben is elvégezhető. Írjuk be, hogy ***<0**[Enter]. Ha ugyanis nem adtunk meg eredménykomponenst, az aktuális eredménykomponens szerint fut le a szűrés.

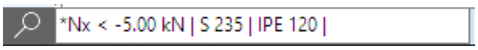


Másik példa: *Acéltervezés* fülön a meg nem felelt méretezési elemeket kijelölhetjük a következőek szerint: ***ki**[Enter] hatására a parancssorba kerül a **Kihasználtság []** kifejezés. A beírást folytatva ***Kihasználtság [] >1**[Enter] hatására az 1-nél nagyobb kihasználtságú méretezései elemeket láthatjuk kijelölve,

Kijelölés több feltétellel

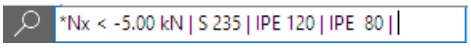
A kijelölést egynél több feltétellel is végezhetjük.
Ehhez kattintsunk jobb gombbal a nagyító ikonra és a menüből válasszuk a *Kijelölés több feltétel alapján* menüpontot. Ezután jelöljük ki például azokat az oszlopokat, ahol a normálerő < -5 kN!
***osz**[Enter] hatására az ***Oszlopok** feltétel bekerül a parancssorba, de a kijelölés még nem hajtódik végre (ehhez egy újabb Enter kell), hiszen megadhatunk további feltételeket is, pl. anyagra, szelvényre vagy épp Nx-re. A beírást folytatva
***Oszlopok | Nx<** hatására a parancssor kiegészül:
***Oszlopok | Nx[kN]<.** A beírást folytatva
***Oszlopok | Nx[kN]<-5**[Enter] hatására az újabb feltétel hozzáadódik az előzőhöz:
***Oszlopok | Nx < -5.00 kN |**
Mivel nem akarunk újabb feltételt megadni, újabb [Enter]-rel végrehajtjuk a parancsot: kijelölődnek azok az oszlopokat, ahol a normálerő -5 kN alatt van.

A többszörös feltételek értelmezése



Különböző kategóriákra vonatkozó feltételek, pl. itt a normálerőre, anyagra és szelvényre vonatkozó kikötések ÉS kapcsolatba kerülnek egymással, azaz a kijelöléshez mindegyiknek teljesülnie kell. Ha több feltételt adunk meg eredményre vonatkozólag, azok ÉS kapcsolatba kerülnek.

Több anyagot vagy szelvényt kiválasztva ezek a feltételek *saját kategóriájukban* egymással VAGY kapcsolatba kerülnek:

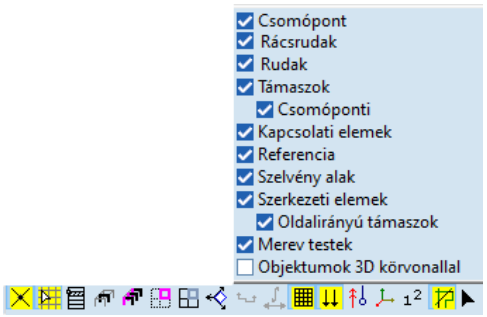


kijelöli a többi feltételnek megfelelő IPE 80-as és IPE 120-as szelvényű elemeket is.
Ha eredményfeltételeket VAGY kapcsolatba szeretnénk állítani, az csak többszöri kijelöléssel lehetséges:



2.18. Gyorskapcsolók

A gyorskapcsolók a képernyőn megjelenő rajzi elemek (szimbólumok) gyors ki-/ bekapcsolását, valamint a szerkesztés során gyakran használt eszközök ki/bekapcsolását segítik. A munkasíkok közötti váltás itt is helyet kapott.



A képernyő jobb alsó sarkában jelenik meg a következő ikonsor:


Automatikus metszés


Egér rács


Szintek


Részletek fastruktúrában megjelenítve


Kijelöl elemeket tartalmazó részletek bekapcsolása


Csak a kijelölt elemek megjelenítése


A kijelölt elemek elrejtése


Munkasík váltás


Metszet / metszősíkok / metszetszakaszok


Virtuális rudak / sávok


Hálózat


Teherszimbólumok


Szimbólumok


Lokális rendszerek


Elemszámozás


Háttérfóliák bekapcsolása / érzékelése / zárolása


Lásd... **2.18.1 Az azonosítás szabályozása**

☞ **A beállítások egy része a *Megjelenítés* illetve a *Modellbeállítások* ikonokról is elérhető.**

2.18.1. Az azonosítás szabályozása



Az ikon fölé állva egy paletta nyílik ki, ahol az aktuális funkcióban éppen azonosított objektumokat tömör fehér kör jelzi. A kurzoralakok jelentését *lásd...* **4.7.1. Vonzáskör (aura)**.
A paletta segítségével kikapcsolhatjuk / bekapcsolhatjuk egyes objektumok azonosítását. Ekkor a program a kérdéses objektumot – a végzett művelettől függetlenül – semmiképpen illetve mindenképpen azonosítja.
A kurzoralakon az első kattintás az azonosítást állandóan kikapcsolt (piros), a második állandóan bekapcsolt (zöld) állapotba hozza, a harmadik alaphelyzetbe állítja.

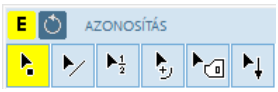



Állandóan kikapcsolt azonosítás


Állandóan bekapcsolt azonosítás


Alapértelmezett (a funckiótól függő) azonosítás

Az E betűre kattintva exkluzív azonosítást állíthatunk be, ekkor a program kizárólag a kattintással kiválasztott sárga hátterű kurzoralakot fogja azonosítani.



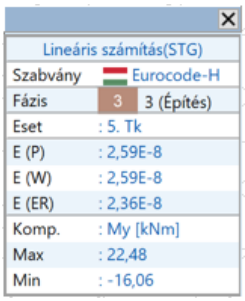

A gomb megnyomása alaphelyzetbe állítja az azonosítást.

A kurzoralak körül megjelenő kék keret azt jelenti, hogy a kurzoralak többféle objektum azonosításakor is megjelenhet, a vonal azonosítását jelző kurzoralak például jelezheti szerkezeti elem, építészmodell vagy háttérfólia vonalainak azonosítását is.

2.19. Információs paletták

Az információs paletták a rajzterületen helyezkednek el. Minden paletta elhelyezése megváltoztatható a képernyőn. A fejlécre ráállva, a bal gombot lenyomva tartva a paletta áthelyezhető.

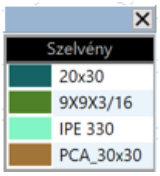
2.19.1. Info-paletta



Az info-paletta az aktuális teheresetről, szabványról, eredménykomponensről, beállításokról nyújt tájékoztatást. Az E(U), E(P), E(W), E(ER) paraméterek értelmezését *lásd...* **5 Számítás** és **5.1 Statika** fejezetek.
Geometriailag nemlineáris számítás esetén figyelmeztető szöveg jelzi, ha az aktuális növekményben stabilitási probléma lépett fel. *Lásd...* **5.1 Statika**.
Vasalás figyelembevételével futtatott nemlineáris számítás esetén röviden megjelennek a vasalt elemekre vonatkozó figyelmeztetések is.
Lásd... **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata** és **6.5.6 Vasbeton felületek nemlineáris** .

A figyelmeztető szöveg akkor látható, ha a megjelenített vagy valamelyik korábbi növekményben fellépett az adott hiba.
Ha az *Építési fázisok* fülön vagyunk, vagy valamely építési fázis eredményeit jelenítjük meg, az info ablakról az aktuális építési fázis is leolvasható (**4.13 Építési fázisok – STG modul**).
Ha egy részletet kapcsoltunk be a modellben, az ablakban az aktív részlet nevét olvashatjuk. Több részlet bekapcsolása esetén a bekapcsolt részletek nevei jelennek meg, ha a részletek száma nem halad meg egy adott értéket. Ez az érték módosítható, ha jobb gombbal az info ablakra, majd a helyi menüben a *Beállítások* menüpontra kattintunk.

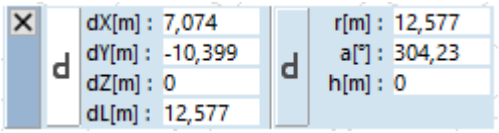
2.19.2. Színkódolás



Ez a paletta a színkódolás bekapcsolásakor jelenik meg – hacsak az *Ablakok* menüben (*lásd...* **3.6.2 Információs-paletták**) ki nem kapcsoltuk a megjelenítését.
A fekete csíkon mindig az aktuális színkódolás szempontja jelenik meg.

Lásd részletesen... **2.16.5 Színkódolás**

2.19.3. Koordináta-paletta

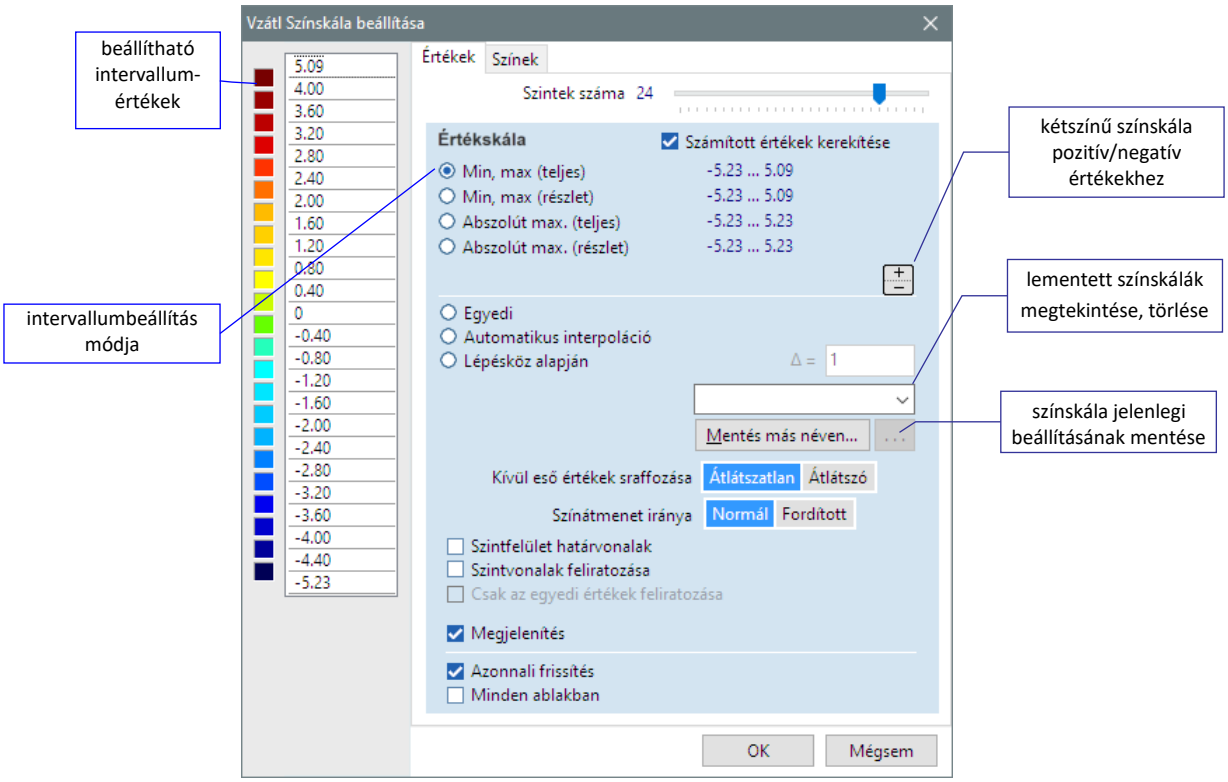


Lásd részletesen... **4.4 Koordináta-paletta**

2.19.4. Színskála-paletta

Színskála-paletta

Eredmények lekérdezésekor a szintfelületi vagy szintvonalas ábrák rajzolása esetén a színekhez tartozó aktuális értéket mutatja.
A szintek számát a paletta alsó részén található szövegdobozban megadhatjuk vagy a paletta alsó részét megfogva fel-le húzással szabályozhatjuk.
A szintekhez tartozó értéket egyenként is beállíthatjuk, ha a színskála ablakra az egér bal gombjával kattintunk.



A jobb oldalon látható színskála-paletta az aktuális intervallum-határokat jeleníti meg, a bal oldalon pedig az igényeknek megfelelően állíthatók be az intervallum-értékek.

Az intervallum beállítás módjai:

Értékskála

Min/Max (teljes)

A teljes szerkezetből meghatározza a legkisebb, valamint a legnagyobb értéket, és ezeket állítja be alsó ill. felső szinthatárnak.

Min/Max (részlet)

Az aktív részletből meghatározza a legkisebb, valamint a legnagyobb értéket, és ezeket állítja be alsó ill. felső szinthatárnak.

Abs.max (teljes)

A teljes szerkezetből meghatározza az abszolút értékben legnagyobb értéket, és ezt előjelesen állítja be alsó ill. felső szinthatárnak.

Abs.max (részlet)

Az aktív részletből meghatározza az abszolút értékben legnagyobb értéket, és ezt előjelesen állítja be alsó ill. felső szinthatárnak.

A közbenső értékek valamennyi esetben lineáris interpolációval adódnak.

Számított értékek kerekítése

Ha az intervallumértékek két szinthatár közötti interpolációval jönnek létre (tehát nem adtunk meg egyedi értékeket vagy lépésközt), akkor beállítható a közbenső (számított) értékek kerekítése. A program ilyenkor olyan felosztást választ, hogy az értékhatárok kerek értékek legyenek.



Pozitív/negatív tartományok kialakítása

A gomb lenyomása után kétszínű színskála jön létre, így az ábra a pozitív és negatív tartományokat rajzolja ki, aminek például a vasalási különbözet ábrázolásánál lehet hasznát venni.

Intervallum-beállítás módja

Egyedi beállítás

A FEL és LE billentyűkkel is mozoghatunk a listában. A lista egy elemére kattintva a szintérték egyedileg beállítható. Az **OK** gomb lenyomásakor a szintértékeknek fentről lefelé monoton csökkenőknek kell lenniük.

Automatikus interpoláció

Az *Automatikus interpoláció* bekapcsolt állapotában új érték beírásakor valamennyi szintérték frissül. Ha a legfölső vagy a legalsó értéket változtattuk meg, az értékek a két határ közötti lineáris interpolációval adódnak. Új közbenső érték megadásakor a program bilineáris interpolációt alkalmaz,

azaz az értékek lineárisan változnak a fölső határ és az új érték, illetve az új érték és az alsó határ között, de a kétféle lépésköz eltérő lehet.

Lépésköz alapján
A szintértékeket a megadott Δ lépésköz határozza meg. Új szintérték megadásakor a többi szint értékét a program a lépésköz alapján határozza meg. Ha más beállításról kapcsolunk át a lépésköz szerinti megadásra, a skála a legalsó szintről indul a legutóbb beállított lépésközzel.

Kívül eső értékek sraffozása
Beállítható, hogy a sávhatárokon kívül eső értékek sraffozása átlátszatlan vagy átlátszó legyen.

Színátmenet iránya
A színátmenet iránya lehet:
Eredeti – az eredetileg beállított színátmenet szerint
Fordított – az eredetileg beállított színátmenet ellenkezője

Szintfelület határvonalak
A jelölőnégyzet bekapcsolásakor minden szintfelület határán egy kontúrvonal is megjelenik.

Szintvonalak feliratozása
A jelölőnégyzet bekapcsolása esetén a szintvonalakat a program automatikusan feliratozza.

A színskála numerikus értékei a *Mentés más néven* gomb lenyomásával lementhetők és később visszatölthetők. A program a lementett beállítással együtt tárolja azt is, hogy milyen eredménykomponenshez tartozott az értéksor. A lementett beállítások közül a legördülő lista segítségével választhatunk, beállítások törléséhez a **...** feliratú gomb lenyomásakor megjelenő dialógusablak használható.

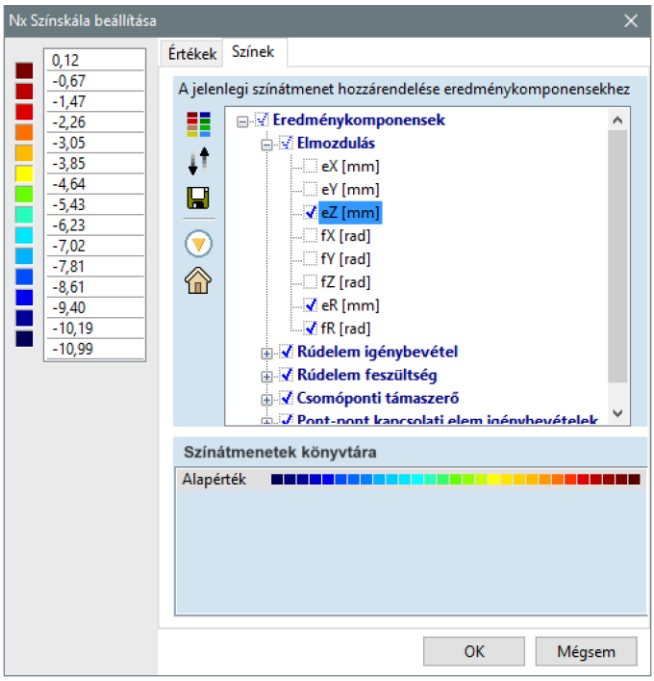
☞ **A nem egyedi jellegű értéktartományok közvetlenül is beállíthatók a színskála ablak gyorsmenüjéből, melyet az ablakon jobb egérgombra kattintással hívhatunk meg.**

☞ **A színskála beállítások a következő fájlba mentődnek: C:\Users\<felhasználó_név>\AppData\Roaming\AxisVM\16\COLORMAP.DAT. Másolja a fájlt a megfelelő könyvtárba, ha a beállításokat másik felhasználó részére vagy másik számítógépen szeretné hozzáférhetővé tenni.**

Számítás kiosztásból
Egyedi értékbeállítás választása esetén a számított vasmennyiség megjelenítésekor a szinteket beállíthatjuk vaskiosztás megadásával is. Ebben az esetben a vasalás kiosztása és átmérője alapján számított vasmennyiség kerül be az érték mezőbe.

☞ **Alkalmazott vasalás megjelenítésekor a program a színskála színeihez nem számértékeket, hanem vasalástípusokat rendel. Ilyenkor beállítható, hogy a skála csak a bekapcsolt részletek vasalásait tartalmazza vagy az összeset.**

Színátmenet eredménykomponenshez
A színskála színeit úgy módosíthatjuk, hogy a skálához egy színátmenetet rendelünk. Beállíthatjuk, hogy az aktuális színátmenet mely eredménykomponensek esetén jelenjen meg, így mód van rá, hogy például az elmozdulásokat más színekkel ábrázolja a program, mint az igénybevételeket. Beállíthatóak így olyan színátmenetek is, melyek világos színek felől haladnak a sötétek felé, ezzel például szürkeskálás nyomtatás esetén egyértelműbbé válhat a diagram.





Új színátmenet
Új átmenetet hozhatunk létre az átmenet kezdő és végértékének beállításával.



Színátmenet megfordítása
Az átmenet irányát az ellenkezőjére változtatja.



Színátmenet mentése a könyvtárba
A létrehozott színátmenetet könyvtárba menthetjük.



A jelenlegi színskála hozzárendelések mentése alapértelmezettként
Ezt követően az aktuális beállítás lesz az alapértelmezett minden modell esetén.



Eredeti alapérték visszaállítása

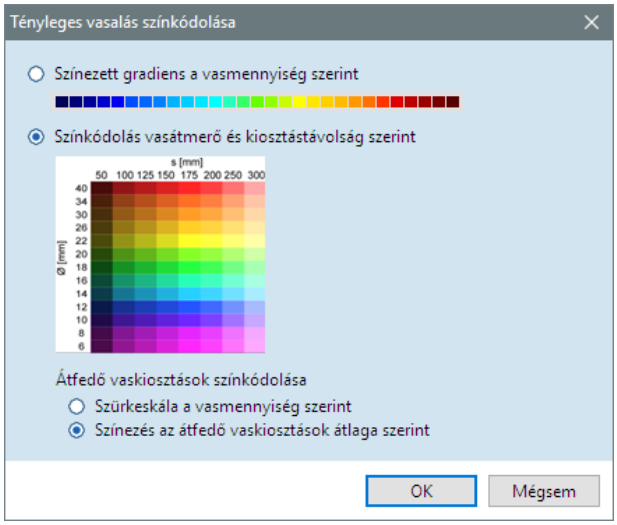
A *Színátmenetek könyvtára* valamely elemére kattintva betölthetjük annak színeit.

Tényleges vasalás színkódolása

Ha a programban a tényleges vasalás valamely komponensét ábrázoljuk *(xa, ya, xf, yf)*, a színskála-ablak a modellben előforduló vaskiosztásokat sorolja fel a következő formátumban:

Ø16/200 (1005) [3.4],
azaz *Ø átmérő/kiosztás (vasmennyiség) [betonfedés]*

A színskála-palettára kattintva a tényleges vasalás színkódolásának beállításaihoz jutunk.



Színezett gradiens a vasmennyiség szerint

A vaskiosztáshoz a fajlagos vasmennyiség alapján rendelünk szín a színátmenetből.

Színkódolás vasátmérő és kiosztástávolság alapján

A vaskiosztáshoz rendelt színt a vasátmérő és a kiosztástávolság alapján határozzuk meg. A színárnyalat a vasátmérőtől, a fényerő a kiosztástávolságtól függ (a sűrűbb kiosztás sötétebb).
Ha a modellben vannak átfedő vasalási tartományok, azok színét kétféleképpen határozhatjuk meg:

Szürkeskála a vasmennyiség szerint

Az összegzett fajlagos vasmennyiség alapján választott szürke szín.

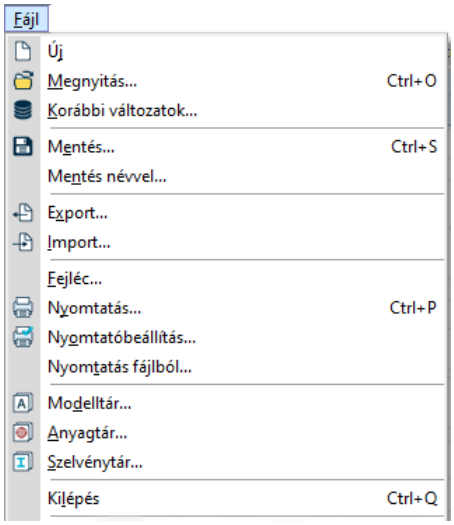
Színezés az átfedő vaskiosztások átlaga szerint

A színezés alapjául szolgáló átlagos kiosztástávolságot és vasátmérőt a következőképpen határozzuk meg:

$$s = \frac{1}{\sum_i \left(\frac{1}{s_i}\right)}; \quad d = s \cdot \sum_i \frac{d_i}{s_i}$$

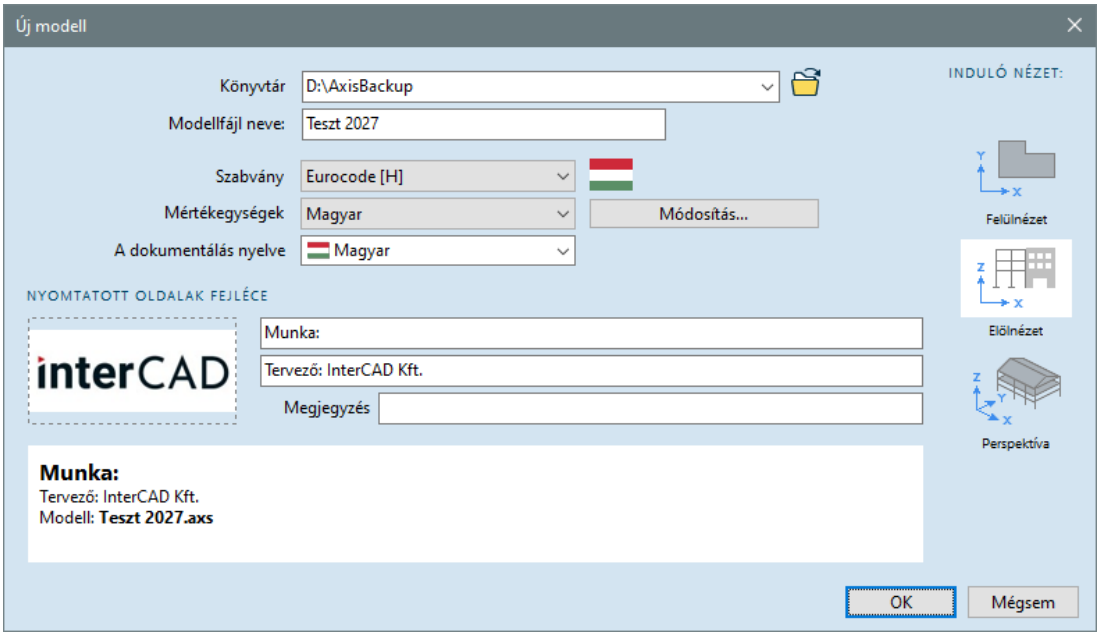
3. Menü

3.1. Fájl



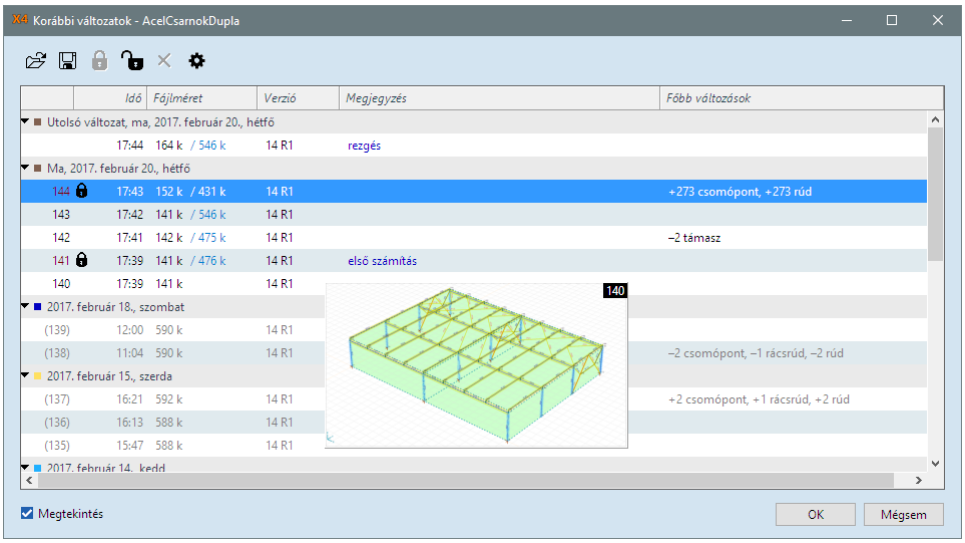
3.1.1. Új


,

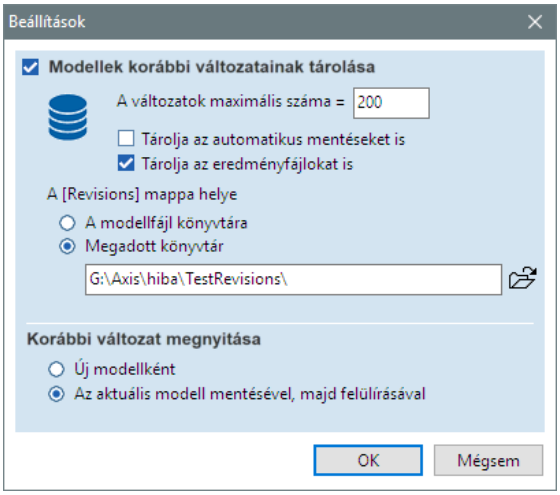


Egy új modell kiinduló adatainak megadása.
Amennyiben a nyomtatott oldalak fejlécéhez logót választottunk ki, az az *Új modell* dialógusablakon is megjelenik. A logót a logóra kattintva módosíthatjuk, de menüből is elérhető a dokumentáció paramétereit tartalmazó adatlapon *(Beállítások / Alapbeállítások / Dokumentáció / Céglogó).*)

3.1.2. Korábbi változatok



Az AXISVM megőrzi az éppen betöltött modellfájl korábban mentett változatait. A *Korábbi változatok* dialógusablakban ezeket fordított időrendben láthatjuk. A *Fájlméret* oszlopban a modellfájl és – ha van – az eredményfájl méretét láthatjuk.
A korábbi változatok megnyithatóak, illetve zárolhatóak. A *Megjegyzés* oszlop cellájára kattintva bármelyik változathoz rövid megjegyzést fűzhetünk.



A *Beállítások* ablakban megadható, hogy hány korábbi modell változatot őrizzen meg a rendszer.
A nagyobb biztonság érdekében mód van az automatikus mentések és az eredményfájlok tárolására is. Az automatikus mentések szürkén jelennek meg, a változat sorszáma zárójelbe kerül.
A korábbi változatokat tároló Revisions mappa helye alapértelmezésben a modellfájl könyvtára, de ez szükség esetén megváltoztatható.
Egy korábbi változat megnyitása kétféleképpen lehetséges: vagy *Új modellként* töltjük be vagy *Az aktuális modell mentésével, majd felülírásával.*

Az utóbbi esetben a modell jelenlegi állapotáról mentés készül, ez bekerül a revíziók közé, majd a korábbi revízió felülírja a jelenlegi modellt.

A *Beállítások / Alapbeállítások / Adatbiztonság* ablakban ugyanezek a paraméterek a szervízkulcs ikonra kattintva módosíthatóak.

Megnyitás. A listából kiválasztott korábbi változat megnyitása.

Korábbi változat mentése. A listából kiválasztott korábbi változatot önálló modellként lementhetjük a megadott névre. Mód van a korábbi változatok megőrzésére is.

Változatok zárolása: A zárolt változatok után akkor sem törlődnek, ha a mentett változatok száma eléri a *Beállítások*ban megadott maximális értéket.

Zárolás feloldása: Ha egy változat zárolását feloldjuk, a program szükség esetén törli.

A kijelölt változatok törlése a listából.

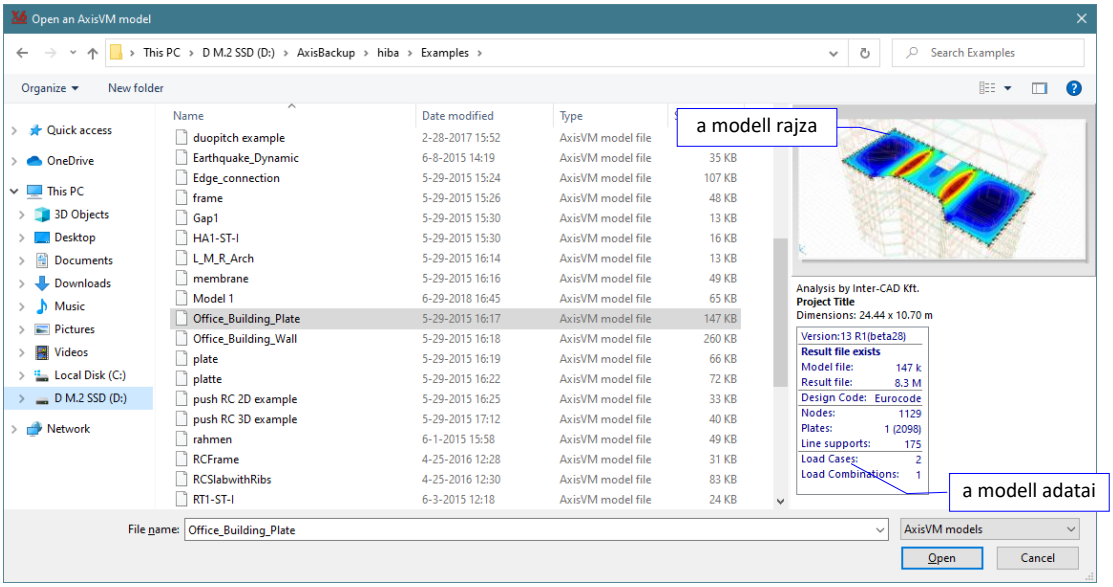
☞ **A korábbi változatokat a program a modellfájl könyvtára alatt létrehozott _modellnév alkönyvtárban tárolja. Ezért, ha a modellt új könyvtárba másoljuk, és szeretnénk megőrizni a korábbi változatokat, akkor ezt az alkönyvtárat is be kell másolnunk az új könyvtár alá.**

3.1.3. Megnyitás

Ctrl + O

Egy már létező modell betöltését teszi lehetővé.

☞ **A bemenő adatokat tartalmazó fájlok kiterjesztése .AXS, az eredmény adatokat tartalmazó fájloké .AXE. A program mentéskor mindkét fájlba kiír egy azonosítót és a modell betöltésekor ezek segítségével ellenőrzi, hogy az AXS és AXE fájlok a modellnek ugyanahhoz a változatához tartoznak-e.**



3.1.4. Mentés

[Ctrl]+[S]

Az aktuális modell adatait menti el. A mentett adatok ugyanazzal az azonosító névvel tárolódnak, mint amilyennel betöltéskor hivatkoztunk rájuk. Amennyiben az aktuális modellnek még nem adtunk nevet, úgy a *Mentés névvel* funkció aktivizálódik. Amennyiben a *Beállítások/Alapbeállítások* menüpontjában a *Mentéskor biztonsági másolat* bekapcsolt állapotú, mentés előtt a modell adatairól másolat készül, mely az alábbi fájlba kerül: modellnév.~AX. Az axs fájl tárolása tömörítve is történhet a *Beállítások / Adatbiztonság / Tömörített AXS fájl kapcsoló bekapcsolásakor*. A tömörítés hatására a fájlméret kb. az eredeti méret tizedére csökken. Mennél nagyobb a modell, a tömörítés annál hatékonyabb.

3.1.5. Mentés névvel

Az aktuális modell adatait menti el egy új modellnévvel.

☞ **A régi modell (ha volt ilyen) az utolsó mentés állapotának megfelelően megmarad.**

Mentéskor választhatjuk valamely korábbi AXISVM verzió és kiadás fájlformátumát is, illetve kikapcsolhatjuk az eredmények mentését.

3.1.6. Export

Az AXISVM szoftver és más mérnöki alkalmazások között valósít meg kapcsolatot különböző típusú adatállományok előállításán keresztül. Az egyes fájltípusok exportálási lehetőségeit az alfejezetek tartalmazzák.

3.1.6.1. AUTOCAD DXF fájl exportálása

DXF fájl

Az aktuális modell geometriai hálózatát (vonalak, csomópontok) **DXF formátum**ú fájlba menti a megadott *fájlnév*.DXF névvel. A hálózat térben, valós méretekkel kerül mentésre. Amennyiben a modell felületelemeket is tartalmazott, akkor azok is a DXF fájlba kerülnek. A modell geometriája mellett az aktuális nézetben beállított eredmények (diagram, szintvonalas, szintfelület 2D, stb. ábrázolásban) is exportálhatók.

A program az alábbi **DXF fájlkimenet**et biztosítja az AutoCAD vagy más CAD programok számára:
- AutoCAD 2004 DXF fájl
- AutoCAD 2000 DXF fájl
- AutoCAD R12 DXF fájl
- AutoCAD vasbetonszerkesztő fájl
- AutoCAD 2004 vasbetonszerkesztő fájl

A vasbetonszerkesztő fájlok exportálásakor a felületvasaláshoz számolt vasmennyiségeket lehet szintvonalas formában értékfelírással és színskálával együtt exportálni (az egyes vasalási irányok külön fóliára kerülnek). Az exportáláshoz a *Vasbetontervezés* fülön egy vasmennyiség-komponenst kell beállítani.
Lehetőség szerint használja az AutoCAD 2004 DXF formátumot, mert más formátumok esetén az alkalmazott színeknél és szövegeknél adatvesztés történhet.
Korábbi DXF formátumok csak 256 színű palettát és ASCII karaktereket támogatnak.
További, speciális DXF fájl formátumú exportálási lehetőségeket és azok leírását lásd a **3.1.6.8 Egyéb alkalmazások adatainak exportálása** fejezetben.

3.1.6.2. IFC fájl exportálása – IFC modul

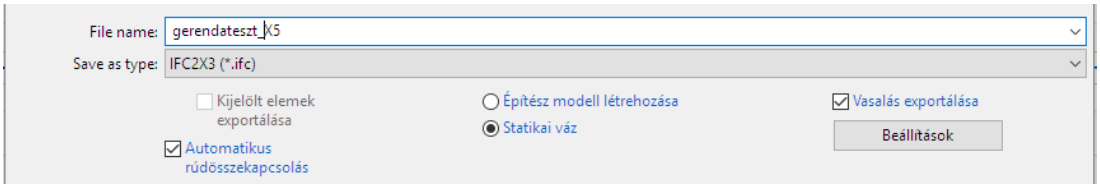
IFC 2x, 2x2, 2x3 fájl

Ehhez a funkcióhoz szükség van az **IFC modul**ra. IFC formátumú fájl hozható létre, amelybe az építész modellekre jellemző szerkezeti objektumokat (fal, födém, oszlop, gerenda) ír ki a program.

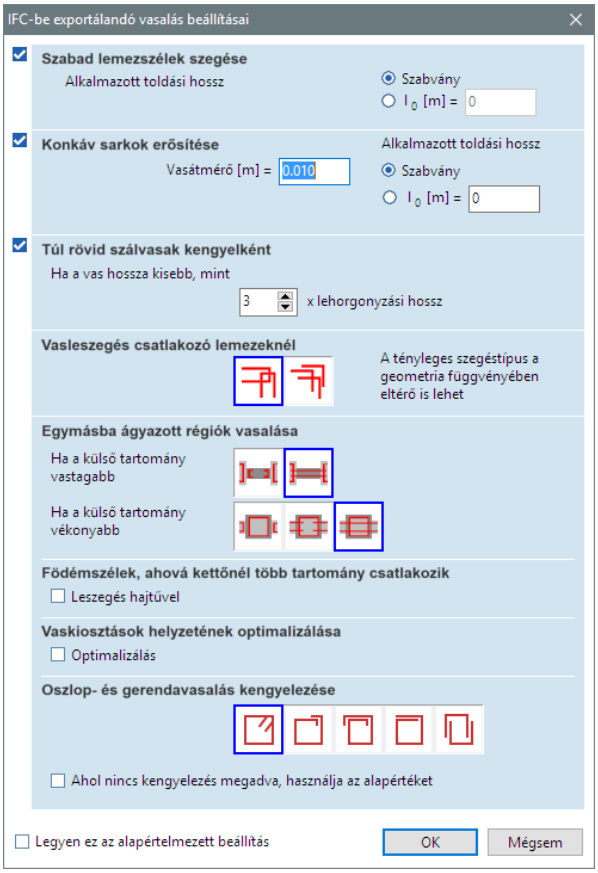
IFC fájlok átvihetők a következő alkalmazásokba: ArchiCAD, AutoDesk ADT, Revit, Nemetscheck Allplan és Tekla (TS).

Lehetőség van a felhasználó által megadott vasalás .ifc fájlba történő exportálására.

A fájl típusa mezőben az IFC2x3 formátumot kell kiválasztani.



A fájl mentésére szolgáló Export ablak alsó részén a *Vasalás exportálás* jelölőnégyzetre kattintva a *Beállítások* gomb aktívvá válik és megnyomásakor az alábbi paraméterablak jelenik meg.



A megadott intenzitáson felül a program beépített algoritmusai segítenek a kiegészítő vasak (szegélyvasak, felhajtások) kiírásában is.

A program a számolt vashosszakat minden esetben kerekíti az alábbi listából legközelebb eső értékre: 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0, 6.0, 12.0 m

- *Szabad lemezszélek szegése*: a beállított szabvány előírásai, vagy felhasználói beállítás alapján kiszámolt átfedési hosszal készített hajtűvasak kerülnek a szabad lemezszélekre a vasalás intenzitásának megfelelően. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Konkáv sarkok erősítése*: a beállított szabvány előírásai, vagy felhasználói beállítás alapján kiszámolt lehorgonyzási hosszal készített erősítő szálvasak kerülnek a konkáv lemezsarkokhoz. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Túl rövid szálvasak kengyelként*: ha az adott felület méretei alapján számolt szálvas hossza kisebb, mint a megadott szorzóval felszorzott lehorgonyzási hossz, a program két szálvas helyett egy darab zárt kengyelt készít a felesleges vashalmozás elkerülése végett. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Vasleszegés csatlakozó lemezeknél:* a felhasználó választhat, hogy nem síkban csatlakozó régiók csatlakozási éle mentén a régiók szálvasait milyen módon kösse össze a program. Az első esetben két hajtűvasat forgat össze, a második esetben három darab vinklivassal köti össze a lemezeket. Az alakos vasak geometriája természetesen a csatlakozás tényleges geometriájától függ, esetenként a program felülbírálja a megadott preferenciát. A méretek minden esetben a lehorgonyzási hossz alapján kerülnek meghatározásra.
- *Egymásba ágyazott régiók vasalása*: a tényleges csatlakozás geometriai adottságai alapján a felhasználó választása szerint a régiók közötti vasátvezetés, leszegés kialakítása
- *Födémszélek, ahova kettőnél több régió csatlakozik:* az ilyen esetekben a program nem tud automatikus megoldást adni. Ha a felhasználó azt választja, a program minden csatlakozó régiót különkülön leszeg, ellenkező esetben ezen él mentén nem történik meg a vasátvezetés, leszegés.
- *Vaskiosztások helyzetének optimalizálása: a* program egy optimalizációs eljárás segítségével megkísérli a vasalási hálókat olyan módon eltolni, hogy ne következzen be vasütközés, ezzel együtt az adott keresztmetszetet legegyenletesebben lefedjék a vasak. Időigényes eljárás!
- *Oszlop- és gerendavasalás kengyelezése:* a felhasználó által megadott oszlop- és gerendakengyelezés jellemzők alapján történik meg a kengyelek fájlba írása. Ha ezen információk hiányosak, a felhasználó választhat, hogy a szabványban adott szerkesztési szabályok figyelembevételével írjunk-e ki az adott elemre is kengyelezést, avagy hagyjuk azt ki.

Statikai váz mentése

Lehetőség van a számítás során használt terheket, tehereseteket, tehercsoportokat, illetve teherkombinációkat IFC fájlba menteni. Az export során az alkalmazott végeselem háló is lementésre kerül. Statikai modell exportálása esetén a dinamikus, hatásábra, illetve mozgó terhek kivételével a tehercsoportok és teherkombinációk szintén kiírhatók az IFC fájlba.

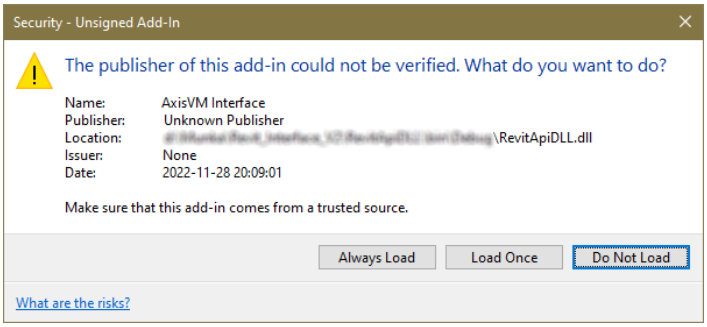
3.1.6.3. AXISVM modell exportálása Revitbe

Export to Revit (.are)*

A program a Revit által biztosított API-n keresztül képes a felépített modell adatait Revit-be áttölteni. Ehhez az Autodesk Revit 2025-ös verziójára (vagy annál újabbra) van szükség a felhasználó gépén.
Az AXISVM telepítése során a telepítő létrehoz egy *RevitImport* nevű almappát a telepítés könyvtárában, és odamásolja a szükséges fájlokat. A két program közötti együttműködéshez szükséges .addin kiterjesztésű fájlt a *c:* \ *Felhasználók* \ *<Felhasználónév>* \ *AppData* \ *Roaming* \ *Autodesk* \ *Revit* \ *Addins* \ *yyyy* nevű mappában helyezi el, ahol yyyy értéke 2025, vagy annál nagyobb szám, a Revit verziójától függően.

Ez a fájl és a *RevitImport* mappa teljes tartalma szükséges a két program közötti kommunikációhoz. Ha a felhasználó gépén van Revit, az add-on automatikusan települ akkor is, ha a felhasználó nem rendelkezik REV modullal.

☞ **A beépülő modulok inicializálásakor az alábbi felugró ablak jelenik meg.**



Ilyenkor "Load Once" / "Betöltés egyszer" gombra kattintva lehet a modul betöltését engedélyezni, vagy ha a közeljövőben nem szeretnénk látni ezt a felugró ablakot, akkor az "Always Load" / "Betöltés mindig" gombra kattintva érhetjük ezt el. Ellenkező esetben a modul nem töltődik be.

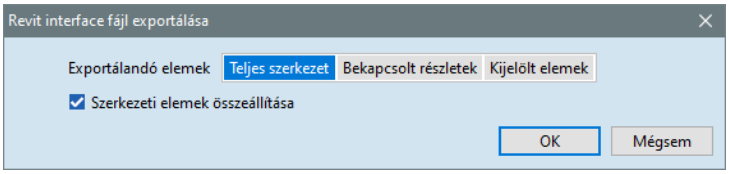
Kiírt adatok

A Revitbe exportált objektumok a következők:

- rúdszerű elemek és azok anyagjai, keresztmetszetei
- tartomány jellegű elemek és azok anyagjai
- támaszok
- vasalás
- statikai váz

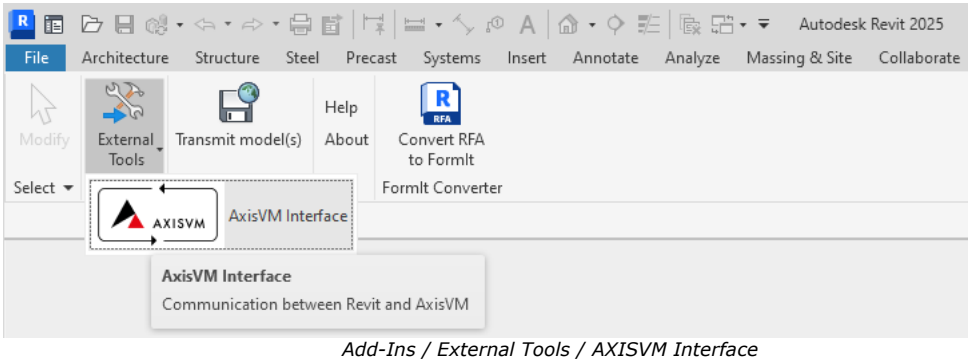
Az AXISVM-ben definiált terhek jelenleg nem képezik az export részét.

A folyamatot mindig az AXISVM programból kell indítani a következő módon:
Fájl menü -> Export -> Exportálás Revitbe (*.are)
Ekkor az alábbi lehetőségek közül lehet választani az export ablak *Beállítások* gombjára kattintva:



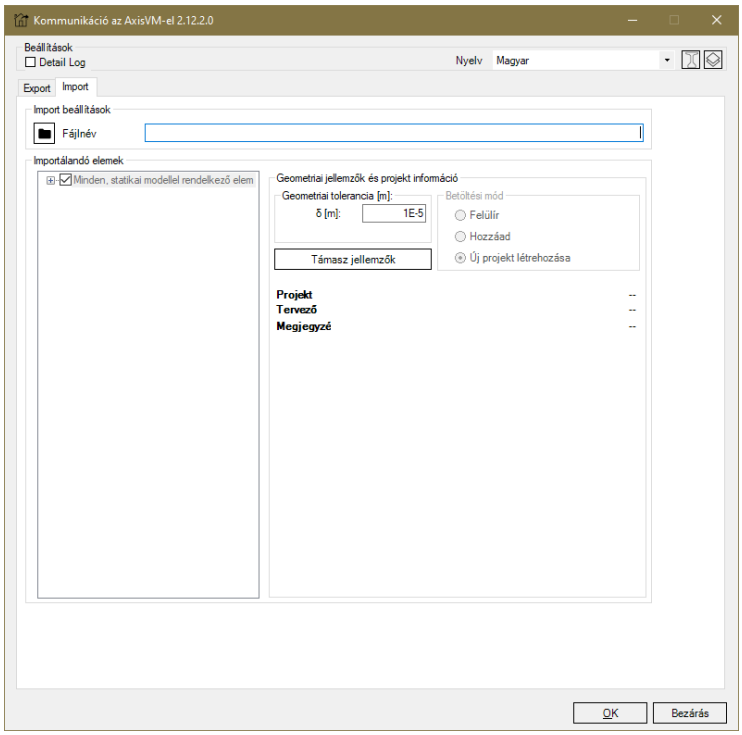
- Teljes szerkezet – a modellben lévő minden exportálható adat kiírásra kerül a fájlba
- Bekapcsolt részletek – csak a képernyőn is látható bekapcsolt részletek kerülnek kiírásra
- Kijelölt elemek – csak a kijelölt elemeket írja a program a fájlba

Az *.are* kiterjesztésű fájl lementését követően azt be kell olvasni Revitbe az alábbi módon:

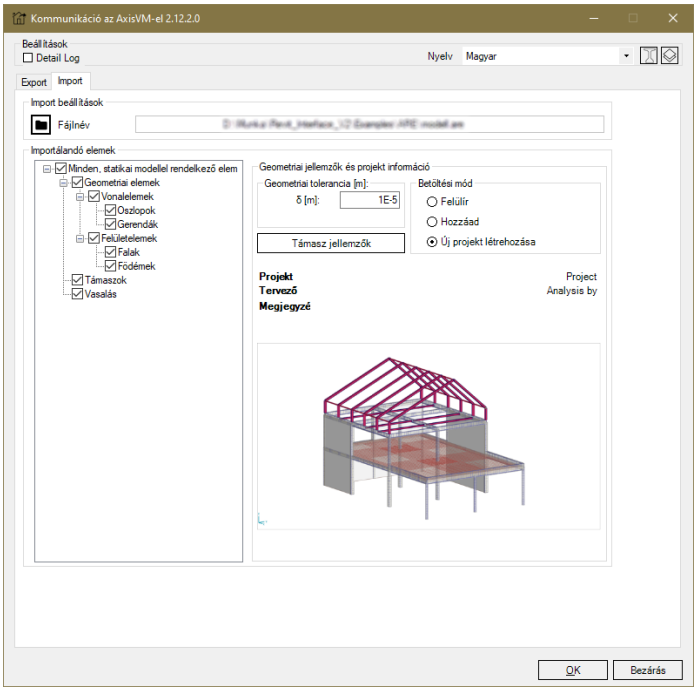


Add-Ins / External Tools / AXISVM Interface

Ekkor az alábbi ablak jelenik meg:



Amennyiben még nincs megnyitott projekt a Revit-ben, úgy csak az Import fül aktív, ellenkező esetben mindkét fül használható.
A fájlnév mellett lévő gombra kattintva tudjuk a korábban lementett .are kiterjesztésű fájl beolvasását elindítani.
Ekkor a bal oldali fa tartalma aktualizálódik annak megfelelően, hogy milyen jellegű elemeket tartalmaz a fájl, a jobb alsó sarokban pedig megjelenik a modell előnézeti képe:



A fa elemei mellett látható pipák ki-be kapcsolásával tudjuk a ténylegesen importált elemeket szűrni.

Betöltési mód

Ha az import pillanatában van megnyitott projekt a Revitben, többféle betöltési mód közül választhatunk

- Felülír – ekkor az összes meglévő elem törlésre kerül (kivéve azok, melyek rögzítettek a projektben), és az így kialakuló üres projektbe importálódnak az új elemek
- Hozzáad – az új elemek a már meglévők mellé importálódnak
- Új projekt létrehozása – ilyenkor a megnyitott projekt nem változik, mellette egy teljesen új projekt jön létre, és ebbe olvasódnak be a fájl elemei

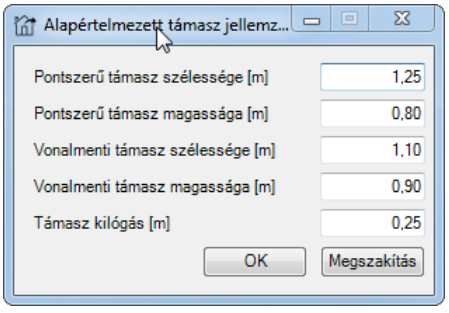
Ellenkező esetben nincs választási lehetőség, mindenképp új projekt fog létrejönni.

☞ **Fontos tudni, hogy amennyiben a megnyitott projekt írásvédett, akkor ugyanúgy csak az „Új projekt létrehozása" lehetőség aktív, mintha nem lenne egyáltalán projekt megnyitva.**

Probléma esetén a támogatáshoz az alapértelmeztetnél részletesebb napló fájl készíthető az ablak felső részben lévő checkbox kijelölésével. Ilyenkor jelentős méretű, a hibaelemzéshez szükséges napló file is keletkezik az import file nevével azonos néven, .log kiterjesztéssel.

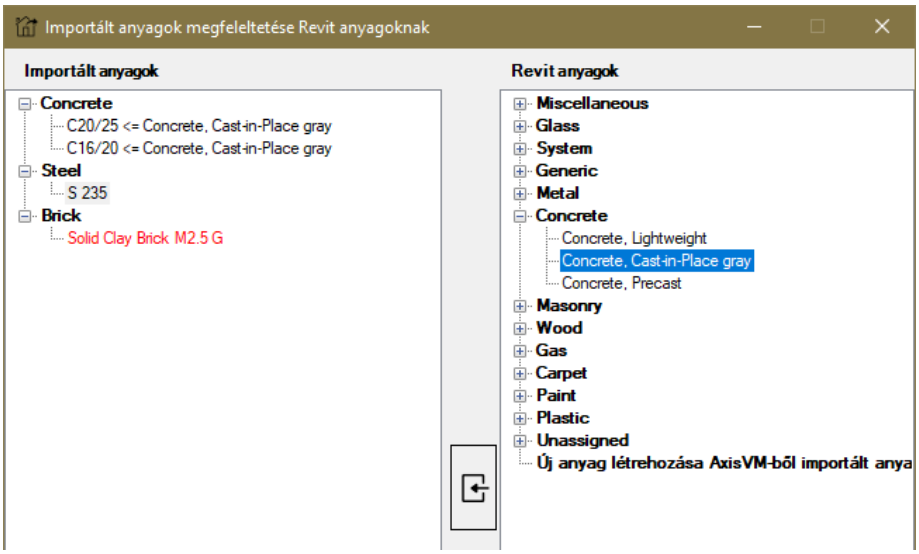
Támasz jellemzők

A támaszok beolvasása .are fájlból az alábbi eljárás szerint történik:
Ha AXISVM-en belül történt geometria megadás az adott támaszhoz, akkor azt használjuk fel. Ellenkező esetben alapértelmezett értékek alapján kerül definiálásra a támasz geometriája.
Ezen alapértelmezett paraméterek a *Támasz jellemzők* gombra kattintással adhatók meg:



Anyagok megfeleltetése

Mivel az AXISVM-ben értelmezett anyagok automatikusan nem feleltethetőek meg a Revit által ismert anyagoknak, ezért szükség van arra, hogy ezt a felhasználó tegye meg az alábbi ablakban:



Ameddig nem történt meg minden importálandó anyag megfeleltetése, addig erről az ablakról nem lehet tovább lépni. A megfeleltetést úgy tudjuk elvégezni, hogy a bal oldali fából kijelöljük azt az anyagot vagy anyag típust, amit meg szeretnénk feleltetni, majd a jobb oldaliból kijelöljük azt az anyagot, amire szeretnénk állítani, végül a két fa között lévő gombra kattintva elvégezzük az összerendelést. Ekkor a bal oldali fa kijelölése automatikusan a következő még nem feldolgozott anyagra, anyag típusra ugrik. A még nem feldolgozott anyagok színe piros, minden másé fekete.
Az összerendelést nem szükséges egyenként elvégezni. Ha a bal oldali fában nem egy anyag, hanem egy anyag típus van kijelölve, akkor az összerendelés minden olyan anyagra elvégződik, mely a fában a kijelölt elem alá van rendelve.
Lehetőség van arra is, hogy ne egy már meglévő Revit anyagot rendeljünk össze egy adott importálandó AXISVM anyaggal, hanem hogy az anyag jellemzői alapján egy teljesen új Revit anyagot hozzunk létre az adatbázisban. Ekkor a jobb oldali fa legalsó elemét (*Create a new material*) kell kijelölni.
Ha minden összerendelést elvégeztünk, az OK gomb aktiválódik és folytathatjuk a beolvasást.

3.1.6.4. Tekla Structures fájlok exportálása

Tekla Structures fájl

A program kétféle fájlformátumba képes menteni az adatokat:
Tekla (TS) ascii fájl (.asc)*
Az Tekla (TS) program által beolvasható adatfájlt hoz létre, amely tartalmazza a rácsrúd és rúdelemek *i* vég, *j* vég koordinátáit, a hozzátartozó keresztmetszeti adatokat, valamint a rúd térbeli elhelyezkedését meghatározó referenciát.
Tekla (TS) DSTV fájl (.stp)*
Szabványos DSTV formátumú fájlba menti a rács és rúdelemek adatait (végpontok, anyag, keresztmetszet, referencia). Ezt a formátumot több acélszerkezet-tervező CAD program is támogatja.

A Tekla Structures 2021 vagy későbbi verzióival célszerűbb a **TI modul** telepítésével kétirányú adatkapcsolatot kiépíteni (**3.1.9.1 Kétirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 vagy későbbi verziókhoz**)

3.1.6.5. Nemetschek AllPlan fájlok exportálása – ALP modul

ASF file exportja AXISVM programból

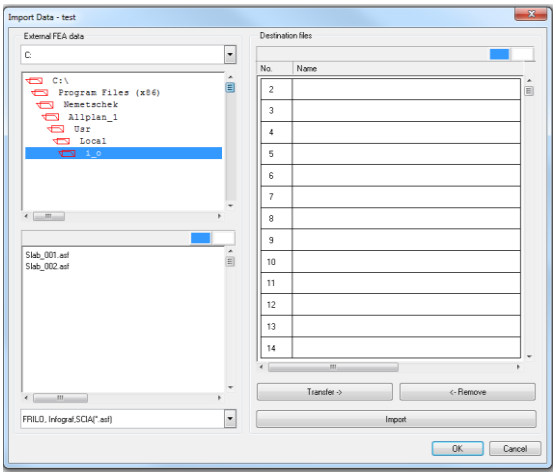
A fájl exportálásához szükség van az **ALP modul**ra, amelyik Allplan ASF formátumú fájlt készít, ez tartalmazza a kiválasztott tartományok számított vagy hozzárendelt vasalási adatait.
A vasalási adatok tartományonként külön fájlokba kerülnek (Név_001.asf, ...), melyeket később egyszerre is beolvashatunk az Allplan programba (batch üzemmódban). Az Allplan ASF import korlátai miatt a tartományok mindig az X-Y vagy X-Z síkba transzformálódnak, attól függően, hogy melyik sík van közelebb az egyes tartományok síkjához.
A fájlok csak a tartományok vasalás eredményeit tartalmazzák, a külön definiált felületelemekét nem.
Az Origóhoz illesztés bekapcsolásakor a tartományok eltolódnak, úgy, hogy a tartomány origóhoz legközelebb eső pontja kerüljön az origóba.

Kiválasztható, milyen típusú vasalási eredmények íródjanak ki: a szükséges (számított), a tényleges (alkalmazott) vagy amelyik nagyobb ezek közül.

☞ **Az ASF file exportja csak a vasbeton méretezésnél érhető el!**

ASF file importja AllPlan programba

. asf fájl(ok) importálásához válassza a menüből a *Create/Interfaces/Import FEA files* menüpontot.



- Válassza ki a bal felső ablakban megjelenő könyvtárstruktúrából a megfelelő mappát.
  A bal alsó ablakban jelennek meg a mappában található asf fájlok. Válasszon ki egy vagy több asf fájlt, majd a jobb oldali listában (Destination files) jelölje ki a beolvasandó fájlok helyét (kattintson a megfelelő sorra).
- Kattintson a ***Transfer->*** feliratú gombra. A kiválasztott asf fájlok megjelennek a jobb oldali listában.
- Nyomja meg az ***Import*** gombot. A kiválasztott asf fájlok beolvasása következik.
- Zárja le az ablakot az **OK** gombbal

Vasalás megjelenítése AllPlan programban

- Kattintson a menüben a ***Create/Engineering/Bar Reinforcement/FEA reinforcement Color Imag***e menüpontra
- Kattintson a kívánt asf fájlra
- Válassza ki a vasalás rétegét (alsó/felső) és típusát (húzás/nyomás).
- Kattintson az **OK** gombra

3.1.6.6. SAF formátumú fájl exportálása

Az exportáláshoz az **SAF modul** szükséges.

Az SAF (Structural Analysis Format) modul lehetővé teszi a statikai váz adatainak közvetlen átadását egy speciális, Excel alapú fájl formátumon keresztül. Az SAF fájlban szabványosított táblák tárolják a statikai váz geometriai, elem és teher paramétereit, melyek az Excel táblázatkezelővel megtekinthetők és módosíthatók. Az SAF formátumot támogatják többek között az ArchiCAD, AllPlan, SCIA és RFEM programok is.
Az export során a következő adatok kerülnek a fájlba:

- rácsrudak, rudak, bordák, tartományok, támaszok, kapcsolati elemek
- keresztmetszetek
- támaszok merevségei
- terhek, teherkombinációk

Használat

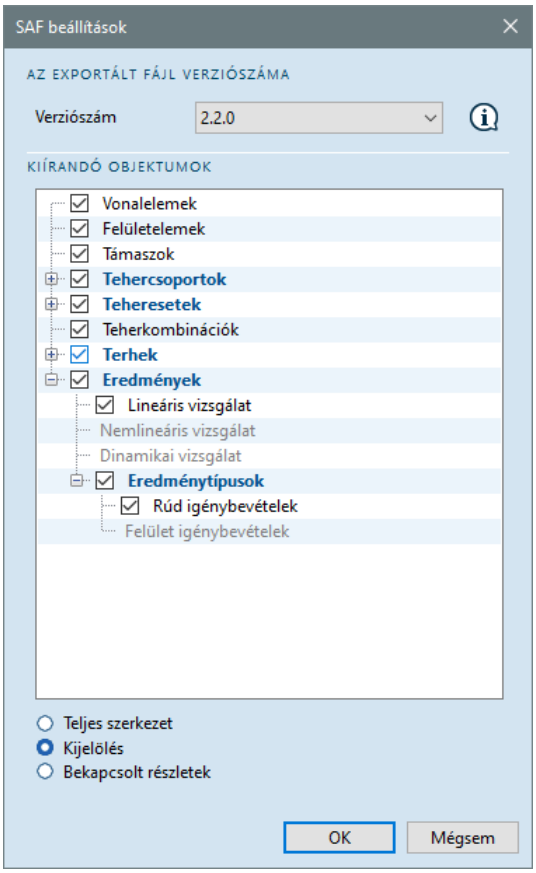
A fájl export a *Fájl menü -> Export -> SAF export* (*.xlsx) menüpontra kattintva érhető el.
A megnyíló ablakban a fájl helyét ki kell választani, majd a fájl név megadása után a Mentés gombbal az modell adatai menthetők. A *SAF beállítások* gombra kattintva érhetők el az alábbi beállítások.

Beállítási lehetőségek

Exportáláskor többféleképpen szűrhetjük a fájlba kiírandó elemeket.
A fájl tartalmát befolyásolja a SAF verziószám. A szoftver az 1.0.5–2.2.0 közötti formátumokat támogatja. A formátumról a legördülő menü melletti kérdőjelre kattintva kaphatunk információt. Célszerű a legújabb verziót használni, de ha olyan szoftver számára írjuk ki a fájl, amely ezt még nem támogatja, korábbi verziót kell választanunk.
További szűrési lehetőségeket kínál a Kiírandó objektumok lista, amelyen bejelölhetjük, hogy milyen típusú elemeket szeretnénk exportálni. A lista dinamikus, a *Tehercsoportok*, illetve *Teheresetek* kategória alatt a modellben található tehercsoportok és teheresetek közül választhatunk. Nagy számú tehereset esetén érdemes lehet ezeket kikapcsolni, különösen, ha csak a geometria átvitele a cél.
Szűrhetünk a jobb oldali ablak alján látható 3 rádiógombbal is, melyek segítségével a

- teljes szerkezet
- a kijelölt elemek
- vagy a bekapcsolt részletek

exportálhatóak.



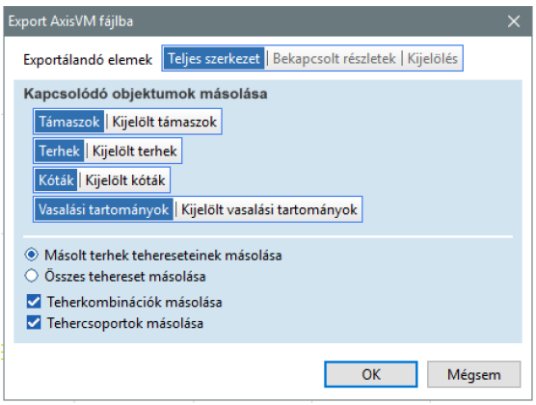
3.1.6.7. AXISVM adatok exportálása

AXISVM Viewer

AXISVM Viewer formátumban (*.axv) menti le a modellt.
Lásd... **8 AXISVM Viewer és Viewer Expert**

AXS fájl

A teljes szerkezet, a bekapcsolt részletek, vagy a kijelölt elemek AXISVM fájlba is exportálhatóak. Az *Export* dialógusablakban a *Beállítások* gombra kattintva szabályozhatjuk, mi kerüljön ki a fájlba. Az AXS export opciói hasonlók, mint a vágólapra másolás opciói.
Lásd... **3.2.8 Másolás/beillesztés beállításai**



Kijelölt elemek exportálása

Beállítható, hogy, vagy csak a kijelölt elemek kerüljenek ki az exportált fájlba, vagy a teljes modell.

Koordináták mértékegysége

Itt választható ki az exportált fájlban lévő koordináták mértékegysége.
Alapértelmezés a méter [m].

3.1.6.8. Egyéb alkalmazások adatainak exportálása

BoCad fájl

A BoCad acélszerkezet- konstruáló program által beolvasható adatfájlt hoz létre, amely tartalmazza a rácsrúd és rúdelemek ***i*** vég, ***j*** vég koordinátáit a hozzátartozó keresztmetszeti adatokat, valamint a rúd térbeli elhelyezkedését meghatározó referenciát.

StatikPlan fájl

A StatikPlan program számára egy DXF formátumú vasbetonszerkesztő fájlt exportál, mely tartalmazza a vasbetonlemez kontúrvonalát, a számított vasmennyiségeket szintvonalas formában, valamint az értékfeliratokat külön fóliákon.

PianoCA fájl

A PianoCA program számára állít elő egy interface állományt ***.pia** kiterjesztéssel. Tartalmazza a kijelölt rúdelemek adatait, támaszait, terheit, valamint a számított eredményeket.

CADWork fájl

DXF formátumú fájlt készít a CADWork vasbetonszerkesztő programhoz.
A fájl létrehozása előtt ki kell jelölni a kiírandó tartományokat.
Mivel a CadWork program síkbeli felületek vasalására képes, ezért a kijelölt tartományoknak egy síkban kell lenniük. A program a DXF fájlban minden tartományt egy lokális X-Y koordinátarendszerbe transzformál, a Z koordinátához pedig a számított vasmennyiséget rendeli. A vasbetonszerkesztő program ezeket az adatokat használja fel a szerkesztés során.

SDNF 2.0, 3.0 fájl

SDNF (Steel Detailing Neutral Format) fájlba menti a modellt, melyet acélszerkezeti programok (Advance Steel, SDS/2, Tekla Structures, PDMS) tudnak beolvasni.

Glaser -isb cad-.fem fájl*

A Glaser -isb cad-program számára exportálhatóak a vasalási tartományok információi.

3.1.7. Import

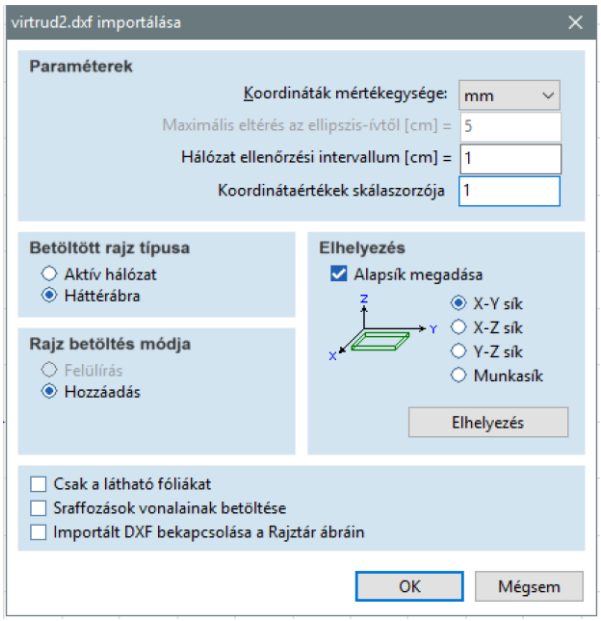


Az AXISVM más CAD rendszerek és alkalmazások különböző típusú adatállományait képes beolvasni és feldolgozni az Import funkción keresztül. Ezzel a lehetőséggel széleskörűen kapcsolódik más szoftveres mérnöki eszközökhöz és illeszkedik a BIM (Building Information Modeling) rendszeréhez is.
Az importálás a *Fájl* menü *Import* menüpontján keresztül valósul meg a kívánt fájltípus kiválasztásával a fájlkereső ablakban. Az egyes fájltípusok importálási lehetőségeit az alfejezetek tartalmazzák.

3.1.7.1. AutoCAD DXF fájl importálása

*AutoCAD *.dxf fájl*

Egy DXF formátumú fájlból beolvassa a vonalhálózatot. A DXF fájl lehet AutoCAD 12, 13, 14, 2000-es és 2004-es formátumú. A betöltött fájl a benne található fóliákkal együtt bekerül a fóliakezelőbe (*Lásd...* **3.3.3 Fóliakezelő**), amely nyilvántartja a fájl adatait. Ha a DXF-fájl dátuma megváltozott, a program indításakor a Fóliakezelő ezt felismeri, és eldönthetjük, frissítjük-e a modellben tárolt fóliákat.



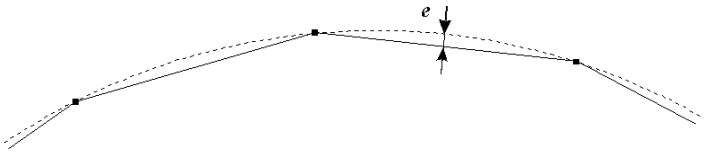
☞ **Az ellipszis íveket a program poligonná konvertálja, amennyiben aktív hálózatként töltjük be, illetve ellipszisként kezeli, ha háttérábraként helyezzük el.**

☞ **Eredménymegjelenítés esetén csak háttérfóliára lehet importálni!**

Paraméterek

Koordináták mértékegysége:
Megadható, hogy a DXF fájlban megadott értékek milyen mértékegységben legyenek értelmezve.

Maximális eltérés az ellipszis-ívtől [m]:
Ha a DXF fájlt aktív hálózatként töltjük be, az ellipszis ívek poligonokká konvertálódnak, ahol a poligon sűrűségét ez a távolság határozza meg.



Hálózat ellenőrzési intervallum [m]:
A hálózatban (esetlegesen) meglévő kettős csomópontok, vonalak kiszűrésre kerülnek. Az ellenőrzés során a megadott intervallum értékénél közelebb levő kettős csomópontokat, vonalakat egyesíti. Az új csomópont koordinátája az eredeti csomóponti koordináták átlaga lesz.

Betöltött rajz típusa

A hálózatot (vonalak, poligonok, ívek, csomópontok) a programban kétféleképpen használhatjuk fel, aktív hálózatként és háttérfóliaként:

Aktív hálózat:
Az így betöltött hálózat teljesen azonosan felhasználható/tovább szerkeszthető, mintha a program saját geometria szerkesztőjében készült volna. Fóliákból automatikusan részletek is generálhatók.

Háttérfólia:
Az így betöltött hálózat a képernyőn megjeleníthető, de a modell statikai vázához közvetlenül nem használható fel. Olyan háttérábraként használhatjuk, mely segíti a tájékozódást az adatbevitel során (pl.: valamely építész programból átvehetünk födém alaprajzokat, épület metszet rajzokat stb.). A háttérábra pontjait, vonalait a kurzor érzékeli, így a szerkesztés során, mint segédpontok, illetve segédvonalak felhasználhatók.

Rajz betöltés módja

Két lehetőség közül választhat:

Felülírás	(felülírható az előző geometria)
Hozzáadás	(új geometria adható az előzőhöz)

Elhelyezés

Megadható a betöltendő DXF fólia alapsíkja. Az *Elhelyezés* gombot alkalmazva a DXF rajzot grafikusan elhelyezhetjük a koordináta-rendszer tetszőleges helyére

Importált DXF bekapcsolása a Rajztár ábráin

Ha szeretnénk, hogy a Rajztárba korábban lementett ábrákon is jelenjen meg a betöltött DXF fóliák tartalma, kapcsoljuk be ezt a funkciót.

Csak a látható fóliák

Bekapcsolása esetén DXF fájlból csak a „Látható” fóliákat importálja a program.

Sraffozások vonalainak betöltése

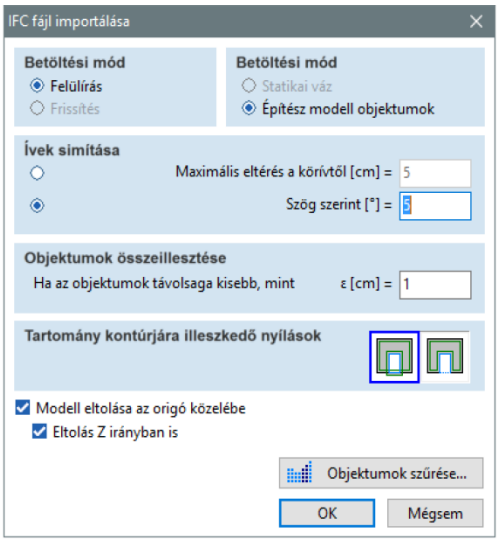
A DXF fájlban a sraffozás egyedi vonalakból áll (nagy mennyiségű információ írja le), ezért általában nem célszerű betölteni. Ha mégis szükség van erre az információra, a *Sraffozások vonalainak betöltése* bekapcsolásával a DXF fájlból ezt a vonalhalmazt is beolvassa a program.

3.1.7.2. IFC fájl importálása – IFC modul

IFC 2x, 2x2, 2x3, IFC4 fájl

Ehhez a funkcióhoz szükség van az **IFC modul**ra, amelyik egy IFC formátumú fájlból beolvassa egy építész modell szerkezeti objektumait (fal, födém, oszlop, gerenda, tető). Az itt beolvasott objektumok 3D háttérábraként megjeleníthetők, az objektum pontjai, vonalai szerkesztéskor felhasználhatók. Objektumalapú építész-modellek átvétele a következő programokból lehetséges: ArchiCAD, Autodesk Architectural Desktop, Revit Structure, Revit Building, Nemetschek Allplan, Bocad és Tekla (TS).

A program IFC fájl importálásakor építész objektumok, statikai váz, illetve a szerkezeti elemekhez rendelt anyagok beolvasására ad lehetőséget (felülírással vagy frissítéssel).



☞ **Csak adatbeviteli fülön állva érhető el a funkció!**

Statikai váz betöltése

Az IFC 2x3-as formátumtól kezdődően lehetőség van statikai vázak közvetlen átadására is IFC fájlok segítségével. Ezt a betöltési módot csak akkor választhatjuk, ha az IFC állományban ezek az adatok (csomópontok, valamint a statikai vázat leíró topológia, támaszok, terhek, teherkombinációk) ténylegesen szerepelnek is. Ha a megnyitott fájl csak építész elemeket tartalmaz (oszlop, gerenda, fal, födém, tetőelem), akkor az AXISVM-en belül kell kérnünk a statikai váz automatikus generálását a betöltött építész objektumok alapján.

Építész objektumok betöltése

Ha van már betöltött építész modell, akkor azt a beállítástól függően felülírja vagy frissíti a betöltött új modell. Az AXISVM oszlop, gerenda, fal, födém és tetőelem objektumok beolvasására alkalmas. A program az importált fájlból az oszlop- és gerenda objektumok geometriai adatainak felhasználásával automatikusan generálja a megfelelő szelvényeket. A kijelölt építész- objektumok tulajdonságai alapján automatikus statikai váz- generálás kérhető. Az így generált statikai váz az AXISVM modell részévé válik.
Lásd... **4.9.26 Építész modellből statikai váz generálása**

Tartomány kontúrjára illeszkedő nyílások



Beolvasás nyílásként



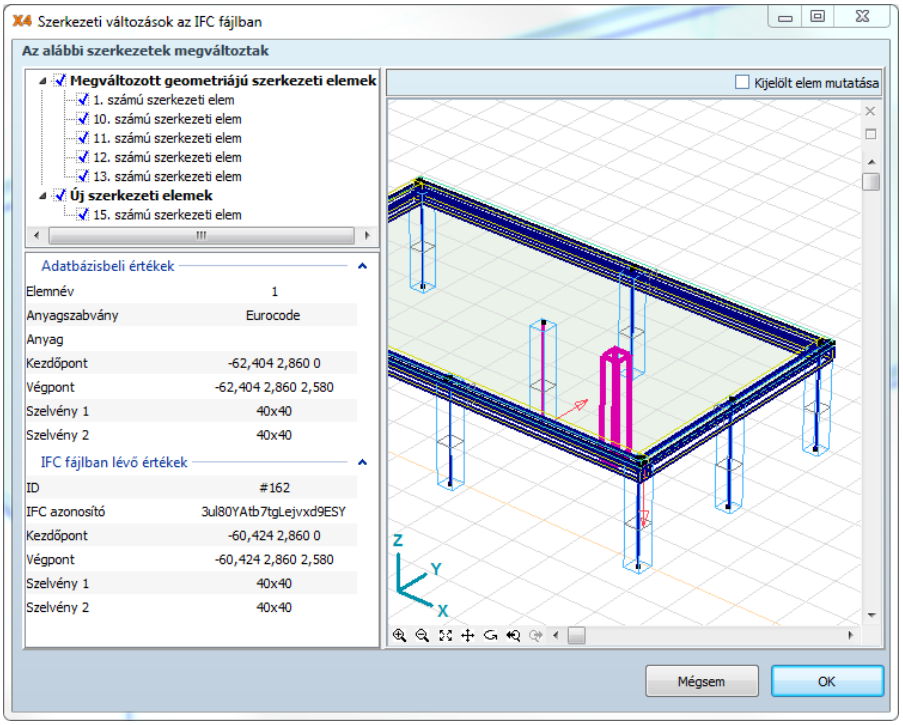
Nyílás kivágása a kontúrból

Modell eltolása az origó közelébe

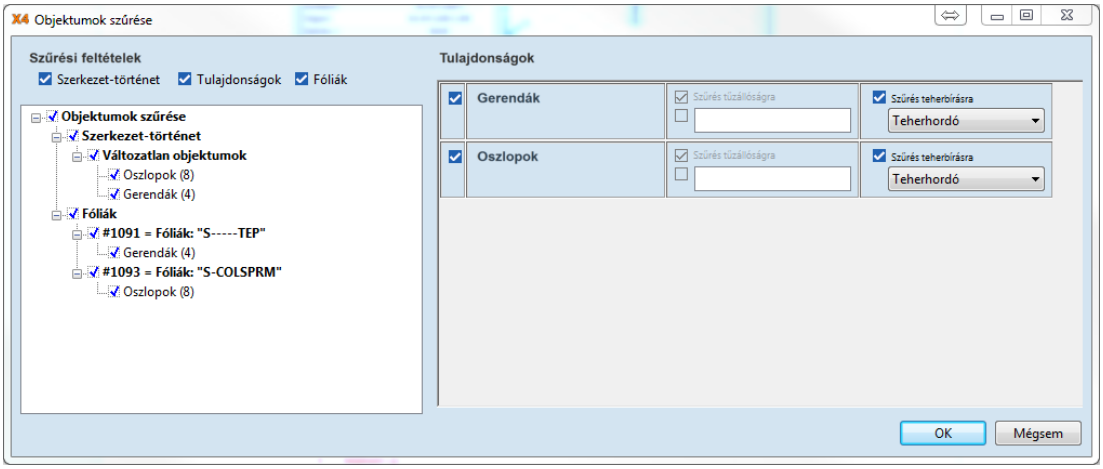
Bekapcsolt állapot esetén az AXISVM-be történő beolvasáskor a modell eltolásra kerül az origó közelébe. Ez főleg akkor hasznos, ha a beolvasott projektben túl nagy koordináta értékek vannak.
Ha az *Eltolás Z irányban is* kapcsoló is bekapcsolt állapotban van, akkor a fent említett eltolást a program függőleges irányban is elvégzi, egyébként csak vízszintes eltolás történik.

Változások automatikus felismerése

IFC modell importálásakor új/módosult/törölt objektumok automatikus felismerése és listába gyűjtése. A listában a felhasználó bejelölheti, hogy mely elemekre hajtódjon végre a művelet (így nem szükséges az IFC fájlból minden módosítást átvenni).
A lista elemére kattintva a program azonnal mutatja, hogy a modellben hol található megváltozott objektum.



Objektumok szűrése



Szűrés szerkezet történet szerint – Ha ezen szűrés típus be van kapcsolva, akkor választható, hogy a

- teljesen új
- vagy a módosult elemeket olvassa be a program.

Csak az olyan ifc fájlok esetén működik, amelyeket AXISVM programból exportáltak ki, majd egy másik programban történt módosítást követően próbálnak újra beolvasni.

Tulajdonságok szerint – ezen kapcsoló bekapcsolt állapotában lehetőségünk van a beolvasandó elemek közti szűrésre

- teherbírási
- és/vagy tűzállósági jellemzőik szerint.

A program csak azon jellemzők szerint enged szűrni, amelyre vonatkozó adatok a fájlban megtalálhatóak.

Fólia alapú szűrés – amennyiben az ifc kiíró program fóliák szerint csoportosítva írta bele a fájlba az elemeket, lehetőség van a beolvasást ezen csoportosításnak megfelelően elvégezni. Megadható, hogy mely fóliákon lévő elemeket olvassa be a program.

☞ **ADT (Architectural Desktop) programnál az IFC mentés előtt a falak összemetszését ki kell kapcsolni.**

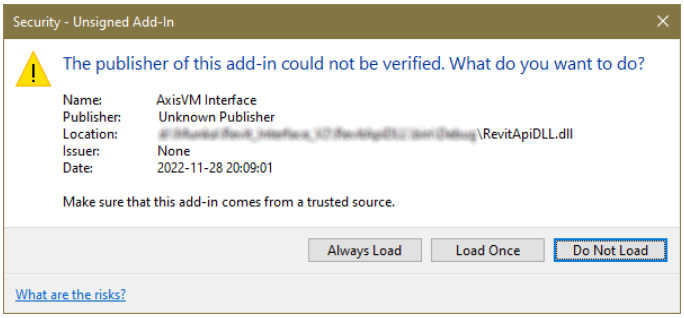
3.1.7.3. REVIT RAE fájl importálása – REV modul

Import Revitből

A program képes Autodesk Revit 2025-ben (vagy újabb változatában) felépített modell átvételére a Revit API segítségével, mely lehetőséget ad arra, hogy egy másik program az alkalmazásból adatokat nyerjen ki.
Az AXISVM telepítése során a telepítő létrehoz egy *RevitImport* nevű almappát a telepítés könyvtárában, és odamásolja a szükséges fájlokat. A két program közötti együttműködéshez szükséges .addin kiterjesztésű fájlt a *c:* \ *Felhasználók* \ *<Felhasználónév>* \ *AppData* \ *Roaming* \ *Autodesk* \ *Revit* \ *Addins* \ *yyyy* nevű mappában helyezi el, ahol yyyy értéke 2025, vagy annál nagyobb szám, a Revit verziójától függően.
Ez a fájl és a *RevitImport* mappa teljes tartalma szükséges a két program közötti kommunikációhoz.

Az AXISVM két módon tud együttműködni a Revit szoftverrel: egy köztes fájl segítségével vagy az AXISVM COM interfészén keresztül.

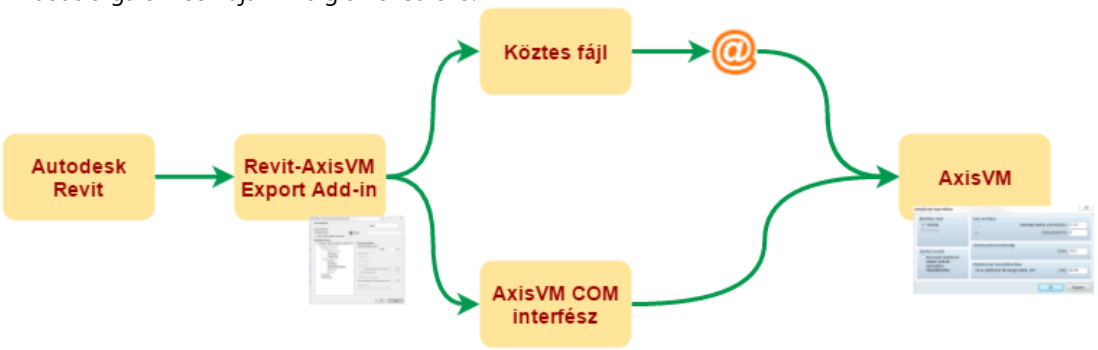
☞ **A beépülő modulok inicializálásakor az alábbi felugró ablak jelenik meg.**



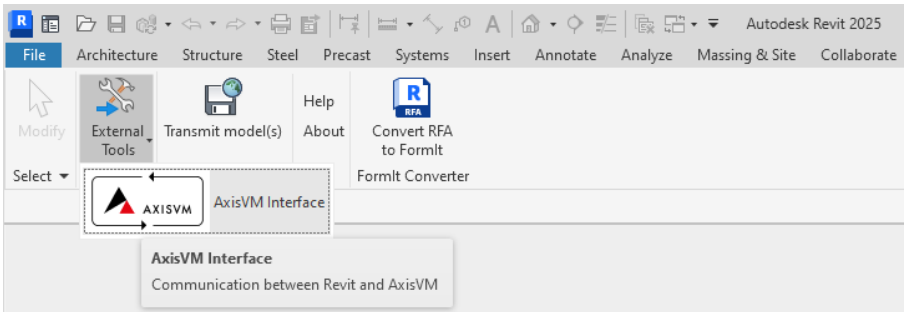
Ilyenkor *Load Once* / "Betöltés egyszer" gombra kattintva lehet a modul betöltését engedélyezni, vagy ha a közeljövőben nem szeretnénk látni ezt a felugró ablakot, akkor az *Always Load* / "Betöltés mindig" gombra kattintva érhetjük ezt el. Ellenkező esetben a modul nem töltődik be.

Használat

Az adatforgalom sémája mindig a következő:



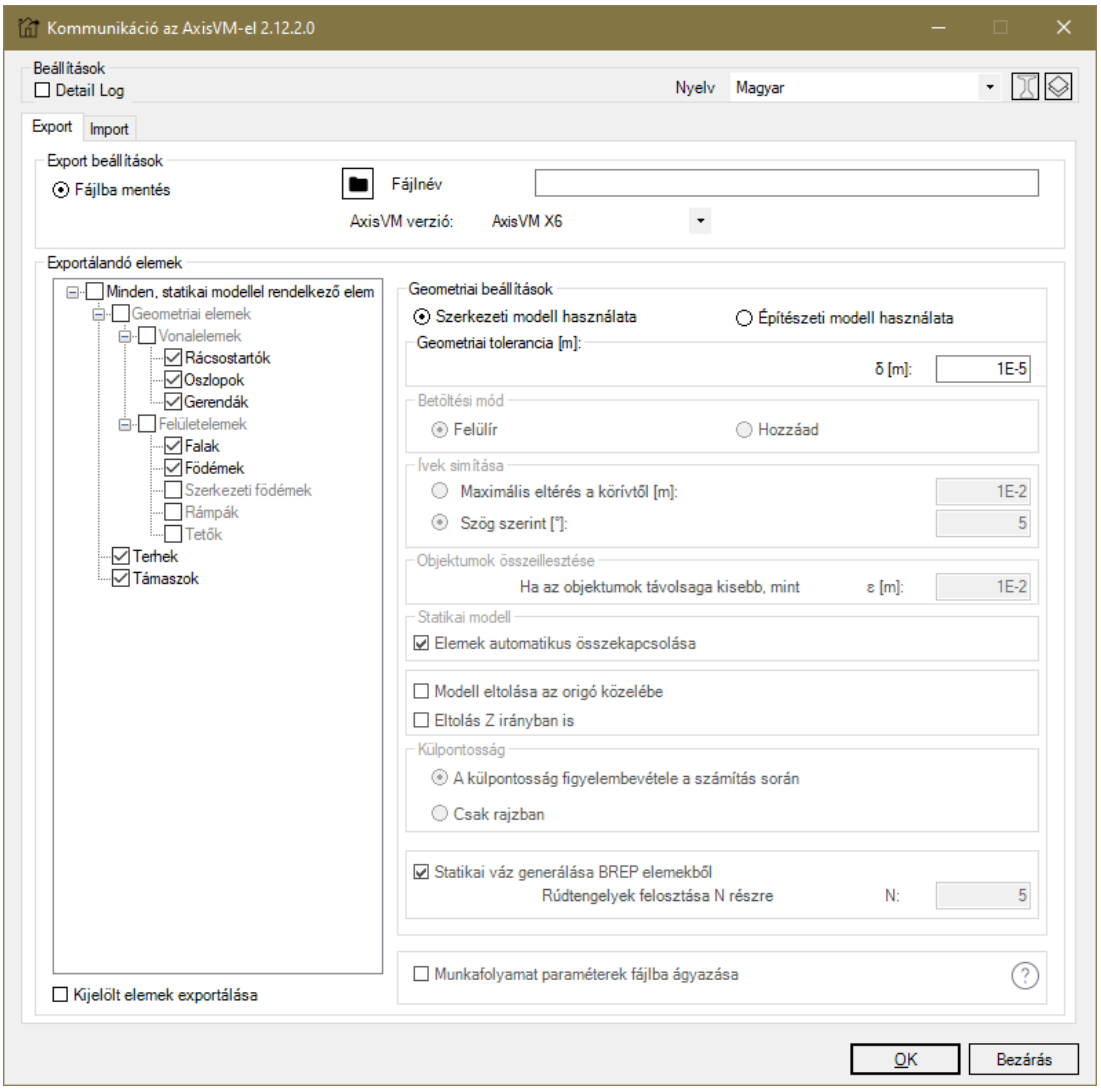
Vagyis **a folyamatot mindig a *Revit*ből kell indítani** a következő módon:



Add-Ins / External Tools / AXISVM Interface

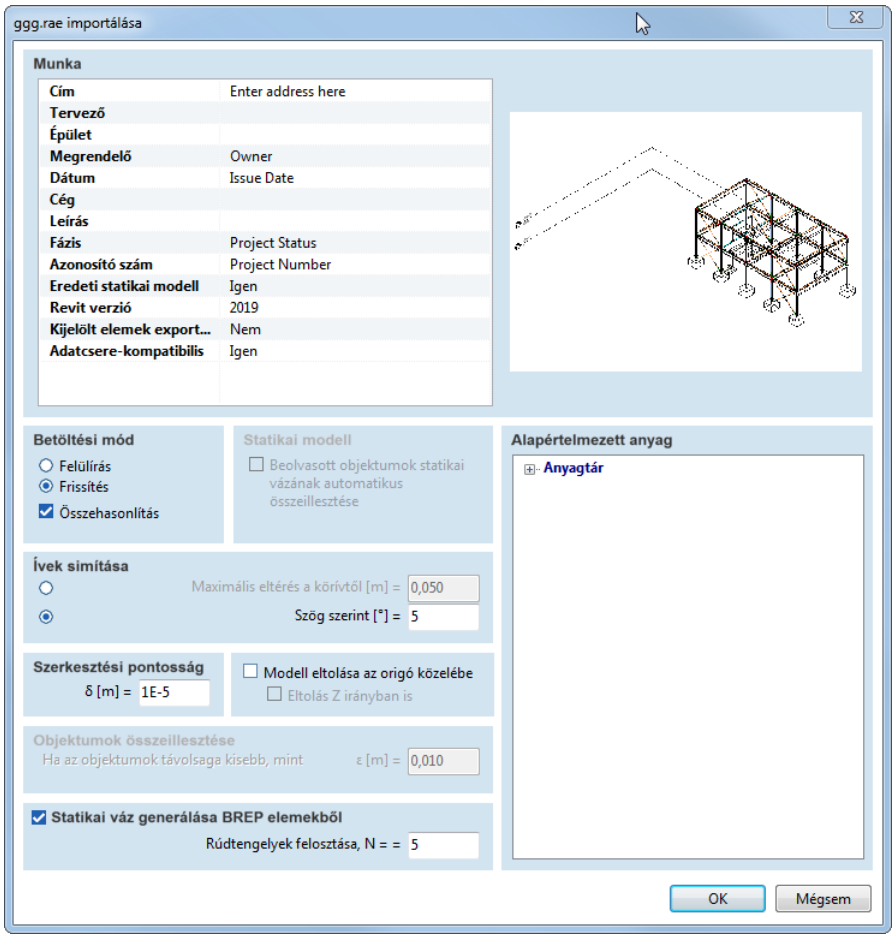
A megnyíló *Statikai modell exportja AXISVM-be* ablakban lehet a két módszer között választani, meghatározni az exportálandó elemek típusát.
COM interfész alkalmazása esetén bizonyos geometriai paramétereket is meg kell adni, illetve lehetőség van a kezelőfelület nyelvének módosítására is.

☞ **Ha az Szerkezeti modell használata rádiógomb van bekapcsolva, akkor a Revitben megadott statikai modell kerül exportálásra, módosítások nélkül. Ellenkező esetben az építész modell alapján kiszámított statikai modellt exportálja a program.**



Import köztes fájl segítségével

A köztes fájlt akkor célszerű választani, ha egy másik felhasználónak szeretnénk továbbítani az adatokat. Ebben az esetben meg kell adni a fájl nevét és ki kell választani, hogy melyik AXISVM verzió számára exportáljuk a modellt. Sikeres mentés után az így nyert állomány a megfelelő verziójú AXISVMbe beolvasható. A következő dialógusablak jelenik meg:



Munka A *Revit*ben megadott projekt jellemzőket itt listázza a program.
A jobb oldali képen pedig az export pillanatában aktuális projekt nézetet jeleníti meg.

Betöltési mód Amennyiben az *AXISVM*ben nem üres a modell, a felhasználó választhat, hogy a modellt törölve csak a beolvasott elemeket szeretné látni (*Felülírás*), vagy csak frissíteni akarja a modellt (*Frissítés*).

Statikai modell Amennyiben az itt lévő pipa be van kapcsolva, a program a nyers geometriai adatok beolvasása után a statikai vázat módosítja annak érdekében, hogy például az összeharapó gerendák közé merev testeket helyezzen, az összeérő tartományokat és rúdelemeket összevonva bordás tartományokat állítson elő, stb. Ez az erőforrásigényes eljárás nagyobb modellek esetén lassíthat a beolvasáson, bekapcsolása azonban ajánlott.

Ívek simítása Bizonyos geometriai eljárások megkövetelik, hogy a köríveket egyenesekkel közelítve kezeljük. Ez a közelítés történhet egy megadott középponti szög vagy a húroknak az ívtől való maximális eltérése alapján.

Szerkesztési pontosság A geometriai számítások során alkalmazott tolerancia

Objektumok összeillesztése Az elemek ütközésvizsgálata során adódó numerikus bizonytalanságok elkerülése érdekében célszerű a befoglaló téglatestek méreteit egy bizonyos mértékben megnövelni. Ennek mértékét lehet itt szabályozni. Csak akkor aktív, ha a Statikai modell panelon lévő pipa be van kapcsolva.

Alapértelmezett anyag Az AXISVM anyagtárából kiválasztható, milyen anyagot rendeljen azokhoz az elemekhez, melyek anyagára nézve a Revit nem szolgáltat semmilyen információt.

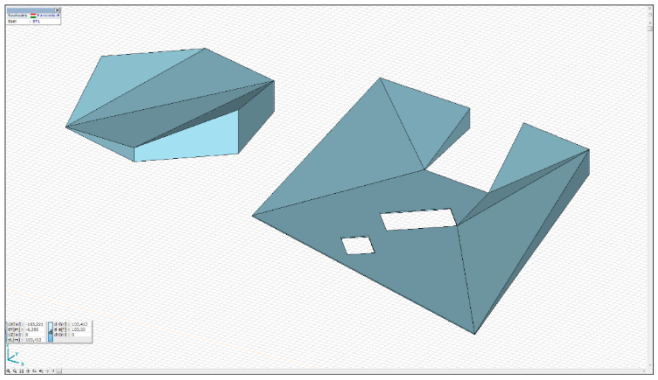
Import COM-on keresztül Ezt a lehetőséget akkor érdemes választani, ha mi magunk szeretnénk a Revit programból kinyert adatokat AXISVM-ben feldolgozni. Ekkor a modul az AXISVM COM interfészének segítségével automatikusan beolvassa az adatokat a programba. Ilyenkor a fenti beállításokat már a Revit export ablakában elvégezhetjük, a megnyíló AXISVM azok szerint fogja az importálást elvégezni.

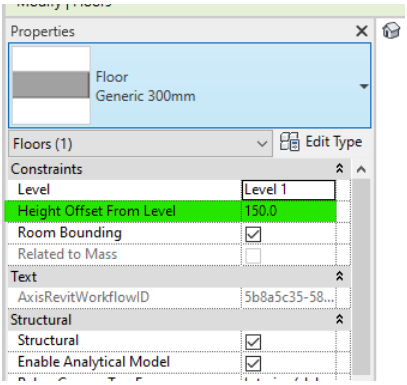
Modell eltolása az origó közelébe

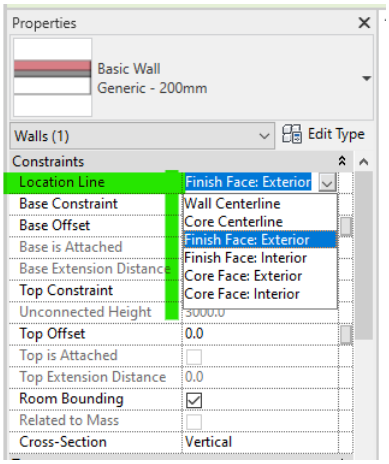
Ez a beállítás csak COM-on keresztül történő import esetén aktív. (Ellenkező esetben az AXISVM-ben felnyíló ablakon lehet ugyanezen kapcsolót bekapcsolni.) Bekapcsolt állapot esetén az AXISVM-be történő beolvasáskor a modell eltolásra kerül az origó közelébe. Ez főleg akkor hasznos, ha a Revit-ben létrehozott projektben túl nagy koordináta értékek vannak.
Ha az *Eltolás Z irányban is* kapcsoló is bekapcsolt állapotban van, akkor a fent említett eltolást a program függőleges irányban is elvégzi, egyébként csak vízszintes eltolás történik.

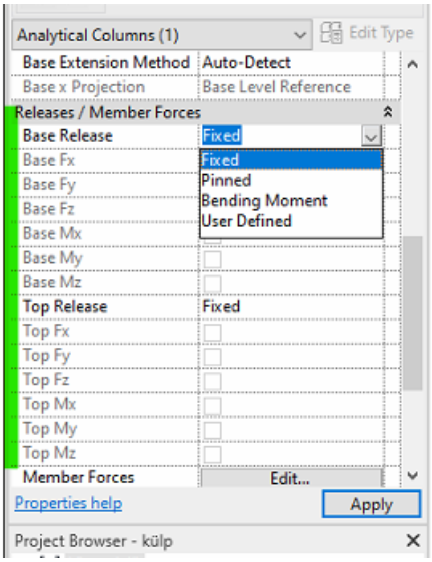
Exportálandó elemek

A felhasználónak lehetősége van a modellben fellelhető szerkezettípusok közül kiválasztani azokat, amelyeket ténylegesen exportálni szeretne.



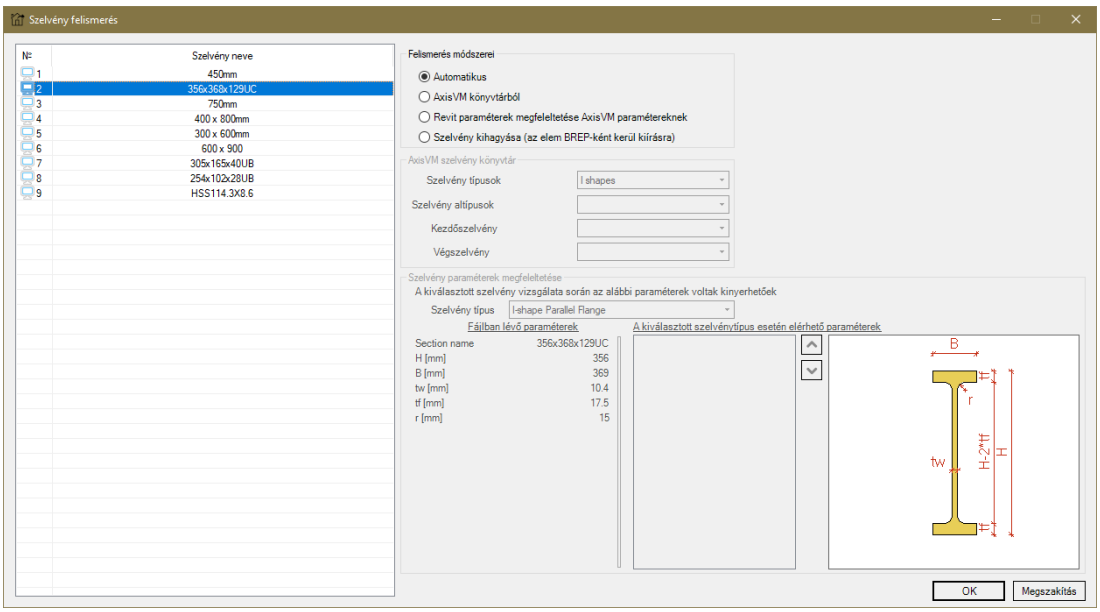






Szelvények felismerése

A Revit API csupán bizonyos korlátozásokkal teszi lehetővé a modellben használt elemek szelvényeinek lekérdezését, ezért néha a felhasználó beavatkozására is szükség van.
Első lépésként a modul megkísérli a Revitből kinyerni a szükséges szelvény információkat. Ha van olyan szelvény, ahol ez nem volt lehetséges, akkor a következő ablak jelenik meg.



A bal oldali listában a Revit modellben előforduló szelvényeket láthatja felsorolva, mellettük egy kis ikon jelzi, hogy a felismerés sikerült-e vagy beavatkozásra van szükség.
A szelvény felismerés többféle módon történhet:

Automatikus Ilyenkor a modul sikerrel kérdezte le a Revit adatbázisából a szelvény jellemzőit.

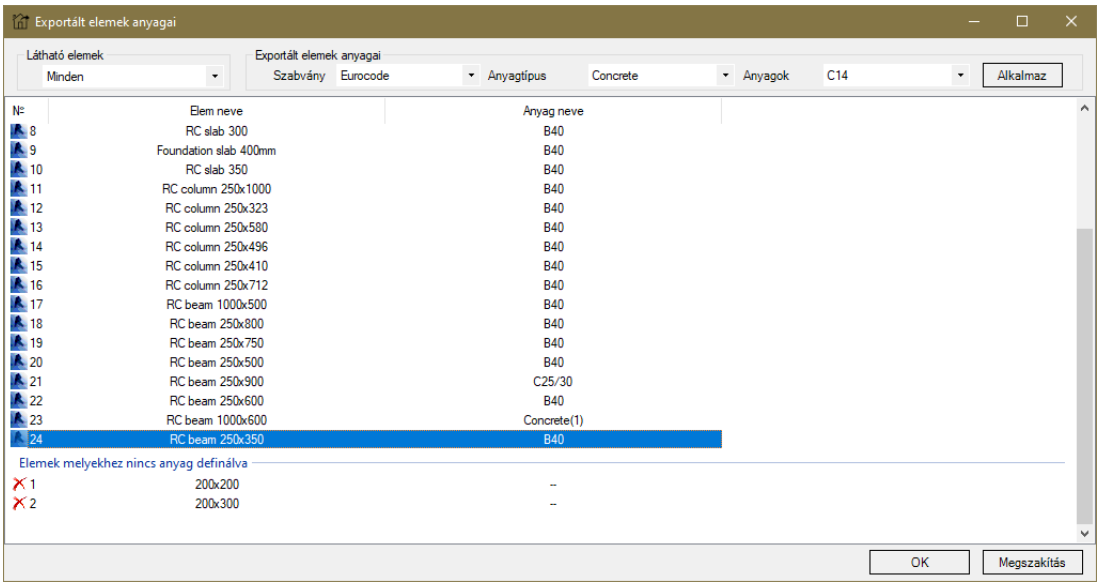
AXISVM könyvtárból Ha az automatikus felismerés nem sikerült, az AXISVM *szelvény könyvtár* nevű panelen kiválaszthatja a megfelelő szelvényt.

Szelvény paraméterek megfeleltetése A Revit sajnos nem konzekvens módon tárolja az egyes paramétereket, ezért nem mindig lehet egyértelműen megfeleltetni őket az AXISVM paraméterekkel. Ilyenkor a középen lent látható lista elemeit fel-le mozgatva tudunk megfeleltetést létrehozni a két program nevezéktana között.

☞ **Ha a program későbbiekben hasonló szelvényre bukkan, az itt beállítottak szerint fogja értelmezni a paramétereket.**

Szelvény kihagyása Ebben az esetben nincs mód az adott szelvény pontos statikai modelljének importálására, az elem csak drótvázként, mint **BREP** formátumban megadott geometriájú, azonosítatlan objektum jelenik meg.

Anyagok megadása Hasonló okoknál fogva nem mindig lehetséges a Revit adatbázisából az anyag információk pontos kinyerése. Ahol ez nem sikerült, a felhasználó segítségét kéri a program. Ilyenkor az egyes szerkezeti elemek nevéhez kell AXISVM által ismert anyagneveket rendelnünk.

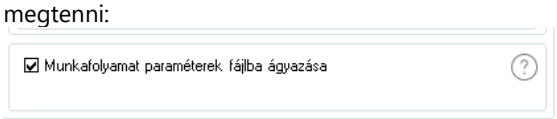


☞ **Azokhoz az elemekhez, melyek anyagát itt nem állítottuk be, importáláskor alapértelmezett anyagot rendel a program.**

Telepítés során fellépő esetleges hiba esetén A program telepítője elvégzi a szükséges fájlok bemásolását. Ha ez valami miatt meghiúsulna és a Revit induláskor nem találná a szükséges dll-t, keresse meg az AXISVM könyvtárában a !REGISTER_Revit.BAT nevű fájlt és futtassa azt!

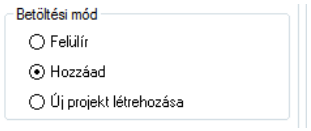
☞ **A két program közötti kommunikáció alapja a Revit API-ja. Az egyes elemek statikai modelljét nem az AXISVM állapítja meg, hanem a Revit modellből kérdezi le. Olyan elem esetén, ahol ez az adat a Revitben nem áll rendelkezésre, csak az elem drótvázát tudjuk importálni – amennyiben a Revit közzéteszi az információt. Az így kinyert statikai modell nem mindig pontos, módosításra szorul. Ezt az AXISVM (ha a fent említett kapcsoló be van kapcsolva) elvégzi az import során, azonban így is előfordulhat, hogy a helyes statikai modell elkészítéséhez felhasználói beavatkozásra van szükség.**

Összehasonlítás alapú adatcsere A szoftver X5-ös verziójától kezdve lehetőség van a két program közötti munkafolyamatra. Ez tulajdonképpen egy összehasonlítás alapú export-import.
Ennek segítségével ugyanazon épületen dolgozó különböző mérnökök az egymás által módosított, törölt vagy új elemeket úgy tudják importálni egyik vagy másik szoftverbe, hogy eközben a modell többi része nem változik meg.
A munkafolyamat egyaránt indulhat Revit és AXISVM programból is.
Revitből történő indítás esetén a főablak alján látható pipát bekapcsolt állapotban hagyva kell az exportot megtenni:

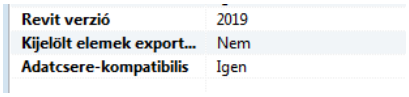


Ennek az az oka, hogy a folyamathoz szükséges projekt paraméterek fájlba ágyazásához szükséges a felhasználó engedélye, valamint a fájl mentése. He ez nem tud megtörténni, az exportált fájl nem fogja tartalmazni a munkafolyamat paramétereit. Az AXISVM továbbra is be fogja tudni olvasni a lementett adatokat, azonban összehasonlítás alapú import nem lesz lehetséges.
AXISVM-ből történő indítás esetén ilyen jellegű megerősítésre nincs szükség, a szükséges paraméterek automatikusan beágyazódnak a mentett állományba.
Összehasonlítás alapú import csak úgy történhet, ha már van modell megnyitva (akár AXISVM-ben akár Revit-ben).

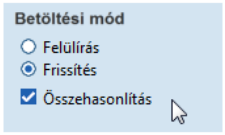
Ehhez *Revit*ben az alábbi gombot kell bekapcsolni (Import fül):



AXISVM alatt, ha megnyitott modellre importálunk olyan *Revit*ből érkező állományt, amely munkafolyamat-kompatibilisen lett lementve, az alábbi sort láthatjuk:



Ahhoz, hogy az összehasonlítás meg is történjen, az alábbi beállításokkal kell az importot indítani:



Az import során az alábbi lehetőségeket kezeljük:

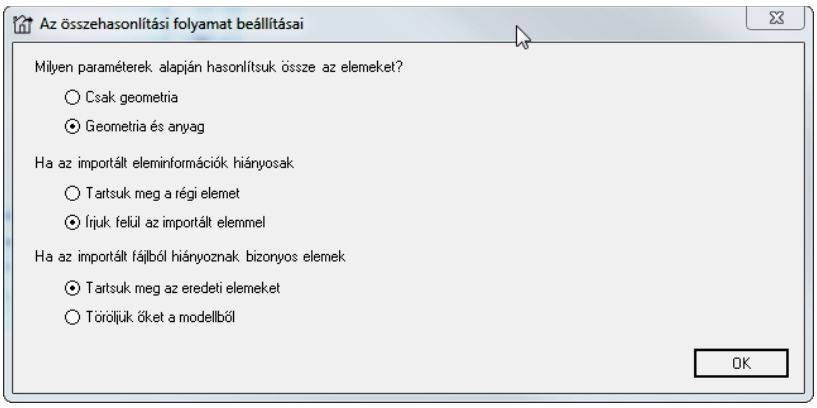
1. az importált állományban szereplő elem még nincs jelen a modellben. Ilyenkor az új elemet egyszerűen csak behelyezzük a modellbe.
2. a megnyitott modell egy vagy több eleme nem található meg az érkező állományban. Ilyenkor felhasználói preferencia kérdése, hogy ezen elemeket töröljük-e a modellből vagy meghagyjuk.
3. a megnyitott modell adott eleme megtalálható az importált állományban is. Ilyenkor egy összehasonlítás történik, melynek alapja:

    a) a szerkezet anyaga (felhasználói preferencia kérdése, lásd lejjebb)
    b) statikai modell (rúdtengely vagy középsík)
    c) keresztmetszet vagy vastagság

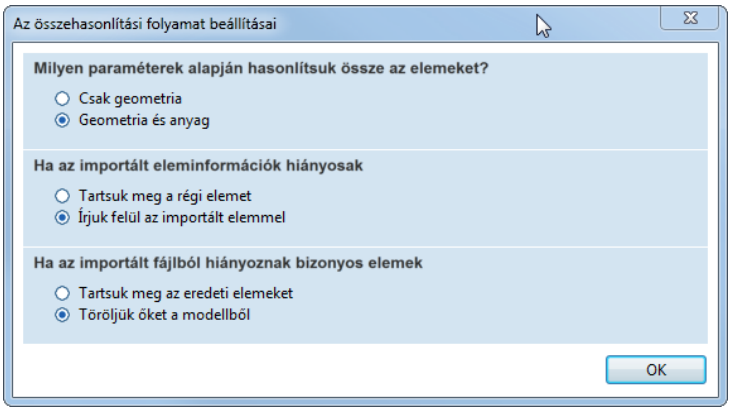
Ha az összevetés arra az eredményre jutott, hogy a két elem egyezik, az importált elemet kihagyjuk. Abban az esetben, ha azt találjuk, hogy a két elem eltérő, az újat beolvassuk, a meglévőt töröljük.
Olyan esetben, ha valami oknál fogva az összevetés nem tud egyértelmű eredményt adni, felhasználói választás függvénye, hogy a régi elemet tartsuk meg vagy az újat olvassuk be.

Az említett felhasználói preferenciákat minden import előtt van lehetőségünk módosítani az alábbi ablakban:

Revit dialógusablak



AXISVM dialógusablak



3.1.7.4. Importálás a Tekla Structures programból

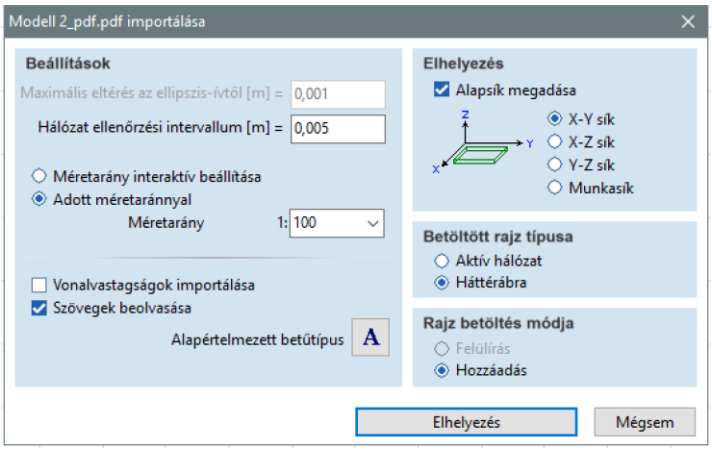
A *Tekla Structures*ben felépített modell importálásához a **TI modul**ra is szükség van.
Régebbi Tekla verziók esetén az egyirányú kapcsolat használható (**3.1.9.2 Egyirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 előtti verziókhoz**)

A Tekla Structures 2021 vagy későbbi verzióival célszerűbb a TI modul telepítésével kétirányú adatkapcsolatot kiépíteni (**3.1.9.1 Kétirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 vagy későbbi verziókhoz**)

3.1.7.5. PDF fájl importálása

*PDF *.pdf fájl*

PDF formátumú rajzot tölthetünk be háttérfóliára vagy aktív hálózatként.
A program csak a vonalas és szöveges információkat dolgozza fel, képeket és egyéb dokumentációs elemeket nem.
Beolvasás előtt megadható, hogy a pdf állományt fix mérettel olvassa be a program, vagy beolvasás után a képernyőn szeretné a felhasználó méretre szabni.
Szintén felhasználói preferencia kérdése, hogy az állományban lévő szövegeket beolvassa-e a program. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy néhány pdf készítő szoftver a szövegeket is rajzi elemként írja ki. Ebben az esetben a szövegek és rajzi elemek megkülönböztetésére nincs mód, így ezen kapcsoló változtatása hatástalan.



Beállítások

Betöltés előtt állítsa be a rajz méretarányát és ha a dokumentum több oldalból áll adja meg a betöltendő oldal sorszámát is (egyszerre csak egy oldal importálható).

A további beállítások megegyeznek a DXF file importálásánál leírtakkal.

3.1.7.6. SAF formátumú fájl importálása

Az importáláshoz az **SAF modul** szükséges.
Az SAF (Structural Analysis File) modul lehetővé teszi a statikai váz adatainak közvetlen átvételét egy speciális Excel alapú fájl formátumon keresztül. Az SAF fájlban szabványosított táblák tárolják a statikai váz geometriai, elem és teher paramétereit, melyek az Excel táblázatkezelővel megtekinthetők és módosíthatók. Az SAF formátumot támogatják többek között az ArchiCAD, AllPlan, SCIA és RFEM programok is.
Az import során az AXISVM a következő adatokat olvassa a fájlból:

- rácsrudak, rudak, bordák, tartományok, támaszok, kapcsolati elemek
- keresztmetszetek
- támaszok merevségei
- terhek, teherkombinációk

Használat

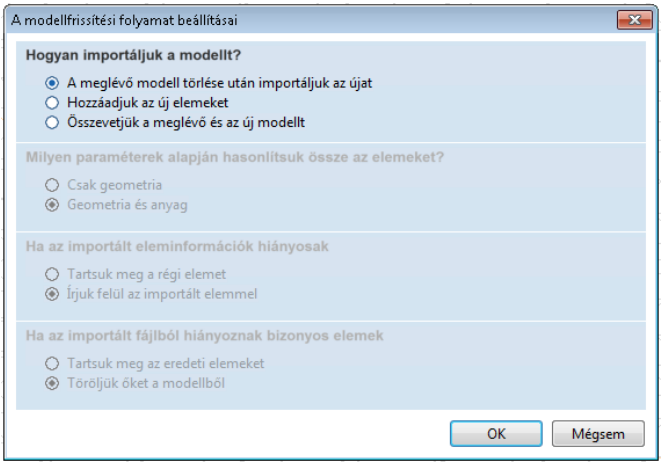
A fájl import a Fájl menü -> Import -> SAF import file (*.xlsx) menüpontra kattintva érhető el.
A fájl két módon nyitható meg:

- a megnyíló ablakban az importálandó fájlt ki kell választani, majd a Megnyitás gombra kattintani
- a beolvasni kívánt fájl a program főablakára húzható (drag&drop)

Beolvasás

A beolvasás módja két féle lehet attól függően, hogy az AXISVM-ben van-e már megnyitott modell.

- Ha nincs, akkor a program beolvassa a megadott fájlban lévő adatokat
- Megnyitott modell esetén a következő ablak jelenik meg:



- Az első esetben a teljes meglévő modellt töröljük, és a fájlban lévő adatokat beolvassuk
- A második esetben a meglévő adatok kiegészülnek a fájlban tárolt adatokkal
- A harmadik esetben összevetjük a meglévő és az érkező modellt, és csak azon elemeket olvassuk be, amelyek
    - újak
    - vagy megváltoztak geometriailag és/vagy anyagukban

A harmadik, összevetés jellegű beolvasás esetén választhatunk, hogy

- csak geometriailag hasonlítsuk össze a két modellt
- vagy ezen felül az elemek anyagait is vizsgáljuk.

A geometriai vizsgálat magában foglalja a rudak tengelyének, valamint keresztmetszetének, a régiók poligonjának és vastagságának vizsgálatát is.

Előfordulhat, hogy az érkező fájlban lévő adatok hiányosak (vagy valamilyen nem várt esemény hatására az összevetés nem hajtható végre). Ekkor a felhasználó választhat, hogy

- megtartja a meglévő elemet és figyelmen kívül hagyja az érkezőt
- vagy a meglévőt elvetve beolvassa az érkezőt

Ha a beolvasott fájlban egyes, a modellben meglévő elemek nem szerepelnek, két lehetőség közül választhatunk

- megtartjuk a meglévő, de az importált fájlból hiányzó elemet
- a meglévő elemet, ha nem szerepel az importált fájlban, töröljük

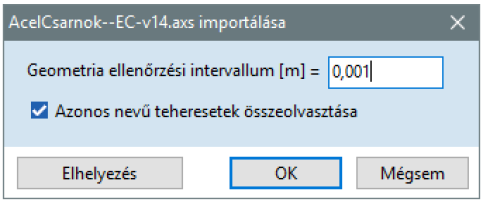
Az összehasonlítás alapú fájlcsere egyelőre csak rúdelemekre, tartományokra és támaszokra működik.

3.1.7.7. AXISVM AXS fájl importálása

*AXISVM *.axs fájl*

Az aktuális modellbe betölti a kiválasztott AXISVM modell bemenő adatait. A betöltés során keletkező kettős csomópontok és hálózati vonalak a beállított ellenőrzési intervallumnak megfelelően kiszűrésre kerülnek. Azokon a helyeken, ahol különböző típusú vagy tulajdonságú elemek kerülnek fedésbe, a program az aktuális modellben definiált elem típusát és paramétereit tartja meg. Az anyagtípusok, szelvények, referencia pontok és vektorok közül csak azok kerülnek betöltésre, melyek az aktuális modellben még nincsenek definiálva. Amennyiben az importált modell tartalmaz tehercsoportot és kombinációt, akkor ezek új kombinációként kerülnek betöltésre, valamint a definiált teheresetek is új teheresetként jelennek meg.
Ha nincs tehercsoport és kombináció, és az importált modell olyan teheresetet tartalmaz, amely az aktuális modellben is létezik, akkor a két tehereset egyesítésre kerül.
Amennyiben olyan teher szerepel egy elemen az összevonandó teheresetben, amely csak egyszer szerepelhet egy teheresetben (pl.: hőmérsékletváltozás), akkor csak az aktuális modellben megadott terhelést veszi figyelembe a program. A részlet, metszet és perspektíva beállítási paraméterek szintén betöltésre kerülnek. Az azonos nevű részleteket és metszeteket a program egyesíti.

Importáláskor megadható a geometria ellenőrzési intervallum.
Az *Elhelyezés* gombbal az AXISVM modellt grafikusan elhelyezhetjük a koordináta-rendszer tetszőleges pontjára.



3.1.7.8. Egyéb alkalmazások fájljainak importálása (*.stl, *.sc1, *.geo, SDNF, DSTV)

*Stereo Lithography *.stl fájl*

Egy STL formátumú bináris vagy szöveges fájlból beolvassa a test felszínét leíró háromszöghálózat adatait. A hálózatban esetlegesen előforduló többszörös csomópontokat és elfajult háromszögeket beolvasás után kiszűri. Mód van háttérfóliaként való betöltésre is.

BoCAD interface

**.sc1 fájl*

A BoCad acélszerkezet- konstruáló program által létrehozott adatfájlt (*.sc1) nyit meg a program, amelyből a rúdszerkezetre vonatkozó komplex adatokat olvassa be (az elemek végkoordinátáit a hozzátartozó keresztmetszeti adatokkal).

*Glaser -isb cad- *.geo fájl*

A Glaser -isb cad- program által rúd- és felületszerkezetek leírására használt *.geo file olvasása.

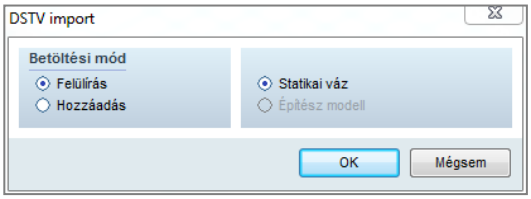
SDNF fájl (Steel Detailing Neutral Format)

A Steel Detailing Neutral Format-nak megfelelő fájl beolvasása, melyet acélszerkezeti programok (Advance Steel, SDS/2, Tekla Structures, PDMS) használnak adatcserére.

DSTV import

**.stp fájl*

Az AXISVM jelenleg a "PSS_2000_04" sémának megfelelő, a *Standard Description for Product Interface Steel Construction 4/2000* nevű szabvány szerint felépülő *stp* fájlok importjára képes. A fájltípus acélszerkezetek adataink továbbítására szolgál. Elsősorban rúdelemekből álló szerkezetek írhatók le vele, de az acélszerkezetek lehetőségein belül felületszerkezetek is megadhatóak benne. Más programok által készített statikai számításokat is lehet ezen fájltípus segítségével – meglehetősen korlátozottan – importálni. Import esetén az alábbi ablak jelenik meg:



Amennyiben a fájlban statikai modellről szóló adatok és építész modell adatok is vannak, lehetőség van a kettő között választani. Ha nem üres modellből indítjuk az importot, választhatunk annak felülírása illetve kiegészítése között.

3.1.8. Parametrikus tervezés

A parametrikus tervezésről

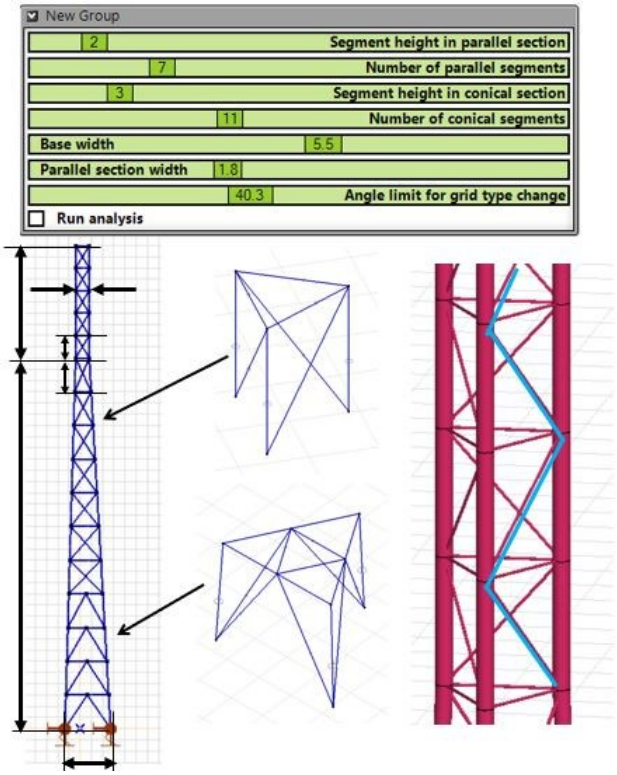
„A parametrikus tervezés azon alapul, hogy a geometriát különböző számok vezérlik. Az ebben rejlő lehetőségeket akkor aknázhatjuk ki igazán, ha ezeket a számokat egymással kapcsolatba hozzuk, és ez a kapcsolati hálózat egy rendszert alkot. Így lehetséges, hogy **egyetlen paramétert megváltoztatva a teljes test megváltozik, annak minden komponensével együtt.** Ez szokásos szerkezetek tervezésénél. Képzeljünk el egy rácsos tartót, ahol az áthidalási távolságot megváltoztatva a szerkezet magassága, és a tartók sűrűsége magától változik a modellen és a konszignációs lapokon úgy, hogy kézzel semmit nem kell átrajzolni. Persze egy ilyen rendszer felállítása időigényes, és mérlegelni kell, hogy érdemes-e megcsinálni. Azonban, ha már megépítettünk a különböző paraméterekből, szabályrendszerekből álló, dinamikusan változó modellünket, egy flexibilis eszközhöz jutunk.” Forrás: Parametrikus tervezés a gyakorlatban (epiteszforum.hu)

Parametrikus add-onok

Mindkét elnevezés egy ún. vizuális programozási nyelvet és a hozzá tartozó környezetet takarja, melyek segítségével könnyedén lehet parametrikus geometriai modelleket készíteni. A GrasshopperToAXISVM és a DynamoToAXISVM add-on segítségével a Grasshopperben / Dynamoban felépített modelleket egyetlen komponenssel ki lehet exportálni az AXISVM programba. Ehhez a Grasshopperben / Dynamoban telepíteni kell a GrasshopperToAXISVM / DynamoToAXISVM add-ont. Ez az eszköz az AXISVM COM interfészén keresztül kommunikál az AXISVM programmal.

Az exportálás feltétele, hogy egyazon a számítógépen telepítve legyen az AXISVM és a Grasshopper vagy Dynamo program. Az exportálás indításakor az AXISVM automatikus megnyílik, benne azonnal látható az exportált szerkezet.

Ennek az adatkapcsolatnak az egyik előnye, hogy a Grasshopperben / Dynamoban könnyen definiálhatók paraméteres modellek, és akár sablonokat is (template) létre lehet hozni. Egy rácsos tartó parametrikus modelljében például a fesztávolság, a szerkezeti magasság, a rácskiosztás vagy a szelvényméretek lehetnek paraméterek. Másik előnye, hogy a parametrikus programokban sok szerkesztési eljárás érhető el, melyek segítségével akár bonyolult térbeli modelleket is könnyen fel lehet építeni.



3.1.8.1. Rhinoceros/Grasshopper add-on

**.gh, *.3dm fájl*

A Grasshopper a Rhinoceros CAD program parametrikus szerkesztő környezete. A Grasshopper a Rhinoceros programból indítható. A .gh kiterjesztésű Grasshopper modellek exportáláshoz a Rhinoceros 6-os, 7-es vagy 8-as verziójából indított Grasshopperben telepíteni kell az AXISVM exportáló eszközt (GrasshopperToAXISVM add-on). A telepítést követően a Grasshopper menüjében az AXISVM fülön érhetőek el a modellezéshez és exportáláshoz szükséges eljárások (más néven komponensek). A Rhinoceros fájl (.3dm) a Grasshopperbe történő beolvasást követően exportálható az AXISVM programba.

A paraméterek módosításakor az AXISVM modell automatikusan leköveti a változásokat. Az exportálást követően a végleges AXISVM modell tovább szerkeszthető a felhasználó által. Ezek a módosítások nem hatnak vissza automatikusan a Grasshopperben beállított paraméterekre, azokat nem változtatják meg.

A GrasshopperToAXISVM V5.x verziótól elérhető funkciók:

- vonalelemek létrehozása (rácsrúd, rúd, borda)
- rugó, kontakelem
- vonalelemekhez külpontosság, rúd végi csukló (excentrikus is) megadható
- felületelemek küldése
- tartományok (normál, változó vastagságú, változó excentricitású, sűrűbordás, trapézlemezes, kompozit bordás, üreges, CLT…)
- teherpanel létrehozása
- támaszok (csomóponti, vonalmenti, felületi)
- diafragma, merev test, élmenti csukló
- terhek (koncentrált teher, vonalmenti megoszló teher, felületi megoszló teher, önsúly, hőteher)
- szelvények (kiválasztás szelvénytárból, szöveges megadás, tömör szelvény rajzolása)
- anyagok (kiválasztás szelvénytárból, szöveges megadás)
- számítás (lineáris statika elindítható)

A GrasshopperToAXISVM V6.0-tól elérhető funkciók (csak AXISVM X7 verzióval):

- parametrikus szelvény megadó komponens
- CLT panel, referencia, rugókarakterisztika létrehozó komponens
- csomópont-csomópont, vonal-vonal kapcsolati elem
- új terhek (földrengés, hó, szél, folyadék, támaszmozgás…)
- modell hálózása (vonalelemek, tartományok esetén)
- számítások indítása Grasshopperből (lineáris statika, nemlineáris statika, rezgés, földrengés, kihajlás)
- acél méretezési elemek létrehozása
- fa méretezési elemek létrehozása

A GrasshopperToAXISVM V7.0-től elérhető funkciók:
(a teljes körű használathoz AXISVM X7 R3 verzió szükséges)

- szelvényoptimalizáló (acél- és faméretezési elemekhez)
- a főbb eredménykomponensek visszaolvashatóak Grasshopperbe
- az AXISVM eredménymegjelenítésének szabályozása Grasshopperből
- váltás a hozzáadás/felülírás mód között az AXISVM-be való küldés esetén (V7.1-től)
- teherpanel teherszétosztásánál releváns elemek kiválasztása (V7.2-től)

A GrasshopperToAXISVM V8.0 újdonságai, melyek használatához legalább AXISVM X8 verzió szükséges:

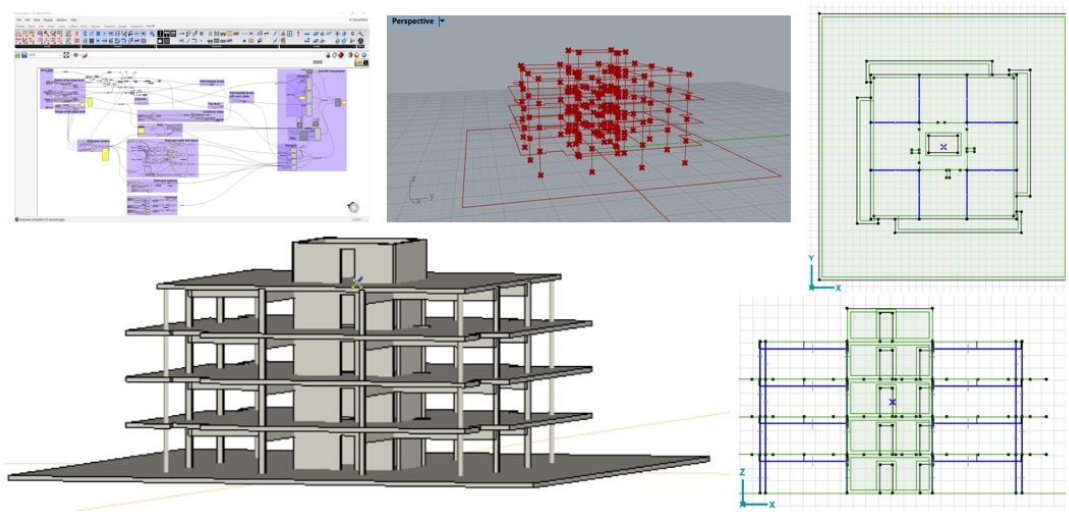
- felhasználói élmény fokozását célzó funkciók:
    - Rhino előnézet az AXISVM komponensekhez
    - egyedi részletek létrehozása (mappastruktúrával)
    - parametrikus elemek egyszerű azonosítása AXISVM-ben (elemek kijelölése)
    - hozzáférés létező .axs fájlok tartalmához (importálás, elemek felhasználása, teherdefiniálás)
- új tehertípusok:
    - mozgó teher
    - csomóponti tömeg
    - hosszváltozás
    - feszítő-/nyomóerő
    - hatásábra
    - koncentrált teher felületelemeken
    - szerkezeti elemekhez rendelt vonalmenti teher tartományon, teherpanelen
- általános újítások:
    - kiválasztott anyag-, szelvény-, CLT panel név kiírása a komponensek alján
    - öblösödési kapcsolat (szorzótényező) megadása
    - eredmények importálásával kapcsolatos fejlesztések
- időközi fejlesztések a V8.1 verzióban:
    - hozzáférés létező .axe fájlok tartalmához (tehereset és -kombináció lista)
    - eredmények szélsőértékei lekérhetők burkoló és mértékadó esetekben

- új eredménytípusok beolvasása: rugó igénybevétel, felület és CLT feszültség
- szelvények gyorsabb hozzárendelése optimalizálási csoportokhoz (szelvénytári szelvényekből történő optimalizálás esetén)

- időközi fejlesztések a V8.2 verzióban:
  - igénybevételek beolvasása felület, felületi támasz, kontaktelem, kapcsolati elemek, valamint élmenti csukló esetén
  - CLT kihasználtság beolvasása
  - csoportos importálás a CLT feszültség, valamint csomóponti és vonalmenti támaszigénybevétel esetén
  - ezekkel a fejlesztésekkel az egyedi és csoportos beolvasás minden eredménytípusnál elérhetővé vált (elmozdulások, igénybevételek, feszültségek, kihasználtságok)
- időközi fejlesztések a V8.3 verzióban:
  - RC1 eredménykomponensek beolvasása: vasmennyiségek és repedéstágasság értékek (számított és tényleges vasalás esetén), vasalás igénybevételek és nyírási ellenállás értékek
  - egyedi anyagok létrehozása
  - anyagtulajdonságok kinyerése
  - referencia irányok hozzárendelése teherpanelekhez
  - automatikus AXISVM licenszválasztás COM kliensnek (AXISVM X8R1i verziótól)

GrasshopperToAXISVM V9.0-tól elérhető új funkciók, melyek Az AXISVM 27 verzióval használhatók:

- szerkezeti elemek irányítottságának összehangolása a Rhino vonalakéval
- vasbeton gerendák és oszlopok tervezési paramétereinek átadása és importja (RC2)
- az Importeur komponens bővítése a támaszok, teheresetek, kombinációk, teherpanelek és részletek kezelésével
- AXISVM logikai részleteinek Grasshopperből történő kezelése,
- meglévő komponensek továbbfejlesztése: rugalmasabb, kisebb és hatékonyabban használható elemekkel, egyszerűsített terhelésdefiníciós munkafolyamatokkal
- acélméretezési elemek szelvényosztályozási szempontjának beállítása (ULS)



Az add-on telepíthető a Rhino Package Managerből, valamint a hozzá tartozó kézikönyvvel és mintapéldákkal együtt letölthető a **https://www.food4rhino.com/en/app/grasshoppertoaxisvm** oldalról.

Az információk az AXISVM oldalán is megtalálhatóak:
https://axisvm.hu/axisvm-letoltesek/#applikaciok

3.1.8.2. AutoDesk/Dynamo plugin

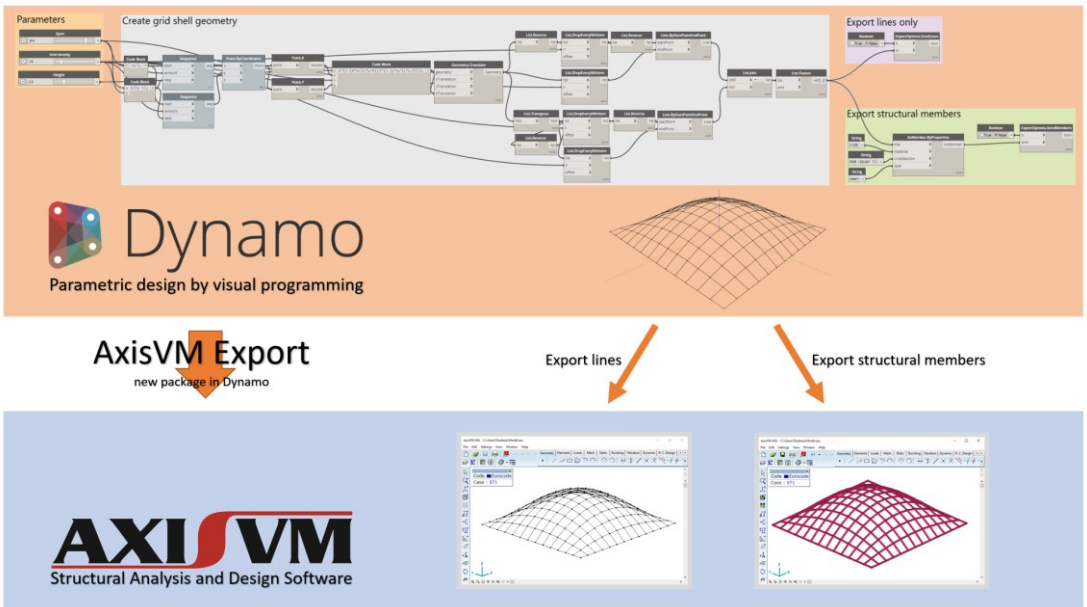
**.dyn, *.rvt fájl*

A Dynamo az Autodesk Revit program parametrikus szerkesztő környezete. A Dynamo a Revitből indítható, de léteznek a Revittől független verziói is (Dynamo Studio, Dynamo Sandbox). A *.dyn Dynamo modellek exportálásához a Dynamoban telepíteni kell az AXISVM exportáló eszközt (AxisVM Export plugin). A telepítést követően a Dynamo bal oldali menüjében az AXISVM címszó alatt érhetőek el a modellezéshez és exportáláshoz szükséges eljárások (más néven csomópontok, *nodes*). A Revit fájl (*.rvt) a Dynamoba történő beolvasást követően exportálható az AXISVM programba.

A Dynamoban az exportálás előtt először létre kell hozni egy új modellt az AxModell csomópont segítségével. A parametrikus szerkezethez önsúly, csomóponti terhek és támaszok is definiálhatók. Az exportálás indításával a parametrikus modell és az AXISVM modell között egyirányú kapcsolat jön létre. Ez azt jelenti, hogy a Dynamoban a paraméterek (geometriai, szerkezeti) módosítása az AXISVM modellt automatikusan frissíti. Az AXISVM modellben közvetlenül további szerkezeti elemek definiálhatóak, de ezek a Dynamo modellben már nem jelennek meg. A Dynamo programban továbbá lehetőség van az AXISVM lineáris statikai vizsgálatának indítására is. A modellek közötti kapcsolat bármelyik modell bezárása esetén megszűnik.

A DynamoToAxisVM 3.0 verziójában elérhető funkciók (csak AXISVM X7 verzióval):

- vonalelemek létrehozása (rácsrúd, rúd, borda)
- rugó, kontaktelem
- vonalelemekhez külpontosság, rúd végi csukló (excentrikus is) megadható
- felületelemek küldése
- tartományok (normál, változó vastagságú, változó excentricitású, sűrűbordás, trapézlemezes, kompozit bordás, üreges, CLT…)
- teherpanel létrehozása
- támaszok (csomóponti, vonalmenti, felületi)
- diafragma, merev test, élmenti csukló
- terhek (koncentrált teher, vonalmenti megoszló teher, felületi megoszló teher, önsúly, hőteher)
- szelvények (kiválasztás szelvénytárból, szöveges megadás, tömör szelvény rajzolása)
- anyagok (kiválasztás szelvénytárból, szöveges megadás)
- számítás (lineáris statika elindítható)



A Revitben a DynamoToAxisVM add-on használatához legalább a Revit 2022-as verziójára van szükség. Nyissa meg a Revitet. A *Packages* fülön a legördülő listából válassza *Search for a Package* funkciót. A betöltés néhány másodpercet is igénybe vehet. Kezdje el beírni a keresőmezőbe a „DynamoToAxisVM" kifejezést. A megfelelő komponensnél kattintson az *Install* gombra. Az add-on telepítési könyvtárába másolja át az AXISVM könyvtárából az Interop.AxisVM.FW4.dll fájlt.
További információkat itt talál: **https://github.com/AxisVM/DynamoToAxisVM/wiki**

3.1.9. Tekla Structures-AXISVM kapcsolat – TI modul

3.1.9.1. Kétirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 vagy későbbi verziókhoz

Telepítés

Amennyiben a gépen megtalálható a Tekla Structures program, az AXISVM telepítésével a Tekla AXISVM *Import & Export* nevű beépülő modul is automatikusan települ. Ha az AXISVM programkonfiguráció tartalmazza a **TI** modult, a kétirányú kapcsolat azonnal működőképes.

A Tekla Structures alá beépülő modul önállóan, az AXISVM nélkül is telepíthető. Ez a külön telepítőprogram az AXISVM weboldaláról ingyenesen letölthető.

3.1.9.1.1 AXISVM modell exportálása Tekla Structures-be

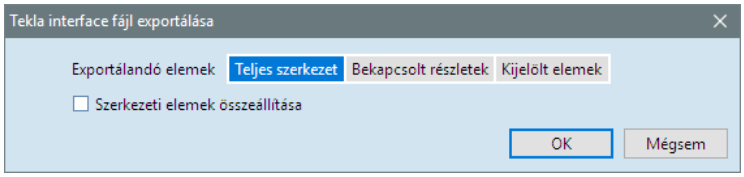
Az AXISVM a **TI** modul segítségével egy ATE kiterjesztésű fájlon keresztül képes a modellt a Tekla Structures-be átvinni. Az AXISVM által generált ATE fájl beolvasását a Teklához telepített beépülő modul végzi, mely a Tekla Open API használatával felépíti és megjeleníti az ATE fájlban átadott modellt.

Exportált adatok

Az AXISVM jelenleg a következő elemeket képes a Teklába exportálni: rácsrudak, rudak, bordák, tartományok, támaszok és az alkalmazott vasalás. A Tekla Structures AXISVM *Import & Export* beépülő moduljával szűrhető, mely elemek kerüljenek át a Teklába. Az exportált információ a geometrián túl tartalmazza a rúdszerű elemek anyagát és keresztmetszetét, a tartományok anyagát és a csomóponti támaszok merevségeit.
Az AXISVM a benne megadott terheket jelenleg nem exportálja.

Exportálás ATE fájlba

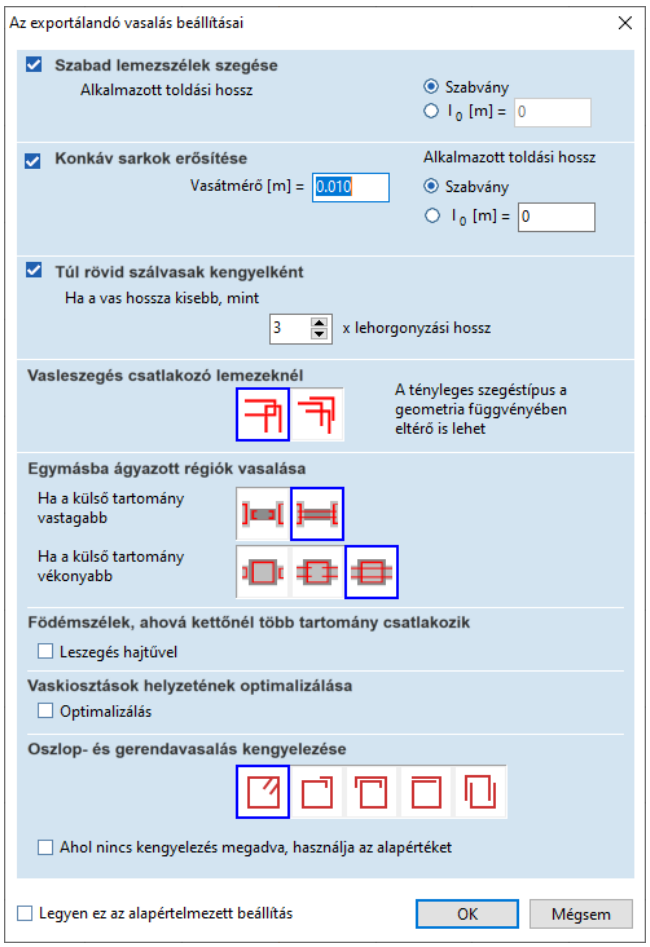
Az export folyamatot a következő módon lehet elindítani:
Fájl menü -> Export -> Tekla Export (.ate)*
Ekkor az alábbi lehetőségek közül lehet választani az export ablak Beállítások gombjára kattintva:



Teljes szerkezet: a modellben lévő minden exportálható adat kiíródik
Bekapcsolt részletek: csak a képernyőn is látható bekapcsolt részletek adatai íródnak ki
Kijelölt elemek: csak a kijelölt elemek íródnak ki
Szerkezeti elemek összeállítása: az egyvonalban lévő, azonos tulajdonságú elemek összeállítása egy elemmé

Alkalmazott vasalás exportálása

A Vasalás export beállítások gombra kattintva az alábbi paraméterablak jelenik meg.



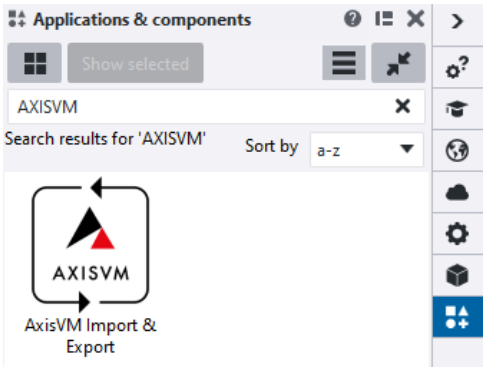
A megadott intenzitáson felül a program beépített algoritmusai segítenek a kiegészítő vasak (szegélyvasak, felhajtások) kiírásában is. A program a számolt vashosszakat minden esetben kerekíti az alábbi listából legközelebb eső értékre: 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0, 6.0, 12.0 m.

- *Szabad lemezszélek szegése*: a beállított szabvány előírásai, vagy felhasználói beállítás alapján kiszámolt átfedési hosszal készített hajtűvasak kerülnek a szabad lemezszélekre a vasalás intenzitásának megfelelően. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Konkáv sarkok erősítése*: a beállított szabvány előírásai, vagy felhasználói beállítás alapján kiszámolt lehorgonyzási hosszal készített erősítő szálvasak kerülnek a konkáv lemezsarkokhoz. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Túl rövid szálvasak kengyelként*: ha az adott felület méretei alapján számolt szálvas hossza kisebb, mint a megadott szorzóval felszorzott lehorgonyzási hossz, a program két szálvas helyett egy darab zárt kengyelt készít a felesleges vashalmozás elkerülése végett. Tetszőlegesen ki-be kapcsolható.
- *Vasleszegés csatlakozó lemezeknél*: a felhasználó választhat, hogy nem síkban csatlakozó régiók csatlakozási éle mentén a régiók szálvasait milyen módon kösse össze a program. Az első esetben két hajtűvasat forgat össze, a második esetben három darab vinklivassal köti össze a lemezeket. Az alakos vasak geometriája természetesen a csatlakozás tényleges geometriájától függ, esetenként a program felülbírálja a megadott preferenciát. A méretek minden esetben a lehorgonyzási hossz alapján kerülnek meghatározásra.
- *Egymásba ágyazott régiók vasalása*: a tényleges csatlakozás geometriai adottságai alapján a felhasználó választása szerint a régiók közötti vasátvezetés, leszegés kialakítása.
- *Födémszélek, ahova kettőnél több régió csatlakozik*: az ilyen esetekben a program nem tud automatikus megoldást adni. Ha a felhasználó azt választja, a program minden csatlakozó régiót külön-külön leszeg, ellenkező esetben ezen él mentén nem történik meg a vasátvezetés, leszegés.
- *Vaskiosztások helyzetének optimalizálása*: a program egy optimalizációs eljárás segítségével megkísérli a vasalási hálókat olyan módon eltolni, hogy ne következzen be vasütközés, ezzel együtt az adott keresztmetszetet legegyenletesebben lefedjék a vasak. Időigényes eljárás!
- *Oszlop- és gerendavasalás kengyelezése*: a felhasználó által megadott oszlop- és gerendakengyelezés jellemzők alapján történik meg a kengyelek fájlba írása. Amennyiben ezen információk hiányosak, a felhasználó választhat, hogy a szabványban adott szerkesztési szabályok figyelembevételével írjunk-e ki az adott elemre is kengyelezést, avagy hagyjuk azt ki.

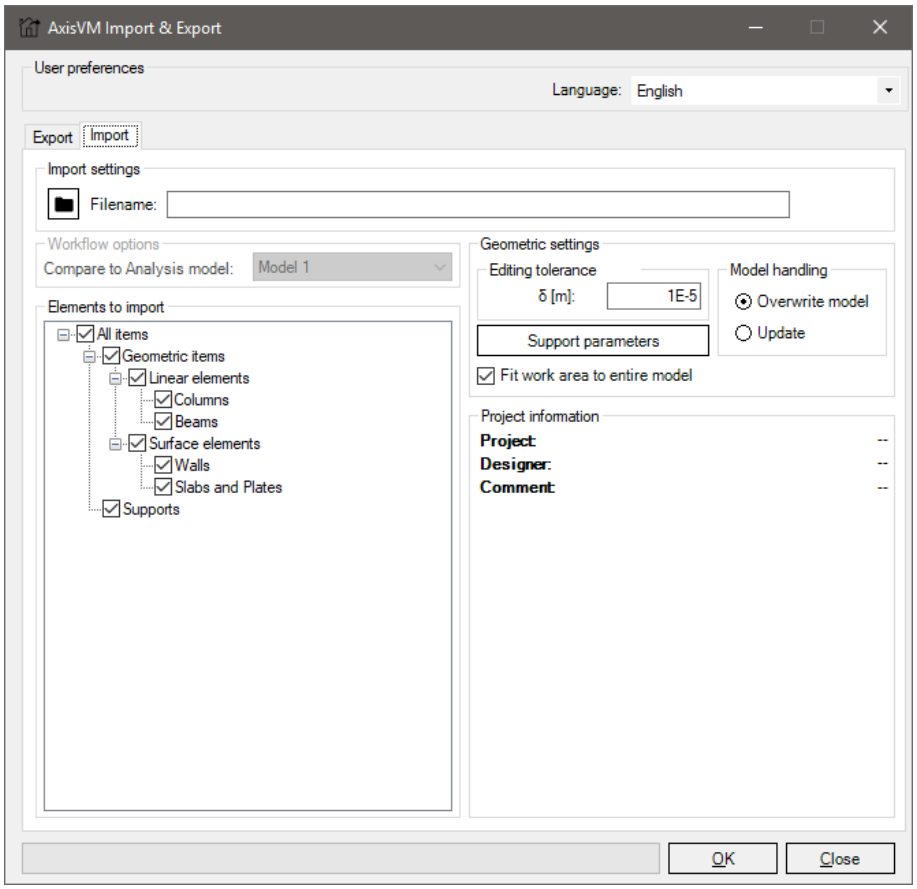
Az .ate kiterjesztésű fájl lementését követően azt AXISVM *Import & Export* beépülő modul használatával be kell olvasni Tekla Structures-be.

ATE fájl importálása Tekla Structures-be

Figyeljen rá, hogy az A & D modellek dialógusablak legyen bezárva az importálás során, mert ez jelentősen lelassíthatja a folyamatot.
Keressen rá az „AxisVM" kulcsszóra az *Alkalmazások és komponensek* között, és nyissa meg az AXISVM *Import & Export* beépülő modult. Miután az alkalmazás megnyílt, váltson át az *Import* fülre.



Ezután újabb ablak jelenik meg.



Import settings Fájlok importálásához nyomja meg a *Filename* címke melletti gombot. A fájl kiválasztása után egy előnézeti kép fog megjelenni a jobb alsó sarokban.

Elements to import A fa elemei mellett látható pipák ki-be kapcsolásával az importálandó elemeket lehet szűrni.

Workflow options Csak a *Frissítés* betöltési mód használata esetén aktív.
Itt lehet kiválasztani, hogy mely analízis modellel vetjük össze az importálandó modellt.

Editing tolerance A geometriai számítások során alkalmazott tolerancia.

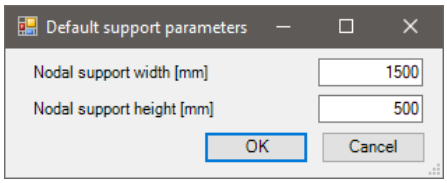
Model handling

Overwrite model: Az összes meglévő elem törlésre kerül, és az így kialakuló üres projektbe importálódnak az új elemek

Update: Ennek az opciónak a kiválasztásával lehet engedélyezni az összehasonlítás alapú importot. A megváltozott elemeken érvényre jutnak az elvégzett módosítások. Az OK gomb megnyomása után a program további beállításokat kínál fel.

Support parameters

A Tekla minden importált támaszhoz az alapértelmezett geometriát rendeli. Az alapértelmezett paraméterek a *Support parameters* gombra kattintva adhatók meg:

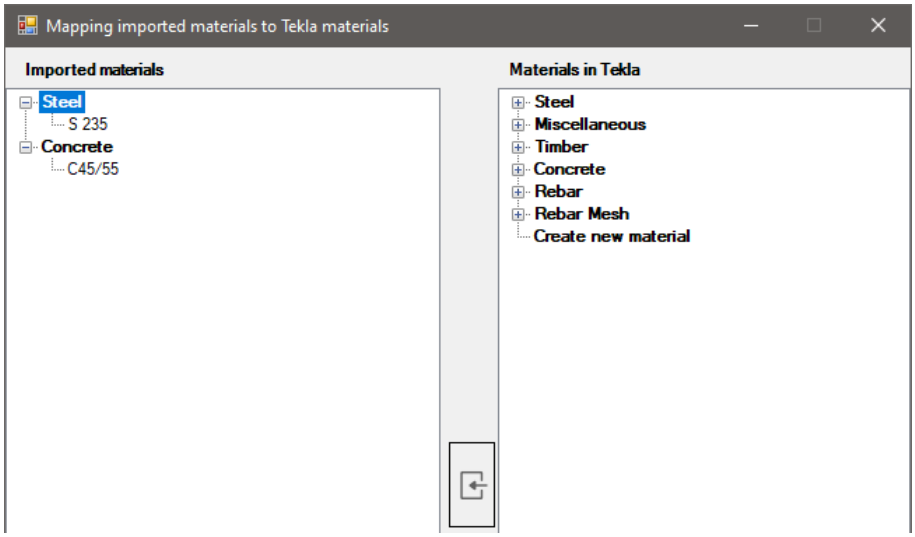


Projekt információ

Itt az eredeti AXISVM modell információi láthatók.

Anyagok megfeleltetése

Mivel az *AXISVM*ben értelmezett anyagok nem minden esetben feleltethetőek meg automatikusan a Tekla által ismert anyagoknak, ezért az anyagok összerendelését nekünk kell elvégeznünk az alábbi ablakban:



A megfeleltetéshez a bal oldali fából kijelöljük az AXISVM anyagot vagy anyagtípust, majd a jobb oldaliból kijelöljük az ennek megfelelő Tekla anyagot, végül a két fa között lévő gombra kattintva elvégezzük az összerendelést. Ekkor a bal oldali fa kijelölése automatikusan a következő még nem feldolgozott anyagra, anyagtípusra ugrik. A még nem feldolgozott anyagok színe piros, minden másé fekete.
Ha a bal oldali fában nem egy anyag, hanem egy anyagtípust jelölünk ki, akkor az összerendelés minden adott anyagtípusú anyagra létrejön.
Lehetőség van arra is, hogy ne már meglévő Tekla anyagot rendeljünk egy AXISVM anyaghoz, hanem az anyag jellemzői alapján új Tekla anyagot hozzunk létre az adatbázisban. Ekkor a jobb oldali fa legalsó elemét (Create new material) kell kijelölni. Ha minden összerendelést elvégeztünk, az OK gomb aktiválódik és folytathatjuk a beolvasást.

3.1.9.1.2 Tekla Structures modell importálása AXISVM-be

A Tekla Structures az AXISVM *Import & Export* modul segítségével egy TAE kiterjesztésű fájlba exportál modell adatokat. Ez a fájl az AXISVM-be importálható.

Exportált adatok

A Tekla a következő adatokat exportálja: rúdszerű elemek és azok anyagjai, keresztmetszetei, tartomány jellegű elemek és azok anyagjai, csomóponti támaszok, terhek és teherkombinációk. Csak azok az elemek és terhek kerülnek exportálásra, amelyek az exportálásra kiválasztott analízis modell részét képezik.
Támaszokat külön ponttámaszként kell megadni, mert csak ezek kerülnek be az exportált fájlba.
Egyedi szelvénnyel megadott rúdszerű elemek nem kerülnek be a statikai vázba, csak építészeti elemként íródnak ki és így jelennek meg az AXISVM-ben.

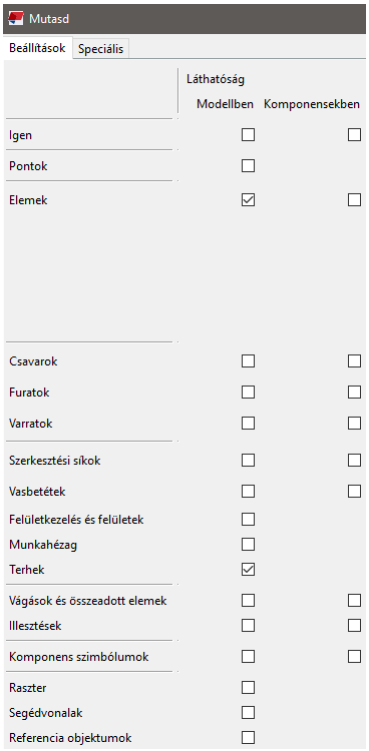
Előkészületek

Az analízis modellt érdemes már a Teklában úgy létrehozni, hogy az AXISVM további módosítások nélkül képes legyen vele dolgozni. Egy legtöbb esetben jó analízis modell létrehozásához használja a képeken látható beállításokat.

Az optimális beállítások rengeteg tényezőtől függenek, így előfordulhat, hogy önnek más beállításokat kell használnia. Az alábbi leírás csak egy iránymutatás, amely a mi tapasztalataink szerint a legtöbb esetben megfelelő.

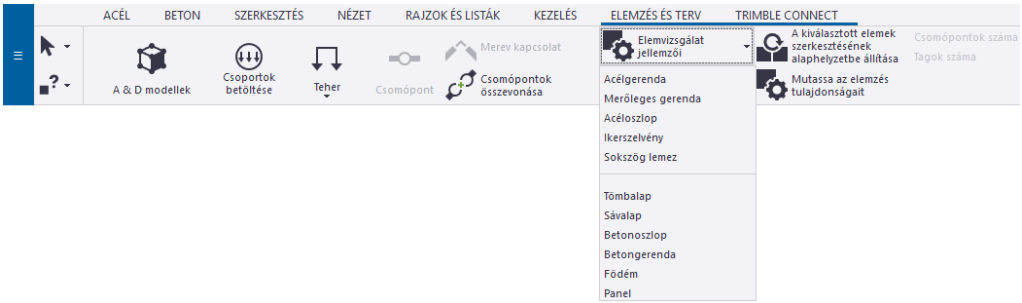
Az analízis modell létrehozása előtt javasolt elrejteni azokat az elemeket, amelyek nem lesznek benne az analízis modellben. Ez a *Nézetjellemzők*nél tudja beállítani.

Ha már csak azok az elemek látszódnak, melyeknek az analízis modellbe be kell kerülniük, jelölje ki a teljes modellt és állítsa be az elemek elemvizsgálati jellemzőit. Így létrejövő analízis modell már a megfelelő alapértelmezett jellemzőket fogja tartalmazni. Ezzel csökkenteni tudja a továbbiakban szükséges munkát.

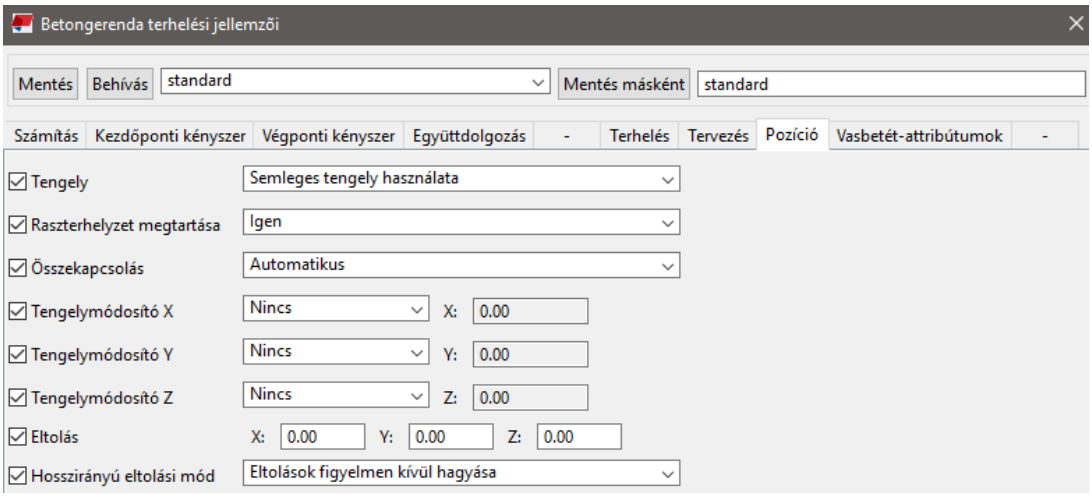


Elemvizsgálat jellemzők beállítása

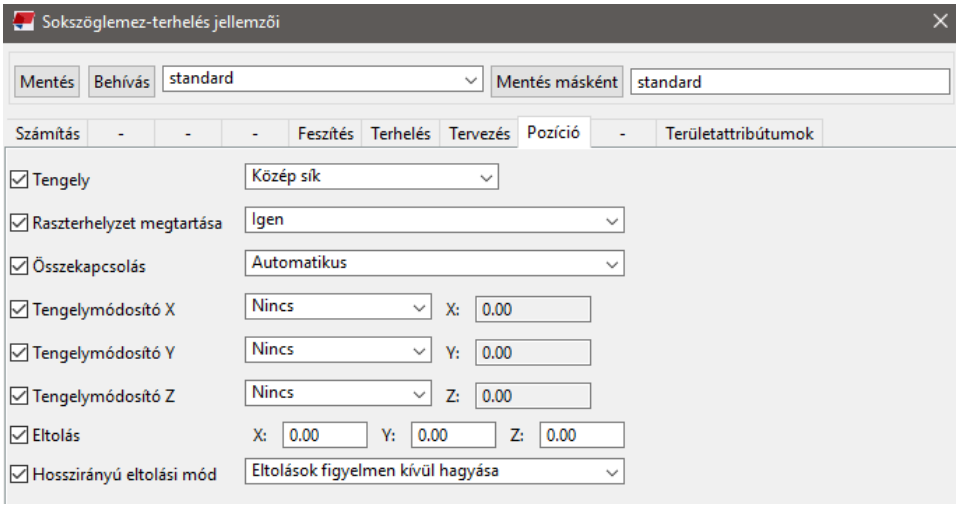
Az elemvizsgálat jellemzőit az alábbi menüben tudja elérni:



Valamennyi gerendára és oszlopra ezt érdemes beállítani a *Pozíció* fülön:



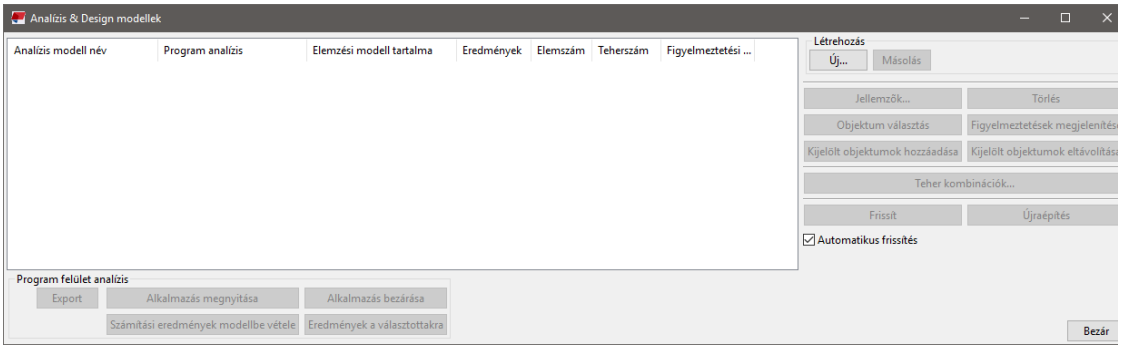
Valamennyi födémre, panelre, és sokszög lemezre ezt érdemes beállítani a Pozíció fülön:



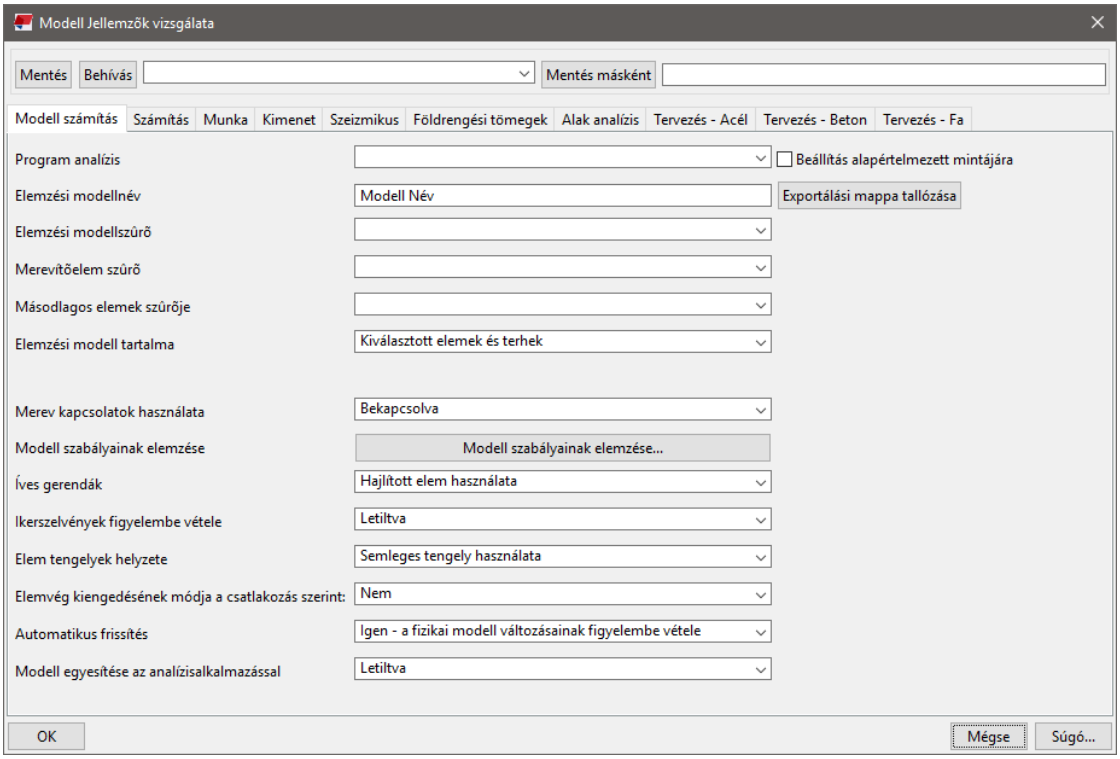
Analízis modell létrehozása

Az elemvizsgálat jellemzőinek beállítása után létre kell hozni az analízis modellt.

1. Nyissa meg az *Analízis & Design modellek* párbeszédpanelt.

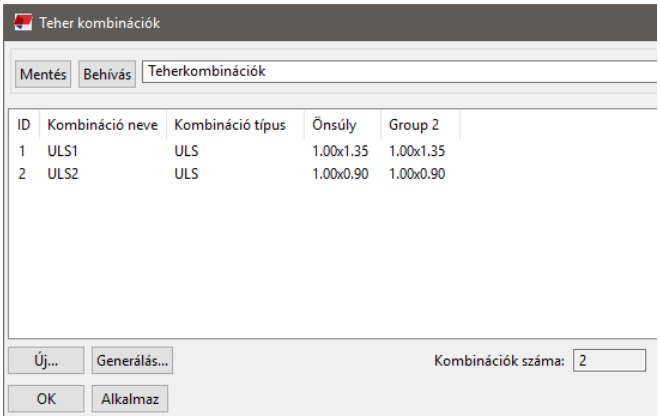


2. Nyomja meg az *Új...* gombot, és állítsa be a modell jellemzőit a következőképpen:



3. Jelölje ki azokat az elemeket és terheket, amelyeket hozzá szeretné adni az analízis modellhez, és kattintson a *Kijelölt objektumok hozzáadása* gombra.

4. Kattintson a *Teher kombinációk...* gombra a teherkombinációk konfigurálásához.



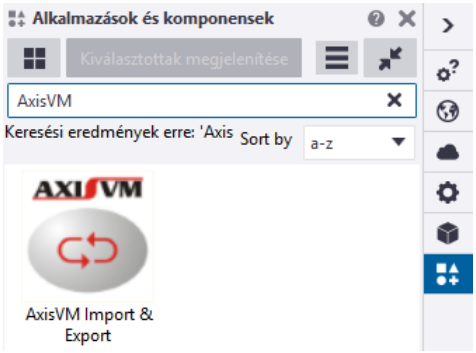
5. Ellenőrizze, hogy a Tekla Structures nem jelez-e valamilyen problémát!

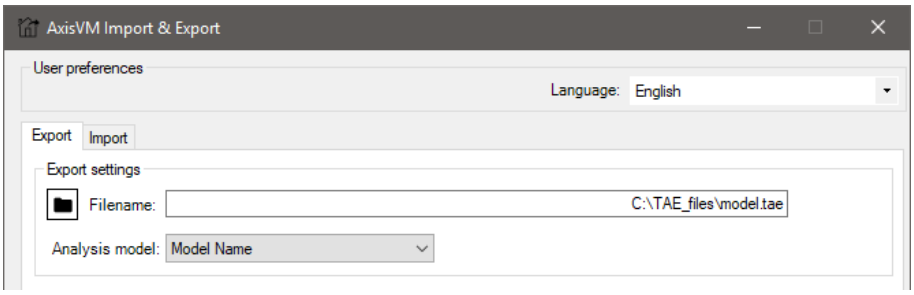


Az analízis modell exportálása TAE fájlba

1. Keressen rá az „AxisVM" kulcsszóra az Alkalmazások és komponensek között, és nyissa meg az „AXISVM Import & Export" beépülő modult.

2. Válassza ki, hogy hova szeretné a TAE fájlt menteni, és adjon neki egy nevet (azt is ki kell választania, hogy melyik analízis modell szeretné exportálni).

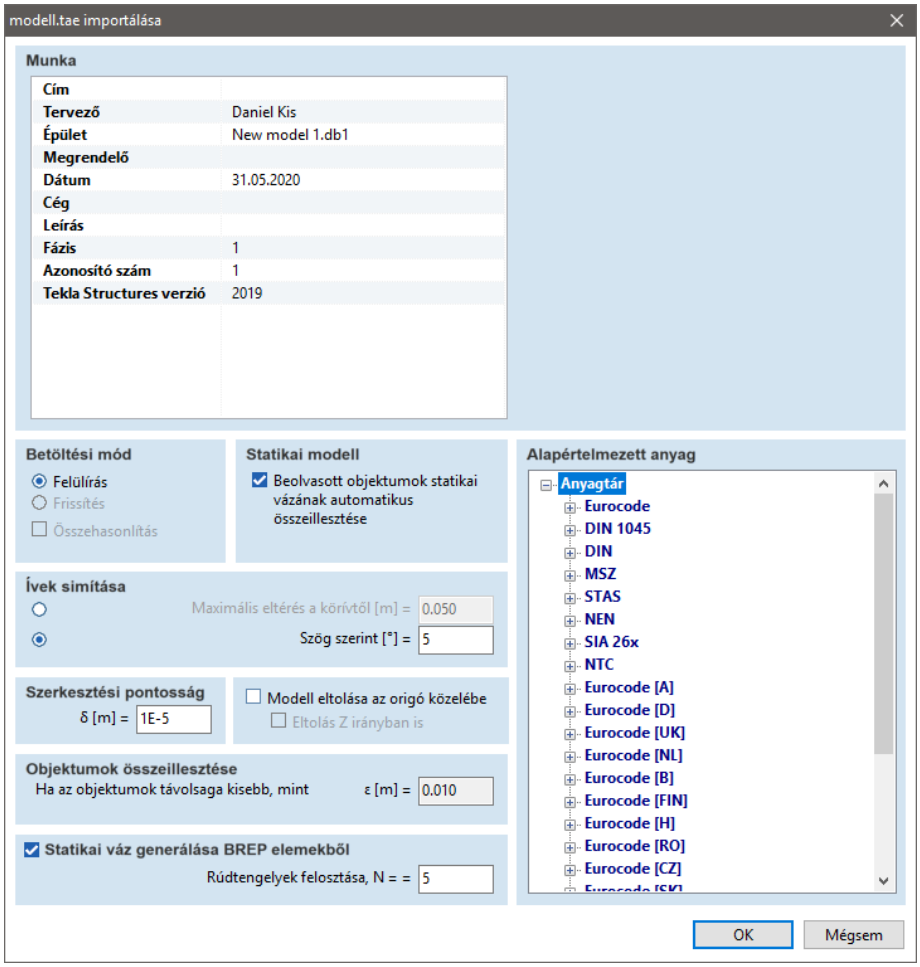




Ha az *Exporting data succeded* üzenetet látja, az export sikeres volt:
Az elkészült TAE kiterjesztésű állomány az AXISVM kezelőfelületére egyszerűen rádobható, vagy a *Fájl / Import* menüből lehet a felugró ablakban kiválasztva beolvasni.

TAE fájl importálása AXISVM-be

A fájl importálásakor az alábbi dialógusablak jelenik meg:



Munka A Tekla-ban megadott projekt jellemzőket itt listázza a program.

Betöltési mód Amennyiben az AXISVM-ben nem üres a modell, a felhasználó választhat, hogy a modellt törölve csak a beolvasott elemeket szeretné látni (*Felülírás*), vagy frissíteni akarja a modellt (*Frissítés*).

Statikai modell Amennyiben az itt lévő pipa be van kapcsolva, a program a nyers geometriai adatok beolvasása után a statikai vázat módosítja annak érdekében, hogy például az összeharapó gerendák közé merev testeket helyezzen, az összeérő tartományokat és rúdelemeket összevonva bordás tartományokat állítson elő stb. Ez az erőforrásigényes eljárás nagyobb modellek esetén lassíthat a beolvasáson, bekapcsolása azonban ajánlott.

Ívek simítása Bizonyos geometriai eljárások megkövetelik, hogy a köríveket egyenesekkel közelítve kezeljük. Ez a közelítés történhet egy megadott középponti szög vagy a húroknak az ívtől való maximális eltérése alapján.

Szerkesztési pontosság A geometriai számítások során alkalmazott tolerancia.

Objektumok összeillesztése Az elemek ütközésvizsgálata során adódó numerikus bizonytalanságok elkerülése érdekében célszerű a befoglaló téglatestek méreteit egy bizonyos mértékben megnövelni. Ennek mértékét lehet itt szabályozni. Csak akkor aktív, ha a *Statikai modell* panelon lévő pipa be van kapcsolva.

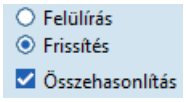
Alapértelmezett anyag Az AXISVM anyagtárából kiválasztható, milyen anyagot rendeljen azokhoz az elemekhez, melyek anyagára nézve a Tekla nem szolgáltat semmilyen információt.

3.1.9.1.3 Munkafolyamat az AXISVM és a Tekla Structures között

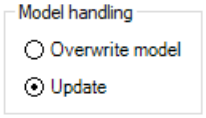
Összehasonlítás alapú adatcsere A két program közötti munkafolyamat tulajdonképpen egy összehasonlítás alapú export-import. Ennek segítségével ugyanazon épületen dolgozó különböző mérnökök az egymás által módosított, törölt vagy új elemeket úgy tudják importálni egyik vagy másik szoftverbe, hogy eközben a modell többi része nem változik meg.

A munkafolyamat indulhat a Tekla és az AXISVM programból is.
Ehhez az alábbi beállításokkal kell az importot indítani:

AXISVM:



Tekla:



Importálás AXISVMbe

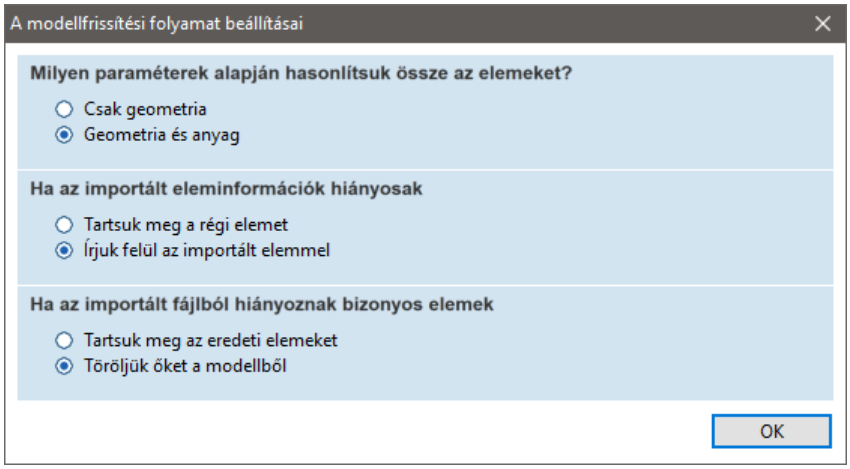
Tekla modell AXISVM-be importálásakor az alábbi lehetőségeket kezeljük:

1. Az importált állományban szereplő elem még nincs jelen a modellben. Ilyenkor az új elemet egyszerűen csak behelyezzük a modellbe.
2. A megnyitott modell egy vagy több eleme nem található meg az érkező állományban. Ilyenkor felhasználói preferencia kérdése, hogy ezen elemeket töröljük-e a modellből vagy meghagyjuk.
3. A megnyitott modell adott eleme megtalálható az importált állományban is. Ilyenkor egy összehasonlítás történik, melynek alapja:
    a) a szerkezet anyaga (felhasználói preferencia kérdése, lásd lentebb)
    b) statikai modell (rúdtengely vagy középsík)
    c) keresztmetszet vagy vastagság

Ha az összevetés arra az eredményre jutott, hogy a két elem egyezik, az importált elemet kihagyjuk.
Abban az esetben, ha azt találjuk, hogy a két elem eltérő, az újat beolvassuk, a meglévőt töröljük.
Olyan esetben, ha valami oknál fogva az összevetés nem tud egyértelmű eredményt adni, felhasználói választás függvénye, hogy a régi elemet tartsuk meg vagy az újat olvassuk be.

Az említett felhasználói preferenciákat minden import előtt van lehetőségünk módosítani az alábbi ablakban:

AXISVM dialógusablak

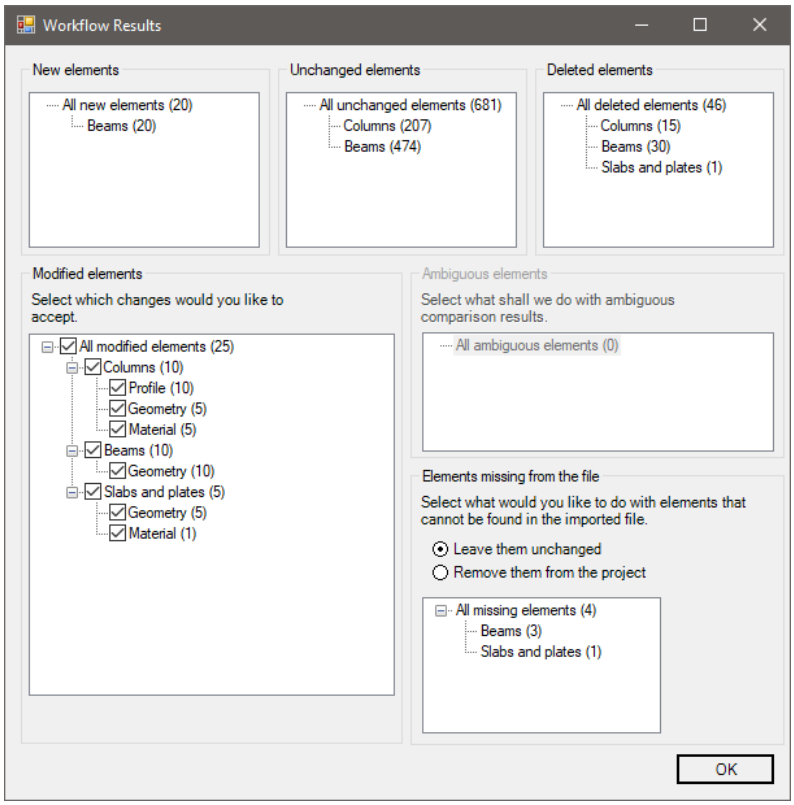


Importálás Tekla Structures-be

AXISVM modell Tekla Structures-be való importálásakor az összehasonlítást az alábbi szempontok alapján végezzük:

a) a szerkezet anyaga
b) statikai modell (rúdtengely vagy középsík)
c) keresztmetszet vagy vastagság
d) rugókarakterisztika

Az összehasonlítás után át lehet tekinteni az összehasonlítás eredményét és testre lehet szabni hogy milyen műveletek legyenek végrehajtva.



New elements Ebben a listában az AXISVM-ben a legutóbbi export óta létrehozott elemek jelennek meg. Ezek az elemek minden esetben létrejönnek az importálást követően.

Unchanged elements Ezek az elemek nem változtak. Az importálás semmilyen műveletet nem végez rajtuk.

Modified elements Ebben a listában jelennek meg a a módosított elemek. Alapértelmezett beállításokkal minden változtatást elfogadunk, egyébként csak a kipipált változások jelennek meg a Tekla-modellen.
Egy elemet kiválasztva a listából a kapcsolódó elemek kiemelésre kerülnek a modellben.

Deleted elements Ezeket az elemeket töröltük az AXISVM-ben. Az importálás után ezek az elemek a Tekla-modellből is törlődnek.

Missing elements Ezek az elemek nem szerepelnek az importált fájlban, de a Tekla-modellnek részét képezik. Választhatunk, hogy ezeket az elemeket töröljük vagy meghagyjuk.

Ambiguous elements Ha egy elemről nincs elég információ az összehasonlítás elvégzésére, vagy valamilyen okból nem tudjuk az összehasonlítást elvégezni, akkor ebben a listában jelenik meg. Beállítható, hogy az új elemeket importáljuk és töröljük a régieket, vagy megtartjuk a régi elemeket.

3.1.9.2. Egyirányú kapcsolat Tekla Structures 2021 előtti verziókhoz

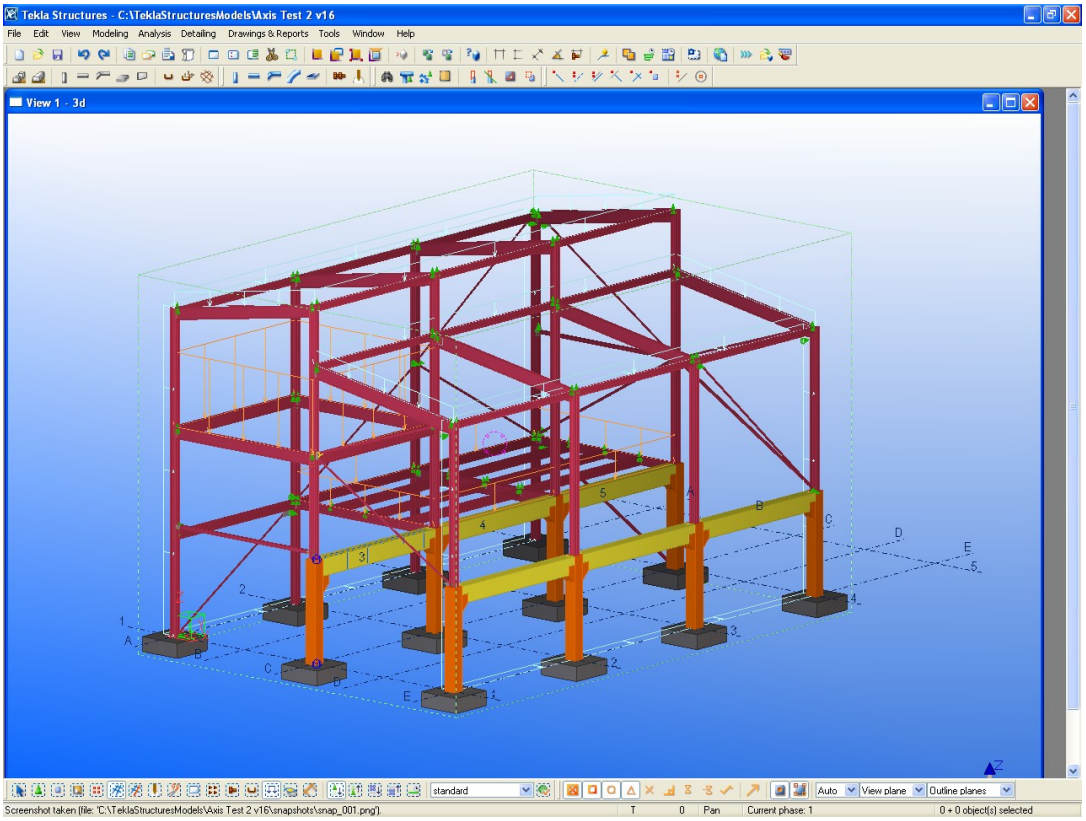
Telepítés A két program közti kapcsolat egy úgynevezett COM szerveren keresztül zajlik, mely képes az AXISVM külső vezérlésére. A kapcsolat létrejöttéhez egyrészt regisztrálni kell a COM szervert az operációs rendszer adatbázisában (Registry), másrészt jelezni kell a Tekla Structures program számára, hogy ez a szerver rendelkezésre áll.
Az AXISVM ezeket a regisztrációs műveleteket telepítéskor automatikusan elvégzi. Ha a gépen a Tekla Structures program ekkor még nincs telepítve, a regisztrációt a Tekla Structures telepítése után újból el kell végezni az AXISVM program könyvtárában található két batch file indításával:

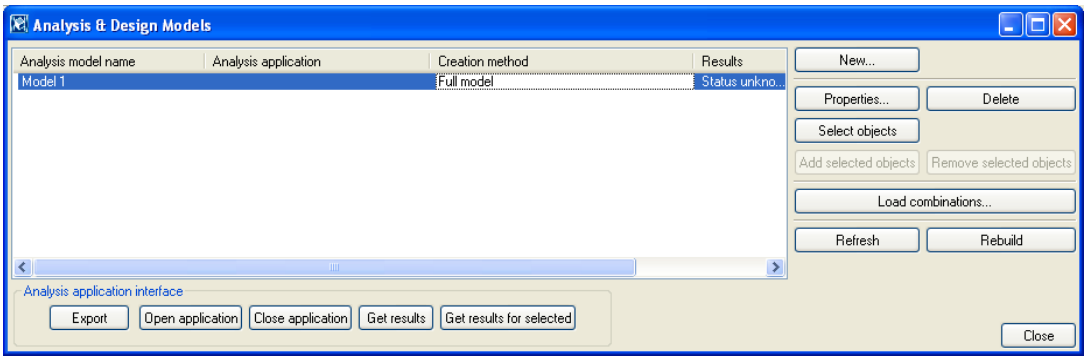
```
!REGISTER_AXISVM.BAT
!REGISTER_TEKLA.BAT
```

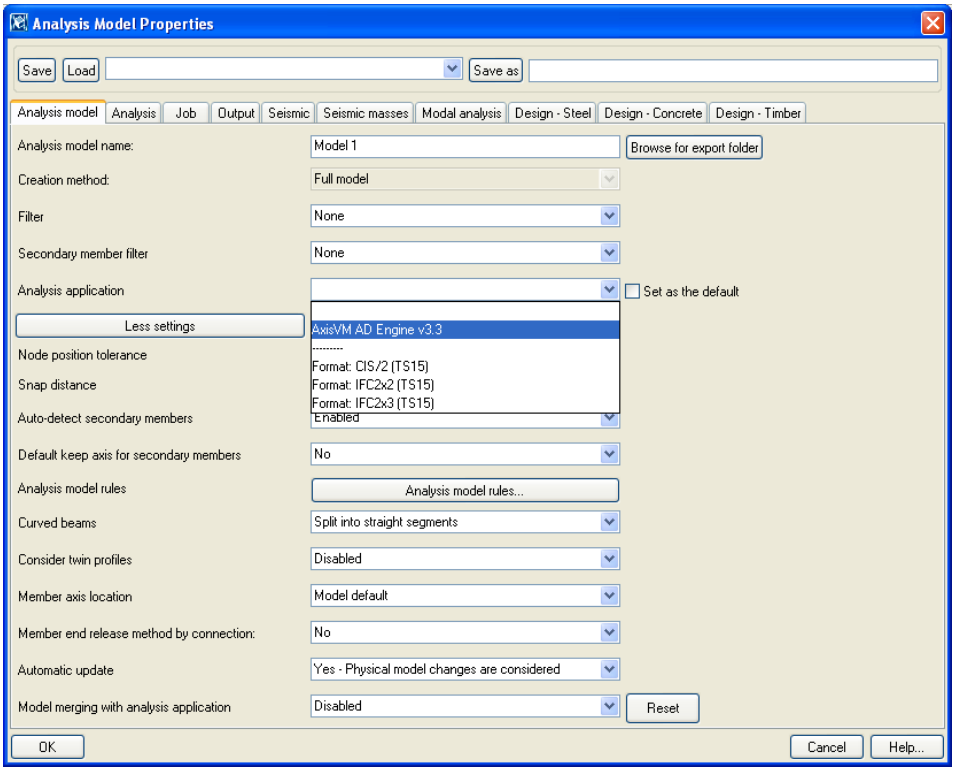
Ha a kapcsolat létrehozásával a későbbiekben problémák adódnak, ajánlatos ezt a regisztrációt megismételni.

Kapcsolat

Sikeres regisztráció után a Tekla Structures programban felépített modellt a következőképpen vihetjük át az AXISVM-be: az *Analysis* menüben az *Analysis & Design models...* menüpontra, majd a *Properties* gombra kattintva lehet beállítani számítómodulnak *(Analysis engine)* az AXISVM AD Engine-et.



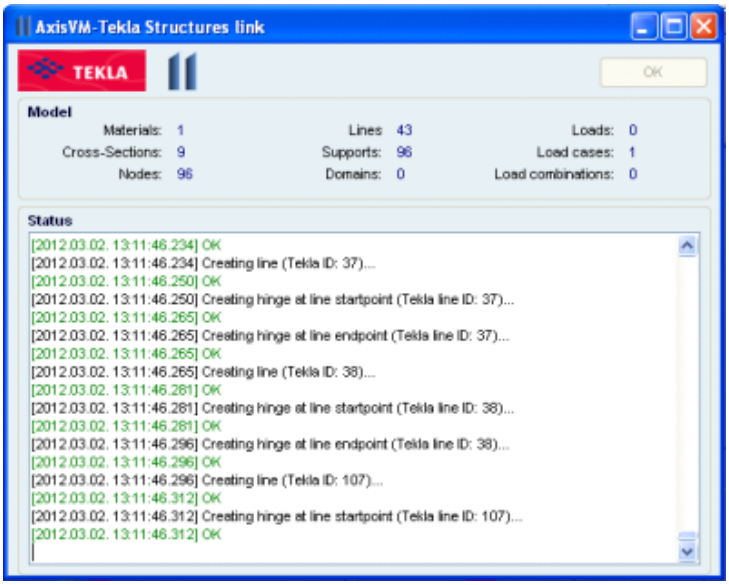




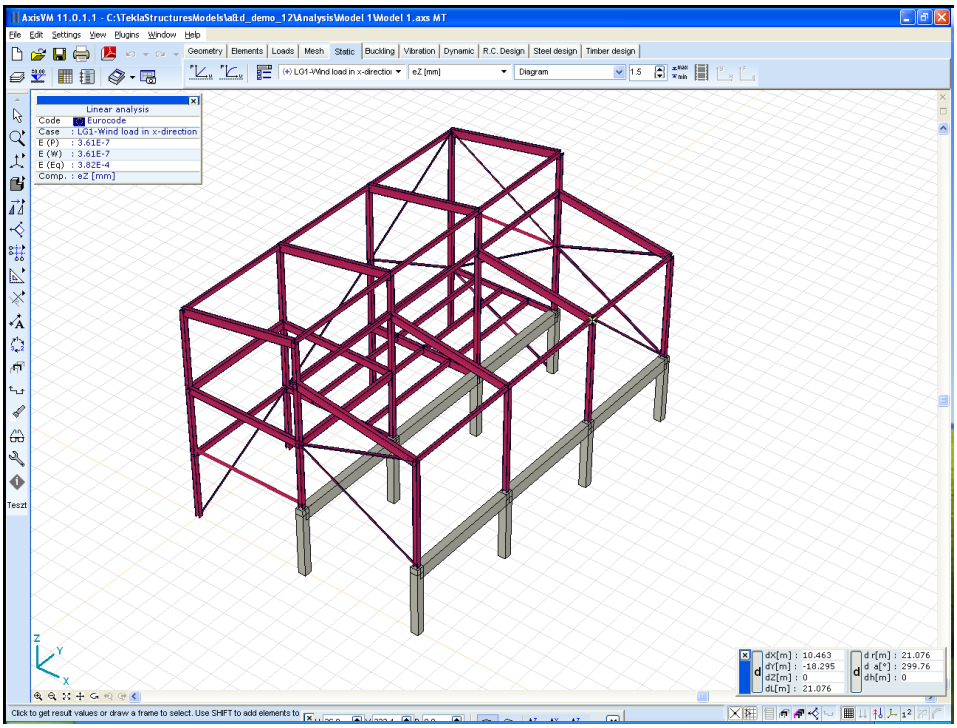
Ha a legördülő menüben nem jelenik meg az AXISVM AD Engine akkor a regisztráció nem volt sikeres és meg kell ismételni.

Az Analysis & Design models ablakba visszatérve a *Run* gomb lenyomására megindul az adatátvitel. A konverzió folyamatát egy ablakban kísérhetjük figyelemmel. Ha a konverzió sikeres volt, az OK gomb lenyomásával tekinthetjük meg a statikai modellt az AXISVM programon belül

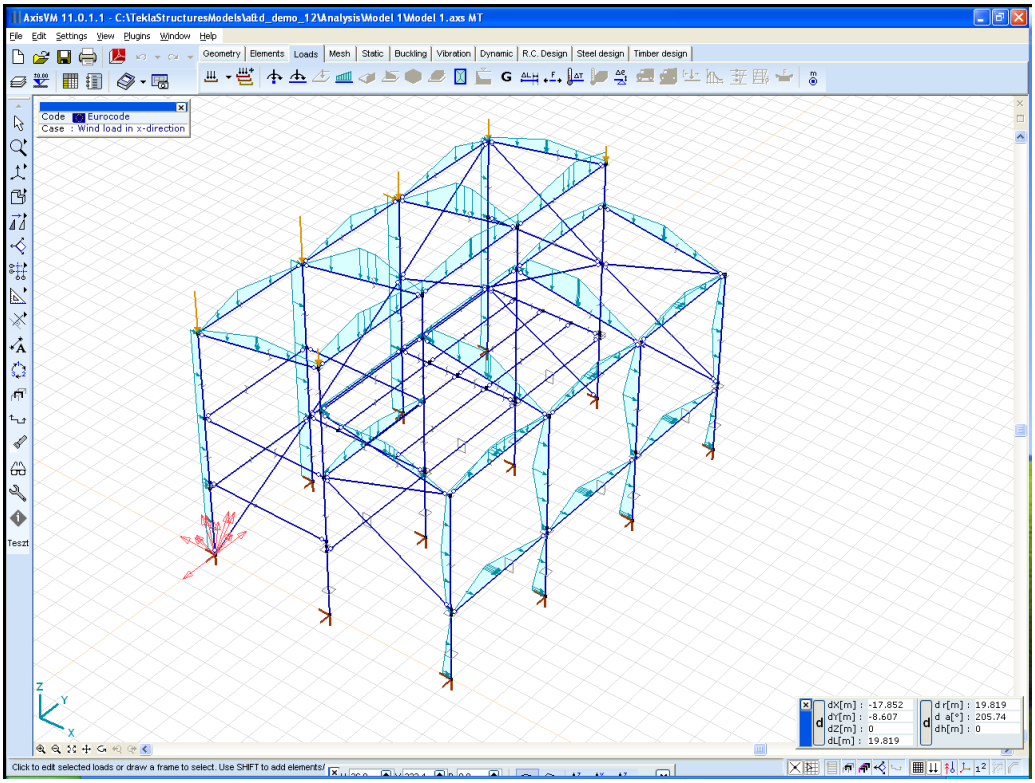
A Tekla Structures-ben többféle lehetőség van a statikai váz generálás módjának beállítására. A szerkezeti elemek az alábbi tulajdonságokkal rendelkezhetnek, melyet a program a statikai váz generálásakor figyelembe vesz. A rúdelemek lehetnek egyenes vagy íves gerendák (önálló vagy födémmel együttdolgozó), rácsrudak (csak húzásra, vagy csak nyomásra működők). Rúdvégi csuklók és megtámasztások szabadon megadhatók. Definiálható rúdvégi excentricitás, beállítható a szerkezeti elem végeselemekre bontásának darabszáma, valamint a rúdvégek csomópontokhoz kapcsolódásának módja.



A konvertált modell:

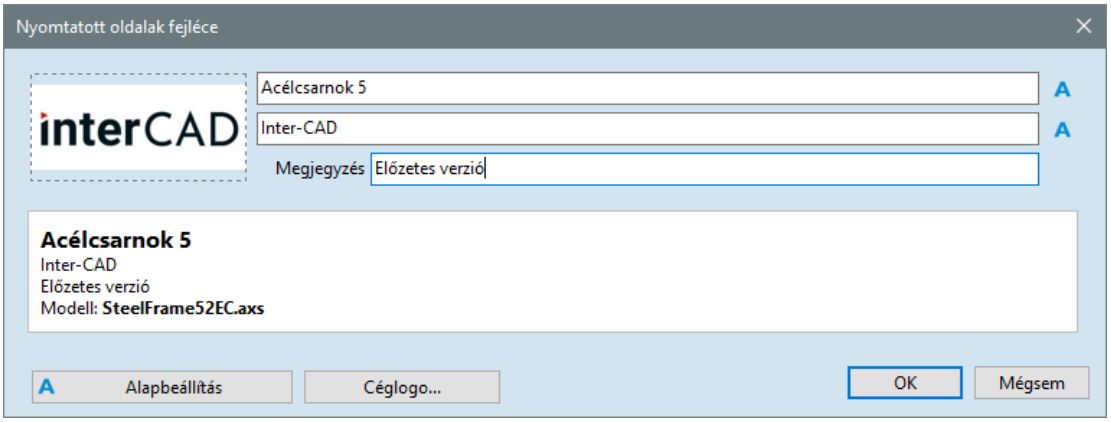


A Tekla Structures-ben megadott terhek teheresetek és teherkombinációk konverziója is megtörténik:



3.1.10. Fejléc

Minden modellhez hozzárendelhető egy kétsoros fejléc szöveg, mely a projekt és a tervező megnevezését, egy megjegyzés sort és a cég logóját tartalmazhatja. Mindhárom szöveges mező tetszőlegesen kitölthető. A logóra kattintva módosíthatjuk azt, de menüből is elérhető (*Beállítások / Alapbeállítások / Dokumentáció / Céglogó)*. Az adatok valamennyi nyomtatott lap fejlécében megjelennek. *Lásd...* **3.3.11.15 Dokumentáció**



3.1.11. Nyomtatóbeállítás

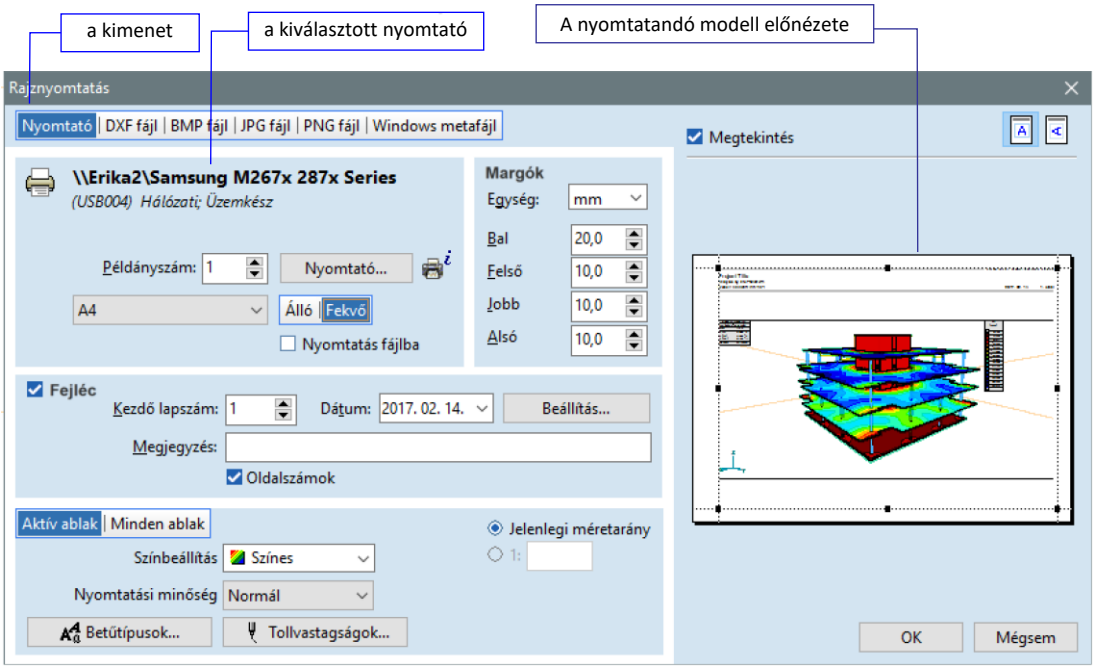
Az alapértelmezett nyomtató paramétereinek beállítása. Itt standard Windows ablak jelenik meg, ezért a benne szereplő feliratok nyelve megegyezik az installált Windows programéval.

3.1.12. Nyomtatás

[Ctrl]+[P]

A nyomtatással kapcsolatos paraméterek beállítása.

Nyomtatás beállításai



Kimenet

A nyomtatás típusának megadása. A nyomtatás kimenete lehet közvetlenül a nyomtató vagy plotter, illetve valamely fájltípus (DXF, BMP, JPG, PNG vagy WMF/EMF fájl).

Nyomtató

A nyomtató típusának és paramétereinek beállítása. *Nyomtatás fájlba* esetén egy *név.prn* kiterjesztésű fájlba történik a nyomtatás. A példányszám megadható. A Beállítás gomb a Windows nyomtatóbeállító ablakát hívja.

Méretarány

A nyomtatott rajz léptékének beállítása. Perspektív ábrán, látvány-terven és metafájl exportálása esetén a lépték nem állítható.

Margók (nyomtató/DXF)

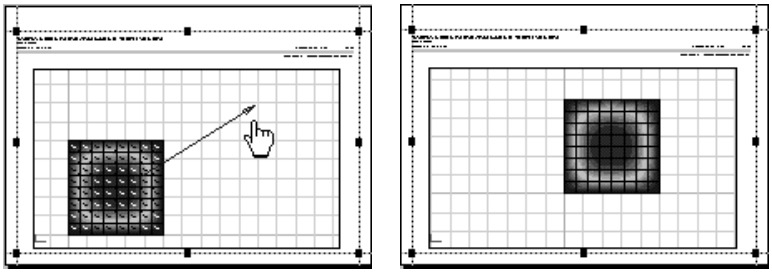
A margók mértékegységének és méretének beállítása. Az előzetes nyomtatási képen a fogópontok segítségével a margók módosíthatóak.

Bitmap méret (BMP)

Megadható a bitmap felbontása dpi-ben (képpont/hüvelyk), illetve mérete képpontban, hüvelykben, mm-ben vagy cm-ben.

Megtekintés

A nyomtatott kép előrajzolása. Ha nyomtató a kimeneti eszköz, akkor az előzetes nyomtatási kép területén belül a kurzor kézzé változik. A bal gombot lenyomva és az egeret elhúzva a kinyomtatandó ábrát eltolhatjuk a kereten belül. Ez az eltolás csak a kinyomtatott rajzot befolyásolja.



Fejléc

A dátum, megjegyzés, valamint a kezdő lapszám beállítása

Ha az *Oldalszámok* jelölőnégyzetet kikapcsoljuk, az oldal előtt nem jelenik meg oldalszám, így lehetőség nyílik az utólagos oldalszámozásra. A *Beállítások* gombra kattintva elérhető a *Fejléc* dialógus ablak, ahol a céglogót is megváltoztathatjuk.

Tájolás

Álló vagy fekvő formátum kiválasztása.

Színbeállítás

Színes, szürkeskálás vagy fekete-fehér nyomtatás beállítása. Fekete-fehér nyomtatón színes nyomtatást választva a nyomtatómeghajtó végzi a színek szürke skálára konvertálását. Szürkeskála választása esetén a program végzi ezt az átalakítást. Ezért az első nyomtatás alkalmával célszerű megvizsgálni, hogy mely beállítással érhető el a kedvezőbb nyomtatási kép. Fekete-fehér nyomtatást választva a kép valamennyi rajzeleme fekete színnel jelenik meg.

Papírméret

A megfelelő papírméret kiválasztása

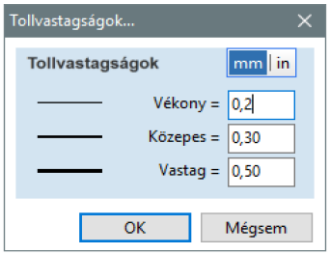
Betűtípusok

A nyomtatott betűk típusának és méretének beállítása.

Tollvastagságok

A rajz nyomtatásakor használatos a tollvastagságok beállítása.

Vastag vonallal rajzolja a program a támaszokat, közepes vastagságúak a szintvonalak, a metszet diagramok (az elmozdulás kivételével) és a gerenda vasalás-diagramok. A rajz többi vonalához a vékony tollvastagság tartozik.



Ablakok

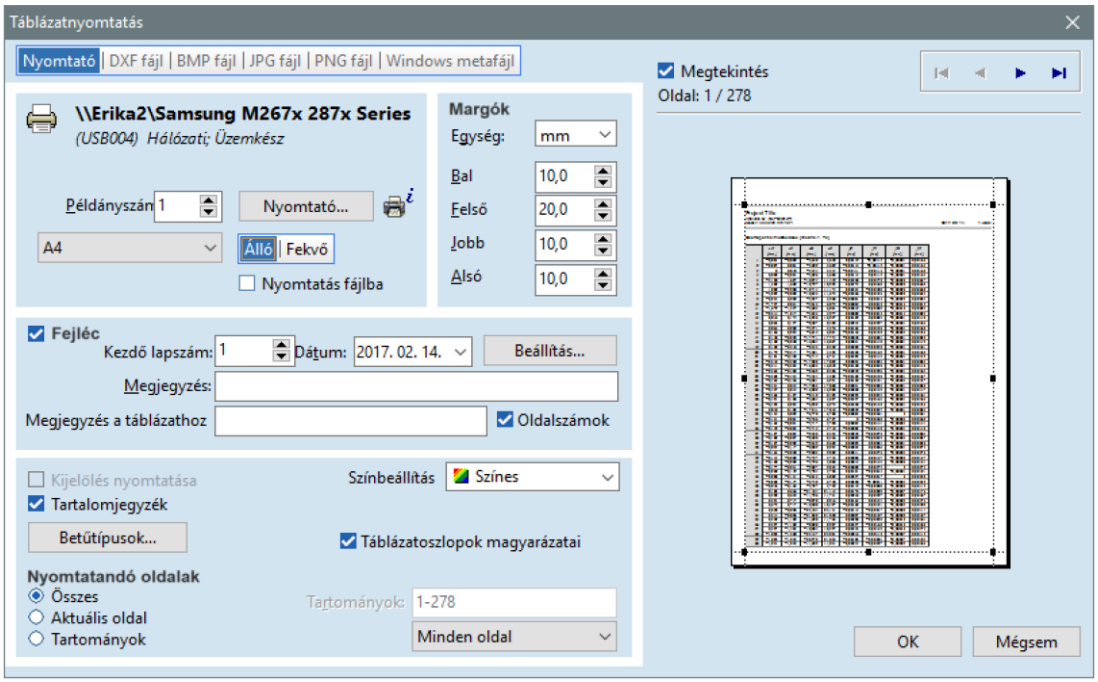
Beállítható, hogy csak az aktív ablakban megjelenő ábrát akarjuk nyomtatni vagy – több részre osztott grafikus munkafelület esetén – valamennyi ablakot egyszerre.

Nyomtatás fájlba

Kérhetünk fájlba nyomtatást is. Ekkor egy ***'név'.prn*** fájlba történik a nyomtatás, a prn-fájl a dialógus ablakban beállított könyvtárba kerül. A már meglévő kimeneti prn-fájl bővíthető vagy felülírható.

Táblázatok nyomtatása, tartomány nyomtatás

A táblázatból indított nyomtatás esetén megadható, hogy a táblázat melyik oldala (páros / páratlan) vagy mely tartományai kerüljenek nyomtatásra.
Például: A tartományok mezőbe az 1,3,7-10,20-18 kifejezést írva sorrendben a táblázat 1., 3., 7., 8., 9., 10., 20., 19., 18. oldala kerül ki a nyomtatóra.



Kijelölés nyomtatása

Csak dokumentáció nyomtatásakor érhető el ez a lehetőség. Bekapcsolása esetén csak a dokumentációszerkesztőben kijelölt dokumentációs elemeket nyomtatja a program, míg kikapcsolt állapot esetén az egész dokumentációt.

Tartalomjegyzék

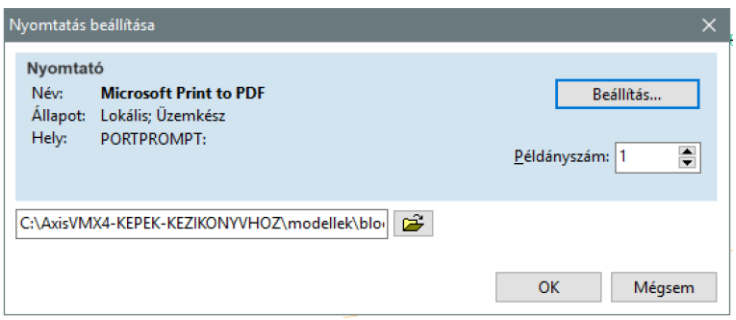
A tartalomjegyzék nyomtatása is ki/bekapcsolható.

Táblázatoszlopok magyarázatai

Bekapcsolásakor minden táblázat végén megjelenik az oszlop fejlécek összefoglaló magyarázata.

3.1.13. Nyomtatás fájlból

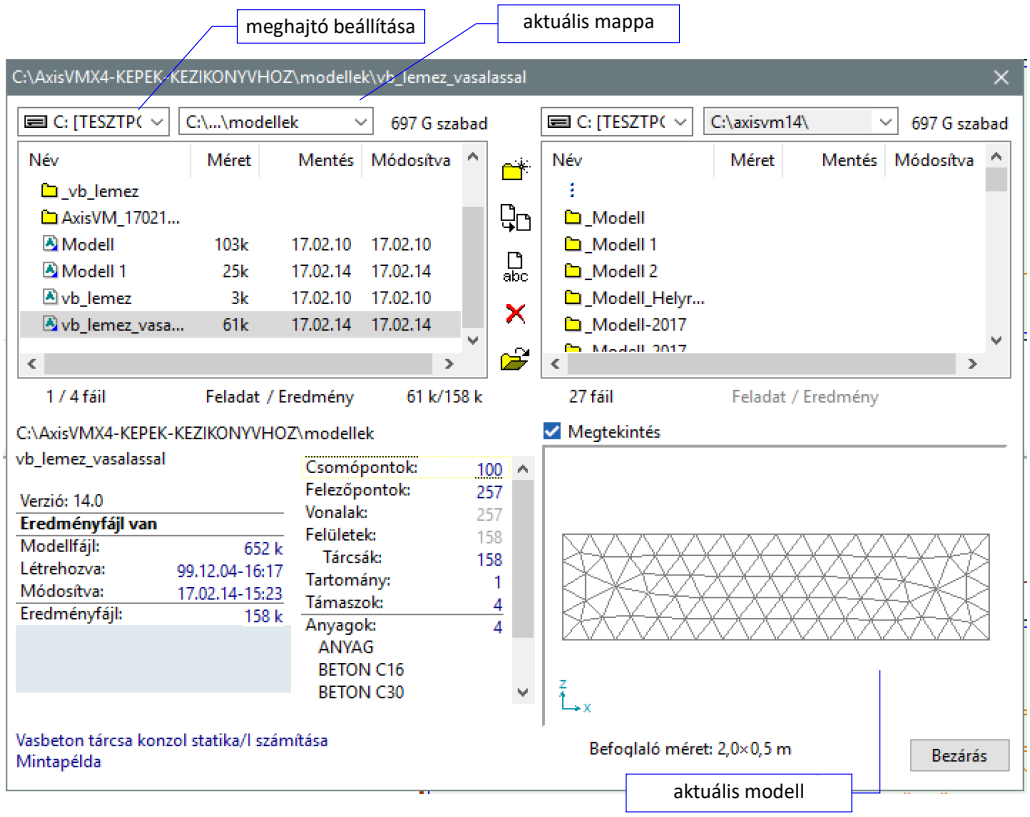
A fájlba nyomtatott ill. fájlban összefűzött dokumentáció az alábbi dialógusablakból nyomtatható ki.



Mód van több fájl egyszerre történő kinyomtatására is. A kinyomtatás sorrendjét a nyilak segítségével megválaszthatjuk, illetve az egérrel a fájlneveket új helyükre húzhatjuk a listában.

3.1.14. Modelltár

Információt kérhetünk a lemezen lévő modellekről, valamint fájlműveleteket (másolás, átnevezés, törlés) végezhetünk rajtuk. A képernyőn megjelenő két ablakban az aktuális mappák külön-külön beállíthatók. A kijelölt fájlok az egyik mappából a másikba átmásolhatók. A kurzor mozgatásával bármely modell nevére rámutathatunk, és a „betöltés” ikonra kattintva betölthetjük.



Új mappa
Új mappa létrehozása adott névvel.

Másol
A kijelölt modell(-ek) másolása adott könyvtárba. Kérhető az eredményfájlok másolása is.

Átnevez
A kijelölt modell(-ek) átnevezése, vagy modell(-ek) mozgatása más könyvtárba.

Töröl
A kijelölt modell(-ek) törlése. Kérhető a modellhez tartozó mindkét fájl, vagy csak az eredményfájl törlése.

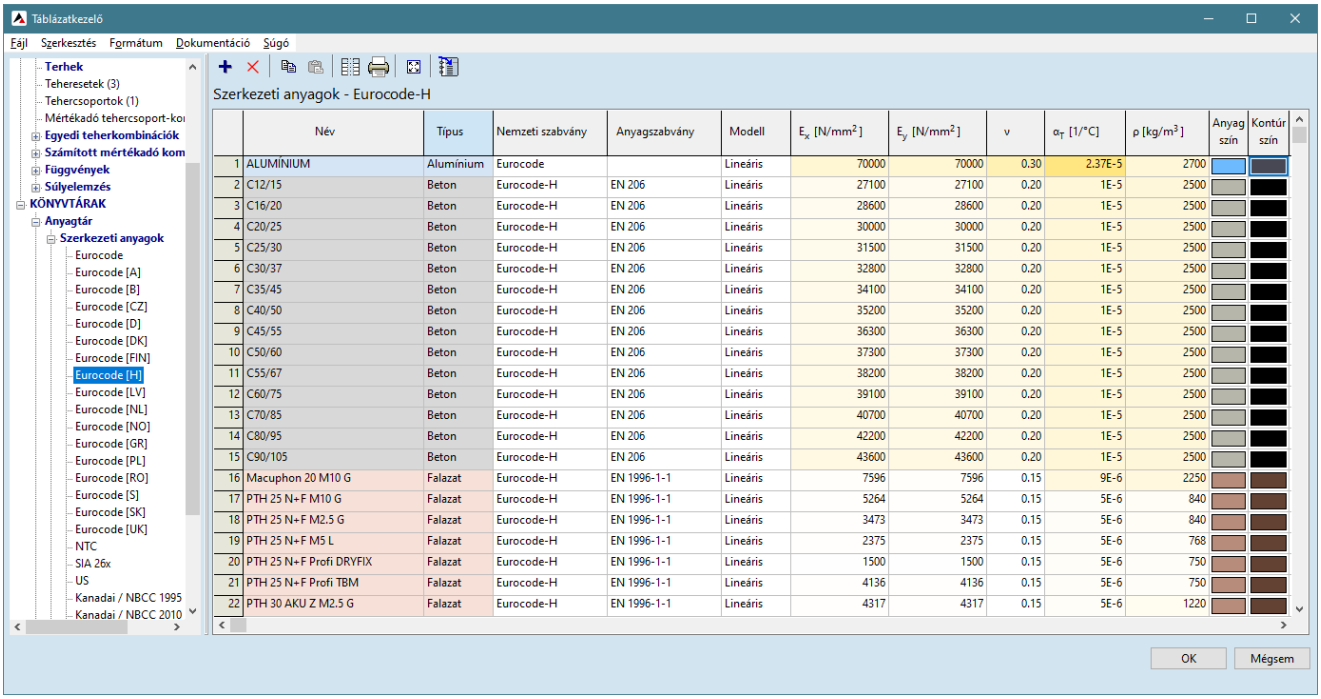
Betölt
A kijelölt modell betöltése.

Az AXISVM modell fájlokat ábra jelöli. Amennyiben a modell fájlhoz eredmény is tartozik, annak a jobb alsó sarka kék .

Megtekintés
Az aktuális modell hálózati rajzának megjelenítése, annak dimenzióitól függően elölnézeti, felülnézeti vagy perspektív ábrázolási móddal. Az ábra mellett megjelennek a modell adatai is.

Bezárás
Kilépés a modelltárból.

3.1.15. Anyagtár



	Név	Típus	Nemzeti szabvány	Anyagszabvány	Modell	E_x [N/mm²]	E_y [N/mm²]	ν	α_T [1/°C]	ρ [kg/m³]	Anyag szín	Kontúr szín
1	ALUMÍNIUM	Alumínium	Eurocode		Lineáris	70000	70000	0.30	2.37E-5	2700		
2	C12/15	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	27100	27100	0.20	1E-5	2500		
3	C16/20	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	28600	28600	0.20	1E-5	2500		
4	C20/25	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	30000	30000	0.20	1E-5	2500		
5	C25/30	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	31500	31500	0.20	1E-5	2500		
6	C30/37	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	32800	32800	0.20	1E-5	2500		
7	C35/45	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	34100	34100	0.20	1E-5	2500		
8	C40/50	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	35200	35200	0.20	1E-5	2500		
9	C45/55	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	36300	36300	0.20	1E-5	2500		
10	C50/60	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	37300	37300	0.20	1E-5	2500		
11	C55/67	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	38200	38200	0.20	1E-5	2500		
12	C60/75	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	39100	39100	0.20	1E-5	2500		
13	C70/85	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	40700	40700	0.20	1E-5	2500		
14	C80/95	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	42200	42200	0.20	1E-5	2500		
15	C90/105	Beton	Eurocode-H	EN 206	Lineáris	43600	43600	0.20	1E-5	2500		
16	Macuphon 20 M10 G	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	7596	7596	0.15	9E-6	2250		
17	PTH 25 N+F M10 G	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	5264	5264	0.15	5E-6	840		
18	PTH 25 N+F M2.5 G	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	3473	3473	0.15	5E-6	840		
19	PTH 25 N+F M5 L	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	2375	2375	0.15	5E-6	768		
20	PTH 25 N+F Profi DRYFIX	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	1500	1500	0.15	5E-6	750		
21	PTH 25 N+F Profi TBM	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	4136	4136	0.15	5E-6	750		
22	PTH 30 AKU Z M2.5 G	Falazat	Eurocode-H	EN 1996-1-1	Lineáris	4317	4317	0.15	5E-6	1220		

Az anyagtár a *Fájl/Anyagtár* menüből vagy a táblázatkezelőn keresztül érhető el. Ezenkívül több dialógusablakban segíti a gyors anyagdefiniálást. *Lásd...* **4.9.10 Vonalelemek** és **4.9.26 Építész modellből statikai váz generálása**.
A táblázatkezelő részletes leírása a **2.9** fejezetben található.

Az anyag adatbázis a statikusi gyakorlatban előforduló anyagok jellemzőit tartalmazza az Eurocode, SIA (svájci), és olasz szabványok szerint. A felhasználó igénye szerint módosíthatja, bővítheti az anyagtárat. Több azonos nevű anyag megadása esetén az új anyag ***anyagnév_sorszám*** névvel kerül be a táblázatba. Az itt szereplő anyagok bármely modellhez felhasználhatók.

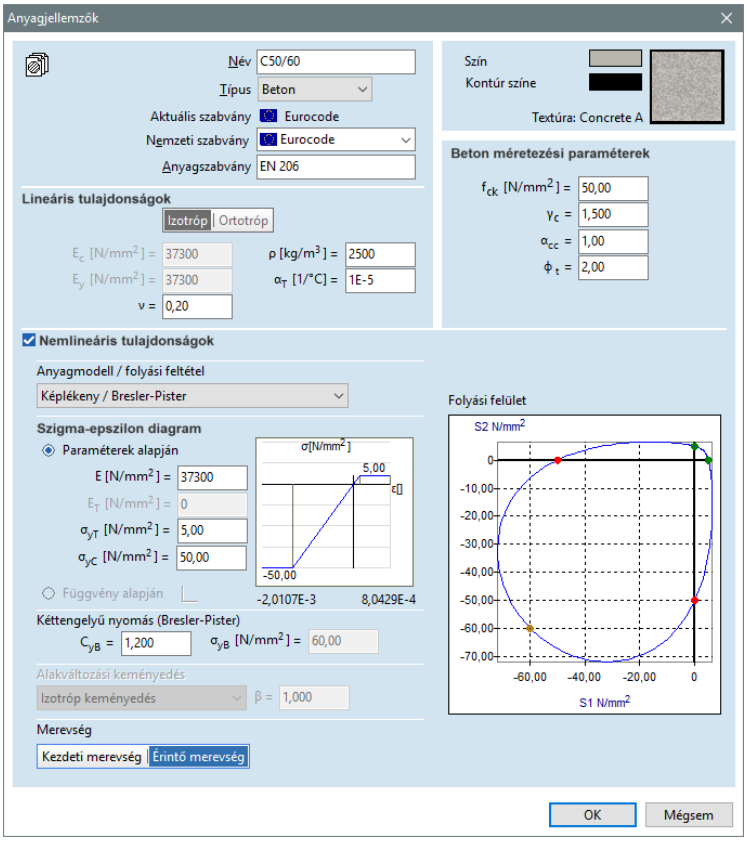
☞ **Az anyagtárban történő módosításnak nincs hatása azokra a modellekre, ahol ezt az anyagtípust már használtuk.**

Ctrl + Ins,

Új anyag megadása

Anyagjellemzők módosítása

Új anyag megadása esetén vagy létező anyagtáblázat valamely közvetlenül nem szerkeszthető oszlopára (pl. nemzeti szabvány, típus) kattintva egy dialógusablak jelenik meg, ahol az anyag valamennyi jellemzőjét, számítási és tervezési paraméterét megadhatjuk, módosíthatjuk.
A jellemzőket tartalmazó mezők közvetlenül is szerkeszthetők a táblázatban.
Amennyiben még nem rendelt textúrát az anyaghoz, akkor a mintanégyzetre kattintva érheti el a textúra választékot.
Részletesen *lásd...* **2.16.4 Ábrázolási mód**



Anyagjellemzők

Az anyagok alábbi jellemzőit tartalmazza az adatbázis:

anyag neve,
anyag típusa: [acél, beton, fa, alumínium, téglafal, egyéb],
aktuális szabvány
nemzeti- és anyagszabvány,
anyag ill. kontúrvonal színe,
anyag textúrája a látványterven

Az ikonra kattintva a *Betöltés anyagtárból* dialógusablak jelenik meg.

Lineáris tulajdonságok

Az anyagmodell lehet *izotróp* vagy *ortotróp* tulajdonságú.

E_x	*[kN/cm²]*	Rugalmassági modulus a lokális *x* irányban
E_y	*[kN/cm²]*	Rugalmassági modulus a lokális *y* irányban
ν	-	Poisson- tényező
α_T	*[1/° C]*	Hőtágulási együttható
ρ	*[kg/m³]*	Sűrűség

Fa anyag esetén:
ρ légszáraz (12% nedvesség) testsűrűség, *E* hajlítás vizsgálatokból származó rugalmassági modulus. A lassú alakváltozás nincs figyelembe véve.

A további anyagjellemzők számítása

$$E_z = \max\{E_x, E_y\}; \quad \nu_{ij} = \begin{cases} \nu & \text{ha } E_i \geq E_j \\ \nu \frac{E_i}{E_j} & \text{ha } E_i < E_j \end{cases}; \quad G_{ij} = \frac{E_i E_j}{E_i + E_j + 2\nu_{ij} E_j}$$

ahol $ij = \{xy, xz, yz\}$

Fa anyag tulajdonságai

Amennyiben Eurocode alatt dolgozunk, a program az Eurocode adatbázisból választott fa anyagú vonal- és felületelemek rugalmassági modulusait az alábbi táblázat szerint módosítja:

Számítás típusa	*Rugalmassági modulusok*
Lineáris statika Csak anyagilag nemlineáris statika Kihajlás	$E_x = \frac{E_{0,mean}}{1+k_{def}}$ $E_y = \frac{E_{90,mean}}{1+k_{def}}$ $E_z = \max\{E_x, E_y\}$ $G_{xy} = G_{xz} = G_{yz} = \frac{G_{mean}}{1+k_{def}}$
Csak geometriailag nemlineáris statika Anyagilag és geometriailag nemlineáris statika	$E_x = \frac{E_{0,mean}}{\gamma_M}$ $E_y = \frac{E_{90,mean}}{\gamma_M}$ $E_z = \max\{E_x, E_y\}$ $G_{xy} = G_{xz} = G_{yz} = \frac{G_{mean}}{\gamma_M}$
Rezgés Dinamika	$E_x = E_{0,mean}$ $E_y = E_{90,mean}$ $E_z = \max\{E_x, E_y\}$ $G_{xy} = G_{xz} = G_{yz} = G_{mean}$

k_{def} a vonalelemekhez (**4.9.10 Vonalelemek**) és tartományokhoz (**4.9.6 Tartomány**) rendelt paraméter.

Amennyiben SIA alatt dolgozunk, a program a SIA adatbázisból választott fa anyagú vonal- és felületelemek rugalmassági modulusait az alábbiak szerint módosítja:

$$E_x = E_{0,mean}\,\eta_w; E_y = E_{90,mean}\,\eta_w;\; E_z = \max\{E_x, E_y\}$$
$$G_{xy} = G_{xz} = G_{yz} = G_{mean}\,\eta_w$$

ahol η_w a *nedvességtől* függő tényező. A *nedvesség* a vonalelemekhez (**4.9.10 Vonalelemek**) és tartományokhoz (**4.9.6 Tartomány**) rendelt paraméter.

Nemlineáris tulajdonságok

A programban alkalmazott anyagmodell csak a kicsiny alakváltozások tartományában érvényes.

Anyagmodell / folyási feltétel	*Anyag típusa*		
	Acél	*Beton, tégla*	*Egyéb*
NL rugalmas / alakváltozási energián alapuló	✓	—	✓
Képlékeny / von Mises	✓	—	✓
Képlékeny / Bresler-Pister	—	✓	✓

Szigma-epszilon diagram

E [kN/cm²] Rugalmassági modulus a nemlineáris számításhoz (a σ-ε diagram első szakaszának meredeksége)

E_T [kN/cm²] A σ-ε diagram befejező szakaszának meredeksége

σ_{yT} [kN/cm²] Húzó folyáshatár

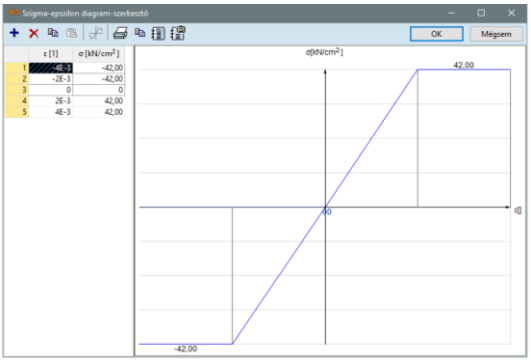
σ_{yC} [kN/cm²] Nyomó folyáshatár

Függvény alapján

Szigma-epszilon diagram-szerkesztő



Az ikontábla elemei nagyrészt megegyeznek a **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul** fejezetben a függvények megadásánál leírtakkal.





Szimmetrikus függvény
A függvény pozitív részét megadva a negatív rész is automatikusan generálódik.

Csak Bresler-Pister anyagmodell esetén:

C_{yB} Kéttengelyű nyomási tényező
σ_{yC} [kN/cm^2] Kéttengelyű nyomási folyáshatár (számított érték)

A nemlineáris anyagparaméterek megengedett értékei a következők:

Anyagmodell / folyási feltétel	E_T	σ_{yC}	C_{yB}	σ-ε *diagram*
NL rugalmas / alakváltozási energián alapuló	$E_T \geq 0$	$\sigma_{yC} \geq 0$	N.E.	tetszőleges
Képlékeny / von Mises	$E_T \geq 0$	$\sigma_{yC} = \sigma_{yT}$	N.E.	szimmetrikus
Képlékeny / Bresler-Pister	$E_T = 0$	$\sigma_{yC} \geq \sigma_{yT}$	$1 \leq C_{yB} \leq 1.2$	N.E.

Jelölés: N.E. – nem elérhető

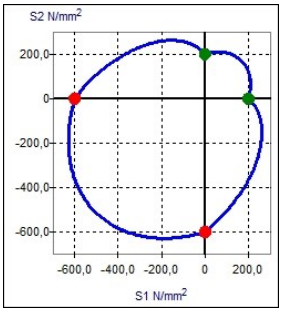
☞ **A σ-ε diagramnak a húzott és a nyomott oldalon is legalább bilineárisnak kell lennie. A függvénynek monoton növekvőnek, meredekségének pedig monoton csökkenőnek kell lennie.**

A folyási felület megjelenítése

A diagram a folyási felületnek az *s1-s2* főfeszültségek síkjával vett metszékét ábrázolja. Ez a sík feszültségállapothoz tartozó folyási határgörbe.

NL rugalmas / alakváltozási energián alapuló

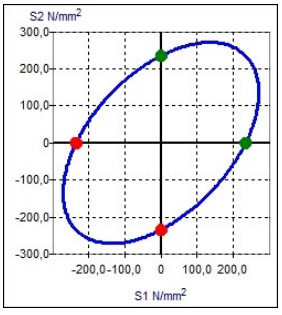
Nemlineárisan rugalmas viselkedésű anyag. Az anyag állapotát leíró pont a teher növekedésekor és csökkenésekor is a σ-ε függvényen mozog. Nincs maradó alakváltozás.



$\sigma_{yT} = 200$ MPa , $\sigma_{yC} = 600$ MPa

Képlékeny / von Mises

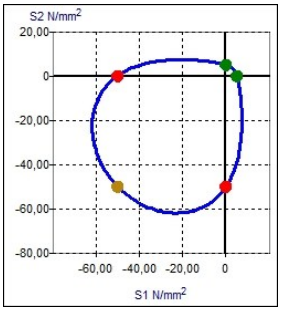
Acél anyaghoz javasolt anyagmodell. Ehhez a folyási feltételhez csak szimmetrikus feszültség-alakváltozás összefüggés adható meg. [35]
https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion



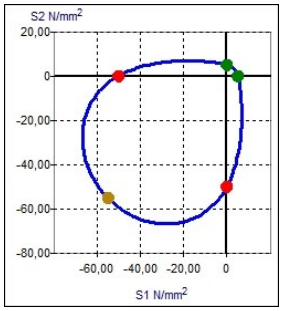
$\sigma_{yT} = 200$ MPa , $\sigma_{yC} = 200$ MPa

Képlékeny / Bresler-Pister

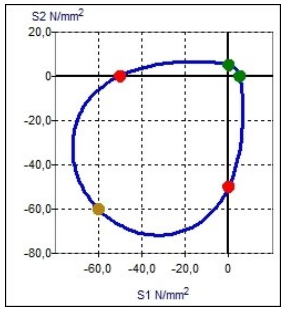
Beton és tégla anyaghoz javasolt anyagmodell. Egyszerre modellezi a kicsiny húzó, a nagy nyomó és a különösen nagy kéttengelyű nyomó folyáshatárt. [36]
https://en.wikipedia.org/wiki/Bresler_Pister_yield_criterion



$\sigma_{yT} = 5$ MPa , $\sigma_{yC} = 50$ MPa
$C_{yB} = 1.0$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 50$ MPa



$\sigma_{yT} = 5$ MPa , $\sigma_{yC} = 50$ MPa
$C_{yB} = 1.1$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 55$ MPa



$\sigma_{yT} = 5$ MPa , $\sigma_{yC} = 50$ MPa
$C_{yB} = 1.2$
$\sigma_{yB} = C_{yB} \cdot \sigma_{yC} = 60$ MPa

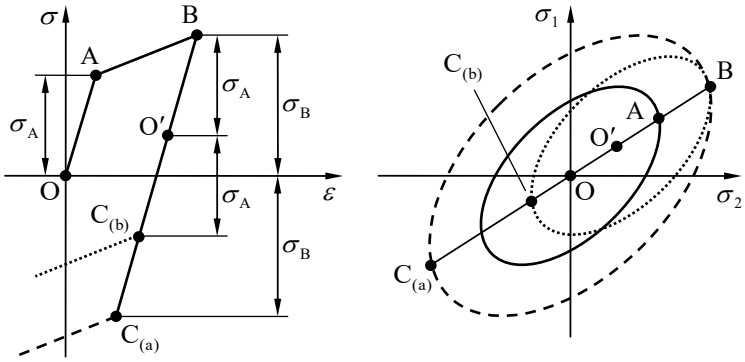
Merevség

Kezdeti merevség — A program a globális merevségi mátrix összeállításához az anyagilag lineáris kezdeti merevségi mátrixot használja. A számítás hosszabb ideig fut, mert több iterációra van szükség, de biztosabb a konvergencia.

Érintő merevség — A program a globális merevségi mátrix összeállításához az anyagilag nemlineáris érintő merevségi mátrixot használja. A számítás rövidebb idő alatt lefut, mert kevesebb iterációra van szükség, de ha túl nagyok a tehernövekmények, konvergenciaprobléma léphet fel.

Alakváltozási keményedés

A képlékeny alakváltozási keményedés típusa a folyási felület változásának jellege szerint lehet:
(a) Izotróp: $\beta = 1$, *(b)* Kinematikai: $\beta = 0$



Kinematikai keményedés esetén a folyási felület mérete nem változik, de a középpontja elmozdul a feszültségtér origójából az O' pontba. A folyási feltétel alapján számított effektív feszültség képletében ekkor a folyási felület középpontjához relatív $\sigma_{r,i} = \sigma_i - \sigma_{O',i}$ feszültségkomponensek szerepelnek.
Lásd... **6.1.23 Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségei** és **6.1.24 Felületelem feszültségei**
Izotróp keményedés esetén $\sigma_{O',i} = 0$ és $\sigma_{r,i} = \sigma_i$.

Méretezési paraméterek

A paraméterezés a kiválasztott szabvány és anyagtípus együttes függvénye:

EC, SIA 26x, Olasz	acél	f_y	folyáshatár
		f_u	szakítószilárdság
		f_y^*	folyáshatár (40mm < t < 100mm)
		f_u^*	szakítószilárdság (40mm < t < 100mm)
EC, Olasz	beton	f_{ck}	nyomószilárdság karakterisztikus értéke
		γ_c	biztonsági tényező
		α_{cc}	nyomószilárdság-csökkentő tényező
		Φ_t	kúszási tényező
SIA 26x	beton	f_{ck}	nyomószilárdság karakterisztikus értéke
		γ_c	biztonsági tényező
		Φ_t	kúszási tényező
EC	fa	$f_{m,k}$	hajlítási szilárdság
		$f_{t,0,k}$	száliránnyal párhuzamos húzószilárdság karakterisztikus értéke
		$f_{t,90,k}$	szálirányra merőleges húzószilárdság karakterisztikus értéke
		$f_{c,0,k}$	száliránnyal párhuzamos nyomószilárdság karakterisztikus értéke
		$f_{c,90,k,y}$	szálirányra merőleges nyomószilárdság karakterisztikus értéke *y* irányban (Tömör fák és Glulam esetén $f_{c,90,k,y} = f_{c,90,k,z} = f_{c,90,k}$)
		$f_{c,90,k,z}$	szálirányra merőleges nyomószilárdság karakterisztikus értéke *z* irányban (Tömör fák és Glulam esetén $f_{c,90,k,y} = f_{c,90,k,z} = f_{c,90,k}$)
		$f_{v,k,y}$	y tengely irányú nyírási szilárdság karakterisztikus értéke (Tömör fák és Glulam esetén $f_{v,k,y} = f_{v,k,z} = f_{v,k}$)
		$f_{v,k,z}$	z tengely irányú nyírási szilárdság karakterisztikus értéke (Tömör fák és Glulam esetén $f_{v,k,y} = f_{v,k,z} = f_{v,k}$)
		$E_{0,mean}$	Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus átlagértéke
		$E_{90,mean}$	Szálirányra merőleges rugalmassági modulus átlagértéke
		$E_{0.05}$	Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke
		G_{mean}	Nyírási modulus átlagértéke
		ρ_k	Sűrűség karakterisztikus értéke
		ρ_{mean}	Sűrűség átlagértéke
		γ_M	Az anyag biztonsági tényezője
		s	Mérethatás tényező (LVL anyaghoz)
EC	téglafal	f_b	Falazóelem nyomószilárdsága
		f_k	Falazat nyomószilárdsága
		f_{vk0}	A kezdeti nyírószilárdság karakterisztikus értéke
		f_{xk1}	Hajlítószilárdság karakterisztikus értéke a fekvőhézaggal párhuzamos tönkremenetel esetén
		f_{xk2}	Hajlítószilárdság karakterisztikus értéke a fekvőhézagra merőleges tönkremenetel esetén

téglafal

3.1.16. Szelvénytár



A programrendszerhez kapcsolódik egy acél szelvény és egy beton keresztmetszet adatbázis, mely a táblázatkezelőn keresztül érhető el.
Az adatbázisban megtalálhatóak az MSz, Euronorm és más szabványok acélszelvényei is.

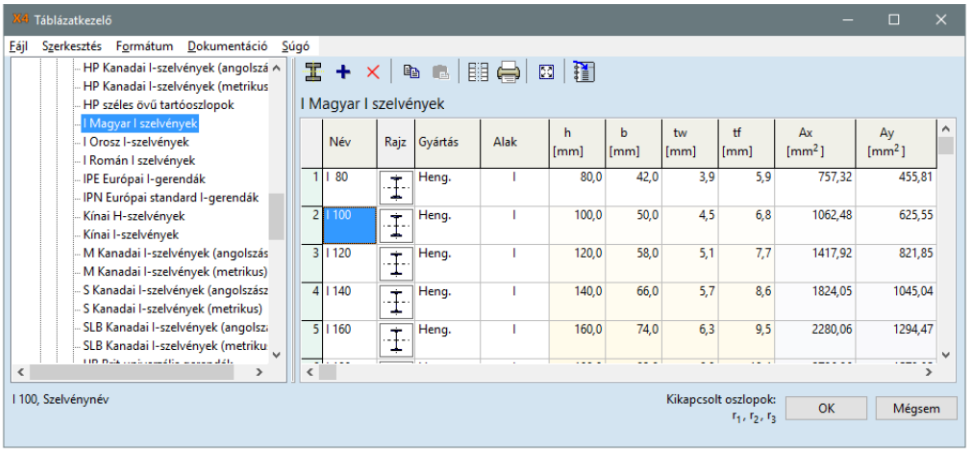
A *Táblázatkezelő* használatát *lásd részletesen...* **2.9 Táblázatok**

Új táblázat

Új táblázatot hozhatunk létre a *Fájl / Új szelvénytáblázat* paranccsal.
Meg kell adni a szelvénytáblázat nevét, a fájl nevét és a szelvénytípust, amelyik alá a táblázatot a *Táblázatkezelő*ben be akarjuk sorolni. Kiválasztható a szelvénytáblához rendelt *Földrajzi régió* és megadható a

Gyártó is. A szelvénytárból betöltéskor ezek szerint is szűrhetünk (*lásd...* **4.9.2.1 Betöltés szelvénytárból**). A fájl az AXISVM program könyvtárban *fájlnév.sec* kiterjesztéssel néven kerül tárolásra.

Módosítható az aktív szelvénytáblázat hivatkozási neve és a szelvény típusa, vagy törölhető az adatbázisból.



☞ **A visszaállít (Undo) funkció az adatbázison végzett módosításokra nem működik.**

Szelvényazonosító

Minden új szelvényhez egy azonosító nevet rendelünk.

Név	
Gyártási mód	*Hengerelt, hajlított, hegesztett, egyéb*
Alak	*I, U, L, Cső, Kör, Téglalap, C, Z, S, J, T, Zárt, egyéb*

Keresztmetszeti jellemzők

Táblázatos adat megadása esetén az elemekhez tartozó valamennyi keresztmetszeti jellemzőt meg kell adni.

h	***z*** lokális tengelyirányú kiterjedés (méret)
b	***y*** lokális tengelyirányú kiterjedés (méret)
tw	Gerincvastagság
tf	Övvastagság
tf	***y*** lokális tengelyirányú kiterjedés (méret)
r_1, r_2, r_3	Lekerekítő sugár/sugarak
Ax	***x*** lokális tengelyirányú felület
Ay	***y*** irányú nyírási felület
Az	***z*** irányú nyírási felület
Ix	***x*** lokális tengelyirányú inercia (csavaró)
Iy	***y*** lokális tengelyirányú inercia (hajlító)
Iz	***z*** lokális tengelyirányú inercia (hajlító)
Iyz	Centrifugális inercia
I_1, I_2	Főinercia 1-es ill. 2-es tengelyre
Iω	Öblösödési inercia (I szelvények esetén acéltervezéshez felhasznált érték)
$W_{1, el,t}$	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{1, el,b}$	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{2,el,t}$	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{2,el,b}$	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{1,pl}$	Plasztikus keresztmetszeti modulus
$W_{2,pl}$	Plasztikus keresztmetszeti modulus
i_y, i_z	Inerciasugár ***y*** és ***z*** tengelyre
Hy, Hz	A keresztmetszet befoglaló mérete ***y, z*** irányban
y_G, z_G	a súlypont ***y, z*** lokális tengelyirányú pozíciója a keresztmetszet befoglaló téglalapjának bal alsó sarkához viszonyítva
y_s, z_s	Nyírási középpont relatív koordinátái a súlyponttól mérve
$\beta_y, \beta_z, \beta_\omega$	Wagner-féle aszimmetria jellemzők [43]
Fp.	feszültségpontok

Szelvény megadása, módosítása, törlése

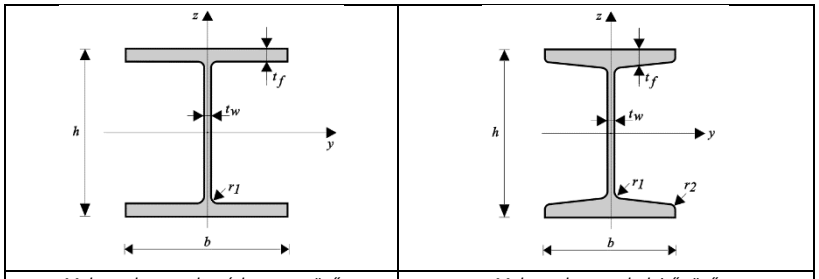
A táblázatban grafikusan és numerikusan tetszőleges számú szelvény megadható, módosítható, törölhető. A szelvény táblázatok dBase formátumú fájlokból vagy a vágólapon keresztül feltölthetők. A Táblázatkezelőn belül a szelvény adatokat a grafikus információkkal együtt másolhatjuk egyik táblázatból a másikba. Más alkalmazásokba a vágólapon keresztül a numerikus szelvényadatok vihetők csak át.
Új szelvényt bármely szelvénytáblázathoz hozzáadhatunk. Kérjünk új adatsort *(Szerkesztés / Új adatsor)* vagy **[Ctrl+Ins]** vagy az eszköztár **[+]** gombja), és adjuk meg sorra a paraméterek értékét. Új szelvényt a szelvényszerkesztővel is definiálhatunk (*Szerkesztés/Új szelvény grafikus megadása,* **[Ctrl+G]**).
A szelvényszerkesztőben létező **szelvény módosítás**ára is van mód, ha van hozzá grafikus információ (*Szerkesztés/Szelvény grafikus módosítása,* **[Ctrl+M]**).
A szelvénytáblázatban egy típusszelvény valamelyik méretét megváltoztatva a program automatikusan újraszámítja az összes paramétert, valamint módosítja a szelvény rajzát.
Szelvény törlése történhet a törlés ikon segítségével vagy a **[Ctrl+Del]** billentyűkombináció használatával. A grafikus szelvényszerkesztő használatát *lásd* **bővebben 3.1.16.1** fejezetben.

Szelvények

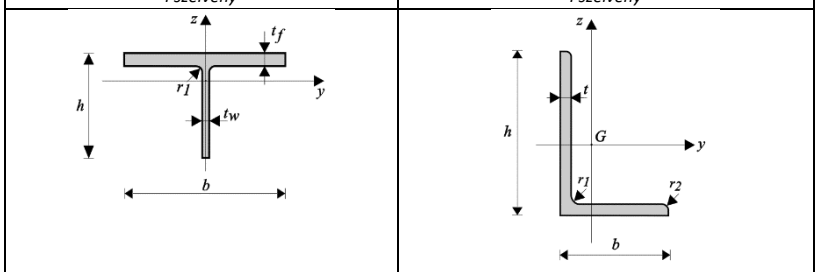
A keresztmetszeti adatok számításakor, valamint a szelvénypoligon ábrázolásakor a program a lekerekítő sugarakat (*r1, r2, r3*) is figyelembe veszi. A lekerekítő sugarak, magasság, szélesség, falvastagságok és átmérő adatok értelmezése az egyes szelvénytípusok esetén a szelvényszerkesztő parametrikus megadás dialógusablakainak ábráin láthatók.

Acél szelvények

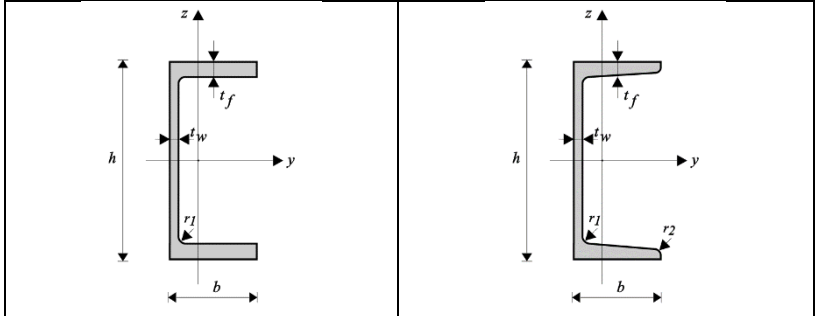
A szelvénytárban szelvénytípusok nagy választéka található, ezek közül néhány jellemző típus látható a táblázatban:



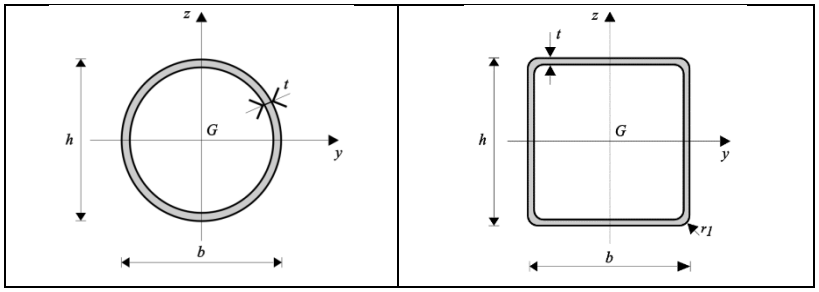
Melegen hengerelt, párhuzamos övű I szelvény | *Melegen hengerelt, lejtős övű I szelvény*

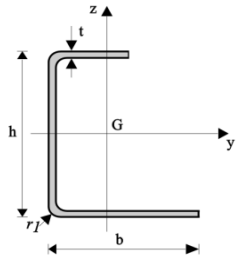
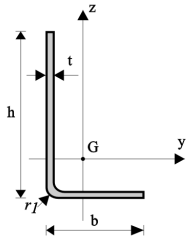
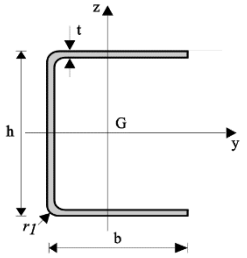
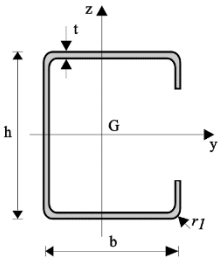


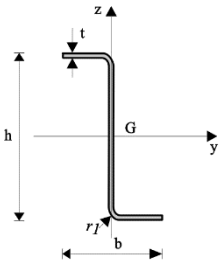
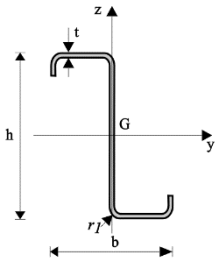
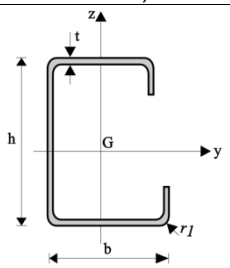
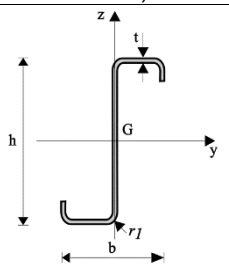
Melegen hengerelt T szelvény | *Melegen hengerelt szögacél*



Melegen hengerelt, párhuzamos övű U szelvény | *Melegen hengerelt, lejtős övű U szelvény*

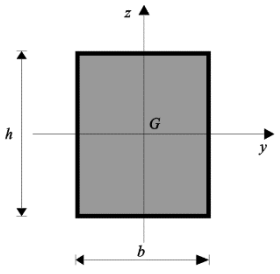
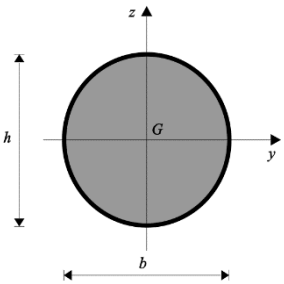


Hidegen hajlított körszelvény	*Hidegen hajlított, illetve melegen hengerelt (RHS) zártszelvények*
	
Dunaújvárosi hidegen hajlított J szelvény	*Dunaújvárosi hidegen hajlított szögacél*
	
Dunaújvárosi hidegen hajlított U szelvény	*Dunaújvárosi hidegen hajlított C szelvény*

	
Dunaújvárosi hidegen hajlított Z szelvény	*Dunaújvárosi hidegen hajlított S szelvény*
	
Hidegen hajlított LINDAB C szelvény	*Hidegen hajlított LINDAB Z szelvény*

Beton szelvények

A leggyakrabban alkalmazott téglalap és kör keresztmetszetek szerepelnek az adatbázisban. 20x20-tól a 80x80 cm-es szelvényekig 2 cm és 5 cm-es lépcsőkben.

3.1.16.1. Grafikus szelvényszerkesztő



A grafikus szelvényszerkesztő lehetővé teszi, hogy tetszőleges, akár öszvér szelvényeket rajzoljunk. A szabványos szelvénytípusokat (pl. I, T, U, L, Zárt, Téglalap) paraméterekkel is definiálhatjuk.

A Grafikus szelvényszerkesztő funkció a Szelvénytár ikonsorából, illetve az *Elemek / Vonalelemek* megadásánál közvetlenül érhető el (rácsrúdelem, rúdelem, bordaelem definiálása). *Lásd...* **4.9.10 Vonalelemek**. ArchiCAD modell statikai vázának generálásakor is megkönnyíti az adatmegadást (oszlop, gerenda szelvény megadása).
Lásd... **4.9.26 Építész modellből statikai váz generálása**

Szerkesztő-billentyűk

Használatuk megegyezik a **2.5 Billentyűzet és egérkezelés, kurzor** fejezetben leírtakkal.

Ikonmenü

A legfontosabb műveletek a menüsorba kiemelt ikonokkal érhetők el.



A megszerkesztett szelvény kinyomtatható. *Lásd...* **3.1.12.Nyomtatás**



A megszerkesztett szelvény elmenthető a képtárba.
Lásd... **3.2.12 Ábra mentése képtárba**



Az utoljára végrehajtott művelet visszavonása (Vissza) illetve a *Vissza* parancs visszavonása.



A szelvényszerkesztőben látható ábrát a vágólapra másolja.

Szelvénytárból



Szelvény betöltés szelvénytárból. Vastag, illetve vékonyfalú szelvény választható ki, attól függően, hogy melyik definiálása közben nyitottuk meg a szelvénytárat (*lásd*... **4.9.2.1 Betöltés szelvénytárból**).

DXF fájlból



Vastag falú szelvények esetén a szelvény kontúrja betölthető DXF fájlból.

Feszültségpontok



A keresztmetszeten feszültségszámítási pontokat jelölhetünk ki. A keresztmetszet súlypontja automatikusan felvételre kerül, ezt nem kell külön megadni. A megadható pontok száma maximum 9. A mozgatás funkciónál a feszültségpontok a keresztmetszettel együtt elmozgathatók.
Vékonyfalú szelvény esetén a nyírófeszültségek csak a középvonal mentén értelmezettek, ezért értékük a levetített pontban lesz kiszámítva. Ha a feszültségpont több szakasz csatlakozásánál (sarokban) helyezkedik el, a levetítés mindkét szakaszra megtörténik, és a kedvezőtlenebb érték kerül kiszámításra. A program a levetített pontokat is megjeleníti.

☞ **A feszültségszámítást a program csak az itt előírt feszültségpontokban végzi el. Ha nem adunk meg feszültségpontot, akkor feszültség csak a súlypontban lesz meghatározva, azaz a hajlításból keletkező feszültség figyelmen kívül marad.**

Ikontábla

A leggyakrabban használt szerkesztési és beállítási lehetőségek (kijelölés, nagyítás-kicsinyítés, teljes ábra, nézet vissza és újra, geometriai transzformációk, kótázás, szerviz beállítások) a baloldali ikontáblán találhatók. Az ikonok átrendezése a **2.16 Ikontábla** fejezetben leírtak szerint történhet. Különbség, hogy az alsó, felső menüsorra ráhúzható az ikontábla, de oda nem illeszthető (nem dokkolható).



Geometriai transzformációk

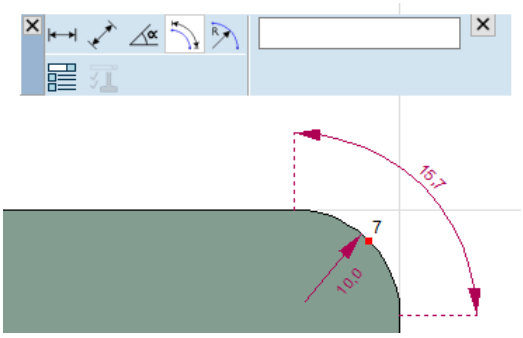


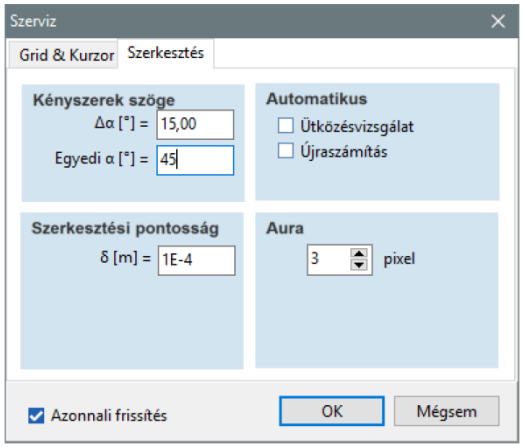
Az AXISVM főablakában található valamennyi geometriai transzformáció (eltolás, forgatás, tükrözés, skálázás) használható, azzal a különbséggel, hogy minden művelet a szelvényszerkesztő y-z síkjában zajlik.

Kótázás



A paletta felső eszköztáráról választhatjuk ki valamelyik, a szelvényszerkesztőben alkalmazható kótatípust. Ezek lehetnek vetületi és hossz méretvonalak, szögkóták, illetve íves szakaszoknál sugár és ívhossz kóták.
Az alsó eszköztáron találjuk a kótázás finombeállításait és a félautomata méretvonal opciót. Ennek bekapcsolásával a méretezendő szakasz két végpontja között elhelyezkedő valamennyi közbeeső szakaszt egyszerre méretezhetjük.





A szelvényszerkesztőből közvetlenül elérhető szervíz ablakban a kényszerek szögét és a szerkesztési pontosságot az *Ikontábla /Szervíz* funkcióknál leírtaknak megfelelően lehet beállítani. *Lásd...* **Szervíz/szerkesztés**.

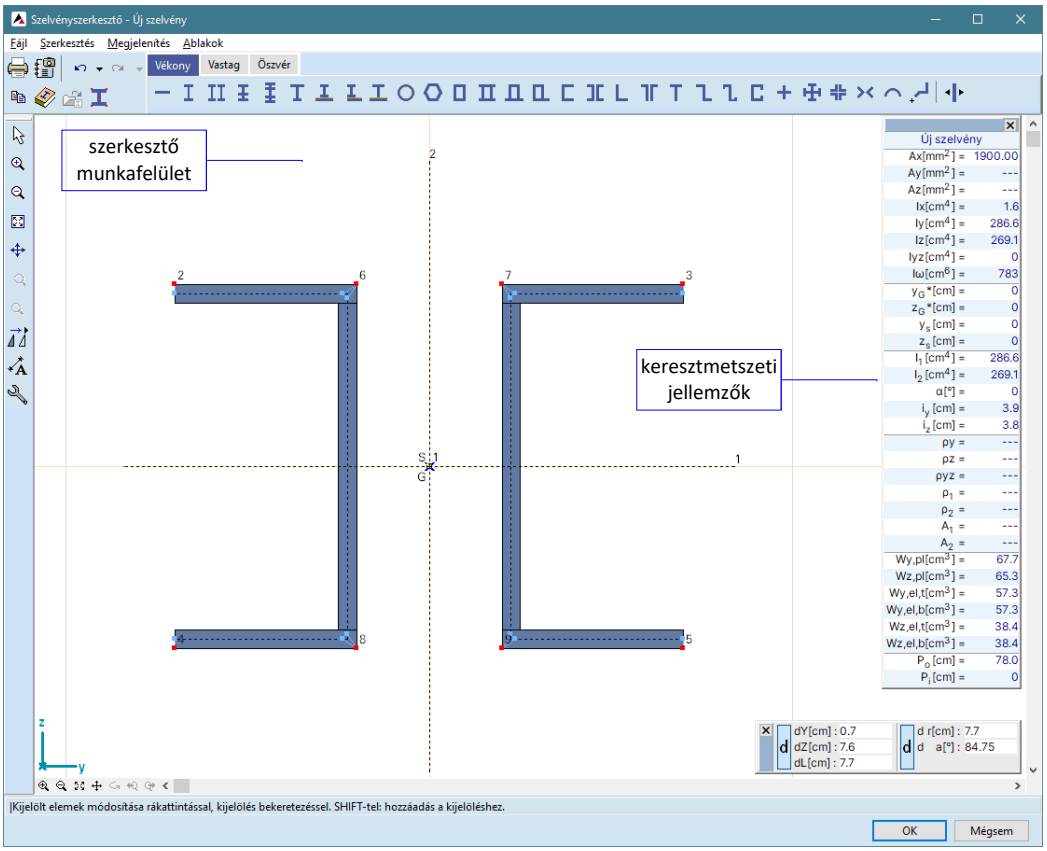
Automatikus ütközésvizsgálat esetén a szelvény elhelyezésekor/mozgatásakor piros kerettel jelzi, ha a mozgatott szelvény a szerkesztési területen lévő másik szelvénnyel érintkezik vagy átfedésbe kerül.

Automatikus újraszámítás esetén bármilyen módosítást követően a szelvény paramétereit azonnal újraszámolja.

Szelvények definiálása

A szelvényszerkesztőben megkülönböztetünk vékonyfalú, vastagfalú és öszvér szelvényeket. Összetett szelvény csak azonos anyagú alkotóelemekből állhat, kivéve, ha öszvér szelvényt hozunk létre. Az alkotóelemek lehetnek kör, téglalap, gyűrű, poligon és szelvénytári elemek. Az alkotóelemek elhelyezése után a program meghatározza a keresztmetszeti jellemzőket és a főirányokat. A szelvény alkotóelemeit mozgatni, másolni, forgatni, tükrözni lehet. A szelvényszerkesztő ablak lezárása után az új szelvény megadott névvel a táblázatban eltárolható.

Vékonyfalú szelvények



Bázispont Egy új alkotóelem a bázispontja segítségével helyezhető el. Az alkotóelem bázispontját egy piros kör jelöli. Az elem valamely pontjára kattintva a bázispont áthelyezhető.

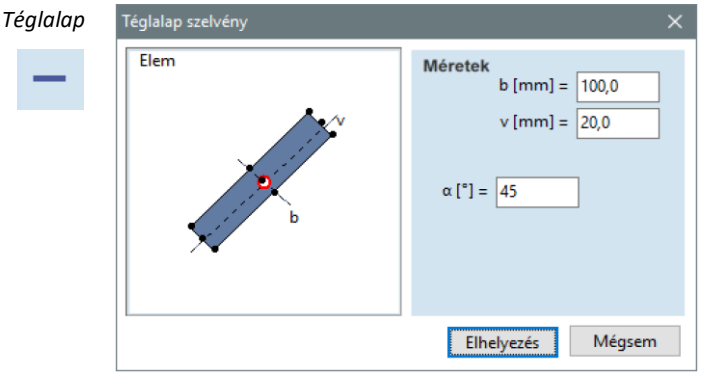
Szabványos keresztmetszet megadása paraméteresen is történhet.
A dialógusablakban a következő paramétereket kell megadni:

Gyártási eljárás Három lehetőségből választhatunk (hengerelt, hajlított, hegesztett).

Méretek A keresztmetszet típusától függő adatok (magasság, szélesség, falvastagságok, lekerekítő sugár, átmérő).

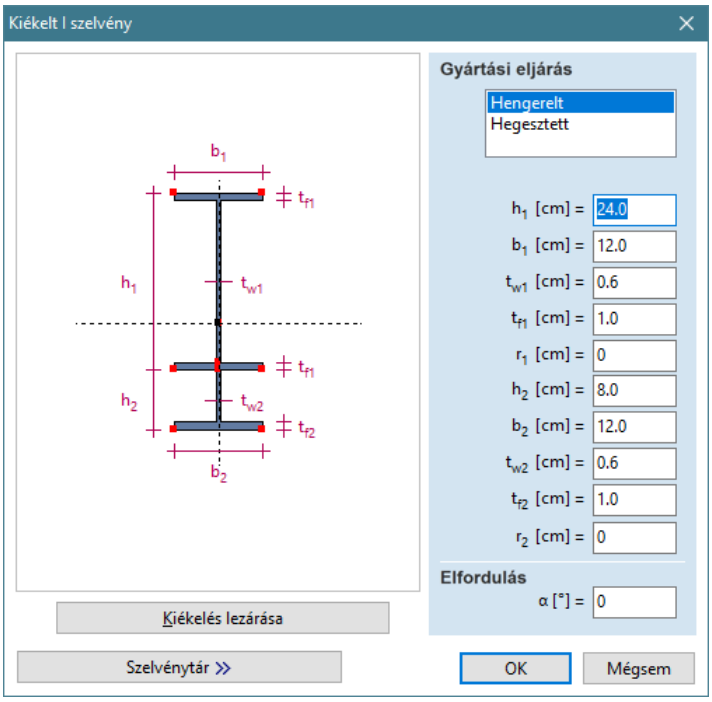
Elfordulás Az α szög megadásával írható elő. Alapértelmezése 0.

Téglalap



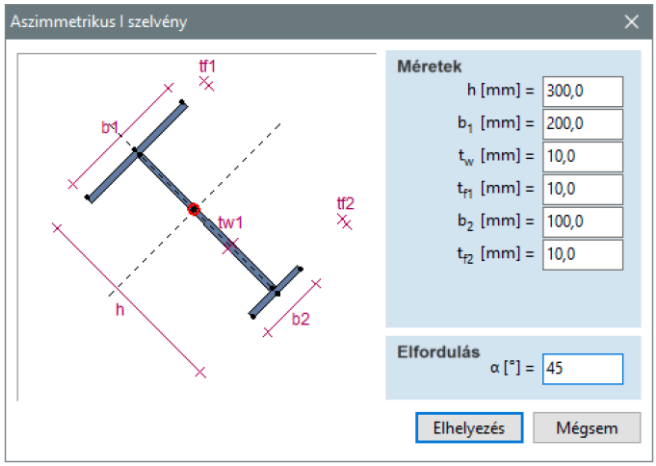
Téglalap definiálása a *b*, *v*, α para-méterekkel.
A megadásnál a *b* > *v* feltételnek teljesülnie kell.

I szelvény, *Kiékelt I szelvény*, *Mindkét irányban kiékelt I szelvény*



Az I és a kiékelt I szelvény definiálása magasság(ok), szélesség(ek), öv és gerincvastagság(ok) illetve lekerekítő sugár megadásával.
A *Kiékelés lezárása* gombra kattintva a kiékelő szelvény magassága beáll a minimális értékre (változó vastagságú kiékelt szelvény végszelvénye így egyszerűbben adható meg).
A *Szelvénytár* gombra kattintva a kiékelt szelvény valamelyik összetevőjét – magszelvényét vagy a kiékelő (I vagy T) szelvényét – vehetjük fel a szelvénytárból.

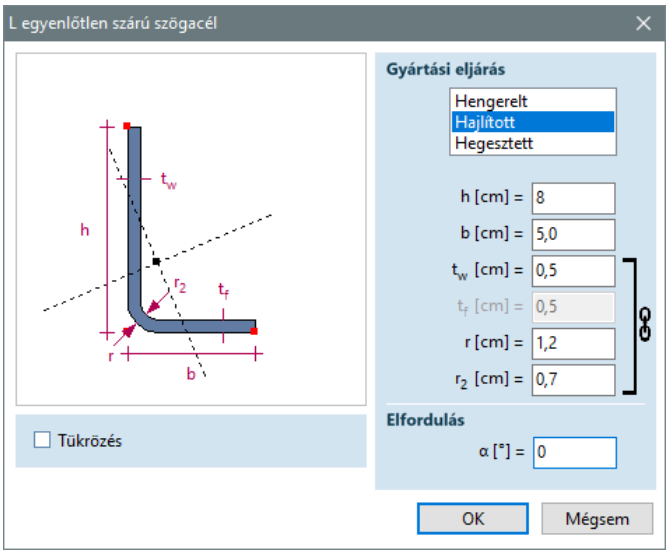
Aszimmetrikus I szelvény



Aszimmetrikus I szelvény definiálása magasság, szélesség(ek), öv és gerincvastagság(ok) illetve lekerekítő sugár megadásával.

L, U, C, Z, S szelvény





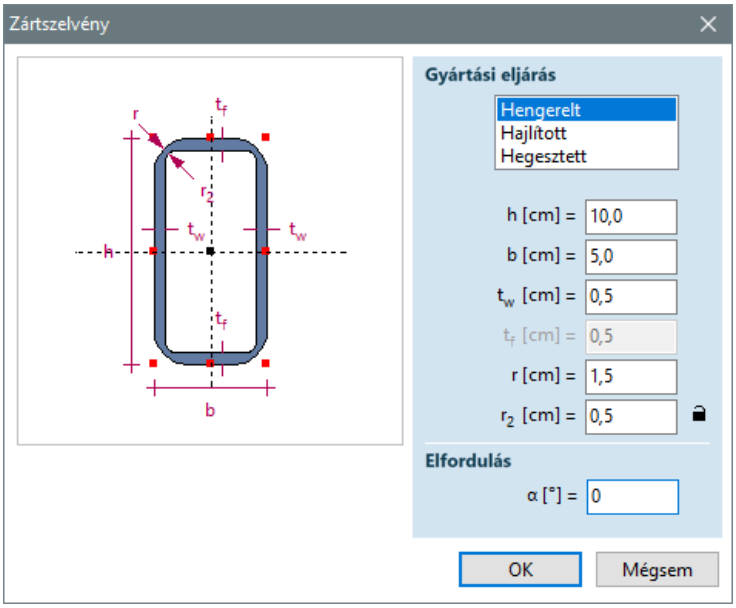
Hajlított L, U, C, Z, S szelvény esetén a lekerekítés akár a belső, akár a külső sugárral megadható. Azonban a vastagság, valamint a belső és a külső lekerekítő sugár értéke nem független egymástól, hanem a következő feltétel érvényes:

$$r_2 = \begin{cases} r - t_w \text{ , ha } r \geq t_w \\ 0 \text{ , ha } r < t_w \end{cases}$$

Ha valamelyik paramétert megváltoztatjuk, akkor a program a lekerekítő sugarak automatikus módosításával biztosítja az összeférhetőséget.

Zártszelvény





Hengerelt és hajlított zártszelvény belső lekerekítési sugara a külsőtől függetlenül vagy ahhoz rögzítve is megadható. A lakat ikont bekapcsolva az alábbi összefüggés érvényesül:

$$r_2 = \begin{cases} r - t_w \text{ , ha } r \geq t_w \\ 0 \text{ , ha } r < t_w \end{cases}$$

Körgyűrű



Gyűrű definiálása a *D* (külső átmérő) és *v* (falvastagság) paraméterekkel. Ebben az esetben a program a gyűrű középvonalát automatikusan zárt tartományként kezeli, melyet szaggatott vonallal megjelenít.

Egyéb szelvények

Valamennyi szelvény definiálása magasság, szélesség, falvastagságok és hengerelt vagy hajlított szelvények esetén a lekerekítő sugár megadásával történik.



Kettős szelvénytípusok



Az alapszelvény megadható paraméterekkel (szélesség, magasság, öv és gerincvastagság) vagy kiválasztható a szelvény adatbázisból.
Definiáláskor a következő, egyedi adatok adhatók meg:

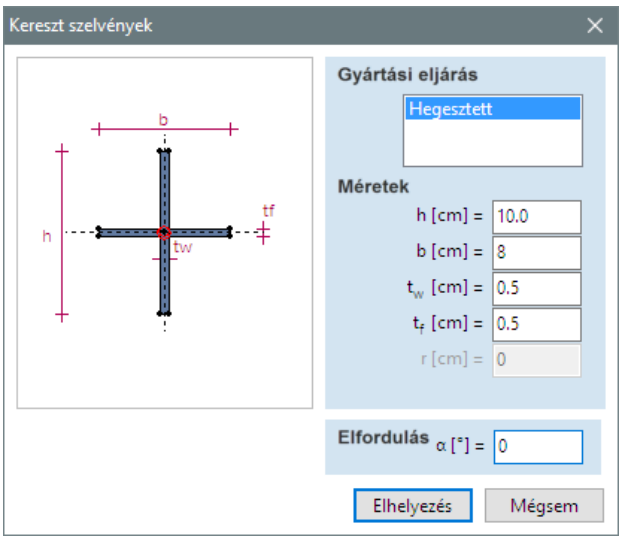
szelvények távolsága : *a* paraméter
elhelyezkedés : szemben vagy háttal (2U szelvény)

Kereszt szelvények



2I keresztszelvények

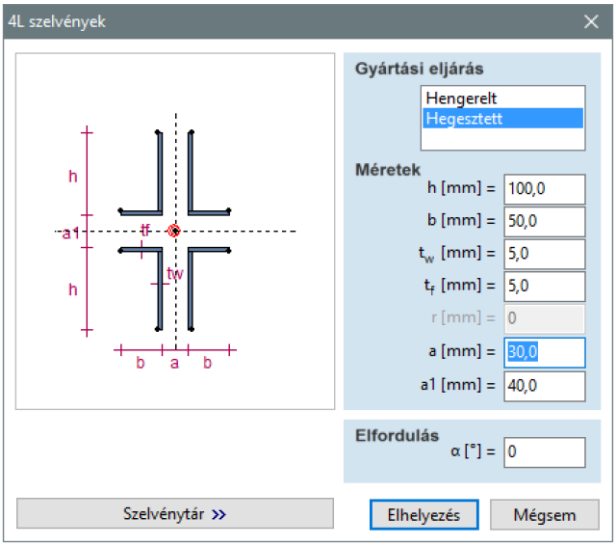




Kereszt szelvény definiálása a magasság, szélesség, öv és gerincvastagság(ok) illetve lekerekítő sugár megadásával.

4L szelvények

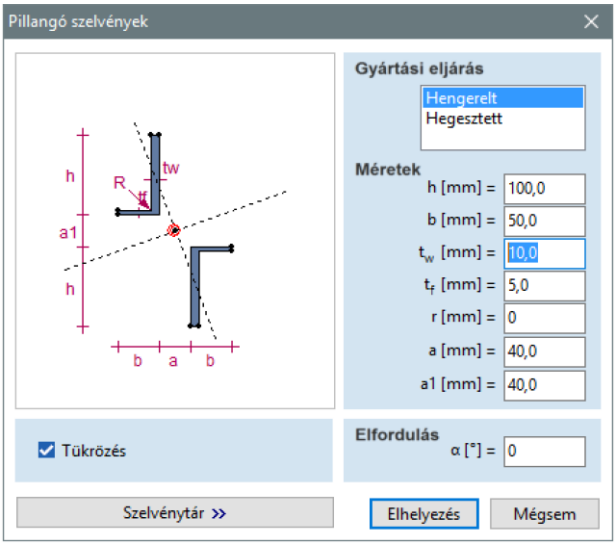




4L szelvény definiálása a magasság, szélesség, öv és gerincvastagság(ok), távolság *(a_1, a_2)* illetve lekerekítő sugár megadásával.

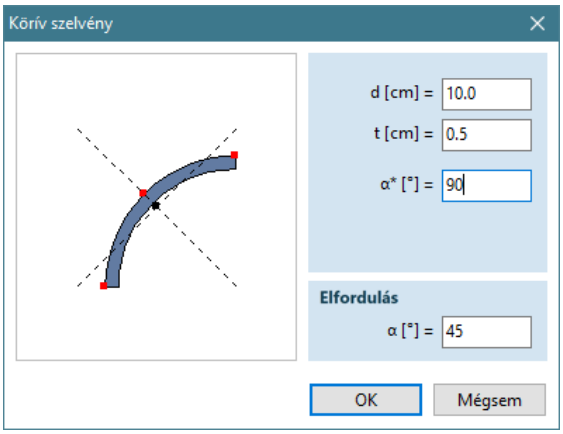
Pillangó szelvények





Pillangó szelvény definiálása a magasság, szélesség, öv és gerincvastagság(ok), távolság *(a_1, a_2)* illetve lekerekítő sugár megadásával.

Körív szelvény



Körív szelvény definiálása az átmérő *(d)*, a középponti szög (*α*) és a falvastagság megadásával.

Poligon

V vastagságú tetszőleges poligon definiálása. A szerkesztést az **[Esc]** vagy jobb gombjának lenyomásával vagy a poligon bezárásával lehet befejezni.

Definiálás előtt kiválasztható, hogy rajzoláskor az alkotólemez baloldala, tengelye vagy jobb oldala legyen a vezérvonal. A lemez vastagsága és a lekerekítő sugár értéke (*R* paraméter) is megadható.

Falvastagság módosítása

Vékonyfalú szelvényeknél a kijelölt szakaszok vastagságát módosíthatjuk. Típusszelvény esetén a falvastagságot a szelvény-paraméterek változtatásával kell módosítani.

Törlés

A **[Del]** gombot lenyomva megjelenik a kijelölő-paletta. A kijelölő-paletta lezárása után a kijelölt elemek vagy feszültségpontok törlődnek.

Feszültségpont

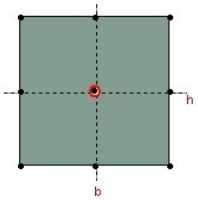
Törli a kijelölt feszültségpontokat.

☞ **A súlypontban lévő feszültségpont nem törölhető.**

Vastag falú szelvények

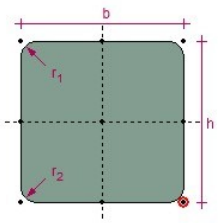


Téglalap



Téglalap elem definiálása a *b* (szélesség) és a *h* (magasság) paraméterekkel.

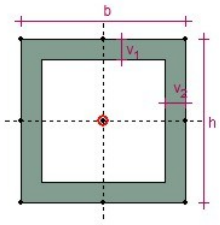
Lekerekített téglalap



Lekerekített téglalap definiálása a *b* (szélesség), a *h* (magasság) és az *r1*, *r2* (lekerekítési sugarak) paraméterekkel.

Vastag falú téglalap

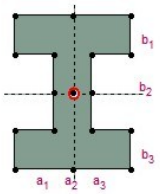




Vastag falú téglalap zártszelvény definiálása a *b* (szélesség), a *h* (magasság) és az v*1*, *v2* (falvastagságok) paraméterekkel

I keresztmetszet



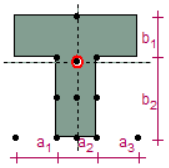


I alakú keresztmetszet definiálása az a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3 paraméterekkel.

Az (a_1, a_3), (b_1, b_3) paraméterek közül egy-egy 0 értékűre is felvehető, így T, U, L keresztmetszetek is létrehozhatók.

T szelvény

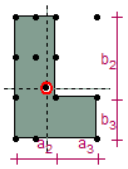




Az I alakú keresztmetszethez hasonlóan definiálható, de $b_3 = 0$.

L szelvény

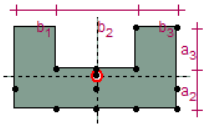




Az I alakú keresztmetszethez hasonlóan definiálható, de $a_1 = 0$ és $b_3 = 0$.

U szelvény

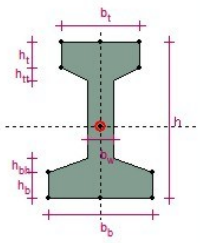




Az I alakú keresztmetszethez hasonlóan definiálható, de $a_1 = 0$.

I hídszelvény

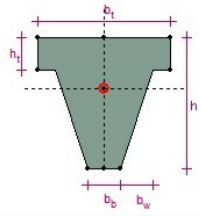




I hídszelvény definiálása a b_w (övszélesség) b_t, b_b (szélességek), a *h* (szelvénymagasság) h_t, h_{th}, h_b, h_{bh} (magasságok) paraméterekkel.

TV hídszelvény

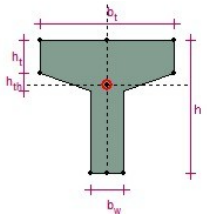




TV hídszelvény definiálása a b_w, b_b, b_t (szélességek), a *h* (szelvénymagasság) és a h_t, (övmagasság) paraméterekkel.

T hídszelvény

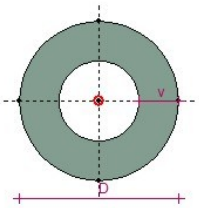




T hídszelvény definiálása a b_w, b_t (szélességek), a *h* (szelvénymagasság) és a h_t, h_{th} (magasságok) paraméterekkel.

Csőszelvény

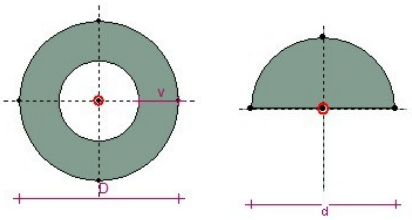




Vastag falú csőszelvény definiálása a *D* (külső átmérő) és a *v* (falvastagság) paraméterekkel.

Kör, félkör

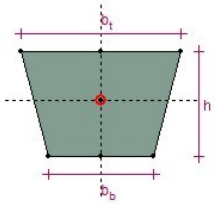




Körelem és félkör elem definiálása a *d* (átmérő) paraméterrel.

Szimmetrikus trapéz





Szimmetrikus trapéz szelvény definiálása a b_t, b_b (alsó és felső szélességek) valamint a *h* (szelvénymagasság) paraméterekkel.

Poligon



Komplex poligonnal határolt keresztmetszet megadása. A poligonszerkesztés az **[Esc]** vagy jobbgomb lenyomásával vagy a poligon zárásával befejezhető. Szerkesztés közben a következő paletta jelenik meg:





Vonal



Érintő



Csatlakozó ív középponttal



Csatlakozó ív 3 ponttal



Érintő ív



Ív rajzolás adott érintőhöz

Csomópont beszúrása



Új csomópont helyezhető el a szelvény kontúrján.
Ezt egérrel elmozdítva a szelvény alakja változtatható.

Kontúr



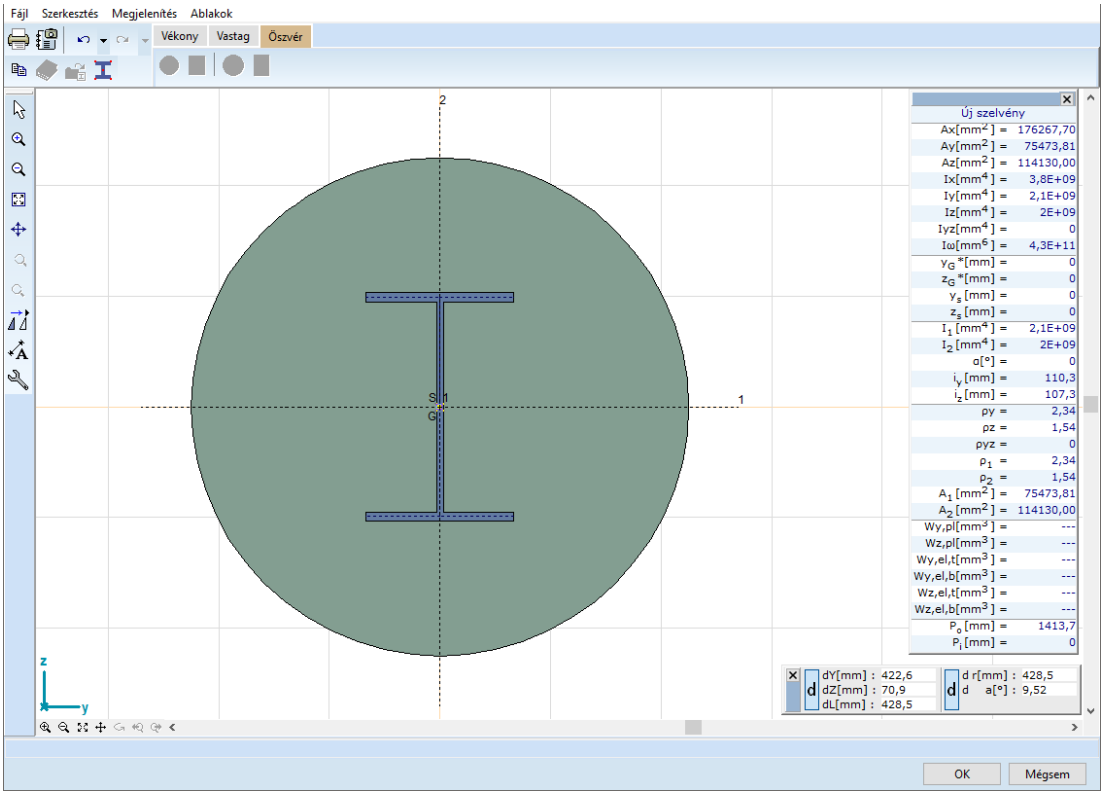
A *Kontúr* kapcsoló bekapcsolt állapotában szelvény kontúr definiálható.
Kikapcsolása esetén a *Lyuk* kapcsoló válik aktívvá.

Lyuk



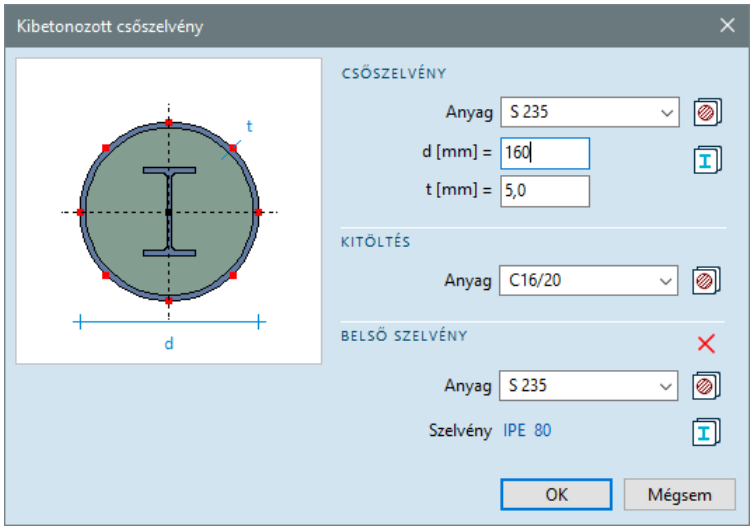
A lyuk kapcsoló aktiválásával a keresztmetszetbe téglalap, kör és tetszőleges zárt poligon alakú lyukat illeszthetünk.

Öszvér szelvények



Az öszvér szelvények két (vagy három) eltérő szerkezeti anyagból álló összetett szelvények.
Ha az öszvér szelvény belső szelvényt is tartalmaz, annak súlypontja mindig a külső szelvény súlypontjába kerül.

Kibetonozott csőszelvény



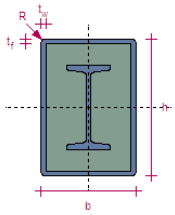
Kibetonozott acél csőszelvény parametrikus definiálása. Meg kell adni a csőszelvény anyagát, *d* átmérőjét, *t* falvastagságát, és a kitöltés anyagát. Egy további, kitöltőanyaggal körbevett belső szelvény megadására is lehetőség van.

Anyagokat az Anyagtárból választhatunk. *Lásd...* **3.1.15 Anyagtár**

A csőszelvényt nemcsak parametrikusan adhatjuk meg, de a *Szelvénytár* csőszelvényei közül is választhatjuk. A belső szelvényt a *Szelvénytár* vékonyfalú szelvényei közül választhatjuk.

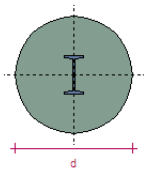
A megadott belső szelvényt törölhetjük.

Kibetonozott zártszelvény



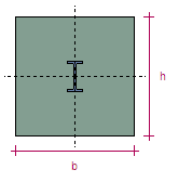
Kibetonozott zártszelvény definiálása. Meg kell adni zártszelvény anyagát, *b* szélességét, *h* magasságát, t_f és t_w falvastagságait és az *R* lekerekítő sugarat és a kitöltés anyagát. Egy további belső szelvény megadására itt is lehetőség van. Az anyagokat és szelvényeket a kibetonozott csőszelvényhez hasonlóan választhatjuk a megfelelő adatbázisokból.

Acélbetétes beton körszelvény



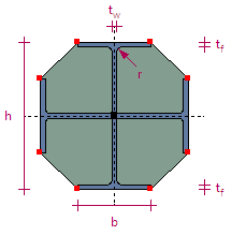
Acélbetétes beton körszelvény definiálása. Meg kell adni a körszelvény anyagát, *d* átmérőjét, illetve a belső szelvényt és annak anyagát.

Acélbetétes beton téglalapszelvény



Acélbetétes beton téglalapszelvény definiálása. Meg kell adni a téglalapszelvény anyagát, *b* szélességét, *h* magasságát, illetve a belső szelvényt és annak anyagát.

Kibetonozott I keresztszelvény



Kibetonozott I kereszt szelvény definiálása. Meg kell adni az I keresztszelvény és a kitöltés anyagát, illetve az I keresztszelvény paramétereit: *h* magasságát, a *b* övszélességet és a t_f és t_w falvastagságait.

Törlés

A **Del** gombot lenyomva megjelenik a kijelölő-paletta. A kijelölő- paletta lezárása után a kijelölt elemek vagy feszültségpontok törlődnek.

Elem

Törli a kijelölt elemeket.

Feszültségpontok

Törli a kijelölt feszültségpontokat.

☞ **A súlypontban lévő feszültségpont nem törölhető.**

Számítás

Az alábbi keresztmetszeti jellemzőket számítja a program:

Az *Ax, Iy, Iz, Iyz, βy, βz* paraméterek integrálással, *Ay, Az, Ix, Iω, ρy, ρz, ρyz, ρ1, ρ2, A1, A2, βω* paraméterek végeselem módszerrel kerülnek meghatározásra.

☞ **Két vagy több önálló részből álló keresztmetszet esetén az *Ay, Az, Ix, Iω, ρy, ρz, ρyz, ρ1, ρ2, A1, A2* paraméterek nem kerülnek meghatározásra.**

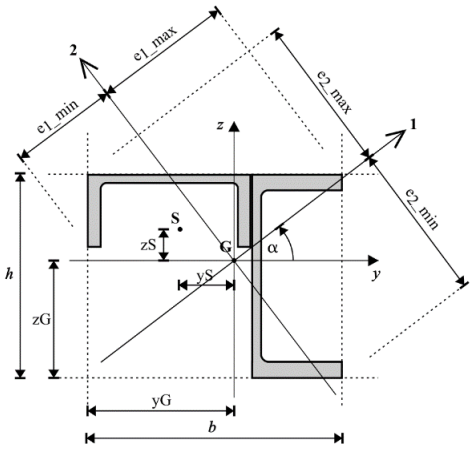
$\mathbf{A_x}$	***x*** lokális tengelyirányú felület
$\mathbf{A_y}$	***y*** lokális tengelyirányú nyírási felület
$\mathbf{A_z}$	***z*** lokális tengelyirányú nyírási felület
$\mathbf{I}_x$	***x*** lokális tengelyirányú inercia (csavaró)
$\mathbf{I}_y$	***y*** lokális tengelyirányú inercia (hajlító)
$\mathbf{I}_z$	***z*** lokális tengelyirányú inercia (hajlító)
$\mathbf{I}_{yz}$	Centrifugális inercia
$\mathbf{I_1}$ (*)	Főinercia 1-es tengelyre
$\mathbf{I_2}$ (*)	Főinercia 2-es tengelyre
α	1-es tengely hajlásszöge az y tengelytől mérve
$\mathbf{I}_\omega$	Öblösödési inercia (acéltervezéshez felhasznált érték)
$\mathbf{\rho_y}$	***y*** lokális tengelyirányú nyírási keresztmetszeti tényező
$\mathbf{\rho_z}$	***z*** lokális tengelyirányú nyírási keresztmetszeti tényező
$\mathbf{\rho_{yz}}$	***yz*** tengelykereszthez tartozó nyírási keresztmetszeti tényező

ρ_1	1-es tengelyirányú nyírási keresztmetszeti tényező
ρ_2	2-es tengelyirányú nyírási keresztmetszeti tényező
A_1	1-es tengelyirányú nyírási felület
A_2	2-es tengelyirányú nyírási felület
$W_{1,el,felső}$ (*)	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{1,el,alsó}$ (*)	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{2,el,felső}$ (*)	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{2,el,alsó}$ (*)	Rugalmas keresztmetszeti modulus
$W_{1,pl}$ (*)	Plasztikus keresztmetszeti modulus (**)
$W_{2,pl}$ (*)	Plasztikus keresztmetszeti modulus (**)
i_1	Inerciasugár 1-es tengelyre
i_2	Inerciasugár 2-es tengelyre
y_G	A súlypontnak ***y*** lokális tengelyirányú pozíciója
z_G	A súlypontnak ***z*** lokális tengelyirányú pozíciója
y_S, z_S	Nyírási középpont relatív koordinátái a súlyponttól mérve
$\beta_y, \beta_z, \beta_\omega$	Wagner-féle aszimmetria jellemzők [43]
P_o	Külső kerület (kontúrok)
P_i	Belső kerület (lyukak)

(*) Ha az 1-es, 2-es főirányok egybeesnek a lokális y, z koordinátatengelyekkel, akkor a fenti értékek y, z indexszel kerülnek megjelenítésre.

(**) A plasztikus keresztmetszeti modulusok számításáról bővebben: Mérnöki kézikönyv, 2. kötet, 249. oldal

Főinerciák



$$I_1 = \frac{I_x + I_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

$$I_2 = \frac{I_y + I_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2}$$

$$\mathrm{tg}(2\alpha) = \frac{2I_{yz}}{I_y - I_z}$$

$-90° < \alpha \leq +90°$,

a keresztmetszet lokális *y* tengelyéhez viszonyítva.

Keresztmetszeti modulusok

$$W_{1,el,felső} = \frac{I_1}{e_{2,max}} \qquad W_{2,el,felső} = \frac{I_2}{e_{1,max}}$$

$$W_{1,el,alsó} = \frac{I_1}{e_{2,min}} \qquad W_{2,el,alsó} = \frac{I_2}{e_{1,min}}$$

Nyírási alakváltozások

$A_y \neq 0$ és/vagy $A_z \neq 0$ nyírási felületek által a nyírási alakváltozások is figyelembe vehetők borda-elemeknél.

$A_y = A_x/\rho_y \quad A_z = A_x/\rho_z$ ahol ρ a nyírási keresztmetszeti tényező

A nyírási felület és a nyírási keresztmetszeti tényező alkalmazása teszi lehetővé, hogy a borda végeselem egy adott keresztmetszetéhez rendelt $\gamma_{xy,átl}$ és $\gamma_{xz,átl}$ átlagos nyírási alakváltozás megfelelően jellemezze a valóságos keresztmetszet pontról pontra változó $\gamma_{xy}(y,z)$ és $\gamma_{xz}(y,z)$ nyírási alakváltozását. Azt tekintjük megfelelő értéknek, ha a keresztmetszetben működő V_y és V_z eredő nyíróerő által az átlagos nyírási alakváltozás mentén végzett munka egyenlő a valóságos keresztmetszetben kialakuló, pontról pontra változó $\tau_{xy}(y,z)$ és $\tau_{xz}(y,z)$ nyírófeszültség által végzett munkával [16, Chapter 6.3; 22, 219-221. oldal]. Az egyenlőséget z irányú nyíró igénybevétel esetére felírva:

$$\frac{1}{2} V_z \, \gamma_{xz,átl} = \frac{1}{2} \int \left[\tau_{xy}(y,z)\gamma_{xy}(y,z) + \tau_{xz}(y,z)\gamma_{xz}(y,z)\right] dA$$

A keresztmetszetben a V_z nyíróerő hatására kialakuló feszültségeloszlást a végeselem-módszerrel számított $\Phi_z(y,z)$ nyírófeszültségi függvényből lehet származtatni:

$$\tau_{xy}(y,z) = \frac{V_z}{A_x}\frac{\partial \Phi_z}{\partial y} \qquad \tau_{xz}(y,z) = \frac{V_z}{A_x}\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}$$

A nyírási alakváltozás és a nyírófeszültség között pedig a Hooke-törvény teremt kapcsolatot:

$$\tau_{xy}(y,z) = G\gamma_{xy}(y,z) \qquad \tau_{xz}(y,z) = G\gamma_{xz}(y,z)$$

Ezeket az integrandusba helyettesítve az átlagos nyírási alakváltozásra a következő kifejezés adódik:

$$\gamma_{xz,átl} = \frac{V_z}{GA_x^2}\int\left[\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)^2\right]dA$$

Bevezetve a $\rho_z = \frac{A_x}{\int\left[\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)^2\right]dA}$ nyírási keresztmetszeti tényezőt:

$$\gamma_{xz,átl} = \frac{V_z}{G\frac{A_x}{\rho_z}} = \frac{V_z}{GA_z}$$

Ez a képlet azt mutatja, hogy az átlagos nyírási alakváltozást úgy kell kiszámítani, mintha a végeselem nyírási merevségének meghatározásánál figyelembe vett keresztmetszeti terület a valódi A_x helyett egy csökkentett A_z érték lenne.
Ugyanez a gondolatmenet alkalmazható az y irányú nyíró igénybevétel esetére is.

☞ **Fontos megjegyezni, hogy a csökkentett nyírási keresztmetszeti területet csak a végeselem nyírási merevségének kiszámításához kell használni. Az átlagos nyírófeszültségek kiszámítása a valódi területtel osztva történik:**

$$\tau_{xy,átl} = \frac{V_y}{A_x} \qquad \tau_{xz,átl} = \frac{V_z}{A_x}$$

☞ **Egyidejű y és z irányú nyíró igénybevétel esetén a pontos számítás egy vegyes ρ_{yz} nyírási keresztmetszeti tényező bevezetését is megkövetelné [16; Chapter 6.3]. A program azonban ezt csak tájékoztató értékként számítja ki, mert a borda véges elemek merevségi mátrixának előállításakor elhanyagoljuk az y és z irányú nyíró igénybevétel kölcsönhatását leíró elemeket.**

Öszvér szelvények jellemzőinek számítása

A keresztmetszeti jellemzőket a program a komponensek jellemzőinek a rugalmassági modulusok szerinti súlyozásával számítja. Az E_{ref} és G_{ref} referencia értékek a külső szelvény anyagának a rugalmassági modulusai. [16, Chapter 1.2; 21, 7.2.1. fejezet]

$$A_x = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i A_{x,i} \qquad I_x = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i I_{x,i} \qquad \rho_y = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{y,i}}}$$

$$A_y = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i A_{y,i} \qquad I_y = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{y,i} \qquad \rho_z = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{z,i}}}$$

$$A_z = \frac{1}{G_{ref}}\sum G_i A_{z,i} \qquad I_z = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{z,i}$$

$$I_{yz} = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i I_{yz,i} \qquad \rho_{yz} = \frac{G_{ref}A_x}{\sum\frac{G_i A_{x,i}}{\rho_{yz,i}}}$$

$$y_G = \frac{\sum y_{G,i}E_i A_i}{E_{ref}A_x}$$

$$z_G = \frac{\sum z_{G,i}E_i A_i}{E_{ref}A_x}$$

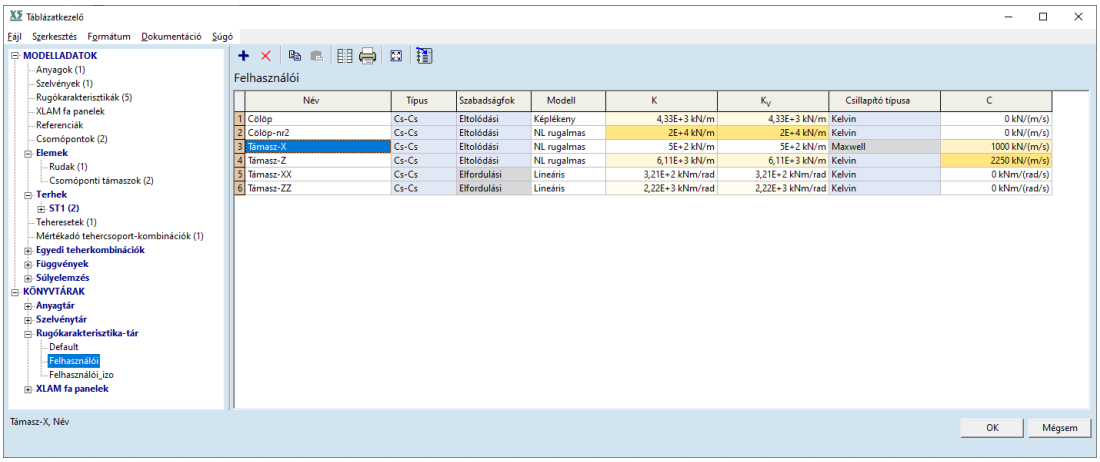
$$y_\omega = \frac{I_{yz}\sum E_i\left(z_{S,i}I_{z,i} - y_{S,i}I_{yz,i}\right) - I_z\sum E_i\left(z_{S,i}I_{yz,i} - y_{S,i}I_{y,i}\right)}{E_{ref}\left(I_y I_z - I_{yz}^2\right)}$$

$$z_\omega = \frac{I_y\sum E_i\left(z_{S,i}I_{z,i} - y_{S,i}I_{yz,i}\right) - I_{yz}\sum E_i\left(z_{S,i}I_{yz,i} - y_{S,i}I_{y,i}\right)}{E_{ref}\left(I_y I_z - I_{yz}^2\right)}$$

$$I_\omega = \frac{1}{E_{ref}}\sum E_i\left[I_{\omega,i} + \left(y_{S,i} - y_S\right)^2 I_{y,i} + \left(z_{S,i} - z_S\right)^2 I_{z,i} - 2\left(y_{S,i} - y_S\right)\left(z_{S,i} - z_S\right)I_{yz,i}\right]$$

☞ **Ez a számítási mód azt feltételezi, hogy az öszvér keresztmetszet komponensei között nincs nyírási kapcsolat. Azonban a komponensek súlypontjainak egybeesése miatt ennek az Ax, Iy, Iz, Iyz, yG, zG paraméterek értékére nincs hatása. Az Ay, Az, Ix, Iω, yS, zS, ρy, ρz, ρyz értékek viszont nyírási kapcsolat esetén mások lennének.**

3.1.17. Rugókarakterisztika-tár



A rugókarakterisztika-tár a *Fájl/Rugókarakterisztika-tár* menüből vagy a táblázatkezelőn keresztül érhető el. Ezenkívül több dialógusablakban segíti a gyors rugókarakterisztika megadását/választását.

Lásd... **4.9.21 Rugóelem**

A rugókarakterisztika-tárban alaphelyzetben a Default könyvtár található, mely Lágy és Merev rugókarakterisztikákat tartalmaz, eltolódási, illetve elfordulási szabadságfokhoz egyaránt. A felhasználó igénye szerint megadhat új könyvtárat a Fájl menün keresztül, de bővítheti és módosíthatja a már meglévő rugókarakterisztika-tárakat. A Default nevű tárból a rugókarakterisztikák automatikusan bekerülnek a modellbe. Amennyiben a felhasználó saját tárat hoz létre, annak elemei akkor kerülnek be a modellbe, ha a Rugókarakterisztikák-táblázatban (**2.9.1 Rugókarakterisztikák**) hozzáadjuk, illetve, ha egy rugóelem megadásakor kiválasztjuk a rugókarakterisztika-tárból.
A rugókarakterisztika-tárban rugók mellett parametrikusan megadott szeizmikus izolátorokat is elhelyezhetünk.

A táblázat oszlopai a rugókarakterisztika alábbi, főbb jellemzőit tartalmazzák:

Név	Karakterisztika neve
Típus	Csomópont-csomópont közötti rugó (jelenleg nem módosítható)
Szabadságfok	Eltolódási/elfordulási szabadságfok
Modell	Viselkedés (Lineáris/NL rugalmas/Képlékeny)
K	Kezdeti merevség
K_v	Rezgési merevség
Csillapító típusa	Kelvin-Voigt vagy Maxwell modell
C	Csillapítási tényező
A szeizmikus izolátor típusa	Gumi, súrlódó vagy egyéb típusú
E_{xy}	Effektív vízszintes merevség
ξ	Csillapítási arány
E_z	Függőleges merevség
K_1	Kezdeti vízszintes merevség
F_1	Folyási erő
K_T	Képlékenyedést követő vízszintes merevség
μ	Súrlódási együttható
R	Egyenértékű görbületi sugár

A csillapítási tényezőt tartalmazó oszlop, csak abban az esetben jelenik meg, ha van legalább egy olyan rugókarakterisztika, ahol nullánál nagyobb ez az érték. A szeizmikus izolátor paramétereinek oszlopai csak abban az esetben jelennek meg, ha van legalább egy szeizmikus izolátor a táblázatban.

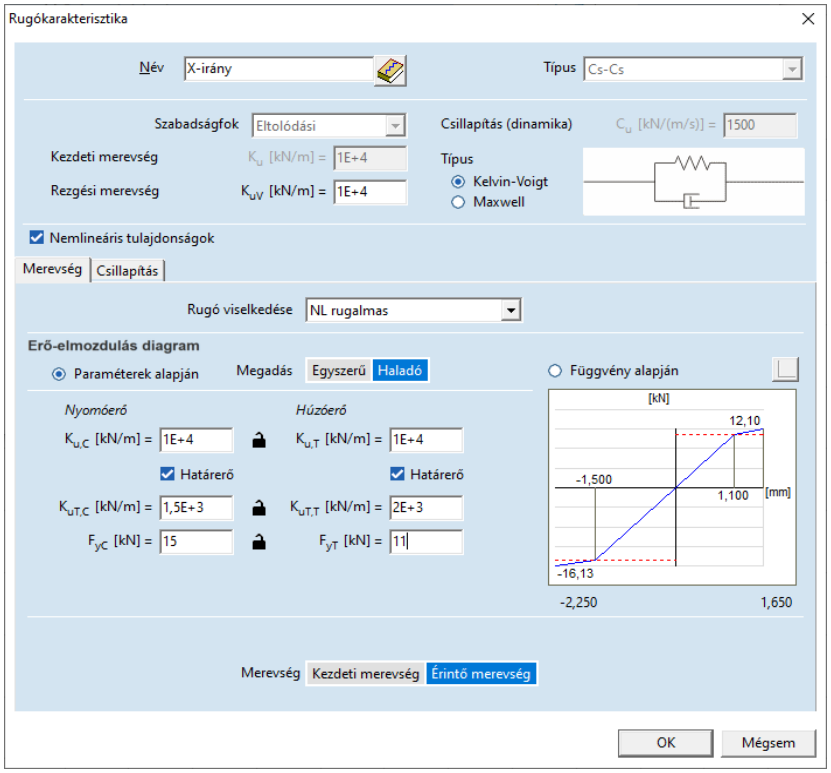
☞ **A rugókarakterisztika-tárban történő módosításnak nincs hatása azokra a modellekre, ahol ezt a rugókarakterisztikát már használtuk.**

Ctrl + Ins, Új rugókarakterisztika megadása esetén, vagy létező rugókarakterisztika-táblázat valamely közvetlenül nem szerkeszthető oszlopára kattintva egy dialógusablak jelenik meg, ahol a rugókarakterisztika valamennyi jellemzőjét megadhatjuk, módosíthatjuk.

Új rugókarakterisztika megadása

Jellemzők módosítása

A jellemzőket tartalmazó mezők közvetlenül nem szerkeszthetők a táblázatban, a név kivételével minden esetben a dialógus ablak jelenik meg.
Ha már létezik a megadott névvel és szabadságfokkal rugókarakterisztika, az új karakterisztika ***rugókarakterisztika-név sorszám*** névvel kerül be a táblázatba. Eltérő szabadságfokú karakterisztikák neve lehet egyező.



Rugó-karakterisztika

A rugókarakterisztika alábbi jellemzőit tartalmazza az adatbázis:

rugókarakterisztika nev
típus (csomópont-csomópont, szeizmikus izolátor)
szabadságfok (eltolódási vagy elfordulási jellegű)
csillapítás típusa (Kelvin-Voigt, Maxwell)



Az ikonra kattintva a *Betöltés rugókarakterisztika-tárból* dialógusablak jelenik meg.

3.1.17.1. Csomópont-csomópont rugó (Cs-Cs)

Merevség / Csillapítás

A rugók alaphelyzetben lineárisan rugalmas módon működnek. A táblázatban a *Modell* oszlop mutatja a beállított karakterisztika viselkedési típusát.

Eltolódási szabadságfok:

K_u	kN/m	Kezdeti merevség
K_{uV}	kN/m	Rezgési merevség
C_u	kN/(m/s)	Csillapítási tényező

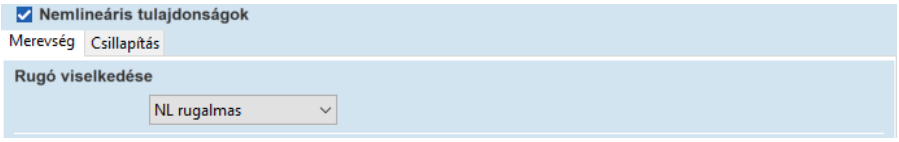
Elfordulási szabadságfok:

K_r	kNm/rad	Kezdeti merevség
K_{rV}	kNm/rad	Rezgési merevség
C_r	kNm/(rad/s)	Elfordulási csillapítási tényező

Nemlineáris tulajdonságok

A rugó viselkedése lehet nemlineáris is, az anyaghoz hasonlóan. A nemlineáris tulajdonságok bekapcsolásával elérhetővé válik a megadáshoz szükséges panel.

A merevséghez és a csillapításhoz tartozó paraméterek külön füleken adhatóak meg.



Rugó viselkedése

NL rugalmas — A nemlineárisan rugalmas karakterisztikát követve a terhelés során nem alakul ki maradó deformáció.

Képlékeny — A határerő/határnyomaték elérése után létrejöhet maradó deformáció.

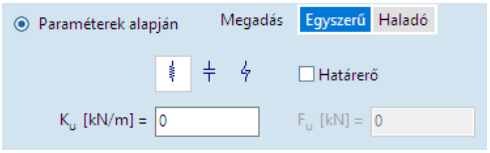
Erő – elmozdulás diagram

Paraméterek alapján: A korábbi nemlineáris támaszokhoz (egyszerű) vagy az anyag szigma-epszilon diagramjához hasonló (haladó) módon adható meg a rugókarakterisztika függvénye. A mértékegységek a szabadságfok típusától függenek. Képlékeny rugóviselkedésnél csak a haladó megadás lehetséges.

Függvény alapján: Az erő-elmozdulás diagram szerkesztőjével megadható egyedi karakterisztika.

Egyszerű megadás

Paraméteres megadás estén elérhető a korábban a támasznál használt megadási mód. Szimmetrikus, csak húzott, csak nyomott és határerős karakterisztikák definiálása lehetséges.



Húzásra és nyomásra működő támasz

Csak nyomásra működő támasz

Csak húzásra működő támasz

Eltolódási

Határerő — Határerős karakterisztika

K_u *[kN/m]* — Kezdeti merevség

F_u *[kN]* — Határerős karakterisztika esetén a határerő

Elfordulási

Határnyomaték — Határnyomatékos karakterisztika

K_r *[kNm/rad]* — Kezdeti merevség

M_r *[kNm]* — Határnyomatékos karakterisztika esetén a határnyomaték

A csak húzásra, vagy csak nyomásra működőnek beállított rugók inaktív merevsége nem lesz nulla. A program beállít egy elhanyagolhatóan kicsi merevséget a numerikus és stabilitási problémák elkerülése érdekében:

$$K_{u0} = \min\left\{10^{-3}\frac{\text{kN}}{\text{m}};\ K_u \cdot 10^{-8}\right\};\ K_{r0} = \min\left\{10^{-3}\frac{\text{kNm}}{\text{rad}};\ K_r \cdot 10^{-8}\right\}$$

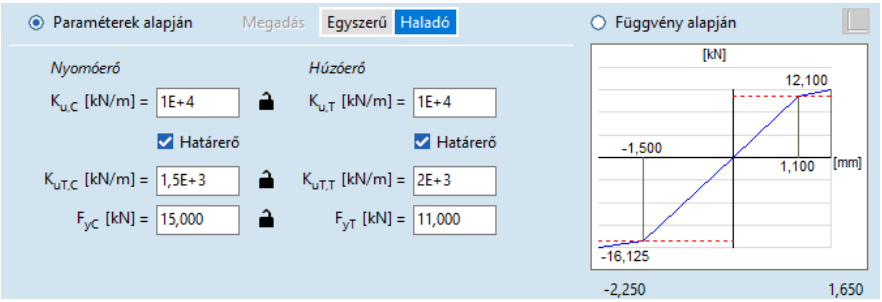
Ha az elem inaktív irányában nagymértékű deformáció jön létre, akkor még ezzel a kis merevséggel is jelentős igénybevétel alakulhat ki. Ebben az esetben a *Haladó megadást* kell választani, és az ott leírt, az inaktív oldalon határerős karakterisztikát megadni.

Haladó megadás

A haladó megadásnál lehetőség van eltérő húzó- és nyomóoldali karakterisztika definiálására. Képlékeny modell esetében a kezdeti $K_{u,T}$ és $K_{u,C}$ merevség értéknek azonosnak kell lennie, a $K_{u,C}$ mező nem szerkeszthető.

A *Határerő/határnyomaték* bekapcsolásával töréspontot és érintő merevséget adhatunk a töréspont utáni szakaszhoz. Kikapcsolt állapotban egy egyszerű lineáris karakterisztikát kapunk.

A diagramon látható piros szaggatott vonal a megadott F_{yC}, F_{yT}, illetve M_{yC}, M_{yT} határértékeket jelöli.



Eltolódási

$K_{u,T}$ [kN/m]	Kezdeti merevség *húzásra*
$K_{u,c}$ [kN/m]	Kezdeti merevség *nyomásra*
$K_{uT,T}$ [kN/m]	A diagram meredeksége a határerő elérése után *húzásra*
$K_{uT,C}$ [kN/m]	A diagram meredeksége a határerő elérése után *nyomásra*
F_{yT} [kN]	Határerő húzásra
F_{yC} [kN]	Határerő nyomásra

Elfordulási

$K_{r,T}$ [kNm/rad]	Kezdeti merevség *pozitív elfordulásra*
$K_{r,C}$ [kNm/rad]	Kezdeti merevség *negatív elfordulásra*
$K_{rT,T}$ [kNm/rad]	A diagram meredeksége a határnyomaték elérése után *pozitív elfordulásra*
$K_{rT,C}$ [kNm/rad]	A diagram meredeksége a határerő elérése után *negatív elfordulásra*
M_{yT} [kNm]	Határnyomaték pozitív elfordulásra
M_{yC} [kNm]	Határnyomaték negatív elfordulásra

Csak húzás, vagy csak nyomás esetén aktív karakterisztika megadási lehetőségei

A haladó megadással többféleképpen is megvalósítható a csak egy oldalon aktív, NL rugalmas karakterisztika. A legegyszerűbb megoldás, ha az inaktív oldalon azonosan nulla függvényt állítunk be. Ez az ideálisan egyoldalú karakterisztika azonban az aktív/inaktív átmenet közelében numerikusan a legkevésbé stabil.



$\boldsymbol{K_{u,T} = 0\,;\ F_{y,T} = 0}$

Az ideális helyett olyan karakterisztika felvétele javasolt, ami az inaktív oldalon azonos kezdeti merevséggel és egy elhanyagolhatóan kicsi határértékkel rendelkezik. Ez a húzott/nyomott állapot egyértelmű megjelenésével biztosítja a numerikus stabilitást, a határérték viszont olyan kicsire választható, hogy az eredmények adott számú tizedesjeggyel történő megjelenítése esetén még nulla érték íródjon ki. Egyensúlyi, stabilitási probléma azonban még ezen karakterisztika esetén is előfordulhat. Ha a modell váratlan viselkedése miatt az aktív megtámasztások nem tudják biztosítani az egyensúly kialakulását, akkor a számítás nem fog konvergálni.



$\boldsymbol{K_{u,T} = 0\,;\ F_{y,T} > 0}$

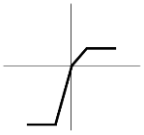
Az egyensúlyi, stabilitási probléma elkerülhető, ha az inaktív oldalon egy nagyon kicsi, de nem nulla meredekségű, lineáris karakterisztikát állítunk be. Így kellően nagy deformáció kialakulásával az inaktív oldalon is létre tud jönni az egyensúly. A modell nem várt viselkedésére ekkor éppen az irreálisan nagy deformációk figyelmeztetnek. Számítani kell azonban arra is, hogy ha az inaktív irányában a modell rendeltetésszerű viselkedése esetén is nagymértékű deformáció jön létre, akkor a kis merevséggel is jelentős, de ez esetben nem valósághű igénybevétel alakulhat ki.



$K_{u,T} > 0$

Határerős karakterisztika megadási lehetőségei

Határerős karakterisztika esetén is két megoldás közül választhatunk. Az ideális karakterisztika a határérték elérése után vízszintesen halad tovább. A nulla érintőmerevség miatt azonban egyensúlyi, stabilitási probléma alakulhat ki. Ha a modell váratlan viselkedése miatt a határerős megtámasztások nem tudják biztosítani az egyensúly kialakulását, akkor a számítás nem fog konvergálni.



$K_{uT,TC} = K_{uT,T} = 0$

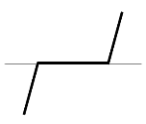
A problémára most is megoldást jelent egy kicsiny, de nem nulla meredekség beállítása a határérték elérése utáni szakaszon. Így kellően nagy deformáció kialakulásával a határérték elérése után is létre tud jönni az egyensúly. A modell nem várt viselkedésére ekkor is az irreálisan nagy deformációk figyelmeztetnek. Számítani kell azonban arra is, hogy ha a határerős elemben a modell rendeltetésszerű viselkedése esetén is nagy deformáció jön létre, akkor a kis érintőmerevséggel is a határértéket jelentősen meghaladó igénybevétel alakulhat ki.



$K_{uT,C} > 0\,;\ K_{uT,T} > 0$

Holtjátékos karakterisztika megadása

Holtjáték szimulálása a kezdeti szakaszon kicsiny, majd egy határérték után nagy meredekségű NL rugalmas karakterisztika megadásával lehetséges. A numerikus stabilitási problémák elkerülése érdekében az ideális, vízszintes kezdeti szakasz helyett most is egy elfogadhatóan kicsiny meredekség és határérték megadása javasolt. Az ideális karakterisztika paraméteresen nem, csak a függvényszerkesztő használatával adható meg.



$K_{u,C} = K_{u,T} = 0$

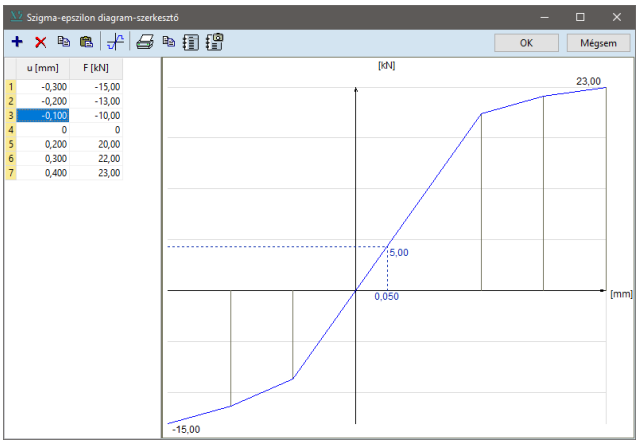


$K_{u,C} = K_{u,T} > 0$

Erő – elmozdulás diagram-szerkesztő



Ha *Függvény alapján* adunk meg karakterisztikát, az ikonra kattintva a függvényszerkesztő jelenik meg.
Az ikontábla elemei nagyrészt megegyeznek a **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul** fejezetben a függvények megadásánál leírtakkal.

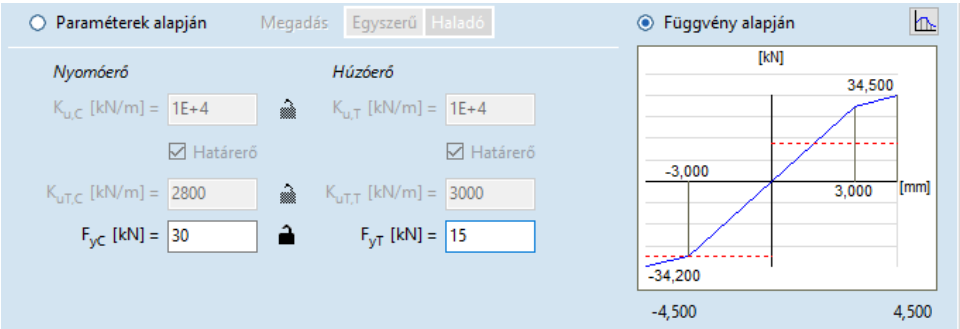


A szerkesztő funkció nemlineárisan rugalmas és képlékeny esetben is elérhető. A függvény szerkesztése után a *Haladó* panel értékei a függvény alapján állnak be a következő módon (eltolódási rugó esetén).

$K_{u,T}$ [kN/m]	Origó utáni első szakasz meredeksége
$K_{u,c}$ [kN/m]	Origó előtti első szakasz meredeksége
$K_{uT,T}$ [kN/m]	A teljes diagram utolsó szakaszának meredeksége
$K_{uT,C}$ [kN/m]	A teljes diagram első szakaszának meredeksége
$F_{y,T}$ [kN]	*Képlékeny* – Első töréspont (húzás)
	NL rugalmas – tetszőlegesen változtatható
$F_{y,C}$ [kN]	*Képlékeny* – Első töréspont (nyomás)
	NL rugalmas – tetszőlegesen változtatható

NL rugalmas karakterisztikánál a felhasználó tetszőlegesen kiválaszthatja a határértéket, amihez képest a program a kihasználtságot fogja számítani.
Képlékeny karakterisztikájú rugónál ezek a mezők nem szerkeszthetőek.

☞ **Az erő-elmozdulás diagramnak monoton növekvőnek kell lennie.**
Képlékeny karakterisztika esetén a húzó és nyomó kezdeti meredekség csak azonos lehet, és a diagram meredekségének monoton csökkenőnek kell lennie.



Alakváltozási keményedés

Csak *Képlékeny* rugó esetén adható meg. Az alakváltozási keményedés típusa a határerők változásának jellege szerint lehet izotróp vagy kinematikai.
Izotróp keményedés esetén, az igénybevétel előjelétől függetlenül, a húzó és a nyomó határerő értéke is növekszik.
Kinematikai keményedés esetén az igénybevétel előjelének megfelelő határerő értéke növekszik, a másiké pedig csökken, miközben különbségük állandó marad. *Lásd részletesen...* **3.1.15 Anyagtár**

☞ **Kinematikai keményedés esetén az erő-elmozdulás diagram csak szimmetrikus lehet.**

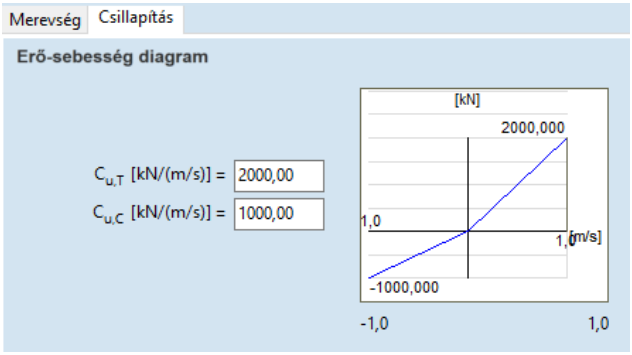
Merevség

Kezdeti merevség — A program a globális merevségi mátrix összeállításához az anyagilag lineáris kezdeti merevségi mátrixot használja. A számítás hosszabb ideig fut, mert több iterációra van szükség, de biztosabb a konvergencia.

Érintő merevség — A program a globális merevségi mátrix összeállításához az anyagilag nemlineáris érintő merevségi mátrixot használja. A számítás rövidebb idő alatt lefut, mert kevesebb iterációra van szükség, de ha túl nagyok a tehernövekmények, konvergenciaprobléma léphet fel.

Csillapítás

Csillapításnál bilineáris függvényt definiálhatunk, húzásra és nyomásra eltérő csillapítási tényezőkkel.



$C_{u,T}$ *[kN/(m/s)]* Csillapítási tényező *húzásra*
$C_{u,c}$ *[kN/(m/s)]* Csillapítási tényező *nyomásra*

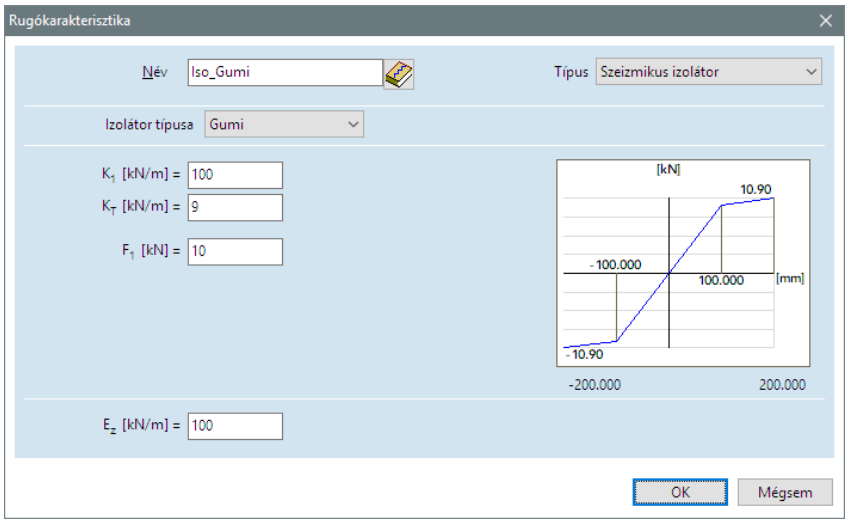
Az anyagilag lineáris számításban figyelembe vett csillapítási tényező a húzáshoz és a nyomáshoz tartozó érték átlaga: $C_u = \frac{1}{2}(C_{u,T} + C_{u,C})$

3.1.17.2. Szeizmikus izolátorok

Típus

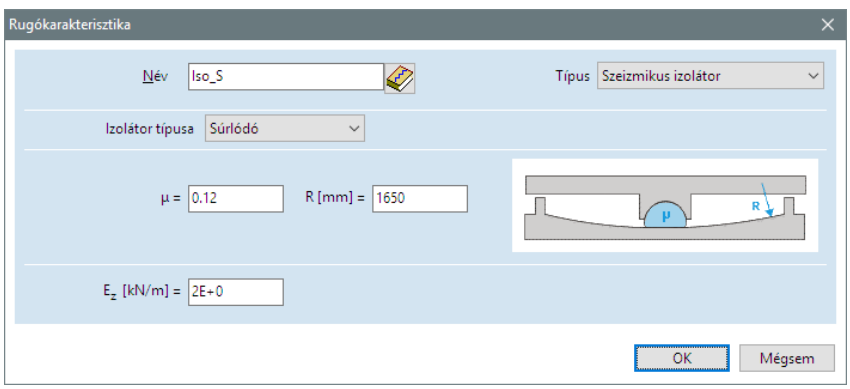
Háromféle szeizmikus izolátor adható meg: *Gumi, Súrlódó* és *Egyéb típusú.*

Gumi



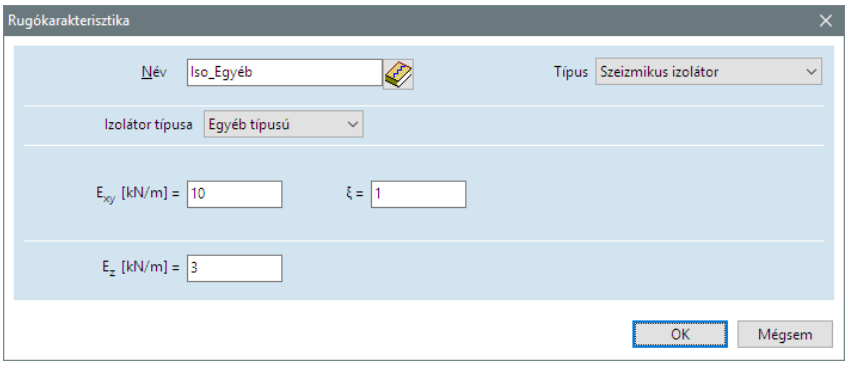
K_1 *[kN/m]* Kezdeti vízszintes merevség
K_T *[kN/m]* Képlékenyedést követő vízszintes merevség
F_1 *[kN]* Képlékeny töréspont
E_z *[kN/m]* Függőleges merevség

Súrlódó



μ	Súrlódási együttható
R [mm]	Egyenértékű görbületi sugár
E_z *[kN/m]*	Függőleges merevség

Egyéb típusú

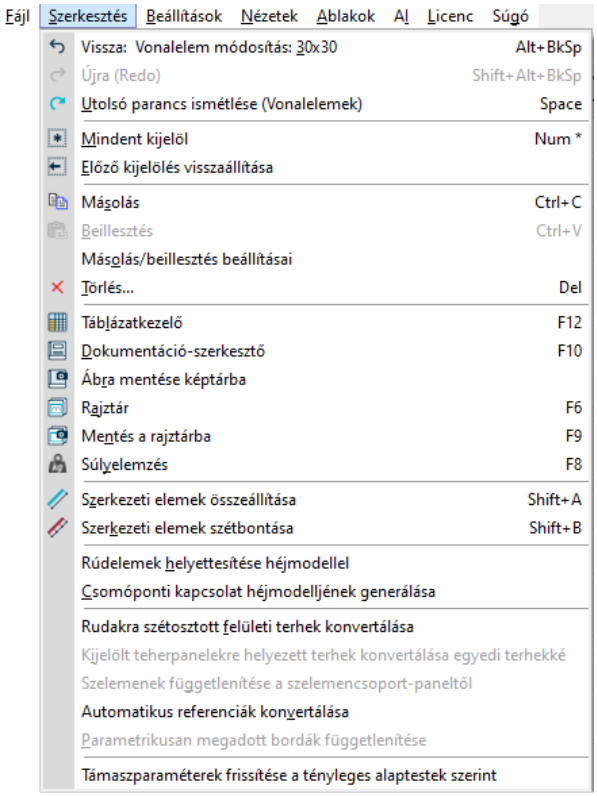


E_{xy} *[kN/m]*	Effektív vízszintes merevség
ξ	Csillapítási arány
E_z *[kN/m]*	Függőleges merevség

3.1.18. Kilépés

Ctrl + Q Kilépés a programból.

3.2. Szerkesztés



3.2.1. Vissza



Alt + Bksp

Visszaállítja az utolsó parancs előtti állapotot (undo). A visszaállítható lépések száma beállítható a főmenü *Beállítások / Alapbeállítások /Adatbiztonság / Visszaállítás* menüpontjában (maximum 99).
A legördülő listában, ami az elvégzett műveletek időpontját is tárolja, kijelölhetjük, meddig lépjünk vissza.

3.2.2. Újra



Shift + Alt + Bksp

Hatástalanítja a *Vissza* parancsot (Redo).
A legördülő listában, ami a visszavont műveletek időpontját is tárolja, kijelölhetjük, meddig lépjünk előre.

3.2.3. Utolsó parancs ismétlése



Újra elindítja az ikonra kattintással vagy gyorsbillentyűvel elindított utolsó műveletet.
Az utolsó művelet neve a menüpont szövegében zárójelbe kerül.

3.2.4. Mindent kijelöl



Num *

Lásd részletesen... **2.16.1 Kijelölés**

3.2.5. Előző kijelölés visszaállítása



Shift + Ctrl + R

Előző parancsnál alkalmazott kijelölés újra hívása.

3.2.6. Másolás



Ctrl + C

Másoláskor a kijelölt szerkezetrészt vágólapra helyezi. Ha nincs semmi kijelölve, de vannak bekapcsolt részletek, akkor a bekapcsolt részletek kerülnek a vágólapra. Kijelölés és bekapcsolt részletek hiánya esetén a teljes modell kerül a vágólapra. A modellel együtt az aktív ablakban látható kép grafikaként is a vágólapra kerül (mint a korábbi verziókban), de ez a funkció kikapcsolható.

3.2.7. Beillesztés



Ctrl + V

Beilleszti a másoláskor vágólapra helyezett szerkezetrészt. A Másolás/Beillesztés funkciók részletes leírása a következő **Másolás/beillesztés beállításai** fejezetben található.

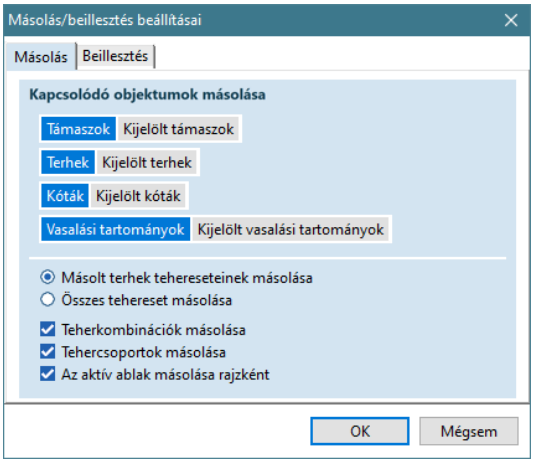
3.2.8. Másolás/beillesztés beállításai

A Másolás/beillesztés beállításai dialógusablak a Szerkesztés menüből érhető el.

Másolási beállítások

Ha vannak kijelölt elemek, azok másoláskor minden esetben felkerülnek a vágólapra.
Tartományok, rudak, bordák, rácsrudak esetében az elemekhez kapcsolódó egyéb objektumok (támaszok, terhek, kóták, vasalási tartományok) is másolódnak. Ha ezek közül csak a kijelölteket szeretnénk vágólapra másolni, válasszuk a *Kijelölt támaszok, Kijelölt terhek, Kijelölt kóták* vagy *Kijelölt vasalási tartományok* opciókat.

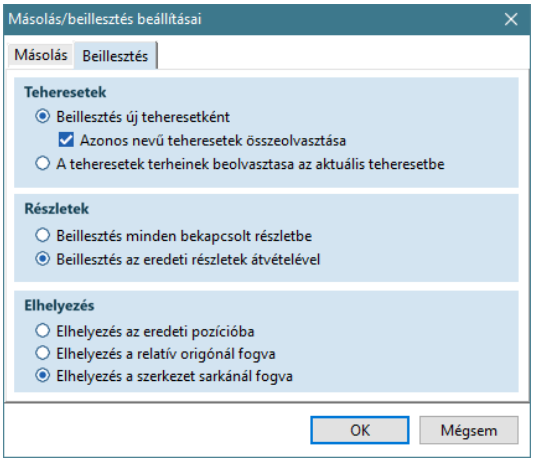
Az elemeken lévő terhekkel együtt másolódnak azok a teheresetek is, melyekbe a terhek tartoznak. Ha az összes teheresetet szeretnénk másolni, kapcsoljuk be az *Összes tehereset másolása* opciót.
A modellben létrehozott tehercsoportokat és teherkombinációkat is másolhatjuk.
Ha *Az aktív ablak másolása rajzként* opciót kijelöljük, akkor az aktív ablak grafikaként is felkerül a vágólapra (mint a korábbi verziókban).



Beillesztési beállítások

Teheresetek:
A vágólapról bemásolt szerkezethez tartozó teheresetek beillesztése a következőképpen szabályozható:

Beillesztés új teheresetként: a vágólapon talált teheresetek új teheresetként kerülnek be a modellbe.
Ha az *Azonos nevű teheresetek összeolvasztása* opciót bekapcsoljuk, és a modell tartalmaz a vágólapon szereplő teheresettel egyező nevű teheresetet, a vágólapon szereplő tehereset terhei az azonos nevű teheresetbe kerülnek.



Ezt a működést modellen belül végrehajtott másolás/beillesztés esetén tanácsos bekapcsolni, hogy ne hozzunk létre fölösleges tehereseteket.
A teheresetek terheinek beolvasztása az aktuális teheresetbe: Ha ezt az opciót választjuk, a vágólapon szereplő teheresetek összes terhe az aktuális teheresetbe másolódik.

Részletek:
Másoláskor a vágólapra kerülnek azok az egyedi részletek is, melyek a kijelölt elemeket tartalmazzák. Beállíthatjuk, hogy a vágólapról beillesztett szerkezetrész a meglévő bekapcsolt részletekbe kerüljön, vagy magával hozza az eredeti részleteket. Ez utóbbi esetben a beillesztett elemek az átvett részletekbe kerülnek.

Elhelyezés:
A beillesztendő szerkezetrész pozícióját háromféleképpen szabályozhatjuk:
Elhelyezés az eredeti pozícióba: a szerkezet oda kerül, ahol az eredeti modellben volt.
Elhelyezés a relatív origónál / a szerkezet sarkánál fogva: Ezekben az esetekben kattintással jelölhetjük ki, hová kerüljön a vágólap tartalma. A kattintási pontra az egyik esetben az eredeti szerkezeten másoláskor beállított relatív origó kerül, a másikban a szerkezet egyik, automatikusan kiválasztott sarokpontja.

3.2.9. Törlés


Del

Kijelölt elemek törlése. Ha nem volt kijelölt elem, akkor megnyitja a kijelölő-palettát majd a törlés dialógust.

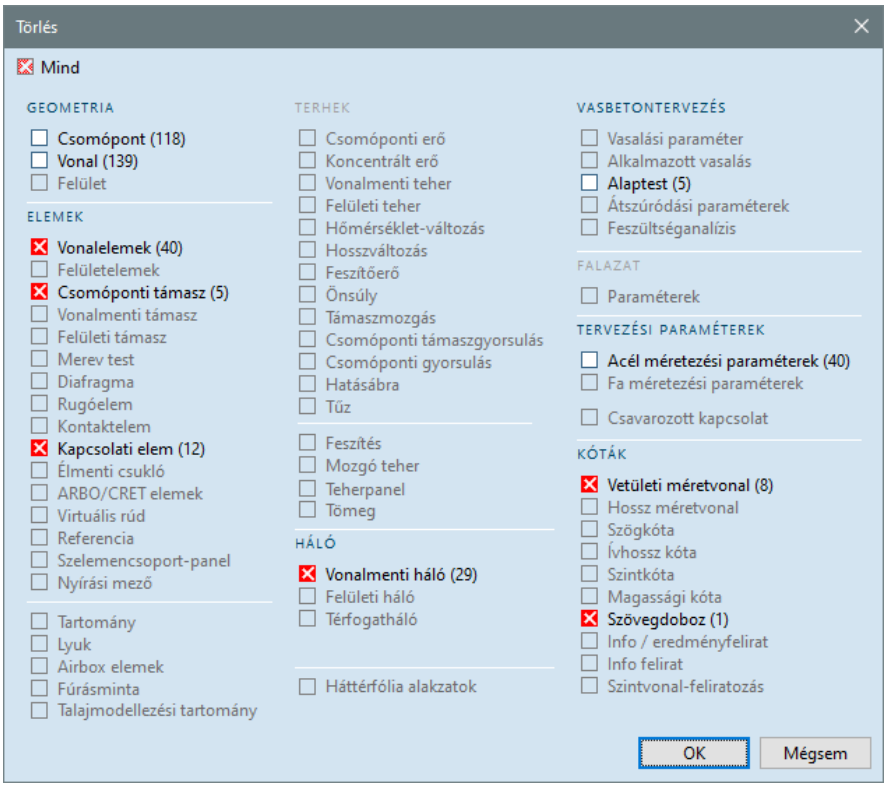
A törlés az alábbi lépésekben történhet:

1. A **[Shift]** gomb lenyomva tartása mellett jelöljük ki a törlendő objektumokat. Kijelöléshez használhatjuk a kijelölő keretet vagy a kijelölő-palettát.

2. Nyomjuk le a **[Del]** billentyűt. Amennyiben nincs még kijelölve egyetlen objektum sem, a kijelölő menü jelenik meg, ahol a már ismert módon (*lásd...* **2.16.1 Kijelölés**) jelölhetjük ki a törlendő objektumokat.

3. A megjelenő dialógusablakban kapcsoljuk be a törölni kívánt tulajdonságokat.

4. **OK** gombbal zárjuk le a dialógusablakot.



Törlésnél az alábbiak közül választhatunk:

Geometria	Amennyiben a törölt geometriai elemhez már végeselem-jellemzők is hozzá voltak rendelve, és teher volt rá megadva, akkor mind a hozzá rendelt végeselemek, mind a terhek törlődnek.
Elemek	Amennyiben a törölt végeselemhez más elem is hozzá volt rendelve, (pl. lemezelemhez támasz vagy borda) vagy teher volt rá megadva, akkor mind a hozzá rendelt elemek, mind a terhek törlődnek.
Referencia	A törölt referenciákkal együtt megszűnnek azon végeselemek definíciói és terhei is, melyekhez a referenciák tartoztak.
Terhek	Törli a kijelölt terheléseket.
Háló	Törli a kijelölt tartományokról vagy vonalelemekről a hálót.
Vasbetontervezés	Megszünteti a kijelölt elemekhez rendelt vasalási paramétereket és törli az alapozási adatokat.
Tervezési paraméterek	Megszünteti a kijelölt elemekhez rendelt acéltervezési paramétereket
Kóták	Megszünteti a kijelölt kótákat, szövegdobozokat, eredményfeliratokat.

3.2.10. Táblázatkezelő



F12

Lásd részletesen... **2.9 Táblázatok**

3.2.11. Dokumentáció-szerkesztő



F10

Lásd részletesen... **2.10 Dokumentációszerkesztő**

3.2.12. Ábra mentése képtárba

Ábra felvétele a képtárba



F9

Ábrák mentése a programban több helyen lehetséges: a főablakban, a rúd elmozdulási és -igénybevételi diagramok, az acélméretezés diagramok, a nemlineáris eredmények diagramjának ablakában, a vasbetonoszlop-ellenőrzés, a gerendavasalás és a csavarozott kapcsolat méretező ablakban. A képtárba mentéskor megadhatjuk a fájl nevét. A főablak osztott megjelenítése esetén választhatunk, hogy az teljes ablakot mentsük, vagy csak az aktuális ablakot.

☞ **Az ábrák képtárba mentése helyett használhatjuk a Rajztárat is. A képtárba mentett ábrák képfájlokba kerülnek, míg Rajztárba mentett rajzok követik a modellen végzett változtatásokat.**
Lásd... **3.6.10 Rajztár**

Milyen formátumban mentsük le a képet?

A **bitmap formátumok (.BMP, .JPG, .PNG)** a rajz képpontjait tárolják, ezért nyomtatáskor kisebb felbontást nyújtanak, mint a metafájlok. A tömörített JPG kis minőségromlás árán mintegy harmincszor kisebb helyet foglal, mint a BMP. Az ajánlott formátum a PNG, mely minőségromlás nélkül tömörít.

A **Windows metafájlok (.WMF, .EMF)** a Windows rajzutasítások sorozatát tárolják, ezért minőségromlás nélkül skálázhatók és nyomtathatók. Látványterv vagy takartvonalas ábrázolás esetén azonban az OpenGL rajzok a metafájlban csak bitmapként tárolódnak. Nagyfelbontású látványterv- vagy takartvonalas ábra készítése az ablakok tartalmának közvetlen nyomtatásával lehetséges.

A lementett képek a program által a modellfájl könyvtára alatt létrehozott */Images_modellnév* könyvtárba kerülnek és a dokumentációszerkesztő segítségével a dokumentációba beilleszthetők. Mivel a dokumentáció RTF fájlba mentésekor a bitmapként létrehozott képek csak csatolva kerülnek a fájlba (nem lesznek beszerkesztve), ezért a képtár tartalmát az RTF fájlhoz mellékelni kell. A csatoláskor az eredeti modellkönyvtár név *(Images_modellnév)* kerül bejegyzésre, ezért ezt módosítani nem szabad. DOCX exportáláskor a képek PNG formátumba konvertálva a dokumentum részévé válnak.

3.2.13. Súlyelemzés



F8

A teljes modell, a kijelölt elemek vagy a részletek súlyát lehet táblázatos formában megjeleníteni anyagok, szelvénytípusok, illetve felülettípusok szerint. A *Súly anyagok szerint* táblázat az alaptestek tömegét is tartalmazza.
A *Vaskimutatás* táblázat a felületvasaláson túl a gerendák és oszlopok vasmennyiségeit is összegzi átmérők szerinti bontásban. A *Részletes vaskimutatás* táblázat ezenfelül még vaspozíció szerint is elkülöníti a vasmennyiségeket.
A *Szelemenkimutatás* táblázat tartalmazza a szelemen típusú vonalelemek (*Lásd...* **4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**) hosszát, tömegét, felületét és térfogatát. A táblázatban található értékek figyelembe veszik az átfedési zónákban az átfedő szelvényeket és azok hosszát is.
A *Kötőelem-kimutatás szelemenekhez* táblázat akkor jelenik meg, ha vannak SD3 modullal méretezett szelemenek vagy falvázgerendák, amelyeknél meg lettek adva a főtartó-szelemen kapcsolat paraméterei, a csavarok darabszáma. Ez a kötőelem kimutatás ezen csavarszámokat összegzi és tételesen adja meg a felhasználó felé, hogy egyszerűsítse árajánlatok elkészítését, anyagok megrendelését.

Részletes vaskimutatás

Elem	Típus	Vaspozíció	Ø	Σ L [m]	m* [kg/m]	Σ m [kg]	Σ A_c [m^2]	Σ V_c [m^3]	Σ m/Σ V_c [kg/m^3]
1	Födém	axa	Ø14	302.500	1.208	365.545	121.000	24.200	15
2		aya	Ø14	302.500	1.208	365.545	121.000	24.200	15
3		axf	Ø14	302.500	1.208	365.545	121.000	24.200	15
4		ayf	Ø14	302.500	1.208	365.545	121.000	24.200	15
5	Felületelemek	axa+aya	Ø14	604.999	1.208	731.091	121.000	24.200	30
6		axf+ayf	Ø14	604.999	1.208	731.091	121.000	24.200	30
8	Gerenda	Alsó	Ø16	24.000	1.578	37.880	---	0.720	53
9		Felső	Ø16	24.000	1.578	37.880	---	0.720	53
10	Oszlop	---	Ø16	72.000	1.578	113.640	---	0.720	158
			Összesen	1330.000		1651.576	121.000	25.640	64

3.2.14. Szerkezeti elemek összeállítása



Shift + A

Az AXISVM a vonalelemeket szerkezeti elemként kezeli, azaz a Háló fülön található *Hálógenerálás vonalelemekre* funkcióval végeselemekre felosztva a vonalelemek megmaradnak egyetlen elemnek. A *Szerkezeti elemek megkeresése* menüpontban mód van egymáshoz csatlakozó vonalelemek egyesítésére. A szerkezeti lánc ott szakad meg, ahol eltérés van a lokális rendszerek x vagy z irányaiban, az elemek anyaga, keresztmetszete vagy excentricitása eltérő, ahol a közös pontban csukló vagy tartomány pereme van. Az egyenes vonalaknak egy egyenesen, az íveseknek egy köríven kell elhelyezkedniük.

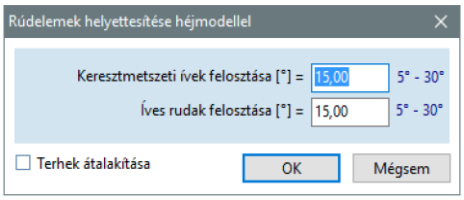
3.2.15. Szerkezeti elemek szétbontása



Shift + B

A *Szerkezeti elemek szétbontása* menüpont meghívása után a szerkezeti elemek szétesnek az őket alkotó végeselemekre.

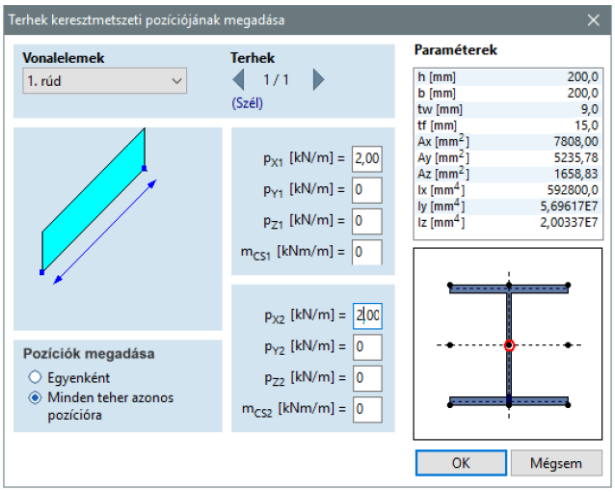
3.2.16. Rúdelemek helyettesítése héjmodellel



A funkció segítségével a kijelölt rúdelemeket héjmodelljükkel helyettesíthetjük. A héjmodell a rúd hosszának és keresztmetszetének megfelelően összeállított, egymáshoz kapcsolódó héjtartományokat jelent. Paraméterablakban megadható, hogy a program a keresztmetszetben található íves szakaszokat, illetve íves elemek esetén a rúdelem ívét milyen finomsággal alakítsa poligonná.

Terhek átalakítása

Ha a *Terhek átalakítása* opciót is kiválasztjuk, akkor a rúdelemekre helyezett terheket átvihetjük a héjmodellre is. Ehhez meg kell adnunk az egyes terhek keresztmetszeti pozícióját (A szelvény befoglaló téglalapjának kilenc pontja közül olyan pontot válasszunk, hogy a teher ténylegesen a szelvényre essen!).
A *Pozíciók megadása* történhet egyenként (vonalelemenként) vagy kerülhet minden teher azonos pozícióra.



Válasszuk ki a *Vonalelemek* listájából, melyik rúd terheit konvertáljuk, majd válasszuk ki az átalakítandó terhet. Szükség esetén a teherkomponensek értékén is változtathatunk. Ha az összes terhet a kívánt módon beállítottuk, zárjuk be az ablakot.

3.2.17. Csomóponti kapcsolat héjmodelljének generálása

Ez a funkció az egy csomópontba kapcsolódó rúdelemek végeit alakítja héjmodellé.
A paraméterek hasonlóak, mint a teljes rúdelemek helyettesítése esetében, de itt meg kell adni, hogy a csomóponttól számítva milyen hosszon alakítsa át a csatlakozó rudakat héjmodellé.
Az átalakított héjmodell csomóponttal ellentétes végét a program automatikusan merev testtel összefogja.
A *Terhek átalakítása* kapcsoló az előző fejezetben leírtak szerint működik.

3.2.18. Rudakra szétosztott felületi terhek konvertálása

A menüpont meghívása után a rudakra szétosztott felületi terhekből (*Lásd...* **4.10.11 Vonalelemekre szétosztott felületi teher**) a rúdelemeken külön-külön megoszló vonalmenti terhek keletkeznek.

3.2.19. Kijelölt teherpanelekre helyezett terhek konvertálása egyedi terhekké

A teherpanelekre helyezett terhek alapján az elemekre generált terhek egyedi terhekké alakíthatóak, ezután szabadon módosíthatjuk, törölhetjük őket, de automatikus újra generálásuk már nem lehetséges.

3.2.20. Automatikus referenciák konvertálása

A menüpont meghívása után az automatikusan felvett referenciák tényleges referenciavektorokká alakulnak.

3.2.21. Parametrikusan megadott bordák függetlenítése

Ha definiáltunk a modellben parametrikus bordás tartományt, (*lásd...* **4.9.6.4 Sűrűbordás tartomány** és **4.9.6.2 Kompozit bordás tartomány**), akkor ezzel a paranccsal a logikai bordákat tényleges bordákká alakíthatjuk. A tartomány normál tartománnyá alakul, melyre az eredeti kiosztásnak és paramétereknek megfelelő tényleges bordaelemek generálódnak.

3.2.22. Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint

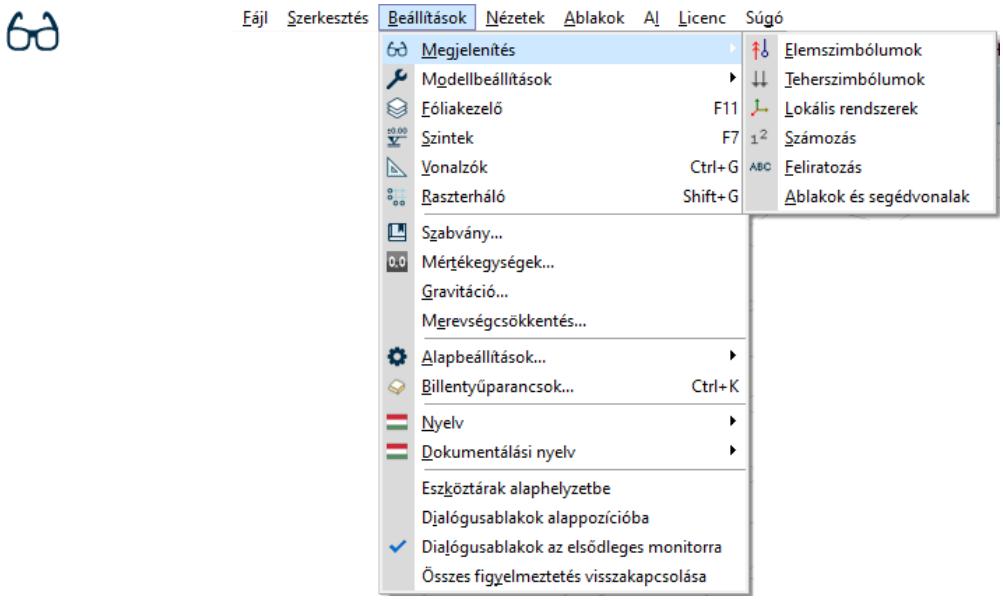
Ha a támaszmerevségek becslését talaj rétegrend és alaptestparaméterek megadásával kértük, majd statikai számítás eredményeire tényleges alapozástervezést is végeztünk, mód van a támaszmerevség újraszámítására az alapozás tervezésekor megadott alaptest és a talajjellemzők átvételével. Ehhez jelöljük ki az újraszámolandó csomóponti és vonalmenti támaszokat, ezután a menüpontot kiválasztva lefut a támaszmerevségek frissítése.

Amennyiben a merevségszámítást becsül teherrel végeztük, a program átveszi az alapozástervezésnél a süllyedésszámításban mértékadónak bizonyult erő értékét is.

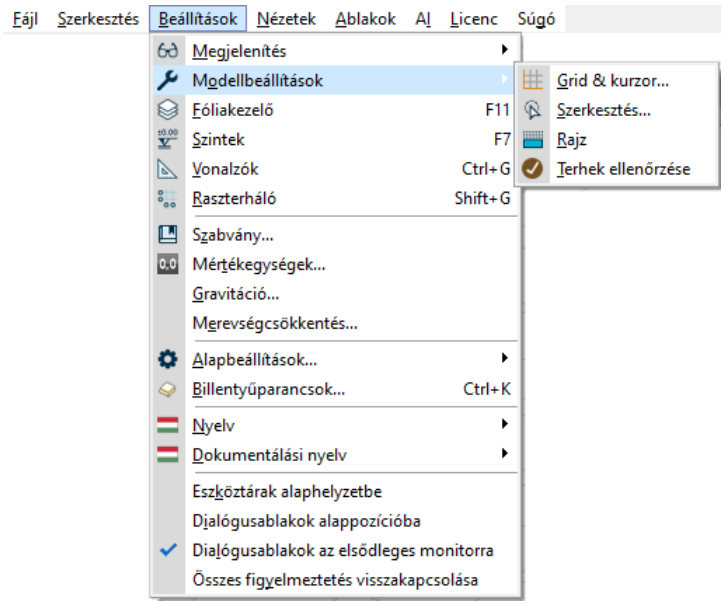
Lásd még... **4.9.14.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján** és **4.9.15.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján**

3.3. Beállítások

3.3.1. Megjelenítés



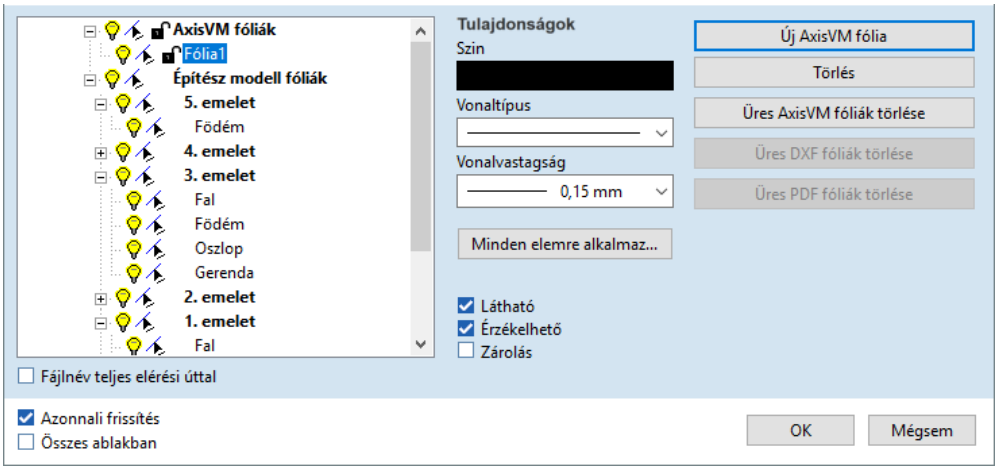
3.3.2. Modellbeállítások



Lásd részletesen... **2.16.22 Modellbeállítások**

3.3.3. Fóliakezelő

F11



A fóliakezelőben találhatóak az AXISVM-ben létrehozott, illetve a betöltött DXF és ArchiCAD-fóliák. A modellbe egyidejűleg csak egy ArchiCAD modellt tölthetünk be, DXF-fájlból többet is. A program a kótázás indításakor – ha még nincs a modellben létrehozva AXISVM-fólia – automatikusan létrehoz egy *Kóták* nevű fóliát.

A bal oldali fában kiválasztott fólia színe, vonaltípusa, vonalvastagsága, láthatósága és érzékelhetősége a jobb oldali mezőkben állítható. Ha egy DXF-fájl nevét választjuk ki, akkor valamennyi, a DXF-fájlban található fólia jellemzőit egyszerre módosíthatjuk. Az AXISVM szerkezeti fóliák tulajdonságai nem változtathatók. A *Minden elemre alkalmaz...* gomb lenyomása után megjelenő dialógusablakban beállíthatjuk, hogy a DXF-fólián lévő elemek mely tulajdonságaikat vegyék fel a fólia jellemzői szerint.

A fóliák és teljes DXF-fájlok ***láthatóság***át, illetve ***érzékelhetőség***ét a fában a fólia neve előtt álló villanykörte, illetve kurzor-ikonra kattintva is módosíthatjuk.

Új AXISVM fólia Fólia létrehozásakor megadható a fólia neve, színe, vonalvastagsága.

Törlés A listában (fa-struktúrában) több fólia vagy fóliacsoport kijelölhető és **[Del]** billentyűvel vagy a *Törlés...* gombbal törölhető.

Üres AXISVM fóliák törlése A létrehozott AXISVM-fóliák közül törli azokat, amelyek nem tartalmaznak elemeket.

Üres DXF fóliák törlése Az importált DXF fóliák közül törli azokat, amelyek nem tartalmaznak rajzelemeket.

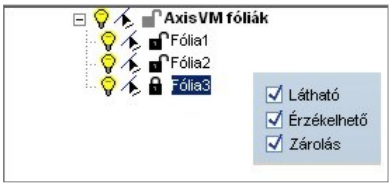
Üres PDF fóliák törlése Az importált PDF fóliák közül törli azokat, amelyek nem tartalmaznak rajzelemeket.

Minden elemre alkalmaz... A rajzi elemek egységesítésére használható funkció. A gombra kattintva beállíthatjuk, hogy a fólián található elemek a fólia mely tulajdonságait vegyék át (szín, vonalstílus, vonalvastagság).

Látható A fólia megjelenítésének ki-/bekapcsolása.
Az izzólámpa ikonra kattintva is állítható.

Érzékelhető Beállítható, hogy az egérkurzor érzékelje-e a fólia elemeit.
A nyíl ikonra kattintva is állítható.

Zárolás Zárolt fólia tartalma nem módosítható.
A lakat ikonra kattintva is állítható.



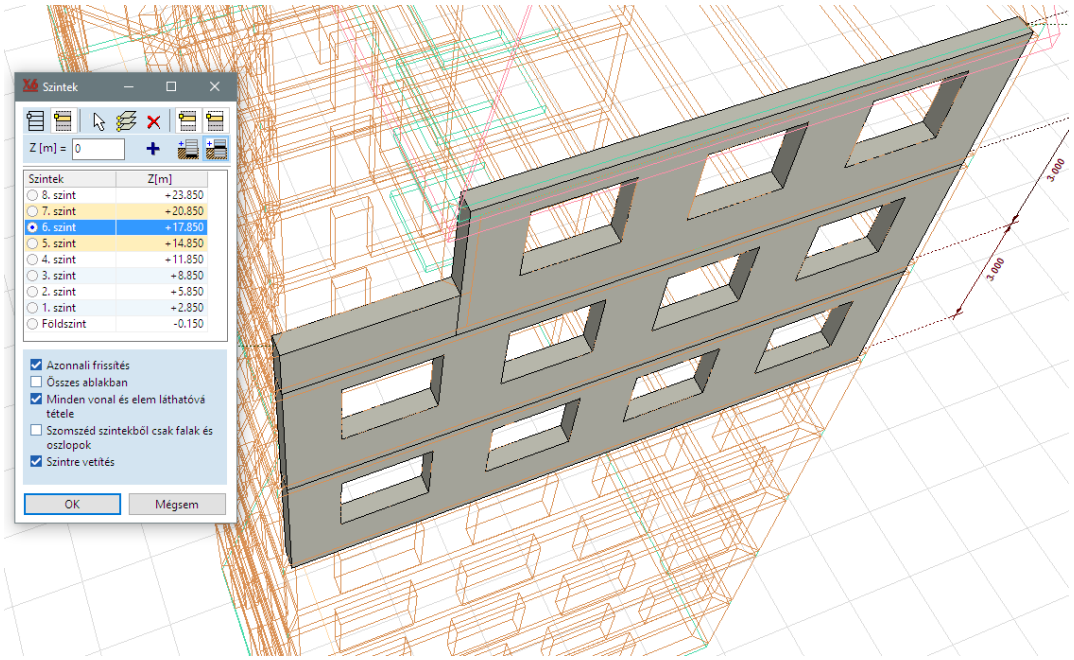
Fájlnév teljes elérési úttal Beállítható, hogy a fában az importált fájlok nevei teljes elérési úttal jelenjenek-e meg.

Azonnali frissítés A fóliák ki-/bekapcsolása, tulajdonságaik változtatása azonnal érvényre jut.

Összes ablakban Bekapcsolása esetén a változtatások az összes ablakban érvényre jutnak, kikapcsolása esetén csak az aktív ablakban.

3.3.4. Szintek

±0,00 **F7**



A szerkesztés megkönnyítése és a modell jobb áttekinthetősége érdekében definiálhatunk szinteket. Szinteket megadhatunk még a modellépítés előtt, de akár utólag is.
A szint egy globális X-Y síkkal párhuzamos, Z magasságon elhelyezkedő speciális munkasík.
Amikor egy szintet kiválasztunk, a szerkesztés során az egér automatikusan a szint síkjában mozog.

Ez még abban az esetben is igaz, ha nem az aktuális szint magasságában található elemre mozgatjuk az egeret. Ebben az esetben a program az azonosított pont koordinátáját rávetíti a szint síkjára. Így felülnézetben könnyedén átrajzolhatjuk egy másik szint fontos elemeit.
A szintek sorrendje a „Z" koordinátájuk szerint automatikusan alakul ki. (legalsó szint a legkisebb „Z" koordinátájú lesz). A szintek elnevezése automatikus, átnevezni nem lehet, de hogy melyik szint legyen a földszint, az beállítható. A dokumentációs nyelv megváltoztatásának hatására a szint elnevezések is megváltoznak. A szinthez tartozó elemek besorolása automatikusan az elhelyezkedésük szerint történik.

Az elem akkor tartozik a szinthez, ha a legkisebb Z koordinátája nagyobb vagy egyenlő, mint az adott szint síkjának Z Koordinátája és kisebb, mint a következő szint Z koordinátája.
Az alkalmazott logika szerint előfordulhat, hogy egy elem több szinten keresztül is megjelenik, ha az elem nincs szintenként szétvágva (pl. egy oszlopot több szint magasságban egy vonallal rajzolunk, vagy egy falat több szinten keresztül egy tartományként adunk meg).
Ezen utólag is könnyen segíthetünk az „objektumok szétvágása sík mentén" funkcióval. Új elem létrehozása során az elem megfelelő szinthez besorolása automatikusan megtörténik.

A létrehozott szintek a „Részletek" ablakban a logikai részletek között is megjelennek, de ott a törlésre nincs lehetőség

☞ **A földrengésszámítás során a csavaróhatás számításához figyelembe vett szinteket a földrengés paramétereknél kell megadni.**
Ha a modellben nincsenek földrengés szintek, a program az itt megadott szintek nyírási középpontját jeleníti meg (3.3.4.1 Szintek nyírási középpontja).

A szintek megadásánál az alábbi beállítási lehetőségek közül választhat:

Szint megjelenítés kikapcsolása



Az ikon bekapcsolt állapotában megszüntethetjük a szintek megjelenítését. Ebben az esetben a teljes modell vagy a felhasználó által egyedileg bekapcsolt részletek jellenek meg a rajzon.
Ebben a helyzetben is vehetünk fel vagy törölhetünk szinteket.

Szint megjelenítés bekapcsolása



Az ikonra kattintva bekapcsolhatjuk a szintek megjelenítését. A szinteket tartalmazó listában az aktuális szintet a neve előtti fekete karika jelöli. Másik szintet egyszerűen a lista megfelelő elemére kattintva választhatunk ki. A bekapcsolás hatására a képernyőn (aktív ablakban) csak az aktív szint elemei jelennek meg.

☞ **Egyszerre csak egy szint lehet aktív, de egyidőben látható több is lehet. A szerkesztés azonban mindig az itt beállított aktív szinten történik.**

Szint létrehozása grafikusan (felvesz)



Az ikonra kattintva több csomópontot megjelölhetünk, amelyek magasságában szinteket szeretnénk felvenni. A kijelölés végén kattintsunk a képernyő üres területére. Ezt követően a szintek listája kibővül a megjelölt pontok magasságával.

Szint létrehozása numerikusan

Írjuk be a szerkesztő mezőbe a szint magasságát és kattintsunk a „+" gombra. Ennek hatására az adott magasságon új szint jön létre.

Szintek felvétele automatikusan



Ezt az üzemmódot akkor használhatjuk, ha a modell már tartalmaz födémeket. Ebben az esetben a program automatikusan meghatározza a szinteket a modellben található födémek magassága alapján. A keresés során minden födém (vízszintes tartomány) figyelembevételre kerül, így előfordulhat, hogy olyan helyen is megjelenik szint, amit a szerkesztés során nem kívánunk külön szintként kezelni. Ezeket utólag törölhetjük.

☞ **Egy felvett szint magassága utólag nem módosítható. Ezt a szint törlésével egy új definiálásával adhatjuk meg.**

Szintek törlése



A kijelölt szinteket törölhetjük. A kijelöléshez kattintsunk a listában egy elemre vagy a CTRL, illetve SHIFT gomb lenyomásával jelöljük ki egyszerre az összes törlendő szintet.
A törlés hatására a megmaradó szintek elnevezése és az elemek besorolása automatikusan megváltozik. A törölt szintek későbbiekben a logikai részletek között sem jelennek meg.

☞ **Szintek törlése esetén a szinten található elemek nem törlődnek.**

Aktív szint alatti szint megjelenítése



Ki-/Bekapcsolhatjuk, hogy az aktív szinttel együtt az alatta található szint elemei is jelenjenek meg. Praktikusan használhatjuk ezt az opciót, amikor a szint szerkesztése során az alatta található szint elemeit is szeretnénk felhasználni.

Aktív szint feletti szint megjelenítése



Ki-/Bekapcsolhatjuk, hogy az aktív szinttel együtt a felette található szint elemei is jelenjenek meg. Praktikusan használhatjuk ezt az opciót, amikor a szint szerkesztése során a felette található szint elemeit is szeretnénk felhasználni.
Amennyiben az aktív szint szerkesztése során a teljes modellt, vagy az itt megadhatón kívül más szinteket is szeretnénk látni, a *Részletek* dialógusablakban kapcsoljuk be a kívánt szinteket, esetleg a teljes modell megjelenítését szürkén.

☞ **Új szint kiválasztása esetén a megjelenítés mindig az itt megadható opciók szerint történik. Az ettől eltérő egyedi részletbeállítás elvész.**



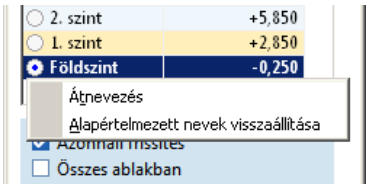
Új szint megadása

Szintek számozása



Az itt található kapcsolókkal szabályozhatjuk, hogy a „*földszint*" a legalsó szint vagy a 0 magassághoz legközelebbi szint legyen.

Szintek elnevezése



A kijelölt szinten állva jobb egér gomb hatására jelenik meg a helyi menü, mellyel az adott szint átnevezhető, illetve valamennyi szint alapértelmezett neve visszaállítható.

További beállítási lehetőségek jelölőnégyzetek ki- és bekapcsolásával:

Azonnali frissítés A beállítások a rajzon azonnal megjelennek

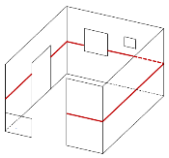
Összes ablakban Az összes ablakban ezt a beállítást alkalmazzuk.

Minden vonal és elem láthatóvá tétele Egy adott szint megjelenítését bekapcsolva a szinthez tartozó födémeket, falakat, oszlopokat és gerendákat láthatjuk. Ha másfajta elemeket (független csomópontokat, egyéb vonalakat, rugókat, kontakt vagy kapcsolati elemeket) is szeretnénk megjeleníteni, itt ezt bekapcsolhatjuk.

Szomszéd szintekből csak falak és oszlopok Egy adott szinten végzett munka során, bekapcsolható, hogy az alatta/felette lévő szintből csak az oszlopok/gerendák és falak jelenjenek meg.
Ha egy szinten oszlopot vagy falat kezdünk rajzolni, az oszlop ill. fal magassága automatikusan felveszi a szintmagasságot

Szintre vetítés Ezzel a funkcióval elérhetjük, hogy szerkesztés közben a program minden azonosított pontot vetítsen a szint alapsíkjára. Ha például bekapcsoltuk a szint alatti falakat, oszlopokat, ezeket azonosításkor át tudjuk rajzolni az alapsíkra.

3.3.4.1. Szintek nyírási középpontja



Egy szint nyírási középpontja a szint alatti falak és oszlopok metszetének, mint keresztmetszetnek a nyírási középpontját jelenti. A földszinthez nem tartozik nyírási középpont. A program a falak és oszlopok metszetét a két szint között félmagasságban veszi fel, és ez alapján határozza meg a nyírási középpont helyét. A metszetbe nem eső nyílások és falszakaszok nem befolyásolják az eredményt.

A program figyelembe veszi az oszlopok végén lévő csuklókat és a falszakaszokat elválasztó, függőleges élmenti csuklókat. Ha egy oszlop rúdvégi csuklókonfigurációja olyan, hogy lokális y vagy z irányban az elem hajlításra nem dolgozik, akkor a kiiktatott merevség nem kerül be a számításba. Ha két fal szakasz között egy függőleges élmenti csukló megszakítja a síkbeli nyírási kapcsolatot ($K_x = 0$), akkor a szakaszokat a számítás is különállónak tekinti.



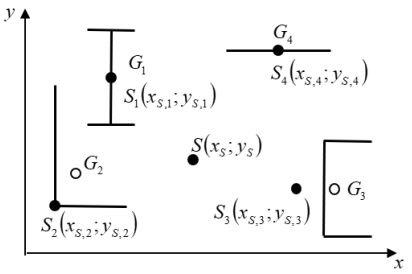
☞ **A ferde elemek merevítő hatását a program nem veszi figyelembe.**

Ha egy szinten ferde elemek is vannak, a táblázatban a nyírási középpont koordinátái szürkén jelennek meg. Ha egy szinten nincsenek nyírt elemek, a táblázatban kihúzás jelenik meg.

A szint nyírási középpontjának koordinátái [21, 7.2.1. fejezet]

$$x_S = \frac{J_{xy}\left(\sum J_{y,i}\, y_{S,i} - \sum J_{xy,i}\, x_{S,i}\right) - J_y\left(\sum J_{xy,i}\, y_{S,i} - \sum J_{x,i}\, x_{S,i}\right)}{J_x J_y - J_{xy}^2}$$

$$y_S = \frac{J_x\left(\sum J_{y,i}\, y_{S,i} - \sum J_{xy,i}\, x_{S,i}\right) - J_{xy}\left(\sum J_{xy,i}\, y_{S,i} - \sum J_{x,i}\, x_{S,i}\right)}{J_x J_y - J_{xy}^2}$$



ahol $J_{x,i}$, $J_{y,i}$, $J_{xy,i}$ a metszéket alkotó elemeknek a rugalmassági modulussal súlyozott inerciája a saját súlyponti koordinátarendszerükben: $J_{x,i} = E_i I_{x,i}$, $J_{y,i} = E_i I_{y,i}$, $J_{xy,i} = E_i I_{xy,i}$
J_x , J_y , J_{xy} a teljes metszékre összegzett mennyiségek: $J_x = \sum J_{x,i}$, $J_y = \sum J_{y,i}$, $J_{xy} = \sum J_{xy,i}$
Fontos, hogy az összegzés a Steiner-tagok figyelembevétele nélkül történik.
$x_{S,i}$ és $y_{S,i}$ az alkotóelemek nyírási középpontjának globális koordinátái.

☞ **Ha a modellben vannak földrengés-szintek, akkor a program azoknak a nyírási középpontját jeleníti meg. Ha nincsenek, de vannak szerkesztési szintek, akkor az utóbbiak nyírási középpontja jelenik meg. Ha szerkesztési szintek sincsenek, akkor egyetlen nyírási középpont jelenik meg, a teljes modellt félmagasságban elvágó metszet alapján.**

☞ **Ha egy szint metszete hálózott és hálózatlan tartományokon is áthalad, a program csak a hálózott fal szakaszokat veszi figyelembe. A hálózatlan falszakaszokat csak akkor veszi figyelembe, ha az összes elmetszett falszakasz hálózatlan.**

3.3.5. Raszterháló



Lásd részletesen... **2.16.8 Raszterhálók**

3.3.6. Vonalzók



Ctrl + G

Lásd részletesen... **2.16.9 Vonalzók**

3.3.7. Szabvány



A program szabványfüggő részei az itt kiválasztott szabványnak megfelelően működnek.
Szabványváltáskor a mértékadó teherkombinációk eltérő számítási módszerei miatt a tehercsoportok paraméterei a biztonsági tényezők kivételével törlődnek. Törlődnek a földrengésvizsgálat paraméterei és a földrengés teheresetek is.
Mivel az anyagjellemzők és bizonyos vasalási paraméterek értékét a különböző szabványok eltérően rögzítik, ajánlatos szabványváltáskor a megadott értékeket újra ellenőrizni.
A *Legyen ez az alapértelmezett beállítás* bekapcsolásával elérhetjük, hogy az új modellek a most beállított szabvánnyal jöjjenek létre.

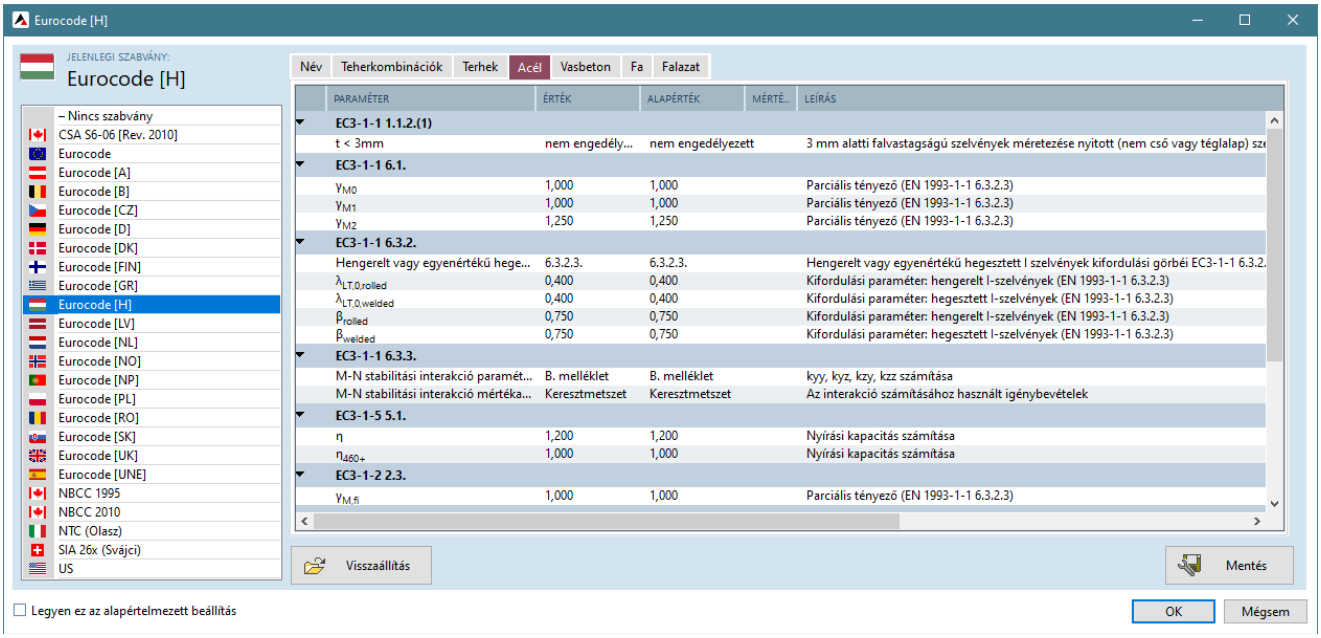
Eurocode szabványok esetében lehetőség nyílik a Nemzeti Alkalmazási Dokumentumokban változtatható tervezési paraméterek felhasználó általi beállítására. Ez a funkció elsősorban a szabványkövetést teszi rugalmasabbá, illetve az alapszabvány paramétereinek változtatásával lehetőség van a programban nem implementált nemzeti szabvány szerinti tervezésre. Az alkalmazott szabványok a paraméterek közt, a *Név* fülön láthatóak.

A táblázatban az egyes paraméterekkel összefüggésben látható paraméter jelölése, értéke, alapértéke, mértékegysége, leírása, illetve, hogy mely szabványfejezethez tartozik. A paraméterek esetében kizárólag azok értéke változtatható. Az értékek az *OK* gomb megnyomásával rögzíthetők és a főablakban a modell mentésével a modellel együtt elmentődnek. Az adott modellen belül a program ezután ezekkel az értékekkel dolgozik a számítás során.
Amennyiben szabványt váltunk a modellben, akkor a beállított paraméterek értékei elvesznek, hacsak a beállításainkat alapértelmezetté nem tesszük. A paraméterekhez beállított értékek egy-egy szabványnál alapértelmezetté tehetők az ablakon található *Mentés* gombra kattintva.

A paraméterek értékeinek mentése után új modell létrehozásakor, az adott szabványt választva a korábban rögzített értékek jelennek meg az *Érték* oszlopban.
Az *Alapérték* oszlopban a paraméterek szabványos értékei láthatók. Az alapértékek egyrészt tájékoztatás céljából szerepelnek a táblázatban, illetve a *Visszaállítás* gombra kattintva a kiválasztott szabványhoz visszaállítható az eredeti állapot az alapértékek segítségével. Az érték mértékegysége a *Mértékegység* oszlopban látható.

A Nemzeti Alkalmazási Dokumentumokban található szabályok alapján a megadható paraméterek három jól elkülönülő csoportba oszthatók:

- a tervezési paraméter számérték (pl. parciális tényezők): ebben az esetben az érték közvetlenül módosítható;
- a tervezési paraméter képlettel adott, melyben található konstansok egyes nemzeti mellékletekben eltérőek lehetnek (pl. karcsúsági limit vasbeton oszlopnál): ebben az esetben a konstansok értékei módosíthatók (megjegyzés: számos esetben c betű jelzi a konstansokat);
- ha tervezési paraméter nem számértékkel vagy képlettel adott (pl. másodrendű külpontosság számítása vasbeton oszlopnál, vagy kifordulási görbe acél gerendánál), akkor legördülő listából választhatunk.



A szoftver által támogatott legfontosabb tartószerkezeti szabványokat a következő oldalakon foglaltuk össze, témákra és országokra lebontva.

3.3.7.1. A méretezés alapjai EN 1990

EN 1990:2021

ÖNORM EN 1990
ÖNORM B 1990-1

NBN EN 1990+A1 NL:2015
NBN EN 1990 ANB:2021

ČSN EN 1990-ed.2 (730002)
ČSN EN 1990:2004/NA-ed.A (730002)

DIN EN 1990:2021-10
DIN EN 1990/NA:2010-12
DIN EN 1990/NA/A1:2012-08

DS/EN 1990 DK/NA:2021



SFS-EN 1990+A1+AC



ELOT EN 1990/A1:2006/NA:2010



MSZ EN 1990:2021



LVS EN 1990:2003/NA:2010



NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019/NB:2019
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019



NS-EN 1990:2002+A1:2005+AC:2010+NA:2016



NP EN 1990:2009
NP EN 1990:2009/A1:2019



PN-EN 1990:2004 /A1:2008/AC:2010 /NA:2010/Ap1/Ap2



SR EN 1990:2004/A1:2006/NA:2009



STN EN 1990/NA:2009



BS EN 1990:2002+A1:2005



UNE-EN 1990:2019



NTC 2018



SIA 260:2013
SIA 260-C1:2020

3.3.7.2. Terhek EN 1991



EN 1991-1-1:2002
EN 1991-1-1:2002/AC:2009
EN 1991-1-2:2002
EN 1991-1-2:2002/AC:2009
EN 1991-1-3:2003
EN 1991-1-3:2003/AC:2009
EN 1991-1-3:2003/A1:2015
EN 1991-1-4:2005
EN 1991-1-4:2005/AC:2010
EN 1991-1-4:2005/A1:2010
EN 1991-1-5:2003
EN 1991-1-5:2003/AC:2009
EN 1991-1-6:2005
EN 1991-1-6:2005/AC:2013
EN 1991-1-7:2006
EN 1991-1-7:2006/AC:2010
EN 1991-1-7:2006/A1:2014



ÖNORM EN 1991-1-1:2011
ÖNORM B 1991-1-1:2020
ÖNORM EN 1991-1-2:2013
ÖNORM B 1991-1-2:2003
ÖNORM EN 1991-1-3:2016
ÖNORM B 1991-1-3:2022
ÖNORM EN 1991-1-4:2011
ÖNORM B 1991-1-4:2023
ÖNORM EN 1991-1-5:2012
ÖNORM B 1991-1-5:2012
ÖNORM EN 1991-1-6:2013
ÖNORM B 1991-1-6:2006
ÖNORM EN 1991-1-7:2014
ÖNORM B 1991-1-7:2007



NBN EN 1991-1-1:2002
NBN EN 1991-1-1 ANB:2007
NBN EN 1991-1-2:2003
NBN EN 1991-1-2 ANB:2008
NBN EN 1991-1-3:2003
NBN EN 1991-1-3 ANB:2007
NBN EN 1991-1-3/A1:2015
NBN EN 1991-1-4:2005

NBN EN 1991-1-4/A1:2010
NBN EN 1991-1-4 ANB:2010
NBN EN 1991-1-5:2004
NBN EN 1991-1-5 ANB:2009
NBN EN 1991-1-6:2005
NBN EN 1991-1-6 ANB:2010
NBN EN 1991-1-7:2006
NBN EN 1991-1-7 ANB:2012
NBN EN 1991-1-7 ANB:2012/AC:2017
NBN EN 1991-1-7/A1:2014



ČSN EN 1991-1-1 (730035)
ČSN EN 1991-1-1:2004/NA-ed.A (730035)
ČSN EN 1991-1-2 (730035)
ČSN EN 1991-1-3-ed.2 (730035)
ČSN EN 1991-1-3:2005/NA-ed.A (730035)
ČSN EN 1991-1-4-ed.2 (730035)
ČSN EN 1991-1-4:2007/NA-ed.A (730035)
ČSN EN 1991-1-5 (730035)
ČSN EN 1991-1-5:2005/NA-ed.A (730035)
ČSN EN 1991-1-6 (730035)
ČSN EN 1991-1-6:2006/NA-ed.A (730035)
ČSN EN 1991-1-7 (730035)
ČSN EN 1991-1-7:2007/NA-ed.A (730035)



DIN EN 1991-1-1 : 2010-12
DIN EN 1991-1-1/NA : 2010-12
DIN EN 1991-1-1/NA/A1 : 2015-05
DIN EN 1991-1-2 : 2010-12
DIN EN 1991-1-2/NA : 2015-09
DIN EN 1991-1-3 : 2010-12
DIN EN 1991-1-3/A1 : 2015-12
DIN EN 1991-1-3/NA : 2019-04
DIN EN 1991-1-4 : 2010-12
DIN EN 1991-1-4/NA : 2010-12
DIN EN 1991-1-5 : 2010-12
DIN EN 1991-1-5/NA : 2010-12
DIN EN 1991-1-6 : 2010-12
DIN EN 1991-1-6/NA : 2010-12
DIN EN 1991-1-7 : 2010-12
DIN EN 1991-1-7/A1 : 2014-08
DIN EN 1991-1-7/NA : 2019-09



DS/EN 1991-1-1 DK/NA:2013
DS/EN 1991-1-2 DK/NA:2014
DS/EN 1991-1-3 DK/NA:2015 Version 2
DS/EN 1991-1-4 DK/NA:2015
DS/EN 1991-1-5 DK/NA:2012
DS/EN 1991-1-6 DK/NA:2007
DS/EN 1991-1-7 DK/NA:2013



SFS-EN 1991-1-1 + AC
SFS-EN 1991-1-2 + AC
SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1
SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1
SFS-EN 1991-1-5 + AC
SFS-EN 1991-1-6 + AC
SFS-EN 1991-1-7 + A1 + AC



ΕΛΟΤ EN 1991-1-1:2002/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-2:2002/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-3:2003/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-4:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-5:2004/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-6:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1991-1-7:2007/NA:2010



MSZ EN 1991-1-1:2005
MSZ EN 1991-1-2:2005
MSZ EN 1991-1-3:2016
MSZ EN 1991-1-4:2007
MSZ EN 1991-1-4:2005/A1:2011
MSZ EN 1991-1-5:2005
MSZ EN 1991-1-6:2007
MSZ EN 1991-1-7:2015



LVS EN 1991-1-1+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-1:2003/NA:2022
LVS EN 1991-1-2+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-2:2003/NA:2015
LVS EN 1991-1-3+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-3:2006/A1:2019
LVS EN 1991-1-3:2003/NA:2019
LVS EN 1991-1-4+A1+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-4:2005/NA:2011
LVS EN 1991-1-5+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-5:2004/NA:2014
LVS EN 1991-1-6+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-6:2005 A /NA:2014
LVS EN 1991-1-7+AC:2014 L
LVS EN 1991-1-7:2007/A1:2016
LVS EN 1991-1-7:2006/NA:2015



NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019
NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019/NB:2019
NEN-EN 1991-1-2+C3:2019/NB:2019
NEN-EN 1991-1-2+C3:2019
NEN-EN 1991-1-3+C1+A1:2019/NB:2019
NEN-EN 1991-1-3+C1+A1:2019
NEN-EN 1991-1-4:2011+A1+C2:2011/NB:2019+C2:2023
NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011
NEN-EN 1991-1-5+C1:2011
NEN-EN 1991-1-5+C1:2011/NB:2019
NEN-EN 1991-1-6:2005
NEN-EN 1991-1-6:2005/NB:2013
NEN-EN 1991-1-7+C1+A1:2015
NEN-EN 1991-1-7:2015/NB:2019



NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019
NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008
NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018
NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009
NS-EN 1991-1-5:2003+NA:2008
NS-EN 1991-1-6:2005+NA:2008
NS-EN 1991-1-7:2006+NA:2008



NP EN 1991-1-1:2009
NP EN 1991-1-2:2010
NP EN 1991-1-2:2010/AC:2013
NP EN 1991-1-3:2009
NP EN 1991-1-3:2009/A1:2017
NP EN 1991-1-4:2010
NP EN 1991-1-4:2010/A1:2010
NP EN 1991-1-5:2009
NP EN 1991-1-6:2021
NP EN 1991-1-7:2021



PN-EN 1991-1-1:2004 /AC:2009 /NA:2010/Ap1/Ap2
PN-EN 1991-1-2:2006 /AC:2013-07 /NA:2010/Ap1/Ap2
PN-EN 1991-1-3:2005 /A1:2015-10/AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1991-1-4:2008 /A1:2010/AC:2009 /NA:2010/Ap1/Ap2/Ap3
PN-EN 1991-1-5:2005 /AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1991-1-6:2007 /AC:2013-07 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1991-1-7:2008 /A1:2014-07/AC:2010 /NA:2015-02/Ap1/Ap2



SR EN 1991-1-1:2004/NA:2006
SR EN 1991-1-1:2004/AC:2009
SR EN 1991-1-2:2004/NA:2006
SR EN 1991-1-2:2004/AC:2013
SR EN 1991-1-3:2005/NA:2017
SR EN 1991-1-3:2005/AC:2009
SR EN 1991-1-3:2005/A1:2016
SR EN 1991-1-4:2006/NB:2017
SR EN 1991-1-4:2006/A1:2010
SR EN 1991-1-4:2006/AC:2010
SR EN 1991-1-5:2004/NA:2008
SR EN 1991-1-5:2004/AC:2009
SR EN 1991-1-6:2005/NB:2008
SR EN 1991-1-6:2005/AC:2013
SR EN 1991-1-7:2007/NB:2017
SR EN 1991-1-7:2007/A1:2015
SR EN 1991-1-7:2007/AC:2010



STN EN 1991-1-1/NA:2004
STN EN 1991-1-2/NA:2007
STN EN 1991-1-3/NA:2004
STN EN 1991-1-3/NA/Z1:2010
STN EN 1991-1-4/NA:2008
STN EN 1991-1-4/NA/Z1:2010
STN EN 1991-1-5/NA:2008
STN EN 1991-1-6/NA:2008
STN EN 1991-1-6/NA/Z1:2010
STN EN 1991-1-7/NA:2008



BS EN 1991-1-1:2002
BS EN 1991-1-2:2002
BS EN 1991-1-3:2003+A1:2015
BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010
BS EN 1991-1-5:2003
BS EN 1991-1-6:2005
BS EN 1991-1-7:2006+A1:2014



UNE-EN 1991-1-1:2019
UNE-EN 1991-1-2:2019
UNE-EN 1991-1-3:2018
UNE-EN 1991-1-4:2018
UNE-EN 1991-1-5:2018
UNE-EN 1991-1-6:2018
UNE-EN 1991-1-7:2018



NTC 2018



SIA 261:2020
SIA 261-C1:2023

3.3.7.3. Vasbeton szerkezetek méretezése EN 1992



EN 1992-1-1:2004
EN 1992-1-1:2004/AC:2008
EN 1992-1-1:2004/AC:2010
EN 1992-1-1:2004/A1:2014
EN 1992-1-2:2004
EN 1992-1-2:2004/AC:2008
EN 1992-1-2:2004/A1:2019
EN 1992-2:2005



ÖNORM EN 1992-1-1:2015
ÖNORM B 1992-1-1:2018
ÖNORM EN 1992-1-2:2019
ÖNORM B 1992-1-2:2011
ÖNORM EN 1992-2:2012
ÖNORM B 1992-2: 2019



NBN EN 1992-1-1:2005
NBN EN 1992-1-1 ANB:2010
NBN EN 1992-1-1/A1:2015
NBN EN 1992-1-2:2005
NBN EN 1992-1-2:2004/A1:2019
NBN EN 1992-1-2 ANB:2021
NBN EN 1992-2:2005
NBN EN 1992-2 ANB:2014



ČSN EN 1992-1-1-ed.2 (731201)
ČSN EN 1992-1-1:2006/NA-ed.A (731201)
ČSN EN 1992-1-2 (731201)
ČSN EN 1992-1-2:2006/NA-ed.A (731201)
ČSN EN 1992-2 (736208)
ČSN EN 1992-2:2007/NA-ed.A (736208)



DIN EN 1992-1-1 : 2011-01
DIN EN 1992-1-1/A1 : 2015-03
DIN EN 1992-1-1/NA : 2013-04
DIN EN 1992-1-1/NA/A1 : 2015-12
DIN EN 1992-1-2 : 2010-12
DIN EN 1992-1-2/A1 : 2019-11
DIN EN 1992-1-2/NA : 2010-12
DIN EN 1992-1-2/NA/A1 : 2015-09
DIN EN 1992-1-2/NA/A2 : 2021-04
DIN EN 1992-2 : 2010-12
DIN EN 1992-2/NA : 2013-04



DS/EN 1992-1-1 DK/NA:2021
DS/EN 1992-1-2 DK/NA:2011
DS/EN 1992-2 DK/NA:2015



SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC
SFS-EN 1992-1-2 + AC
SFS-EN 1992-2 + AC



ΕΛΟΤ EN 1992-1-1:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1992-1-2:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1992-2:2006/NA:2010



MSZ EN 1992-1-1:2010
MSZ EN 1992-1-1:2004/A1:2016
MSZ EN 1992-1-2:2013
MSZ EN 1992-1-2:2004/A1:2019
MSZ EN 1992-2:2009



LVS EN 1992-1-1+AC:2014 L
LVS EN 1992-1-1+AC:2014/A1:2016
LVS EN 1992-1-1:2005/NA:2020
LVS EN 1992-1-2+AC:2014
LVS EN 1992-1-2:2007/A1:2020
LVS EN 1992-1-2:2005 A /NA:2014
LVS EN 1992-2:2008 L
LVS EN 1992-2:2008/AC:2013 L
LVS EN 1992-2:2006 /NA:2009



NEN-EN 1992-1-1+C2:2011
NEN-EN 1992-1-1:2005+C2:2011/A1:2015
NEN-EN 1992-1-1+C2:2011/NB:2016+A1:2020
NEN-EN 1992-1-2+C1:2011
NEN-EN 1992-1-2+C1:2011/NB
NEN-EN 1992-1-2+C1:2011/C11:2017
NEN-EN 1992-2+C1:2011
NEN-EN 1992-2+C1:2011/NB:2016



NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021
NS-EN 1992-1-2:2004+AC:2008+NA:2010
NS-EN 1992-2:2005+NA:2010



NP EN 1992-1-1:2010
NP EN 1992-1-1:2010/A1:2019
NP EN 1992-1-1:2010/AC:2012
NP EN 1992-1-2:2010
NP EN 1992-1-2:2010/A1:2019
NP EN 1992-2:2018



PN-EN 1992-1-1:2008 /A1:2015-03/AC:2011 /NA:2018-11/Ap1/Ap2/Ap3
PN-EN 1992-1-2:2008 /A1:2019-07/AC:2008 /NA:2010/Ap1/Ap2
PN-EN 1992-2:2010 /NA:2022-11/Ap1/Ap2/Ap3



SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008
SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008/A91:2009
SR EN 1992-1-1:2004/AC:2012
SR EN 1992-1-1:2004/A1:2015
SR EN 1992-1-2:2006/NA:2009
SR EN 1992-1-2:2006/A1:2019
SR EN 1992-1-2:2006/AC:2008
SR EN 1992-2:2006/NA:2009
SR EN 1992-2:2006/AC:2008



STN EN 1992-1-1/NA:2008
STN EN 1992-1-2/NA:2008
STN EN 1992-2/NA:2008



BS EN 1992-1-1:2004+A1:2014
BS EN 1992-1-2:2004+A1:2019
BS EN 1992-2:2005



UNE-EN 1992-1-1:2013
UNE-EN 1992-1-1:2013/A1:2015
UNE-EN 1992-1-2:2011
UNE-EN 1992-1-2:2011/A1:2021
UNE-EN 1992-2:2013



NTC 2018

SIA 262:2025

3.3.7.4. Acélszerkezetek méretezése EN 1993

EN 1993-1-1:2005
EN 1993-1-2:2005
EN 1993-1-2:2005/AC:2009
EN 1993-1-3:2006
EN 1993-1-3:2006/AC:2009
EN 1993-1-5:2006
EN 1993-1-5:2006/AC:2009
EN 1993-1-5:2006/A1:2017
EN 1993-1-5:2006/A2:2019
EN 1993-1-8:2005
EN 1993-1-8:2005/AC:2009
EN 1993-1-9:2005
EN 1993-1-9:2005/AC:2009
EN 1993-1-10:2005
EN 1993-1-10:2005/AC:2009

ÖNORM EN 1993-1-1:2014
ÖNORM B 1993-1-1:2017
ÖNORM EN 1993-1-2:2012
ÖNORM B 1993-1-2:2022
ÖNORM EN 1993-1-3:2010
ÖNORM B 1993-1-3:2007
ÖNORM EN 1993-1-4:2021
ÖNORM B 1993-1-4:2007
ÖNORM EN 1993-1-5:2020
ÖNORM B 1993-1-5:2008
ÖNORM EN 1993-1-6:2017
ÖNORM B 1993-1-6:2008
ÖNORM EN 1993-1-7:2007
ÖNORM B 1993-1-7:2008
ÖNORM EN 1993-1-8:2012
ÖNORM B 1993-1-8:2015
ÖNORM EN 1993-1-9:2013
ÖNORM B 1993-1-9:2017
ÖNORM EN 1993-1-10:2010
ÖNORM B 1993-1-10:2006

NBN EN 1993-1-1:2005
NBN EN 1993-1-1/A1:2014
NBN EN 1993-1-1 ANB:2018
NBN EN 1993-1-2:2005
NBN EN 1993-1-2 ANB:2010
NBN EN 1993-1-3:2007
NBN EN 1993-1-3 ANB:2011
NBN EN 1993-1-5:2007
NBN EN 1993-1-5 ANB:2011
NBN EN 1993-1-5:2006/A1:2017
NBN EN 1993-1-5:2006/A2:2019
NBN EN 1993-1-8:2005
NBN EN 1993-1-8 ANB:2010
NBN EN 1993-1-9:2005
NBN EN 1993-1-9 ANB:2010
NBN EN 1993-1-10:2005
NBN EN 1993-1-10 ANB:2010

ČSN EN 1993-1-1-ed.2 (731401)
ČSN EN 1993-1-1:2006/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-2 (731401)
ČSN EN 1993-1-2:2006/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-3 (731401)
ČSN EN 1993-1-3:2008/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-5-ed.3 (731401)
ČSN EN 1993-1-5:2008/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-8-ed.2 (731401)
ČSN EN 1993-1-8:2006/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-9-ed.2 (731401)
ČSN EN 1993-1-9:2006/NA-ed.A (731401)
ČSN EN 1993-1-10-ed.2 (731401)
ČSN EN 1993-1-10:2006/NA-ed.A (731401)



DIN EN 1993-1-1 : 2010-12
DIN EN 1993-1-1/A1 : 2014-07
DIN EN 1993-1-1/NA : 2022-10
DIN EN 1993-1-2 : 2010-12
DIN EN 1993-1-2/NA : 2010-12
DIN EN 1993-1-3 : 2010-12
DIN EN 1993-1-3/NA : 2017-05
DIN EN 1993-1-4 : 2015-10
DIN EN 1993-1-4/A2 : 2021-02
DIN EN 1993-1-4/NA : 2020-11
DIN EN 1993-1-5 : 2020-07
DIN EN 1993-1-5/NA : 2018-11
DIN EN 1993-1-6 : 2017-07
DIN EN 1993-1-6/NA : 2021-06
DIN EN 1993-1-7 : 2010-12
DIN EN 1993-1-7/NA : 2010-12
DIN EN 1993-1-8 : 2010-12
DIN EN 1993-1-8/NA : 2020-11
DIN EN 1993-1-9 : 2010-12
DIN EN 1993-1-9/NA : 2010-12
DIN EN 1993-1-10 : 2010-12
DIN EN 1993-1-10/NA : 2016-04



DS/EN 1993-1-1 DK/NA:2019
DS/EN 1993-1-2 DK/NA:2007
DS/EN 1993-1-3 DK/NA:2019
DS/EN 1993-1-4 DK/NA:2019
DS/EN 1993-1-5 DK/NA:2007
DS/EN 1993-1-6 DK/NA:2021
DS/EN 1993-1-7 DK/NA:2007
DS/EN 1993-1-8 DK/NA:2019
DS/EN 1993-1-9 DK/NA:2007
DS/EN 1993-1-10 DK/NA:2019



SFS-EN 1993-1-1
SFS-EN 1993-1-1/A1
SFS-EN 1993-1-2
SFS-EN 1993-1-3 + AC
SFS-EN 1993-1-5:2006 + A1:2017
SFS-EN 1993-1-8
SFS-EN 1993-1-9
SFS-EN 1993-1-10



ΕΛΟΤ EN 1993-1-1:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-1:2005/A1:2014/NA:2017
ΕΛΟΤ EN 1993-1-2:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-3:2006/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-5:2006/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-8:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-9:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1993-1-10:2005/NA:2010



MSZ EN 1993-1-1:2009
MSZ EN 1993-1-1:2005/A1:2015
MSZ EN 1993-1-2:2013
MSZ EN 1993-1-3:2007
MSZ EN 1993-1-5:2012
MSZ EN 1993-1-5:2006/A1:2018
MSZ EN 1993-1-5:2006/A2:2019
MSZ EN 1993-1-8:2012
MSZ EN 1993-1-9:2011
MSZ EN 1993-1-10:2011



LVS EN 1993-1-1:2005/NA:2015
LVS EN 1993-1-2:2006 +AC L
LVS EN 1993-1-2:2006/AC:2016
LVS EN 1993-1-2:2005 A /NA:2013
LVS EN 1993-1-3+AC:2014 L
LVS EN 1993-1-3:2007 /NA:2014
LVS EN 1993-1-5+AC:2013 L
LVS EN 1993-1-5+AC:2013/A1:2019
LVS EN 1993-1-5:2007/A2:2019 L
LVS EN 1993-1-5:2007 /NA:2013
LVS EN 1993-1-8+AC:2015
LVS EN 1993-1-8:2006/AC:2016
LVS EN 1993-1-8:2005 /NA:2014
LVS EN 1993-1-9+AC:2012 L
LVS EN 1993-1-9:2005 /NA:2012

LVS EN 1993-1-10+AC:2012 L
LVS EN 1993-1-10:2005 A /NA:2012



NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016
NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016
NEN-EN 1993-1-1+C2/A1:2014
NEN-EN 1993-1-2+C2:2011/NB:2015
NEN-EN 1993-1-2+C2:2011
NEN-EN 1993-1-3:2006/NB:2011
NEN-EN 1993-1-3:2006
NEN-EN 1993-1-3:2006/C3:2009
NEN-EN 1993-1-5:2006/NB:2011
NEN-EN 1993-1-5:2006+C1:2012
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/C11:2016
NEN-EN 1993-1-9+C2:2012
NEN-EN 1993-1-9:2006/NB:2011
NEN-EN 1993-1-10+C2:2011
NEN-EN 1993-1-10:2006/NB:2007
NEN-EN 1993-1-10+C2:2011/C11:2015



NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015
NS-EN 1993-1-2:2005+NA:2009
NS-EN 1993-1-3:2006+NA:2015
NS-EN 1993-1-5:2006+AC:2009+A2:2019+NA:2019
NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009
NS-EN 1993-1-9:2005+NA:2010
NS-EN 1993-1-10:2005+NA:2009



NP EN 1993-1-1:2010
NP EN 1993-1-1:2010/A1:2017
NP EN 1993-1-2:2010
NP EN 1993-1-5:2012
NP EN 1993-1-5:2012/A1:2019
NP EN 1993-1-5:2012/A2:2019
NP EN 1993-1-8:2010
NP EN 1993-1-9:2010
NP EN 1993-1-10:2010



PN-EN 1993-1-1:2006 /A1:2014-07/AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1993-1-2:2007 /AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1993-1-3:2008 /AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1993-1-5:2008 /A1:2017-07/A2:2019-09/AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1993-1-8:2006 /AC:2009 /NA:2011/Ap1/Ap2
PN-EN 1993-1-9:2007 /AC:2009 /NA:2010/Ap1
PN-EN 1993-1-10:2007 /AC:2009 /NA:2010/Ap1



SR EN 1993-1-1:2006/NA:2016
SR EN 1993-1-2:2006/NB:2008
SR EN 1993-1-2:2006/AC:2009
SR EN 1993-1-3:2007/NB:2008
SR EN 1993-1-3:2007/AC:2013
SR EN 1993-1-5:2007/NA:2008
SR EN 1993-1-5:2007/AC:2009
SR EN 1993-1-5:2007/A1:2018
SR EN 1993-1-5:2007/A2:2020
SR EN 1993-1-8:2006/NB:2008
SR EN 1993-1-8:2006/AC:2010
SR EN 1993-1-9:2006/NA:2008
SR EN 1993-1-9:2006/AC:2009
SR EN 1993-1-10:2006/NA:2008
SR EN 1993-1-10:2006/AC:2009



STN EN 1993-1-1/NA:2015
STN EN 1993-1-2/NA:2008
STN EN 1993-1-3/NA:2010
STN EN 1993-1-5/NA:2010
STN EN 1993-1-8/NA:2008
STN EN 1993-1-9/NA:2007
STN EN 1993-1-10/NA:2007



BS EN 1993-1-1:2005+A1:2014
BS EN 1993-1-2:2005
BS EN 1993-1-3:2006
BS EN 1993-1-5:2006+A2:2019
BS EN 1993-1-8:2005
BS EN 1993-1-9:2005
BS EN 1993-1-10:2005



UNE-EN 1993-1-1:2013
UNE-EN 1993-1-1:2013/A1:2014
UNE-EN 1993-1-2:2016
UNE-EN 1993-1-3:2012
UNE-EN 1993-1-4:2012
UNE-EN 1993-1-5:2013
UNE-EN 1993-1-5:2013/A1:2019
UNE-EN 1993-1-5:2013/A2:2020
UNE-EN 1993-1-6:2013
UNE-EN 1993-1-7:2013
UNE-EN 1993-1-8.2013
UNE-EN 1993-1-9:2013
UNE-EN 1993-1-10:2013



NTC 2018



SIA 263:2013
SIA 263-C2:2016
SIA 263-C3:2022

3.3.7.5. Öszvér szerkezetek méretezése EN 1994



EN 1994-1-1:2004
EN 1994-1-1:2004/AC:2009



ÖNORM EN 1994-1-1:2009
ÖNORM B 1994-1-1:2007



NBN EN 1994-1-1:2005
NBN EN 1994-1-1 ANB:2010



ČSN EN 1994-1-1-ed.2 (731470)
ČSN EN 1994-1-1:2006/NA-ed.A (731470)



DIN EN 1994-1-1 : 2010-12
DIN EN 1994-1-1/NA : 2010-12



DS/EN 1994-1-1 DK/NA:2019



SFS-EN 1994-1-1 + AC



ΕΛΟΤ EN 1994-1-1:2005/NA:2010



MSZ EN 1994-1-1:2010



LVS EN 1994-1-1+AC:2015
LVS EN 1994-1-1:2005/NA:2015



NEN-EN 1994-1-1+C1:2011
NEN-EN 1994-1-1+C1:2011/NB:2012



NS-EN 1994-1-1:2004+NA:2009



NP EN 1994-1-1:2011



PN-EN 1994-1-1:2008 /AC:2009 /NA:2010/Ap1



SR EN 1994-1-1:2004/NB:2008
SR EN 1994-1-1:2004/AC:2009



STN EN 1994-1-1/NA



BS EN 1994-1-1:2004



UNE-EN 1994-1-1:2013



NTC 2018



SIA 264:2014

3.3.7.6. Fa szerkezetek méretezése EN 1995



EN 1995-1-1:2004
EN 1995-1-1:2004/AC:2006
EN 1995-1-1:2004/A1:2008
EN 1995-1-1:2004/A2:2014
EN 1995-1-2:2004
EN 1995-1-2:2004/AC:2009



ÖNORM EN 1995-1-1:2019
ÖNORM B 1995-1-1:2023
ÖNORM EN 1995-1-2:2011
ÖNORM B 1995-1-2:2011



NBN EN 1995-1-1:2005
NBN EN 1995-1-1/A1:2008
NBN EN 1995-1-1/A2:2014
NBN EN 1995-1-1 ANB:2012
NBN EN 1995-1-2:2005
NBN EN 1995-1-2 ANB:2012



ČSN EN 1995-1-1 (731701)
ČSN EN 1995-1-1:2006/NA-ed.A (731701)
ČSN EN 1995-1-2 (731701)
ČSN EN 1995-1-2:2006/NA-ed.A (731701)



DIN EN 1995-1-1 : 2010-12
DIN EN 1995-1-1/A2 : 2014-07
DIN EN 1995-1-1/NA : 2013-08
DIN EN 1995-1-2 : 2010-12
DIN EN 1995-1-2/NA : 2010-12



DS/EN 1995-1-1 DK/NA:2019
DS/EN 1995-1-2 DK/NA:2007



SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC
SFS-EN 1995-1-2 + AC



ΕΛΟΤ EN 1995-1-1:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1995-1-2:2005/NA:2010



MSZ EN 1995-1-1:2010
MSZ EN 1995-1-1:2004/A2:2015
MSZ EN 1995-1-2:2013



LVS EN 1995-1-1+A1+A2+AC:2014
LVS EN 1995-1-1:2005 /NA:2012
LVS EN 1995-1-2+AC:2007 L
LVS EN 1995-1-2+AC:2007/AC:2016
LVS EN 1995-1-2:2005 /NA:2009



NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011
NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013
NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/C1:2012
NEN-EN 1995-1-1+C1+A1/A2:2014
NEN-EN 1995-1-2:2005/NB:2011
NEN-EN 1995-1-2+C2:2011



NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010
NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010



NP EN 1995-1-1:2022
NP EN 1995-1-2:2022



PN-EN 1995-1-1:2010 /A2:2014-07 /NA:2010/
PN-EN 1995-1-2:2008 /AC:2009 /NA:2010



SR EN 1995-1-1:2004
SR EN 1995-1-1:2004/AC:2006
SR EN 1995-1-1:2004/A1:2008
SR EN 1995-1-1:2004/A2:2014
SR EN 1995-1-1:2004/NB:2008
SR EN 1995-1-2:2004
SR EN 1995-1-2:2004/AC:2009
SR EN 1995-1-2:2004/NB:2008


STN EN 1995-1-1/NA:2019
STN EN 1995-1-2/NA:2011


BS EN 1995-1-1:2004+A2:2014
BS EN 1995-1-2:2004


UNE-EN 1995-1-1:2016
UNE-EN 1995-1-2:2016


NTC 2018


SIA 265: 2021

3.3.7.7. Falazott szerkezetek méretezése EN 1996


EN 1996-1-1:2005


ÖNORM EN 1996-1-1:2013
ÖNORM B 1996-1-1:2016


NBN EN 1996-1-1+A1:2013
NBN EN 1996-1-1+A1 ANB:2016


ČSN EN 1996-1-1 (731101)
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013/NA-ed.A (731101)
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013/NA-ed.A/Z1-NA (731101)


DIN EN 1996-1-1:2013
DIN EN 1996-1-1/NA:2019


DS/EN 1996-1-1 DK/NA:2019


SFS-EN 1996-1-1 + A1


ΕΛΟΤ EN 1996-1-1:2006/NA:2010


MSZ EN 1996-1-1:2005+A1:2013


LVS EN 1996-1-1:2023


NEN-EN 1996-1-1:2006+A1:2013
NEN-EN 1996-1-1:2006+A1:2013/NB:2018


NS-EN 1996-1-1:2005+A1:2012+NA:2013


NP EN 1996-1-1:2005+A1:2015


PN-EN 1996-1-1 /A1:2013-05 /NA:2014-10/Ap1/Ap2/Ap3


SR EN 1996-1-1:2006
SR EN 1996-1-1:2006/AC:2010
SR EN 1996-1-1:2006/NB:2008


STN EN 1996-1-1+A1/NA1:2013


BS EN 1996-1-1:2005+A1:2012


UNE-EN 1996-1-1:2011/A1:2013


NTC 2018


SIA266:2015

3.3.7.8. Geotechnika EN 1997


EN 1997-1:2004


ÖNORM EN 1997-1:2014
ÖNORM B 1997-1-1
ÖNORM B 1997-1-2
ÖNORM B 1997-1-3



NBN EN 1997-1:2005
NBN EN 1997-1/A1:2014
NBN EN 1997-1 ANB:2022



ČSN EN 1997-1 (731000)
ČSN EN 1997-1:2006/NA-ed.A (731000)



DIN EN 1997-1:2014
DIN EN 1997-1/NA:2010



DS/EN 1997-1 DK/NA:2021



SFS-EN 1997-1 + A1 + AC



ΕΛΟΤ EN 1997-1:2005/NA:2010



MSZ EN 1997-1:2006
MSZ EN 1997-1:2004/A1:2015



LVS EN 1997-1+AC:2009



NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016
NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016/NB:2019



NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020



NP EN 1997-1:2010
NP EN 1997-1:2010/A1:2016
NP EN 1997-1:2010/A1:2016/Errata1:2019



PN-EN 1997-1:2008 /A1:2014-05/AC:2009 /NA:2011/Ap1/Ap2



SR EN 1997-1-1:2004
SR EN 1997-1-1:2004/A1:2014
SR EN 1997-1-1:2004/AC:2009
SR EN 1997-1-1:2004/NB:2016



STN EN 1997-1/NA:2010
STN EN 1997-1/A1:2014



BS EN 1997-1:2004+A1:2013



UNE-EN 1997-1:2016



NTC 2018



SIA 267:2013
SIA 267-C1:2016
SIA 267-C2:2018

3.3.7.9. Szeizmikus méretezés EN 1998



EN 1998-1:2004/A1:2013
EN 1998-3:2005
EN 1998-3:2005/AC:2013
EN 1998-5:2004



ÖNORM EN 1998-1:2013
ÖNORM B 1998-1:2017
ÖNORM EN 1998-3:2013
ÖNORM B 1998-3:2018
ÖNORM EN 1998-5:2005
ÖNORM B 1998-5:2005



NBN EN 1998-1:2005
NBN EN 1998-1 ANB:2011
NBN EN 1998-1/A1:2013NBN EN 1998-3:2005
NBN EN 1998-3:2005
NBN EN 1998-3/AC:2013
NBN EN 1998-3 ANB:2011
NBN EN 1998-5:2005
NBN EN 1998-5 ANB:2011



ČSN EN 1998-1-ed.2 (730036)
ČSN EN 1998-1:2006/NA-ed.A (730036)
ČSN EN 1998-3-ed.2 (730036)
ČSN EN 1998-3:2007/NA-ed.A (730036)
ČSN EN 1998-5 (730036)
ČSN EN 1998-5:2006/NA-ed.A (730036)



DIN EN 1998-1/NA:2021-07



DS/EN 1998-1 DK/NA:2020



SFS-EN 1998-1
SFS-EN 1998-1/A1
SFS-EN 1998-1/AC
SFS-EN 1998-3
SFS-EN 1998-3/AC
SFS-EN 1998-5



ΕΛΟΤ EN 1998-1:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1998-3:2005/NA:2010
ΕΛΟΤ EN 1998-5:2005/NA:2010



MSZ EN 1998-1:2008
MSZ EN 1998-1:2004/A1:2013
MSZ EN 1998-3:2011
MSZ EN 1998-5:2009



LVS EN 1998-1:2005/NA:2015



NPR 9998:2018
NPR 9998+C1:2020/A1:2020



NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021
NS-EN 1998-3:2005+NA:2013
NS-EN 1998-5:2004+NA:2014



NP EN 1998-1:2010
NP EN 1998-1:2010/A1:2013
NP EN 1998-1:2010/Errata1:2022
NP EN 1998-3:2017
NP EN 1998-5:2010



PN-EN 1998-1:2005 /A1:2014-01/AC:2009
PN-EN 1998-3:2005 /AC:2014-09
PN-EN 1998-5:2005



P100-1-2013



STN EN 1998-1/NA/Z1:2012
STN EN 1998-3/NA:2009
STN EN 1998-5/NA:2010



BS EN 1998-1:2004+A1:2013
BS EN 1998-3:2005
BS EN 1998-5:2004



UNE-EN 1998-1:2018
UNE-EN 1998-3:2018
UNE-EN 1998-5:2018

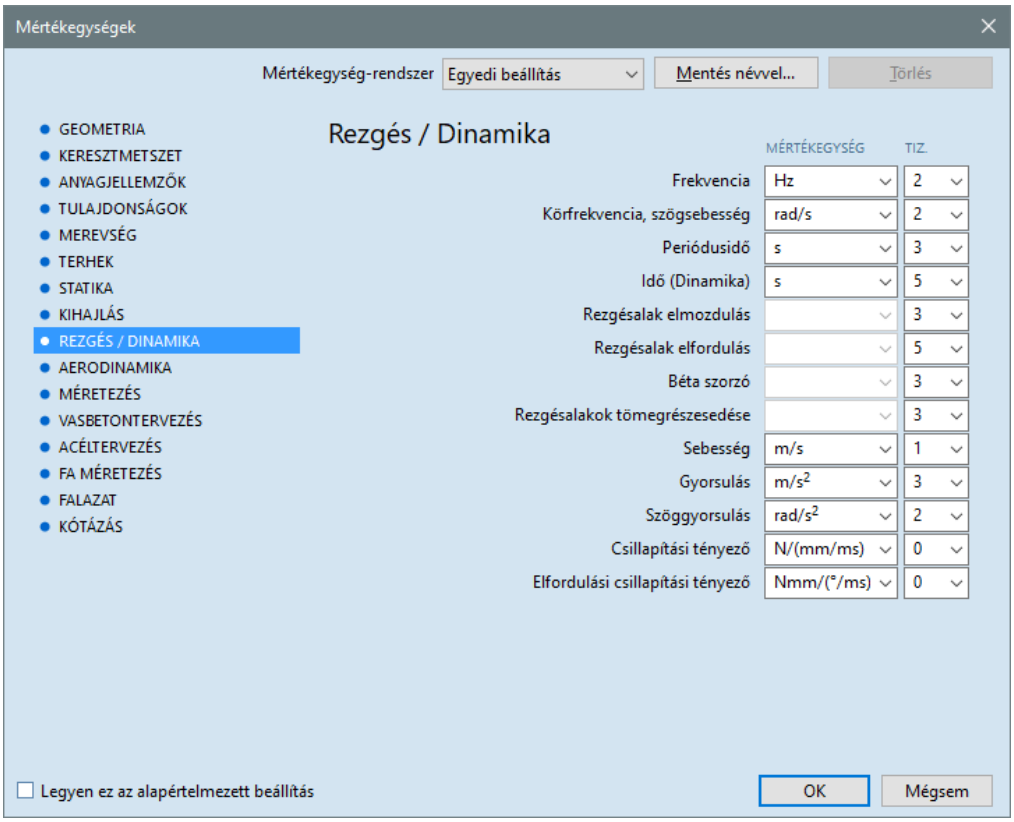


NTC 2018



SIA 261:2020

3.3.8. Mértékegységek



Itt lehetséges a programban alkalmazott mértékegységek és azok kiírási formátumainak beállítása. A jobb oldalon mindig a bal oldali listából választott kategóriába tartozó mértékegységeket látjuk. Választhatók az SI-ben rögzített mértékegységek vagy azok többszörösei (pl.: erő [N, kN...], hossz [m, cm, ...]) vagy brit ill. USA -mértékegységek (pl.: erő [pound], hossz [feet, inch], stb.).

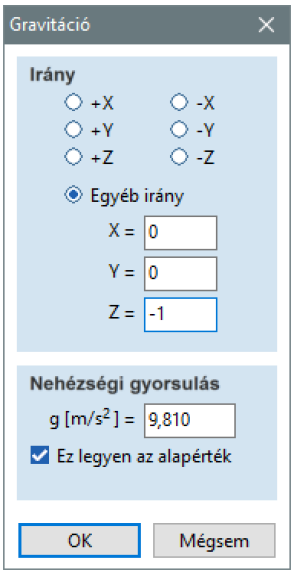
Az egyedi beállítások egy megadott névvel elmenthetők, és a későbbiekben visszatölthetők. A mértékegységek melletti legördülő listán beállítható a kiírás során megjelenő tizedesjegyek száma.

Mértékegység beállítások eltárolása

A program a mértékegységek beállításait a *c:\Users\'username'\AppData\Roaming\AxisVM\15* mappa alatt lévő *Axunits.ini* adatfájlban tárolja.

3.3.9. Gravitáció

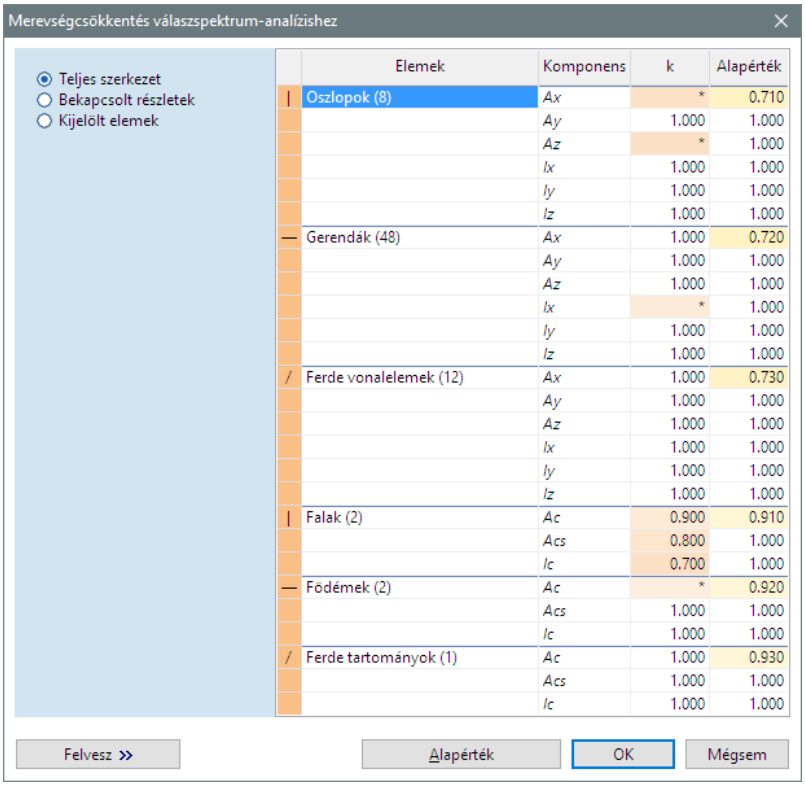
A gravitáció hatásirányának beállítása.
Az alapérték –Z, azaz a gravitáció a Z tengely mentén, negatív irányban hat.
A gravitáció iránya lehet valamely globális koordinátatengely (X, Y, Z) iránya, de megadható tetszőleges más irány is, ekkor az irányvektor X, Y, Z komponenseit kell megadni a globális koordinátarendszerben.
Itt állítható be a nehézségi gyorsulás értéke is.
Az *Ez legyen az alapérték* bekapcsolásával elérhetjük, hogy új modellekben a nehézségi gyorsulás az itt beállított értékre álljon.



3.3.10. Merevségcsökkentés válaszspektrum-analízishez

Eurocode szerinti, válaszspektrum-analízissel végrehajtott földrengésvizsgálathoz építészeti elemtípusonként (oszlopok, gerendák, falak, födémek, egyéb elemek) és elemenként megadhatóak a merevséget csökkentő tényezők *(k)*.

A baloldali rádiógombokkal választhatunk, hogy a táblázatban a *Teljes szerkezet*re, a *Bekapcsolt részletek*re vagy a *Kijelölt elemek*re vonatkozó értékek jelenjenek meg (ezeket közösen módosíthatjuk). Ha azonos elemtípushoz tartozó elemekhez eltérő merevségcsökkentéseket adtunk meg, a *k* oszlopban * jelenik meg. Ha ilyen értéket írunk át, akkor valamennyi érintett elemen a megadott közös érték áll be.



Vonalelemek

k(Ax)	A keresztmetszet *Ax* értékét csökkentő tényező.
k(Ay)	A keresztmetszet *Ay* értékét csökkentő tényező.
k(Az)	A keresztmetszet *Az* értékét csökkentő tényező.
k(Ix)	A keresztmetszet *Ix* értékét csökkentő tényező.
k(Iy)	A keresztmetszet *Iy* értékét csökkentő tényező.
k(Iz)	A keresztmetszet *Iz* értékét csökkentő tényező.

Tartományok

k(Ac)	A keresztmetszeti terület értékét csökkentő tényező.
k(Acs)	A nyírási keresztmetszeti terület értékét csökkentő tényező.
k(Ic)	A keresztmetszet hajlító inerciáját értékét csökkentő tényező.

Felvesz

A *Felvesz* gombra, majd a modell valamely elemére kattintva az elem építészeti típusának megfelelő sorokba beíródnak az elemhez rendelt merevségcsökkentések.

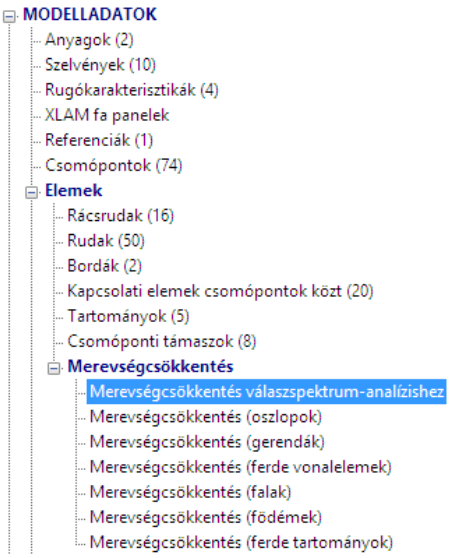
Alapértékek

A táblázat utolsó oszlopában a merevségcsökkentések alapértékeit látjuk, illetve írhatjuk át. Az újonnan létrehozott elemekhez elemtípusuknak megfelelően automatikusan hozzárendelődik az itt megadott merevségcsökkentés. Az *Alapérték* gombra kattintva a *k* értékeket az alapértékkel egyezőre állíthatjuk.

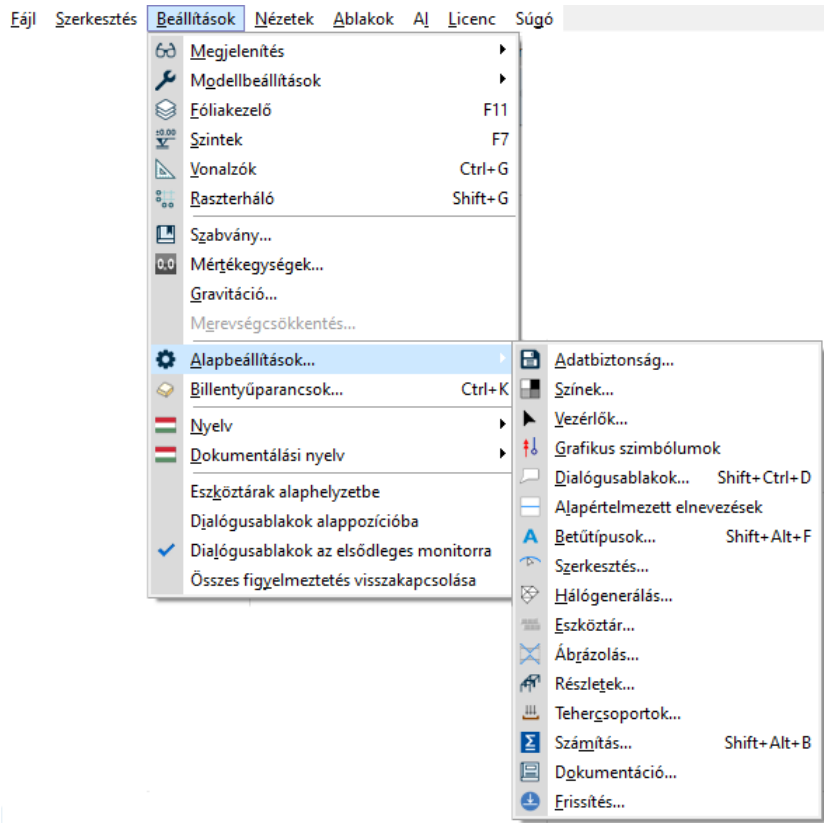
Rezgésvizsgálatnál eldönthetjük, hogy csökkentett merevségekkel számolunk-e. Ha ezt követően a válaszspektrum-analízist csökkentett merevségekkel számított rezgésalakokkal végezzük, a program lineáris statika számításakor két számítást végez: egyet merevségcsökkentés nélkül, egyet az itt beállított merevségcsökkentéssel. Földrengést nem tartalmazó teheresetekben és kombinációkban a merevségcsökkentés nélkül számolt eredmény jelenik meg, a többiben a merevségcsökkentéssel kapott eredményt látjuk (*Lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**).

A merevségcsökkentés dokumentálása

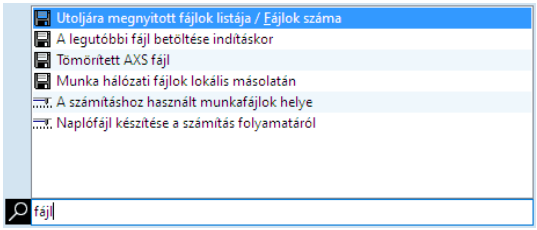
A beállított merevségcsökkentéssel kapcsolatos információkat a Táblázatkezelőben (*Lásd...* **2.9 Táblázatok**) a *MODELLADATOK / Elemek / Merevségcsökkentés* mappában található táblázatok tartalmazzák.
A *Merevségcsökkentés válaszspektrum-analízishez* a fenti összefoglaló táblázatot tartalmazza, ezt az egyes építészeti elemtípusok szerint az elemenkénti értékeket felsoroló táblázatok követik.



3.3.11. Alapbeállítások

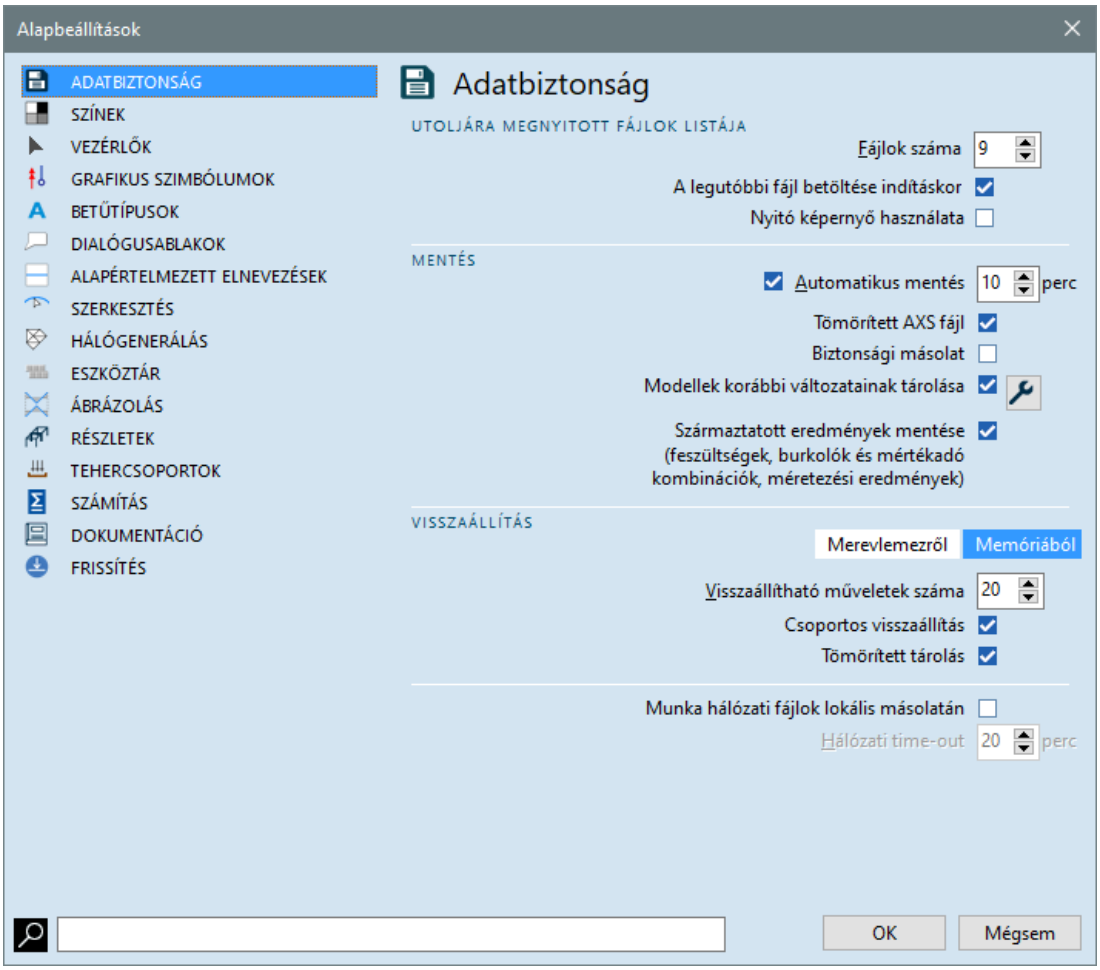


A keresett alapbeállítást könnyebben megtalálhatjuk a dialógusablak bal alsó sarkában lévő keresőmező segítségével.
Ennek működése az intelligens parancssoréhoz hasonló (**2.17 Az intelligens parancssor**), ahol egyébként ezek a találatok is megjelennek.



A program az alábbiakban definiált egyéni alapbeállításokat a *c:\Users\'username'\AppData\Roaming\AxisVM\15* mappa alatt lévő adatfájlokban tárolja.

3.3.11.1. Adatbiztonság



Utoljára megnyitott fájlok listája

Itt állítható be a *Fájl* menülap alján látható, utoljára megnyitott fájlok száma és az utoljára használt fájl automatikus betöltése. A nyitó képernyő (*lásd...* **Védelem, installálás, indítás, verziócsere, kapacitás, nyelv**) újból használható, ha a *Nyitó képernyő használata* jelölőnégyzetet bekapcsoljuk.

Mentés

Automatikus mentés időköze

Az automatikus mentés időközének beállítása 1-99 perc között. A beállított időközönként automatikus mentést végez. Az adatokat az operációs rendszer által ideiglenes fájlok tárolására használt könyvtárba (többnyire *c: \ Documents and Settings \ username \ Local Settings \ Temp)* egy *~modellnév.avm* fájlba menti. Ha a program futtatása közben valamilyen hiba következett be, és a program leáll, a modellfájlt előtte lementi egy *$modellnév.avm* fájlba. A következő indításnál a program felkínálja az utolsó mentett állapot visszaállítását.

Tömörített AXS fájl

A tömörítés hatására a fájlméret kb. az eredeti méret tizedére csökken. Az axe eredményfájl nem tömöríthető.

Biztonsági másolat

Mentés előtti biztonsági másolat készítésének beállítása. Biztonsági másolat csak az adatbemeneti fájlról készül. Mentés előtt a felülírandó fájlról másolatot készít. A létrehozott fájl neve: *modellnév.~AX.*

A modell korábbi változatainak tárolása

A jelölőnégyzetet bekapcsolva a modell mentés előtti állapota is megőrizhető.



A szervízkulcs ikonra kattintva a beállítási lehetőségeket érhetjük el.
Lásd még... **3.1.2 Korábbi változatok**

A *Származtatott eredmények mentése* jelölőnégyzetet bekapcsolva a feszültségek, burkolók, mértékadó kombinációk, valamint méretezési eredmények is mentésre kerülnek

Visszaállítás

A visszaállítás történhet *Merevlemezről* vagy *Memóriából*.
Nagyobb modellek és/vagy kevés rendelkezésre álló memória esetén tanácsos az első opciót választani.
A *Visszaállítható műveletek* számát határozhatjuk meg 1-99 között.
A *Csoportos visszaállítás* funkció kikapcsolása esetén az egy szerkesztési paranccsal létrehozott geometriai objektumok vonalelemenként állíthatók vissza.
Beállítható, hogy a program hol tárolja a modell korábbi állapotait: a memóriában vagy a merevlemezen. Az előbbi gyorsabb visszaállítást tesz lehetővé, az utóbbi kíméli a program számára rendelkezésre álló memóriát, aminek nagy modellek esetén lehet jelentősége.

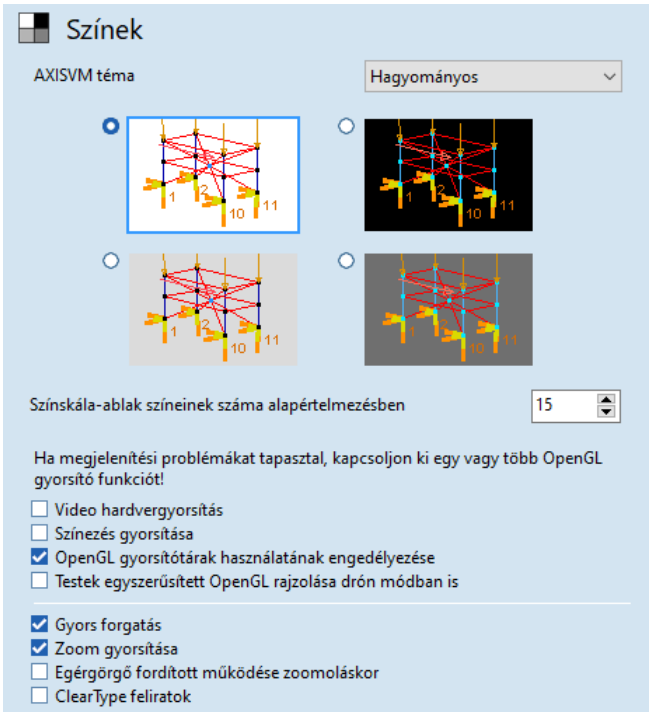
Munka a hálózati fájlok lokális másolatán

Hálózaton keresztül megnyitott modellek esetében a hálózat átviteli sebessége korlátozhatja a program működésének sebességét. Ez a jelenség elkerülhető, ha beállítjuk, hogy a program automatikusan készítsen lokális másolatot a hálózati fájlokról. Az ideiglenes másolatok oda kerülnek, ahová a számításkor használt munkafájlok – kivéve, ha ezeket a modell könyvtárába irányítottuk. Ebben az esetben a másolat a Windows ideiglenes fájljai közé kerül. A hálózati fájlok a modell minden mentésekor frissülnek.

Hálózati time-out

Hálózati hardverkulcs használata esetén az itt beállított időérték lejárta után az adminisztrált AXISVM futtatást kilépteti, amennyiben ezen idő alatt hardverkulcs-kezelés nem történt. Ez általában abban az esetben fordul elő, ha például egy hosszabb telefonhívás miatt a *Hálózati time-out* idő elteltéig nem használjuk a programot, majd ezt követően egy másik felhasználó szeretne a hardverkulcshoz hozzáférni. Ekkor a hardverkulcs kezelő szerver az új bejelentkező felhasználó számára kiad egy új licencet. Ezt követően, ha megpróbálunk tovább dolgozni, a következő hardverkulcs olvasáskor a program hibajelzéssel leáll.

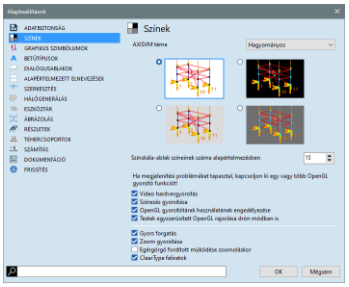
3.3.11.2. Színek



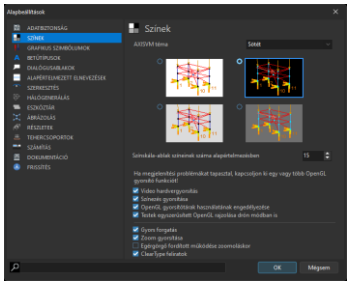
AXISVM téma

A program témájának kiválasztása a teljes felhasználó felület megjelenését átalakítja, kihatással van a szerkesztőmezők és görgetősávok megjelenésére is.

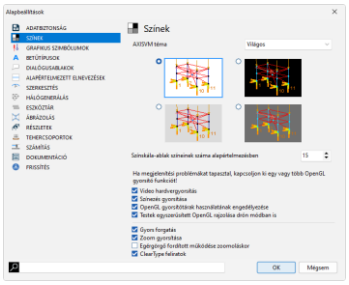
Hagyományos	Az X8 verzió világoskék hátterű megjelenése
Sötét	Sötét hátterű megjelenés.
Világos	Világosszürke hátterű megjelenés.



Hagyományos



Sötét



Világos

A témaválasztás beállítja a főablak háttérszínét is. Bár tanácsos a témához társított háttérszínt használni, a négy ábrával ezt a témától függetlenül is kiválaszthatjuk (fekete, sötétszürke, világosszürke vagy fehér). A feliratok, számok, szimbólumok, elemek színeinek alapértéke a beállított háttérszínhez igazodik.

Színskála-ablak színeinek száma alapértelmezésben

Beállítható, hogy a színskála-ablak (*lásd...* **2.19.4 Színskála-paletta**) alapértelmezésben hány színnel jelenjen meg.

A *Video hardvergyorsítás* bekapcsolásával – amennyiben a videokártya és a driver ezt támogatja – jelentősen megnövelhető a modellek gyors forgatásához és nagyításához szükséges rajzolási teljesítmény. Ha a rajzolás sebességét nem érezzük megfelelőnek, állíthatunk az *OpenGL gyorsítótárak használatának engedélyezése* kapcsolón is. A bekapcsolt állapot elvben gyorsulást hoz, de a gyakorlatban az operációs rendszer, a driver és a videokártya együttes konfigurációjától függ, hogy a bekapcsolt vagy a kikapcsolt állapotban gyorsabb a rajzolás.

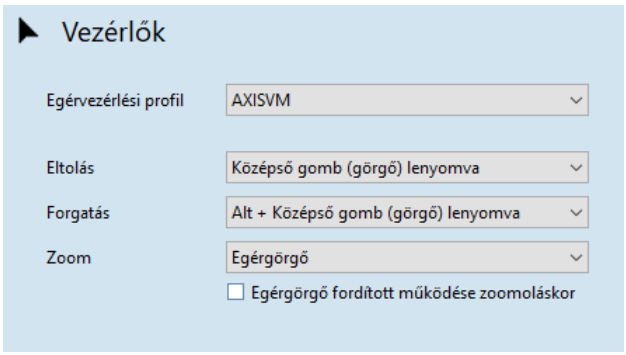
A *Színezés gyorsítása* kapcsolóval egy OpenGL által biztosított, gyorsabb színezési módot aktiválhatunk. Ha bármelyik funkcióval problémát tapasztalunk, frissítsük a kártya driverét vagy kapcsoljuk ki a funkciót.

A *Zoom gyorsítása* kapcsolóval a nagyítás / kicsinyítés funkció gyorsítható.

Egérgörgő fordított működése zoomoláskor kapcsolóval azt befolyásolhatjuk, hogy az egérgörgő előre- vagy hátrafelé görgetése eredményezzen nagyítást. Kikapcsolt állapotban az alapértelmezett működés van érvényben: az előre görgetés nagyítást, a hátrafelé görgetés kicsinyítést végez, bekapcsolt állapotban fordítva.

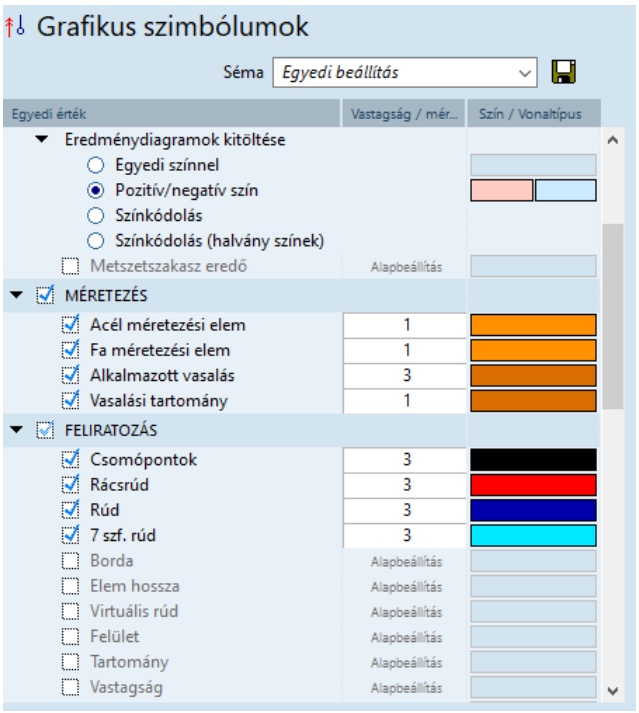
ClearType feliratok kapcsolóval a rajzfeliratok jobb minőségűek lesznek (ez az alapértelmezett beállítás). Ha ez videokártyánál esetleg rajzolási problémákat okoz, kikapcsolható.

3.3.11.3. Vezérlők

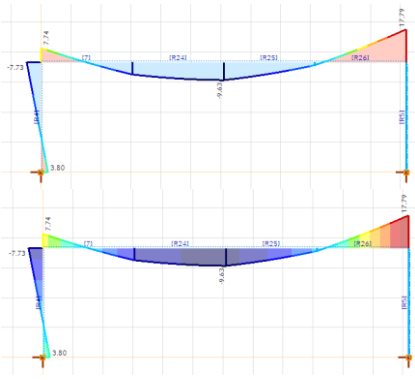


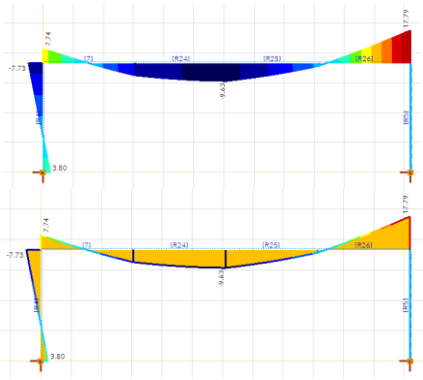
Itt állíthatjuk be, milyen egérműveletekkel szeretnénk a főablakban az eltolás, forgatás, zoom funkciókat vezérelni. Az *Egérvezérlési profil* legördülő listából kiválaszthatjuk, melyik szoftver *(AXISVM, Archicad, Consteel, FEM-Design, Grasshopper, IDEA StatiCa, Autodesk Revit, RFEM, SCIA Engineer, Tekla Structures)* alapbeállításait szeretnénk alkalmazni.

3.3.11.4. Grafikus szimbólumok

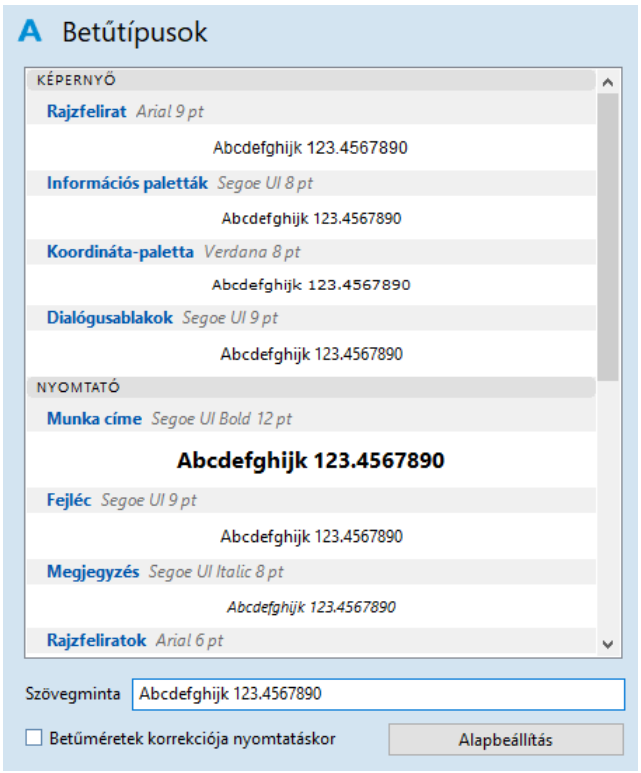


Módosítható a program grafikus szimbólumainak színe, illetve mérete / vonalvastagsága, a különféle feliratok színe és betűmérete. Rúd és bordaelemek logikai és excentrikus tengelyéhez eltérő szín és vonalvastagság rendelhető.
Az *Egyedi érték* oszlop kikapcsolt állapotában a szimbólum megjelenése az alapértékre áll vissza. Bekapcsolt állapotban a *Vastagság / méret* számértékére vagy a *Szín* téglalapjára kattintva módosíthatunk a beállításokon. Az új értékeket névvel elmenthetjük, illetve a legördíthető listából kiválaszthatunk egy másik beállítást.





3.3.11.5. Betűtípusok



A megjelenő lista a képernyőn, illetve a nyomtatott anyagokban alkalmazott betűtípusok beállítását teszi lehetővé. A listában mozoghatunk kurzorbillentyűkkel vagy egérkattintásokkal. A kijelölt sor betűtípusán dupla kattintással vagy *Enter* lenyomásával módosíthatunk.
A megjelenő szövegminta a *Szövegminta* mezőben módosítható.
Jobb gombbal kattintva előugró menü jelenik meg.

Módosítás... : más betűtípus választása.
Alapértelmezett betűtípus: a kijelölt sor alapértelmezett betűtípusának visszaállítása.

Az *Alapbeállítás* gombra kattintva az összes betűtípus visszaáll az alapértelmezett beállításra.

Képernyő

Rajzfelirat: a modellábrán megjelenő számozások, feliratok betűtípusa.
A kóták, szövegdobozok betűtípusa egyedileg állítható, *lásd....* **2.16.11 Kóták, méretvonalak, feliratok**
Információs paletták: a képernyőn megjelenő információs ablakokban (színskála-paletta, info ablakok) alkalmazott betűtípus.
Koordináta-paletta: a koordinátaablakban alkalmazott betűtípus.
Dialógusablakok: a dialógusablakok betűtípusa.

Nyomtató

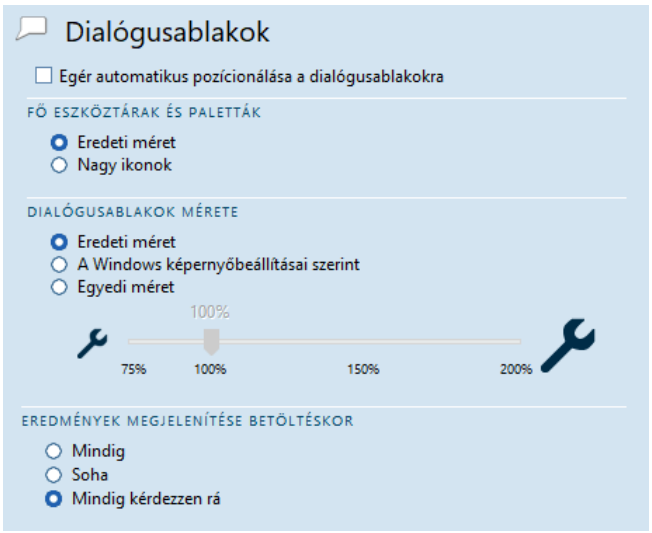
Munka címe / Fejléc / Megjegyzés: A nyomtatott oldalak fejlécén alkalmazott betűtípusok.
Rajzfeliratok: a nyomtatott modellábrákon megjelenő számozások, feliratok betűtípusa. A kóták, szövegdobozok a saját betűtípusukkal jelennek meg.
Információs ablakok: a nyomtatott ábrákon megjelenő információs ablakokon (színskála-paletta, info ablak) alkalmazott betűtípus.

Dokumentáció

Táblázat címe: A nyomtatott táblázatok címének betűtípusa.
Táblázat fejlécsora: A nyomtatott táblázatok első sora az oszlopok tartalmát jelző fejlécsor betűtípusa.
Táblázat sorai: A nyomtatott táblázatok további sorainak betűtípusa.

A képernyő és a nyomtató eltérő felbontása miatt a nyomtatott változatban más a feliratok és a rajz aránya. A *Betűméretek korrekciója nyomtatáskor* kapcsolóval a nyomtatott ábrák feliratainak méretén módosíthatunk.

3.3.11.6. Dialógusablakok



A programban megjelenő dialógusablakok működését szabályozhatja.

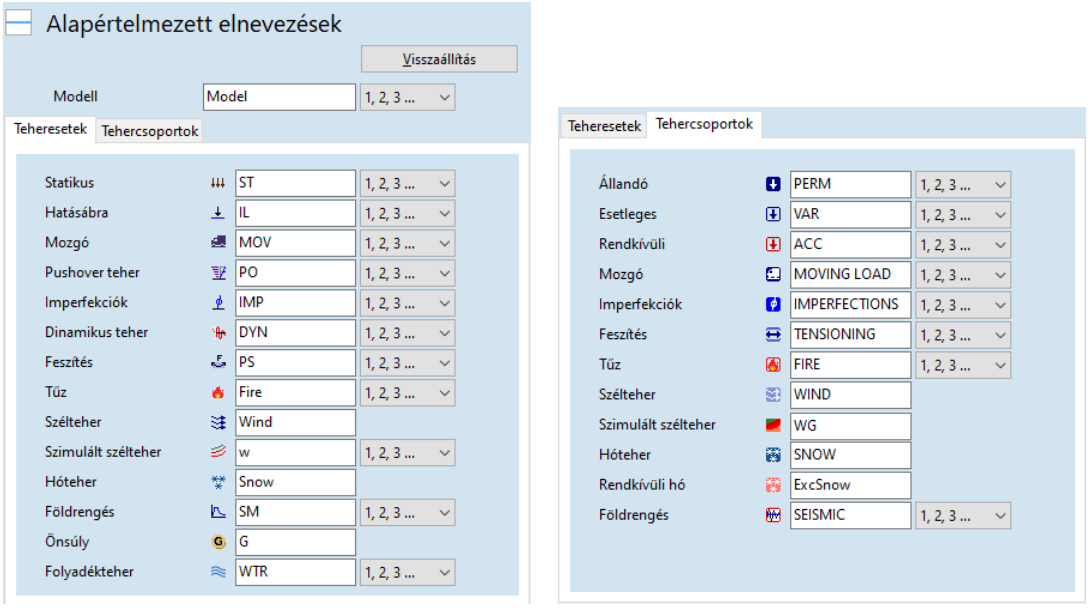
Az *Egér automatikus pozícionálása a dialógusablakra* kapcsoló automatikusan a dialógusablak OK gombjára helyezi a kurzort, meggyorsítva ezzel a munkát. Néhány egér meghajtó program külön is biztosítja ezt a funkciót.

A *Fő eszköztárak és paletták* panelen kétféle méret közül választhatunk. Ha a *Nagy ikonok* opciót választjuk, egyes kurzoralakok mérete is megnő.

A *Dialógusablakok mérete* panelen a dialógusablakok 75–200% között skálázhatók, illetve átvehető a Windowsban a *Vezérlőpult Megjelenítés* funkciójánál beállított érték.

Az *Eredmények megjelenítése betöltéskor* kapcsoló segítségével három lehetőség közül választhatunk: *Mindig / Soha / Mindig kérdezzen rá*.

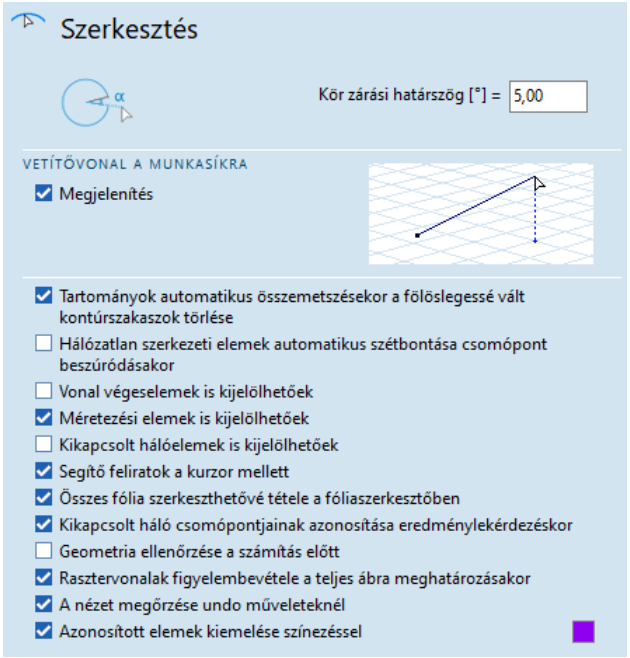
3.3.11.7. Alapértelmezett elnevezések



Megváltoztatható az új modell indításakor felkínált név, illetve, hogy a célkönyvtárban már létező nevektől való megkülönböztetés céljából a név után számot (1, 2, 3 ...) vagy betűjelet (A, B, C ...) illesszen a program.
Hasonlóan beállíthatóak az újonnan létrehozott teheresetek, illetve tehercsoportok alapértelmezett elnevezései is.
A *Visszaállítás* gombra kattintva az elnevezések a program telepítése utáni alapértékre állnak.

3.3.11.8. Szerkesztés





Kör zárási határszög — Ha a rajzolt ív középponti szöge kisebb, mint α vagy nagyobb mint 360°– α, akkor teljes kör jön létre.

Vetítővonal a munkasíkra — A vetítővonal megjelenítését kapcsolhatjuk KI/BE. Szemlélteti a kurzor munkasíktól való távolságát.

Tartományok automatikus összemetszése esetén — Beállítható, hogy tartományok automatikus összemetszésekor törlődjenek-e a tartománykontúrok feleslegessé vált szakaszai.

Hálózatlan szerkezeti elemek automatikus szétbontása csomópont beszúródásakor — A program a szerkesztés során ún. szerkezeti elemekkel dolgozik. Szerkezeti elemnek tekintjük azt a vonalszakaszt, melyet a szerkesztés során egy elemként adtunk meg. Ha a szerkesztés során egy ilyen vonalra új csomópontot illesztünk be vagy felosztjuk, a vonal továbbra is egy szerkezeti elem marad, de az elemen belül több végeselem jön létre. Ebben az esetben a szerkezeti elemre kattintva az őt alkotó összes végeselem automatikusan kijelölődik.
A kapcsoló bekapcsolásával ezt a működést módosíthatjuk. Bekapcsolt állapotban, ha egy szerkezeti elemre új pontot szúrunk be, mindig új szerkezeti elemek jönnek létre.
A több végeselemből álló szerkezeti elemeket a „Szerkezeti elemek szétbontása" menüben alkotóelemekre bonthatjuk.

Vonal végeselemek is kijelölhetőek — Bekapcsolása esetén a szerkezeti elemek egyes végeselemei külön-külön is kijelölhetőek, egyébként csak a teljes szerkezeti elemet tudjuk kijelölni.

Méretezési elemek is kijelölhetőek — Bekapcsolása esetén szerkezeti elemek helyett méretezési elemeket tudunk kijelölni. Méretezési elemnek olyan, egyetlen egységként méretezhető végeselemelemcsoportot nevezünk, melyekhez azonos acél vagy fa méretezési paramétereket rendeltünk.

Kikapcsolt hálóelemek is kijelölhetőek — Ha ezt a funkciót kikapcsoljuk (ez az alapértelmezés), akkor a kikapcsolt (azaz nem látható) háló pontjait, vonalszakaszait nem jelöli ki a program, és ezek táblázatokban sem jelennek meg.
Ha a funkciót bekapcsoljuk, a nem látható hálópontokra és szakaszokra is kerülhet kijelölés, és ezek a táblázatokba is bekerülnek.

Kikapcsolt háló csomópontjainak azonosítása eredmény-lekérdezéskor

Eredménylekérdezéskor, mivel az eredmények a végeselemek csomópontjain adódnak, kikapcsolt háló mellett is szükség lehet a csomópontok azonosítására. Ez a viselkedés itt szabályozható.

Segítő feliratok a kurzor mellett

A szerkesztés során a kiválasztott funkcióhoz tartozó tájékoztató szövegek jelenjenek meg a kurzor mellett. Kikapcsolt állapotban a tájékoztató szöveg csak a program alsó „üzenet" sorában jelenik meg.

Összes fólia szerkeszthetővé tétele a fólia-szerkesztőben

Bekapcsolt állapotban a háttérfólia szerkesztőt indítva a fóliák zárolása automatikusan megszűnik, így minden fólia szerkeszthetővé válik.
Kikapcsolt esetben nem történik automatikus feloldás, így megakadályozhatjuk a véletlen módosítást. Ha mégis módosítani szeretnénk valamelyik fólián, akkor a zárolást kézzel is feloldhatjuk a gyorskapcsolóknál.

Geometria ellenőrzése a számítás előtt

Bekapcsolása esetén minden számítás előtt automatikusan meghívódik a geometria ellenőrzése. *Lásd...* **4.8.20 Ellenőrzés**

Rasztervonalak figyelembevétele a teljes ábrához

Az opció bekapcsolása esetén a teljes ábra meghatározásakor a program a raszterhálókat is figyelembe veszi.

A nézet megőrzése undo műveleteknél

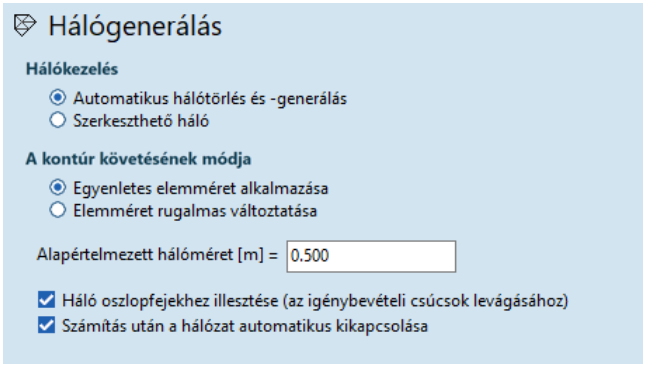
Bekapcsolása esetén a modellen végrehajtott módosítások visszavonásakor a modell nézete változatlan marad.
Kikapcsolása esetén a visszavonás a modell korábbi nézetét is visszaállítja.

Azonosított elemek kiemelése színezéssel

Az egérkurzorral azonosított elem (vagy elemek) színezése megváltozik (drótváz nézetben és látványterven is). A szín a jobboldali négyzetre kattintva tetszés szerint módosítható.

3.3.11.9. Hálógenerálás





Hálókezelés

Két beállítási mód lehetséges:

Automatikus hálótörlés és generálás
Ha a tartományon valamilyen szerkesztést végzünk, a program automatikusan törli a tartományról a hálót. A számítás indításakor lehetőség van a törölt hálók automatikus újra generálására.

Szerkeszthető háló
A generált háló egyedileg módosítható.

A kontúr követésének módja

Egyenletes elemméret alkalmazása
A tartomány kontúrjától, alakjától függetlenül a felhasználó által megadott elemmérettel készül a hálózat (kevesebb végeselem-felhasználás)

Elemméret rugalmas változtatása
A tartomány alakjának figyelembevételével a program optimális hálózatot alakít ki. Azokon a helyeken, ahol megfelelő a felhasználó által megadott elemméret, azt alkalmazza, ahol pedig sűrűbb háló szükséges, ott automatikusan azt generálja.

Alapértelmezett hálóméret

Ha olyan tartományra adjuk meg a hálózási paramétereket, melyre korábban még nem generáltunk hálózatot, a dialógusablakban az itt megadott érték jelenik meg alapértelmezésként.

Háló oszlopfejekhez illesztése

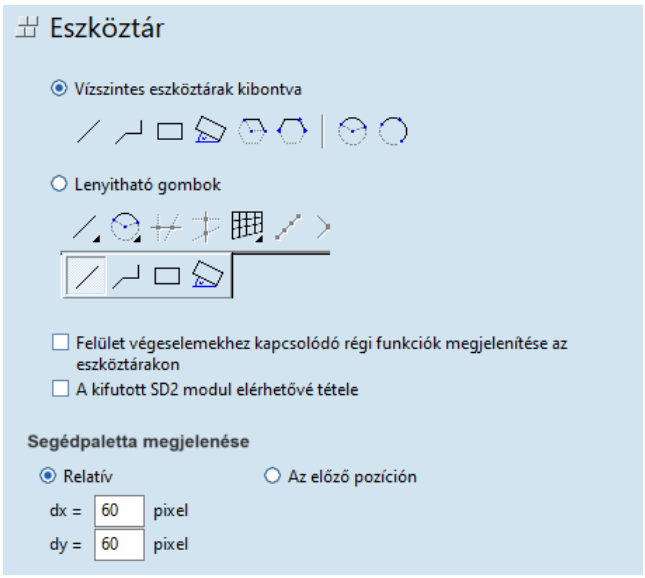
A *Háló oszlopfejekhez illesztése* opció új tartományok hálózásakor az oszlop keresztmetszetek konvex burkoló poligonjait is figyelembe veszi Ennek alkalmazása akkor szükséges, ha később szeretnénk elvégezni az igénybevételi csúcsok levágását. *Lásd még* **4.12.1.2 Hálógenerálás tartományokra**.

Számítás után a hálózat...

Ha a *Számítás után a hálózat automatikus kikapcsolása* opciót választjuk, a számítás után a háló megjelenítése automatikusan kikapcsolódik.

3.3.11.10. Eszköztár





Eszköztár megjelenítése

Ha a *Vízszintes eszköztárak kibontva* rádiógombot választjuk, akkor az eszköztáron található valamennyi ikon egymás mellett jelenik meg. Az eltérő funkciókat kis határolóvonal különíti el egymástól.
A *Lenyitható gombok* rádiógomb kiválasztása esetén az azonos funkcióhoz tartozó ikonokat egy-egy kiemelt ikon reprezentálja az ikonsorban. Ezek jobb alsó sarkán a nyílra kattintva egy ikonpaletta jelenik meg, amely már a funkció összes ikonját tartalmazza.

A tartományok használata feleslegessé teszi, hogy külön felület végeselemeket hozzunk létre és azokra adjunk meg terhet. A régi modellekkel való kompatibilitás megőrzése érdekében ezek a funkciók megmaradnak, de elrejtve. Láthatóságukat a *Felület végeselemekhez kapcsolódó régi funkciók megjelenítése az eszköztárakon* kapcsoló szabályozza.

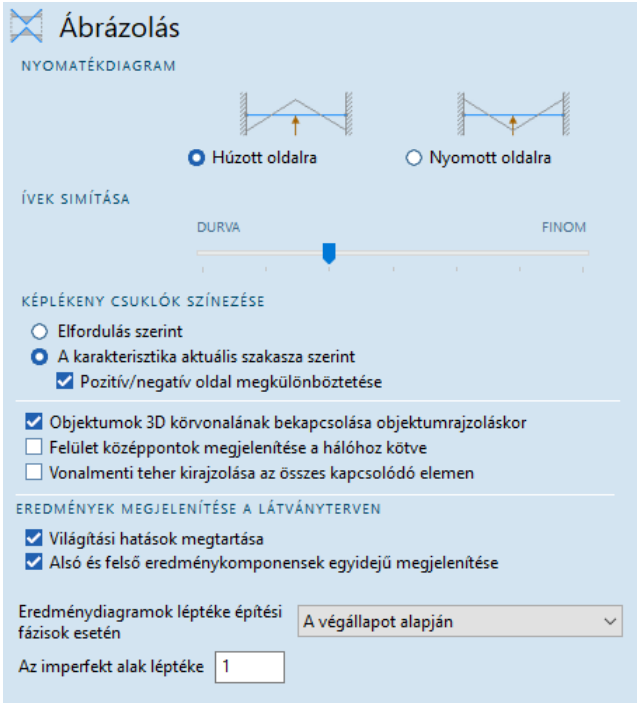
Csavarozott acélszerkezeti kapcsolatok méretezésére az SC1 modult ajánljuk. Az elavult SD2 modul minden konfigurációban aktiválható *A kifutott SD2 modul elérhetővé tétele* kapcsolóval.

Segédpaletta megjelenítése

Elhelyezése lehet

Relatív	A *dx* és *dy* távolságot pixelekben adhatjuk meg.
Az előző pozíción	A segédpaletta a korábban beállított pozícióban jelenik meg

3.3.11.11. Ábrázolás



Nyomaték-diagram

Beállítható, hogy a nyomatékdiagram a *Húzott oldalra* vagy a *Nyomott oldalra* kerüljön.

Ívek simítása

Az ívek megjelenítése tört vonalakkal történik, ezért megadható a poligonszakaszok sűrűsége.

Beállítása egy skála segítségével történik, amely a durvától a finom felé mozdítható el. Minél finomabb a beállítás, annál inkább közelíti a megjelenített poligon az ív kontúrját (ez a paraméter csak a megjelenítést befolyásolja, a számításra nincs hatása).

Képlékeny csuklók színezése

Az *Elfordulás szerint* opció a csuklót az elfordulás mértéke szerint színskála alapján színezi.
A másik lehetőség, *A karakterisztika aktuális szakasza szerint,* az alapján színezi a csuklót, hogy a nyomaték-elfordulás-karakterisztikának mely szakaszán tartózkodik. Ha meg akarjuk különböztetni, hogy a kérdéses szakasz a karakterisztika pozitív vagy negatív oldalára esik, kapcsoljuk be a *Pozitív/negatív oldal megkülönböztetése* kapcsolót.

Kapcsolók

Objektumok 3D körvonalának bekapcsolása objektumrajzoláskor:
Objektumok rajzolása közben (**4.9.4 Objektumok rajzolása**) lehetővé teszi a rajzolt objektum 3D körvonalának megjelenítését akkor is, ha éppen nem látványtervet kapcsoltunk be.

Felület középpontok megjelenítése a hálóhoz kötve
Aktiválása esetén a felület középpontokat csak bekapcsolt végeselemháló esetén jelöli a program.

Vonalmenti teher kirajzolása az összes kapcsolódó elemen:
Pl. két lemez és egy fal találkozásánál az él mentén elhelyezett vonalmenti teher kirajzolását szabályozza. Ha egy részlet bármelyik elemet tartalmazza, akkor bekapcsolt állapot esetén a részletben a teher is megjelenik. Kikapcsolt állapotban a teher csak annál az elemnél jelenik meg, amelyikhez rendeltük (így ellenőrizhető például, hogy a teher komponenseit melyik elem lokális rendszerében adtuk meg).

Eredmények megjelenítése látványterven

Ha a *Színezett testmodell* eredménymegjelenítési módot választjuk (**6.1 Statika**), akkor a program a látványterven megjelenő elemek felületét az éppen kiválasztott eredménykomponens ottani értékeinek megfelelően színezi.

Világítási hatások megtartása:
A látványterv árnyalást alkalmaz, emiatt megjelenő színek a felület megvilágításának függvényében sötétebbnek vagy világosabbnak mutatkoznak. A világítási hatások kikapcsolásával eredménymegjelenítéskor *Színezett testmodell* esetén is minden felületen a színskála eredeti színeit látjuk.

Alsó és felső eredménykomponensek egyidejű megjelenítése
A *Színezett testmodell*el lehetőség nyílik rá, hogy ahol egyébként külön eredménykomponensek mutatják a felületelem tetején és alján számított értéket (pl. felület feszültség vagy számított vasmennyiség), ezek most egyszerre jelenjenek meg az ábrán.

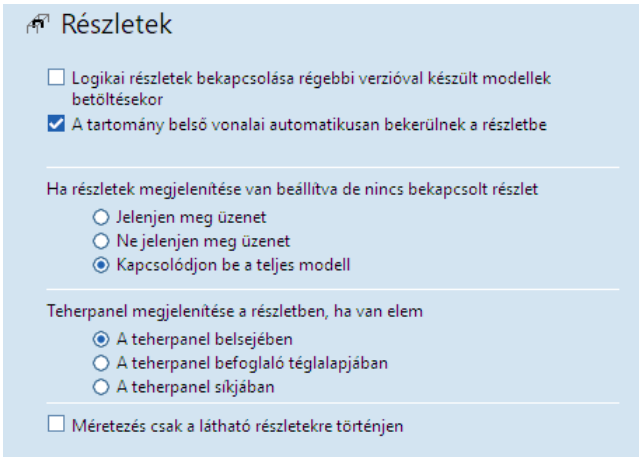
Eredménydiagramok léptéke építési fázisok esetén

Az eredménydiagramok összehasonlíthatósága érdekében a program minden építési állapotban ugyanolyan léptékkel ábrázolja az eredményeket. Beállítható, hogy ezt a közös léptéket a végállapot, vagy összes fázis határozza meg. Az utóbbi lehetőséget csak olyankor érdemes választani, ha építés közben valamiért nagyobb értékek alakulnak ki.

Az imperfekt alak léptéke

Globális vagy kihajlási alakból számolt imperfekciós teheresetet kiválasztva a szerkezet imperfekt alakja jelenik meg, az ábrázolt imperfekció az itt beállított léptékszorzóval befolyásolható.

3.3.11.12. Részletek



Beállítható, hogy régebbi (logikai részleteket még nem kezelő) verzióval készült modellek betöltésekor automatikusan kapcsolódjanak-e be a logikai részletek, illetve, hogy a tartományok belső vonalai automatikusan bekerüljenek-e azokba a részletekbe, ahol a tartomány szerepel. Itt szabályozható az is, mi történjék, ha a részletek megjelenítését kértük, majd minden részletet kikapcsoltunk.
Beállítható, hogy a teherpanel mikor jelenjen meg egy adott részletben.

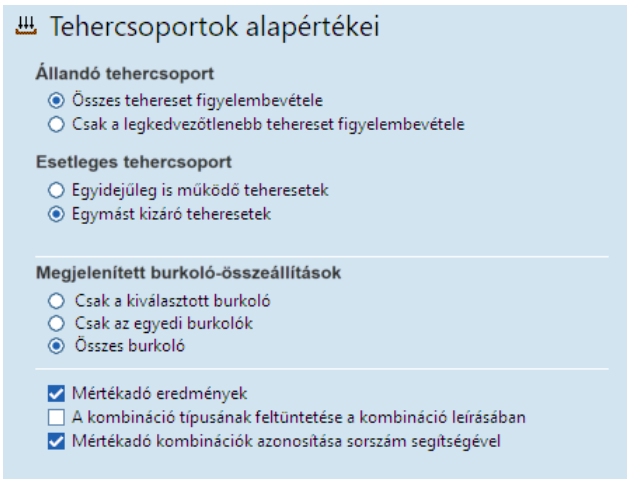
Méretezés csak a látható részletekre történjen

Ha a kapcsoló aktív, akkor a program csak az aktuális részletben látható elemek méretezését végzi el. Ez nagy modelleknél gyorsabb munkát eredményezhet, viszont a részletek váltásakor újra várni kell azon új elemek eredményeinek számítására, amelyek korábban még nem voltak meghatározva.
Kikapcsolt állapotban a program az összes elem méretezését egyszerre végzi el. Ez hosszabb időt vehet igénybe, de a részletek váltásakor már nem kell új számítást végeznie a programnak.

A kapcsoló a következő eredménykomponensek számítására van hatással:

- Szükséges vasmennyiség
- Repedéstágasság
- Acél méretezési elem kihasználtsága
- Fa méretezési elem kihasználtsága

3.3.11.13. Tehercsoportok alapértékei



Az újonnan létrehozott tehercsoportok alapértékét állíthatjuk be, illetve itt kaptak helyet a burkolókkal és kombinációkkal kapcsolatos beállítások.

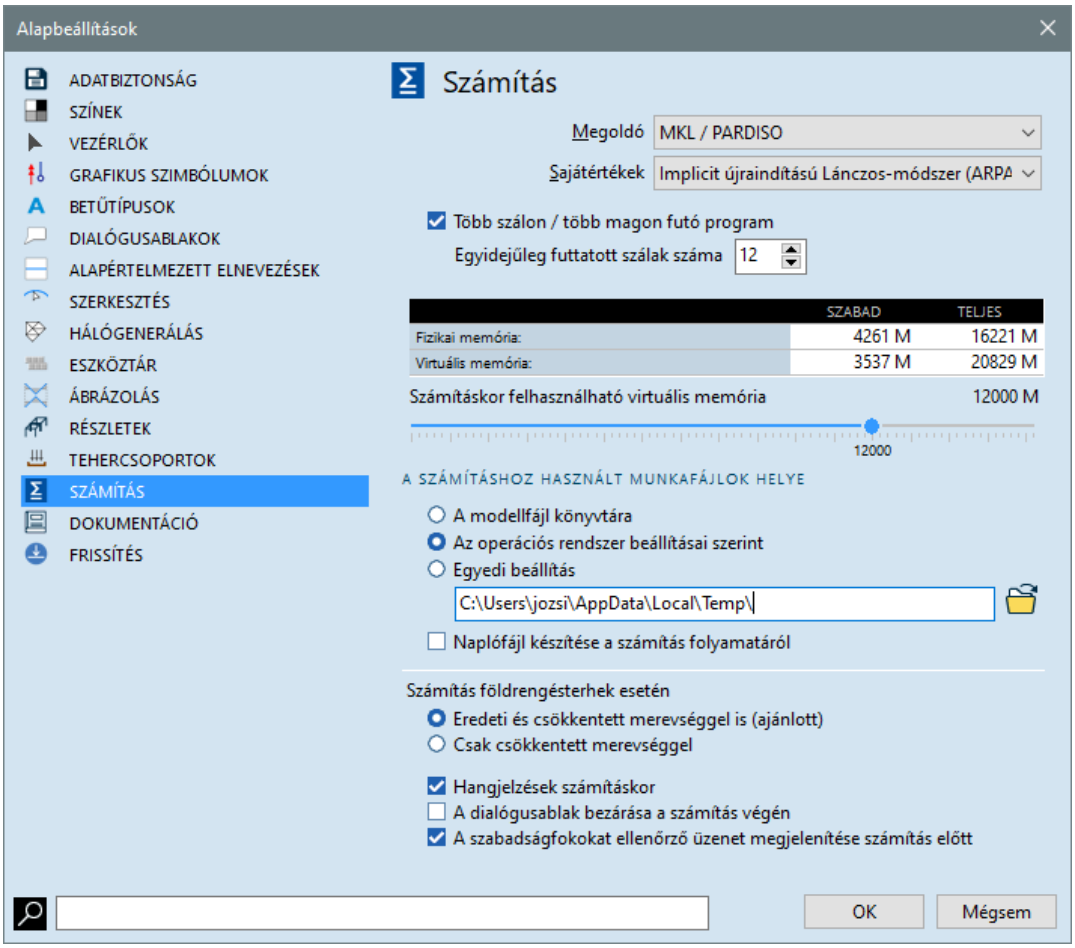
Szabályozhatjuk, hogy az eredmények kiértékelésekor valamennyi burkoló kiválasztható legyen, vagy csak az egyedi burkolók kerüljenek a legördülő listába, esetleg csak az *Ábrázolási paraméterek* ablakban (*lásd...* **6.1 Statika**) éppen kiválasztott burkoló jelenjen meg.

Szabályozható, hogy a kombinációk leírásában szerepeljen-e a kombináció típusa (hogy pontosan milyen ULS vagy SLS kombináció).

Mértékadó kombinációk azonosítása sorszám segítségével

A mértékadó kombinációk összevetésének megkönnyítésére a kombináció nevének elejére illeszthető annak belső azonosító sorszáma.

3.3.11.14. Számítás



Megoldó

Az X8 verzióig használt megoldó mellett kiválasztható az Intel MKL / PARDISO magas szinten optimalizált megoldója, mely főleg a nagy méretű modellek futattását gyorsítja fel jelentősen.

Sajátértékek

Sajátérték-számításra az X8 verzióig használt *Altér-iteráció* mellett kiválasztható az ARPACK-NG / PARDISO szerkezetvizsgálatban különösen hatékony számítója, mely a rendkívül gyors *Implicit újraindítású Lánczos-módszer*t alkalmazza a sajátértékek és sajátvektorok (ezen keresztül a sajátfrekvenciák és kritikus teherszorzók, illetve a rezgésalakok és kihajlási alakok) meghatározására.

Több szálon/ több magon futó program

A *Több szálon / több magon működő program* funkció bekapcsolása esetén a számítás az egyenletrendszer megoldását több szálon futtatja. A futási idő több szálon lerövidül. A gyorsulás mértéke függ a memória méretétől, a feladat nagyságától, a szerkezeti elemek összetételétől. Statikai számítás esetén 1,5-2 szeres, míg rezgésszámítás esetén 4-5-szörös sebesség is elérhető. Az *Egyidejűleg futtatott szálak száma* kapcsoló lehetővé teszi, hogy a program működését a gépben dolgozó processzor képességeihez igazítsuk.

A kapcsoló a program más funkcióinál (mértékadó számítása, geometriai vizsgálatok, egyes méretezési eljárások) is engedélyezi a több szálú futtatást. Ha valahol netán váratlan hibát, lefagyást tapasztalunk, érdemes a funkciót a több szálú működést kikapcsolása után újra futtatni.

Számításkor felhasználható virtuális memória

A számításkor a program meghatározza a rendelkezésre álló szabad memóriaméretet és az egyenletrendszert ennek megfelelő blokkokra tagolja. Ez megfelelő hatékonyságot biztosít, viszont a program lefoglalhatja a memória jelentős részét. Ha a számítás közben más alkalmazásokat is szeretnénk használni, lehetőségünk van a felhasználható memória korlátozására.

Munkafájlok helye

A számításkor létrehozott munkafájlok helye adható meg.

Három lehetőség közül választhatunk, eszerint a munkafájl helye lehet:

- *A modellfájl könyvtára*
- *Az operációs rendszer beállítása szerinti könyvtár*
- *A felhasználó egyedi beállítása szerinti könyvtár*

Naplófájl készítése a számítás folyamatáról:

Ha ez az opció bekapcsolt állapotban van, akkor a számítás technikai részletei (számítás lépései, az egyes lépések futásideje) naplózásra kerülnek és a *modellnév_log.txt* fájlba mentődnek.

Hangjelzések számításkor

Amennyiben ez az opció aktív, a számítás befejezésekor vagy hibaüzenet esetén hangjelzés figyelmeztet. Működéséhez hangkártya és hangszórók szükségesek.

Számítás földrengésterhek esetén

Ha a számítás után szeretnénk megnézni a számítás paramétereit, az egyenletrendszer méretét vagy a futásidőt, hagyjuk kikapcsolva ezt az opciót.

Dialógusablak bezárása a számítás végén

Ha a számítás után szeretnénk megnézni a számítás paramétereit, az egyenletrendszer méretét vagy a futásidőt, hagyjuk kikapcsolva ezt az opciót.

A szabadságfokokat ellenőrző üzenet megjelenítése számítás előtt

A program számítás előtt ellenőrzi, hogy a beállított szabadságfokok összhangban vannak-e a szerkezet geometriájával, illetve terheivel, és szükség esetén üzenetet küld, melyben felajánlja a szabadságfokok módosítását. *Lásd...* **4.9.24 Csomóponti szabadságfok**

Az üzenetablakon beállítható, hogy *Ez az üzenet ne jelenjen meg ennél a modellnél.* Ekkor a program megjegyzi az aktuális válaszokat és többet nem kérdez rá.

Ha szeretnénk visszaállítani az üzenetablak megjelenését, itt megtehetjük.

Ha itt kapcsoljuk ki az üzenetablak megjelenését, a program ellenőrzés után szükség esetén üzenet nélkül módosítja a szabadságfokokat és a változást le is menti a modellbe.

3.3.11.15. Dokumentáció



A dokumentálás nyelve

A nyomtatott táblázatok, rajzok feliratozási nyelvének kiválasztása. Jogosultságtól függően az alábbi nyelvek választhatók: magyar, angol, német, francia, olasz, holland, lengyel, portugál, spanyol, román, cseh, szlovák, szerb, horvát, szlovén, görög.

Táblázat nyomtatása

Ha egy táblázatban kevés oszlop található, akkor a helytakarékosság érdekében a program egymás mellett több hasábot tud megjeleníteni.

A kapcsoló segítségével szabályozható, hogy legyen-e tördelés, illetve beállítható, hogy a tördelés csak akkor történjen meg, ha a táblázatnak a megadott sorok számánál több sora van.

A tartalomjegyzék helye egy listából választható ki (címlap, második vagy harmadik oldal).

Nyomtatási puffer

Nagyméretű dokumentáció nyomtatásakor előfordulhat, hogy a program számára nincs elegendő memória az oldalak tárolásához. Ha a rendelkezésre álló memória növelésére nincs lehetőség, az oldalak tárolásra átirányítható merevlemezre.

Oldalszám nyomtatása kikapcsolt fejlécnél is

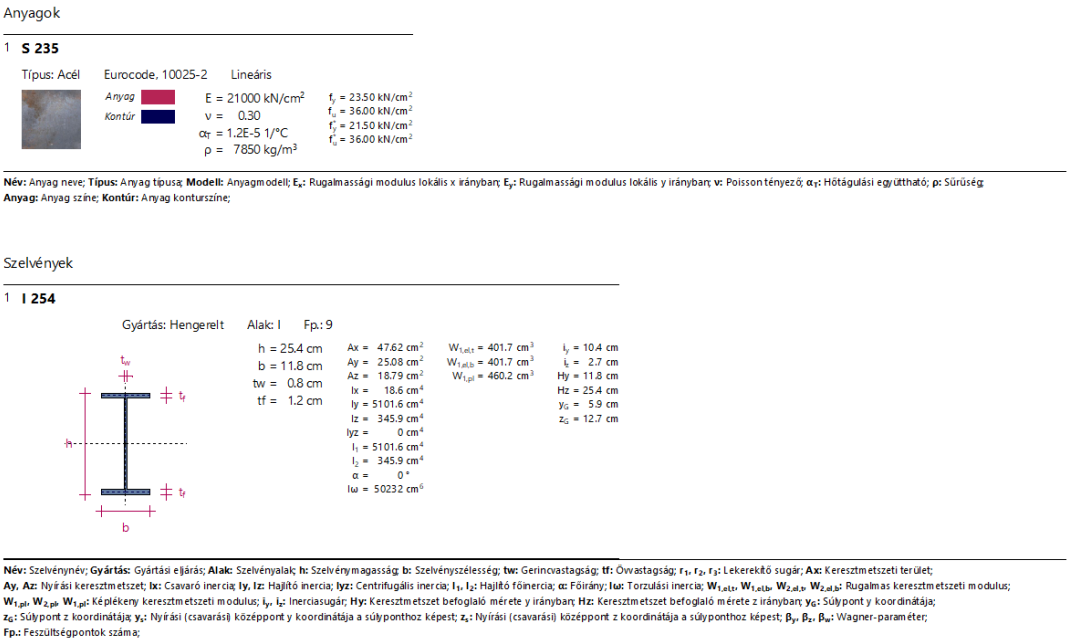
Itt szabályozhatjuk, hogy a kinyomtatott oldalakra akkor is kerüljön-e oldalszám, ha a nyomtatás dialógusablakon kikapcsoltuk a fejléc nyomtatását.

Automatikus elnevezések fordítása

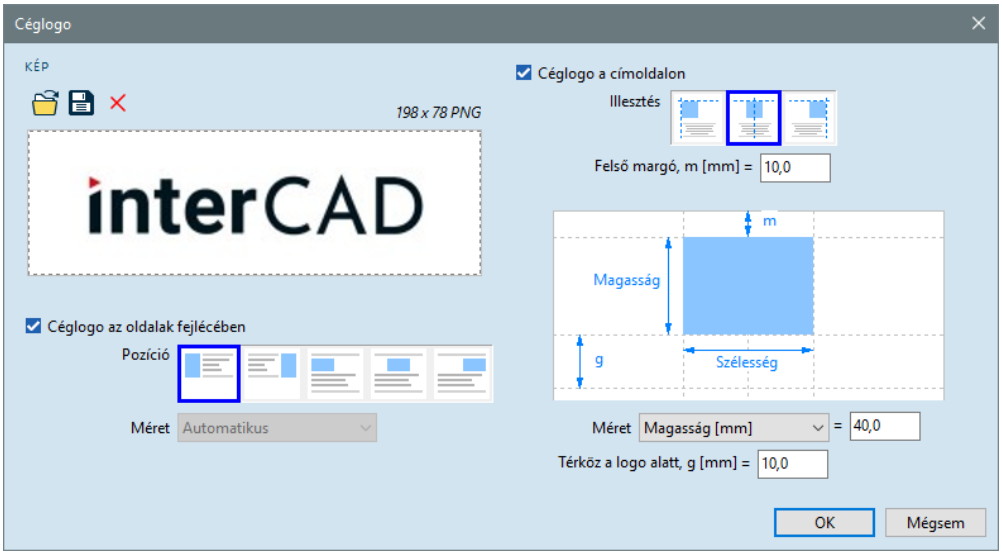
Ha ezt az opciót bekapcsoljuk, akkor dokumentációs nyelv váltása esetén a dokumentációba bekerült automatikus elnevezéseket a program lefordítja az új dokumentációs nyelvre.

Speciális dokumentációs táblázatok használata anyagokhoz és szelvényekhez

Az anyag- és szelvénytáblázat nyomtatásakor a táblázat egyébként szokásos tördelése helyett áttekinthetőbb egyedi dokumentáció is választható, ahol az összetartozó paraméterek csoportokban jelennek meg. Ez a formátum csak nyomtatás vagy DOCX export esetén érthető el, RTF exportáláskor nem.



Céglogo



A dokumentációban alkalmazott céglogo betölthető, lementhető és törölhető. A logo megjelenhet a nyomtatott oldalak fejlécében és/vagy a dokumentáció borítóján. Mindkét területen meg kell adni a logo elhelyezkedését (pozíció, méret, margók). Ezek a beállítások nyomtatás vagy DOCX export esetén jutnak érvényre.

☞ **RTF-be nyomtatásra ezeknek a beállításoknak nincs hatásuk, a céglogót ott a template fájl módosításával illeszthetjük be a dokumentációba.**

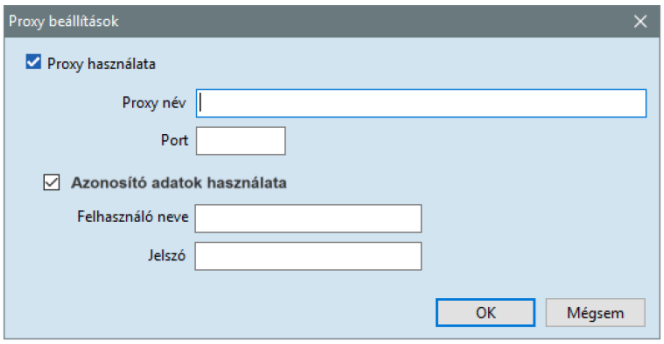
3.3.11.16. Frissítés



Új kiadás keresése Választható lehetőségek: naponta, hetente, havonta, soha.

AXISVM frissítése az internetről A gomb megnyomása után elindul az AXISVM Internet Frissítés Varázsló és végig kalauzol a letöltés lépésein. Ha a letöltés sikerült, és a befejező oldalon beállítottuk *A letöltött frissítés elindítása* opciót, automatikusan bezárja a futó programot és elindítja az új kiadás telepítését.

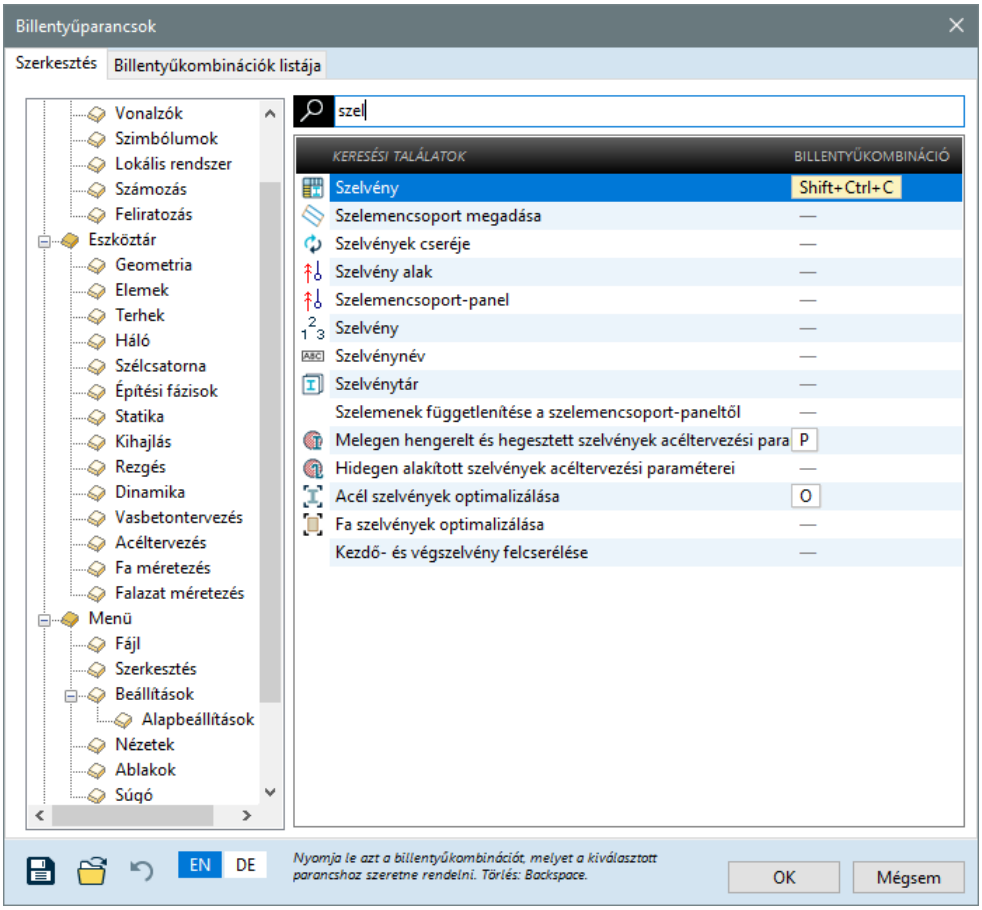
Proxy beállítások Ha a hálózat proxy szerveren keresztül csatlakozik az internethez, a *Proxy beállítások* gombra kattintva megadhatjuk a proxy szerver adatait.



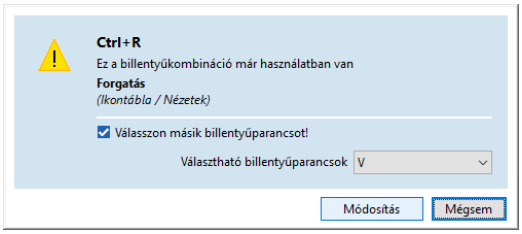
3.3.12. Billentyűparancsok

Itt a különböző menüpontokhoz, eszköztár-elemekhez lehet saját billentyűkombinációt rendelni, a meglévőt módosítani vagy törölni.

Szerkesztés



A bal oldali fa-struktúra tartalmazza a program valamennyi parancsát az elérésük szerinti csoportosításban. A parancsokra a keresőmezőbe írt kifejezéssel keresni is lehet. A jobb oldali listában a megfelelő sor kiválasztása után a billentyűkombináció leütésével a gyorsgomb rögzítésre kerül. A **Backspace** billentyűvel a hibásan bevitt adat törölhető. Már használatba vett billentyűkombináció leütésekor hibaüzenet jelenik meg:



A program jelzi, hogy melyik másik parancsnál fordul elő az adott billentyűkombináció.
A *Válasszon másik billentyűparancsot* jelölőnégyzet bekapcsolásakor a még használatba nem vett kombinációk listájából kiválasztható egy másik billentyűparancs.
Ha üresen hagyjuk, akkor a *Módosítás* gombra kattintva felülbírálhatjuk a billentyűparancs korábbi funkcióját.

A definiált billentyűparancs-kiosztás lementése egy saját *axsc* állományba

Egy korábban lementett billentyűparancs-kiosztást tartalmazó *axsc* állomány betöltése

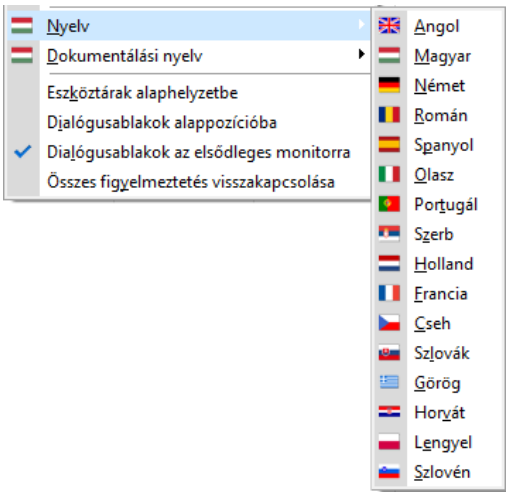
Alapértékek visszaállítására szolgáló gomb

EN DE Váltási lehetőség az angol és német billentyűelnevezések között

Billentyű-kombinációk listája

Valamennyi definiált billentyűparancs megtekinthető a *Billentyűkombinációk listája* fülön.
A legördülő listából választhatunk, hogy a *Parancsok listáját* vagy a *Billentyűkombinációk listáját* kérjük (azaz a listát a parancsok vagy a hozzájuk rendelt billentyűkombinációk szerint rendezzük).
A teljes listát tartalmazza a **2.6 Billentyűparancsok** fejezet.

3.3.13. Nyelv



Itt megválasztható a program (menük, dialógusablakok) nyelve.

3.3.14. Dokumentálási nyelv

A szoftver nyelvétől eltérően is beállítható a dokumentálás nyelve.
Ez határozza meg a képernyőfeliratokon, információs ablakokon, táblázatokon és a dokumentációkban használt nyelvet.

3.3.15. Eszköztárak alaphelyzetbe

A menüpont segítségével az áthelyezett ikontábla, illetve hozzá tartozó ikonpaletták a kiinduló helyzetbe kerülnek. Az Ikontábla a képernyő bal szélén fog megjelenni. Az ikonpaletták is visszakerülnek a megfelelő ikon mellé. Ha az eredmény füleken a legördülő mezők és a szerkesztőmező szélességét megváltoztattuk, ezek is visszaállnak alaphelyzetbe. *Lásd...* **6.1 Statika**

3.3.16. Dialógusablakok alappozícióba

A program megjegyzi, hogy az egyes dialógusablakokat hová mozgattuk, és legközelebb ugyanazon a pozíción jeleníti meg. Ha – például többmonitoros rendszeren – ebből valamilyen zavar adódna, és valamelyik dialógusablak nem látható helyen jelenne meg, a probléma az alaphelyzetbe állítással orvosolható.

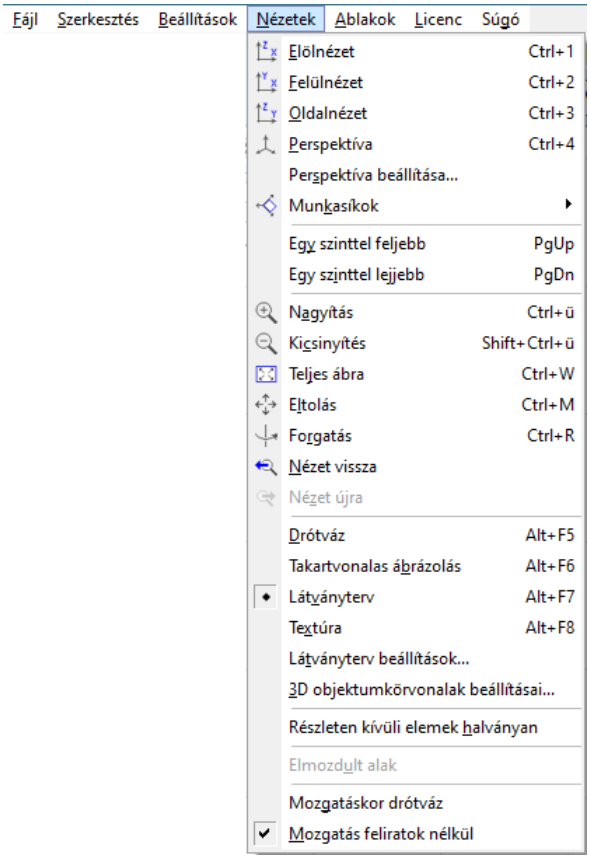
3.3.17. Dialógusablakok az elsődleges monitorra

Az előzőhöz némiképp hasonló funkció: a dialógusablakok megjelenítését az elsődleges monitorra irányítja. Ha például a laptopot külső képernyőhöz kapcsoltuk, bizonyos dialógusablakokat áthúztunk oda, majd leválasztottuk a külső képernyőt, ez az opció biztosítja, hogy minden dialógusablak az elsődleges monitoron jelenjen meg, de a tárolt pozíciójukat nem írja felül. Ha tehát ismét csatlakoztatjuk a külső monitort az ablakok megint az utolsó pozíciójukban jelennek meg.

3.3.18. Összes figyelmeztetés visszakapcsolása

A program több helyen is megjelenít figyelmeztetéseket, melyek kikapcsolhatók. Itt visszaállíthatóak.

3.4. Nézetek



Elölnézet

[Ctrl]+[1]

Lásd részletesen... **2.16.3 Nézetek, perspektíva beállítás**

Felülnézet

[Ctrl]+[2]

Lásd részletesen... **2.16.3 Nézetek, perspektíva beállítás**

Oldalnézet

[Ctrl]+[3]

Lásd részletesen... **2.16.3 Nézetek, perspektíva beállítás**

Perspektíva

[Ctrl]+[4]

Lásd részletesen... **2.16.3 Nézetek, perspektíva beállítás**

Perspektíva beállítása

Lásd részletesen... **2.16.3 Nézetek, perspektíva beállítás**

Egy szinttel feljebb/ Egy szinttel lejjebb

A szerkezetben definiált szintek között lehet egyszerűen navigálni, amennyiben a gyorskapcsolóval kiválasztottunk egy definiált szintet vagy a *Szintek* dialógusablakban az *Aktuális szint megjelenítése* aktív és kiválasztottunk egy szintet a listából.

Munkasíkok

Lásd részletesen... **2.16.7 Munkasíkok**

Nagyítás

[Ctrl]+[ü]

Lásd részletesen... **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Kicsinyítés

[Shift]+ **[Ctrl]+[ü]**

Lásd részletesen... **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Teljes ábra

 [Ctrl]+[W] *Lásd részletesen...* **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Eltolás

 *Lásd részletesen...* **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Forgatás

 *Lásd részletesen...* **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Nézet vissza

 *Lásd részletesen...* **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Nézet újra

 *Lásd részletesen...* **2.16.2 Nagyítás, kicsinyítés**

Drótváz *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Takartvonalas ábrázolás *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Látványterv *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Textúra *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Látványterv beállítások... *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

3D objektum körvonalak beállítása *Lásd részletesen...* **2.16.4 Ábrázolási mód**

Részleten kívüli elemek halványan *Lásd részletesen* **2.16.17 Részletek**

Elmozdult alak Hatása ugyanaz, mintha az *Ábrázolási paraméter* ablakon megjelenő *Ábrázolási alak* funkciónál választanánk ki, hogy a szerkezet az eredeti, vagy deformált alakkal jelenjen meg.

Szelvények drótvázként Látványterven a vékonyfalú szelvények csak a szelvényt leíró szakaszok középsíkjával jelennek meg.

Szelvények kontúrral Látványterven a vékonyfalú szelvények a tömör szelvényekhez hasonlóan teljes kontúrjukkal jelennek meg.

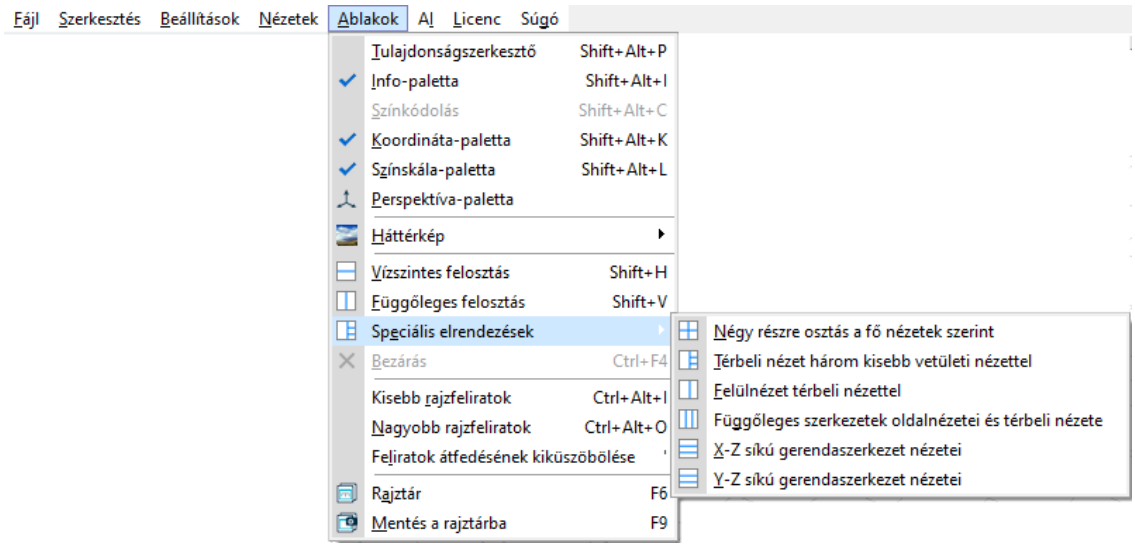
Mozgatáskor drótváz Bekapcsolt esetben a modell forgatása vagy mozgatása közben drótvázas megjelenítés történik.

Mozgatás feliratok nélkül Bekapcsolt esetben a modell forgatása vagy mozgatása közben a feliratok nem jelennek meg.

3.5. Kiegészítő alkalmazások

Az AXISVM szoftverhez készített, COM Server technológiával fejlesztett acél kapcsolat ellenőrző alkalmazás (partnercégünk, a lengyel GammaCAD fejlesztése) a *Kiegészítők* menüből érhető el.
Az applikáció használatáról részletes információt weboldalunkon találhat, a **Támogatás aloldalon** (AXISVM acél kapcsolat méretező applikáció). A parametrikus tervezést megkönnyítő ingyenes alkalmazások a Grasshopper, illetve Dynamo szoftverekkel készült parametrikus szerkezetek egyszerű átvételét teszik lehetővé. *Lásd...* **3.1.8 Parametrikus tervezés**

3.6. Ablakok



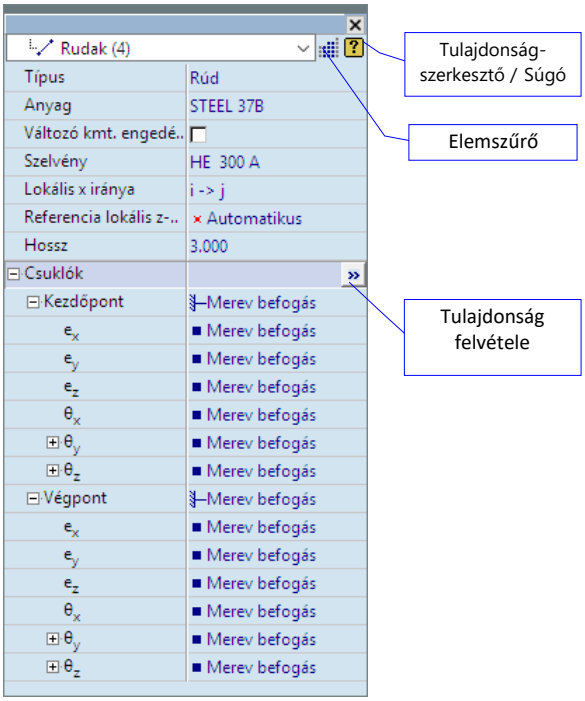
3.6.1. Tulajdonságszerkesztő

A Tulajdonságszerkesztő segítségével egyszerűen módosíthatjuk a kijelölt elemek tulajdonságait. A szerkesztőablakban a tulajdonság megváltoztatása azonnal érvényre jut. Eltérő típusú elemek kijelölése esetén lehetőség van a közös tulajdonságok beállítására is (rácsrúd, rúd, borda kijelölés esetén az anyag és keresztmetszet egyszerre módosítható). Adatmegadás közben a tulajdonságok szerkeszthetők, eredmény lekérdezésnél csak információként jelennek meg.
Egyes numerikus adatokat tartalmazó mezőknél matematikai kifejezéseket is megadhatunk. A matematikai kifejezések a következő operátorokból, illetve függvényekből épülhetnek fel +, –, * , /, (,), SIN, COS, TAN, EXP, LN, LOG10, LOG2, SINH, COSH, TANH, ARCSIN, ARCCOS, ARCTAN, ARCSINH, ARCCOSH, ARCTANH, INT, ROUND, FRAC, SQR, SQRT, ABS, SIGN.

Néhány gyors operátor:

++8	8-at hozzáad az aktuális értékhez
– – 8	8-at kivon az aktuális értékből

Kifejezésekben a # jel az aktuális értéket helyettesíti (pl. #/3 harmadolja azt). Csomópont-koordináták, teherintenzitás, felületvastagság módosításakor az *X, Y, Z* változókkal hivatkozhatunk a globális koordináta-értékekre. Egyes tehertípusok esetében az aktuális teher egy másik komponensére is hivatkozhatunk: csomóponti vagy rúdon koncentrált erő esetén az *Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz* változókkal, rúdon megoszló erő esetén a *px1, py1, pz1, m1, px2, py2, pz2, m2* változókkal (kis- és nagybetű egyenértékű).
Ha például a kijelölt rudak X irányú megoszló terheit szeretnénk Y irányba fordítani az egyes teherintenzitások megőrzésével, írjuk a pY1 mezőbe: *px1,* a pY2 mezőbe: *px2,* majd a pX1 és pX2 mezőbe írjunk nullát.
Ha a szerkezet méretét szeretnénk X irányban a kétszeresére nyújtani, jelöljük ki az összes csomópontot, az X koordinátához pedig írjuk be: X*2.
Az alkalmazható műveletek (operátorok és függvények) leírása a Tulajdonságszerkesztő Súgó részben található.
A listában + jellel jelölt tulajdonságra duplán kattintva, az alá besorolt tulajdonságok jelennek meg. Ismételt kattintásokkal a lista visszazáródik.



>> A program a dupla nyíllal (>>) jelölt mezők esetén lehetővé teszi, hogy a kijelölt elemek valamely tulajdonságához egy másik elem tulajdonságát vegyük fel, a dialógusablakoknál megszokott módon.

A tulajdonság-szerkesztőt nem csak adatmódosításra, hanem azonos tulajdonságú elemek kijelölésére, szűrésére is használhatjuk.

Szűrő Egy elemtulajdonságra állva, majd a szerkesztőablak szűrő gombját megnyomva minden olyan elem kijelölhető, melynek tulajdonsága megegyezik az aktuális elemtulajdonsággal.

Példa: egy bizonyos szelvény lecserélése egy másikra a teljes szerkezetben. Egy ilyen szelvényű rúdelem szelvény tulajdonságára állva kijelöljük az összes ilyen rúdelemet, majd átállítjuk a szelvény típusát.

A terheknél hasonló szűrés alkalmazható teherkomponensekre. Jelöljünk ki egy terhet, majd álljunk valamelyik komponensre és kattintsunk a szűrő ikonra. Ekkor kijelölődnek azok az azonos típusú terhek, melyeknek ez a teherkomponense megegyezik a kijelölt teherével.

3.6.2. Információs-paletták

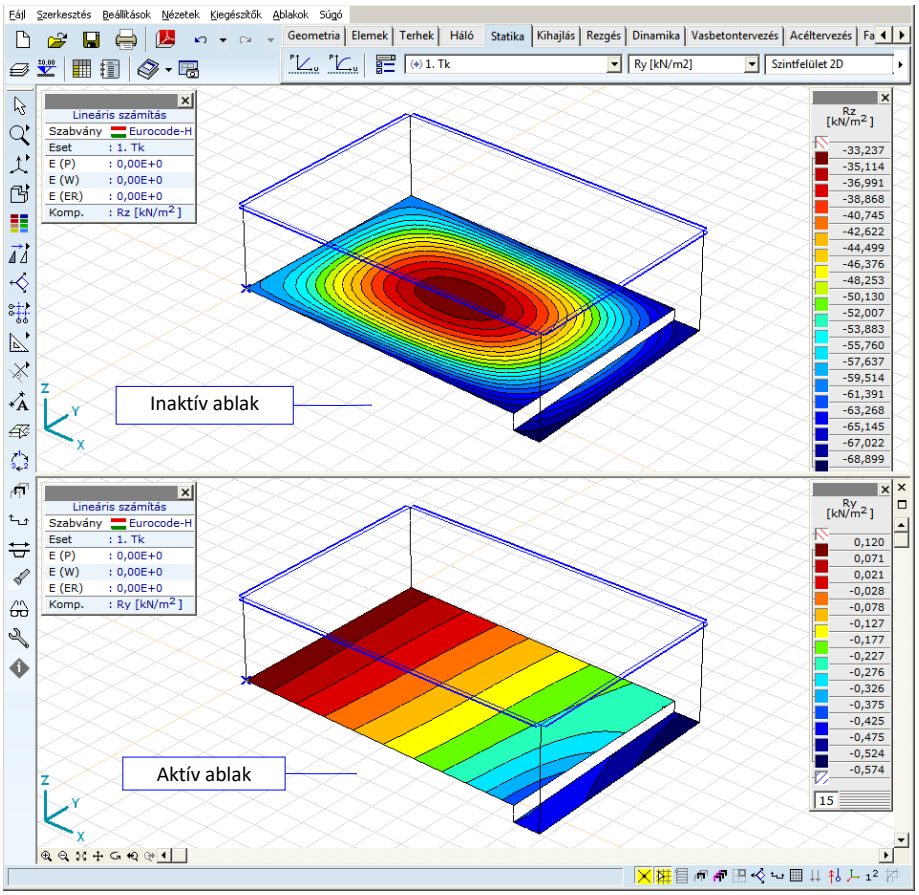
Az Info-, Színkódolás-, Koordináta-, Színskála- és Perspektíva-paletta megjelenítésének ki/bekapcsolása.
Lásd részletesen... **2.19 Információs paletták**

3.6.3. Háttérkép

Háttérképet tölthetünk be az AXISVM munkafelületére és így a modellt elhelyezhetjük leendő környezetébe.
Egy böngésző ablak (*Háttérkép betöltése...* menüpont) segítségével kereshetjük meg a betöltendő képet vagy választhatunk a *Legutóbbi háttérképek* közül (ha több munkaablakot megnyitottunk, akkor mindegyik ablakba más-más képet tölthetünk). A képeket a program az .AXS fájlban tárolja.

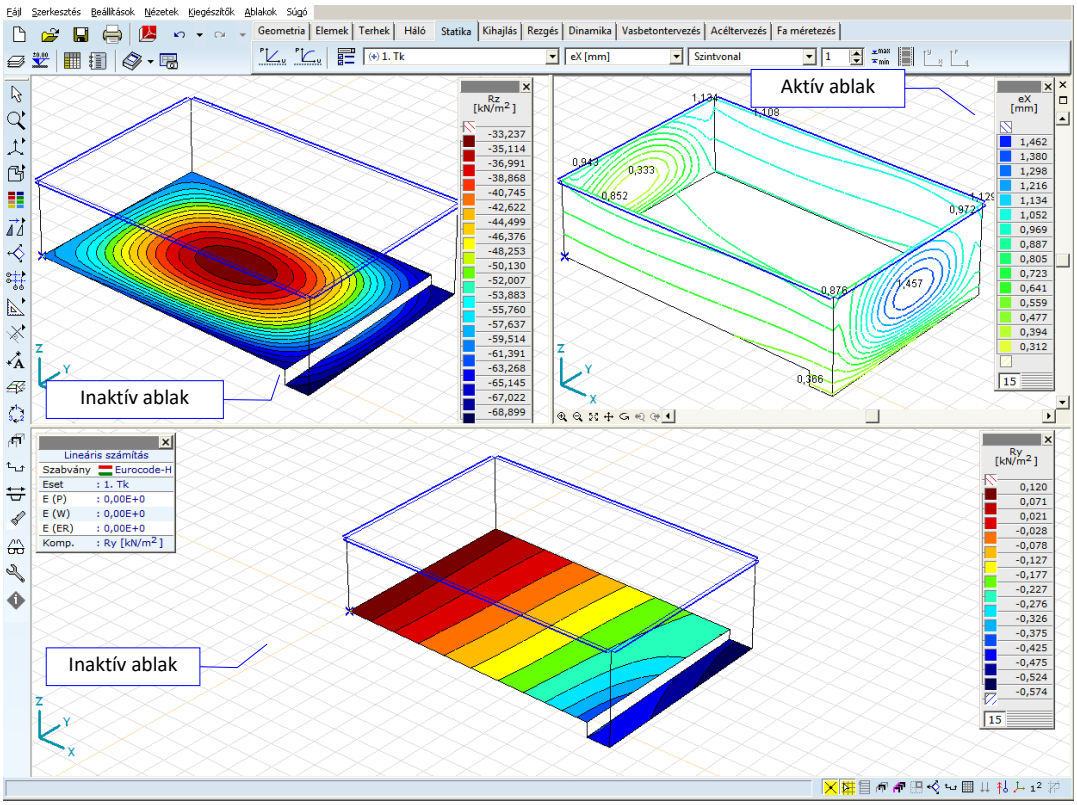
A háttérkép betöltése után az ismert funkciók – kicsinyítés, nagyítás, eltolás, forgatás – segítségével a szerkezetet a megfelelő pozícióba állíthatjuk.

3.6.4. Vízszintes felosztás



Vízszintesen kettéosztja az aktív ablakot. Amelyik ablakba belekattintunk, az lesz az aktív ablak.
Az így létrejött ablakokban a megjelenítési paraméterek külön-külön beállíthatók. Ez előnyösen felhasználható geometriai szerkesztésnél, eredmény kiértékelésnél és dokumentálásnál. Az egyes ablakokban eltérő teheresetek is megjeleníthetőek.
Az aktív ablak a jobb felső saroknál lévő ikon segítségével teljes képernyő méretűre felnyitható ill. visszacsukható.

3.6.5. Függőleges felosztás



Függőlegesen kettéosztja az aktív ablakot. Amelyik ablakba belekattintunk, az lesz az aktív ablak.
Az így létrejött ablakok használata megegyezik a vízszintes felosztás után keletkezett ablakok használatával. Az ablakokat elválasztó keret egérrel megfogható és mozgatható. Az egyes ablakokban eltérő teheresetek is megjeleníthetőek.

3.6.6. Speciális elrendezések

A lenyíló almenüben gyakran használt többablakos elrendezéseket találunk.

Négy részre osztás a fő nézetek szerint
A négy egyenlő nagyságú ablaktáblában balról jobbra és fentről lefelé haladva az elölnézet (X-Z), oldalnézet (Y-Z), felülnézet (X-Y) és perspektív nézet jelennek meg úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

Térbeli nézet három kisebb vetületi nézettel
A baloldali nagyobb ablaktáblában a perspektív nézet látszik, jobb oldalon fentről lefelé haladva a felülnézet (X-Y), elölnézet (X-Z), oldalnézet (Y-Z) úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

Felülnézet térbeli nézettel
A baloldali nagyobb ablaktáblában a felülnézet (X-Y), mellette a perspektív nézet látszik úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

Függőleges szerkezetek oldalnézetei és térbeli nézete
A függőleges felosztással kapott három egyenlő méretű ablaktáblában rendre az elölnézet (X-Z), az oldalnézet (Y-Z), és a perspektív nézet látszik úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

X-Z síkú gerendaszerkezet nézetei
A vízszintes felosztással kapott három egyenlő méretű ablaktáblában rendre az elölnézet (X-Z), az oldalnézet (Y-Z), és a perspektív nézet látszik úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

Y-Z síkú gerendaszerkezet nézetei
A vízszintes felosztással kapott három egyenlő méretű ablaktáblában rendre az oldalnézet (Y-Z), a felülnézet (X-Y) és a perspektív nézet látszik úgy, hogy a teljes modell látható legyen.

3.6.7. Bezárás



Megszünteti az aktív ablakot.

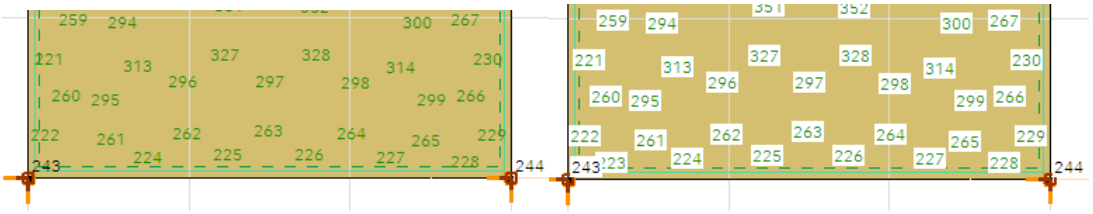
3.6.8. Rajzfelirat méretezése

Kisebb / Nagyobb rajzferiratok

A menünek ezzel a két elemével a rajzok feliratainak méretét módosíthatjuk.

3.6.9. Feliratok átfedésének kiküszöbölése

A funkció bekapcsolása esetén *(Ablakok / Feliratok átfedésének kiküszöbölése)* a program a főablakban megjelenített feliratok kismértékű eltolásával illetve a kevésbé fontos feliratok kikapcsolásával tisztább ábrát hoz létre. Nagyszámú felirat esetén az optimalizálás időigényes lehet.
Elérhető a *Megjelenítés /* Feliratozás dialógusablakban is.

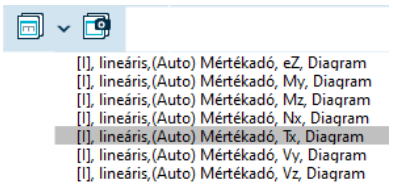


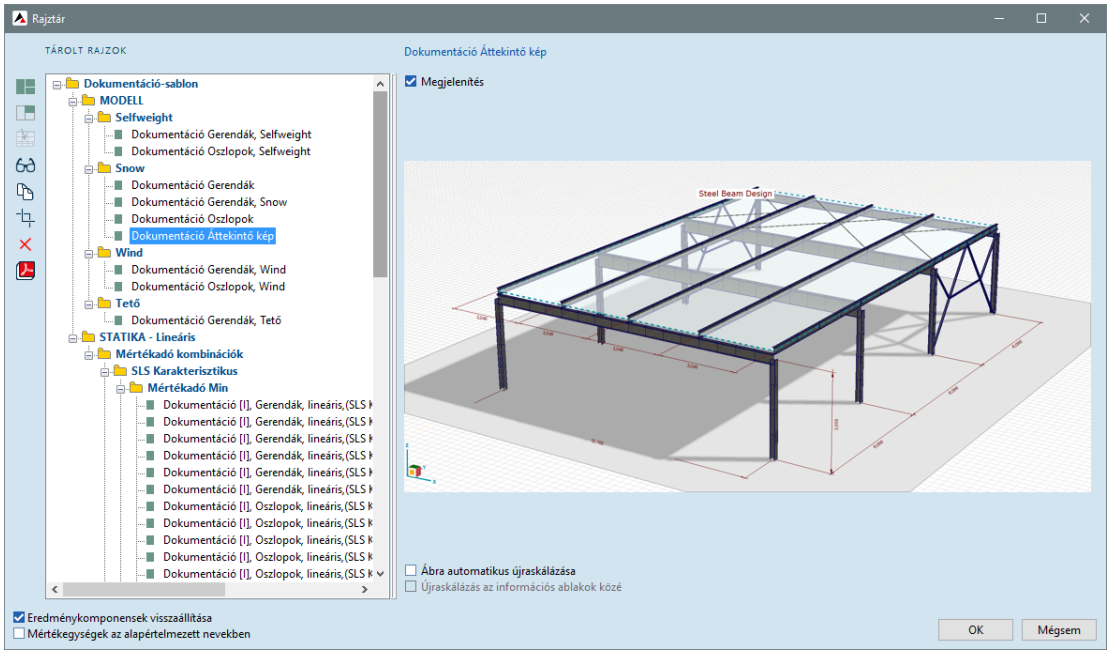
3.6.10. Rajztár



A rajztárban találhatók a programban elmentett ábrák. Ezek sajátossága, hogy nem a képernyőn látható kép, hanem az adott szerkezet, szerkezet-részlet megjelenítéséhez szükséges paraméterek tárolódnak és így a modellen végzett módosítások azonnal megjelennek a lementett rajzon is. Az így mentett rajzokat visszatölthetjük a program munkafelületére vagy felhasználhatjuk a dokumentáció készítéséhez.
A rajztárban nemcsak a főablakban látható rajzokat, de rúdelemek elmozdulás, igénybevétel, feszültség diagramjait, az átszúródás vizsgálat, a vasbetonoszlop és gerendavasalás, valamint a homloklemezes csavarozott kapcsolat méretező asszociatív ábráit is tárolhatjuk.

Az ikon melletti nyílra kattintva a lenyíló listából kiválaszthatunk egy már meglévő, lementett rajzot.
A rajztár ikonra kattintva a következő dialógusablak jelenik meg:





A már elmentett ábrák megtekinthetők, visszatölthetők a munkafelületre illetve törölhetők.



A kiválasztott rajz betöltése a teljes munkafelületre
Ha a gomb lenyomott állapotban van, a formot OK-val bezárva a rajz betöltődik a teljes munkafelületre.



A kiválasztott rajz betöltése az aktív ablakba (osztott munkafelület esetén)
Ha a gomb lenyomott állapotban van, a formot OK-val bezárva a rajz betöltődik az aktív ablakba.



Diagram betöltése
Ez a funkció akkor válik elérhetővé, ha nem főablakból származó ábrát, hanem eredmény fülön rúdra kattintással kapott rúddiagramot vagy méretezési ábrát választunk ki. A gomb megnyomására megjelenik az ábrát eredményező dialógusablak vagy méretezési modul. Az ábra módosítása után az ablakot bezárva választhatunk, hogy felülírjuk az eredeti ábrát vagy új névvel mentjük le.

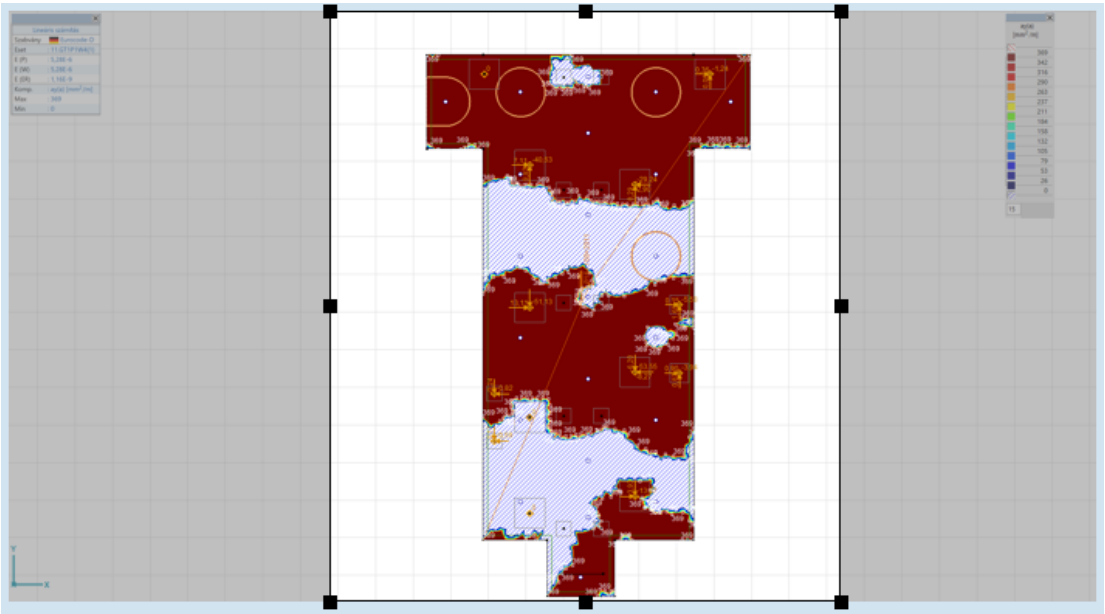


Megváltoztathatjuk *az elmentett rajztári elem beállításai*t.
Egyszerre több elem is kijelölhető. A beállítás az összes kijelölt elemre végrehajtódik.
Ha egy kapcsoló a kijelölt rajztári elemeken eltérő állapotban van, akkor az a kapcsolótáblán szürke bekapcsolt állapottal jelenik meg. Rákattintva az összes rajzon azonos állapotra tehető.



A kiválasztott rajz másolása
Az új rajz neve az eredeti után fűzött (1), (2), stb. lesz. A névre duplán kattintva, – vagy a jobb gombbal kattintva és a helyi menüből az *Átnevezés*t választva – a rajztári elem átnevezhető.

A kiválasztott rajz körbevágása.
A rajztári elemen megjelenő kijelölő téglalappal a rajz körbevágható. A téglalap sarkai, oldalfelezői és maga a téglalap is egérrel odébbhúzhatók. A körbevágás akkor történik meg, ha a rajzra duplán kattintunk, újra az ikonra kattintunk, vagy a formot OK-val bezárjuk.
A körbevágott rajz ugyanúgy viselkedik, mintha mentés előtt a főablakot állítottuk volna ilyen arányúra, tehát az információs ablakok is megjelennek rajta, ezt figyelembe kell venni az új méret meghatározásakor.



A kiválasztott rajz törlése.

Rajztári elemek exportálása interaktív 3D PDF fájlba.

Eredménykomponensek visszaállítása
Bekapcsolt esetben az ábrát az ábrázolt eredménykomponensekkel együtt tölti be (ha az adatbeviteli részen vagyunk és eredményt megjelenítő ábrát töltünk vissza, a program automatikusan átlép az eredmény fülre). Kikapcsolt esetben csak a szerkezet megjelenítéséhez tartozó paramétereket (nézet, forgatás, nagyítás) tölti be az elmentett rajztári elemből.

Mértékegységek az alapértelmezett nevekben
Szabályozható, hogy a rajzok generálásakor felkínált nevekben az eredménykomponens neve mellett a mértékegység is megjelenjen-e. A beállítás az alapértelmezett névvel korábban generált korábbi rajzok nevét is ennek megfelelően módosítja.

Ábra automatikus újra skálázása
Bekapcsolása esetén a rajz automatikusan átskálázza magát, hogy az aktuális tartalom teljesen kitöltse. Ha például a rajztári elem lementése után a modell további részekkel egészült ki, a rajztári elemet betöltve vagy dokumentációban megjelenítve a kibővült modellt fogjuk látni.

Újraskálázás az információs ablakok közé
Bekapcsolása esetén a modell ábra olyan módon skálázódik, hogy az információs ablakok közötti teret a legjobban kitöltse.

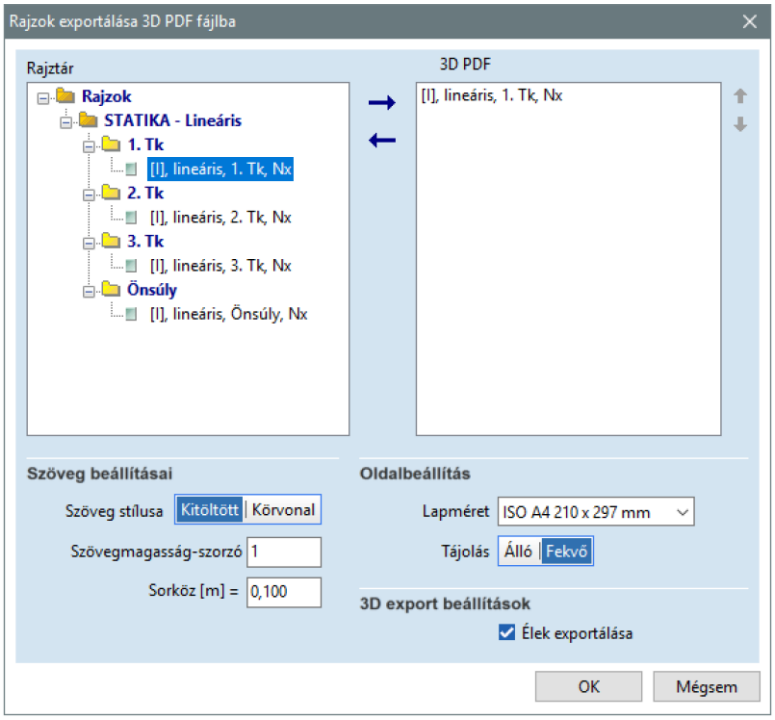
OK Az esetleges változások (törlések) mentésével lép ki a rajztárból.

Mégsem Az esetleges változások (törlések) mentése nélkül lép ki a rajztárból.

3.6.10.1. Rajzok exportálása 3D PDF fájlba



A rajztár ábráit exportálhatjuk 3D PDF fájlba. Az interaktív 3D kép megtekintéséhez kifejezetten az Adobe Acrobat Reader program szükséges, annak is a frissített 8.1-es vagy későbbi verziója.
A baloldali fában kiválasztott rajztári elemeket a jobbra nyíl gombra kattintva helyezhetjük át a PDF-be. A jobboldali listában kijelölt elemeket a balra nyíl gombra kattintva távolíthatjuk el. Az ábrák a jobboldali lista sorrendjét követve külön oldalakra kerülnek a fájlba.
A rajztárban tárolt síkbeli (2D) és térbeli (3D) nézetek egyaránt exportálhatóak. A 2D-s ábrák egyszerű képként kerülnek a PDF fájlba, a 3D-s nézetek az Acrobat Readerben interaktívan forgathatóak, kicsinyíthetőek, nagyíthatóak.

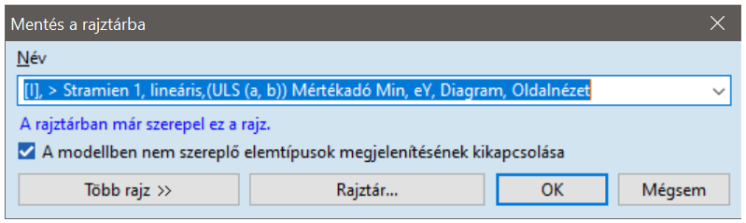


3D export beállítások

Az *Élek exportálása* jelölőnégyzet bekapcsolásával a kimentett rajzokon az objektumok éle is külön objektumként kiíródik.

3.6.11. Mentés a rajztárba





Az ikon segítségével egy vagy több rajz menthető a rajztárba.
Ha az ábra már szerepel a rajztárban, a név mező alatt figyelmeztetés jelenik meg (A rajztárban már szerepel a rajz!)



A teljes, ablakokra osztott rajz bekerül a rajztárba.



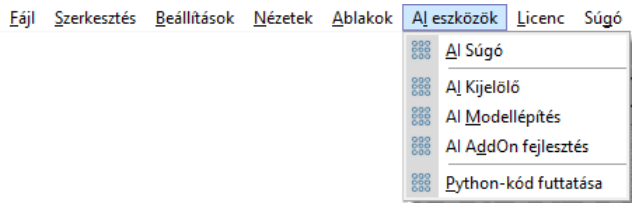
Csak az aktív ablakban található rajz mentődik a rajztárba.

A modellben nem szereplő elemtípusok megjelenítésének kikapcsolása

Előfordulhat, hogy a rajztárba mentéskor még nem szerepelt a modellben egy bizonyos elemtípus, de a megjelenítése ettől függetlenül be volt kapcsolva. Ha a modellbe később bekerül egy ilyen elem, az megjelenik a rajztári ábrán is, ami zavaró lehet. Az ilyen esetek elkerülését szolgálja ez az opció: bekapcsolása esetén a rajztári rajzon kikapcsolódik valamennyi, a modellben nem szereplő elemtípus.

Ezután választhatunk, hogy a már meglévő rajzot felülírjuk vagy a mentendő ábrát átnevezve, az előzőt is megtartva tároljuk azt.
A *Több rajz...* gombra kattintva a megjelenő fa-struktúrákból terhereseteket, teherkombinációkat, illetve eredménykomponenseket választva egyidejűleg több ábra is menthető a rajztárba.
A *Rajztár...* gomb hatására a *Rajztár* dialógusablak jelenik meg, ahol az előzőleg mentett rajzok között tallózhat.

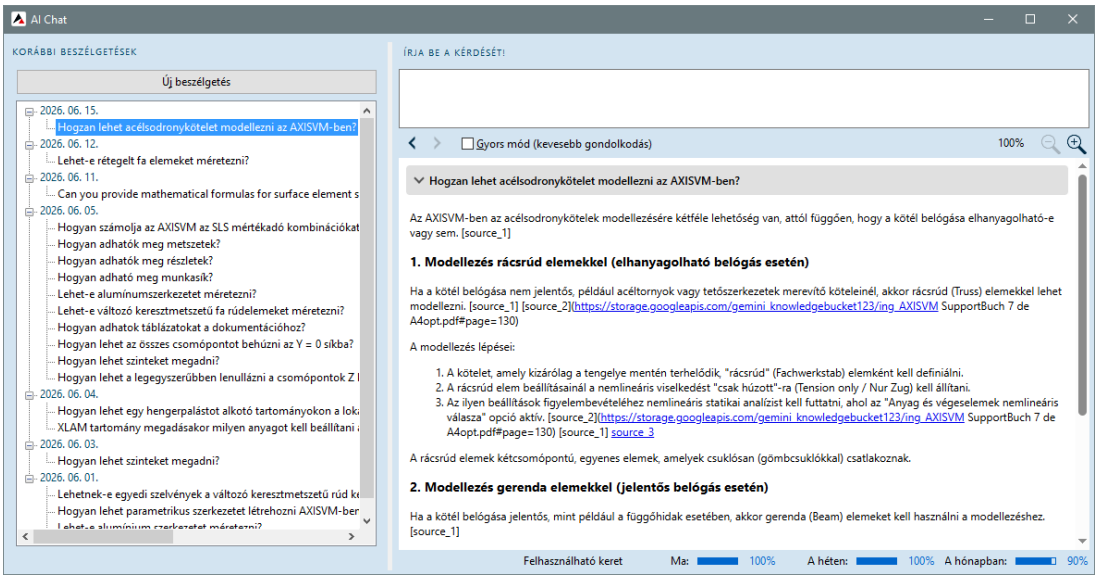
3.7. AI eszközök



Ez a menüpont fogja össze az AXISVM mesterséges intellgenciát használó funkcióit, melyek csak internetkapcsolat mellett elérhetőek, illetve a kapcsolódó Python-kód futtató ablakot.

3.7.1. AI Súgó

Ebben az ablakban lehet a program használatával kapcsolatos kérdéseket feltenni a mesterséges intelligenciának. A korlátozott kiszolgálói kapacitás miatt a kérdések számára vonatkozó adott napi, heti, havi keretet lehet felhasználni. A fennmaradó keretet az ablak alján követhetjük.



A kérdések a hasonló szolgáltatásoknál megszokott módon beszélgetésekbe szerveződnek. Ennek az a jelentősége, hogy az előzmények alkotják az újabb kérdések kontextusát. Ha témát akarunk váltani, érdemes az *Új beszélgetés* gombra kattintva új beszégetést indítani.
A kommunikáció egy webes böngészőablakban zajlik, tehát a linkekre kattintva a hivatkozás forrására ugorhatunk. A chatablak feletti balra és jobbra léptető gombbal az előző illetve következő megtekintett oldalra ugorhatunk. A *Gyors mód* opcióval gyorsítható a válaszadás, de ez a gondolkodás mélységének csökkenésével jár. Jobboldalt a böngészőablak nagyítását szabályozhatjuk 10%-os lépésekben.
A program dátum szerint naplózza és visszanézhetővé teszi a beszélgetéseket. A baloldali fából a *Delete* billentyű lenyomásáva törölhetők a tárolt korábbi beszélgetések.
A mérnöki gyakorlattól vagy a progam használatának témakörétől idegen kérdekre a rendszer nem tud válaszolni.

3.7.2. AI Kijelölő

A részleteket lásd: AI Segédlet. 3.9.2 Segédletek

3.7.3. AI Modellépítés

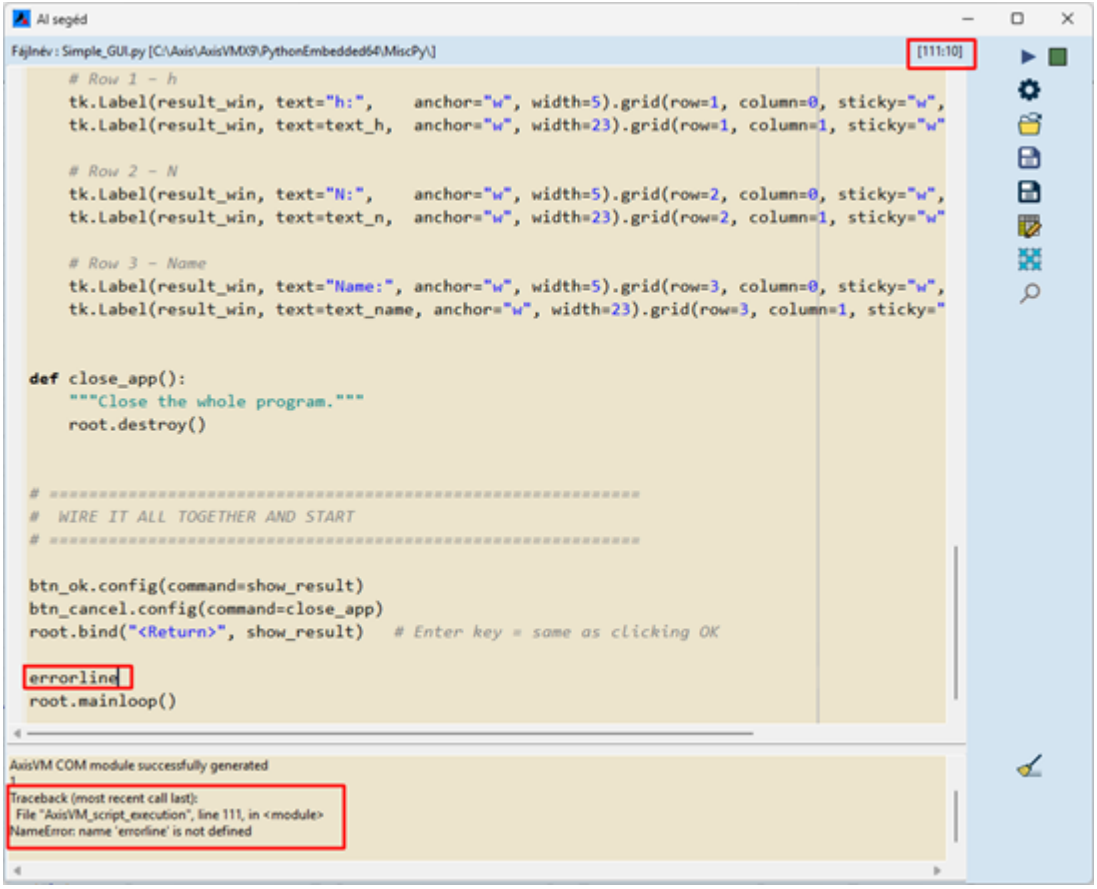
A részleteket lásd: AI Segédlet. 3.9.2 Segédletek

3.7.4. AI Add-On fejlesztés

A részleteket lásd: AI Segédlet. 3.9.2 Segédletek

3.7.5. Python-kód futtatása

Az ablak Python nyelvű forráskód szerkesztését és futtatását teszi lehetővé. Az AXISVM COM-szerverhez kapcsolódó hívásokkal a futó AXISVM meghajtható, így a Python-program alkalmas elemek kijelölésére, modell építésére, módosítására is.
A megjelenő ablak felső részén a Python-kód, alsó részén annak szöveges kimenete látható. A két rész aránya az osztóvonal elhúzásával állítható. A kód szabadon elmenthető és betölthető, vagy vágólapon bárhová átvihető. A jobb felső sarokban az aktuális sor/oszlop látható. Kettőt kattintva rá egy megadott sorra lehet ugrani, ami hibakereséshez használható.



Az ablak másik szerepe az, hogy összeállíthassunk a Python-scriptekből egy konfigurálható eszköztárat, mely lebegő palettaként bárhová mozgatható a főablak fölött, és a gombokhoz rendelt funkciók futtathatók róla.



A kód futtatása. A zöld mező azt jelzi, hogy semmi sem fut éppen. Amíg egy script fut, rózsaszín ikon jelenik meg.



Beállítások: preambulum, posztambulum, betűtípus. Itt állíthatók vissza az alapértelmezett értékek is.



Python script betöltése



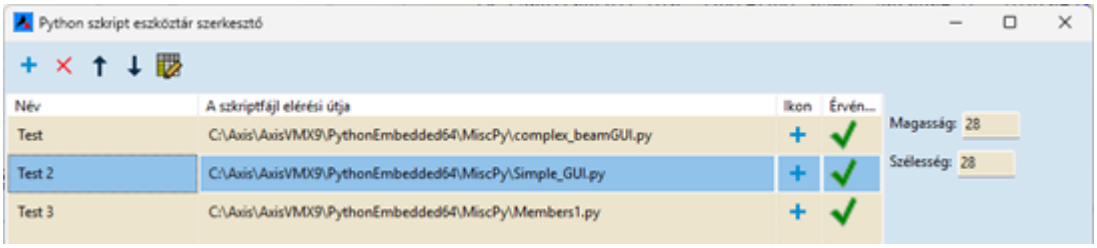
Mentés



Mentés névvel



Python script eszköztár szerkesztő
A lebegő eszköztárra kerülő gombok konfigurálhatók. A megadott *Magasság* és *Szélesség* valamennyi gombra vonatkozik. Az ikonoknak PNG formátumú képeknek kell lenniük. A *Név* az egyes gombok fölé állva súgóbuborékként jelenik meg.
Az összeállított és megjelenített eszköztár-paletta szabadon átméretezhető, sorba, oszlopba, illetve többsoros alakzatokba rendezhető. Sorrendjüket a lista sorrendje határozza meg.





Új gomb hozzáadása



A gomb törlése



A gomb feljebb / lejjebb mozgatása a listában.



A gomb módosítása
A megjelenő szerkesztőablakban módosítható az eszköztár gombjának neve, a hozzárendelt Python-script és ikon.



Python script eszköztár megjelenítő.
Az eszköztár lebegő palettaként bárhová mozgatható.



Szöveg keresése a kódban.



A visszajelző ablak üzeneteinek törlése

Beágyazott Python futtatókörnyezet

Az AXISVM telepítőprogramja a *PythonEmbedded64* almappába egy beágyazott 3.13-as verziójú Python fordítót is telepít, mely már tartalmazza a **pip** csomagkezelőt, amellyel további Python-csomagok telepíthetők, illetve a **comtypes** csomagot. A *PythonEmbedded64\MiscPy* mappában található *axis_com_for_python.py* program bemutatja, hogyan lehet az AXISVM COM-szerverhez kapcsolódni. Ugyanitt található egy DefaultButton.png ikon mintafájl.

További Python csomagok telepítése

További Python-csomagok telepítéséhez internetkapcsolat és írási jogosultság szükséges az AXISVM telepítési könyvtárában. Ha a programot esetleg a védett *Program Files* alá telepítettük, a fájlok írásához adminisztrátori jogok szükségesek.
A *PythonEmbedded64* könyvtárban a következő parancssorral telepíthetünk csomagot:

```
python -m pip install six
```

Ez telepíti a *six* nevű csomagot. A telepítés ellenőrizhető a *PythonEmbedded64\Lib\site-packages* könyvtárban, ahol a nagyobb csomagok általában önálló alkönyvtárakba kerülnek.
A telepített csomag eltávolítása:

```
python -m pip uninstall six
```

A parancssori kérdésre az Y billentyű (yes) lenyomásával válaszoljunk.
Az AXISVM a saját telepítési könyvtárát az AXISVM_DIR globális változóként hozzáférhetővé teszi, erre saját programunkban is hivatkozhatunk.

Preambulum, posztambulum

A forráskód futtatásakor az AXISVM automatikus egy preambulumot illeszt a kód elé és egy poszt-ambulumot helyez a végére, mindkettő módosítható, de a preambulumban tanácsos meghagyni a COM-szerverrel való kapcsolatfelvételt végző részt:

Preambulum

```
import sys
sys.path.insert(0, AXISVM_DIR + r"\PythonEmbedded64\MiscPy")  # Add your projects directory
#sys.path.extend([r"C:\Test\MiscPy", r"C:\Test\OtherDir"]) #You can add multiple paths at once too

#Importing the AxisVM COM server into python
import axis_com_for_python
try:
    import comtypes.gen.AxisVM as ax
    #the following line is an example of raw import, but that assumes you know the Major and Minor
versions (27, 0 in this example)
    #import comtypes.gen._0AA46C32_04EF_46E3_B0E4_D2DA28D0AB08_0_27_0 as ax
except:
    print("AxiVM module import error ! Trying a re-register")
    axis_com_for_python.RegisterCom()
    try:
        import comtypes.gen.AxisVM as ax
    except:
        print("AxiVM module import error, even after re-registering !")
```

A `sys.path.insert(0, AXISVM_DIR + r"\PythonEmbedded64\MiscPy")` sor a Python keresési mappái közé felveszi a MiscPy könyvtárat, ahonnan majd az axis_com_for_python.py fájlt importálja. Ez a rész kiegészíthető más könyvtárak felvételével is. Ezután a script kísérletet tesz az AXISVM COM szerver importálására. Első futtatáskor vagy AXISVM frissítése után ez még nem működik. Ilyenkor a script megpróbálja újra beregisztrálni a futó program COM-szerverét:

```
    axis_com_for_python.RegisterCom()
    try:
        import comtypes.gen.AxisVM as ax
    except:
        print("AxiVM module import error, even after re-registering !")
```

Majd csatlakozik hozzá:

```
axApp = axis_com_for_python.ConnectoAxisVM()
```

Itt axApp helyett más globális változónév is adható, de akkor a posztambulumot (lásd lejjebb) értelemszerűen módosítani kell. Mivel a kód a modellen fog műveleteket végezni, érdemes a betöltött modellt külön globális változóba kiolvasni.

```
axDB = axApp.Models[1]
```

Posztambulum

A posztambulum felszabadítja, amit a preambulum felépített. Alapesetben a COM-szerver kapcsolatot, és a modell globális változót:

```
axApp = None
axDB = None
```

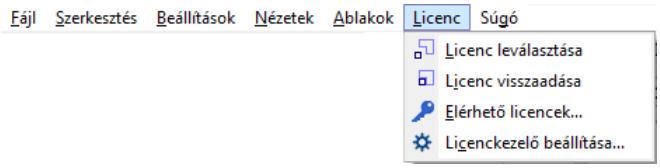
COM-hivatkozások kezelése

A kapott COM objektumhivatkozásokat, ha már nincs rájuk szükség, legkésőbb a script cégén fel kell szabadítani (mint a posztambulumban látható), ennek elmulasztása memóriaszivárgást okoz, ami általában nem súlyos probléma, de nem árt figyelni rá.

Értékek bevitele parancssorból

Tesztcélokra hasznos lehet bizonyos bemenő adatok bevitele parancssorból. Ennek ajánlott módja:
print(“Írjon be egy nevet: ”)
s = input()
A print parancs hatására a szöveges kimeneten megjelenik a szöveg, felbukann egy dialógusablak, az ott megadott szöveg az s változóba kerül.

3.8. Licenc



Ez a menüpont csak felhő alapú (CL), szoftverlicenszes (SL) vagy Sentinel HL típusú hardverkulcsos védelem esetén jelenik meg. SuperPro típusú kulcsok esetén nincs lehetőség az alábbi szolgáltatások igénybevételére. Amennyiben az itt felsorolt szolgáltatásokra van szüksége, kérje forgalmazójánál régi kulcsának cseréjét valamelyik újabb típusra.

Licenc leválasztása



Ha felhő alapú (**CL**) vagy hálózati kiépítésű szoftverlicenccel (**SL**) rendelkezik, a licencet ideiglenesen letöltheti a saját számítógépére. A leválasztásnál megadhatja, hány napig szeretné a licencet a gépen lokálisan használni. Vegye figyelembe, hogy a leválasztás után ez a licenc csak ezen a gépen lesz elérhető, más felhasználók nem látják, így hálózatos kulcs esetén eggyel csökken az elérhető licencek száma. A licenc a beállított határidőnél automatikusan lejár, lokálisan nem használhatja, de felhőben vagy a hálózatban, ahonnan leválasztotta, újra automatikusan elérhető lesz.

A licencet a lejárati határidő előtt is visszahelyezheti a hálózatba/felhőbe a *Licenc visszaadása* menüpontban, így az mások számára ismét elérhető lesz.

A program az Ön által éppen használt licencet csatolja a számítógépéhez. Amennyiben az AXISVM-et több konfigurációban, eltérő licencszámokkal használja, leválasztás előtt ellenőrizze a *Súgó / A programról* menüpontban, hogy a megfelelő konfigurációt futtatja-e. A program az adatvesztés elkerülése érdekében a licenc leválasztása előtt a modellt automatikusan menti. A funkció sikeres végrehajtása után a program már a leválasztott lokális licenchez kapcsolódik. Ezután a licenc eléréséhez szükséges hálózati kapcsolatot megszakíthatja.
SL típusú licencek esetén a licencek leválasztásának engedélyezését és módját a *Licenckezelő Configuration* menüpontjában a *Detachable Licenses* ablakban szabályozhatja.
Vegye figyelembe, hogy a leválasztás után a licenc lokális SL szoftverlicenszként működik, így a számítógép sérülése vagy a hardver változása a licenc elvesztését okozhatja. Ha valamilyen hardver változást tervez, ahol a leválasztott licencet használja, olvassa el az *SL szoftverlicenc áthelyezése* pontban leírtakat és azok szerint járjon el.

☞ **Hálózati hardverkulcs esetén a licencek nem leválaszthatók a szerverről.**

Licenc visszaadása



Ebben a menüpontban a korábban a számítógépére leválasztott licencet töltheti vissza a szerverre. A visszaadást csak akkor kérheti, ha a szerver a hálózaton keresztül elérhető. A visszaadás előtt a program az adatvesztés elkerülése érdekében menti a modellt, majd a funkció végrehajtása után már a hálózaton keresztül kapcsolódik a visszaadott licenchez.

Elérhető licencek



A menüpont megnyitja a *Sentinel Admin Control Center* (ACC) a számítógépéről elérhető licencek listájánál. A táblázat tartalmazza a lokális és hálózaton keresztül elérhető licenceket is. A hálózati licencek csak akkor jelennek meg, ha a hálózati kapcsolat aktív és a licencet tartalmazó szerver elérhető.
A licenc sorában a táblázat utolsó oszlopában található *Session* gomb megnyomásával ellenőrizheti, hogy a licencet éppen melyik felhasználó foglalja. Itt szükség esetén kiléptetheti a jelenlegi felhasználót, hogy a licenc másik felhasználó számára felszabaduljon.
Ha egy licencet nem talál a táblázatban, ellenőrizze a licenc kezelő beállításait az ACC *Configuration* menüjében.

Licenckezelő beállítása



A menüpont a *Sentinel Admin Control Center* (ACC) szolgáltatás *Configuration* funkcióját indítja.
Itt áttekintheti vagy módosíthatja a licenckezelő beállításait.
A licenckezelő összes beállítási lehetősége közül itt csak a leggyakrabban használtakat mutatjuk be:

Access To Remote License Managers

Itt állítsa be a távoli szerver eléréséhez szükséges paramétereket. Amennyiben hálózati HL hardverkulccsal vagy SL szoftverlicenccel rendelkezik, a *Remote License Search Parameters* táblába írja be a licencet tároló szerver nevét vagy IP címét és nyomja meg a *Submit* gombot.
Kapcsolja be a *Allow Access to Remote Licenses* és *Broadcast Search for Remote Licenses* funkciókat. Felhőalapú (CL) licenc esetén ez a mező tartalmazza az Ön egyedi azonosítóját is.

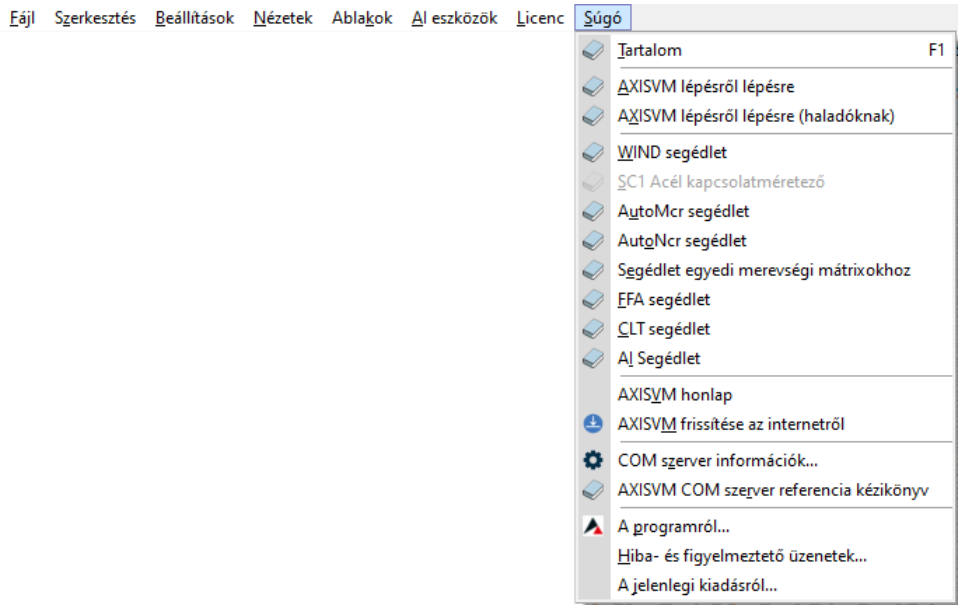
Detachable Licenses

Beállíthatja a licencek leválasztására vonatkozó szabályokat. Az *On-Demand Detaching of Licenses* pontban általánosan engedélyezheti vagy tilthatja a licencek leválasztását. Engedélyezés esetén megadhat egy maximális leválasztási időt is.
Az *Automatic Detaching of Licenses* pontban beállíthatja, hogy hálózati licenc esetén a licencet a rendszer a használat idejére automatikusan válassza le a hálózatról, így a licenc elérésében a hálózati kapcsolat megszakadása se okozzon gondot.
A *Common Detach Settings* pontban szabályozhatja, hogy az összes licencből legfeljebb hányat lehet egyidőben leválasztani, azaz legalább hány licencnek kell a szerveren mindig elérhetőnek maradni.

Licenc áthelyezése a felhőbe

Régebbi, SuperPro hadverkulcsok esetén megjelenő menüpont. A licen áthelyezése a felhőbe a következőképpen történik. Ebben a menüpontban lehet eltávolítani a licencet a kulcsból, majd elküldeni a forgalmazónak, aki lecseréli egy ugyanolyan sorszámú felhős licencre, Így a kulcs visszaküldése és sorszámcsere nélkül megvalósítható az átállás.
A funkció indításánál megjelenik egy figyelmeztetés, hogy előbb mindenképpen egyeztessen a forgalmazóval mert a folyamat nem visszavonható, de a licenc cseréje nem ingyenes.

3.9. Súgó



A *Súgó* menüpont a program használatára vonatkozó tudnivalókat, illetve bizonyos funkciók használatához szükséges elméleti háttérismereteket gyűjti össze. Elérhető az AXISVM weboldala, illetve kezdeményezhető a program frissítése a legfrisebb kiadásra, illetve innen is be lehet lépni a MyAXISVM fiókba.

MyAXISVM belépés

A program próbaváltozatának vagy oktatási változatának letöltésekor, illetve a Light és a Viewer változatok eléréséhez regisztrálni kell egy MyAXISVM fiókot. A telepítés utáni első indításkor az ehhez a fiókhoz tartozó felhasználónevet és jelszót kell megadni.

3.9.1. Tartalom



F1

A Súgó (Help) tartalomjegyzéke.
Az AXISVM X4 verziójának 2. kiadásától kezdve ismét működik a helyzetérzékeny súgó, azaz a különböző dialógusablakokban az F1 lenyomására a PDF formátumú Súgó a megfelelő témakörnél nyílik ki.
Ehhez a funkcióhoz olyan alkalmazás szükséges, amely képes adott pozíciókon (named destinations) megnyitni PDF-fájlokat.
Mivel az Acrobat Reader támogatja ezt a funkciót, az AXISVM megpróbálja megnyitni a kézikönyvet az Acrobat Readerrel. Ha ez nincs telepítve, akkor a számítógép alapértelmezett webböngészőjével próbálkozik. A legtöbb böngésző képes PDF-fájlok megnyitására, de a pozicionálás támogatása nem általános. Ezt a funkciót a Firefox támogatja, a Chrome-ban az ingyenes PDF Viewer bővítmény telepítése kell a helyes működéshez, az Edge a funkciót nem támogatja.

3.9.2. Segédletek



A program egyes területeinek működésének jobban megérthetjük az itt található segédletek tanulmányozásával.
A **WIND segédlet** a szélterheket áramlástani modellezés alapján generáló WIND modul működésébe és az áramlástani modellezés elméleti hátterébe, a modellezés és a számítás kérdéseibe nyújt mélyebb betekintést. Az *SC1 Acél kapcsolatméretező* az SC1 modul működésének alaposabb megismerésére szolgál.
Az **AutoMcr segédlet** az SD1 acéltervező modulban a kifordulási ellenállás meghatározásához használt eljárást ismerteti. Az ***AutoNcr segédlet*** az ugyanebben a modulban működő automatikus kihajlási hossz számító eljárás alkalmazási területeit, módszereit és használatát foglalja össze.
A **Segédlet egyedi merevségi mátrixokhoz** egy angol nyelvű segédanyag (*User's guide to domains with custom stiffness matrix in AXISVM*), mely egy lemezelméleti bevezető keretében útmutatót ad az egyedi merevségi mátrix elemeinek meghatározásához.
Az **FFA segédlet** a gyalogos gerjesztéshez tartozó rezgés válaszfaktorok meghatározását végző FFA modul elméleti hátterét taglalja.

A **CLT segédlet** a CLT (cross-laminated timber, keresztirányban rétegzett fa) panelek ellenőrzésének elméleti alapjait foglalja össze.
Az **AI segédlet** az AXISVM mesterséges intelligenciával működő segédeszközeinek használatát ismerteti.

3.9.3. Az AXISVM honlap

A beállított, alapértelmezett böngészőt indítja, és a **www.axisvm.hu** internet címre irányítja a felhasználót. A honlapon naprakész információk találhatók a programrendszerről, valamint letölthetők az aktuális frissítőcsomagok. Technikai támogatás az itt található e-mail címen vagy telefonon kérhető.

3.9.4. AXISVM frissítése az internetről



Elindítja az AXISVM Internet Frissítés Varázslót. *Lásd...* **3.3.11 Alapbeállítások**

3.9.5. MyAXISVM belépés

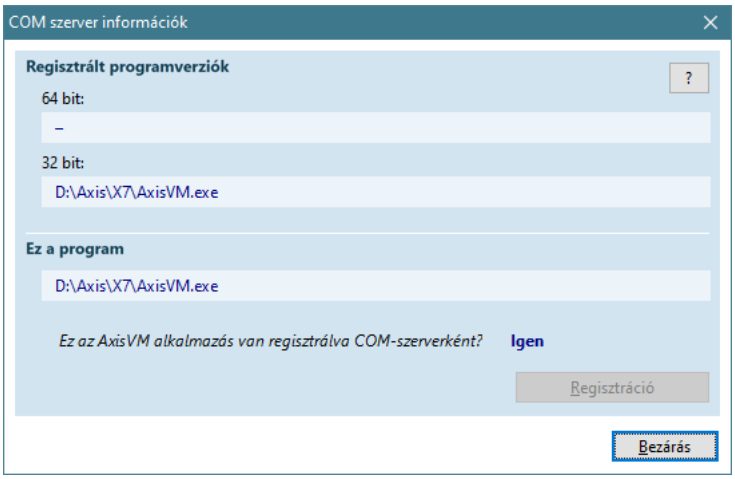


A program próbaváltozatának vagy oktatási változatának használata esetén a böngészőben megnyitja a **https://my.axisvm.eu/** oldalt, ahol beléphet a MyAXISVM fiókjába *Lásd...* **9 MYAXISVM: próbaverzió, light verzió, oktatási verzió és Viewer**

3.9.6. COM szerver információk



Az operációs rendszerben jelenleg regisztrált AXISVM COM szerverekről nyújt tájékoztatást.



Ellenőrizhetjük, hogy melyik programot regisztráltuk 64 bites ill. 32 bites COM szerverként. Ha nem a futó AXISVM van beállítva, a *Regisztráció* gombra kattintva regisztrálhatjuk.

Alapértelmezésben a program 64 bites verziója települ, és ez csak a 64 bites COM szervert regisztrálja. Ha a 32 bites verzióra van szükség, a telepítésnél a 32 bites verzió telepítését kell kérni, és ennek során a 32 bites COM szerver is feltelepül.
Ha a programot adminisztrátori jogokkal telepítettük, és még nem regisztráltunk AXISVM COM szervert vagy régebbi verzió volt regisztrálva, a COM szerver regisztráció automatikusan megtörténik. Ha a regisztrált AXISVM COM szerver magasabb verziójú, figyelmeztető üzenetet kapunk, és eldönthetjük, felülírjuk-e a régebbi változattal.
Ha a COM-szerver használatával gondok vannak, a legelső lépés a COM szerver regisztrációjának az ellenőrzése. Előfordulhat, hogy a rendszerleíró-adatbázisban (Windows Registry) több regisztrált AXISVM COM szerver is található. Ennek megszüntetéséhez rendszergazdaként futtatni kell az Axis könyvtárában található *!UnregAxisVMComServer.bat* parancsfájlt. Egy időigényesebb kétfázisú keresés végén meg kell erősíteni a törlést. Ekkor minden AXISVM COM szerver regisztráció törlésre kerül. Ezután a futó AXISVM a fent leírt módon COM szerverként regisztrálható.

3.9.7. AXISVM COM szerver referencia kézikönyv



A kézikönyv az AXISVM-et COM szerveren keresztül vezérlő külső alkalmazások fejlesztéséhez szükséges technikai információkat tartalmazza. A külső alkalmazás elindíthatja az AxisVM-et, modelleket készíthet, számításokat futtathat, és eredményeket olvashat ki. Ily módon paraméteres modelleket készíthetünk és számíthatunk, iteratív módszereket alkalmazhatunk, vagy modulokat írhatunk speciális tervezési igé-nyekhez. A kézikönyv letöltési linkje: https://download.axisvm.eu/com/axisvm_com_27.pdf

3.9.8. A programról...

A program verziószámáról, a kiadásról, az aktuális program-összeállításról, a kulcs sorszámáról és az esetleges időkorlátozásról ad információt.
A meglévő modulok feketén, a hiányzók szürkén jelennek meg.



3.9.9. Hiba- és figyelmeztető üzenetek...

Szövegesen megjeleníti az aktuális AXISVM munkamenetben, azaz a szoftver indítása óta kapott minden figyelmeztető és hibaüzenetet tartalmazó naplófájlt.
Az információ nem kerül automatikus mentésre. A szoftver bezárásakor az üzenetek elvesznek.

3.9.10. A jelenlegi kiadásról...

Az aktuális kiadáshoz tartozó legfrissebb információk (újdonságok, javítások listája) tekinthetők meg egy szövegablakban.

3.10. Ikon menü





Lásd részletesen... **3.1.1 Új**



Ctrl + O

Lásd részletesen... **3.1.3 Megnyitás**



Ctrl + S

Lásd részletesen... **3.1.4 Mentés**



Ctrl + P

Lásd részletesen... **3.1.12 Nyomtatás**



A megjelenő mentés ablakon az *U3D file megtartása* jelölőnégyzet bekapcsolásával a PDF-be beillesztett rajz U3D fájl formátumban is megmarad, amit a későbbiekben PDF szerkesztőben felhasználhatunk és egyedi, 3 dimenziós PDF dokumentumot készíthetünk.

Az élek exportálása az *Élek exportálása* jelölőnégyzet segítségével ki-/bekapcsolható.
A 3D PDF fájlok exportálásáról bővebben a **3.6.10.1 Rajzok exportálása 3D PDF fájlba**



Lásd részletesen... **3.2.1 Vissza**

Alt + BkSp



Lásd részletesen... **3.2.2 Újra**

Shift + Alt + BkSp



F11

Lásd részletesen... **3.3.3 Fóliakezelő**



Ctrl + R

Lásd részletesen... **3.3.4 Szintek**



F12

Lásd részletesen... **2.9 Táblázatok**



F10

Lásd részletesen... **2.10 Dokumentációszerkesztő**



F6

Lásd részletesen... **3.6.10 Rajztár**



F9

Lásd részletesen... **3.6.11 Mentés a rajztárba**

4. Adatmegadás

4.1. Geometria

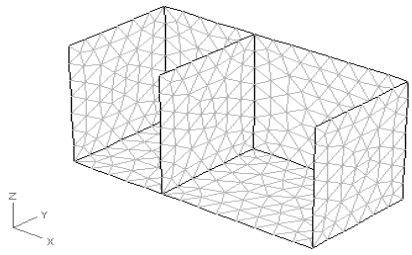
A modell hálózata

A geometriai szerkesztőfelület szolgál arra, hogy segítségével a szerkezet geometriáját – vizuálisan is jól követhető módon – a program számára meghatározzuk, majd szükség esetén módosítsuk azt. Ennek során a végeselem-modell hálózatát hozzuk létre, amelyen a későbbiekben a végeselemeket definiáljuk. E hálózat építőelemei a csomópontok és a csomópontokat összekötő vonalak.

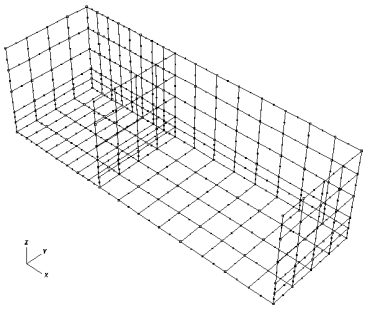
☞ **Az „Objektumok rajzolása” funkcióban előzetes vonalhálózat létrehozása nélkül is rajzolhatunk statikai vázat**

Lemez, tárcsa, héjszerkezetek

Lemez-, tárcsa-, héjszerkezetek esetén a hálózat a felület geometriai középsíkjára illeszkedő összefüggő négyszög-, ill. háromszöghálózatot jelent.



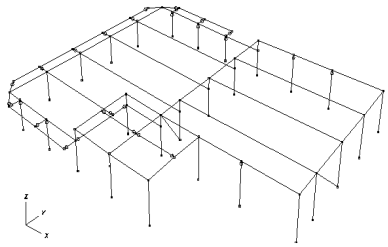
Automatikusan generált háromszöghálózat.



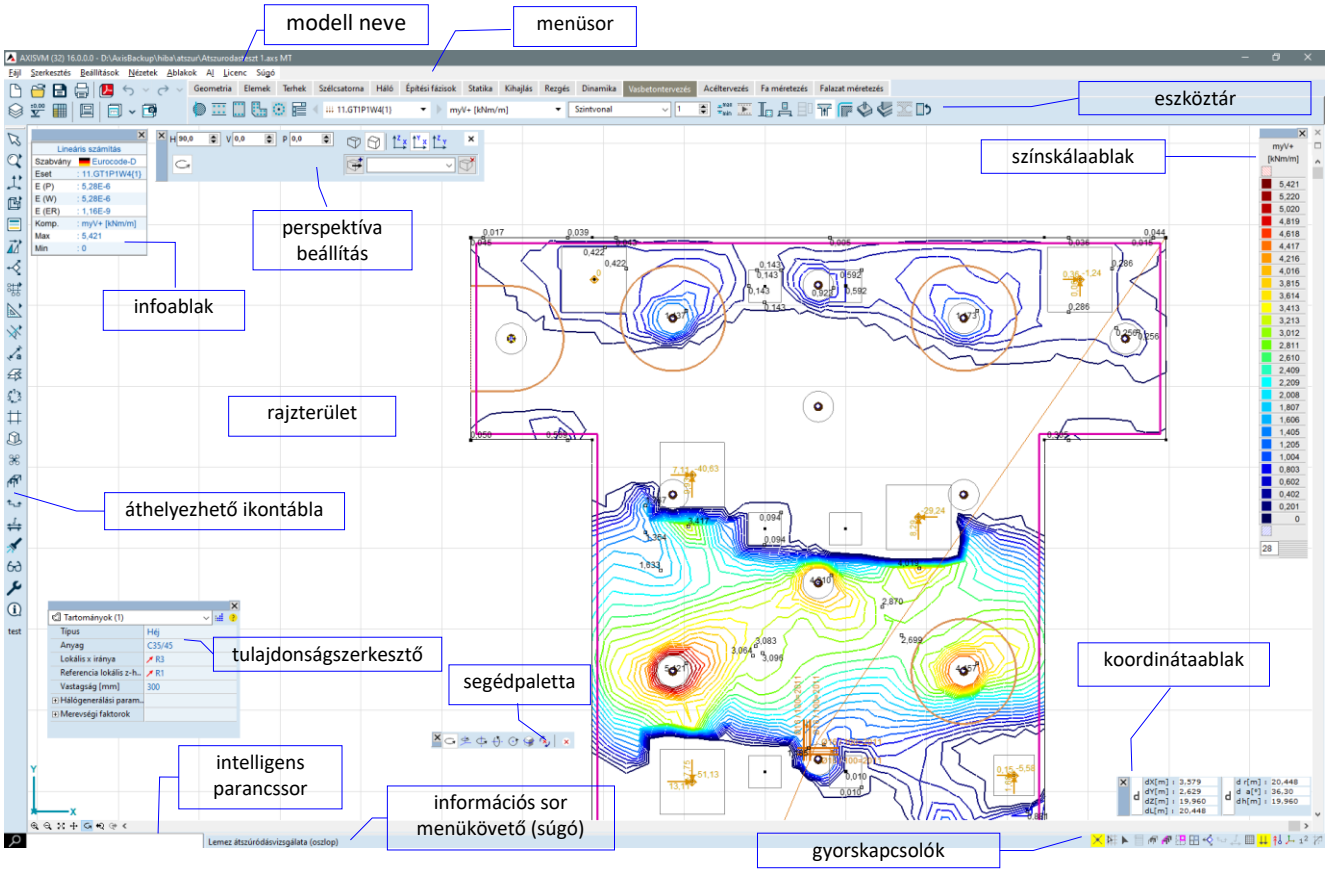
Szerkesztéssel létrehozott négyszöghálózat.

Rúdszerkezetek

Rúdszerkezet esetén a hálózati vonalak a rudak tengelyvonalait, a csomópontok a rudak kapcsolódási pontjait jelentik.



4.2. Szerkesztőfelület



Szerkesztőfelület

A program indításakor automatikusan a geometriai szerkesztőmodul lesz aktív. A geometriai szerkesztőfelület egy térbeli koordináta-rendszer, amely koordinátasíkjaival vagy tetszőleges perspektív ábraként jelenik meg a képernyőn. Új modell esetén kiválasztható X-Y, X-Z nézet vagy perspektíva, meglévő modell az utoljára használt nézettel töltődik be. A képernyő felső részén, a szerkesztőablak felett találjuk meg a geometriai szerkesztőeszközöket, ezek segítenek a szerkezeti modell létrehozásában. Részletes tárgyalásuk a **4.8 Eszközök a geometriai szerkesztőben** pontban történik.
A munkafelületen megjelenő rajz ábrázolási paramétereit a baloldali ikontábla parancsaival állíthatjuk be.
Lásd részletesen... **2.16 Ikontábla**

4.2.1. A munkafelület felosztása ablakokra

Bonyolult szerkezeteknél elengedhetetlen, hogy munka közben a szerkezetet különböző irányokból is láthassuk. A hatékony munka érdekében – hogy ne kelljen gyakran nézetet váltanunk – lehetőségünk van arra, hogy a modell egy időben több nézetével is megjelenjen a képernyőn.
A funkció az **Ablakok** főmenüből érhető el az alábbi lehetőségeket kínálva:

Vízszintes felosztás

Az aktuális ablakot függőleges oldala mentén két egyenlő méretű ablakra osztja úgy, hogy a felső marad az aktív. *Lásd...* **3.6.4 Vízszintes felosztás**

Függőleges felosztás

Az aktuális ablakot vízszintes oldala mentén két egyenlő méretű ablakra osztja úgy, hogy a bal oldali marad az aktív. *Lásd...* **3.6.5 Függőleges felosztás**

Bezárás (Törlés)

Hatására az aktuális ablak eltűnik.

Az **aktuális ablak** mindig az lesz, amelyikre utoljára kattintunk, az ablakot kezelő funkciók csak ennél érhetők el. Az ablakosztással létrehozott ablakok mindegyikében tetszőleges nézet állítható be, és munka közben a szerkesztési műveletek eredménye mindegyiken azonnal megjelenik.

Minden részablak teljes értékű **szerkesztőablak**, tehát az összes funkció használható rajta. Ezenfelül minden művelet bármelyik részablakban elkezdhető, és tetszőleges részablakban folytatható, ill. befejezhető.

☞ **Művelet közben az aktuális ablak nézete is megváltoztatható, azonban néhány szerkesztési funkció perspektív nézeten nem, vagy csak korlátozva használható.**

4.3. Koordináta-rendszerek

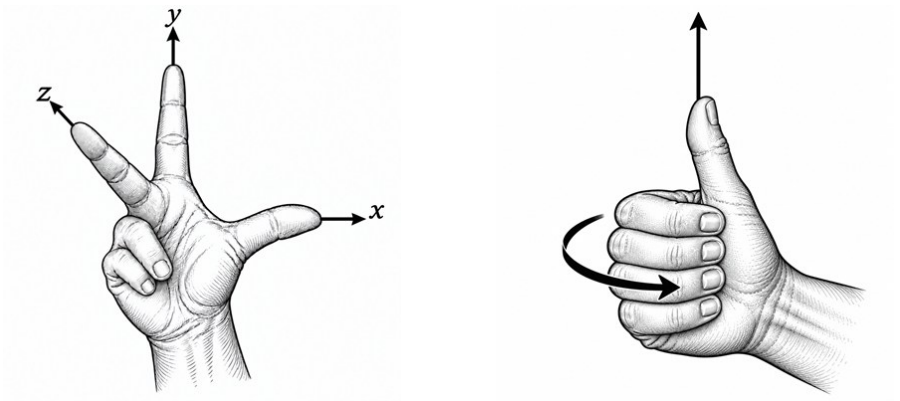
A szerkezeti modellt egy térbeli, derékszögű koordináta-rendszerben helyezzük el még a síkbeli modellek esetén is. Így a szerkezet minden pontját három koordináta (X,Y,Z) jellemzi. A végeselemek definiálásához használhatunk végeselemekhez rögzített lokális, vagy referencia- irányokhoz kötött, relatív koordináta-rendszereket is.
A geometria-megadás könnyítése érdekében lehetőségünk van henger-, illetve gömbkoordináta-rendszer használatára is. *Lásd részletesen...* **4.3.2 Segéd- (henger-, gömb-) koordináta-rendszerek**

4.3.1. Alap- (ortogonális) koordináta-rendszer

Alapkoordináta-rendszer

A programrendszer alapkoordináta-rendszerként derékszögű, jobbsodrású (jobbkezes), térbeli koordináta-rendszert használ, amelyben meghatározhatjuk a szerkezet geometriai és egyéb jellemzőit.

A szerkezet megjelenítéséhez választható képsíkok is az alapkoordináta-rendszerben értendőek. A tengelyek elhelyezkedését és a pozitív irányú eltolódást, ill. elfordulást a következő ábra mutatja.



A geometriai szerkesztőmodul alaprendszere is az előbb jellemzett ortogonális koordináta-rendszer.

Globális és relatív origó

Új modell indításakor a kiválasztott képsík jelenik meg. A koordináta-rendszer kezdőpontját (origóját) a szerkesztőablak bal alsó sarkánál megjelenő kék X jelöli. Az AXISVM kétfajta origót különböztet meg. A **globális origó** mozdulatlan, a segédháló-rendszer kezdőpontját adja. A globális origóhoz tartozó globális koordináták bármikor leolvashatók a koordinátaablak bal oldalán, kikapcsolt „delta"- kapcsoló mellett. A **relatív origó** aktuális pozícióját kék X jelzi.
A modell szerkesztése során a relatív origó az **[Alt]+[Shift]** vagy az **[Insert]** lenyomásával bármikor áthelyezhető a kurzor egy adott pozíciójába, ami által egy lokális koordináta-rendszert definiálunk, aminek az áthelyezett origó a középpontja. Segítségével leolvashatunk tetszőleges ponttól távolságokat, vagy egy új elem megadásakor a képernyő tetszőleges pontjába áthelyezett relatív origótól adhatunk meg értékeket.
A kötött irányok használatánál is van lehetőség tetszőleges kiinduló pont használatára. Egy új elem létrehozásakor a relatív origó automatikusan helyeződik át az aktuális pozícióba. Mindkét „delta"-kapcsoló kikapcsolása esetén pozíciója megegyezik a globális origóéval.

☞ **X-Y és Y-Z képsíkban a harmadik tengely felénk, a képsíkból kifelé mutat, így a pozitív irányú eltoláskor a szerkezeti részlet hozzánk közeledik.**
X-Z síkban ezzel ellentétes irányba mutat a harmadik tengely, a képsíktól befelé, tehát pozitív irányú eltolásra a szerkezeti részlet távolodik tőlünk.
A globális tengelyeket nagybetűvel, a lokálisakat kisbetűvel jelöljük.

Lásd még... **4.9.25 Referenciák**

4.3.2. Segéd- (henger-, gömb-) koordináta-rendszerek

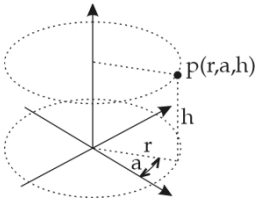
Egyes modelltípusok esetén segítséget nyújt, ha a szerkezet geometriáját nem csupán az ortogonális három irány (X, Y, Z) felhasználásával adhatjuk meg. Ezekben az esetekben rendelkezésünkre áll a henger-, ill. gömbkoordináta-rendszer is. A kettő közül mindig csak az egyik lehet aktuális az alapkoordináta-rendszer mellett, bekapcsolásuk pedig a *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Segédkoordináták* ablakon található rádiógombokkal történhet.

Hengerkoordináta rendszer

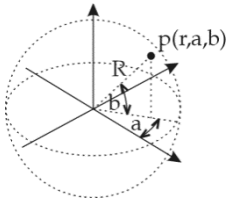
Bekapcsolásakor a koordinátaablak jobb oldalán megjelenik a hozzá tartozó három jellemző. A henger-koordináta-rendszer tengelye a *h* tengely, amely mindig merőleges a képsíkra, és pozitív iránya megegyezik az ortogonális harmadik tengely pozitív irányával. Így a *h* paraméterben lehet megadni egy pont képsíktól való távolságát, az *r* paraméterben a pont távolságát a henger tengelyétől, míg az *a* paraméterben a pontot és az origót összekötő egyenes irányszögét.

Gömbkoordináta rendszer

A gömbkoordináta-rendszerhez tartozó három paraméter közül *R* a pont távolsága az origótól, az *a* paraméter a pontot és az origót összekötő egyenes szöge a képsíkon mérve, a *b* paraméter a pontot és az origót összekötő egyenes képsíkkal bezárt szögét adja meg, és előjele a mélységi koordináta előjelével azonos.



Hengerkoordináta-rendszer



Gömbkoordináta-rendszer

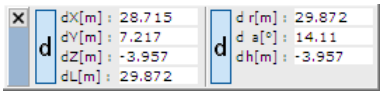
4.4. Koordináta-paletta

Koordináta-paletta

A koordináta-paletta segítségével tájékozódhatunk a kurzor pillanatnyi, globális vagy lokális koordináta-rendszerben vett pozíciójáról. Bal oldalán találhatjuk az ortogonális koordináta-rendszerhez tartozó koordinátaértékeket, jobb oldalán pedig a segéd- (henger- vagy a gömb-) koordináta-rendszerhez tartozókat. A koordináta értékek mellett található „d", azaz „delta"-kapcsoló bekapcsolásával a lokális origóhoz tartozó koordináták jeleníthetők meg. Ezen funkció aktív voltát a koordináták mellett megjelenő kis **d** betűk jelzik.
Szerkesztés közben billentyűparancsok segítségével a koordináta-paletta mezőibe ugorhatunk. A billentyűkombinációk alapbeállításai megváltoztathatóak. *Lásd...* **3.3.12 Billentyűparancsok**

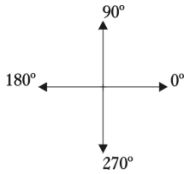
Koordináta művelet	*Billentyűparancs*
X	**X**
Y	**Y**
Z	**Z**
L (távolság)	**Shift + Ctrl + L**
R (sugár)	**Shift + Ctrl + R**
A (α szögérték)	**Shift + Ctrl + A**
H (magasság)	**Shift + Ctrl + H**
B (β szögérték)	**Shift + Ctrl + B**
Ideiglenes munkasík	**Shift + Ctrl + W**
X koordináta zárolása	**Ctrl + Alt + X**
Y koordináta zárolása	**Ctrl + Alt + Y**
Z koordináta zárolása	**Ctrl + Alt + Z**
L zárolása	**Ctrl + Alt + L**
r zárolása	**Ctrl + Alt + R**

a zárolása	**Ctrl + Alt + A**
h zárolása	**Ctrl + Alt + H**
b zárolása	**Ctrl + Alt + B**
Relativ / globális koordináták („delta” -kapcsoló)	**Shift + D**
Relativ / globális poláris koordináták	**Shift + E**



☞ **A „delta”- kapcsoló bekapcsolása hatással van a kötött irányok működésére is**.
Lásd részletesen... **4.7.4 Kötött irányok**
A koordinátaablak szerkesztőmezőiben egyszerű matematikai kifejezéseket, szögfüggvényeket is beírhatunk (pl: 12.927+23.439, cos(45), sin(60)).

Az α szög pozitív értékei:



4.5. Segédháló- (grid-) rendszer

A szerkesztőablakban megjeleníthető egy, a vizuális eligazodást segítő hálózat.
Részletes leírását *lásd...* **2.16.22 Modellbeállítások** fejezetben.

4.6. Kurzorlépés (snap)

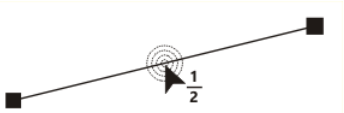
Ezzel a funkcióval egy láthatatlan rácsot határozhatunk meg, amelyet aktivizálva a kurzor csak a rácspontokon mozog. A kurzorlépés a három ortogonális irányban különböző méretű lehet, és a *Beállítások / Szerviz / Grid & Kurzor / Kurzor lépésköz* menüben állítható be vagy az ikontábláról érhető el.
Lásd részletesen a **2.16.22 Modellbeállítások** fejezetben.

4.7. Szerkesztést segítő kellékek

A szerkesztést e segédfunkciók felhasználásával egyszerűbbé tehetjük.

4.7.1. Vonzáskör (aura)

Ez a funkció segít abban, hogy a kurzort a képernyőn lévő elemekre, ill. azok kitüntetett pontjaira pontosan rá lehessen illeszteni.



Aura

A vonalak és a megkülönböztetett pontok egy beállítható távolságból magukhoz vonzzák a kurzort. Ez a távolság (az aura nagysága), melyen belül ez a hatás érvényesül a *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Aura* beállítóablakban állítható. A kurzor alakja mutatja, hogy milyen elemet azonosított a program egy adott helyen. Ezek a következők lehetnek:

Kurzor alakok

Csomópont

Felezőpont

Támasz

Élmenti csukló 

Hálófüggetlen teher 

Tehervégpont 

Ívközéppont 

Ív 

Érintő 

Bézier-görbe 

Referenciák 

Vonal 

Felület 

Tartomány 

Merev test 

ARBO elem 

CRET elem 

Merev test 

Szövegdoboz, eredményfelirat 

Vasalási tartomány, AirDeck tömör zóna 

Pontalap oldaléle, sarokpontja 

Sávalap oldaléle, sarokpontja 

SC1 modul csavarozott kapcsolata 

Virtuális rúd 

Vonalzó 

Raszter 

Raszter végpontja 

Kóta, méretvonal 

Metszéspont 

Merőleges 

"Felvesz" funkció esetén 

Abban az esetben, ha egy helyen több különböző elemet is talál a program, akkor a fenti lista egyben az azonosítási prioritást is mutatja.
Dupla szimbólum jelzi, ha egy helyen több elem van takarásban.

☞ **A koordináta ablakban olvashatjuk le, hogy a takarásban lévő azonos elemek (pl. pontok) közül melyik vonzotta magára a kurzort.**

Háttér fóliák érzékelése Beállítható, hogy a kurzor az építész fólián is érzékelje az objektumokat.

4.7.2. Koordinátaérték számszerű megadása

A modell szerkesztése során egy pont koordinátáit megadhatjuk úgy is, hogy közvetlenül a koordináta-palettába írjuk be a koordinátaértékeket. A koordinátamezőkbe két módon írhatunk:

1. A koordináta betűjelét lenyomjuk, majd beírjuk az értékét
2. Kurzorral a kívánt mezőbe kattintunk, majd beírjuk az értékét.

Az így megadott értékek bekapcsolt „delta" mellett lokális, kikapcsolt „delta" mellett a globális koordináták. Több koordinátaérték megadásakor egymásnak ellentmondó értékek közül az utóbb megadottat veszi figyelembe a program.

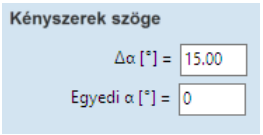
A relatív origó bármikor áthelyezhető az aktuális kurzorpozícióra az **Insert** billentyű lenyomásával. Így vonallánc rajzolása közben a végpont koordinátáját megadhatjuk az előző ponthoz képest is.

☞ **Meglévő pontból adott távolságot, adott irányban könnyen felmérhetünk, ha a lokális origót a már meglévő pontba helyezzük, és a da[°] koordinátához beírjuk az iránynak megfelelő szöget, majd a dr[m] koordinátához beírjuk a távolságot.**
Szerkesztés közben a lokális origó bármikor tetszőleges pontba áthelyezhető, így pl. egy vonal kezdő- és végpontját két különböző ponttól mért koordinátákkal is megadhatjuk.

4.7.3. Távolság mérése

Meglévő pontok távolságát megtudhatjuk, ha bekapcsolt „delta" -gomb mellett az egyik pontra áthelyezzük az origót, majd a másik pontra visszük a kurzort, és a dL értéknél a távolságot leolvassuk.

4.7.4. Kötött irányok



Szerkesztés közben bármikor – akár valamelyik szerkesztési funkció használata közben is – a **[Shift]** gomb lenyomásával a kurzor mozgásirányát rögzíthetjük. A kötött irányok használata két szögértéken alapul, melyek a *Beállítások* menüben a *Szerviz/Szerkesztés* menüpontnál megjelenő dialógusablakban módosíthatók.

Δα (alapértéke 15°)

A **[Shift]** gombot lenyomva a kurzor a lokális origóból húzott, n·Δα irányszögű egyenesen mozog, ahol n értéke a kurzor pozíciójától függő legközelebbi érték.

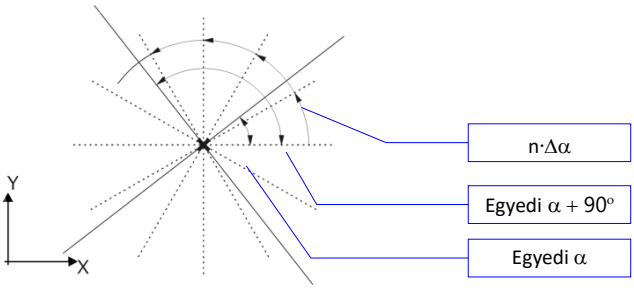
Egyedi α

A **[Shift]** gombot lenyomva a kurzor a lokális origóból húzott, „Egyedi α" vagy $\alpha + n \cdot 90°$ irányszögű egyenesen mozog.

A Δα ill. az „Egyedi α" használatakor figyelembe vett origó kétféle lehet:

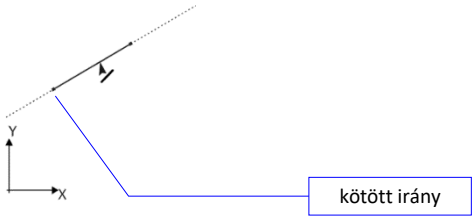
a) ha a koordináta-palettán mindkét „deltá"-t kikapcsoltuk, az irányrögzítés középpontja a globális origó,

b) ha bármelyik „deltá"-t bekapcsoltuk, az irányrögzítés középpontja a lokális origó



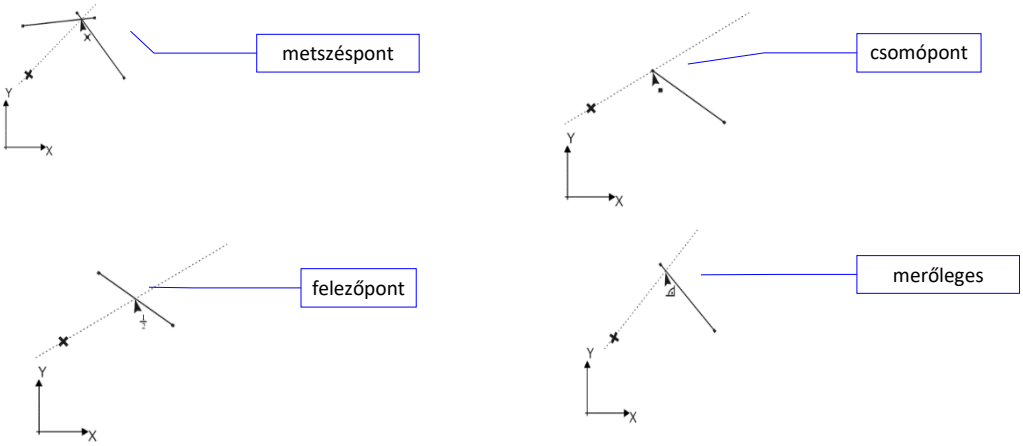
A kurzor mozgásirányát az alábbi módokon is rögzíthetjük:

Vonalon vagy vonalzón álló kurzor esetén a **[Shift]** gomb lenyomása mellett a vonal által meghatározott irányon mozog csak a kurzor.



Ha a kurzor **kitüntetett képernyőponton** áll, a **[Shift]** gomb lenyomva tartása esetén a kurzor a relatív origót a kitüntetett ponttal összekötő egyenesen mozog tovább.

Tartományon vagy felületelemen álló kurzor esetén a **[Shift]** gomb lenyomása mellett az elem síkjában mozog csak a kurzor.



Szerkesztést segítő kényszerek



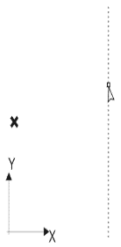
A Szerkesztést segítő kényszerek ikonjaival a vonalhúzás irányát rögzíthetjük.

Lásd... **2.16.10 Szerkesztést segítő kényszerek**

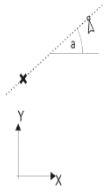
4.7.5. Koordináta zárolása

Ezzel a funkcióval a koordináta- paletta bármely adatát egy kívánt értéken rögzíthetjük oly módon, hogy a kurzor elmozdításakor annak értéke nem változik. Bekapcsolása és oldása a koordinátaérték betű-jelének a **[Ctrl+Alt]** gombbal való egyidejű lenyomásával történik:
pl. **[Ctrl+Alt] + [X], [Y], [Z], [L], [R], [A], [B], [H]**.
A koordináta beviteli mezőt szegélyező fekete téglalap jelzi, hogy az adott érték zárolt.

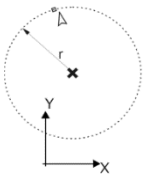
Zárolt X koordináta



Zárolt szög



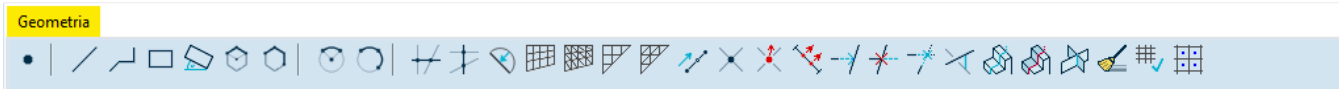
Zárolt sugár



4.7.6. Automatikus összemetszés

Ha az **automatikus összemetszés** aktív állapotú, akkor új hálózati elem létrehozásakor az egymást metsző vonalak metszéspontjába automatikusan csomópont generálódik, és az elemeket kettéosztja.
Aktiválása ill. kikapcsolása a *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Automatikus / Metszés* menüpontban történhet.
Aktiválásakor a felületelemként definiált elemeket felületelemekre osztja. Ha olyan elemeket metszünk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket.

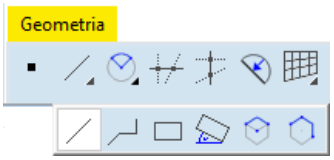
4.8. Eszközök a geometriai szerkesztőben



Ezek az eszközök szolgálnak új hálózati elemek létrehozására, illetve később azok paramétereinek esetleges megváltoztatására. Itt találhatók azok a funkciók is melyek segítségével feloszthatjuk a meglévő elemeket, illetve ellenőrizhetjük a megszerkesztett hálózatot.

☞ **Új elem létrehozásakor – részletek használata esetén –, ha az automatikus részletkezelés beállítása aktív** *(Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Automatikus / Részletkezelés),* **akkor a bekapcsolt részletek az új elemekkel automatikusan bővülnek.**

Az eszköztár a *Beállítások / Alapbeállítások / Eszköztár* ablakon *a Lenyitható gombok* opciót választva lerövidíthető: a hasonló funkciók ilyenkor lenyíló palettán jelennek meg, ha az ikon jobb alsó sarkára kattintunk, vagy hosszan lenyomva tartjuk a bal egérgombot. Az eszköztár gombján a kiválasztott funkció ikonja jelenik meg.



4.8.1. Csomópont

Ezzel a funkcióval hozható létre a végeselem-modell hálózatának alapeleme, a csomópont.

Egy csomópont megadása az alábbi módokon történhet:

1. A bal egérgombbal kattintva a kurzor pillanatnyi helyén hozunk létre egy csomópontot.
2. A koordináta-palettán számszerűen megadott koordinátákkal hozunk létre egy csomópontot.

Meglévő vonalon is definiálható új csomópont. Ha az automatikus összemetszés aktív, akkor a vonalra kattintva az új csomópont automatikusan két részre osztja a vonalat, ha inaktív, akkor a vonaltól független, különálló csomópontot hoz létre. Felületelemek határoló vonalain vagy azokon belül, az elem síkjában létrehozott új csomópont aktív automatikus összemetszés esetén magát a felületelemet is újabb felületelemekre bontja. Olyan elemekre használva, amelyekhez már végeselem jellemzőket is definiáltunk, az új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a hozzárendelt terheket is.

☞ **A szerkesztési pontosságnál közelebb lévő csomópontokat a program egyesíti.**

Ha a részletek megjelenítése és a *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Automatikus / Részletkezelés* **be van kapcsolva, minden újonnan létrehozott geometriai elem automatikusan bekerül a bekapcsolt részletekbe.**

4.8.2. Vonal



Ezzel a funkcióval hozható létre a végeselemes modellhálózat másik építőeleme, a vonal, amely a későbbiekben – végeselemek definiálásakor – jelenthet rúdelemet, merev testet, vagy felületelemet határoló vonalat.
Az eszköztár a *Beállítások / Alapbeállítások / Eszköztár* ablakon *a Lenyitható gombok* opciót választva lerövidíthető. Ilyenkor a funkció ikonja fölött a bal egérgombot lenyomva tartva, vagy a háromszögre kattintva az alábbi lehetőségek közül választhatunk:



Vonal



Két végpontjával megadott vonalat hoz létre. A végpontokat megadhatjuk a megfelelő pozícióra állított kurzor segítségével, vagy a koordináta palettán keresztül a megfelelő koordinátaértékeket beírva. Perspektív megjelenítésben a funkció csak kitüntetett pontok között használható.

Poligon



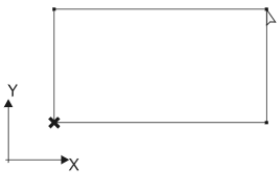
Végpontokkal megadott vonalláncot hoz létre úgy, hogy a vonalláncon belül utolsónak rajzolt vonal végpontja automatikusan a következő vonal kezdőpontja. A vonallánc rajzolását az alábbi módokon lehet megszakítani:

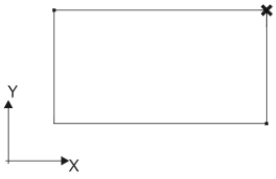
1. Az **[Esc]** billentyű egyszeri lenyomására az éppen rajzolt vonalláncot szakítja félbe
2. Az **[Esc]** billentyű másodszori lenyomására a poligonrajzolási funkcióból is kilép
3. jobb gomb *Gyorsmenü / Mégsem*
4. A vonallánc utolsó pontjára való ismételt kattintással

Téglalap



Két átellenes sarokpontjával (átlójával) megadott, a koordinátatengelyekkel párhuzamos oldalú téglalapot hoz létre.

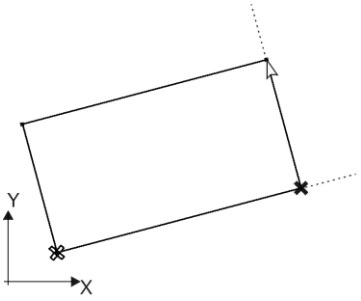


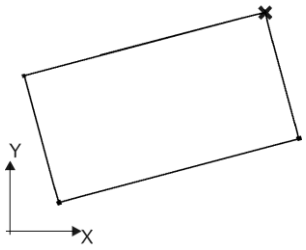


Elforgatott téglalap



Két oldalával megadott, a koordinátatengelyekkel tetszőleges szöget bezáró téglalapot hoz létre.





Az első sarokpont letűzése vagy az első oldal megadása után az **[Esc]** gombbal szakítható meg a funkció.

Ívpoligon-1



Sokszög/töröttvonal rajzolása középpontjával és két pontjával megadva.
A funkció kiválasztása után egy dialógusablakban az oldalszámot kell megadni. Ezután meg kell adni a sokszög középpontját, kezdő és végpontját.

Ívpoligon-2

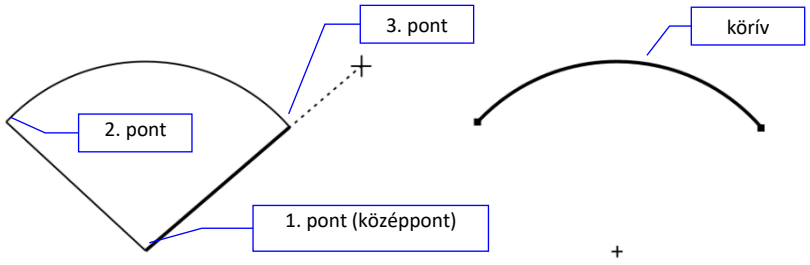


Sokszög/töröttvonal rajzolása három pontjával megadva.
A funkció kiválasztása után egy dialógusablakban az oldalszámot kell megadni. Ezután meg kell adni a sokszöget meghatározó három pontot.

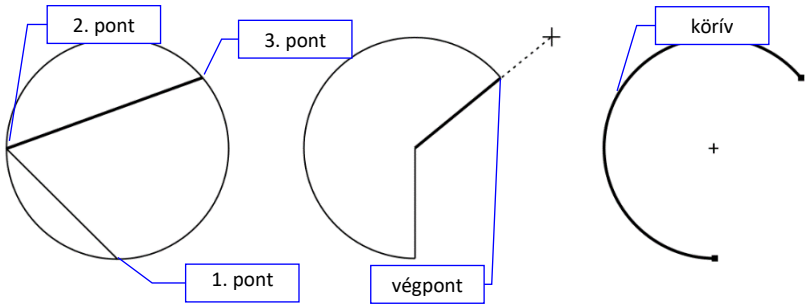
4.8.3. Körív

Körív vagy kör rajzolása. A körívet, kört az ívfelosztásban beállított számú poligonszakaszra bontja a program. Az **[Esc]** gombbal szakítható meg a funkció.

Körív megadása középpont, sugár és középponti szög segítségével.

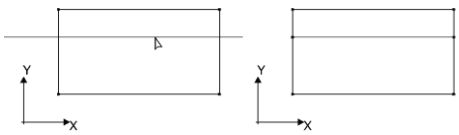


Körív megadása három pontjával. A funkció perspektív beállításban is működik.



4.8.4. Horizontális felosztás

A funkció egy – a munkasíkkal párhuzamos és a mélységi koordinátával meghatározott – síkban, a kurzor aktuális pozícióján átmenő vízszintes osztóvonalat hoz létre. A síkban található elemekkel létrejövő metszéspontok helyén új csomópontot iktat be. Ha olyan elemekre használjuk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket is.

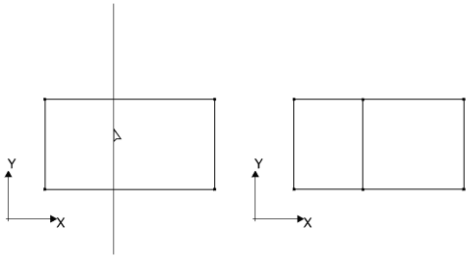


☞ **Mivel a funkció csak valamely munkasíkkal (X-Z; X-Y; Z-Y) párhuzamos síkban működik, ezért olyan elemekre, amelyek ezektől eltérő síkban vannak, úgy használható, hogy a megfelelő elemeket először valamelyik munkasíkkal párhuzamos síkba forgatjuk, majd a felosztás után visszaforgatjuk őket eredeti pozíciójukba.**

Meglévő elemek elforgatása: 2.16.6.2 Forgatás

4.8.5. Vertikális felosztás

A funkció egy – a munkasíkkal párhuzamos és a mélységi koordinátával meghatározott – síkban, a kurzor aktuális pozícióján átmenő függőleges osztóvonalat hoz létre. A síkban található elemekkel létrejövő metszéspontok helyén új csomópontot iktat be.
Ha olyan elemekre használjuk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket is.

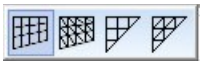


4.8.6. A kijelölt íves szakaszok helyettesítése egyenes szakaszokkal



A funkció a kiválasztott íveket egyenes vonalakká alakítja. Olyankor hasznos, ha a modellben az íveket már létrehoztuk és felosztottuk, a más elemekkel kialakuló metszéspontok meghatározásához viszont egyenes vonalszakaszokra volna szükség.

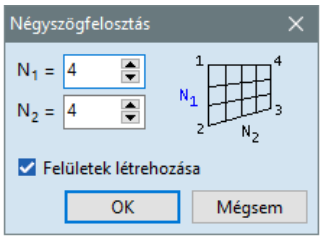
4.8.7. Négyszög felosztása, háromszög felosztása



Négyszög, háromszög vagy vegyes hálózat generálása. Felhasználható felületszerkezetek végeselemes hálózatának generálásához, de a módszer alkalmazását a tartományok megjelenése feleslegessé tette. Az ikonok láthatóságát a *Beállítások / Alapbeállítások / Eszköztár / Felület végeselemekhez kapcsolódó funkciók megjelenítése az eszköztárakon* opcióval lehet szabályozni.

Négyszög-felosztás I.



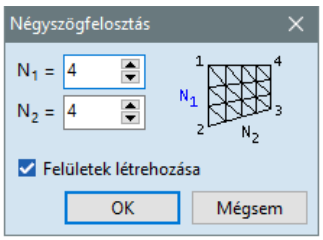


Négy tetszőleges térbeli pont között lineáris négyszöghálózatot készít. Ha a négy pont közül valamely szomszédos pontok között már volt vonal, akkor a hálózat osztásának megfelelően felosztja azt is. A funkció hívása után megnyíló ablakban külön-külön állítható a mezők száma mindkét irányban.
A *Felületek létrehozása* bekapcsolása esetén az eljárás a háló elemeiből felületeket generál.

Rajzolás közben piros szaggatott vonallal jelöli a program, ha a kurzor olyan pozícióban van, amelyen keresztül nem vehető fel hálózat (pl. konkáv négyszög).
Szürke szaggatott vonallal jelöli a program azokat a kurzorpozíciókat, amelyeken keresztül már csak torz elemeket is tartalmazó hálózatot lehet felvenni.
Torz elemnek tekinti a program azt a négyszöget, amelynek bármely belső szöge kisebb, mint 30°, vagy nagyobb, mint 150°.

Négyszög-felosztás II.



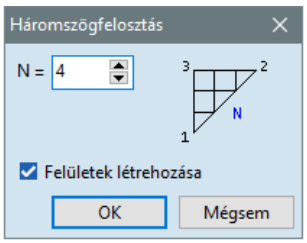


A funkció működése megegyezik az előző, "Négyszögfelosztás I." funkciónál leírtakkal, de a négyszögek átlóját is generálja, így háromszög-elemekből álló hálózatot kapunk. Az optimális alak eléréséhez hálózat-generáláskor mindig a rövidebb átlót veszi fel a program.

Rajzolás közben piros szaggatott vonallal jelöli a program, ha a kurzor olyan pozícióban van, amelyen keresztül nem vehető fel hálózat (pl. konkáv négyszög).
Szürke szaggatott vonallal jelöli a program azokat a kurzorpozíciókat, amelyeken keresztül már csak torz elemeket is tartalmazó hálózatot lehet felvenni.
Torz elemnek tekinti a program azt a háromszöget, amelynek bármely belső szöge kisebb, mint 15°, vagy nagyobb, mint 165°.

Háromszög-felosztás I.





Három tetszőleges térbeli pont között olyan lineáris négyszöghálózatot készít, amely az elsőként megrajzolt oldal mentén háromszög-hálózati elemeket is tartalmaz. Ha a három pont közül valamely kettő között már volt vonal, akkor a hálózat osztásának megfelelően felosztja azt is a program.

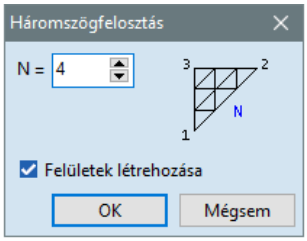
A funkció hívása után megnyíló ablakban állítható a mezők száma. Rajzolás közben piros szaggatott vonallal jelöli a program, ha a kurzor olyan pozícióban van, amelyen keresztül hálózat nem vehető fel. Szürke szaggatott vonallal jelöli a program azokat a kurzorpozíciókat, amelyeken keresztül, már csak torz elemeket is tartalmazó hálózatot lehet felvenni.
A hálózat a háromszög harmadiknak megadott csúcspontjába futó oldalakkal párhuzamos.

Torz elemnek tekinti a program azt a négyszöget, amelynek bármely belső szöge kisebb, mint 30°, vagy nagyobb, mint 150°.

Torz elemnek tekinti a program azt a háromszöget, amelynek bármely belső szöge kisebb, mint 15°, vagy nagyobb, mint 165°.

Háromszög-felosztás II.





A funkció működése megegyezik az előző, „Háromszögfelosztás I." funkciónál leírtakkal, de a négyszögek átlóját is generálja, ezáltal csak háromszögelemeket tartalmazó hálózatot kapunk eredményül. Az átlók az elsőként megadott háromszögoldallal párhuzamosak.

Rajzolás közben piros szaggatott vonallal jelöli a program, ha a kurzor olyan pozícióban van, amelyen keresztül nem vehető fel hálózat (pl. konkáv négyszög).
Szürke szaggatott vonallal jelöli a program azokat a kurzorpozíciókat, amelyeken keresztül, már csak túlságosan torz elemeket is tartalmazó hálózatot lehet felvenni.
Torz elemeknek tekinti a program azt a háromszöget, amelynek bármely belső szöge kisebb, mint 15°, vagy nagyobb, mint 165°.

4.8.8. Vonalfelosztás



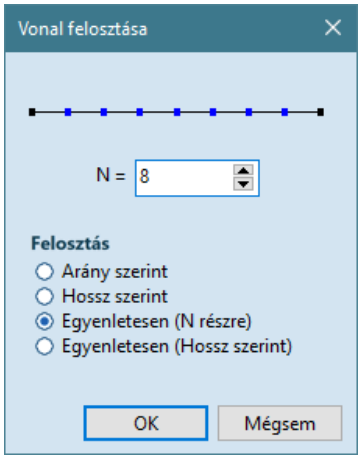
Meglévő vonalakra egy vagy több új csomópontot iktat be, s ezzel két vagy több különálló vonalra osztja azokat. A felosztani kívánt elemek kijelölése után felnyíló ablakban a következő lehetőségek közül választhatunk:

Arány szerint:
a vonalat két részre osztja, és a felosztás rúdhossz szerinti arányát adhatjuk meg

Hossz szerint:
a vonalat két részre osztja, és az osztópontnak a vonal i végétől mért távolságát adhatjuk meg

Egyenletesen (N részre):
a vonalat N darab egyenlő részre osztja

Egyenletesen (Hossz szerint):
a vonalat egyenlő részekre osztja úgy, hogy a részek hossza a megadott értékhez a lehető legközelebb legyen





sűrítés előtt



sűrítés után

Ha olyan elemekre használjuk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket is.

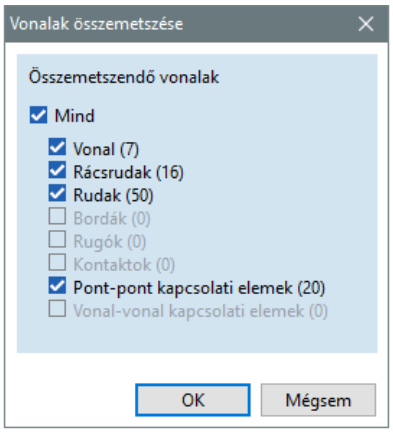
Definiált felületelemeket határoló vonalak felosztása esetén az elem elveszti a hozzárendelt felületelem-jellemzőket.

A funkció meghívása előtt is kijelölhetjük a felosztandó elemeket.

4.8.9. Metszéspont



Amennyiben a hálózat szerkesztése folyamán az *Automatikus metszéspontgenerálás* nem volt bekapcsolva, ezzel a funkcióval lehetőségünk van meglévő vonalak metszéspontját létrehozni. A megjelenő dialógusablakban megadható, hogy mely elemtípusok esetén hajtódjon végre a művelet.
A kijelölésben szereplő vonalak metszéspontjába a program csomópontot generál, és a vonalakat a metszéspontnak megfelelő arányban felosztja. Ha olyan elemekre használjuk, amelyekhez már végeselemeket is definiáltunk, akkor az így kapott új elemek öröklik az eredeti végeselem jellemzőit és a végeselemre definiált terheket is.



☞ **A funkció meghívása előtt is kijelölhetjük az elemeket.**

4.8.10. Csomópont eltávolítása



Ezzel a funkcióval eltávolíthatjuk vonalelemek metszéspontját, így egymást keresztező, de független elemeket (például rácsrudakat) alakíthatunk ki. A metszéspont törlésének feltétele, hogy a pontba páros számú vonal kapcsolódjon, és minden vonal összeilleszthető legyen.

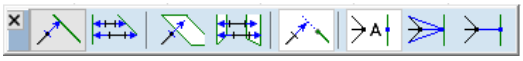
4.8.11. Közbenső csomópontok eltávolítása



A funkció egy vonalszakasz fölösleges osztópontjainak eltávolítására alkalmas. A csomópontok eltávolításának feltétele, hogy csak két vonal kapcsolódjon hozzájuk, és ezek összeilleszthetőek legyenek.

4.8.12. Vonalak kinyújtása más vonalakig, síkokig





A funkcióval meglévő (egyenes vagy íves) vonalakat nyújthatunk ki más (egyenes vagy íves) vonalakig vagy síkokig.

Alapfunkciók



Vonalak kinyújtása adott vonalig
Először a határoló vonalat kell megadnunk: vagy egy meglévő vonalra kattintunk, vagy megadunk két pontot, ebben az esetben az összekötő vonal lesz a határvonal. Ezután már csak a kinyújtandó vonalvégekre (a vonalaknak a kinyújtandó vonalvéghez közelebb eső felére) kell kattintanunk.



Vonalak kinyújtása adott vonalakig
Itt meglévő vonalakra kattintva egyszerre több határoló vonalat is megadhatunk, ezután a kijelölő palettán OK-t (vagy Enter billentyűt) nyomva áttérhetünk a kiterjesztendő vonalak kijelölésére. Ezt hasonlóan lezárva, a vonalak mindkét irányban kinyúlnak a határoló vonalakig.



Vonalak kinyújtása adott síkig
Először a határoló síkot kell megadnunk: vagy egy meglévő tartományra kattintunk, vagy megadunk három, nem egyvonalba eső pontot, ebben az esetben három pont által meghatározott sík lesz a határsík. Ezután már csak a kinyújtandó vonalvégekre (a vonalaknak a kinyújtandó vonalvéghez közelebb eső felére) kell kattintanunk.



Vonalak kinyújtása adott síkokig
Itt meglévő tartományokra kattintva egyszerre több határoló síkot is megadhatunk, ezután a kijelölő palettán OK-t nyomva áttérhetünk a kiterjesztendő vonalak kijelölésére. Ezt ismét OK-val lezárva, a vonalak mindkét irányban kinyúlnak a határoló síkokig.

Beállítások



Kinyújtás akkor is, ha nincs tényleges metszés
A gomb kapcsolóként működik. Benyomott állapotában a vonalak akkor is kinyúlnak a határvonal egyenesével alkotott metszéspontjukig, ha az nem esik a határvonal kezdő- és végpontja közé. Kikapcsolt állapotában a vonalak csak akkor nyúlnak ki, ha a határoló szakasszal tényleges metszéspont alakul ki.

Az utolsó három, egymást kizáró gombbal a vonalvégek kezelését szabályozhatjuk:



Szabad vég mozgatása, becsatlakozó elemek esetén toldás
A program attól függően választ az alábbi két lehetőség közül, hogy a kinyújtandó vonal csomópontjába csatlakoznak-e további vonalak. Ha nem, az első, ha igen, a második megoldást választja.



A vonalvégek mozgatása
A kinyújtott vonalvég csomópontja átkerül a határoló vonallal alkotott metszéspontba. Ezzel a csomópontba esetleg csatlakozó egyéb vonalak iránya is megváltozik.



A vonalvégek toldása
A kinyújtott vonalvég csomópontja megmarad, a határoló vonallal alkotott metszéspontba új csomópont, a kettő közé új vonalszakasz (toldás) generálódik. Ilyenkor az eredeti csomópontba esetleg csatlakozó egyéb vonalak iránya nem változik.

4.8.13. Vonalak levágása más vonalak, síkok mentén





A funkcióval meglévő (egyenes vagy íves) vonalakat vághatunk el más (egyenes vagy íves) vonalak vagy síkok mentén.

Alapfunkciók



Vonalak levágása egy másik vonal mentén
Először a vágóvonalat kell megadnunk: vagy egy meglévő vonalra kattintunk, vagy megadunk két pontot, ebben az esetben az összekötő vonal lesz a vágóvonal. Ha ez metszi a vágandó vonalat, egyszerűen kattintsunk a vonal levágandó (törlendő) részre.



Vonalak levágása több vonal mentén
Itt meglévő vonalakra kattintva egyszerre több vágóvonalat is megadhatunk, ezután a kijelölő palettán OK-t (vagy Enter billentyűt) nyomva áttérhetünk a vágandó vonalak kijelölésére. Ezt hasonlóan lezárva, kattintsunk a vágóvonalaknak arra a felére, ahová a levágandó (törlendő) részek esnek.



Vonalak levágása adott síkkal
Először a vágósíkot kell megadnunk: vagy egy meglévő tartományra kattintunk, vagy megadunk három, nem egyvonalba eső pontot, ebben az esetben három pont által meghatározott sík lesz a vágósík. Ha ez metszi a vágandó vonalat, egyszerűen kattintsunk a vonal levágandó (törlendő) részére.



Vonalak levágása adott síkokig
Itt meglévő tartományokra kattintva egyszerre több vágósíkot is megadhatunk, ezután a kijelölő palettán OK-t nyomva áttérhetünk a vágandó vonalak kijelölésére. Ezt ismét OK-val lezárva, kattintsunk a vágósíkoknak arra az oldalára, ahová a levágandó (törlendő) részek esnek.

Beállítások



Vágás akkor is, ha nincs tényleges metszés
A gomb kapcsolóként működik. Benyomott állapotában a vágóvonal akkor is elvágja a vonalakat, ha a metszéspontjuk nem esik a vágóvonal kezdő- és végpontja közé. Kikapcsolt állapotában a vágóvonalak csak azokat a vonalakat vágják el, melyekkel tényleges metszéspontjuk alakul ki.

Az utolsó három gombbal a vonalvégek kezelése kapcsán választhatunk három, egymást kizáró lehetőség közül.



Szabad vég mozgatása, becsatlakozó elemek esetén toldás
A program attól függően választ az alábbi két lehetőség közül, hogy a vágandó vonal csomópontjába csatlakoznak-e további vonalak. Ha nem, az első, ha igen, a második megoldást választja.



A vonalvégek mozgatása
A levágott vonalvég csomópontja átkerül a vágóvonallal alkotott metszéspontba. Ezzel a csomópontba esetleg csatlakozó egyéb vonalak iránya is megváltozik.



A vonalvégek toldása
A levágott vonalvég csomópontja, ha más vonalak is csatlakoznak oda, megmarad, a vágóvonallal alkotott metszéspontig terjedő szakasz pedig törlődik. Ilyenkor az eredeti csomópontba csatlakozó egyéb vonalak iránya nem változik.

4.8.14. Vonalak kinyújtása közös metszéspontjukig





Alapfunkciók



Két kijelölt vonal kinyújtása/levágása közös metszéspontjukig
A rákattintással egymás után kijelölt vonalakat párosával kinyújtja / levágja a közös metszéspontjukig.



A kijelölt vonalak kinyújtása/levágása az elsővel való közös metszéspontjukig
A rákattintással egymás után kijelölt vonalakat kinyújtja / levágja az elsőként kiválasztott vonallal közös metszéspontjukig.

A következő két gombbal az íves szakaszok viselkedését szabályozhatjuk, ahol egynél több közös metszéspont is adódhat.

Beállítások



Az ív kiterjesztése a rövidebb irányba
Az íveknek mindig azt a végét nyújtja ki / vágja le, amelyikhez közelebb esik a metszéspont



Az ív kiterjesztendő végének kijelölése kattintással
Rákattintással kijelölhetjük, hogy az ív melyik végét nyújtjuk ki / vágjuk le.

Az utolsó három gomb működése az előző két pontban írottakat követi.

4.8.15. Normál transzverzális



Két térbeli vonal közé normál transzverzálist szerkeszt.

4.8.16. Objektumok szétvágása sík mentén



Egy sík megadása után a modellbe bekerülnek a sík által elmetszett objektumokon kialakuló metszéspontok és metszésvonalak, melyek egyúttal felosztják a tartományokat is.
Ezt a funkciót tartományok szétvágása mellett rúd és bordaelemek metszésére is használhatjuk.

4.8.17. Féltér levágás

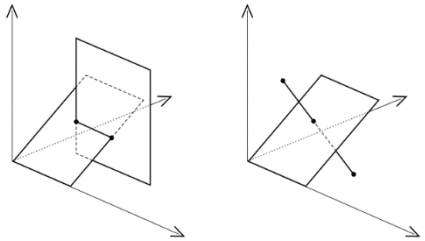


Ez az eljárás nagyon hasonló az *Objektumok szétvágása sík mentén* funkcióhoz, de itt a vágósík megadása után kiválasztható az a féltér, amelybe eső elemek a vágást követően törlődnek.

4.8.18. Tartományok metszése



Tartományok áthatási vonalának, valamint tartományok és oszlopok döféspontjának megszerkesztése.
Az ikon megnyomása után jelölje ki azokat a tartományokat, melyek között az áthatási vonalakat szeretné megszerkeszteni.



4.8.19. Fölösleges vonalak és csomópontok eltávolítása



Eltávolítja a modellből az elemekhez (vonalelemekhez, tartományokhoz, támaszokhoz, stb.) nem kapcsolódó csomópontokat és elemtulajdonság nélküli geometriai vonalakat. Lehetséges beállítások:

A kijelölésből: Csak a kijelölt csomópontokat ellenőrzi.

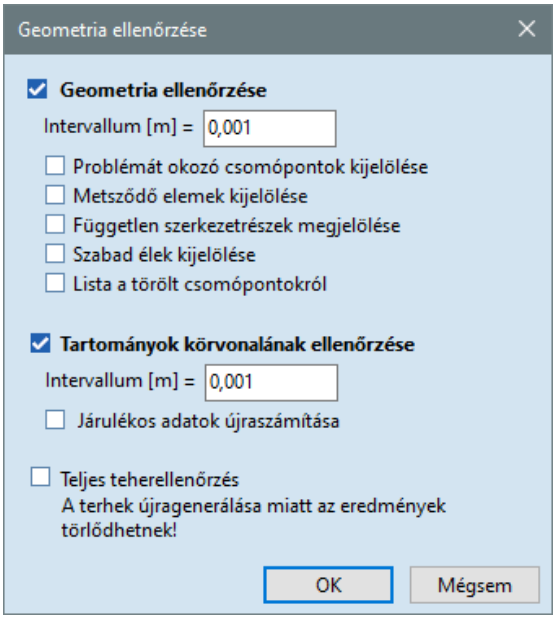
Vizsgálja a tartományok belső csomópontjait, vonalait is: Mikor hálófüggetlen terheket adunk meg egy tartományra, a végeselemháló illeszkedését biztosító segédcsomópontok és segédvonalak kerülnek a tartomány belsejébe. Ezek a háló esetleges törlése után is megmaradnak, s mivel nincsenek fizikai tulajdonságaik, a funkció ezeket is megtalálja. Ha nem jelöljük be az opciót, a program nem fogja törölni az ilyen segédcsomópontokat és vonalakat.

Csak jelölje ki, ami törlendő: Ezt az opciót választva a program csak kijelöli a törlendő csomópontokat és vonalakat, tehát az eltávolítandó elemek köre a tetszés szerint szűkíthető vagy bővíthető. A kijelölt elemek ezután a *Delete* gomb segítségével törölhetőek.

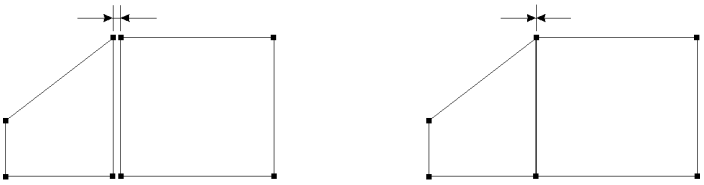
4.8.20. Ellenőrzés



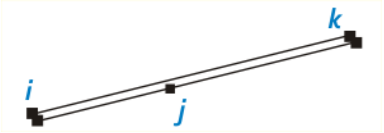
A funkcióval megjelölhetjük vagy eltávolíthatjuk a modellből a megadott távolságon belül elhelyezkedő pontokat és vonalakat, valamint korrigálhatjuk a tartományok körvonalát oly módon, hogy a körvonalat alkotó szakaszok egy síkba kerüljenek. Az eljárás javítja azokat az íveket is, amelyeknél az ív kezdő és végpontja a középponttól nem azonos távolságra van.
Ha a *Problémát okozó csomópontok kijelölése* mezőt bekapcsoljuk, a program az *Intervallum* paraméterben megadott távolságnál közelebb lévő csomópontokat csak kijelöli, de a modellt nem módosítja.
Ha kikapcsoljuk ezt a mezőt, akkor a funkció egyesít minden olyan csomópontot, amelyek a megadott távolságnál közelebb vannak egymáshoz, és egyesíti a pontok közé generált vonalakat.



Az egyesített csomópontok helyett új csomópont jön létre, azok geometriai súlypontjában. A törölt csomópontokról lista kérhető *(Lista a törölt csomópontokról).* A *Független pontok és hálózatok megjelölése* bekapcsolásakor jelzi a program, ha olyan szerkezetrészt talál, amelynek nincs összeköttetése más szerkezetrészekkel. Kérhető a *Problémát okozó csomópontok kijelölése,* és a *Metsződő elemek kijelölése is.*
A *Teljes teherellenőrzés* az összes olyan terhet újra generálja (például a rudakra szétosztott felületi terheket vagy a teherpanelek terheit), melyek függenek a szerkezet geometriájától. Ennek következtében az eredmények törlődhetnek.



☞ **Az ellenőrzés nem szűri ki azt a hibát, amikor egy vonal és egy vele párhuzamos vonallánc van fedésben úgy, hogy a vonal és a vonallánc kezdő- és végpontja megegyezik. Ebben az esetben az ellenőrzés indítása előtt használja a metszéspont funkciót, amely a fedésben lévő vonalakat összemetszi.**

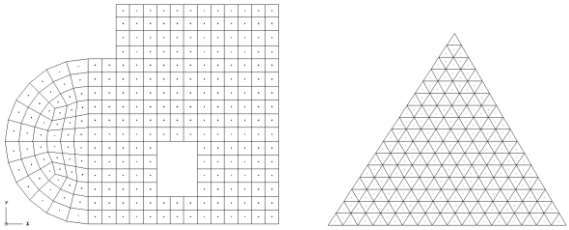


4.8.21. Felület

Felület kijelölése



Ezzel a funkcióval jelölhetjük ki azokat a hálózati részeket, amelyekre később felület-végeselemeket definiálunk. Minden esetben, amikor felületet (lemez, tárcsa, héj) akarunk modellezni, olyan hálózatot kell szerkesztenünk, amely folytonos négyszög- ill. háromszöghálózatot alkot. A Felület funkció kikeresi a kijelölt hálózati részből a négy vagy három vonallal határolt, konvex és sík területeket, ezeket regisztrálja, és középpontjukat egy ponttal megjelöli.
Ki kell jelölni – egy vagy több lépésben – minden olyan hálózati vonalat, amely a modellezendő felület része. Felületelemként kizárólag az így meghatározott felületek definiálhatók.
A funkció alkalmazását a tartományok megjelenése mára feleslegessé tette.



☞ **Azokat a négyszögterületeket tekinti a program síknak, amelyek esetén bármely három sarokpontján átfektetett síktól a negyedik sarokpont a** *Beállítások / Szerviz / Szerkesztés / Szerkesztési pontosság* **paraméterben megadott értéknél jobban nem tér el.**

4.8.22. Módosítás, transzformációk

Geometriai tulajdonságok módosítása

Csomópont/vonal helyzetének a módosítása az alábbi lépésekben történhet:

1. A kurzorral álljunk rá a csomópontra/vonalra/felületközéppontra.
2. Az bal gomb lenyomva tartása mellett húzzuk el a csomópontot / vonalat / felületet.
3. Helyezzük át a csomópontot/vonalat/ felületet az új pozícióra, vagy írjuk be az új koordinátákat a koordináta-palettán, majd nyomjunk meg egy parancsgombot.

Segédpaletták használata

A megfogott elem típusától függő gyorsító segédpaletta jelenik meg a képernyőn, melyek elhelyezkedését a *Beállítások / Alapbeállítások / Eszköztár* menüpontban befolyásolhatjuk.

Csomópont módosítása

Az ikonokra kattintva a következő funkciók hajtódnak végre:



 Csomópont elmozdítása a kapcsolódó vonalakkal

 A kijelölt vonal leválasztása a csomópontról

 A megfogott pontba kapcsolódó vonalak párhuzamos eltolása

 Sarok letörése

 Sarok lekerekítése

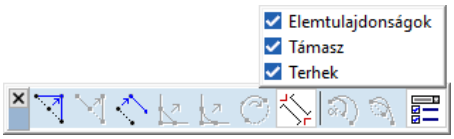
 Elmozdítás ív mentén

 A megfogott elemek leválasztása a kapcsolódó pontokról

 A mozgatás során a kapcsolódó ív középponti szöge nem változik

 A mozgatott pont, valamint az eredeti ív felezőpontja és végpontja jelöli ki az új ívet

 Csak a leválasztás (5. funkció) esetén aktív, a megjelenő listából kijelölhető, hogy a leválasztás mely tulajdonságokat tartsa meg.



Numerikus módosítás: Egy csomópontra kattintva azonnal a táblázatba jutunk, ahol a koordinátákat átírhatjuk. Ha több kijelölt csomópont közül kattintunk az egyikre, akkor a táblázatban az összes kijelölt csomópont koordinátáját szerkesztheti. A módosítást a tulajdonságszerkesztőben is elvégezhetjük a pontok kijelölése után.

Kijelölt csomópontok egy síkba hozása, ha a sík valamelyik koordinátasíkkal párhuzamos, például a következőképpen történhet:

1. Jelöljük ki a pontokat, melyeket azonos síkba szeretnénk hozni.
2. A tulajdonságszerkesztőben adjuk meg a szükséges koordinátaértéket.

Egyenes módosítása

Az ikonokra kattintva az alábbi funkciók hajtódnak végre:



 Sarok lekerekítése

 Az egyenes párhuzamos eltolása

 Egyenes megtörése adott pontban

 Egyenes ívvé alakítása úgy, hogy az egyenes végpontjai az ív kezdő, illetve végpontja lesznek

 Az egyenesszakasz leválasztása


Két vonalelem között elhelyezkedő vonalszakasz (letörés) mozgatása.


Két vonalelem között elhelyezkedő egyenes vonalszakasz (letörés) helyettesítése olyan lekerekítő ívvel, mely mindkét csatlakozó vonalszakaszhoz érintőlegesen csatlakozik.


Ikonok leírása a *Csomópont módosítása* részben (kapcsolódó ívek kezelése).

Ív módosítása

Az ikonokra kattintva a következő funkciók hajtódnak végre:




Sarok lekerekítése


Az ív párhuzamos eltolása


Az ív egyenessé alakítása


Az ívsugár megváltoztatása úgy, hogy az ív kezdő, illetve végpontja helyben marad


Az ívsugár megváltoztatása úgy, hogy az ív kezdő, illetve végpontja is elmozdul a sugár változásának megfelelően


A megfogott ív leválasztása


Ikonok leírása a *Csomópont módosítása* részben (kapcsolódó ívek kezelése).

☞ **Amennyiben több kijelölt csomópont és/vagy vonal van, akkor a módosítás az összes csomópont / vonal helyzetét megváltoztatja.**

Objektumok transzformálása

Leírását *lásd...* **2.16.6 Objektumok másolása és mozgatása**

4.8.23. Törlés

Del Részletes leírását *lásd...* **3.2.9 Törlés**

4.9. Elemek



Végeselem-jellemzők definiálása

Az egyes végeselemek az alábbi jellemzők megadását igénylik:

Végeselem	*Anyag*	*Szelvény*	*Referencia*	*Merevség*	*Felület*
Rácsrúd	•	•	o		
Rúd	•	•	•	o	
Borda	•	•	o		
Tárcsa	•		•		•
Lemez	•		•		•
Héj	•		•		•
Támasz			•	•	
Merev test					
Diafragma					
Rugó			•	•	
Kontakt			•	•	
Kapcsolati elem				•	
Élmenti csukló				•	

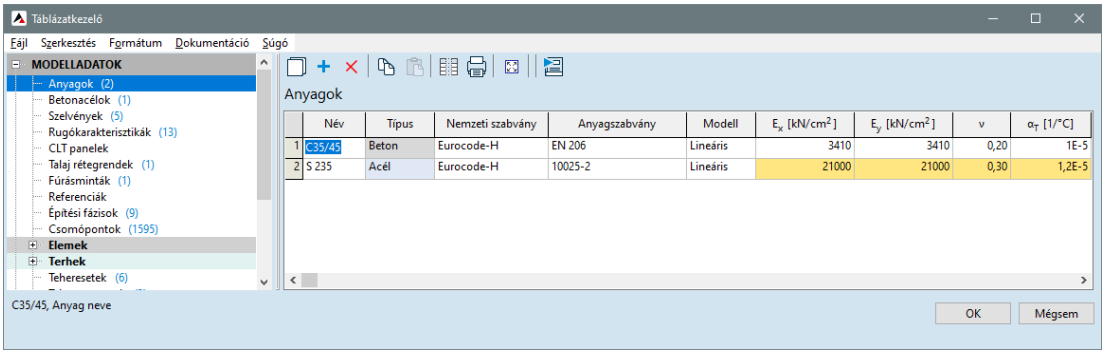
o: megadható, de nem kötelező

A funkcióval különböző típusú végeselemek definiálhatók. A definiálás során a végeselemeket meghatározó jellemzőket kell megadni. A következőkben a végeselemekhez kapcsolódó funkciók, definiálások leírása történik.

4.9.1. Anyagtáblázat

Anyagtípusok definiálása





A táblázatcellák színkódolása és az oszlopok szerinti rendezés kapcsán *lásd...* **2.9 Táblázatok**.

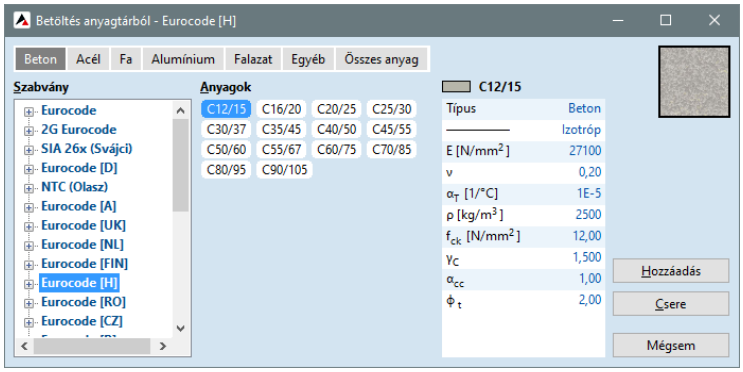
Itt lehetséges a szerkezet modelljében használt anyagok jellemzőinek megadása. A csatolt adatbázisból is betölthetők adatok.

Betöltés adatbázisból



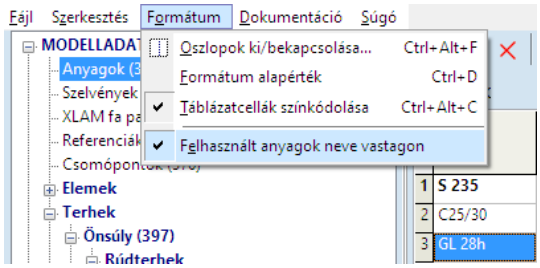
[Shift+Ctrl+M]

Az anyag adatbázis a statikusi gyakorlatban előforduló anyagok jellemzőit tartalmazza az MSz, Eurocode, SIA és NTC szabványok szerint. Az itt szereplő anyagok bármely modellhez felhasználhatók. A listára felvett, de a modellben fel nem használt anyagok bármikor törölhetők a *Szerkesztés / Nem használt anyagok törlése* funkcióval.
Az anyagtípust kiválasztva a listában csak a megfelelő anyagok jelennek meg.



A *Hozzáadás* gombbal új anyagot adhatunk az anyagtáblázathoz, *Csere* esetén az anyagtáblázat aktuális sorának helyére a dialógusablakban kiválasztott anyag kerül.

A *Formátum / Felhasznált anyagok neve vastagon* funkció bekapcsolásával elkerülhető, hogy olyan anyagot töröljünk a táblázatból, melyet a szerkezet valamelyik eleméhez már hozzárendeltünk.



☞ **Ha valamely korábban megadott anyagtípus törlésre kerül, akkor azok az elemek, melyekhez hozzá volt rendelve, szintén törlődnek.**

Anyagjellemzők

Az egyes végeselemek az alábbi anyagjellemzőket igénylik a számításhoz.

Végeselem	*E*	*v*	*α*	*ρ*
Rácsrúd	•		•	•
Rúd	•		•	•
Borda	•		•	•
Tárcsa	•	•	•	•
Lemez	•	•	•	•
Héj	•	•	•	•
Támasz				
Merev test				
Diafragma				
Rugó				
Kontakt				
Kapcsolati elem				

Az anyagjellemzők megjelenítése illetve módosítása táblázatos formában történik a **3.1.15 Anyagtár fejezetben leírtaknak megfelelően.**

☞ **A programrendszer lineárisan rugalmas (a Hooke-törvényt követő), izotróp vagy ortotróp anyagmodellt alkalmaz rácsrúd-, rúd-, borda-, lemez-, tárcsa-, héj- és támaszelem esetén. Nemlineárisan rugalmas anyagmodellt alkalmaz a program kontaktelem, határerős rugó, nemlineáris rácsrúd, nemlineáris támasz esetén, valamint vasbeton lemezek lehajlás-számításánál. A nemlineáris anyagmodellt csak nemlineáris számítás esetén veszi figyelembe a program.**

Csak a felhasznált anyagok

Bekapcsolása esetén a táblázat csak a modellben ténylegesen alkalmazott anyagokat sorolja fel.

Csak az aktív részletek vagy a kijelölés anyagai

Bekapcsolása esetén a táblázat csak az aktív részletek vagy a kijelölt elemek anyagait sorolja fel.

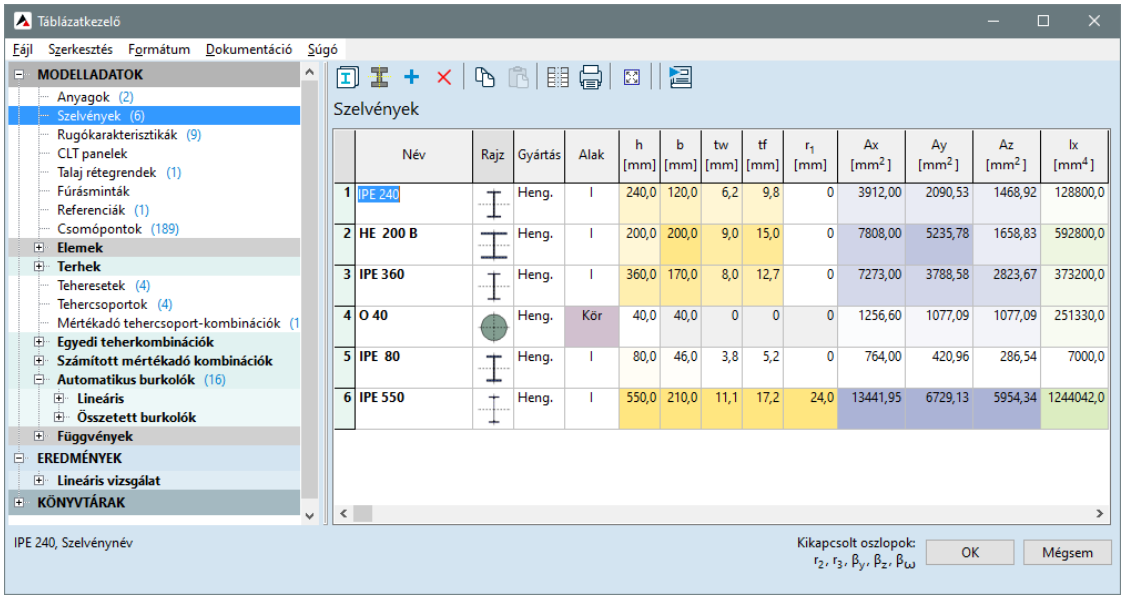
Anyagok számmal / Anyagok névvel

A kapcsoló más táblázatok (pl. rúdtáblázatok) tartalmára van hatással van: az elemek anyagát mutató oszlop eszerint mutatja az anyag számát vagy nevét.

4.9.2. Szelvénytáblázat

Keresztmetszet típusok definiálása



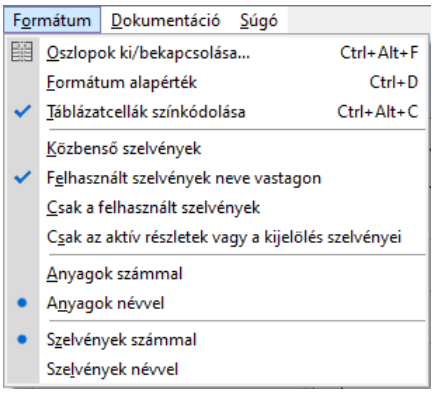


A táblázatcellák színkódolása és az oszlopok szerinti rendezés kapcsán *lásd...* **2.9 Táblázatok**.

Ez a funkció a rudak, rácsrudak, bordák keresztmetszet-típusainak definiálására szolgál. A szelvény-adatbázisból is tölthetünk be szelvény jellemzőket. *Lásd...* **4.9.2.1 Betöltés szelvénytárból**

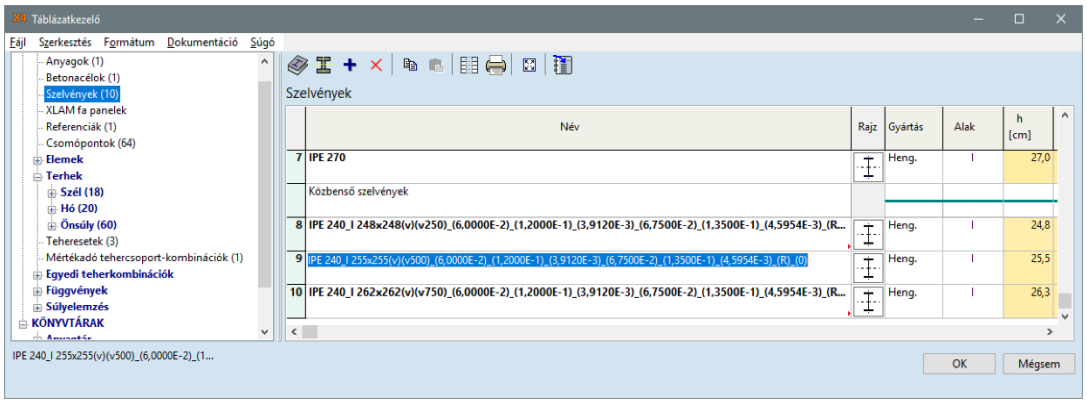
☞ **Ha a táblázatból egy korábban megadott keresztmetszettípus törlésre kerül, akkor azok a rácsrúd-, rúd- és borda elemek is törlődnek, melyek az adott típusú keresztmetszettel rendelkeztek. A törölt elemek helyén a hálózati vonalak megmaradnak.**

A keresztmetszeti jellemzőket a rácsrúd/rúd/bordaelem lokális koordináta- rendszerének megfelelően kell megadni.



Közbenső szelvények

Ha változó szelvényű elemeket felosztott vagy behálózott, ezzel a menüponttal kapcsolhatja be, illetve ki a szelvénytáblázat végén a generált közbenső keresztmetszetek adatainak megjelenítését.



Felhasznált szelvények neve vastagon



Szelvénytáblázat esetén segíti az eligazodást.

A *Nem használt szelvények törlése* kapcsoló bekapcsolása esetén (*lásd...* **2.9 Táblázatok/** Szerkesztés) ezek a szelvények maradnak meg a táblázatban.

Csak a felhasznált szelvények

Bekapcsolása esetén a táblázat csak a modellben ténylegesen használatban lévő szelvényeket sorolja fel.

Csak az aktív részletek vagy a kijelölés szelvényei

Bekapcsolása esetén a táblázat csak az aktív részletek vagy a kijelölt elemek szelvényeit sorolja fel.

Szelvények számmal / Szelvények névvel

A kapcsoló más táblázatok (pl. rúdtáblázatok) tartalmára van hatással: az elemek szelvényét mutató oszlop eszerint mutatja a szelvény számát vagy nevét.

4.9.2.1. Betöltés szelvénytárból

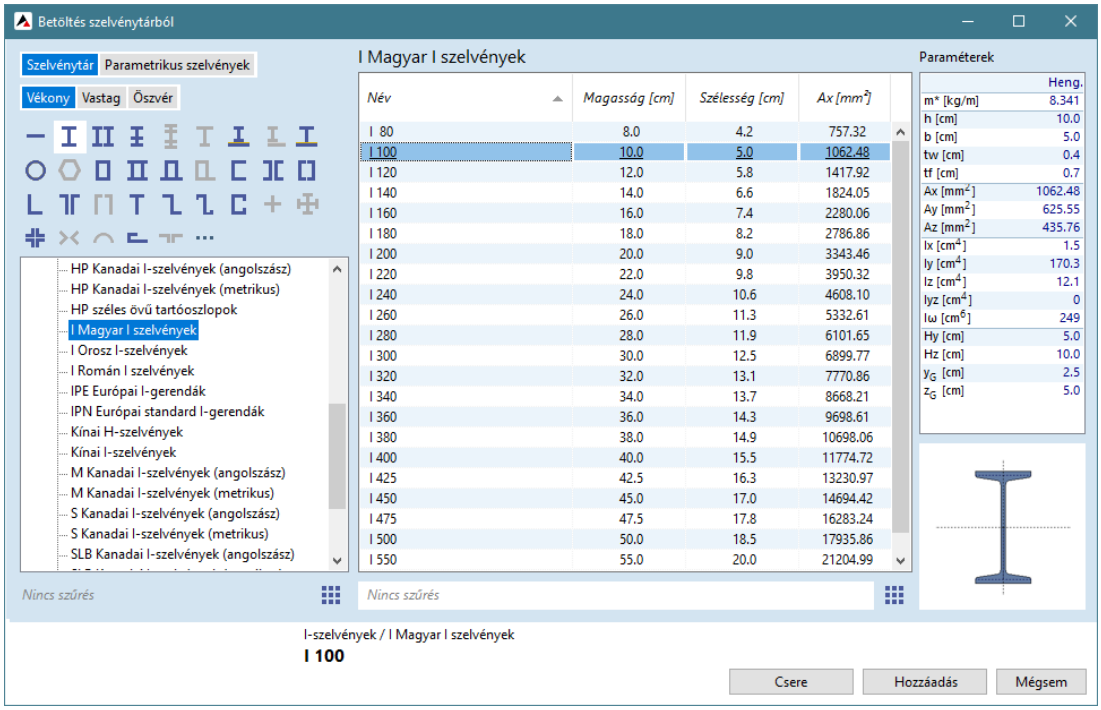


A *Betöltés szelvénytárból* ablak baloldalán választhatunk, hogy a szelvénytár adatbázisából veszünk-e át szelvényeket *(Szelvénytár)* vagy geometriai paraméterek megadásával szeretnénk szelvényeket generálni *(Parametrikus szelvények)*.
A középső listában az adatbázisból kiválasztott szelvénytábla szelvényeinek főbb jellemzőit láthatjuk.

Szelvénytár

Válasszuk ki, hogy vékonyfalú, vastagfalú vagy öszvér szelvényt keresünk, majd az ikontáblárol válasszuk ki a kívánt szelvényalakot. Ekkor a baloldali fában megjelennek az adatbázis megfelelő szelvénytáblázatai. A kijelölt tábla szelvényei a középső listában jelennek meg, innen választhatunk egy vagy több betöltendő szelvényt. A táblázat oszlopainak fejlécére kattintva a lista elemeit az illető paraméter szerint (*Név, Magasság, Szélesség, Ax* ([keresztmetszeti terület]) növekvő / csökkenő sorrendbe rendezhetjük.
A kiválasztott szelvény paraméterei és rajza jobboldalon látható.
A Szelvénytár kezelését és a paraméterek értelmezését *lásd...* **3.1.16 Szelvénytár fejezetben.**

☞ **Az ikontáblán csak az adatbázisban előforduló szelvényalakok hozzáférhetőek. Új szelvénytípust tartalmazó egyedi szelvénytáblázat megadása esetén az új szelvénytípus az ikontáblán automatikusan hozzáférhetővé válik.**



A *Csere* gombra kattintva az itt kiválasztott szelvény kerül a *Szelvénytáblázat*ban kijelölt szelvény helyére.
A *Hozzáadás* gombra kattintva az itt kiválasztott szelvény a szelvénytáblázat végére kerül új szelvényként.
Többszörös kijelölés esetén csak *Hozzáadás* lehetséges.

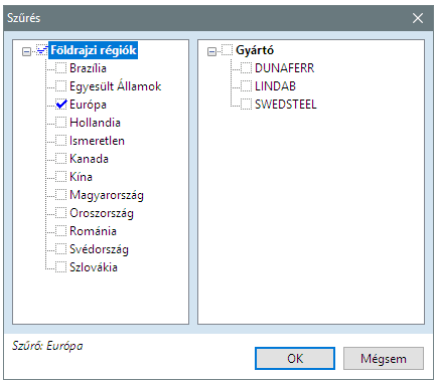
Szűrők

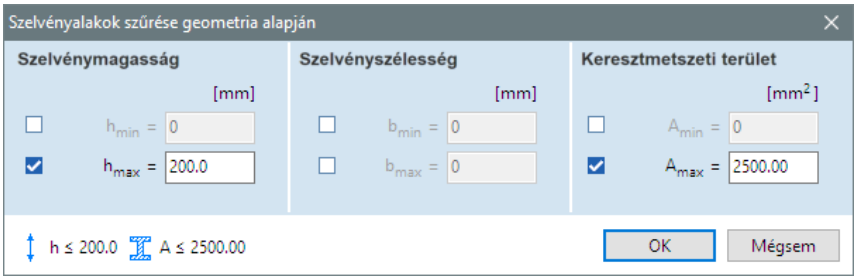


A baloldali fában mindig az adott szelvényalaknak megfelelő táblázatok jelennek meg, ezek földrajzi régió és gyártó szerint szűrhetőek. Kattintsunk a fa alatti *Szűrő* ikonra és állítsuk be, mely szelvényeket szeretnénk látni.

A középső szelvénylista alatt a lista elemeit szűrhetjük geometriai jellemzőik szerint. Kattintsunk a *Szűrő* ikonra, majd állítsuk be a szelvények minimális/maximális magasságát, szélességét, keresztmetszeti területét a kívánt értékre.

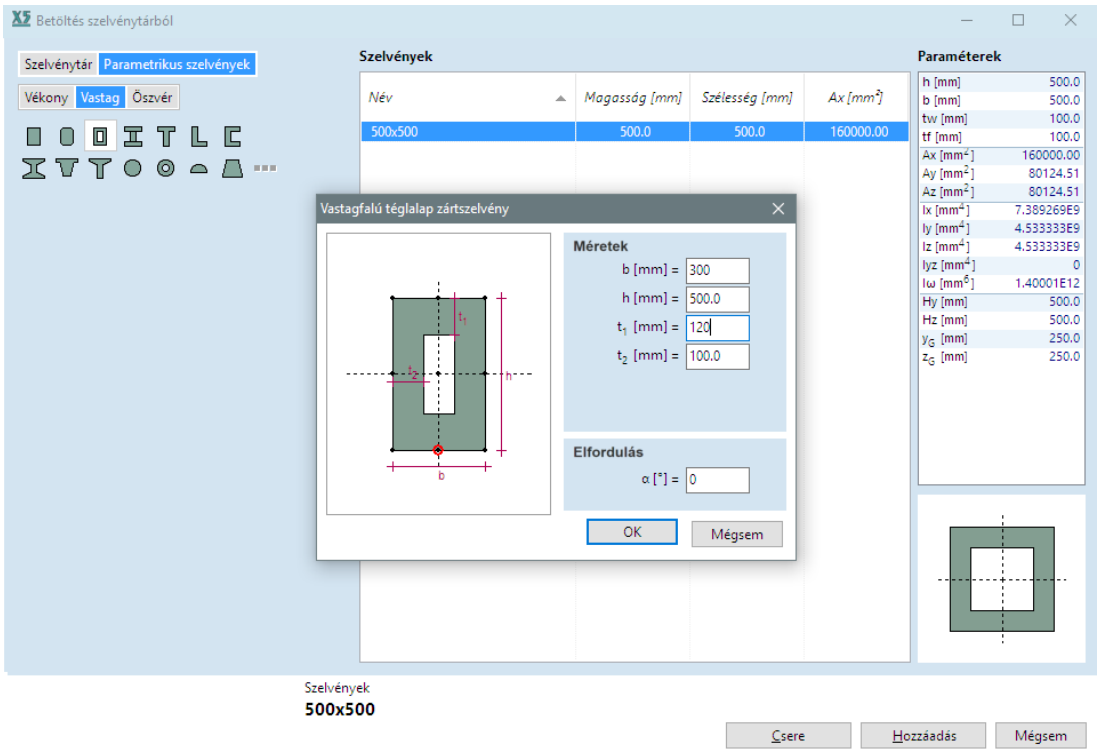






Parametrikus szelvények

Parametrikus szelvények megadásakor is ikontábláról választhatunk a vastag- és vékonyfalú vagy öszvér szelvények közül. A kívánt ikonra kattintva megjelenik az ablak, ahol megadhatjuk az egyes paraméterek értékét. Az eredményül kapott szelvény az *OK* gomb megnyomására generált néven bekerül a középső szelvénylistába. A listába eltérő alakú szelvényeket is felvehetünk.
A szelvény nevét a névre duplán kattintva módosíthatjuk. A listában kijelölt szevényt (szelvényeket) a *Delete* gomb lenyomásával törölhetjük.



Ha csak egyetlen szelvényt adtunk meg, a *Csere* gombra kattintva ez kerül a *Szelvénytáblázat*ban kijelölt szelvény helyére. A *Hozzáadás* gombra kattintva a listában szereplő szelvények a szelvénytáblázat végére kerülnek új szelvényként. Egynél több megadott szelvény esetén csak *Hozzáadás* lehetséges.

☞ **Parametrikus szelvények esetén (a Szelvénytártól eltérően) a listában nem kell kijelölni a felvenni kívánt szelvényeket.**

4.9.3. Fúrásminták megadása (SOIL modul)

Az AXISVM-ben fúrásminták adatai alapján rétegmodellt, illetve ez alapján térbeli hálógenerálással test-elemekből talajmodellt lehet felépíteni.

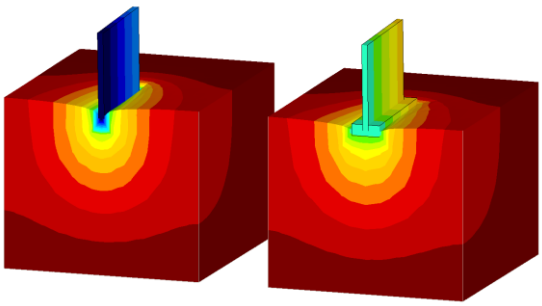
Rétegmodell

A rétegmodell birtokában interpolálással meghatározható a megadott csomóponti, vonalmenti vagy felületi támaszok alatt elhelyezkedő talaj pontról-pontra változó rétegrendje, s ez alapján megbecsülhető a merevsége (*lásd...***4.9.14.1.2 / 4.9.15.1.2 / 4.9.16.1.1 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján**). Ennek megfelelően a vonalmenti és felületi támaszoknál ez a merevség a végeselemhálón elemenként eltérő érték lehet.

Talajmodell

A talaj és az épületszerkezet kölcsönhatásának még pontosabb modellezése a testelemekből felépített talajmodell, mellyel a talajban keletkező feszültségeloszlás és alakváltozás is nyomon követhető. Ilyenkor az épületszerkezetet nem csomóponti, vonalmenti vagy felületi támaszokkal támasztjuk meg, hanem a talajmodellel.

A pontalapokat, sávalapokat a valós fizikai méretükkel, talajjal érintkező tartományokként kell modellezni. A reális viselkedés érdekében tartószerkezeti elemek közvetlenül nem kapcsolódhatnak a talajmodellhez, az ugyanis irreálisan nagy süllyedést és szinguláris feszültségi csúcsokat eredményezne.



A térbeli talajmodell alsó és oldalsó határoló lapjain a csomópontok normális irányban merev megtámasztást kapnak.

A talajmodell megadásának részleteit *lásd...* **4.9.9 Talajmodellezési tartomány (SOIL modul)**

Fúrásminta

A fúrásminta a modell globális terében egy adott térbeli pozíción felvett talaj rétegrend. A pozíció a rétegrend legfelső, egyben nullpontját jelöli. Egy pozíción csak egy fúrásminta helyezkedhet el.

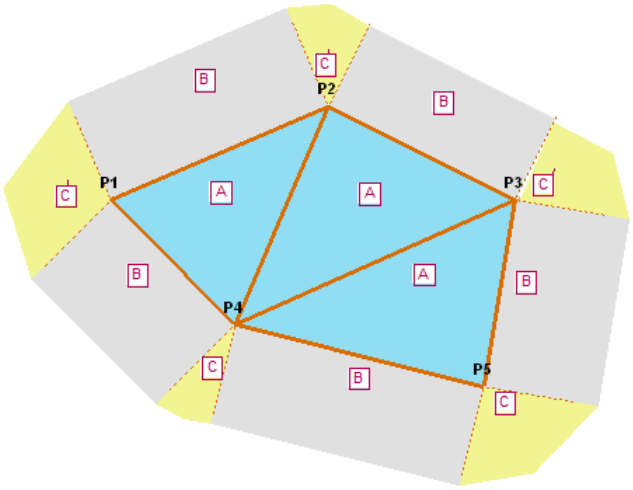
Terepmodell

A különböző pozíciókon megadott fúrásmintákat a program háromszögeléssel összeköti, ezt a programban terepmodellnek nevezzük. Ennek alapján készíti el a program a rétegmodellt, melyből egy adott P térbeli pontban meghatározható az ottani rétegrend. Ha a P pont Z koordinátája feljebb van, mint a kapott rétegrend legfelső pontja, úgy tekintjük, hogy ott a legfelső réteg folytatódik, ha lejjebb van, mint a rétegrend legalsó pontja, úgy tekintjük, hogy ott a legalsó réteg folytatódik.

A rétegmodell felállításához a terepmodellt és a P pontot is a globális modelltér alapsíkjára (Z = 0) vetítve határozzuk meg, hogy P vetülete a terepmodell vetületének melyik háromszögébe esik.

Rétegmodell

A rétegrendet a program a háromszögeken belül (kék, A jelű régiók) a három rétegrend közti interpolációval, a fúrásminták alapsíkra vett vetületének konvex burkán kívül (szürke B és sárga C jelű régiók) extrapolációval határozza meg.



A szürke, B jelű régiókban a két fúrásminta (pl. P1 és P4) rétegrendjei között lineáris interpoláció történik, a C jelű régiókban a régióba eső egyetlen fúrásminta rétegrendjével számolunk.

Egyvonalba eső fúrásminták esetén a fúrásminták között interpoláció, a kezdő- és végponton túl extrapoláció történik.

Ha a modellben csak egyetlen fúrásminta van, minden pontban annak a rétegrendjével számolunk.

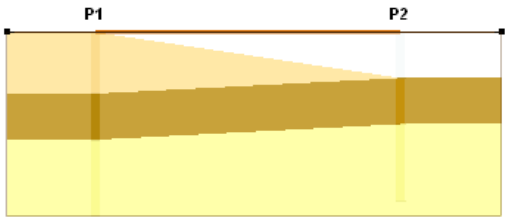
Az interpoláció és az extrapoláció jobb követhetősége érdekében a terepmodell a rajzon is megjelenik.

Rétegrendek közötti interpoláció

Ha a két rétegrendben a rétegek minősége és sorrendje megegyezik, csak a vastagságuk tér el, az interpoláció értelemszerű. Eltérő tulajdonságú rétegek közti interpoláció során (az ábrán a P1 és P2 fúrásminta legfelső rétege más) nem dönthető el, hogy a közbenső pontokban a P1 vagy a P2 minta legfelső rétege van-e felül. Ilyenkor esetleges, hogy a program melyiket választja.

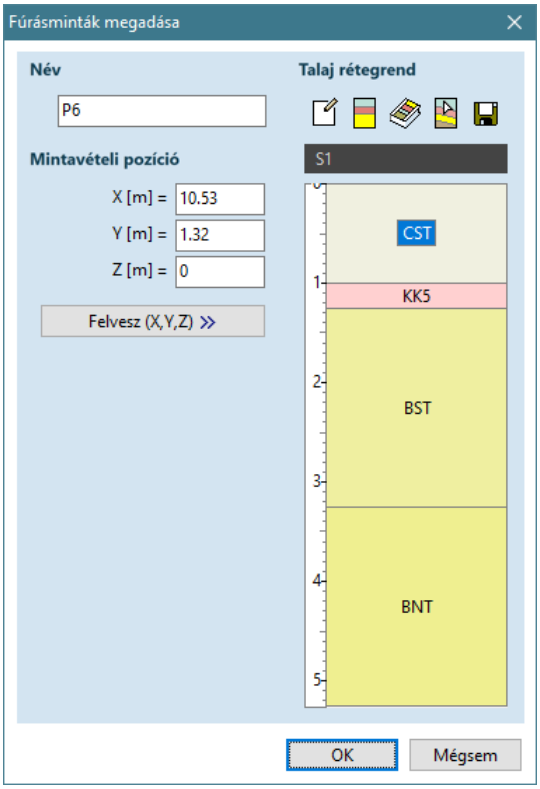


Ha a program által választott interpoláció nem megfelelő, például tudjuk, hogy a közbenső pontokban nem P1, hanem P2 legfelső rétege van felül, akkor a P1 rétegrend tetejére felvehetünk P2 legfelső rétegéből egy 1 mm-es réteget, ami a talaj viselkedését érdemben nem befolyásolja, viszont biztosítja, hogy a közbenső pontokban P2 felső rétege legyen felül.



Fúrásminták megadása

A fúrásmintánál meg kell adnunk a minta nevét, a *Mintavételi pozíció*t a globális modelltérben (a *Felvesz (X,Y,Z)* gombra kattintva egérrel is kiválaszthatunk valamely pontot), és a fúrásmintából kapott rétegrendet.



Talaj rétegrend

A rétegrend megadására illetve módosítására több lehetőségünk is van.

Rétegrend szerkesztése
A talajrétegek tulajdonságainak megadásáról *lásd...* **6.5.16.3 Talajrétegrend-szerkesztő**

Rétegrend betöltése
Választhatunk a modellben korábban megadott talaj rétegrendek listájából.

Talaj rétegrend könyvtár
Választhatunk az általunk korábban feltöltött rétegrend-könyvtárból.
lásd... **6.5.16.4 Talaj rétegrend-könyvtár**

A pozícióbeli interpolált rétegrend felvétele
A gombra kattintva beáll az eddigi fúrásminták alapján számított rétegmodellből a megadott mintavételi pozíción interpolált rétegrend. Elsősorban ellenőrzési célra használható.

Rétegrend mentése a könyvtárba
A beállított rétegrend elmenthető a modellfüggetlen, tehát bármely modellből elérhető talaj rétegrend könyvtárba. *Lásd...* **6.5.16.4 Talaj rétegrend-könyvtár**

Fúrásminták törlése

Fúrásminták törlése a *Táblázatkezelő*ben a *MODELLADATOK / Fúrásminták* táblázatban lehetséges.

A rétegmodell felhasználása

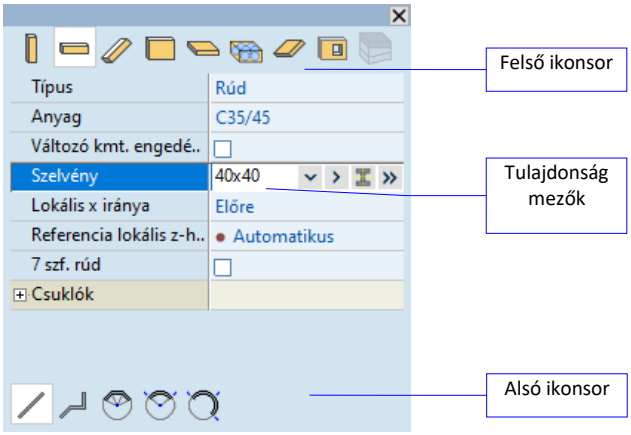
A fúrásminták alapján meghatározott rétegmodell talajmodell nélkül, önmagában is felhasználható. Interpolálással meghatározható a megadott csomóponti, vonalmenti vagy felületi támaszok alatt elhelyezkedő talaj pontról-pontra változó rétegrendje, s ez alapján megbecsülhető a merevsége (lásd

4.9.14.1.2 / 4.9.15.1.24.9.15.1.2 / 4.9.16.1.1 fejezetekben. Ennek megfelelően a vonalmenti és felületi támaszoknál ez a merevség a végeselemhálón elemenként eltérő érték lehet.
Pontalapok méretezésénél sem kell egyesével megadnunk az eltérő rétegrendeket, ha bekapcsoljuk, hogy a program a rétegmodellből automatikusan interpolált rétegrendeket használja a vizsgálatokhoz (*lásd...* **6.5.16.1 Pontalapok tervezése**).

A talajmodell felépítésével kapcsolatban *lásd...* **4.9.9 Talajmodellezési tartomány (SOIL modul)** és a **4.12.1.3 Testelemháló generálása talajmodellezéshez** fejezeteket.

4.9.4. Objektumok rajzolása





Az ikonra kattintva előre beállított tulajdonságokkal rendelkező oszlopokat, gerendákat, falakat, födémeket, illetve nyílásokat rajzolhatunk.
A felső ikonsoron választhatjuk ki a rajzolandó objektum típusát, valamint az objektum fogópontját. A tulajdonságmezőkben az objektum jellemzőit (anyag, szelvény, vastagság, stb.) állíthatjuk be a tulajdonságszerkesztőben megszokott módon.
Az alsó ikonsor a rajzolandó objektum geometriáját határozza meg (egy szegmens, több szegmens, sokszög, téglalap, stb.).
Az objektumok tulajdonságait rajzolás közben is változtathatjuk.
Nyílás rajzolásakor a tartomány körvonalára kattintva biztosíthatjuk, hogy a rajzolás a tartomány síkjában történjen.

Objektum-típusok

 Oszlop rajzolása (az oszlop mindig globális Z tengely irányú)

 Gerenda rajzolása globális X-Y síkkal párhuzamos síkban

 Gerenda rajzolása tetszőleges síkban

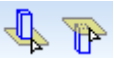
 Fal rajzolása (a fal mindig globális Z tengely irányú, alsó éle pedig a globális X-Y síkkal párhuzamos)

 Födém objektum rajzolása globális X-Y síkkal párhuzamos síkban

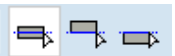
 Tartomány rajzolás tetszőleges síkban

 Nyílás rajzolása tetszőleges síkban

Objektum fogópontja

 Oszlop alsó, illetve felső pontja

 Fal alsó, illetve felső éle

 Fal igazítása: falrajzolás közben beállítható, hogy a meghúzott vonal a fal középvonala, bal vagy jobb széle (ívek vagy téglalapok esetén a külső vagy belső éle) legyen.

Objektum geometriája



Oszlop rajzolása



Egy szegmensből álló gerenda vagy fal rajzolása



Több szegmensből álló gerenda vagy fal rajzolása



Íves gerenda rajzolása középpont, valamint kezdő és végpont megadásával



Íves gerenda rajzolása három pont megadásával



Sokszög alaprajzú gerenda vagy fal rajzolása



Falszegmensek elhelyezése téglalap mentén



Falszegmensek elhelyezése elforgatott téglalap mentén



Falak generálása háttérfólia vonalai vagy létező vonalak mentén. Az új szolgáltatás segítségével a háttérfóliára betöltött faltengelyeket kijelölve egyszerűen generálható a falak 3D modellje.



Téglalap alakú födém vagy nyílás



Ferde téglalap alakú födém vagy nyílás



Sokszög alakú födém vagy nyílás



Kör alakú födém vagy nyílás



Komplex poligon alakú födém vagy nyílás

4.9.5. Támaszok rajzolása



Az ikonra kattintva előre beállított tulajdonságokkal rendelkező csomóponti, illetve vonalmenti támaszokat rajzolhatunk. A típus és a merevség megadása után következik a megfelelő geometria kiválasztása.





Csomóponti támasz megadása



Vonalmenti támasz megadása vonal rajzolásával



Vonalmenti támasz megadása poligon rajzolásával



Vonalmenti támasz megadása téglalap rajzolásával



Vonalmenti támasz megadása elforgatott téglalap rajzolásával



Vonalmenti támasz megadása ívpoligon középponttal és két pontjának meghatározásával



Vonalmenti támasz megadása körív rajzolásával



Vonalmenti támasz megadása körív három pontjának meghatározásával

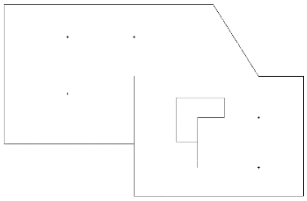


Vonalmenti támasz megadása tartomány peremére

4.9.6. Tartomány



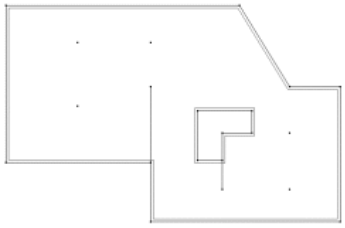
A tartomány egy összetett geometriai és szerkezeti elem. A tartomány geometriáját egy zárt poligon írja le, mely tartalmazhat belső lyukakat, belső vonalakat és pontokat. A tartományt leíró poligon pontjainak, valamint a lyukak, belső vonalak pontjainak egy síkban kell elhelyezkedniük.
A poligon egyenes és íves szakaszokat is tartalmazhat.



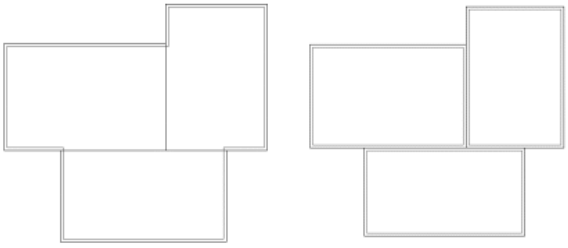
A tartomány az alábbi paraméterekkel rendelkezik: Elemtípus (lemez, tárcsa, héj), anyag, vastagság, excentricitás, lokális koordináta-rendszer, egyedi szín (látványtervekhez).

A tartomány poligonjához, belső vonalaihoz, belső pontjaihoz és a lyukperemekhez pont és vonalmenti támaszok, bordák, önsúly, hőmérsékleti, csomóponti és megoszló terhek, a tartományhoz felületi támaszok rendelhetőek.

A tartományt a kontúron belüli zöld (héj), piros (lemez) vagy kék (tárcsa) vonal jelzi.
A tartomány alkalmas födémek, falak, lemezművek egyetlen komplex szerkezeti elemként való kezelésére.
A tartományokra automatikus végeselem-háló generálás kérhető. *Lásd...* **4.12.1.2 Hálógenerálás tartományokra**

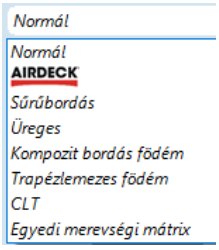


Egy szerkezeti elem egy, illetve több tartományból is kialakítható.



A tartomány tartalmazhat további belső tartományokat.

A tartomány típusát a megjelenő dialógusablak jobb fölső sarkában egy listából választhatjuk ki:

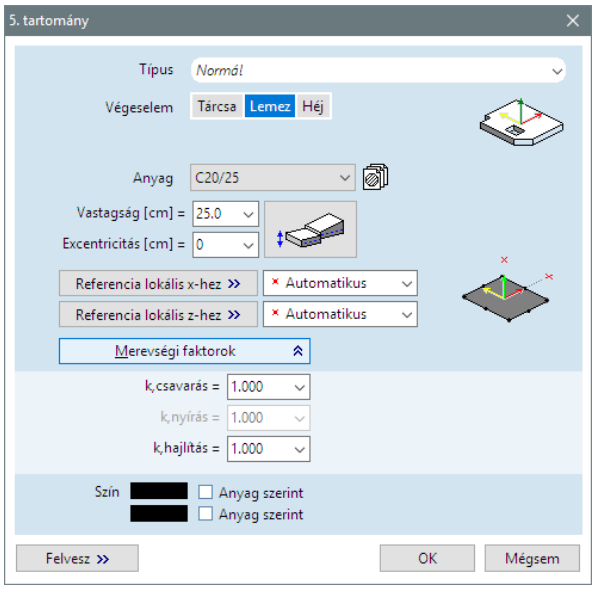


- Normál tartomány ((hagyományos födémek modellezéséhez)
- AirDeck speciális, könnyített födém
- Bordázott tartomány (sűrűbordás födémek modellezéséhez)
- Üreges tartomány (hosszanti üregekkel könnyített födémek kialakításához)
- Kompozit bordás tartomány (kompozit bordás födémekhez)
- Trapézlemezes födém
- CLT tartomány (keresztirányban rétegelt fapanelekhez)
- Tartomány egyedi merevségi mátrixszal

4.9.6.1. Normál tartomány definiálás

Normál tartomány definiálása

Jelölje ki azt a vonalcsoportot, amely egy vagy több tartomány határoló vonalait tartalmazza!
A program megkeresi a vonalcsoportból az egy síkba eső legnagyobb zárt poligonokat, majd ezekhez hozzárendeli a dialógusablakban beállított paramétereket:



Végeselem

A tartományoknak különböző végeselem-típusa lehet (tárcsa, lemez, héj).
Ezek részletes leírása a **4.9.13 Felületelemek**, **5.5 Végeselemek** fejezetekben található.

Anyag

Listából kiválasztható vagy anyag adatbázisból betölthető a tartomány anyaga.

k,csavarás

Beton anyag kiválasztása esetén lehetőségünk van a vasbeton lemezek csökkentett csavarási merevségét beállítani. A *k,csavarás* csavarási merevségi tényező 0,1–1,0 érték között változhat, vagyis a vasbeton lemez csavarási merevsége 10% és 100% közötti lehet a rugalmas izotróp anyagmodellhez képest.

k,nyírás

Tégla anyag kiválasztása esetén lehetőségünk van téglafalak csökkentett nyírási merevségét beállítani. A *k,nyírás* nyírási merevségi tényező 10^{-6}-1,0 érték között változhat, vagyis a téglafal nyírási merevsége 10^{-4}%-100% közötti lehet a rugalmas izotróp anyagmodellhez képest.
Beton anyag kiválasztása esetén lehetőségünk van a vasbeton falak csökkentett nyírási merevségét beállítani. A *k,nyírás* nyírási merevségi tényező 10^{-6}-1,0 érték között változhat, vagyis a vasbeton fal nyírási merevsége 10^{-4}%-100% közötti lehet a rugalmas izotróp anyagmodellhez képest.

k,hajlítás

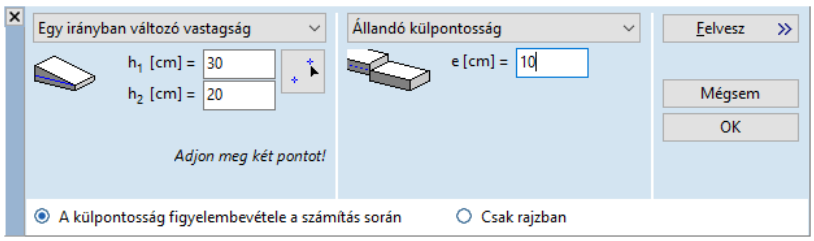
Beton anyag kiválasztása esetén lehetőségünk van a vasbeton lemezek csökkentett hajlítási merevségét beállítani. A *k,hajlítás* hajlítási merevségi tényező 0,1–1,0 érték között változhat, vagyis a vasbeton lemez hajlítási merevsége 10% és 100% közötti lehet a rugalmas izotróp anyagmodellhez képest.

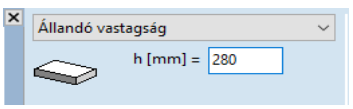
☞ **A k,nyírás és k,csavarás tényezőket beton anyagú tartományok esetén vasalás figyelembe vételével végzett nemlineáris analízis nem veszi figyelembe.** *Lásd...* **6.5.6 Vasbeton felületek nemlineáris számítása**

Vastagság és excentricitás

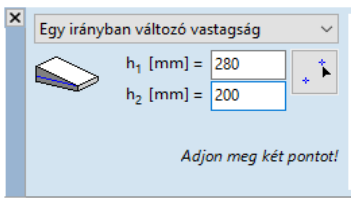
Állandó vastagságú és excentricitású tartomány esetén csak a két értéket kell megadni.
Változó vastagság és/vagy excentricitás beállítására a paraméterek melletti gombra kattintva nyílik lehetőség:





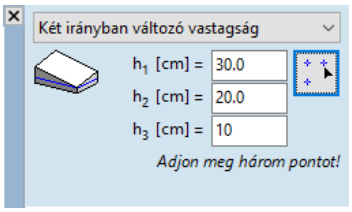


Állandó vastagság esetén a tartomány *h* vastagságát kell megadni.



Egy irányban változó vastagság esetén a h_1, h_2 értékeket kell megadni, majd a jobb oldali ikonra kattintva megjelölni a modellen két vastagság-referenciapontot. A tartomány vastagsága lineárisan fog változni, az elsőként megadott pontban h_1, a másodikként megadott pontban h_2 lesz.





Két irányban változó vastagság esetén a h_1, h_2, h_3 vastagság értékeket kell megadni, majd a jobb oldali ikonra kattintva megjelölni a modellen három vastagság-referenciapontot.
A tartomány vastagsága lineárisan fog változni úgy, hogy az elsőként megadott pontban h_1, a másodikként megadott pontban h_2, a harmadikként megadott pontban h_3 lesz. A három megadott pont nem lehet egy egyenesen.

☞ **Ha a megadott értékek mellett a tartomány vastagsága helyenként nullára csökkenne, a program figyelmeztető üzenetet küld.**

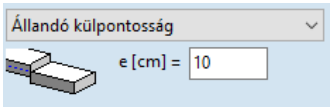
☞ **Ha a tartomány vastagságváltozása meghaladja az 5%-ot, felületvasalás számítás nem kérhető.**

☞ **Ahol másként nem definiáljuk, a tartomány mechanikai modelljének referenciaszintje (statikai váz) a tartomány középfelülete, a külpontossági értékeket ehhez a felülethez képest kell megadni.**

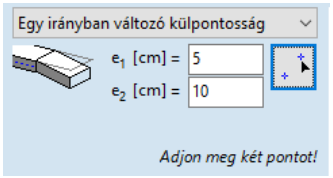
Külpontosság

Az külpontosságot nem kötelező megadni. Ha a legördülő listából a *Nincs külpontosság*ot választjuk, vagy *Állandó külpontosság*nak 0-t adunk meg, a tartomány középsíkja egybe fog esik a statikai váz síkjával. Ha *A külpontosság figyelembevétele a számítás során* opciót választjuk, a program excentrikusan bekötött tartományokkal számol, a *Csak rajzban* opció választása esetén számításkor figyelmen kívül hagyja a megadott külpontosságot.

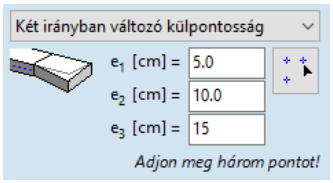
További lehetőségek:



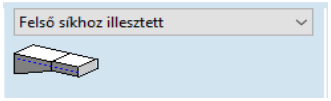
Állandó külpontosság: a tartomány középsíkja lokális z irányban a beállított *e* értékkel kimozdul a statikai váz síkjából.



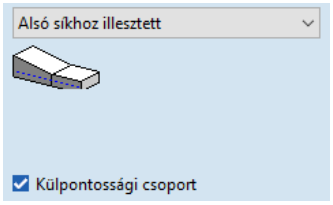
Egy irányban változó külpontosság esetén az e_1, e_2 értékeket kell megadni, majd a jobb oldali ikonra kattintva megjelölni a modellen két külpontosság-referenciapontot. A tartomány középsíkjának eltolódása lineárisan változik úgy, hogy az elsőként megadott pontban e_1, a másodikként megadott pontban e_2 lesz.



Két irányban változó külpontosság esetén az e_1, e_2, e_3 értékeket kell megadni, majd a jobb oldali ikonra kattintva megjelölni a modellen három külpontosság-referenciapontot. A tartomány középsíkjának eltolódása lineárisan változik úgy, hogy az elsőként megadott pontban e_1, a másodikként megadott pontban e_2, a harmadikként megadott pontban e_3 lesz.



A *Felső / Alsó síkhoz illesztett* eset különösen változó vastagságú tartományok vagy több, eltérő vastagságú, egymáshoz csatlakozó tartomány esetén hasznos. Ilyenkor a program maga határozza meg a beállítandó külpontosságokat. Változó vastagságú tartományoknál – ha nem részei külpontossági csoportnak (lásd lejjebb) – a tartomány külpontossága a legvékonyabb pontján lesz nulla.
Felső síkhoz illesztett esetben a tartomány felső síkja, *Alsó síkhoz illesztett* esetben az alsó síkja áll be a lokális *x-y* síkkal párhuzamosan.



Ha több kijelölt tartomány van, és bekapcsoljuk az *Külpontossági csoport* opciót, a program úgy állítja be az egyes tartományok külpontosságát, hogy a tartományok felső / alsó síkja egymáshoz illeszkedjen. Ha az így megadott külpontossági csoport bármely tagjának megváltoztatjuk a vastagságát, a csoport többi tagjának külpontossága úgy változik, hogy az illeszkedés fennmaradjon.

☞ **Külpontosság beállítása esetén, a merevségi mátrix számítása során az elemeket merev testek segítségével kapcsoljuk a statikai vázhoz. A külpontosságokból adódó extra igénybevételek befolyásolják a kapott eredményeket, amire az eredmény kiértékelésekor tekintettel kell lenni.**

A *Felvesz* gombbal valamely más tartomány vastagsága és külpontossága vehető fel. Mivel ilyenkor a másik tartomány vastagság-referenciapontjait is átvesszük, a vastagságváltozás a másik tartománynál meghatározott síkot fogja követni.

Referencia megadása

Az elem lokális *x* és *z* tengelyét a **4.9.25 Referenciák** fejezetben ismertetett referenciaelemekkel határozhatjuk meg vagy választhatjuk az automatikus módot.

Szín Az elemekhez saját színt is rendelhetünk, mely a látványterv esetén jelenik meg.
Alapértelmezésként az anyagjellemzőknél beállított színnel jelenik meg a látványterv.
Ha színkódolást alkalmazunk (**2.16.5 Színkódolás**) akkor a tartomány színét drótvázon és látványterven egyaránt a színkódolás határozza meg.

Tartomány módosítása A tartományt jelző belső kontúrvonalra kattintva a *Tartományok* dialógusablak jelenik meg módosítás módban.

Tartomány törlése Nyomja meg a **[Del]** gombot, jelölje ki a tartományokat, majd zárja le a dialógust. A program csak a tartománytulajdonságokat (terheket, támaszokat) törli, a tartományt alkotó vonalakat, pontokat nem.

4.9.6.2. Kompozit bordás tartomány

Kompozit bordás tartomány megadásával egyszerűbben helyezhetünk el tartományokat megtámasztó, vagy akár azokba beágyazott bordarendszereket. Lehetőség van a bordázatot logikai vagy tényleges bordákkal modellezni, ezek anyaga mindkét esetben eltérhet a tartomány anyagától, és szelvényük is tetszőleges lehet. A szelvényt kiválaszthatjuk a modell szelvényeit tartalmazó legördülő listából, a szelvénytárból, vagy megadhatjuk a grafikus szelvényszerkesztőben.
A tartomány alapadatait a **4.9.6.1 Normál tartomány definiálás** fejezetben leírtaknak megfelelően adhatjuk meg.

☞ **Kompozit bordás tartomány csak lemez vagy héj elemtípus esetén adható meg.**

Bordarendszer kezdőpontja A tartományon a bordák egy lokális *x* vagy *y* irányú raszter mentén futnak. Ezt az ablakon levő kapcsolóval lehet beállítani. Ennek a raszterhálónak a kezdőpontját, mint globális pontot megadhatjuk numerikusan vagy felvehetjük a modellről is.
A kiosztás *d* távolsága nem lehet kisebb, a választott szelvény szélességénél.
Megadható a bordák excentricitása és a merev vagy rugalmas nyírási kapcsolat.



Tényleges bordák alkalmazása A program a bordázást bordaelemek tényleges generálásával és modellbe illesztésével veszi figyelembe. Félig vagy teljesen beágyazott bordák esetén a Tényleges bordák létrehozása opciót ki kell kapcsolni. Alsó vagy felső bordák esetében, ha a d érték a tartomány méreteihez képest nagy (a bordarendszer nem elég sűrű), tanácsos az opciót bekapcsolni.

☞ **A mechanikai modell referenciaszintje (statikai váz) a betonlemez középfelülete.**

Logikai (nem tényleges) bordák alkalmazása Ezzel az opcióval a bordák csak logikailag szerepelnek a modellben, végeselemek nem tartoznak hozzájuk. A bordák merevségnövelő hatását az anyagi merevségi mátrix felépítésekor vesszük figyelembe. Ekkor a program olyan ekvivalens, ortotróp merevségértékeket állít elő, amelyekkel periodikus szerkezetű tartományok vizsgálatát kétdimenziós, homogén ortotróp síktartomány modellezésére redukáljuk. Ezzel a módszerrel a kezdeti geometriai anizotrópiát anyagivá alakítjuk.
Ez egyfajta homogenizálást jelent, mely módszerek hatékonyságát alapvetően befolyásolja a vizsgált szerkezeti egység periódusának és a tartomány befoglaló geometriai méreteinek a hányadosa (ebben az esetben a bordakiosztás távolságának és a tartomány befoglaló méretének a kiosztásra merőleges irányban).

☞ **Általános irányelvnek tekinthetjük, hogy a logikai bordák közötti osztástávolságoknak a tartomány befoglaló méreteihez képest sokkal kisebbnek kell lenniük.**

Egy általános héjelem anyagi merevségét a következő egyenletrendszer írja le:

$$\begin{Bmatrix}\{N\}\\ \{M\}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathcal{A} & \mathcal{B}\\ \mathcal{B}^{\mathrm{T}} & \mathcal{D}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\{\epsilon_0\}\\ \{\kappa\}\end{Bmatrix};$$

$$\begin{Bmatrix}Q_x\\ Q_y\end{Bmatrix} = K_s\begin{bmatrix}A_{44} & A_{45}\\ A_{45} & A_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_x\\ \gamma_y\end{Bmatrix}$$

ahol

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} \end{bmatrix}; \quad \mathcal{B} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} \end{bmatrix}; \quad \mathcal{D} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{16} \\ D_{12} & D_{22} & D_{26} \\ D_{16} & D_{26} & D_{66} \end{bmatrix}$$

mátrixok az általános Hooke-modell anizotróp anyagokra vonatkozó merevségi mátrixának (6x6) elemeiből származtathatók. Az egyenletrendszerben a $\mathcal{B}$ mátrix reprezentálja a normál és hajlító hatások közötti kölcsönhatást, más szóval a külpontosságok okozta többlet igénybevételeket. Mivel a bordás lemez statikai váza a lemez középfelületénél van felvéve, ez a mátrix minden olyan esetben kitöltött lesz, amikor a bordázat nem szimmetrikus erre a felületre. Ebben az esetben a tartomány viselkedésének modellezése jelentős elhanyagolások nélkül csak héjelemek alkalmazásával valósítható meg.
Az egyes merevségi értékek meghatározását a reprezentatív elemen definiált egységnyi, tiszta alakváltozási állapotot okozó csomóponti elmozdulásként definiált terhelésből számítjuk, az egyes feszültségkomponensek kiintegrálásával. Mivel egy általános héjelemnek 8 általánosított alakváltozása van, az ekvivalens rugalmas paraméterek meghatározását 8 db végeselemes futtatással érjük el, melyeket egy a háttérben, testelemekkel felépített, háromdimenziós modellen végzünk.
Az ily módon homogenizált anyagi tulajdonságokkal bíró tartomány ekvivalens az eredeti problémával abban az értelemben, hogy a két szerkezet deformálásához szükséges munkavégzés azonos mértékű, azonban ez az ekvivalencia nem vonja maga után az elmozdulások- vagy a feszültségek szükségszerű egyezését.

☞ **Logikai bordák használata elsősorban megoszló terhek, vagy kellően sűrű bordakiosztás esetén szolgáltat megbízható eredményeket, a nagy koncentrált erőhatások környezetében fellépő lokális jelenségek elkenődése miatt.**

4.9.6.3. Üreges tartomány

A tartomány alapadatait a **4.9.6.1 Normál tartomány definiálás** fejezetben leírtaknak megfelelően adhatjuk meg.

☞ **Üreges tartomány csak beton anyag és lemez vagy héj elemtípus esetén adható meg.**

Üregtípus kiválasztása



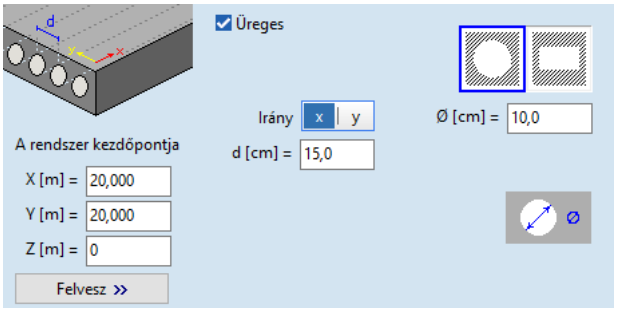
Kör alakú üreg



Téglalap alakú üreg

Üregrendszer kezdőpontja

A tartományon a bordák a lokális *x* vagy *y* tengellyel párhuzamosan futnak, két irányú bordázat esetén a tengelyek egy raszterhálót alkotnak. A bordarendszer kiosztási kezdőpontját (X, Y, Z koordináták) megadhatjuk numerikusan vagy felvehetjük a modellről is.



x irányú üregek/ y irányú üregek

Az üregek futhatnak a tartomány lokális *x* vagy *y* tengelye mentén. Ezt az ablakon levő kapcsolóval lehet állítani.



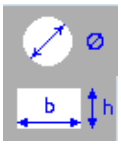
☞ **A mechanikai modell referenciaszintje (statikai váz) a betonlemez középfelülete.**

Kör alakú üregek

Az üregek geometriája: Ø az üreg átmérője, *d* az üregek középpontjainak egymástól mért távolsága.

Téglalap alakú üregek

Az üregek geometriája: *b* az üreg szélessége, *h* az üreg magassága, *d* az üregek középpontjainak egymástól mért távolsága.



Számítás

A számítás technikai lépési megegyeznek a **Kompozit bordás tartomány** logikai bordákkal történő figyelembevételénél leírtakkal, az eljárás annak alesetéként tekinthető. Következésképpen az ott megfogalmazott, a homogenizáció alkalmazhatóságával kapcsolatban tett állítások most is érvényesek.

☞ **Általános irányelvnek tekinthetjük, hogy az üregek közötti osztástávolságoknak a tartomány befoglaló méreteihez képest sokkal kisebbnek kell lenniük.**

4.9.6.4. Sűrűbordás tartomány

A tartomány alapadatait a **4.9.6.1 Normál tartomány definiálás** fejezetben leírtaknak megfelelően adhatjuk meg.

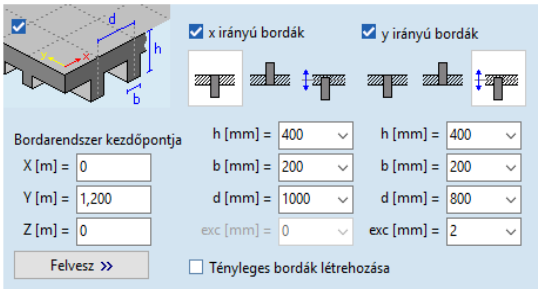
☞ **Sűrűbordás tartomány lemez vagy héj elemtípus esetén adható meg.**

Bordatípus kiválasztása


Alsó borda


Felső borda


Egyedi excentricitás



Bordarendszer kezdőpontja

A tartományon a bordák a lokális *x* vagy *y* tengellyel párhuzamosan futnak, két irányú bordázat esetén a tengelyek egy raszterhálót alkotnak. A bordarendszer kiosztási kezdőpontját (X, Y, Z koordináták) megadhatjuk numerikusan vagy felvehetjük a modellről is.

A kompozit bordás tartományokhoz hasonlóan itt is lehetőség van a bordázatot logikai vagy tényleges bordákkal modellezni. Ha a tartományok lokális rendszerének megjelenítése be van kapcsolva, a tartományon a bordák iránya is megjelenik (ehhez a *Megjelenítés / Elemszimbólumok / Parametrikus tartományok rasztervonalai* opciót be kell kapcsolni).

x irányú bordák/ y irányú bordák

Az *x* ill. *y* irányú bordák geometriája: *h* a borda magassága, *b* a borda szélessége, *d* a bordák tengelytávolsága, excentrikus borda esetén *exc* a borda excentricitása (a borda súlypontjának távolsága a lokális *z* irányban a lemezt felező felülettől mérve).

☞ **A borda maximális excentricitása = (lemezvastagság + borda magasság) / 2 !**

☞ **A mechanikai modell referenciaszintje (statikai váz) a betonlemez középfelülete.**

Logikai bordák alkalmazása

A számítás technikai lépései megegyeznek a **Kompozit bordás tartomány** logikai bordákkal történő figyelembevételénél leírtakkal, az eljárás annak aleseteként tekinthető. Következésképpen az ott megfogalmazott, a homogenizáció alkalmazhatóságával kapcsolatban tett állítások itt is érvényesek.

☞ **Általános irányelvnek tekinthetjük, hogy a bordák közötti osztástávolságoknak a tartomány befoglaló méreteihez képest sokkal kisebbnek kell lenniük.**

A homogenizáció egy logikus következménye, hogy a lemez és a gerendák merevségkülönbségéből adódó feszültségcsúcsok elkenődnek. Az Eurocode 2 5.3.1-es alfejezete szerint „a bordás vagy kazettás lemezeket az erőtani vizsgálatban nem kell különálló részekből álló elemnek tekinteni, ha a fejlemez vagy szerkezeti lemez és a keresztirányú bordák elegendő csavarási merevséggel rendelkeznek.” Ennek a feltételnek a biztosítására a szabvány szerkesztési szabályokat közöl, melyeknek a teljesülését a program automatikusan ellenőrzi.

☞ **A szerkesztési szabályok megszegése esetén a program automatikus hibaüzenetet küld a felhasználónak.**

Tényleges bordák alkalmazása

Logikai bordák használatára csak lineáris számítás esetén, nemlineáris vizsgálathoz tényleges bordákkal ellátott tartományra van szükség. Ezzel az opcióval beállítható, hogy a program a megadott paramétereknek megfelelő tényleges bordákat hozzon létre.

4.9.6.5. Trapézlemezes födém tartomány

A tartomány alapadatait a **4.9.6.1 Normál tartomány definiálás** fejezetben leírtaknak megfelelően adhatjuk meg.

☞ **Trapézlemezes tartománynál a lemez anyaga csak beton, a trapézlemez anyaga csak acél lehet.**

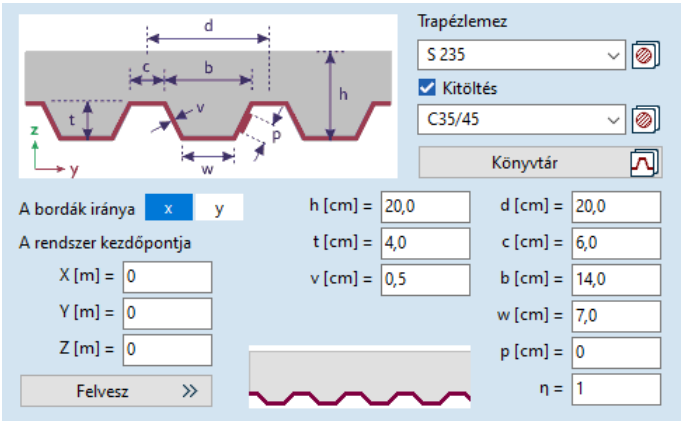
Kitöltés

Kikapcsolásával inaktívvá válnak a betonréteg definiálásához szükséges mezők, a tartomány ekkor csupán egy acél trapézlemezből áll. A geometriai adatok közül a *h* magasságot nem kell megadnunk.

A rendszer kezdőpontja

A trapézlemez bordái *A bordák iránya* kapcsolótól függően futhatnak a tartomány lokális *x* vagy *y* tengelyével párhuzamosan. A bordarendszer kiosztási kezdőpontját (*X, Y, Z* koordináták) megadhatjuk numerikusan vagy felvehetjük a modellről is.

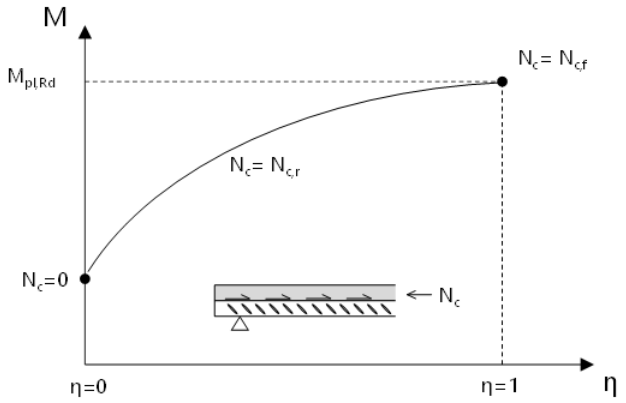
Ha a tartományok lokális rendszerének megjelenítése be van kapcsolva, a tartományon a bordák iránya is megjelenik (ehhez a *Megjelenítés / Elemszimbólumok / Parametrikus tartományok rasztervonalai* opciót be kell kapcsolni).



Paraméterek

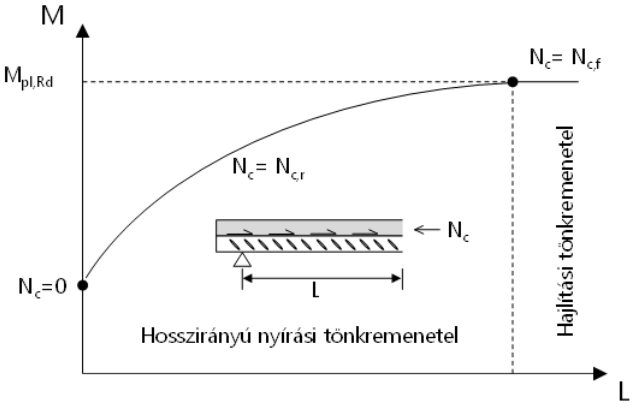
A geometriai paraméterek értelmezését az ábra segíti, egyedül a p és η paraméterek szorulnak magyarázatra. A p paraméterrel a lemezbe az együttdolgozás biztosítása céljából nyomott domborítások geometriája adható meg. Hajlítási ellenállás számítása során a program domborításokkal csökkentett trapézlemez keresztmetszettel számol. Az η paraméter a nyírási kapcsolat hatékonysági tényezője.
Trapézlemezes vasbeton födém esetében különböző szerkezeti megoldásokkal, például nyomott domborításokkal, illetve csapos vagy egyéb véglehorgonyzásokkal biztosítanunk kell a trapézlemez és a beton együtt dolgozását.

Ha az együttdolgozás nem teljes, akkor a trapézlemezes födém nyomatéki ellenállása elmarad a teljes együttdolgozás feltételezésével számított értéktől.
Az η paraméter azt fejezi ki, hogy a nyírási kapcsolat a felső lemez nyomási ellenállását *($N_{c,f}$)* mekkora részben képes közvetíteni a trapézlemeznek. Az $N_{c,f}$ a következő módon számítható:



$$N_{c,f} = 0.85 f_{cd}(h - t),$$

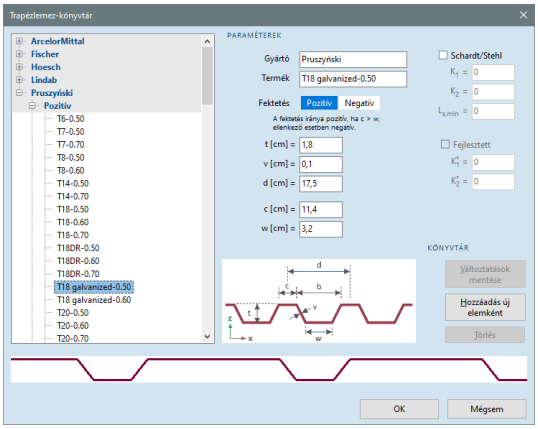
ahol f_{cd} a beton nyomószilárdsága.
Véglehorgonyzás nélküli részleges nyírási kapcsolat esetén (pl. domborítás) a nyírási kapcsolat hatékonysága a támasznál 0, attól távolodva fokozatosan épül fel. Ilyen esetben célszerű a teljes födémet úgy modellezni, hogy a tartományt a bordák irányára merőlegesen sávokra felosztjuk és a támasztól távolodva egyre nagyobb η értéket adunk meg. A pontos érték kiszámításához ismernünk kell a részleges nyírási kapcsolat ellenállását ($\tau_{u,Rd}$), mely függ a domborítások geometriájától és különböző trapézlemezeknél jelentősen eltérő érték lehet. Részleges nyírási kapcsolat esetén, $\eta = \tau_{u,Rd} * L / N_{c,f} \leq 1$, ahol L a támasztól mért távolság.
Amennyiben csak véglehorgonyzást alkalmazunk, abban az esetben meg kell határoznunk a véglehorgonyzás ellenállását, amelyből $\eta = Vld / N_{c,f} \leq 1$. Ez a teljes födémre vonatkozik.
Véglehorgonyzás és részleges nyírási kapcsolat együttes alkalmazása esetén az együttdolgozás alakulása a fenti ábrához hasonlatos azzal a különbséggel, hogy a nyírási kapcsolat hatékonysága a támasznál nem nulláról, hanem a véglehorgonyzás ellenállásából számítható értékről indul.



☞ **A mechanikai modell referenciaszintje (statikai váz) csak trapézlemez alkalmazása esetén a trapézlemez magasságának felében, betonfedés alkalmazása esetén a teljes szerkezeti magasság felében vett sík.**

Könyvtár

A *Trapézlemez-könyvtár*ból különböző gyártók modelljei közül választhatunk, illetve egyedi geometriákat is felvehetünk és tárolhatunk.
Megadható a *Fektetés* is. A fektetés iránya pozitív, ha *c* > *w*, azaz a gerincek szélesebbek a völgyeknél, ellenkező esetben negatív.
Lásd... **4.9.18.1.1 Trapézlemez-könyvtár**



Számítás

A számítás technikai lépési megegyeznek a **Kompozit bordás tartomány** logikai bordákkal történő figyelembevételénél leírtakkal, az eljárás annak alesetéként tekinthető. Következésképp az ott megfogalmazott, a homogenizáció alkalmazhatóságával kapcsolatban tett állítások itt is érvényesek.

4.9.6.6. Tartomány egyedi merevségi mátrixszal

Egyedi merevségi mátrix definiálásával lehetőség van az általánosított belső erők és alakváltozások közötti anyagi összefüggés számszerű megadására. Ennek alkalmazása javasolt minden olyan lemezes szerkezet esetén, amit a programba beépített tartománytípusok nem fednek le, a felhasználó azonban képes a homogenizáció elvégzésére, vagy szakirodalmi ajánlás érhető el a merevségi értékeket illetően. Az angolszász szakirodalomban általánosan elterjedt terminológia szerint az anyagi összefüggést leíró mátrixot ABD mátrixnak hevezzük, mellyel tetszőleges mikrostrukturális tulajdonságokat kölcsönözhetünk a tartománynak. A mátrix egyes elemeit úgy kell megválasztani, hogy a teljes ABD mátrix pozitív definit legyen. Ennek a feltételnek a teljesülését a program automatikusan ellenőrzi.

A mátrix egyes elemeinek indexelése a térbeli feszültségállapothoz tartozó Voigt-féle jelölés szerint értendő azzal az apró különbséggel, hogy a τ_{xz} és τ_{yz} feszültségkomponensek Voigt-féle indexeit praktikus okokból felcseréltük, vagyis

$$\sigma_1 = \sigma_{11},\ \sigma_2 = \sigma_{22},\ \sigma_3 = \sigma_{33},\ \sigma_4 = \sigma_{23},\ \sigma_5 = \sigma_{13},\ \sigma_6 = \sigma_{12}$$

és

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{11},\ \varepsilon_2 = \varepsilon_{22},\ \varepsilon_3 = \varepsilon_{33},\ \varepsilon_4 = \varepsilon_{23},\ \varepsilon_5 = \varepsilon_{13},\ \varepsilon_6 = \varepsilon_{12}.$$

Ennek megfelelően a Hooke modellnek megfelelő anyagi merevségi mátrix:

$$\begin{Bmatrix}\sigma_1\\ \sigma_2\\ \sigma_3\\ \sigma_4\\ \sigma_5\\ \sigma_6\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16}\\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26}\\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36}\\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46}\\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56}\\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66}\end{bmatrix} \begin{Bmatrix}\varepsilon_1\\ \varepsilon_2\\ \varepsilon_3\\ \varepsilon_4\\ \varepsilon_5\\ \varepsilon_6\end{Bmatrix}$$

Az egyes blokkok jelentése a következő:

A_{ij}– tárcsamerevségek (normálerők – fajlagos nyúlások)
D_{ij} – lemezmerevségek (nyomatékok – görbületek)
S_{ij} – korrigált nyírási merevségek (nyíróerők – nyírási fajlagos nyúlások)
B_{ij} – kapcsolt tagok (normálerők – görbületek ill. nyomatékok – fajlagos nyúlások)

$$\begin{bmatrix} n_x\\ n_y\\ n_{xy}\\ m_x\\ m_y\\ m_{xy}\\ v_{xz}\\ v_{yz}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} & B_{11} & B_{12} & B_{16} & & \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} & B_{12} & B_{22} & B_{26} & 0 & \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} & B_{16} & B_{26} & B_{66} & & \\ B_{11} & B_{12} & B_{16} & D_{11} & D_{12} & D_{16} & & \\ B_{12} & B_{22} & B_{26} & D_{12} & D_{22} & D_{26} & 0 & \\ B_{16} & B_{26} & B_{66} & D_{16} & D_{26} & D_{66} & & \\ & 0 & & & 0 & & S_{44} & S_{45}\\ & & & & & & S_{45} & S_{55}\end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix}\varepsilon_x\\ \varepsilon_y\\ \gamma_{xy}\\ \kappa_x\\ \kappa_y\\ \kappa_{xy}\\ \gamma_{xz}\\ \gamma_{yz}\end{bmatrix}$$

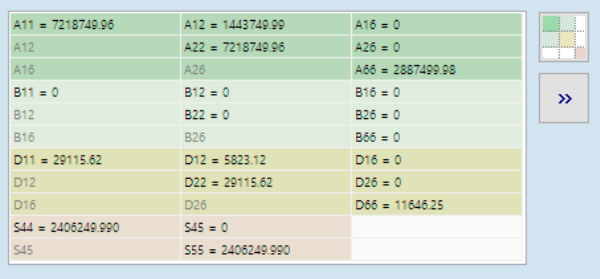
A tartomány alapadatait a **4.9.6.1 Normál tartomány definiálás** fejezetben leírtaknak megfelelően adhatjuk meg.

☞ **A korrigált nyírási merevségek magukban kell, hogy foglalják a nyírási korrekciós tényezőket (lásd CLT). Ezek általános esetben eltérnek a homogén keresztmetszetre vonatozó 5/6-os értéktől, valamint irányonként eltérőek lehetnek. A korrekciós tényezők meghatározása a felhasználó feladata!**

☞ **Az egyes merevségi paraméterek mibenlétét és meghatározásuk általános módját a fejezethez készült, példákkal illusztrált segédletben részletesen kifejtjük.**

Merevségi mátrix

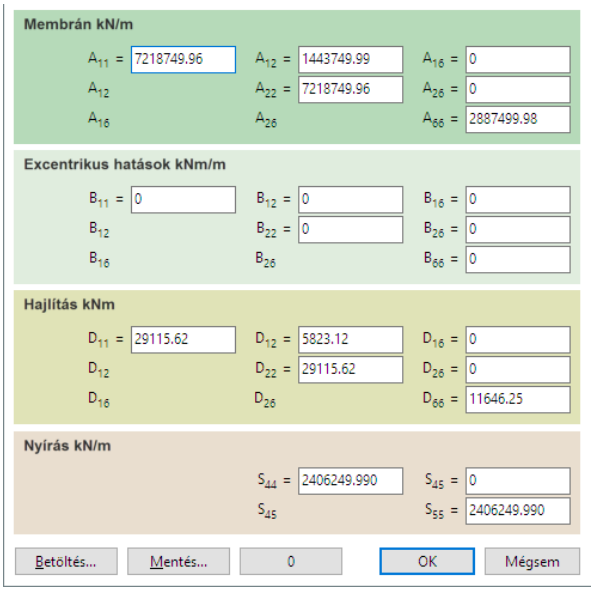
A dialógusablak alsó részén az A, B, D, S almátrixok elemeihez rendelt merevség-értékek láthatók.





A merevségi mátrix szerkesztése

A gombra kattintva a megjelenő dialógus-ablakban átírhatjuk a merevség-értékeket.
A megadott merevségi mátrix a *Mentés...* gombra kattintva *smx* kiterjesztésű fájlba menthető, a *Betöltés...* gombbal ugyanilyen formátumú fájlból betölthető.
A fájl a merevségek értékeit tartalmazó egy-szerű szövegfájl. Szükség esetén tehát kézzel vagy más programmal is létrehoz-hatunk *smx* fájlokat.
A *0* gombra kattintva minden merevséget zérusra állíthatunk.





Merevségi mátrix felvétele

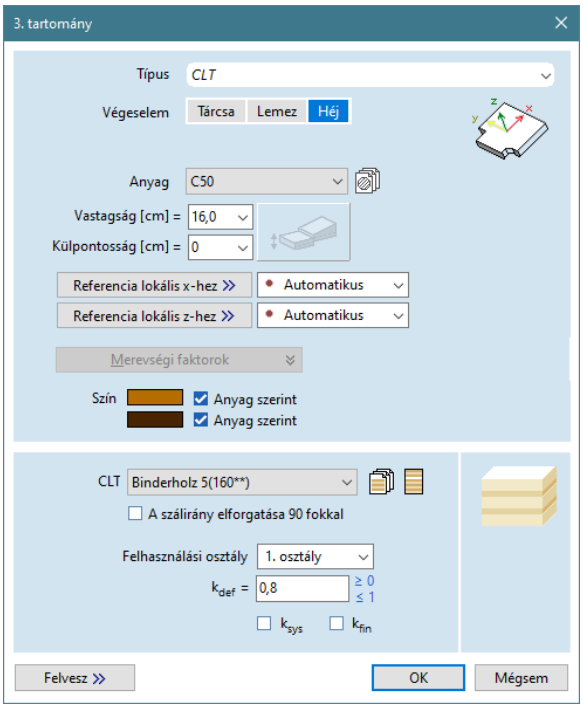
A gombra kattintva felvehetjük más (akár normál) tartományok merevségi mátrixát is.

További, angol nyelvű információt talál a *Súgó / Segédlet egyedi merevségi mátrixokhoz* menüpontban.

4.9.6.7. CLT-tartomány – CLT modul

A CLT keresztirányban rétegelt fa tartományok kezelésére szolgáló modul. A program tartalmazza több ismert gyártó adatbázisát, de ettől eltérő rétegrendű elemek is megadhatóak a rétegrend-szerkesztő funkció segítségével.

A számítás során elmozdulás, igénybevétel, feszültség és kihasználtság számítás történik.



A szálirány elforgatása 90 fokkal

Bekapcsolt esetben a szálirány 90°-kal elfordul.
Alapértelmezés szerint a CLT panel száliránya a lokális *x* irány. Ha a tartományok lokális rendszereinek megjelenítése be van kapcsolva, a felső réteg száliránya jelölve van. (Ehhez a *Megjelenítés / Elemszimbólumok / Parametrikus tartományok rasztervonalai* opciót be kell kapcsolni).

k_{sys}

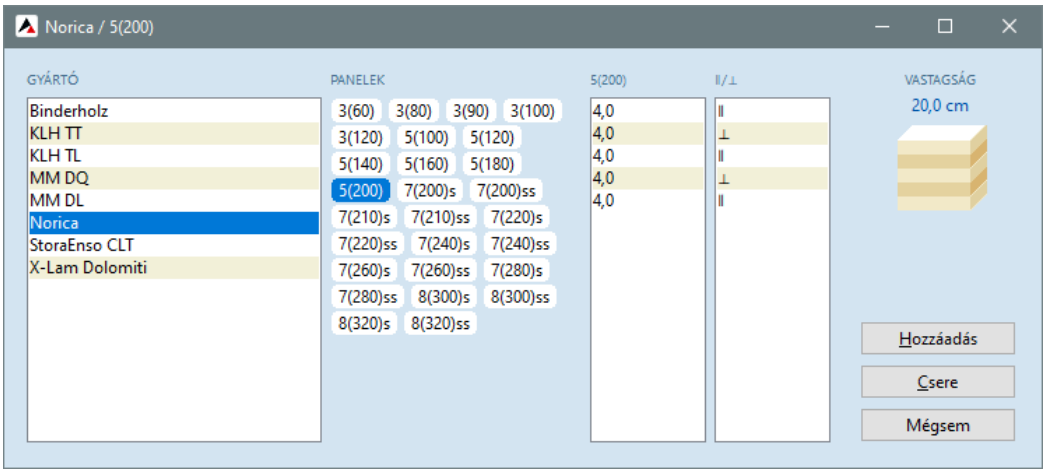
Bekapcsolt állapotban az elemi merevség meghatározásánál a program figyelembe veszi a k_{sys} szilárdságnövelő tényezőt. További részletek a CLT segédletben találhatók.

k_{fin}

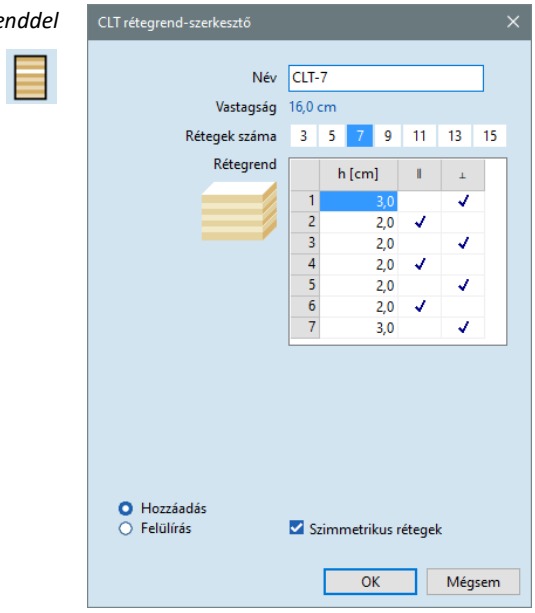
Bekapcsolt állapotban a hajlítási szilárdságot csökkentett értékkel vesszük figyelembe. További részletek az CLT segédletben találhatók.

Adatbázis alapján

A gyártói adatbázisokból kiválaszthatjuk a megfelelő CLT rétegstruktúrát:



Egyedi rétegrenddel



A *Név* mezőben megadhatjuk a rétegrend nevét.
A *Vastagság* a panel rétegrendből számolt teljes vastagságát mutatja.
Megadható a panelt alkotó *Rétegek száma.*
A táblázatban szerkeszthetjük a rétegek vastagságát és irányítottságát. Lehetőség van szimmetrikus vagy aszimmetrikus rétegrend kialakítására, valamint a rétegirányok módosítására.

Hozzáadás: a CLT rétegstruktúrát új elemként adja a modellhez.
Felülírás: az aktuális elemet felülírja az új rétegstruktúrával (csak akkor érhető el, ha az összes kijelölt tartomány ugyanazt az elemet használja).

Számítás

Homogén régetekből felépített lemezes szerkezetek esetén lehetőség van egy teljesen homogén lemeznek megfelelő, ekvivalens ortotróp anyagi merevségi mátrix előállítására. Ezzel a módszerrel a kezdeti geometriai inhomogenitást anyagi ortotrópiává alakítjuk.
Egy általános héjelem anyagi merevségét a következő egyenletrendszer írja le:

$$\begin{Bmatrix}\{N\}\\ \{M\}\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathcal{A} & \mathcal{B}\\ \mathcal{B}^{\mathrm{T}} & \mathcal{D}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\{\epsilon_0\}\\ \{\kappa\}\end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix}Q_y\\ Q_x\end{Bmatrix} = K_s\begin{bmatrix}A_{44} & A_{45}\\ A_{45} & A_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_y\\ \gamma_x\end{Bmatrix} = \begin{bmatrix}S_{44} & S_{45}\\ S_{45} & S_{55}\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\gamma_y\\ \gamma_x\end{Bmatrix}$$

ahol az

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix}A_{11} & A_{12} & A_{16}\\ A_{12} & A_{22} & A_{26}\\ A_{16} & A_{26} & A_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{B} = \begin{bmatrix}B_{11} & B_{12} & B_{16}\\ B_{12} & B_{22} & B_{26}\\ B_{16} & B_{26} & B_{66}\end{bmatrix};\ \mathcal{D} = \begin{bmatrix}D_{11} & D_{12} & D_{16}\\ D_{12} & D_{22} & D_{26}\\ D_{16} & D_{26} & D_{66}\end{bmatrix}$$

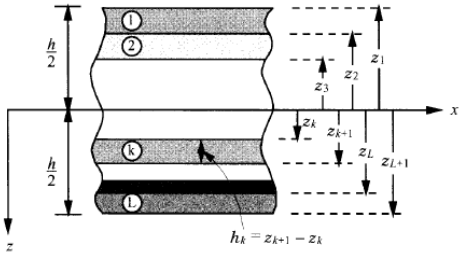
mátrixok az általános Hooke-modell ortotróp anyagokra vonatkozó merevségi mátrixának (6x6) elemeiből származtathatók. Az egyenletrendszerben a $\mathcal{B}$ mátrix reprezentálja a normál és hajlító hatások közötti anyagi kapcsolatot. K_s jelöli a nyírási korrekciós tényezőt, amelyet minden rétegrendhez egyedileg határozunk meg. A programban szimmetrikus és aszimmetrikus laminátok definiálása is lehetséges, az egyes rétegek száliránya mindig párhuzamos valamelyik lokális koordináta tengellyel.

A fenti merevségi értékek számítása a következő:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{L}\left(\bar{Q}_{ij}\right)_{(k)}(z_{k+1} - z_k),$$

$$B_{ij} = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{L}\left(\bar{Q}_{ij}\right)_{(k)}({z_{k+1}}^2 - {z_k}^2) = 0,$$

$$D_{ij} = \frac{1}{3}\sum_{k=1}^{L}\left(\bar{Q}_{ij}\right)_{(k)}({z_{k+1}}^3 - {z_k}^3).$$



Laminálási séma. (Reddy, J. *Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells.* CRC Press, 2004.)

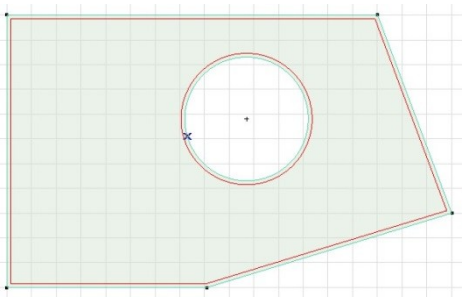
A képletekben $\bar{Q}_{ij}$ a Hooke-modell anyagi összefüggéseinek a probléma koordináta rendszerébe transzformált értékeit jelöli. A számítási eljárás részleteivel kapcsolatban bővebb információ a CLT segédletben található *(Súgó / CLT segédlet)*.

4.9.7. Lyuk



A tartományokon belül lyukak definiálása.

Korábban megrajzolt zárt poligonokból nyílásokat hozhatunk létre. A definiáláshoz kattintson az ikonra majd jelölje ki a nyílásokhoz tartozó poligonokat. Egyszerre több nyílás kontúrja is kijelölhető. Ha a nyílás és a tartomány kontúrja nem ugyanabban a síkban van, nem keletkezik nyílás a kijelölés után.
A nyílások a tartományokon belül, illetve egyik tartományból a másikba elmozgathatók, geometriájuk az egérrel megváltoztatható, de ha a nyílás és a tartomány kontúrja összemetsződik, a nyílás automatikusan törlődik.



A lyukat a kontúron kívüli zöld (héj), piros (lemez) vagy kék (tárcsa) vonal jelzi.

4.9.8. Műveletek tartományokkal

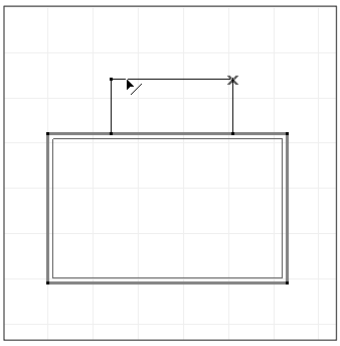
Lehetőség van a tartomány körvonalának módosítására, tartományok egyesítésére, illetve szétvágására.

Kontúr módosítása

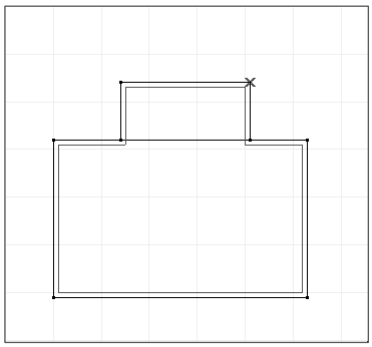


A tartomány körvonala a következő lépésekben módosítható:

1. Válassza ki a *Kontúr módosítása* ikont.
2. Jelölje ki a módosítandó tartományt.
3. Jelölje ki az új tartomány-kontúrt.



Előtte



Utána

A tartományhoz kapcsolt terület örökli a módosított tartomány tulajdonságait (anyag, vas-tagság, lokális koordináta-rendszer).

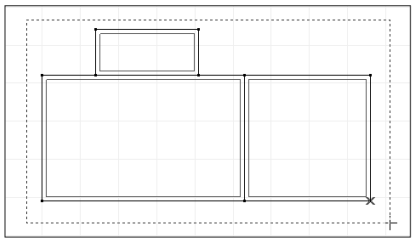
Behálózott tartomány módosításakor a háló automatikusan törlődik, de a tartomány paraméterei megmaradnak. Az új tartomány területén már nem szereplő korábbi terheket a program automatikusan törli (bevágás, tartomány területének csökkenése).

Tartományok egyesítése

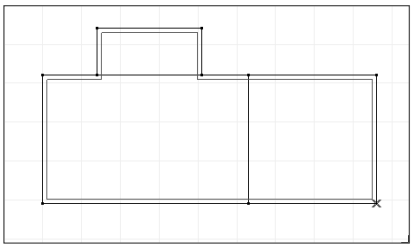


Egymással él mentén érintkező tartományok egyesíthetőek.
Az egyesítés lépései:

1. Kattintson a *Tartományok egyesítése* ikonra.
2. Jelölje ki az egyesítendő tartományokat.
3. Ha a tartományok eltérő tulajdonságúak, azaz eltér a vastagságuk, anyaguk vagy lokális rendszerük, kattintással ki kell választani, hogy az egyesített tartomány melyik tartomány tulajdonságait örökölje.



Előtte



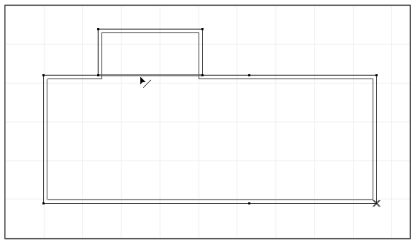
Utána

Tartomány szétvágása

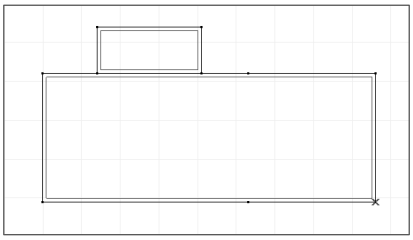


Tartomány szétvágása egy kijelölt vonal mentén.
A tartomány szétvágásának lépései:

1. Válassza ki a *Tartomány szétvágása* ikont.
2. Jelölje ki a szétvágandó tartományokat.
3. Jelölje ki a szétvágás határvonalait.



Előtte



Utána

A két új tartomány örökli az eredeti tartomány tulajdonságait, terheit.

4.9.9. Talajmodellezési tartomány (SOIL modul)



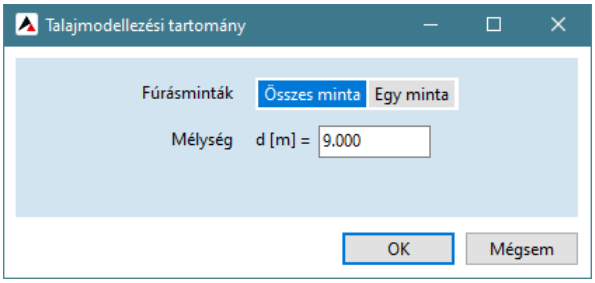
Ha a modellben már felvettünk fúrásmintákat (*lásd...* **4.9.3 Fúrásminták megadása (SOIL modul)**), felépíthetünk egy testelemekből álló talajmodellt, amivel a talajban keletkező feszültségeloszlás és alakváltozás is nyomon követhető, így pontosabban modellezhetjük az épületszerkezet és a talaj kölcsönhatását.

Talajmodell

Talajmodell megadásakor az épületszerkezetet nem csomóponti, vonalmenti vagy felületi támaszokkal támasztjuk meg, hanem a talajmodellel.
Ilyenkor a pontalapokat, sávalapokat valós fizikai méretükkel, talajjal érintkező tartományokként kell modellezni
A térbeli talajmodell alsó és oldalsó határoló lapjain a csomópontok normális irányban merev megtámasztást kapnak.

Talajmodellezési tartomány

A talajmodell felépítéséhez egy talajmodellezési tartományt kell megadnunk. Ez geometriáját tekintve a tartományokhoz hasonló (**4.9.6 Tartomány**) síkbeli poligon, ennek vonalait kell kijelölnünk a megadáshoz.
A talajmodell a talajmodellezési tartomány alatt konstans vastagságban felvett, majd térbeli testelemekkel behálózott térrész, ahol a testelemek tulajdonságai a fúrásminták (vagy egy kiválasztott fúrásminta) alapján meghatározott rétegmodellt követik.
A talaj tartomány mérete mindig legyen nagyobb, mint a vizsgált épületszerkezet. A szükséges kiterjedés (befoglaló méret és mélység) függ a talaj és szerkezet merevségétől, a terhek intenzitásától, a feszültségek szétterjedésétől, a talajban keletkező alakváltozásoktól. A talajmodell befoglaló méreteit tanácsos úgy megválasztani, hogy a méretek további növelése már ne járjon az eredmények számottevő változásával.
Egy modellhez több talajmodellezési tartomány is megadható, de a program az érintkező tartományokon ugyanazokkal a talajmodellezési és hálógenerálási paraméterekkel dolgozik (lásd a következőkben).



A talaj kezdeti állapota

A talaj kezdeti állapotának számításáról lásd: **5.1 Statika**

Referencia lokális x-hez

A talajmodellezési tartomány lokális x tengelyét a **4.9.25 Referenciák** fejezetben ismertetett referenciaelemekkel határozhatjuk meg vagy választhatjuk az automatikus módot. A lokális z irány a tartomány síkjára merőleges.

A talajmodell felépítésekor figyelembe vett fúrásminták

A talajmodellezési tartomány megadásakor kiválasztható, hogy a rétegmodellt az összes minta alapján határozza meg a program, vagy egy kiválasztott fúrásminta rétegrendjét terjessze ki a tartomány alatti talaj modellezéséhez. A beállítás az összes érintkező talajmodellezési tartományon is érvényre jut.

A talajmodell minimális vastagsága

A megadható *d* érték a talajmodell minimális vastagsága. A modell tényleges vastagsága ennél nagyobb is lehet, ha ugyanis több talajmodellezési tartományt adunk meg, melyek érintkeznek egymással, akkor a modell a legnagyobb vastagsággal jön létre.
A hálógenerálási paramétereknél ugyanez a helyzet: a program a háló folytonossága miatt az egymással érintkező tartományokon ugyanazzal a hálómérettel dolgozik. *Lásd...* **4.12.1.3 Testelemháló generálása talajmodellezéshez.**

4.9.10. Vonalelemek

A vonalelemek definiálása, módosítása egy közös dialógusablakon történik, a típus kiválasztása után rácsrúd, rúd vagy borda elemek adataihoz férhetünk hozzá. A vonalelemek mint szerkezeti elemek nem feltétlenül esnek egybe az őket alkotó végeselemekkel. Vonalmenti háló generálásával egy rudat vagy bordát feloszthatunk több végeselemre, illetve már definiált vonalelemeket, ha geometriai viszonyaik és tulajdonságaik ezt lehetővé teszik, összevonhatunk szerkezeti elemekké *(Szerkesztés / Szerkezeti elemek megkeresése)*. Ezután a program egy szerkezeti elemet sorszámozás, feliratozás, lekérdezés szempontjából egy vonalelemként kezel. A szerkezeti elemeket bármikor végeselemekre bonthatjuk *(Szerkesztés / Szerkezeti elemek szétbontása)*.
Lásd... **3.2.14 Szerkezeti elemek összeállítása** és **3.2.15 Szerkezeti elemek szétbontása**

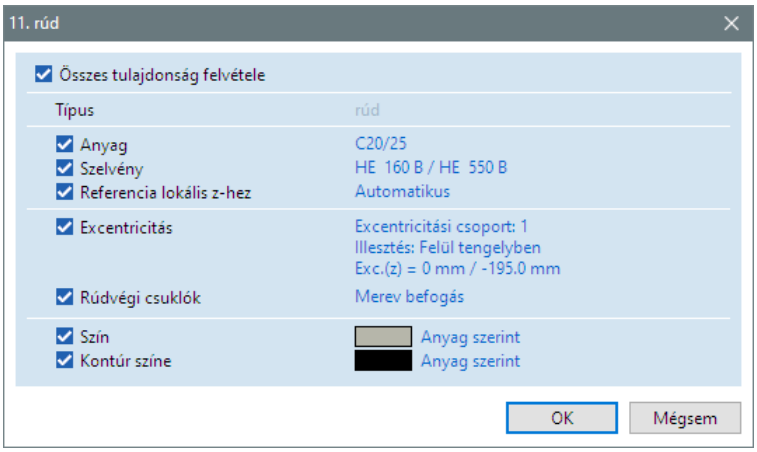
Definiálás és módosítás

Ki kell jelölni azokat a vonalakat, melyekhez azonos anyag-, keresztmetszet- és referenciajellemzőket rendelünk. A kijelölt rácsrúd, rúd- és bordaelemek meglévő tulajdonságait a megjelenő dialógusablak mutatja. Ha valamelyik tulajdonság eltérő a kijelölt elemeken, az a mező üresen marad és ha nem adunk meg semmilyen értéket, a tulajdonság értéke a megadással nem módosul.
Ha meglévő vonalelemek mellett geometriai vonalakat is jelöltünk ki, és vonalelemet akarunk definiálni minden tulajdonság értékét meg kell adnunk. Mivel előfordulhat, hogy csak véletlenül jelöltünk ki geometriai vonalakat is, a program ilyenkor azt is felajánlja, hogy csak a vonalelemek tulajdonságait módosítsuk, de új elemeket ne adjunk meg. Ha csak geometriai vonalakat jelöltünk ki, a dialógusablak alapértékekkel kitöltve jelenik meg, ezeket módosíthatjuk.

Az ikonra kattintva szelemen jellemzők rendelhetőek a vizsgált vonalelemhez. (*lásd...* **4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**)
Az ikon csak acél anyagú rúd, 7 szf. rúd és borda típusú vonalelem definiálása, vagy módosítása esetén látható, ha a szelvény szelemenek és falváztatók esetében elfogadott szelvény.

Felvesz >>

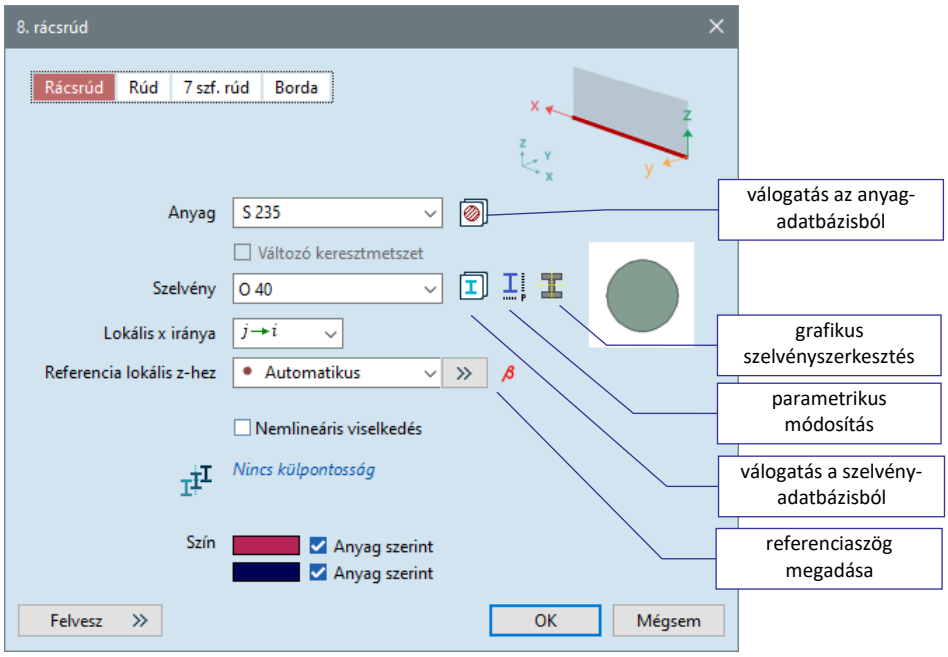
A *Felvesz* gomb valamennyi vonalelem megadásánál használható. Hatására az elem megadó dialógusablak eltűnik és rákattinthatunk arra az elemre, melynek tulajdonságait át akarjuk venni. Ezután megjelenik egy ablak a választott elem tulajdonságaival, és bejelölhetjük, mely tulajdonságokat szeretnénk átvenni.

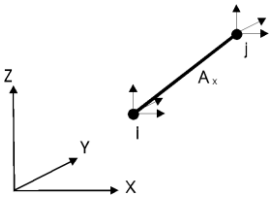


4.9.10.1. Rácsrúdelem

Rácsrúdelem







A rácsrúdelem két csomópontú, egyenes tengelyű, állandó keresztmetszetű térbeli elem. Csomópontonként maximálisan három eltolódási szabadságfokkal rendelkezik. A rácsrúd mindkét vége gömbcsuklókkal kapcsolódik a csomópontokhoz.
Csak tengelyirányú N_x (axiális) igénybevételek keletkeznek.

A rácsrudak a képernyőn piros vonallal jelennek meg.

Anyag és szelvény definiálás

Betölthetünk az adatbázisból vagy választhatunk a listából, amely tartalmazza a modellben már előforduló anyagokat illetve szelvényeket.



Az ikonra kattintva a *Betöltés anyagtárból* dialógusablak jelenik meg. Itt új anyag / anyagok vehetők fel a modellbe.



Az ikonra kattintva a *Betöltés szelvénytárból* dialógusablak jelenik meg (*lásd...* **4.9.2.1 Betöltés szelvénytárból**), azzal a megszorítással, hogy a szelvénytárból csak egy szelvény választható, illetve a parametrikus szelvények listájára is csak egy szelvényt generálhatunk.



Az ikonra kattintva a *Szelvény parametrikus módosítása* lehetséges, azaz, ha az aktuális szelvényt szelvénytárból választottuk vagy parametrikusan adtuk meg, a típusszelvény geometriai paramétereit itt közvetlenül megváltoztathatjuk, új szelvényt hozva létre a modellben.



Az ikonra kattintva a *Grafikus szelvényszerkesztő* jelenik meg. A megszerkesztett szelvény bekerül a modell szelvényei közé.
A merevségek számításakor a keresztmetszeti adatok közül kizárólag az A_x terület van figyelembe véve.

Felhasználási osztály

Amennyiben Eurocode vagy SIA szabvány alatt dolgozunk és az adatbázisból fa anyagot választunk ki, akkor itt állítható be a felhasználási osztály típusa. *Lásd...* **6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul**

Lokális x irány

A rúd lokális *x* iránya beállítható:

i → ***j*** : kisebb sorszámú csomópontból a nagyobb sorszámú felé

j → ***i*** : nagyobb sorszámú csomópontból a kisebb sorszámú felé

Kérhető automatikus beállítás is. Ebben az esetben a program a rúdvégek koordinátái alapján veszi fel a lokális *x* irányt. A rúd lokális rendszere a későbbiekben megfordítható a **[Ctrl-E]** gyorsbillentyű használatával, illetve a módosító ablakban vagy a tulajdonságszerkesztőben is.

Referencia lokális z-hez

A rácsrúd lokális *y, z* tengelyei referenciapont vagy -vektor hozzárendelésével állíthatóak be. *Automatikus* referencia választása esetén az irányokat a program állítja be (*lásd részletesen...* **4.9.25 Referenciák**). Hatása kizárólag a hozzárendelt szelvény vizuális megjelenítésére van.

Referencia szög

Referenciaszög megadásával leegyszerűsödik a szelvények elforgatása. Az automatikus referencia szerint beálló lokális rendszert (és vele a szelvényt is) az elem hossztengelye körül tetszőleges β szöggel elforgathatjuk. Globális Z irányú elem esetén tehát a globális X tengellyel, minden más esetben a globális Z tengellyel bezárt szög állítható.

Nemlineáris viselkedés

A rácsrudakhoz hozzárendelhetők nemlineáris paraméterek, így az elem lehet, vagy *Csak nyomás*ra, vagy *Csak húzás*ra aktív.
Határerő megadásával a rácsrúd által felvehető legnagyobb erőt korlátozhatjuk.

Szinek definiálása

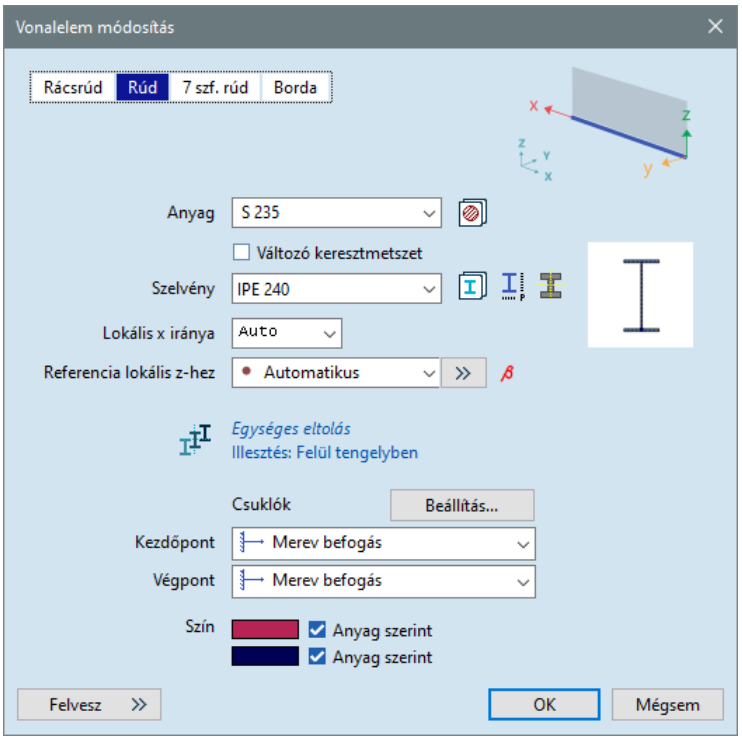
A látványtervhez az elemekhez egyedi színeket rendelhetünk. Alapértelmezésként az anyagjellemzőknél beállított színnel jelenik meg az elem a látványterven.
Ha színkódolást alkalmazunk (*lásd...* **2.16.5 Színkódolás**) akkor az elem színét drótvázon és látványterven egyaránt a színkódolás határozza meg.

☞ **A nemlineáris paramétereknek kizárólag nemlineáris statikai és dinamikai számítás esetén van hatása. Lineáris statika-, rezgés I/II-, kihajlás vizsgálatokban a rácsrudak kezdeti merevségükkel szerepelnek, valamint húzásra és nyomásra egyformán viselkednek.**

4.9.10.2. Rúdelem

Rúdelem

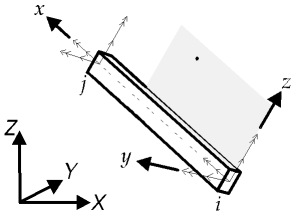
A rúdelem két csomópontú, egyenes tengelyű, állandó vagy lineárisan változó keresztmetszetű térbeli elem. Egy segédpont vagy -vektor szükséges az elem térbeli helyzetének (lokális koordináta-rendszerének) rögzítéséhez.
A rúdelem csomópontonként maximálisan három eltolódási és három elfordulási szabadságfokkal rendelkezik. Az elem adott keresztmetszetében három egymásra merőleges erő (egy normál- és két nyíróerő, *Nx, Vy, Vz)* és három egymásra merőleges nyomaték (egy csavaró- és két hajlítónyomaték, *Tx, My, Mz)* keletkezik.



A kezdőpont a lokális ***x*** tengely kezdőpontját jelenti. A végpont a lokális ***x*** tengely végpontját jelenti.

Ha a lokális x iránya i → j (ld. az ábrát), akkor a kezdőpont az *i* vég.
Ha a lokális x iránya j → i , akkor a kezdőpont a *j* vég.

Az *i* vég a rúd kisebbik sorszámú végét, a *j* vég a rúd nagyobb sorszámú végét jelöli.



Anyag, szelvény, lokális x irány



Anyag és szelvény definiálás, valamint lokális X irány megadása ugyanúgy történik, mint a rácsrúd-elemnél.

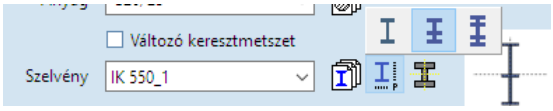
A *Változó keresztmetszet* bekapcsolása esetén külön kezdő és végszelvényt adhatunk meg. Közbenső keresztmetszetek természetesen csak bizonyos feltételek teljesülése esetén képezhetőek.

1. A két szelvénynek egyformán vastagfalúnak vagy vékonyfalúnak kell lennie.
2. Vastagfalú szelvények esetén a két keresztmetszetnek azonos számú nyílást kell tartalmaznia és a megfelelő poligonoknak azonos számú pontból kell állniuk.
3. A vékonyfalú szelvényeknek egyező típusúaknak kell lenniük.

Kiékelt I-szelvények kezelése



Egyszerű I, kiékelt vagy kétszeresen kiékelt I-szelvények esetén a *Szelvény parametrikus módosítása* ikonra kattintva egy gyorspalettáról választhatunk, hogy hányszorosan kiékelt szelvényt szerkesszünk.





Ha az aktuálistól eltérő típusú szelvényt választunk, a program a jelenlegi szelvényről átveszi a megfelelő paramétereket. Kiékelt szelvény helyett egyszerű I szelvényt választva a parametrikus megadó a magszelvény adataival töltődik fel. Magszelvényen a kiékelt I felső I-szelvényét, illetve a kétszeresen kiékelt I középső I-szelvényét értjük.

Változó keresztmetszetű kiékelt I-szelvény megadásakor gyakori eset, hogy a kiékelés az elem egyik végpontján gyakorlatilag nullára csökken. Mivel a kezdő- és végszelvénynek egyező típusúnak kell lennie, a kiékelés nélküli véget csak minimális magasságú kiékeléssel közelíthetjük. A kiékelt szelvények parametrikus dialógusablaka külön *Kiékelés lezárása* gombbal segíti az ilyen végszelvény megadását.

Lásd... **3.1.16 Szelvénytár**

Automatikus referencia

A program a rudakhoz egy referenciavektort rendel az alábbi szabályok szerint:
Ha a rúd tengelye a globális Z tengellyel párhuzamos, akkor a referenciavektor globális X tengely irányú. Minden más esetben a referenciavektor a globális Z irányba mutat.

Referencia szög



Referenciaszög megadásával leegyszerűsödik a szelvények elforgatása. Az automatikus referencia szerint beálló lokális rendszert (és vele a szelvényt is) az elem hossztengelye körül tetszőleges β szöggel elforgathatjuk. Globális Z irányú elem esetén tehát a globális X tengellyel, minden más esetben a globális Z tengellyel bezárt szög állítható.

Excentricitás



Rúdelemekhez a végpontokat összekötő logikai tengelyhez viszonyított, a rúd lokális rendszerében értelmezett *y* és *z* irányú excentricitást lehet megadni.

Részletesen a **4.9.10.2.1 Rúdelemek külpontossága** fejezetben.

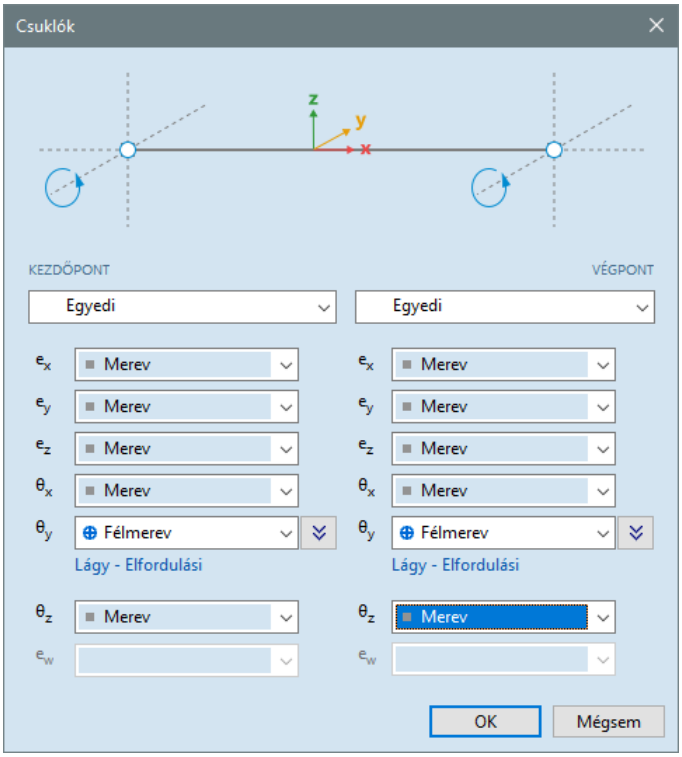
☞ **Excentricitás beállítása esetén, a merevségi mátrix számítása során az elemeket merev testek segítségével kapcsoljuk a statikai vázhoz. A külpontosságokból adódó extra igénybevételek befolyásolják a kapott eredményeket, amire az eredmény kiértékelésekor tekintettel kell lenni.**

Csuklók megadása

A rúdvégi csuklós kapcsolatok megadása a rúd lokális koordinátarendszerében: Alapértelmezésben a rudak mindkét végét befogottnak tekinti a program. Ha ettől eltérőt akarunk alkalmazni, ki kell jelölni azokat a rudakat, amelyeket azonos típusú rúdvégi kapcsolattal kívánunk ellátni. Az eltolódási és elfordulási. Illetve öblösödési kapcsolatokat az egyes irányokban legördülő listából választhatjuk ki, szükség esetén további adatokat megadva.

A hat kód, *ex, ey, ez, θx, θy, θz,* az *x, y, z* lokális tengelyirányú igénybevételeknek felel meg, az *ew* pedig az öblösödésnek. Az öblösödési kapcsolat megadásának csak ott van értelme, ahol 7 szabadságfokú rúdelemek csatlakoznak egymáshoz (*lásd...* **4.9.10.3 7 szabadságfokú rúdelem**).

A megadott csuklók megjelennek a rúdelemek táblázatában is, de részletes dokumentálásukra külön táblázat található a Táblázatkezelőben *Rúdvégi csuklók* néven (*lásd...* **2.9 Táblázatok**).



Merev befogás: a rúdvég a csomóponthoz az adott elmozdulás, *elfordulás vagy öblösödés*-komponensek szerint mereven kapcsolódik.

Szabad: csuklós kapcsolat. Az adott rúdvégi elmozdulás, elfordulás vagy öblösödés szabadon létrejöhet és nem adódik át a csatlakozó rúdra.

Félmerev kapcsolat: a rúdvég adott eltolódási vagy elfordulási merevséggel, illetve öblösödési kapcsolattal kapcsolódik a csomóponthoz. A félmerev kapcsolathoz (a rugókhoz és a támaszokhoz hasonlóan) egy karakterisztikát kell megadni. A megadott karakterisztika a legördülő lista melletti … gombra kattintva bármikor módosítható. A karakterisztikák listái a komponensnek megfelelően elmozdulás ill. elfordulás karakterisztikákkal vagy öblösödési kapcsolatokkal töltődnek fel. A rugókarakterisztika ikonra kattintva elérhető a szerkesztő ablak. Új rugókarakterisztikák megadása a **3.1.17 Rugókarakterisztikatár** fejezetben leírtaknak megfelelően történhet. Karakterisztika megadásával tetszőleges, monoton növekvő függvényt is megadhatunk.

Képlékeny: Acél képlékeny csuklós kapcsolat. A rúdvégen legfeljebb az anyag és keresztmetszeti jellemzők alapján számított határnyomaték alakulhat ki. Képlékeny csukló csak acél elemekhez és csak az *ex, θy* és *θz* komponensekhez választható.

Pushover: A pushover csukló viselkedését jellemző erő-eltolódás vagy nyomaték-elfordulás összefüggést a felhasználó adja meg. Betölthető mentett diagram a függvénytárból vagy megadható a függvényszerkesztőben. Pushover csukló csak az *ex*, *ez*, *ez*, *θy* és *θz* komponensekhez választható. Az *ex* komponens falazatok nyomott rúd analógiával történő modellezésére [46; Chapter 7.5.2.1], az *ez, ez, θy* és *θz* komponens pedig képlékeny nyírási és hajlítási csukló modellezésére használható.

A mérnöki gyakorlatban gyakran előforduló csuklótípusok a legördülő listából kiválaszthatók és hozzárendelhetők a rúdelemekhez.

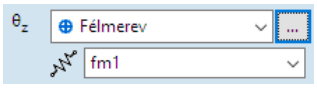
Kapcsolat típusa	*Szimbólum*
Csuklós kapcsolat a z tengely körül, *Mz* nyomatékot nem tud átvenni.	
Csuklós kapcsolat az y tengely körül, *My* nyomatékot nem tud átvenni.	
Csuklós kapcsolat az y és a z tengely körül, *My, Mz* nyomatékot nem tud átvenni.	

Kapcsolat típusa	Szimbólum
Gömbcsukló *Mx, My, Mz* nyomatékot nem tud átvenni, csuklós kapcsolat *x, y, z* tengely körül.	
y tengely mentén görgős kapcsolat, *Vy* nyíróerőt nem tud átvenni.	
z tengely mentén görgős kapcsolat, *Vz* nyíróerőt nem tud átvenni.	

☞ **Amennyiben egy rúdelem mindkét végén csavarónyomatékot nem átvevő kapcsolatot hozunk létre (pl. gömbcsuklókkal), akkor merevtest jellegű mozgási lehetőséggel fog rendelkezni, ami nem megengedett (x tengely körüli forgás). Ilyen esetben a rúd egyik végén az x tengely körüli elfordulást meg kell gátolni.**

Félmerev csukló

Félmerev csuklót mind a hat (3 eltolódás, 3 elfordulás) komponenshez hozzárendelhetünk. Ehhez meg kell adnunk a megfelelő *x*, *y* vagy *z* tengelyhez tartozó eltolódási/elfordulási rugókarakterisztikát.



Amennyiben nem előre definiált karakterisztikát választunk, a rugókarakterisztika ikonra kattintva szerkeszthetünk egy megfelelőt.

A K_u eltolódási és K_r elfordulási merevségek alapértékei a keresztmetszeti jellemzők alapján számított rúdmerevségek ezerszerese, azaz a rúdtengely irányú K_u eltolódási merevség:

$$K_u = 1000 \cdot \frac{A_x \cdot E_x}{\ell}$$

ahol A_x a szelvény keresztmetszeti területe, E_x az anyag rugalmassági modulusa és ℓ a rúdelem hossza.

A K_r elfordulási merevségek az y és z tengely körül:

$$K_r(y) = 1000 \cdot \frac{4 \cdot E_x \cdot I_y}{\ell}, \quad K_r(z) = 1000 \cdot \frac{4 \cdot E_x \cdot I_z}{\ell}$$

ahol I_y és I_z a szelvény inerciája.

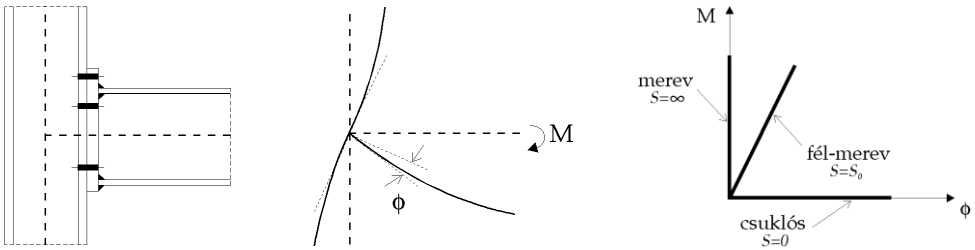
A program nem számol alapértéket az y és *z* irányú nyírási eltolódási merevségekre, valamint a csavarási merevségre.

A kapcsolatok erő - relatív megnyúlás vagy nyomaték–relatív elfordulás karakterisztikáját modellező lineárisan rugalmas rugó merevségét a rúd lokális ***x***, ***y***, ***z*** tengelyeinek megfelelően kell megadni.

Általában a kapcsolat valós nemlineáris erő – (relatív) megnyúlás vagy nemlineáris nyomaték – (relatív) elfordulás karakterisztikájának a kezdeti merevségét vagy annak egy hányadosát kell megadni.

Az alábbi példa egy acélszerkezetű csomópont elfordulási merevségének értelmezését mutatja:

kapcsolat: *modell:* *nyomaték–elfordulás diagram:*



☞ **Az alkalmazási feltételeket az Eurocode EN 1993-1-8 rögzíti.**

Határerő / határnyomaték

Félmerev rúdvég-kapcsolatokhoz megadható határerő/határnyomatéki érték is, amivel a csukló által felvehető erőt/nyomatékot korlátozhatjuk. Ezt a rugókarakterisztika megadó ablakban tehetjük meg.

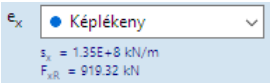
Acél anyag alkalmazása esetén a program a keresztmetszeti jellemzők és az anyaghoz tartozó folyáshatár alapján számítja az alapértékként megjelenített rúdtengely irányhoz tartozó F_u, és M_y M_z határértékeket.

Más anyagú szelvényeknél a program nem számol határerő/határnyomaték alapértéket.

☞ **A határerő/határnyomaték -paraméternek kizárólag nemlineáris statikai/dinamika számítás esetén van hatása.**

Acél képlékeny csukló

Az acél képlékeny csukló csak rúdtengely irányú eltolódás és lokális y, z tengely körüli elfordulás esetén adható meg. A hozzá tartozó merevség és határerő / határnyomaték automatikusan megjelenik (nem szerkeszthető).

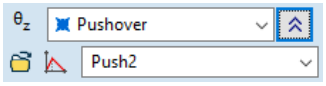


Amennyiben egyidejűleg több eltérő anyagú, keresztmetszetű vagy hosszúságú elemet jelölünk ki, akkor az egyes elemeken ezek az értékek különböznek, ezért az érték helyén csillag jelenik meg.

A nemlineáris számítás elvégzése után a rúd igénybevételi diagramok megjelenítése esetén a program piros színnel jelöli a kiválasztott teherlépcsőben képlékeny állapotba került **y**, **z** elfordulási csuklókat. A csukló melletti sorszám a képlékeny állapotba kerülés sorrendjét jelöli. 1-es sorszám jelenik meg amellett a csukló mellett, amely a vizsgálat során legelőször került képlékeny állapotba. Ahol a csukló nem jelenik meg piros színnel, ott az igénybevétel még nem érte el a képlékeny határnyomatékot.

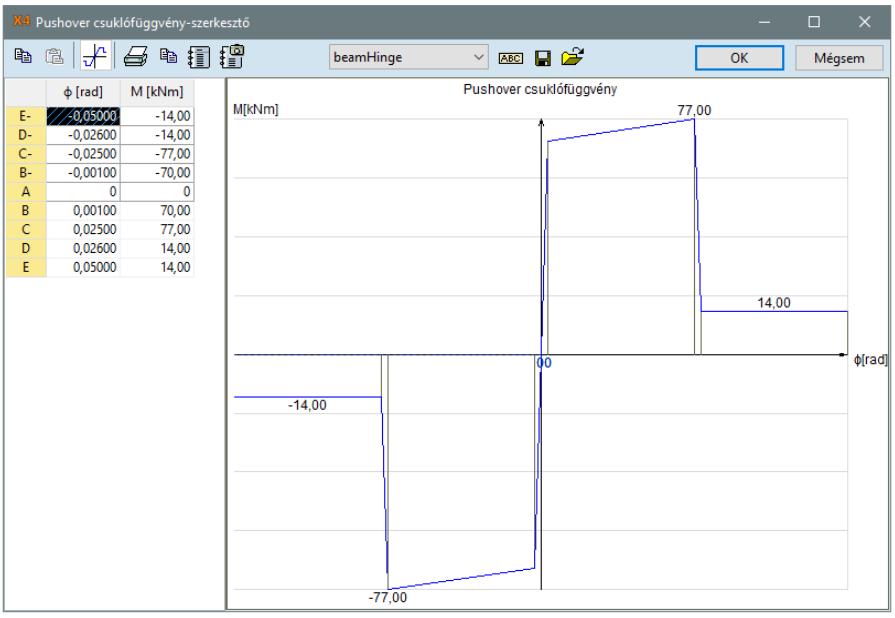
☞ **Acél képlékeny csukló csak acél anyagú rúdelemek esetén adható meg.**
A beállított képlékeny csuklónak kizárólag nemlineáris statikai/dinamikai számítás esetén van hatása.

Pushover csukló



Pushover csuklóhoz a csuklós kapcsolatot jellemző erő-eltolódás vagy nyomaték-elfordulás diagramot a második legördülő listából választhatjuk ki, betölthetjük a függvénytárból vagy megszerkeszthetjük a *Függvényszerkesztővel*.
Az erő-eltolódás és a nyomaték-elfordulás diagramot oldalanként összesen öt pont definiálja. Ezáltal olyan komplex viselkedés leírására is van lehetőség, mely tartalmaz felkeményedést, lágyulást, vagy akár degradációt is. Az utolsó pont utáni viselkedést a D-E pontokat összekötő szakasz alapján extrapolálja a program. A diagramot az ablak bal oldalán található táblázat segítségével az összetartozó nyomaték és elfordulás koordinátákkal adhatjuk meg A program szimmetrikus viselkedést feltételez, de ez a *Szimmetrikus függvény* gomb megnyomásával felülbírálható. Az itt létrehozott diagramokat lehetőségünk van menteni és a modell többi eleméhez is felhasználni.

A numerikus analízis konvergenciája nagy mértékben javítható azzal, ha a diagramban kerüljük a hirtelen ugrások és a vízszintes, tökéletesen képlékeny viselkedést leíró szakaszok használatát. Ezek helyett azt javasoljuk, hogy az egymást követő pontok koordinátái között mindig biztosítsunk egy kis különbséget. Ennek az eredményekre nem lesz számottevő hatása, de nagy mértékben javítja a számítás stabilitását



A nemlineáris számítás elvégzése után a rúd igénybevételi diagramok megjelenítése esetén a program piros színnel jelöli a kiválasztott teherlépcsőben képlékeny állapotba került csuklókat. A csukló melletti sorszám a képlékeny állapotba kerülés sorrendjét jelöli. 1-es sorszám jelenik meg amellett a csukló mellett amely a vizsgálat során legelőször került képlékeny állapotba. Ahol a csukló nem jelenik meg piros színnel, ott az igénybevétel még nem érte el a képlékeny határnyomatékot.

Tetszőleges rúdvégi csukló / görgő jelenlétét a program kék körrel jelzi. A félmerev csuklót egy körben lévő kereszttel jelöli a program. A gömbcsuklók piros körrel jelennek meg. A képlékeny csuklót tömör körrel jelzi a program. A definiált rúdelemek a képernyőn világoskék színnel jelennek meg.

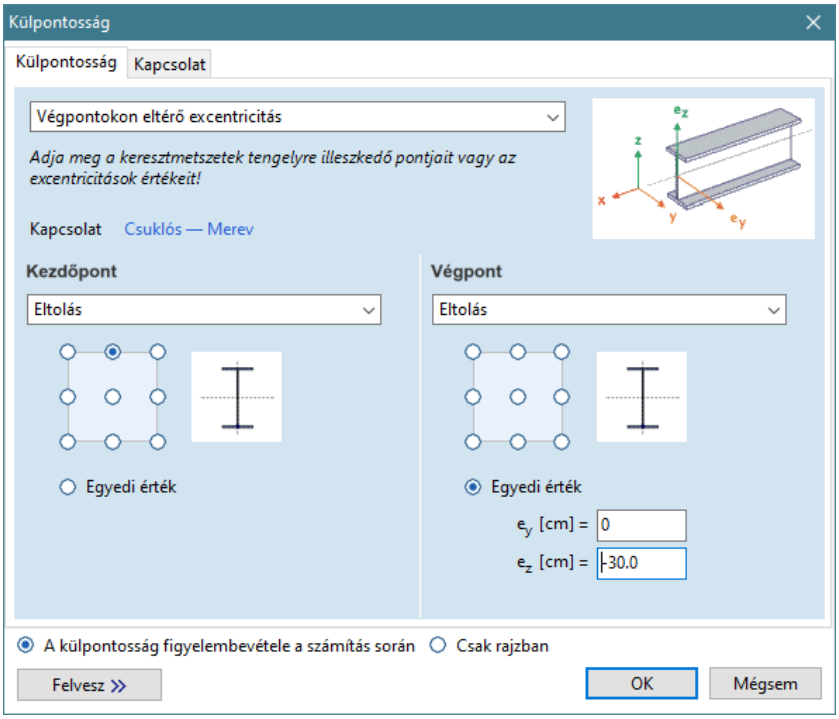
Szinek definiálása *Lásd* a **rúdelemek**nél

4.9.10.2.1 Rúdelemek külpontossága



Rúd (vagy borda) szerkezeti elemekhez a végcsomópontokat összekötő logikai tengelyhez viszonyított, a rúd lokális rendszerében értelmezett *y* és *z* irányú külpontosságot lehet megadni. Az elem végpontjaihoz eltérő külpontosságokat is rendelhetünk, ekkor a közbeeső keresztmetszetek külpontossága lineárisan változik a két érték között.
Külpontosságot kétféleképpen lehet megadni: vagy a rúdmegadó dialógusablakról, vagy közvetlenül az *Elemek* fülön található eszköztárról.
Beállítható, hogy a megadott külpontosságot a modell fizikailag is kövesse, vagy az eltolt tengely csak látványelemként jelenjen meg. Ezt *A külpontosság figyelembevétele a számítás során* / *Csak rajzban* kapcsolókkal szabályozhatjuk.

A dialógusablak két fület tartalmaz. A *Külpontosság* fülön az e_y és e_z külpontosság adható meg, rudak és önálló bordák esetén a *Kapcsolat* fülön a külpontos kapcsolat tulajdonságait állíthatjuk be.



Külpontosság

Megadási módok

A külpontosságot többféleképpen lehet megadni, a megadási módot legördülő listából választhatjuk:

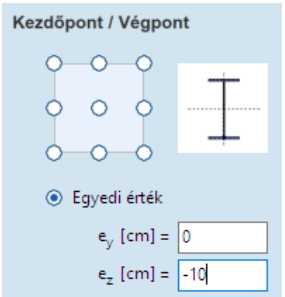
- *Nincs külpontosság*
- *Egységes eltolás*
- *Illesztés excentricitási csoporthoz*
- *Illesztés másik szerkezeti elemhez*
- *Végpontokon eltérő excentricitás*

Nincs külpontosság

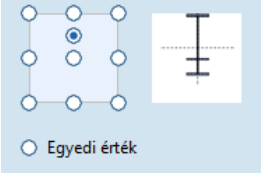
A szerkezeti elem külpontosságának megszüntetése.

Egységes eltolás

A szerkezeti elem mentén állandó, e_y és e_z külpontosságot megadhatjuk a szelvény befoglaló téglalapjának kitüntetett pontjain elhelyezkedő rádiógombokra kattintva – ekkor a kiválasztott pont fog a rúdelem logikai tengelyére illeszkedni – vagy az *Egyedi érték* rádiógombot választva, számszerű értékekkel.
A szelvény befoglalóját a szokásos módon, az y-z nézetben ábrázoljuk, tehát az y-tengely vízszintesen jobbra, a z-tengely függőlegesen felfelé mutat.

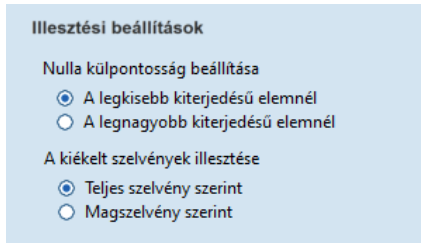


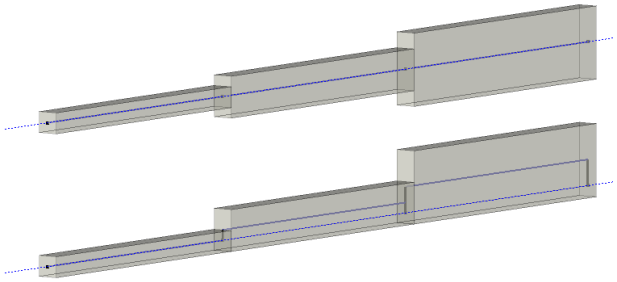
Ha az elem egyszeresen vagy kétszeresen kiékelt I-szelvény, megjelenik egy további kitüntetett pont is, a magszelvény súlypontja. Magszelvényen a kiékelt I felső I-szelvényét, illetve a kétszeresen kiékelt I középső I-szelvényét értjük.



Illesztés excentricitási csoporthoz

A kijelölt szerkezeti elemek ennél a megadásnál excentricitási csoportot alkotnak, hasonlóan, mint tartományok esetén. Az egyes irányokban az *Illesztési beállítások* szerinti legkisebb vagy legnagyobb kiterjedésű elem külpontossága lesz zérus, a többi elem úgy tolódik el, hogy a szelvény befoglaló téglalapján kiválasztott pontjuk illeszkedjen. Kiékelt szelvényű elemeknél beállítható, hogy a kiterjedés meghatározásakor a program csak a magszelvényt vegye figyelembe.

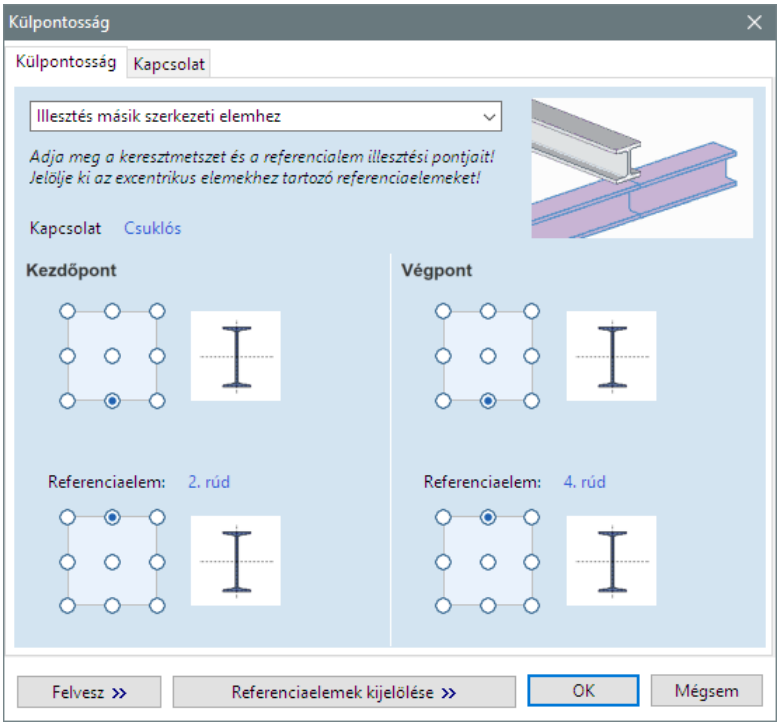




Az excentricitási csoport beállításainak módosításához nem kell újra megkeresnünk és kijelölnünk a csoporthoz tartozó elemeket, elég, ha a csoportnak csak egyetlen (vagy néhány) tagját jelöljük ki. A változások az egész csoport külpontosságára hatással lesznek. Ehhez az *Új excentricitási csoport* kapcsolót hagyjuk kikapcsolva.
Ha bekapcsoljuk, a kijelölt elemekből új excentricitási csoport keletkezik a megadott beállításokkal.

Illesztés másik szerkezeti elemhez

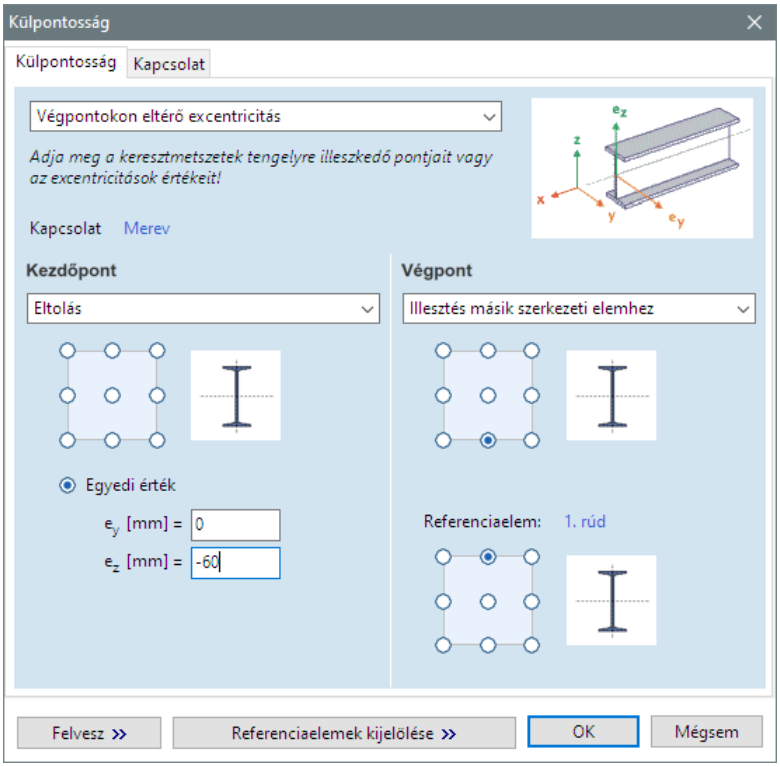
Gyakran előforduló helyzet, hogy az egyik rúdelem felfekszik egy másikra. A szükséges excentricitás beállítását könnyíti meg az *Illesztés a másik szerkezeti elemhez* megadási mód.



Felül a kijelölt vonalelem kezdő-és végpontján adhatjuk meg az illesztési pont pozícióját, alul a végpontokon érintett referenciaelemekhez adhatjuk meg ugyanezt.
A *Referenciaelemek kijelölése* gombra kattintva az eddigi kijelölés megmarad, de kijelölhetjük hozzá a referenciaelemül szolgáló rácsrúd, rúd- vagy bordaelemeket. Az újonnan kijelölt elemeknek közös csomópontjuk kell, hogy legyen a módosítandó elemekkel. A referenciaelem maga lehet külpontos, de a közös csomópontban nem lehet másik szerkezeti elemhez illesztve.
Ha a referenciaelem megfelel a feltételeknek, az elem külpontossága úgy módosul, hogy a közös csomópontban a szelvények befoglalójának megadott pontjai fedésbe kerüljenek.
Ha a referenciaelem külpontossága vagy szelvénye a későbbiekben megváltozik, a kapcsolódó elem külpontossága automatikusan módosul.

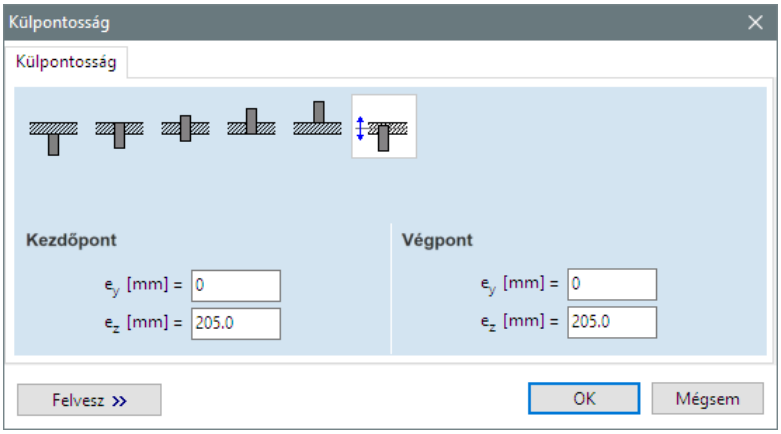
Végpontokon eltérő excentricitás

Ennél a megadási módnál a rúd kezdő- és végpontján eltérő külpontosságot állíthatunk be.
Mindkét végen megadható *Eltolás* vagy *Illesztés másik szerkezeti elemhez,* a fentiekben ismertetett módon.

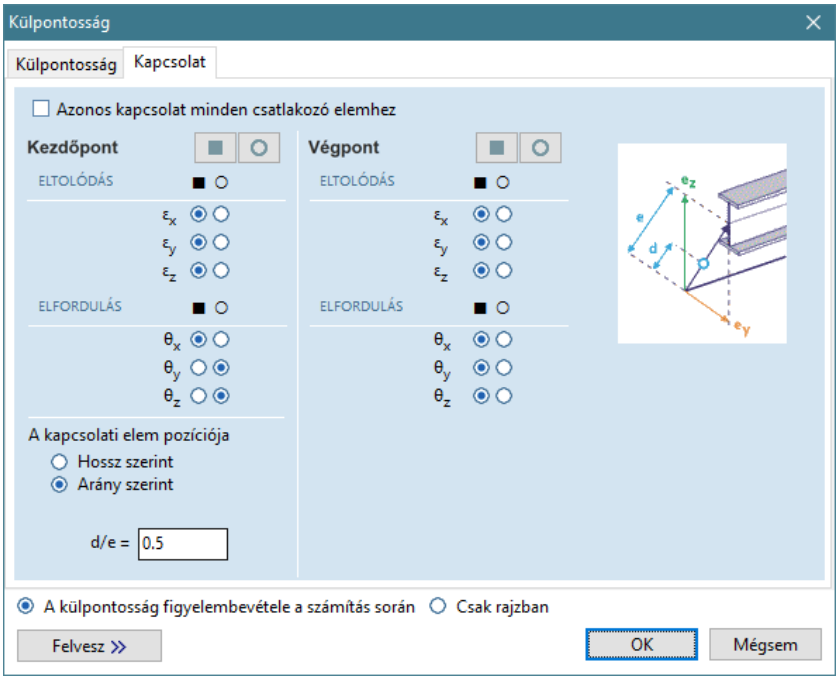


Felülethez kapcsolódó bordák külpontossága

Felülethez kapcsolt bordáknál egyedi érték megadásakor a kezdő és végponthoz eltérő lokális *y* és *z* irányú külpontosságokat is rendelhetünk. *Lásd még* **4.9.10.4 Bordaelem**.



Kapcsolat



Az excentrikus kapcsolat minden eltolódási és elfordulási komponens szerint lehet merev vagy csuklós. Jelölés: ■ = merev kapcsolat, ○ = szabad eltolódás vagy elfordulás.
Ha nem merev kapcsolatot írunk elő, a program automatikusan egy kapcsolati elemet generál a végpont és az excentrikus végpont közé.
A két gomb a gyakori kapcsolattípusok gyors beállítását végzi:

Merev kapcsolat
Az összes komponenst merevre állítja.

Csuklós kapcsolat
Csak az y és z tengely körüli elfordítást állítja szabadra.

Megadható *A kapcsolat pozíciója*: *Hossz szerint* vagy *Arány szerint*. Amennyiben a külpontosságot másik szerkezeti elemhez illesztéssel adjuk meg, választható *a Pozíció számítása*: a program ilyenkor a szelvények ismeretében maga számítja ki a kapcsolat helyét.

Azonos kapcsolat minden csatlakozó elemhez

Ha az excentrikus elem több elemhez is csatlakozik, ezzel a kapcsolóval minden csatlakozási pontra beállíthatjuk ugyanazt a kapcsolatot.

Felvesz

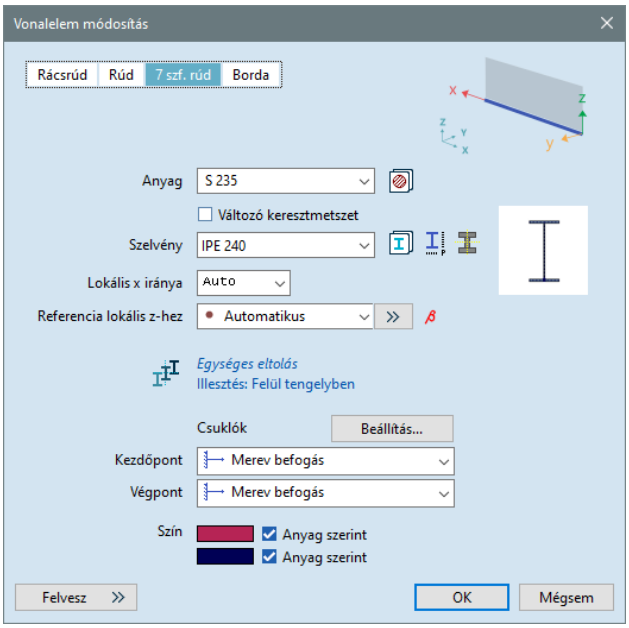
A rúd/borda excentricitási beállításai felvehetők egy másik rúd/bordáról, ha annak külpontosságát nem másik szerkezeti elemhez illesztéssel adtuk meg.

4.9.10.3. 7 szabadságfokú rúdelem – 7 DOF modul

7 szf. rúd



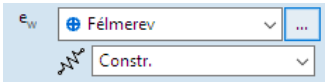
A 7 szabadságfokú rúdelem két csomópontú, egyenes tengelyű, állandó vagy lineárisan változó keresztmetszetű térbeli elem. Az elem térbeli helyzetének (lokális koordináta-rendszerének) rögzítéséhez egy segédpont vagy -vektor szükséges.
A rúdelem csomópontonként maximálisan három eltolódási, három elfordulási és egy öblösödési szabadságfokkal rendelkezik.
Az elem adott keresztmetszetében három egymásra merőleges erő (egy normál- és két nyíróerő, *Nx, Vy, Vz)* és három egymásra merőleges nyomaték (egy csavaró- és két hajlítónyomaték, *Tx, My, Mz),* valamint egy bimoment *(B)* keletkezik [16, 24, 39, 40, 41].
Az elem megadása (anyag, szelvény, referencia kiválasztása, külpontosság, csuklók beállítása) hasonlóan történik, mint a rúdelemeknél.



Egyszeresen, illetve kétszeresen szimmetrikus, kiékelt, illetve kétszeresen kiékelt változó keresztmetszetű I szelvények esetén a változás hatását az elem figyelembe veszi, lásd [45].

Csuklók

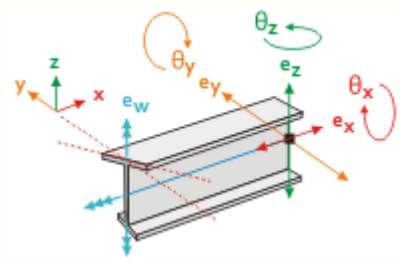
A rúdvégeken az öblösödési szabadságfokhoz *(e_w)* tartozó csuklók is definiálhatóak.



Folytonos: merev kapcsolat. A rúdvégi öblösödési szabadságfok megegyezik a kapcsolódó csomópont öblösödési szabadságfokával.

Szabad: csuklós kapcsolat. A rúdvégi öblösödés szabadon létrejöhet.

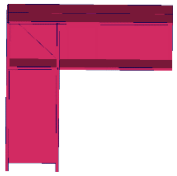
Félmerev kapcsolat: 7DOF elem esetén félmerev kapcsolattal tudjuk a hetedik, e_w öblösödési szabadságfok átvitelét állítani. Basaglia et al. [39] munkája alapján átviteli szorzótényezőt lehet megadni a csomópont öblösödése és a rúdvégi öblösödés között, rugókarakterisztika megadásának segítségével.
A kapcsolat kialakításától függően a csatlakozó rúdvégek öblösödése eltérő lehet. Az öblösödési átvitelt a csomópont és a rúdvég között az alábbi kényszeregyenlettel lehet kifejezni: $w_{rúdvég} = WF \cdot w_{csomópont}$



tehát a csomópont öblösödésének WF-szorosa a rúdvég öblösödése. A WF értéke függ a csomópont kialakításától. Leggyakoribb típusai:



Diagonális



Boksz



Boksz-diagonális

A diagonális kialakítású csomópont teljes-közvetlen, a boksz teljes-közvetett, míg a boksz-diagonális kialakítás merev átvitelt biztosít (*Basaglia et al.*). Az ezen átvitelekhez tartozó szorzótényezők:

Teljes-közvetlen (diagonális):	*WF* = 1
Teljes-közvetett (boksz):	*WF* = –1
Merev (boksz-diagonális):	*WF* = 0

Megjegyzés: eltérő csomópont kialakítás esetén más átviteli tényezők alkalmazhatóak új rugókarakterisztika felvételével. Az átviteli tényező megállapítása héjmodell segítségével lehetséges.

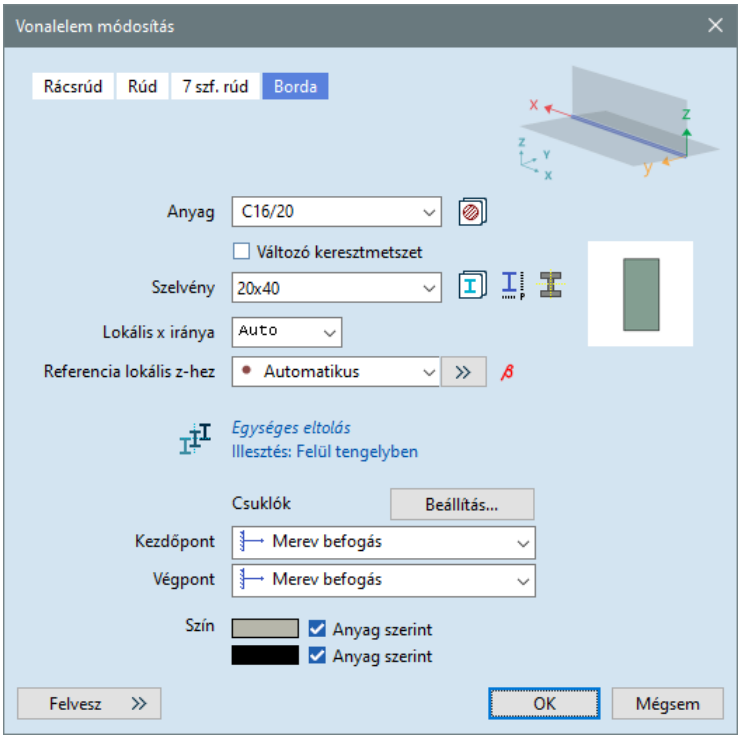
☞ **Más rúdhoz nem kapcsolódó rúdvég gátolt öblösödése a WF = 0 merev átviteli karakterisztikával adható meg.**

4.9.10.4. Bordaelem

Bordaelem



Bordák modellezésére egy három csomópontú, egyenes tengelyű, állandó vagy változó keresztmetszetű térbeli rúdelemet használhatunk. Borda elem a felületelemek éléhez és önálló elemként is definiálható. A bordák a felületelemek éleihez centrikusan vagy excentrikusan illeszthetők. Egy élhez csak egy bordaelem rendelhető.



Anyag, szelvény, lokális x irány

Anyag és szelvény definiálás, valamint lokális x irány megadása ugyanúgy történik, mint a rúdelemnél. A *Változó keresztmetszet* bekapcsolása esetén külön kezdő és végszelvényt adhatunk meg. Közbenső keresztmetszetek természetesen csak bizonyos feltételek teljesülése esetén képezhetőek.

1. A két szelvénynek egyformán vastagfalúnak vagy vékonyfalúnak kell lennie.
2. Vastagfalú szelvények esetén a két keresztmetszetnek azonos számú nyílást kell tartalmaznia és a megfelelő poligonoknak azonos számú pontból kell állniuk.
3. A vékonyfalú szelvényeknek egyező típusúaknak kell lenniük.

Anyag

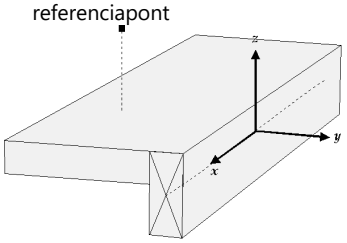
A borda anyaga eltérő is lehet a felület anyagától.

Szelvény

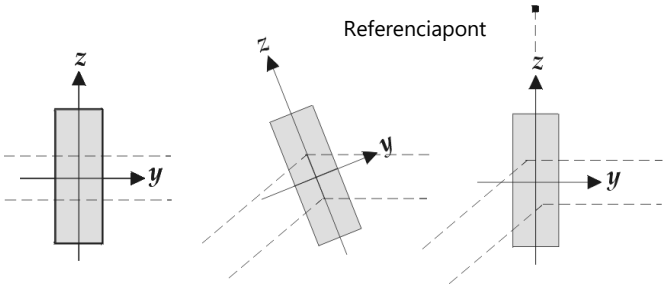
A borda keresztmetszetét a következő ábrák szerint kell felvenni. Ennek megfelelően kell a saját súlyponti keresztmetszeti jellemzőit megadni.

Referencia

A bordaelem is rendelkezik lokális koordinátarendszerrel, melynek *x* tengelye a borda tengelye, *z* tengelye a csatlakozó felületelemek *z* tengelyeinek szögfelezőjével párhuzamos (automatikus), vagy referenciapont ill. -vektor által van rögzítve.



A borda keresztmetszeti jellemzőit ebben a koordináta-rendszerben kell megadni. Ha az élbe kettőnél több felület csatlakozik, és ezek közül egyet vagy kettőt kijelölünk a peremmel együtt, akkor a program a borda definiálásakor az automatikus referenciát e felület vagy felületek lokális rendszerei alapján képezi.



Referencia szög

Referenciaszög megadásával a bordát hossztengelye körül tetszőleges β szöggel elforgathatjuk. Globális Z irányú elem esetén a globális X tengellyel, minden más esetben a globális Z tengellyel bezárt szög állítható.

Csuklók megadása

Bordákhoz megadhatunk az elem végekre csuklós kapcsolatokat. Alapértelmezésben a bordák mindkét végét befogottnak tekinti a program. A csuklók definiálása a rúdelemnél leírtakkal azonos módon történik.

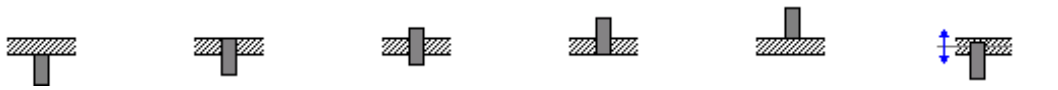
A megadott csuklók megjelennek a bordaelemek táblázatában is, de részletes dokumentálásukra külön táblázat található a Táblázatkezelőben *Bordavégi csuklók* néven (*lásd...* **2.9 Táblázatok**).

Bordák külpontossága

A bordaelemet elsősorban felületekhez kapcsolva alkalmazzuk, de megadhatók rúdelemek módjára, önállóan is. Ebben esetben a külpontosságukat is a rúdelemekhez hasonlóan adhatjuk meg (**4.9.10.2.1 Rúdelemek külpontossága**). Felülethez (tartományhoz) kapcsolt bordák külpontosságát a következők szerint lehet megadni.

Az excentricitás a borda lokális *z* tengelyének irányába értendő, és előjelét is ez határozza meg. Változó keresztmetszetű borda esetén külön megadhatjuk a kezdő- illetve végponti excentricitást is. Az excentricítás értéke megadható automatikusan vagy egyedi értékkel.
Automatikus excentricitás esetén a tényleges érték a borda keresztmetszetének és a lemez vastagságának az ismeretében kerül meghatározásra. Ehhez csak azt szükséges beállítani, hogy a borda a lemeztengelyhez képest alul, felül vagy középen helyezkedjen el.
Beton anyag esetén az automatikus excentricitás számítási módja más, ezt az ábrák is jelzik.
A lemez vastagságának vagy a borda keresztmetszetének megváltoztatása esetén az excentricitás tényleges értéke automatikusan módosul.
Acél vagy fa anyagú bordák esetén a kapcsolathoz egy elcsúszás elleni merevség is beállítható, ami a számítás során figyelembevételre kerül.

Bordatípusok vasbeton lemez és borda esetén



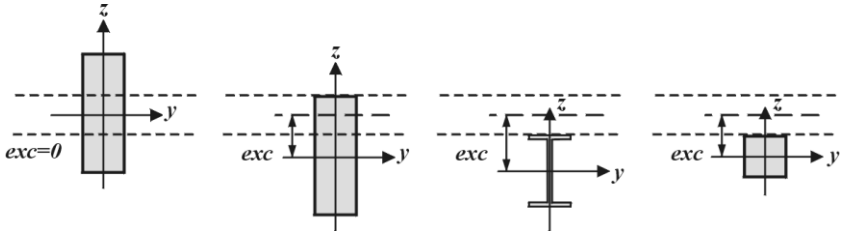
Alsó borda | *Alsó borda (együttdolgozó)* | *Borda középsíkban* | *Felső borda (együttdolgozó)* | *Felső borda* | *Egyedi excentricitás*

Bordatípusok vb. lemez és attól eltérő anyagú borda esetén



Alsó borda | *Felső borda* | *Borda középsíkban* | *Egyedi excentricitás*

☞ **Vasbeton borda és vasbeton lemez kapcsolata esetén borda keresztmetszetnek a lemezvastagsággal együttes teljes keresztmetszetet kell megadni. Ettől eltérő esetekben pl. (acél vagy fa szerkezeteknél) csak a lemezből kilógó részt kell borda keresztmetszetként definiálni.**



Itt: *exc* = a bordakeresztmetszet súlypontjának a felület súlypontjától vett előjeles távolsága.

☞ **Lemezmodell esetén a borda excentricitása kizárólag a borda hajlítómerevségét módosítja az alábbiak szerint:**

$$I_y^* = I_y + A \cdot exc^2$$

Héjmodell esetén a borda excentrikusan kapcsolódik a héjelemekhez, így hajlításból mind a héjban, mind a bordában normálerő is keletkezik.

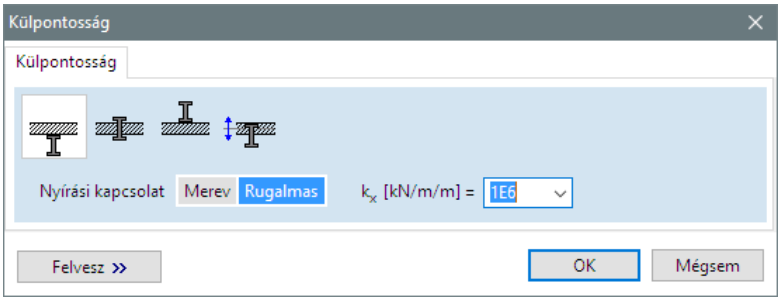
☞ **Excentricitás beállítása esetén, a merevségi mátrix számítása során az elemeket merev testek segítségével kapcsoljuk a statikai vázhoz. A külpontosságokból adódó extra igénybevételek befolyásolják a kapott eredményeket, amire az eredmény kiértékelésekor tekintettel kell lenni.**



Egyedi excentricitás vagy nyírási kapcsolat megadásához kattintsunk a *Külpontosság* ikonra.

Nyírási kapcsolat

Alsó és felső bordáknál (kivéve vasbeton szerkezet) a lemez és a borda között *Merev* vagy *Rugalmas* nyírási kapcsolat definiálható.
Rugalmas kapcsolatnál a *kx* kapcsolati merevséget a felhasználónak kell definiálnia. Ilyen kapcsolatoknál az eredményeknél a kapcsolati fajlagos nyíróerő (*Vxz*) lekérdezhető (*Merev* beállításnál erre nincs lehetőség).



Merevség-csökkentés

Eurocode szerinti, válaszspektrum-analízissel végrehajtott földrengésvizsgálathoz építészeti elemtípusonként (oszlopok, gerendák, falak, födémek, egyéb elemek) megadhatóak a merevséget csökkentő tényezők (k). Részletesen *lásd* a **3.3.10 Merevségcsökkentés** fejezetben. Vasbeton bordáknál kétféle csökkentő tényezőt adhatunk meg – k_A és k_I.
A k_A tényező a beton keresztmetszetét csökkenti az eredetihez viszonyítva, mely csak a normálmerevségét befolyásolja, a nyírási merevséget nem. A k_I tényező a keresztmetszet hajítási merevségét csökkenti.

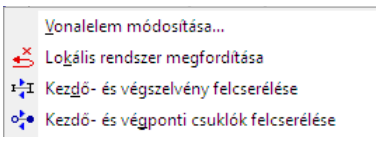
Színek definiálása

Lásd a **rúdelemek**nél

A definiált bordaelemek a képernyőn sötétkék színnel jelennek meg.

Gyorsmenü

Vonalelemre jobb gombbal kattintva a gyorsmenüben a kijelölt szerkezeti elemekre vonatkozó hasznos segédfunkciókat találunk. Ha nincs kijelölt elem, a művelet arra az elemre hajtódik végre, amelyikre kattintottunk.



Lokális rendszer megfordítása

Ellenkező irányba állítja a kijelölt szerkezeti elemek lokális *x* irányát.
Változó keresztmetszetű rúd vagy bordaelemek kezdő-és végszelvényei, illetve a kezdő és végponti csuklók fizikailag a helyükön maradnak, csak a kezdőpont és a végpont értelmezése cserélődik meg.

Kezdő-és végszelvény felcserélése

A kijelölt változó keresztmetszetű rúd vagy bordaelemeknél felcseréli a kezdő és végszelvényt.
A lokális *x* irány változatlan marad.

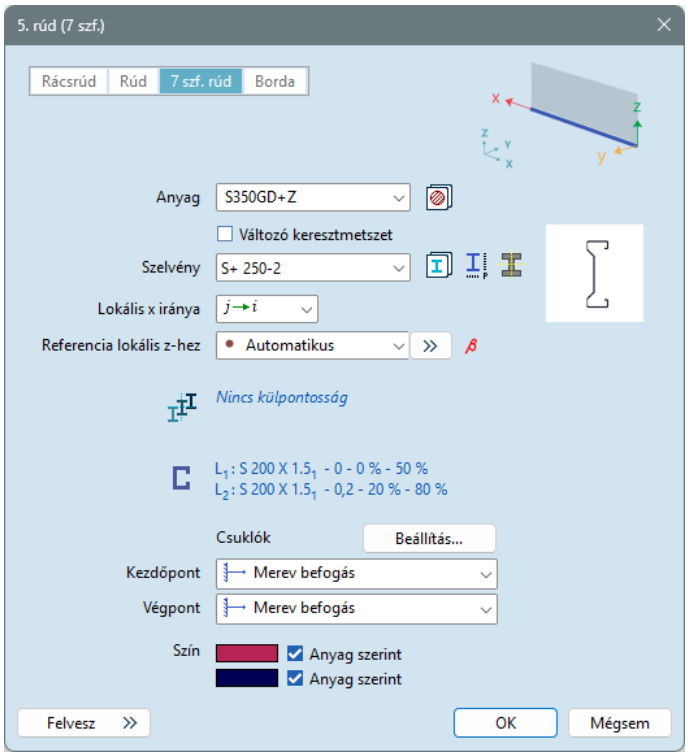
Kezdő-és végponti csuklók felcserélése

Felcseréli a kijelölt rúd vagy bordaelemek kezdő- és végpontján található csuklókat.
A lokális *x* irány változatlan marad.

4.9.11. Hidegen alakított acél szelemenek modellezése

Elsősorban csarnokszerkezeteken alkalmaznak gyakran hidegen alakított vékonyfalú acél szelemeneket, illetve falváztartókat a külső burkolat hordására. Ezek leggyakrabban hidegen alakított trapézlemezek, vagy szendvicspanelek. Mivel a hidegen alakított vékonyfalú szelvények nyitott keresztmetszetűek és kis merevségűek, ezért rendkívül érzékenyek a különböző stabilitásvesztési formákra, valamint a csavaró igénybevételekre. Ebből kifolyólag kifejezetten célszerű a szelemeneket 7 szabadságfokú (7DOF) rúdelemként modellezni. A 7 szabadságfokú rúdelem a csomópontonkénti szokásos 6 elmozdulás/elfordulás mellett egy hetedik szabadságfokkal is rendelkezik. Csak ez az elemtípus képes pontosan számítani és figyelembe venni az öblösödést, valamint a gátolt csavarásból származó feszültségeket, ami nyitott Z-, C- vagy Sigma-szelvényeknél kritikus a stabilitásvesztés (pl. kifordulás) szempontjából.
A program rugalmassága érdekében a 7 szabadságfokú rúd típuson kívül hagyományos 6 szabadságfokú rudakat valamint a bordákat is kezelhetünk szelemenként. Így azonban a vetemedési hatások csak közelítő jelleggel, vagy egyáltalán nem érvényesülnek a modellben. Rácsrúd elemek nem rendelkezhetnek szelemen tulajdonsággal.

☞ **A szoftverben és a kézikönyvben általánosan alkalmazzuk a szelemen szót, mint gyűjtő fogalmat hidegen alakított vékonyfalú acél gerendák modellezésére és méretezésére. Fontos megjegyezni, hogy szelemenek alatt a falváztartókat is értjük.**

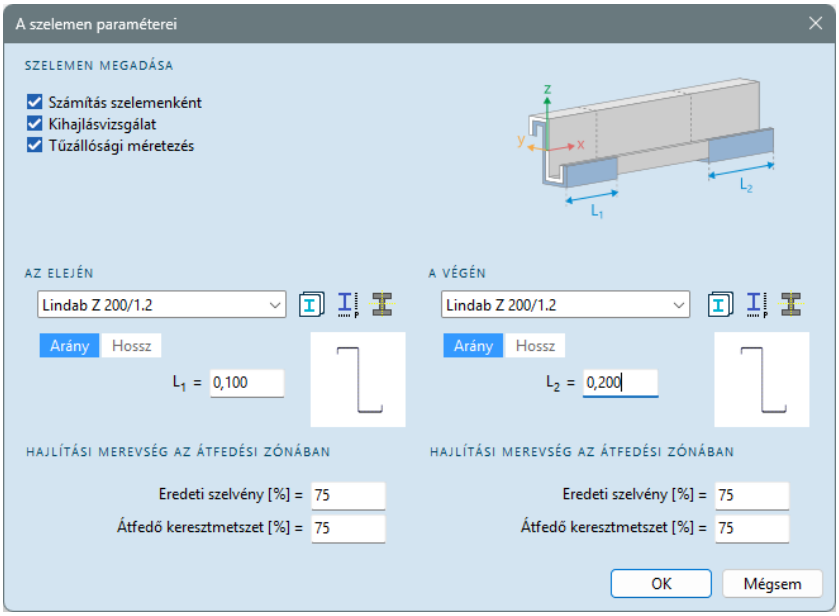


Az ikonra kattintva szelemen jellemzők rendelhetőek a vizsgált vonalelemhez.
Az ikon csak acél anyagú rúd, 7 szf. rúd és borda típusú vonalelem definiálása, vagy módosítása esetén látható, ha a szelvény szelemenek és falvváztatók esetében elfogadott szelvény.

Alkalmazható anyagok: A megadott keresztmetszethez kötelezően az Eurocode 3 hidegen alakított acélszerkezetekre vonatkozó része (EC3-1-3) szerinti anyagot kell rendelni. Az anyag-adatbázis tartalmazza az ide vonatkozó szabványos acélminőségeket (pl. S280GD, S320GD, S350GD), amelyek figyelembe veszik a hidegalakításból származó megfolyási határ-növekedést és a gyártási tűréseket.

Elfogadott szelvénytípusok: A funkció kifejezetten csak a vékonyfalú, hidegen alakított acélszelvények méretezését támogatja. A szoftver beépített szelvénytárából közvetlenül beemelhetők a nemzetközi és hazai piac jelentős gyártóinak (pl. Lindab, Kingspan) kész profiljai. Támogatott és manuálisan is létrehozható típusok a merevített és sima C-szelvények, U-szelvények, a Z-szelvények, valamint a jellemzően lehajtásokkal és merevítő bordákkal ellátott Sigma és Zeta szelvények.
Bár a programban elérhető a szelemencsoport varázsló (*lásd...* **4.9.12 Szelemencsoport megadása**) a tömeges, felület alapú generáláshoz, egyedi geometriájú, aszimmetrikus vagy speciális kialakítású csarnoktetők és falvázszerkezetek esetében elengedhetetlen a szelemenek és falváztartók egyedi megadása.

Ha a rúdelem párbeszédpanelén megfelelő az anyag és a szelvény, az ikonra kattintva a következő speciális tervezési paraméterek válnak elérhetővé.



Számítás szelemenként

A kapcsoló kapcsolásával állítható, hogy a vonalelem rendelkezik-e szelemen tulajdonsággal és paraméterekkel.

Átfedés az elem elején és végén

A többtámaszú csarnoktetők és falvázrendszerek esetében a szelemeneket a főtartók (keretek) felett gyakran átfedéssel, vagy hevederesen toldják a nyomatéki teherbírás növelése és a lehajlás optimalizálása érdekében. A dialógusablakban megadható:

- Az átfedő szelvény a rúd elején és a végén (a lokális rendszer szerint)
- Az L_1 és L_2 átfedési hossz: a toldás hossza a rúd elején és végén külön megadható *Hossz* szerint vagy a rúd hosszához viszonyított *Arány* szerint.
- *Hajlítási merevség az átfedési zónában:* A gyakorlatban az átfedett szakaszokon a kapcsolatok nem végtelen merevek a csavaros kapcsolatok rugalmassága és a lemezek hajlítása, esetleg lokális horpadása miatt. Ezért a hajlítási merevség nem vehető fel egyszerűen a két szelvény inerciáinak összegeként. A programban százalékosan megadható, hogy az átfedési zónában a szoftver a megnövelt merevséget milyen arányban vegye figyelembe az alkotó szelvények inerciáiból. Tökéletesen merev kapcsolat esetén 100-100%-ot kell beállítani. Az alapértékként megadott 75% jól illeszkedik más szakági szoftver eredményeihez.

☞ **A szoftver a merevségi mátrix felépítése során figyelembe tudja venni az átfedési zónákban megnövekedett hajlítási merevséget. Ehhez arra van szükség, hogy az elem be legyen hálózva és a hálózása illeszkedjen az átfedési zónák határaihoz. Amennyiben a szelemenek nincsenek jól behálózva, akkor a program figyelmeztetést küld.**

Kihajlásvizsgálat

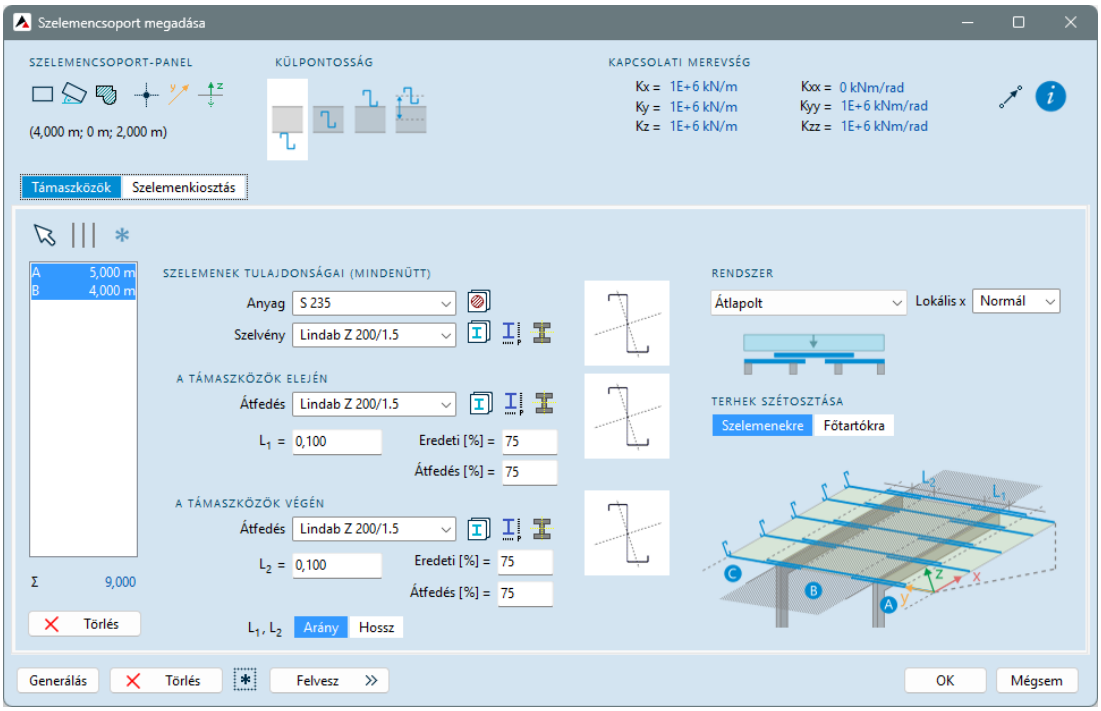
A kapcsolóval szabályozható, hogy a program kihajlásszámításkor számoljon-e a szelemenek kihajlásával, vagy azt elhanyagolva csak megtámasztó hatásuk legyen. Ez utóbbit a másodrendű hatások (geometriai merevségek) figyelmen kívül hagyásával éri el a szoftver. Erre a szelemen és falváztartó elemek nagy száma és kis merevsége miatt lehet szükség. Könnyen előfordulhat ugyanis, hogy a kihajlásszámításban több tucat vagy több száz sajátalak jelentkezik, melyek a szelemenek kifordusását, vagy kihajlását fogják mutatni és a főtartókra jellemző sajátalakok és kritikus teherszorzók meghatározása nehézkessé válik. A funkció az alszerkezetre futtatott kihajlásszámításhoz hasonlóan működik (*részletesen lásd...* **6.2 Kihajlás).**

Tűzállósági méretezés

Hidegen alakított, vékonyfalú acél elemek tűzhatás esetén rendkívül gyorsan elveszítik a merevségüket. Ez különösen a főtartók méretezésekor okoz gondot, ugyanis a szelemeneket és falváztartókat a keretek tűzállósági vizsgálata során nem vehetjük megtámasztásként figyelembe.
A kapcsoló segítségével szabályozhatjuk, hogy a szoftver a vonalelemhez kapcsolódó főtartók tűzhatásra méretezése során, az AutoMcr módszerben a szelement megtámaszként figyelembe vegye-e.

4.9.12. Szelemencsoport megadása

A *Szelemencsoport megadása* funkció kifejezetten csarnoképületek, raktárak és ipari létesítmények burkolattartó rendszereinek (tetőszelemenek és falvázgerendák) gyors és precíz modellezésére szolgáló automatizációs eszköz.
A funkció elsődleges célja szelemenek tömeges generálása. Lehetővé teszi, hogy a felhasználónak ne kelljen manuálisan, egyenként definiálnia és berajzolnia a több száz vonalelemet, valamint a hozzájuk tartozó csomóponti (például főtartóhoz való) kapcsolatokat. A szelemencsoport drasztikusan csökkenti a modellezési időt és csökkenti az egyedi adatbevitelből származó hibák esélyét.



A szelemencsoport megadása egy intelligens, poligon alapú felület-meghatározáson nyugszik. A szelemenrendszer generálásához a felhasználónak először egy befoglaló panelt kell megadnia a térben (a tetősíkon vagy az oldalfalon), amely egyszerűbb esetben két, vagy három sarokpont megadásával is lehetséges.
A poligon definiálása után a szoftver beépített algoritmusa automatikusan feltérképezi a megadott poligon alatti térrészt. Felismeri a már meglévő teherviselő főtartókat (keretállásokat, gerendákat, oszlopokat), és ezek alapján önállóan meghatározza a támaszközök hosszát. A program az így felismert statikai vázra feszíti ki a szelemen-rendszert a párbeszédablakban megadott paraméterek alapján.
A paraméterek a poligonhoz szelemencsoport-panelhez, mint objektumhoz kötődnek. A program a beállított paramétereket és a generált szelemenek sorszámait eltárolja. Esetleges módosítások (szelvény, kiosztás) könnyen elvégezhetők, a szelemenkiosztás könnyen újragenerálható. Szelemencsoport-panel törlésekor a program által generált szelemenek is törlődnek.
A varázsló által legenerált szelemenek és falvázgerendák automatikusan 7DOF rúdelemként és a beállításoknak megfelelő aktív szelemen tulajdonságokkal jönnek létre a modellben. A rúdelemek síkjában az önsúly, hasznos és meteorológiai terhek definiálása céljából teherpanel is generáltatható a szelemenek létrehozásával egyidejűleg. A szelemencsoport-panelekhez kötődő, automatikusan létrehozott teherpaneleket a szoftver illeszti a szomszédos szelemencsoportok teherpaneljeihez.

☞ **A poligon alapú felismerő algoritmus szabályos, vagy mérsékelten aszimmetrikus (pl. enyhén szűkülő) keretállások és tetősíkok esetén működik a leghatékonyabban. Erősen tagolt, sok áttöréssel (pl. nagyméretű felülvilágítók) rendelkező, vagy tört síkú tetők esetén a felületet javasolt több, különálló poligonra bontani, és a szelemencsoport generálást síkonként, több fázisban lefuttatni.**

A panel és a szelemenkiosztás origója: Az ikonra kattintva a modelltérben kiválaszthatjuk szelemencsoport-panel origójának helyét. A szelemenek generálásakor a kiosztás az origótól indul.
Az origónak a panel síkjában kell lennie.

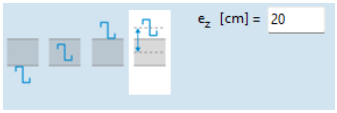
Szelemenek irányának kijelölése: A szelemencsoport-panel lokális y tengelye párhuzamos a szelemenek irányával. Az ikonra kattintva a modelltérben módosíthatjuk a panel lokális y tengelyének irányát.



A képen látható ikonra kattintva megfordíthatjuk a panel normálvektorát.
A lokális z vektor a külpontosságok felmérésekor játszik szerepet.

Külpontosság

Négy opció közül választva állíthatjuk be a generált szelemenek külpontosságát. Ezek között szerepel a főtartó alsó síkjára illesztés, a központos illesztés, a felső síkra való illesztés és a főtartó tengelyéhez viszonyítva tetszőlegesen megadott külpontosság.



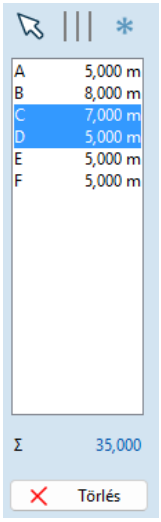
Kapcsolati merevség



A generált szelemenek a főtartókhoz a szelemencsoport-panel lokális rendszerében értelmezett pont-pont kapcsolati elemekkel csatlakoznak (*lásd...* **4.9.22 Kontaktelem**). Az ábrán látható ikonra kattintva megadhatjuk a kapcsolati elemek merevségét. Választhatunk merev, félmerev és csuklós lehetőségek közül. Az egyes szabadságfokoknak megfelelő merevségeket manuálisan is beállíthatjuk.

Támaszközök

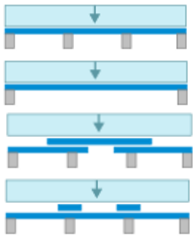
A további paraméterek megadását két fülön végezhetjük. Az első a *Támaszközök* fül.



A támaszközök betűjeleket kapnak. A főtartók azonosítása történhet automatikusan a középső ikonra kattintva, vagy modelltérbeli kijelöléssel a baloldali ikonra kattintva. Az egyes támaszközökben eltérő szelvényeket és átfedési paramétereket állíthatunk be. Több támaszköz kijelölésével, a szelvény és átfedési paraméterek több támaszközre egyszerre beállíthatók. A csillag ikon automatikusan kijelöli az összes támaszközt.
A megadható átfedési paraméterek azonosak a korábban megismert paraméterekkel, amiket szelemenek manuális definiálása során meg kell adnunk (*lásd...* **4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**).
A támaszközök törölhetőek a listából a *Törlés* gomb megnyomásával.

Rendszer

A szelemenek statikai rendszere állítható be.
Ez szabja meg, hogy a generált rúdelemek a főtartóknál hogyan csatlakoznak egymáshoz.



Folytonos: átfedés nélkül, mereven

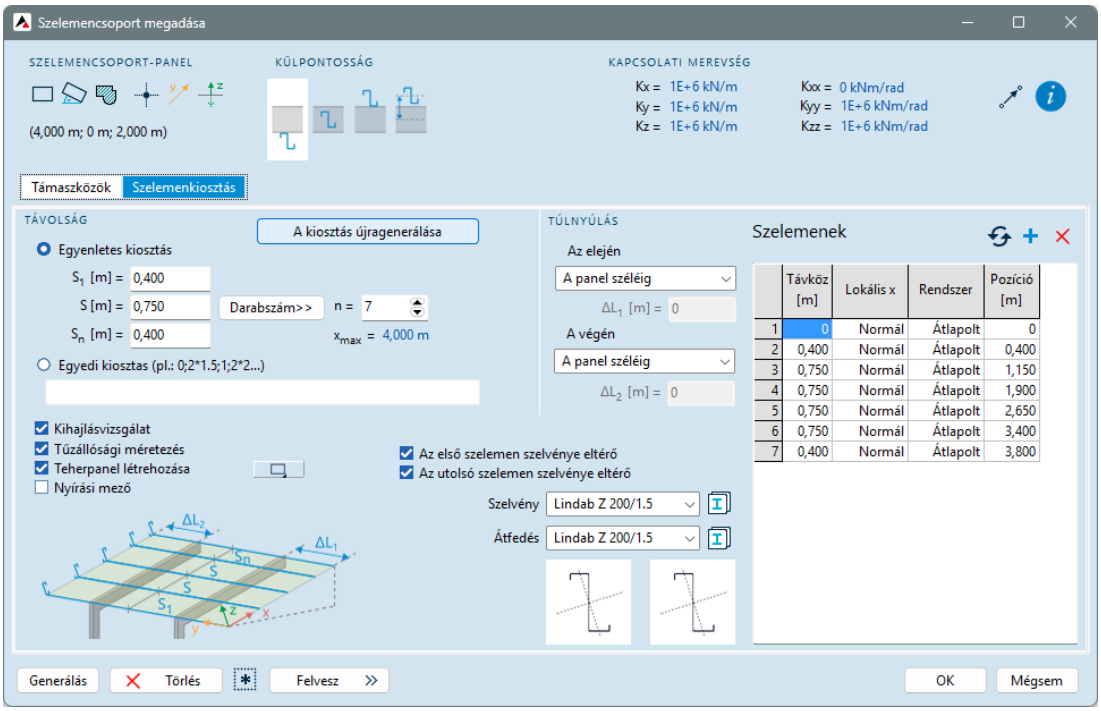
Kéttámaszú: átfedés nélkül, csuklósan

Átlapolt: átlapolással

Toldóelemes: összekötőelemekkel

Terhek szétosztása

Beállítható, hogy a szelemencsoport-panelhez rendelt, automatikusan generált teherpanelek a szelemenekre, vagy a főtartókra osszák szét a teherpanelre megadott terheket. Utóbbi például földrengésre való méretezéskor lehet hasznos. A terhek főtartóra osztásával ugyanis el lehet kerülni, hogy rezgésszámítás futtatása során tömegesen jelenjenek meg a szelemenekre vonatkozó, kis modális tömeggel rendelkező alakok.



Szelemenkiosztás

A második fülön a szelemenek kiosztásával kapcsolatos, valamint még néhány modellezéshez és méretezéshez kötődő paramétert adhatunk meg.

Távolság

A szelemenek keresztirányú kiosztását egyenletes-, valamint egyedi kiosztással is megadhatjuk. Az S távolságok értelmezését az ablak alsó részén található ábra segíti. *A kiosztás újragenerálása* gombra kattintva a generált kiosztás megjelenik a jobb oldali táblázatban. Itt az egyes szelemenek tulajdonságai a tényleges generálás előtt még módosíthatók (statikai rendszer, vagy a lokális x vektor iránya, amennyiben szeretnénk megfordítani a szelement).

Túlnyúlás

A szelemenek végein túlnyúlás is megadható vagy a szelemencsoport-panel széléig, vagy tényleges kinyúlás értékének megadásával.

Első, vagy utolsó szelemen szelvénye eltérő

A szoftver támogatja azt a megszokott ipari gyakorlatot, miszerint a tetősík első (vagy utolsó) szelemenje az eresznél eltérő szelvényt igényel a falburkolat rögzítése vagy az ereszcsatorna csomóponti kialakítása miatt. Az ablakban megadható, hogy míg a közbenső mezőkben Z-szelvények futnak, addig a szélső pozíciókba a program automatikusan megfelelő orientációjú C-szelvényeket helyezzen el.

Kihajlásvizsgálat

lásd... **4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**

Tűzállósági méretezés

lásd... **4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**

Teherpanel létrehozása

Amennyiben ezt a funkciót bekapcsoljuk, akkor a szelemenek generálásával egyidejűleg egy teherpanel is létrejön, hogy a burkolatra ható terheket meg lehessen felületi teherként adni. Ez a teher a teherpanel beállításától függően vagy a szelemenekre, vagy a főtartókra kerül. Amennyiben a szelemenek generálásakor a funkció nem volt aktív, akkor a teherpanel később is létrehozható a szelemenek újragenerálása nélkül.
A felirat mellett megjelenő gombra kattintva megadhatók kapukat/nyílásokat lefedő teherpanelek, amelyek mindenképpen az alattuk/mögöttük lévő főtartókra és nem a szelemenekre osztják a terhet. Ilyen paneleket akkor kell létrehozni, ha kapukra, nyílászárókra/felülvilágítókra ható önsúlyt, esetleg meteorológiai terheket is figyelembe szeretnénk venni.

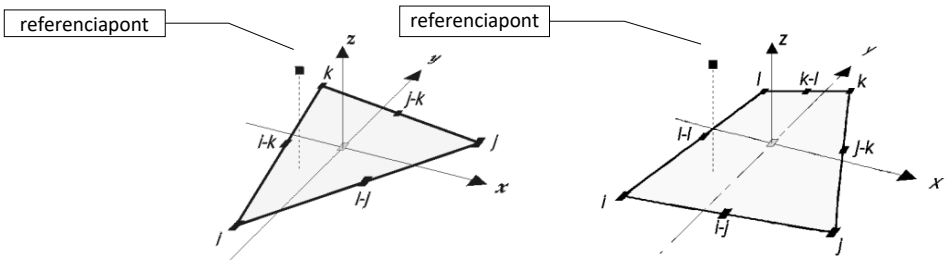
Nyírási mező

A generált szelemenekhez megadhatók nyírási mező paraméterek, azaz figyelembe vehető a kapcsolódó burkolat megtámasztó nyírási merevsége.

4.9.13. Felületelemek

A felületek modellezésére egy 6, ill. 8 / 9 csomópontú, sík felületű, izoparametrikus végeselemet használhatunk. Az elem alkalmas tárcsa, vékony és vastag lemez és héjszerkezetek modellezésére a kis elmozdulások tartományában.
A vastagság kisebb, mint a legkisebb jellemző lemezméret tizede, a lemez vagy héj lehajlása (*w*) nem lehet nagyobb az elem vastagságának 20%-ánál.

☞ **A hálózható tartományok szükségtelenné teszik a felület végeselemek kézi definiálását.**



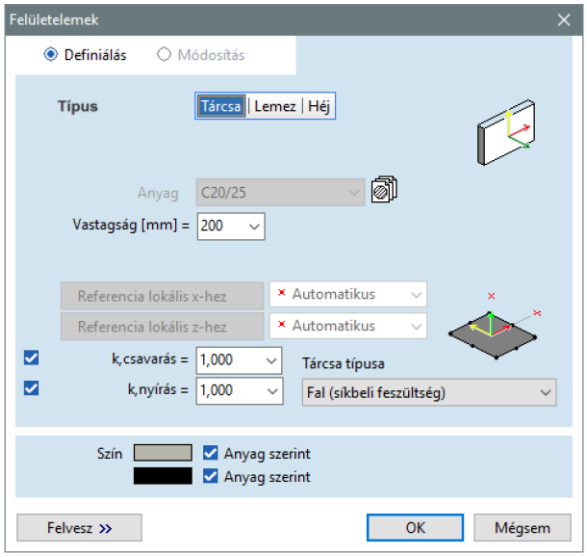
Íves felületek és oldalak síkokkal és egyenes oldalakkal közelíthetők, de ez nem minden esetben vezet kielégítő pontossághoz.
Az elemnek háromszögnek, ill. konvex négyszögnek kell lennie, oldalméreteinek aránya 1/5-nél, és a vastagság/hossz aránya 1/100-nál ne legyen kisebb.
A *k, csavarás* és *k, nyírás* tényezőkről *lásd...* **4.9.6 Tartomány**.

4.9.13.1. Tárcsaelem

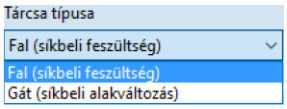
Tárcsaelem

Hat, illetve nyolc csomópontú elem.

Alkalmazható:
Síkbeli feszültségi állapotban:
$(\sigma_{zz} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0;\ \epsilon_{xz} = \epsilon_{yz} = 0, \epsilon_{zz} \neq 0)$
Síkbeli alakváltozási állapotban:
$(\epsilon_{zz} = \epsilon_{xz} = \epsilon_{yz} = 0;\ \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0, \sigma_{zz} \neq 0$



Tárcsa típusa



☞ **A tárcsa csak síkjában terhelhető elem. Ettől eltérő irányú terhelést nem tud felvenni.**

Tárcsa igénybevételeként n_x, n_y, n_{xy} tárcsaerőket kapunk,
meghatározásra kerülnek az n_1, n_2 főigénybevételek és az α_n irányszög.

Definiálás

Definiáláskor az alábbi adatokat kell megadni:

Síkbeli alakváltozási/síkbeli feszültségi állapot
Anyag és vastagság
Referenciapont/vektor/tengely/sík a lokális ***x***-hez
Referenciapont/vektor a lokális ***z***-hez

Szinek definiálása

Lásd a **rúdelemek**nél

Az ikonra kattintva a *Betöltés anyagtárból* dialógusablak jelenik meg, ahol új anyag vehető fel a modellbe.

Referencia megadása

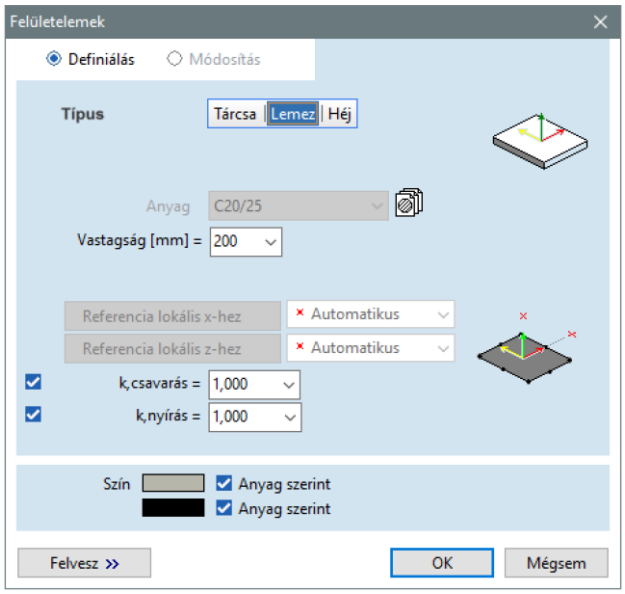
Az elem lokális *x* és *z* tengelyét a **4.9.25 Referenciák** fejezetben ismertetett referenciaelemekkel határozhatjuk meg vagy választhatjuk az automatikus módot.

A tárcsaelemek középpontját kék színnel jelöli a program.

4.9.13.2. Lemezelem

Lemezelem

A lemezelem hat csomópontú Lagrange, illetve kilenc csomópontú Heterosis típusú elem, mely a Mindlin-Reissner elméletnek megfelelően az alakváltozások számításakor a nyíróerők hatását is figyelembe veszi. Így alkalmas vékony és vastag lemezek vizsgálatára.



☞ **A lemez csak síkjára merőlegesen terhelhető elem. Ettől eltérő irányú terhelést nem tud felvenni.**

A lemez igénybevételeként m_x, m_y, m_{xy} nyomatékokat és v_x, v_y lemez síkjára merőleges nyíróerőket kapunk, valamint meghatározásra kerülnek az m_1, m_2 főigénybevételek, az α_m irányszög és a q_R eredő nyíróerő.

Definiálás

Definiáláskor a következőket kell megadni:

Anyag és vastagság
Referenciapont/vektor/tengely/sík a lokális ***x***-hez
Referenciapont/vektor a lokális ***z***-hez



Az ikonra kattintva a *Betöltés anyagtárból* dialógusablak jelenik meg.

Referencia megadása

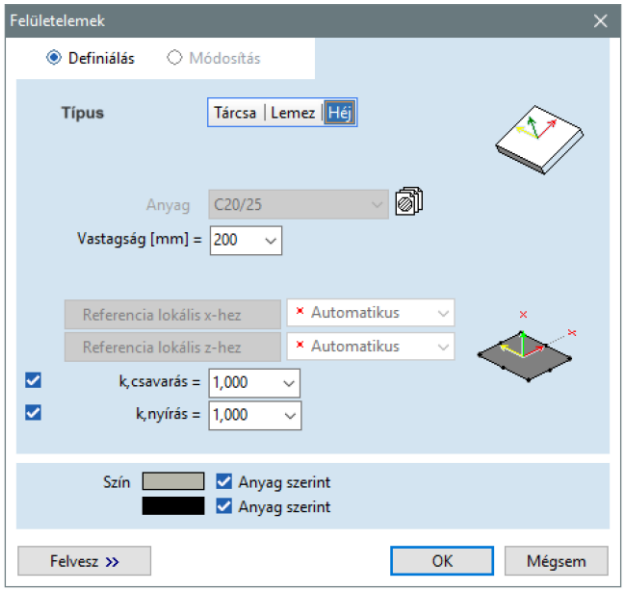
Az elem lokális x és z tengelyét a **4.9.25 Referenciák** fejezetben ismertetett referenciaelemekkel határozhatjuk meg vagy választhatjuk az automatikus módot.

A lemezelemek középpontját piros színnel jelöli a program.

4.9.13.3. Héjelem

Héjelem

A sík héjelemet a lemezelem és a tárcsaelem összekapcsolásából nyerjük. Sík héjelemek esetén a tárcsa- és a lemezhatás egymástól független.



☞ **A héj síkjában és síkjára merőlegesen egyaránt terhelhető elem.**

Definiálás

Héjaknál tárcsa- és lemez igénybevételeket kapunk a tárcsa- és a lemez elemeknél leírtak szerint.
Definiáláskor az alábbiakat kell megadni:

Anyag, vastagság
Referenciapont/vektor/tengely/sík a lokális ***x***-hez
Referenciapont/vektor a lokális ***z***-hez



Az ikonra kattintva a **Betöltés anyagtárból** dialógusablak jelenik meg.

Referencia megadása

Az elem lokális x és z tengelyét a **4.9.25 Referenciák** fejezetben ismertetett referenciaelemekkel határozhatjuk meg vagy választhatjuk az automatikus módot.

A héjelemek középpontját zöld színnel jelöli a program.

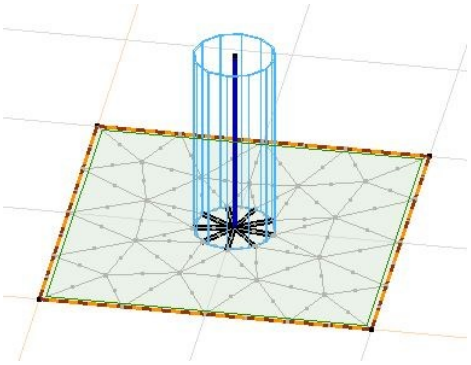
Módosítás

Azonos típusú elemeket kijelölve a módosítás dialóguson a módosítható (közös) tulajdonságok lesznek hozzáférhetők. A jelölőnégyzettel megjelölt tulajdonságok változtathatók meg.
Eltérő típusú felületelemek kijelölése esetén a definiálás kapcsoló válik aktívvá.

Felvesz>>

A funkció működése megegyezik a vonalelemeknél leírtakkal.
Lásd... **4.9.10 Vonalelemek**.

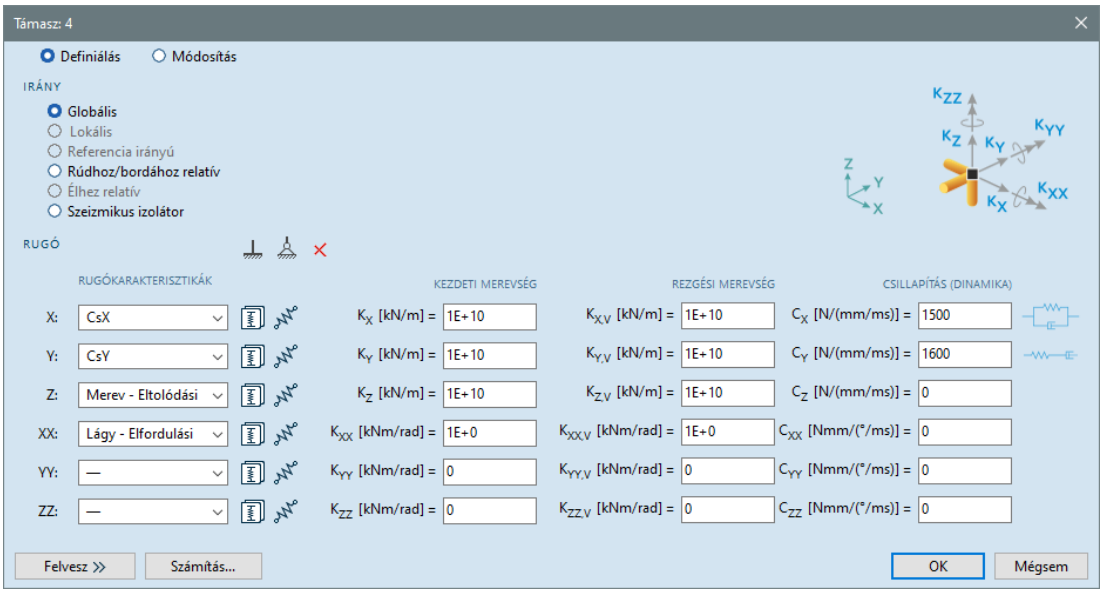
A tárcsaelemek harmadik és a héjelemek hatodik szabadságfoka (az elem síkjára merőleges tengely körüli elforduláshoz tartozó szabadságfok) speciális. Ez az elfordulás – a szemlélet alapján várható szoros összefüggés ellenére – csak igen kicsiny merevséggel van összekötve a síkbeli eltolódásokkal. Erre a megoldásra azért van szükség, hogy elkerüljük a szingularitást, valamint hogy kialakuljon a síkbeli eltolódásokkal kompatibilis elfordulási mező, de a hozzáadott szabadságfok mégse növelje meg az elem síkbeli merevségét.
Ha egy tárcsa vagy héj egyetlen csomópontját közvetlenül terheljük egy síkra merőleges tengely körüli nyomatékkal, akkor – a kicsiny merevség miatt – az úgy viselkedik, mintha csuklós lenne. Az ilyen csomópontokat merevtestek segítségével tehetjük nyomatékbíróvá.



4.9.14. Csomóponti támasz



A támaszelem egy rugó, melynek egyik vége egy fix ponthoz, a másik vége a megtámasztott csomóponthoz kapcsolódik. Minden ilyen rugó rendelkezhet saját tengelye irányában eltolódási és elfordulási merevséggel. A tulajdonságok megadása a rugóelemmel megegyező módon történik, a komponensekhez tartozó karakterisztika megadásával (*lásd...* **4.9.21 Rugóelem**). A kezdeti merevség, a rezgési merevség és a csillapítási tényező értéke közvetlenül is leolvasható. A lineáris rugókarakterisztikával rendelkező komponensek merevsége és csillapítási tényezője a megjelenített értékek átírásával közvetlenül is szerkeszthető. A dialógusablak bezárásakor új rugókarakterisztika jön létre a módosított értékekkel. A csillapítási tényező csak abban az esetben jelenik meg, ha a megadott támasznak létezik olyan komponense, ahol az együttható nullától különböző.



Rugó

Előre beállított állapotok egy kattintással elérhetőek:



Minden komponens merev

Csak eltolódásra merev, elfordulásra szabad

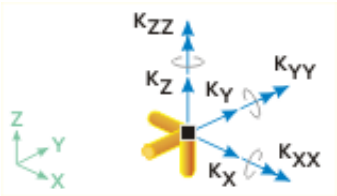
Minden komponenst töröl

A megtámasztás iránya lehet:

Globális, Lokális, Referencia irányú, Rúdhoz/bordához relatív irányú, Élhez relatív irányú, Szeizmikus izolátor

Globális irányú támasz

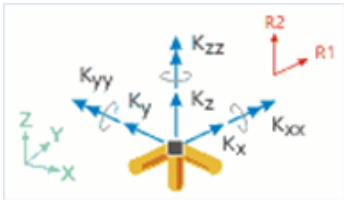
A globális koordináta tengelyekkel párhuzamos irányú támaszelem. Először azokat a csomópontokat kell kijelölni, melyekhez azonos típusú támaszelemet akarunk rendelni, majd meg kell adni a hozzájuk tartozó merevségeket.
A támaszmerevségeket eltolódásra *(K_X, K_Y, K_Z)* és elfordulásra *(K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ})* kell megadni.



☞ **Egy csomópontra csak egy globális támasz adható meg.**
Felületelem oldalfelező pontja csomóponti támasszal nem támasztható meg.

Lokális irányú támasz

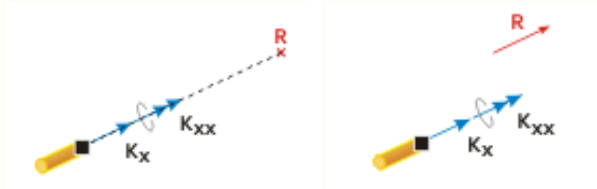
A támasz két referenciával adható meg. Az egyik kijelöli a támasz lokális x-irányát, a másik pedig az x-iránnyal együtt kijelöli a síkot melyben a lokális z-irány van. A csomópont kijelölése után a referencia irányokat és a merevségeket kell megadni. A lokális támasz tulajdonképpen egy elforgatott három irányú támasz.
A modellnek tartalmaznia kell két alkalmas referenciát, hogy ilyen típusú támasz megadható legyen.



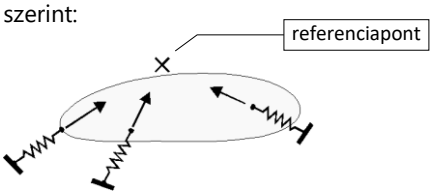
☞ **Egy csomópontra csak egy lokális támasz adható meg.**

Referencia irányú támasz

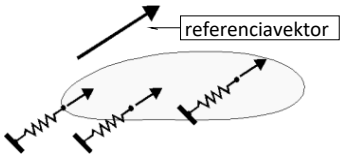
Referenciaponttal vagy -vektorral kijelölt irányú támasz. Egy csomóponthoz több támaszelemet is csatlakoztathatunk. A csomópontok kijelölése után meg kell adni az eltolódási K_x, és elfordulási K_{xx} merevségeket.
Referencia irányú támasz megadáshoz legalább egy alkalmas referenciát kell tartalmaznia a modellnek.



Az irányt az elem csomópontja és referenciapontja, vagy referenciavektora határozza meg az alábbiak szerint:



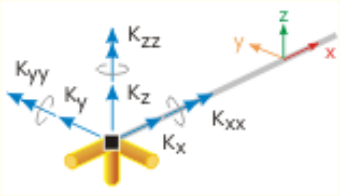
Több támaszelemhez hozzárendelt referenciapont esetében valamennyi támaszirány a referenciapont felé fog irányulni.



Több támaszelemhez hozzárendelt referenciavektor esetében valamennyi támasz-irány a referenciavektorral lesz párhuzamos.

Rúdhoz/bordához relatív irányú támasz

Rúd/borda lokális koordináta-tengelyek irányaiba mutató támaszelemek. Először azokat a rudakat / bordákat kell kijelölni, melyek csomópontjaihoz azonos típusú támaszelemeket akarunk rendelni, majd meg kell adni a hozzá tartozó merevségeket.



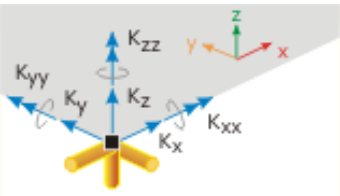
A támaszmerevségeket eltolódásra *(K_x, K_y, K_z)* és elfordulásra *K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}) kell* megadni.

Élhez relatív irányú támasz

Felület-él tengelyéhez viszonyított relatív ***x***, *y*, *z* irányú támaszelemek.
Itt: ***x*** = a felület éle által kijelölt tengely
y = a felület síkjában fekvő, *x*-re merőleges felület belsejébe mutató tengely
z = a felület síkjára merőleges, referenciapont felőli féltérbe mutató tengely

Ki kell jelölni a peremeket és a csomópontokat, majd meg kell adni a támaszhoz tartozó merevségeket. Ha a felületperembe két felület csatlakozik, a ***z*** tengely a felületek által bezárt szög szögfelezőjére illeszkedik, az ***y*** tengely pedig erre és az ***x*** tengelyre egyaránt merőleges.

Ha a kijelölt felületperemhez több felület is csatlakozik, definiáláskor a csomópont és a perem mellett kijelölhetünk egy vagy két felületet is, ekkor a támasz lokális rendszerét a program a fentiek alapján, a kijelölt felületek figyelembevételével határozza meg.



Pozitív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó megnyúlik, ami húzóerőt okoz. Negatív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó összenyomódik.

Nemlineáris karakterisztikát csak anyagilag nemlineáris statikai és anyagilag nemlineáris dinamikai számítás esetén vesz figyelembe a program.
Anyagilag lineáris statika, anyagilag lineáris dinamika, kihajlás vizsgálatokban a nemlineáris rugóelemek a kezdeti merevségükkel vannak figyelembe véve, illetve rezgés I/II számításban a rezgési merevséggel, és ez az érték állandó marad a vizsgálatok során.
A csillapítási tényezőt csak a dinamikai vizsgálatkor veszi figyelembe a program.

A definiált támaszok barna színnel, a koordinátarendszer három irányát jelképező szimbólummal jelennek meg.

Számítás...

Lásd... **4.9.14.1 Támaszmerevségek számítása**

Módosítás

Azonos típusú elemeket kijelölve a módosítás dialóguson a módosítható (közös) tulajdonságok lesznek hozzáférhetők. A jelölőnégyzettel megjelölt tulajdonságok változtathatók meg.
Eltérő típusú elemek kijelölése esetén a definiálás kapcsoló válik aktívvá.

Felvesz>>

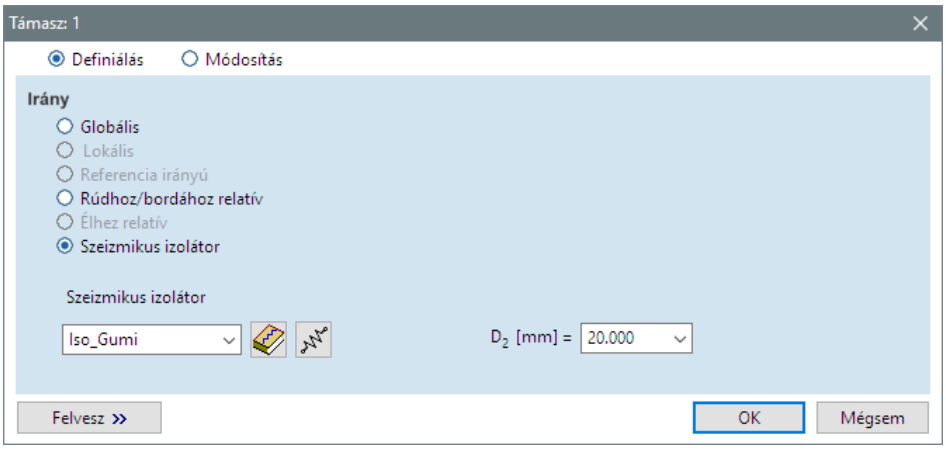
A funkció működése megegyezik a **4.9.10 Vonalelemek**nél leírtakkal.

Támaszmerevségek átvétele Excel-táblázatból

A támaszok kezdeti merevségének értékeit Excel-táblázatból vágólapon bemásolhatjuk a csomóponti támasz táblázatba, ekkor minden sorban lineáris karakterisztikájú támaszok jönnek létre a megadott kezdeti merevségkomponensekkel.
A bemásolt táblázat oszlopait a program rendre a K_x, K_y, K_z, K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} értékeknek felelteti meg.
Lásd... **2.9 Táblázatok**

	A	B	C	D	E	F
1	2,00E+00	3,42E+02	2,34E+03	2,00E+00	2,22E+02	2,22E+02
2	3,00E+00	3,75E+04	1,21E+05	1,00E+10	4,22E+06	1,00E+10
3	3,52E+04	7,89E+04	1,00E+10	8,85E+04	8,68E+03	1,00E+10
4	2,35E+04	5,35E+05	1,00E+10	7,81E+06	7,57E+06	1,00E+10
5	1,00E+10	8,24E+04	7,68E+05	8,78E+02	2,45E+06	1,00E+10
6	1,00E+10	1,23E+07	1,00E+10	5,00E+00	4,58E+04	1,00E+10
7	1,00E+10	5,45E+04	1,00E+10	5,50E+01	8,75E+06	1,00E+10
8	1,00E+10	1,23E+02	1,00E+10	5,00E+00	4,45E+04	1,00E+10

Szeizmikus izolátor



D_2 [mm] Maximális tervezési eltolódás ULS határállapotban

A szeizmikus izolátor lokális tengelyei a globális koordinátatengelyekkel párhuzamosak.
Lásd... **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok**

☞ **Egy csomóponton egyidejűleg csak szeizmikus izolátor, vagy csak támasz elemek lehetnek. Ha egy csomópontra szeizmikus izolátort definiálunk, akkor az addig ott lévő támaszok törlődnek. Támaszt definiálva pedig az addig ott lévő szeizmikus izolátor törlődik.**

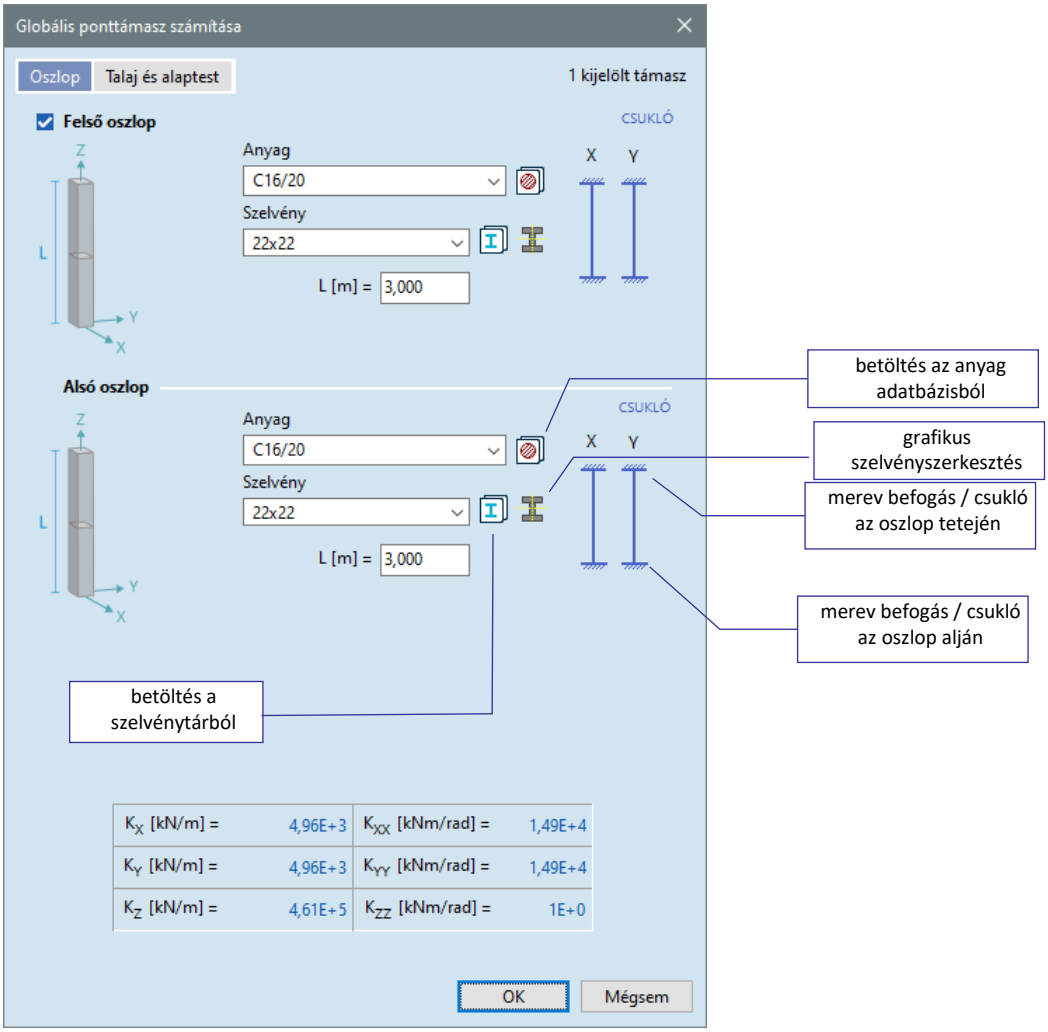
4.9.14.1. Támaszmerevségek számítása

A *Csomóponti támasz* dialógusablak *Számítás...* gombjára kattintva megjelenik a támaszmerevségek számítását végző dialógusablak. Kétféle számítási eljárás lehetséges: *Oszlop* vagy *Talaj és alaptest*.
Az első esetben a csomóponti támaszt valamilyen anyagú és keresztmetszetű oszloppal modellezzük, a másodikban valamilyen talajra támaszkodó alaptesttel.

4.9.14.1.1 Támaszmerevségek számítása oszlopparaméterekből

A ponttámaszként szolgáló oszlop geometriai és anyagjellemzői, illetve az oszlop alján és tetején megadott X és Y tengely körüli csuklós vagy merev kapcsolatok ismeretében a program meghatározza az eltolódási és elfordulási támaszmerevségeket. A paraméterek elfogadása után a program a számított merevségekkel rugókarakterisztikákat generál.

Támasz számítása



Paraméteresen megadott csomóponti és vonalmenti támaszokhoz alsó és felső oszlop is megadható, melyet az átszúródásvizsgálat figyelembe vesz (például közbenső födémlemezek megtámasztásának modellezése). A támaszt modellező falak és oszlopok a látványterven is megjelennek és az egérrel azonosíthatók.

4.9.14.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján

A *Talaj és alaptest* opció kiválasztásakor a program az alaptest mérete és a talajjellemzők ismeretében ad becslést a támasz globális Z irányú eltolódási merevségére *(K)*.

☞ **Amennyiben a támasz lokális irányai nagyon eltérnek a globális irányoktól (egyik lokális irány sem esik 10°-nál közelebb a globális Z irányhoz), a támasz merevsége ezzel a módszerrel nem számítható.**

Két módszer közül választhatunk: *Becsült teherből,* vagy *A talajtörési teherbírásnál kialakuló süllyedésből.*

Becsült teherből

A program kiszámítja valamely becsült *F,* a talajra központosan ható teher hatására az alaptest alatt bekövetkező *s* talajsüllyedést, majd ebből a $K = F/s$ becsült támaszmerevséget.
A talajsüllyedés számítása az alaptest-tervezésnél ismertetett módon történik (*lásd...* **6.5.16.1 Pontalapok tervezése**).
A számítás feltételezi, hogy $F \leq R_{v,d}$, a teher nem haladja meg a talajtörési teherbírást. A program ezért a teherbírásnál nagyobb teherérték megadását nem engedi meg.

A talajtörési teherbírásnál kialakuló süllyedésből

Ha ismerjük a talajtörési teherbírást és a hozzá tartozó s_{lim} süllyedés értékét, akkor a támasz merevsége ezekből is megbecsülhető. $K = R_{v,d}/s_{lim}$

A talajtörési ellenállás számítási módszere

Az első módszer esetén a felső határ megállapításához, a másodiknál a merevség számításához van szükség a talajtörési teherbírás meghatározására.
Ennek általános formulája
Drénezett viszonyok esetén: $R_{v,d} = (c'N_c b_c s_c i_c g_c d_c + qN_q b_q s_q i_q g_q d_q + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma g_\gamma d_\gamma) \cdot A'$
Drénezetlen viszonyok esetén: $R_{v,d} = \left((\pi + 2)c_u b_c s_c i_c \gamma_c d_c + q\right) \cdot A'$
Ahol *A'* az alaptest effektív alapterülete, *B'* az alap effektív mérete, γ az alaptest alatti talaj fajsúlyának tervezési értéke, *c'* a talaj kohéziójának karakterisztikus értéke, *q* a nyomás az alaptest alatt. Az *N* tényezők az alap alatti talaj *φ'* súrlódási szögétől függő teherbírási tényezők, a *b* tényezők az alapozás ferdeségével kapcsolatos tényezők, az *s* tényezők alaki tényezők, az *i* tényezők a terhelőerő, a *g* tényezők a talaj lejtését figyelembe vevő tényezők, a *d* tényezők a mélységi tényezők.
Több módszer közül választhatunk, melyek csak a különféle *N, b, s, i,* γ, *d* tényezők számításában térnek el egymástól: *EN 1997-1 Annex D, Terzaghi (Bowles), Terzaghi (Sprangler-Handy), Meyerhof, Hansen, Vesic*.
D az alapozási mélység, *θ* a teher függőlegessel bezárt szöge fokban, *β* a talaj lejtése.

EN 1997-1 Annex D

A legtöbb tényezőt figyelembe vevő eljárás:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg}\varphi'} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right), \quad N_c = \left(N_q - 1\right) \operatorname{tg}\varphi', \quad N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right) \operatorname{ctg}\varphi'$$
$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \operatorname{tg}\varphi')^2, \quad b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \operatorname{tg}\varphi'}$$
$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} sin\,\varphi', \quad s_\gamma = 1 - 0{,}3\frac{B'}{L'}, \quad s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}$$
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \operatorname{tg}\varphi'}, \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A'c' \operatorname{ctg}\varphi'}\right)^m, \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A'c' \operatorname{ctg}\varphi'}\right)^{m+1},$$
ahol $m_B = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'}, \quad m_L = \frac{2 + L'/B'}{1 + L'/B'}, \quad m = m_\theta = m_L \cos^2\theta + m_B \sin^2\theta$

Terzaghi (Bowles)

A Terzaghi-módszer központosan terhelt, sekély alapozásnál használható, ahol a *D* alapozási mélység nem haladja meg a támasz méretét. Nem veszi figyelembe sem az alapozás, sem a teher ferdeségét, ezért csak a következő tényezőkkel számol:

$$N_q = \frac{e^{2\left(0{,}75\pi - \frac{\varphi'}{2}\right)\operatorname{tg}\varphi'}}{2\cos^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right)}, \quad N_c = \left(N_q - 1\right) \operatorname{ctg}\varphi', \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg}\varphi'}{2}\left(\frac{K_{pg}}{\cos^2\varphi'} - 1\right),$$
ahol K_{pg} a passzív földnyomás tényezője,
$$s_q = 1, \quad s_\gamma = 0{,}8, \quad s_c = 1{,}3$$

Terzaghi (Sprangler-Handy)

A *Terzaghi (Sprangler-Handy)*-módszer az *EN 1997-1 Annex D* eljárás *N* tényezőit alkalmazza, a *Terzaghi (Bowles)*-módszer tényezőivel, de

$$N_\gamma = 1.1\left(N_q - 1\right) \operatorname{tg}(1{,}3\varphi')$$

Meyerhof

Csak az *N, s, i, d* tényezőket veszi figyelembe:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg}\varphi'} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right), \quad N_c = \left(N_q - 1\right) cot\,\varphi', \quad N_\gamma = \left(N_q - 1\right) tan(1{,}4\varphi')$$
$$s_c = 1 + 0{,}2K_p\frac{B'}{L'}, \quad s_\gamma = 1 + 0{,}1K_p\frac{B'}{L'}, \quad s_q = s_\gamma$$
$$i_c = 1 - \theta/90°, \quad i_\gamma = (1 - \theta / \varphi')^2, \quad i_q = i_c,$$
$$d_c = 1 - 0{,}2\sqrt{K_p}\frac{D}{B'}, \quad d_\gamma = 1 - 0{,}1\sqrt{K_p}\frac{D}{B'}, \quad d_q = d_\gamma,$$
ahol $K_p = \operatorname{tg}^2(45° + \varphi')$

Hansen

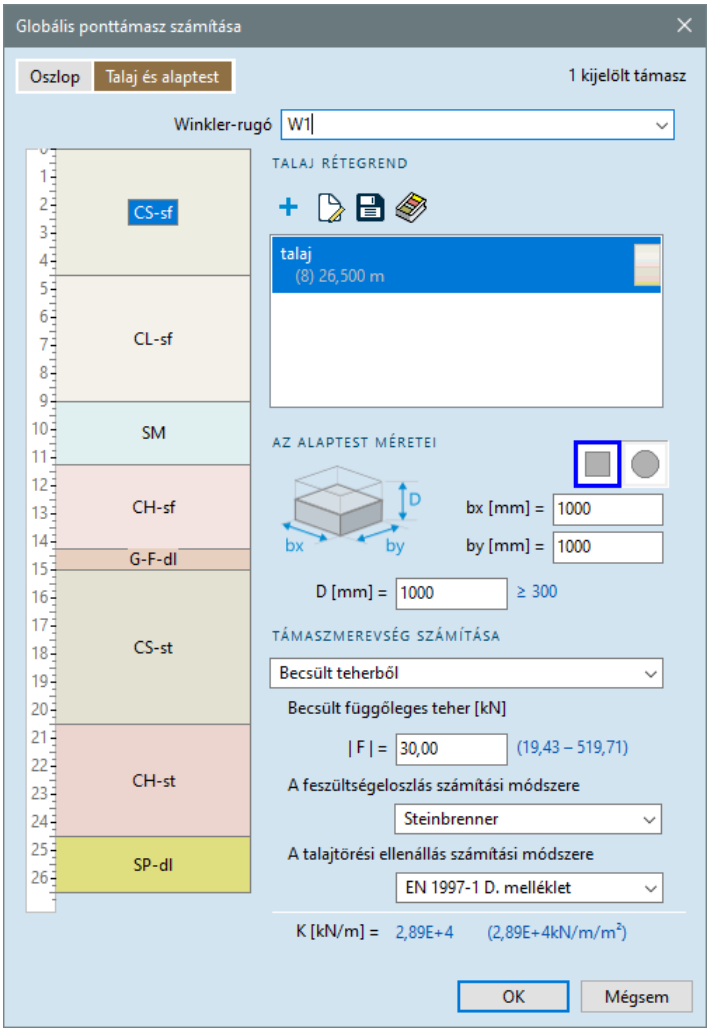
Kohéziós talajokra jobb leírást ad, a Mayerhof-féle N tényezőket alkalmazza, de

$$N_\gamma = 1{,}5\left(N_q - 1\right) \operatorname{tg}\varphi'$$
$$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147°} \qquad b_q = (1 - \alpha \operatorname{tg}\varphi')^2 \qquad b_\gamma = b_q$$
$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B'}{L'} \qquad s_q = 1 + \frac{B'}{L'}\operatorname{tg}\varphi' \quad s_\gamma = 1 - 0{,}4\frac{B'}{L'},$$
tisztán kohéziós talajokra $s_c = 0{,}2B'/L'$
$$i_c = 1 - \theta/90°, \quad i_\gamma = (1 - \theta / \varphi')^2, \quad i_q = i_c,$$
$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147°}, \quad g_q = (1 - \operatorname{tg}\beta)^2 \qquad g_\gamma = g_q$$
$$d_c = 1 + 0{,}4k, \quad d_q = 1 + 2\operatorname{tg}\varphi'(1 - \sin\varphi')^2 k,$$
ahol $k = D/B'$, ha $k > 1$, akkor $k = \operatorname{arc\,tg}\,(D / B')$

Vesic

A Hansen-módszer tényezőivel számol, de

$$N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right) tg\,\varphi'$$



Winkler-rugó

A talaj rétegrend, az alaptest és a számítás paraméterei együttesen alkotják az úgynevezett Winkler-rugót, mely a számított támaszt reprezentálja. A Winkler-rugók névvel ellátva kerülnek be a modellbe. Ugyanaz a Winkler-rugó több támaszhoz is rendelhető. Ha már adtunk meg Winkler-rugókat, a legördülő listából is választhatunk.

Talaj rétegrend

A modellben felvett talaj-rétegrendek listája fölötti eszköztár funkciói ugyanazok, mint az alapozás-tervezésnél. *Lásd...* **6.5.16.1 Pontalapok tervezése**

Új rétegrend létrehozása
A Talajrétegrend-szerkesztőben (**6.5.16.3 Talajrétegrend-szerkesztő**) új rétegrendet állíthatunk össze.

A rétegrend szerkesztése
Az aktuális rétegrendet szerkeszthetjük a Talajrétegrend-szerkesztőben

A kijelölt rétegrend mentése a könyvtárba
A kiválasztott rétegrend bekerül a Rétegrend-könyvtárba

Rétegrend-könyvtár
A Rétegrend-könyvtárat (**6.5.16.4 Talaj rétegrend-könyvtár**) bármelyik modellből elérhetjük

Automatikus interpoláció

Ha a modellben már megadtunk fúrásmintákat, az ezek alapján felépülő rétegmodell alapján bármely pontban meghatározható az interpolálással kapott rétegrend, *lásd...* **4.9.3 Fúrásminták megadása (SOIL modul)**. Az *Automatikus interpoláció* bekapcsolása esetén nem kell rétegrendet megadni. A program a támasz pozícióján interpolált rétegrenddel számol.
A támasz pozícióját vagy a fúrásmintákat érintő változások esetén az ilyen támaszok globális Z irányú merevsége automatikusan újraszámolódik.

Az alaptest méretei

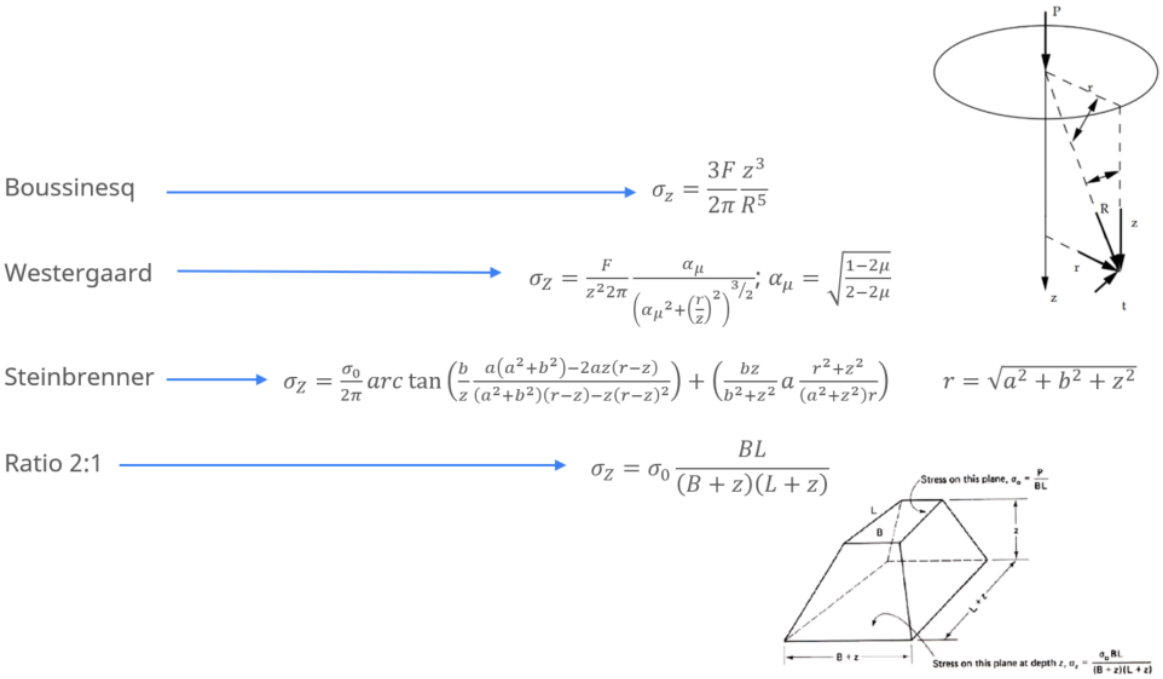
Kiválaszthatjuk, hogy téglalap vagy kör alakú az alaptest.
Téglalap alakú alaptestnél a *bx, by* méreteket, kör alakú alaptestnél a d_p átmérőt kell megadni.
Mindkét esetben be kell állítani, milyen mélységben helyezkedik el az alapozási sík a rétegrend 0 szintjéhez viszonyítva *(D)*.

Támaszmerevség számítása

Kiválaszthatjuk, hogy *Becsült teherből,* vagy *A talajtörési teherbírásnál kialakuló süllyedésből* számítjuk a támaszmerevséget.

Becsült teherből

Ha *Becsült teherből* számítjuk a merevséget, meg kell adnunk a talajra ható függőleges *F* nyomóerő becsült értékét, pozitív előjellel. A program tájékoztatásul kiszámítja a választott rétegrend talajtörési ellenállását, ami a megadható teher felső határa.
Ki kell választanunk a feszültségeloszlás számítási módszerét *(Boussinesq, Westergaard, Steinbrenner, 2: 1 arány),* és *A talajtörési ellenállás számítási módszerét* (lásd fent).



A talajtörési teherbírásnál kialakuló süllyedésből

Meg kell adnunk a talajtörési ellenálláshoz tartozó s_{lim} süllyedést, és *A talajtörési ellenállás számítási módszerét* (lásd fent).

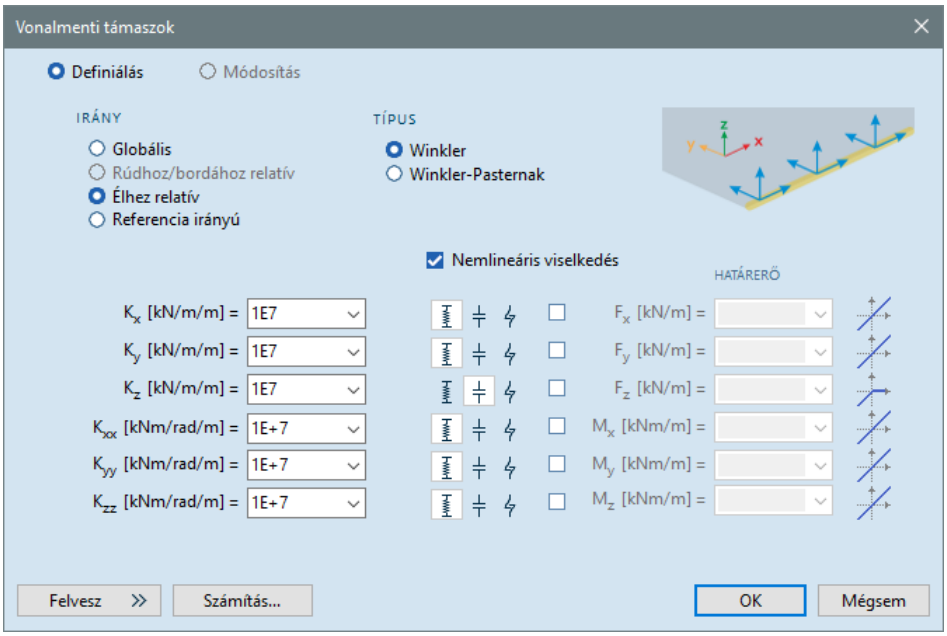
Ha a választott módszerhez tartozó minden paramétert megadtunk, a dialógusablak alján megjelenik a becsült *K* támaszmerevség értéke. Az *OK* gomb megnyomása után a program a globális Z iránynak megfelelő támasz-komponenshez a Winkler-rugó alapján támasz-karakterisztikát rendel, ennek generált neve a Winkler-rugó nevéből és a komponenst jelző *_x, _y, _z* karakterekből áll össze. A program csak a globális Z irányba eső komponens merevségét módosítja, a többi eltolódási, illetve elfordulási merevségen nem változtat.

Összehangolás az alaptest-méretezéssel

Statikai eredmények birtokában alaptest-méretezés is végezhető (*lásd...* **6.5.16.1 Pontalapok tervezése**).
Az alaptest-méretezéskor megadott paraméterek (az alaptest méretei és a talaj rétegrendje) átvehetők, és a támaszmerevségek újra számolhatók a *Szerkesztés / Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint* menüponttal. Ekkor a program a kijelölt csomóponti és vonalmenti támaszok merevségét újra számítja. A művelet természetesen érvényteleníti a meglévő eredményeket.
Amennyiben a merevségszámítást becsül teherrel végeztük, a program átveszi az alapozástervezésnél a süllyedésszámításban alkalmazott erő értékét is.

lásd... **3.2.22 Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint**

4.9.15. Vonalmenti támasz



A megtámasztás iránya lehet:
- *Globális*
- *Rúdhoz/bordához relatív irányú*
- *Élhez relatív irányú*
- *Referenciapont vagy referenciavektor irányú*

A megtámasztás típusa lehet:
- *Winkler*
- *Winkler-Pasternak*

A vonalmenti támasz a felületelem-él (tartományperem), rúd, borda folytonos megtámasztását biztosítja.

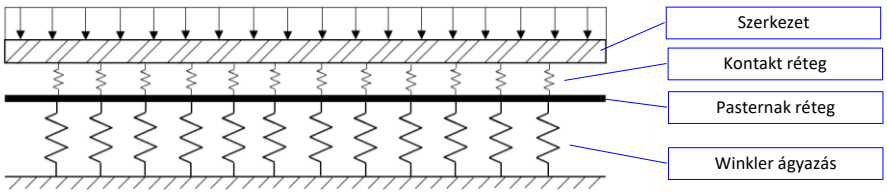
Winkler típusú támasz

A folytonos megtámasztást Winkler típusú rugalmas ágyazással modellezi a program. Azokat a felületelemeket, rudakat, bordákat kell kijelölni, amelyek éleihez azonos típusú támaszt akarunk rendelni, majd meg kell adni a hozzájuk tartozó merevségeket *(Kx, Ky, Kz, Kxx, Kyy, Kzz)*.

A támaszmerevségek alapértéke **1E+7** [kN/m/m], [kNm/rad/m].

Winkler-Pasternak típusú támasz

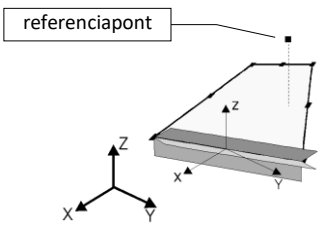
Az elfordulások, valamint a lokális *x* és *y* irányú elmozdulás megtámasztása ilyenkor is tisztán Winkler típusú, azonban a lokális *z* irányú elmozdulás megtámasztásának modellje finomodik. A Winkler típusú rugalmas ágyazás fölött egy Pasternak típusú, a talaj függőleges nyírási merevségét modellező réteg helyezkedik el, ennek az R_G nyírási merevségét kell megadni, mely egy elemen belül konstans. A talaj és a szerkezet közé egy kontakt rugó réteg is bekerül, melynek merevsége $1000 \cdot Kz$. Ennek lineáris számításban csak annyi a szerepe, hogy elérhetővé tegye a talaj és a szerkezet között ébredő *Rz* reakcióerőt.



☞ **A vonalelemekhez megadott vagy tartományok peremén futó élmenti támaszokat (melyek a hálózáskor felosztódnak), a program szakaszonként egybefüggő szerkezeti elemekként kezeli, a táblázatok, feliratok ezekre a szerkezeti támaszelemekre hivatkoznak.**

Globális irányú támasz

A globális irányú támaszok koordinátatengelyekkel párhuzamos irányú élmenti támaszok.
A támasz merevségeket eltolódásra *(Kx, Ky, Kz)* és elfordulásra *(Kxx, Kyy, Kzz)* kell megadni.



Rúdhoz/bordához relatív irányú támasz

Rúd/borda megtámasztása a lokális koordináta- rendszerükkel párhuzamos irányban. A megtámasztás Winkler típusú rugalmas ágyazást biztosít. A rugalmas ágyazás húzásra, nyomásra azonosan viselkedik, egy elemen belül konstans értékű. A támaszmerevségeket eltolódásra *(Kx, Ky, Kz)* kell megadni.

☞ **A rugalmasan ágyazott rudat/bordát minden esetben legalább 4 részre fel kell osztani.**

A támasz megadásakor a program ellenőrzi az alábbi összefüggést, és közli a szükséges felosztások számát.

$$L \le l_k = \frac{1}{2}\min\left(\sqrt[4]{\frac{4E_xI_z}{k_y}}, \sqrt[4]{\frac{4E_xI_y}{k_z}}\right)$$

ahol *L* a rúd hossza.

☞ **A rugalmasan ágyazott rudaknál a közbenső igénybevételek számítása a két rúdvég között lineáris interpolációval történik (ezért is szükséges az ágyazott rudakat kellően sűrűn felosztani).**

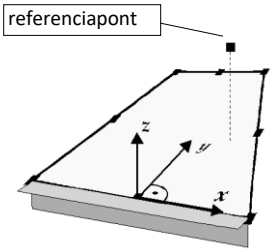
Élhez relatív irányú támasz

Felület-él tengelyéhez viszonyított relatív ***x***, ***y***, ***z*** irányú élmenti támasz, ahol a relatív koordináta-rendszer az alábbi:

x = a felület éle által kijelölt tengely
y = a felület síkjában fekvő, ***x***-re merőleges felület belsejébe mutató tengely
z = a felület síkjára merőleges, referenciapont felőli féltérbe mutató tengely

Ha a felületperembe két felület csatlakozik, a ***z*** tengely a felületek által bezárt szög szögfelezőjére illeszkedik, az ***y*** tengely pedig erre és az ***x*** tengelyre egyaránt merőleges.

Ha a kijelölt felületperemhez több felület is csatlakozik, a perem mellett definiáláskor kijelölhetünk egy vagy két felületet is, ekkor a támasz lokális rendszerét a program a fentiek alapján a kijelölt felületek figyelem-bevételével határozza meg. A támaszmerevségeket eltolódásra *(Kx, Ky, Kz)* és elfordulásra *(Kxx, Kyy, Kzz)* kell megadni.



Az élmenti támasz egy felület-élen belül konstans értékű.

Referencia irányú támasz

x, ***y***, ***z*** irányú élmenti támasz, ahol a jobbsodrású relatív koordináta-rendszer az alábbi:

x = a felület éle által kijelölt tengely
y = az élre és a referenciapont-, vagy vektor által meghatározott irányra is merőleges tengely
z = a referenciapont, vagy vektor által meghatározott irány

Pozitív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó megnyúlik, ami húzóerőt okoz. Negatív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó összenyomódik.

Nemlineáris viselkedés

Nemlineáris viselkedés esetén valamennyi elmozdulási komponensre kiválasztható csak húzási merevséggel, csak nyomási merevséggel rendelkező erő-elmozdulás karakterisztika, illetve megadható határerő.

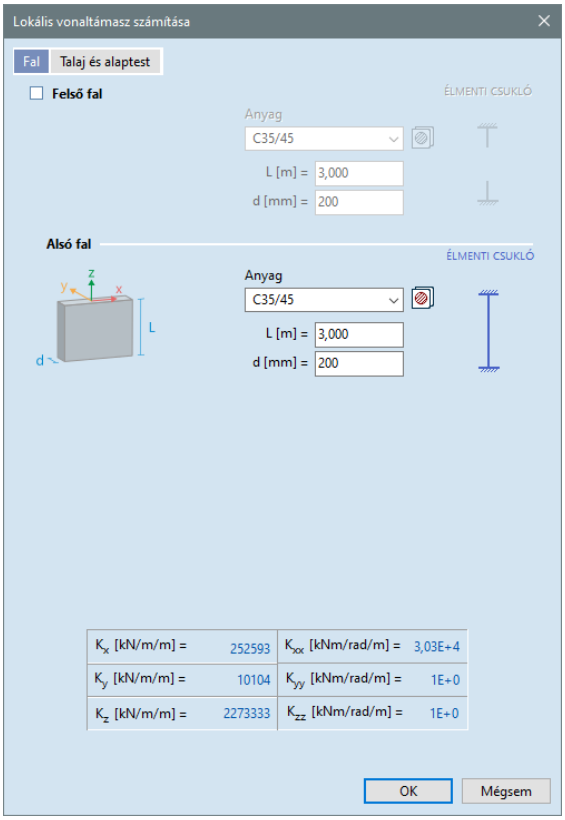
☞ **Ezeket a paramétereket csak nemlineáris statikai számítás esetén veszi figyelembe a program, minden más esetben (Lineáris statika, Rezgés I/II, Kihajlás) a kezdeti merevségükkel szerepelnek a számítás alatt.**

Winkler-Pasternak típusú támasz esetén a lokális *z* irányú nemlinearitás a kontakt rugó karakterisztikájában jelenik meg. Például csak nyomott működés esetén a kontakt rugó szabad nyúlása révén a szerkezet felemelkedik a talajról. Az *Rz* reakcióerő nulla lesz, de a Pasternak réteg közvetítő hatása miatt a Winkler-rugó ezen a szakaszon se tehermentesül.

4.9.15.1. Támaszmerevségek számítása

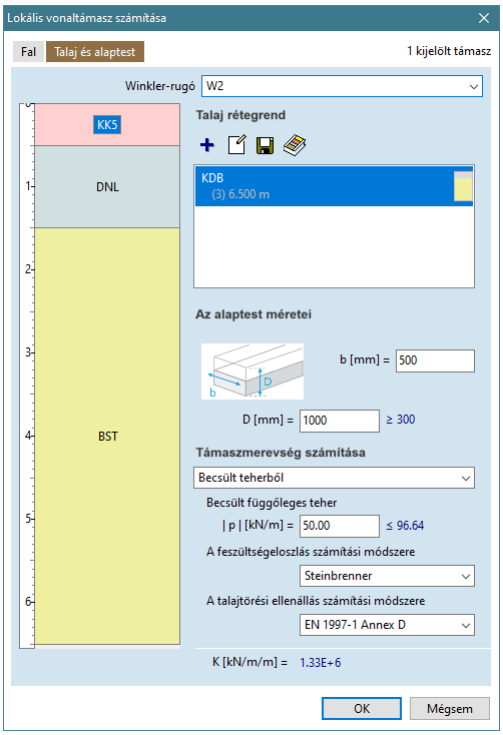
A *Vonalmenti támaszok* dialógusablak *Számítás...* gombjára kattintva megjelenik a támaszmerevségek számítását végző dialógusablak. Kétféle számítási eljárás lehetséges: *Fal* vagy *Talaj és alaptest*.
Az első esetben a támaszt valamilyen anyagú, szélességű és magasságú fallal modellezzük, a másodikban valamilyen talajra támaszkodó alaptesttel.

4.9.15.1.1 Támaszmerevségek számítása falparaméterek alapján



Globális vagy élhez relatív irányú élmenti támasz megadásakor a dialógusablak *Számítás...* gombjára kattintva az éltámaszként szolgáló fal geometriai és anyagjellemzői, illetve a fal alján és tetején megadott csuklós vagy merev kapcsolat ismeretében a program meghatározza az eltolódási és elfordulási támaszmerevségeket.

4.9.15.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján



A támaszmerevség becslése a csomóponti támaszhoz hasonlóan történik (**4.9.14.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján**), de természetesen a megadandó *p* teher és a kapott *K* merevség is fajlagos érték.

Az alaptest-méretezéskor (**6.5.16.2 Sávalapok tervezése**) megadott paraméterek (az alaptest méretei és a talaj rétegrendje) átvehetők, és a támaszmerevségek újra számolhatók a *Szerkesztés / Támaszparaméterek frissítése a tényleges alaptestek szerint* menüponttal. Ekkor a program a kijelölt csomóponti és vonalmenti támaszok merevségét újra számítja.

A merevségek újraszámítása természetesen érvényteleníti a meglévő eredményeket.

Ha a merevségszámítást becsül teherrel végeztük, a program átveszi az alapozástervezésnél a süllyedésszámításban alkalmazott erő értékét is.

Amennyiben a támasz lokális irányai nagyon eltérnek a globális irányoktól (egyik lokális irány sem esik 10°-nál közelebb a globális Z irányhoz), a támasz merevsége ezzel a módszerrel nem számítható.

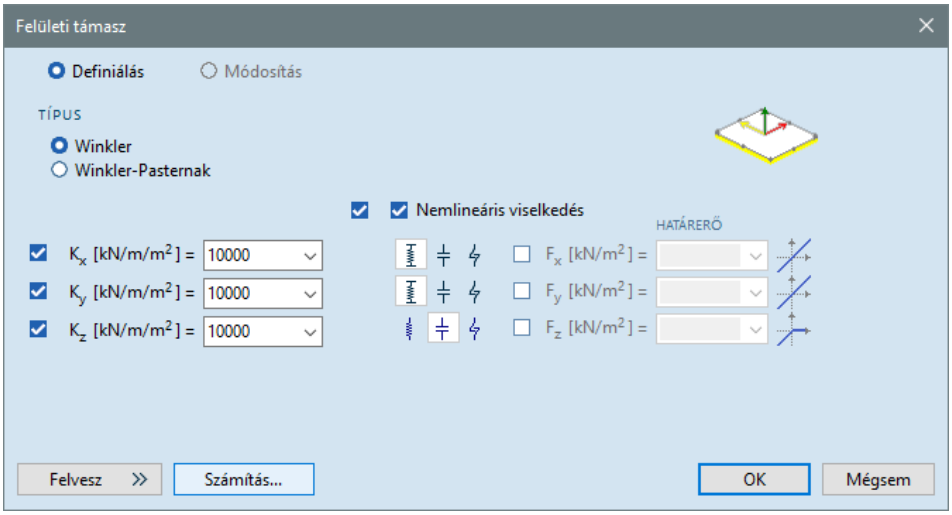
Automatikus interpoláció

Ha a modellben már megadtunk fúrásmintákat, az ezek alapján felépülő rétegmodell alapján bármely pontban meghatározható az interpolálással kapott rétegrend. *Lásd...* **4.9.3 Fúrásminták megadása (SOIL modul).** Az *Automatikus interpoláció* bekapcsolása esetén nem kell rétegrendet megadni. A program a vonalat alkotó végeselemek középpontjainál interpolált rétegrenddel számol.

Mivel egy vonalmenti támaszt általában több végeselem alkot, a támasz merevsége nem egyetlen érték, a merevség a támasz mentén változhat.
A támasz pozícióját vagy a fúrásmintákat érintő változások esetén az ilyen támaszok globális Z irányú merevségei automatikusan újraszámolódnak.

4.9.16. Felületi támasz





Felületi támasz definiálása

A felületi támasz felület elem megtámasztására szolgál a lokális koordináta-rendszerével párhuzamos irányokban.

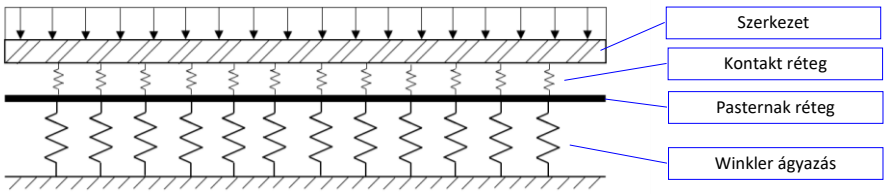
Winkler típusú támasz

A megtámasztás Winkler típusú rugalmas ágyazást biztosít, melynél az eltolódási merevséget kell megadni *(Kx, Ky, Kz)*. A rugalmas ágyazás húzásra, nyomásra azonosan viselkedik, és egy felületelemen belül konstans értékű.
A támaszmerevségek alapértéke **1E+4** [kN/m/m2].

Pozitív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó megnyúlik, ami húzóerőt okoz. Negatív előjelű elmozdulás hatására a támaszrugó összenyomódik.

Winkler-Pasternak típusú támasz

Az elfordulások, valamint a lokális *x* és *y* irányú elmozdulás megtámasztása ilyenkor is tisztán Winkler típusú, azonban a lokális *z* irányú elmozdulás megtámasztásának modellje finomodik. A Winkler típusú rugalmas ágyazás fölött egy Pasternak típusú, a talaj függőleges nyírási merevségét modellező réteg helyezkedik el, ennek az R_G nyírási merevségét kell megadni, mely egy elemen belül konstans. A talaj és a szerkezet közé egy kontakt rugó réteg is bekerül, melynek merevsége 1000·*Kz*. Ennek lineáris számításban csak annyi a szerepe, hogy elérhetővé tegye a talaj és a szerkezet között ébredő *Rz* reakcióerőt.



Nemlineáris viselkedés

Nemlineáris viselkedés esetén valamennyi elmozdulási komponensre kiválasztható csak húzási merevséggel, csak nyomási merevséggel vagy határerővel rendelkező erő-elmozdulás karakterisztika, mely ez esetben a merevségek megállapításának az alapja.

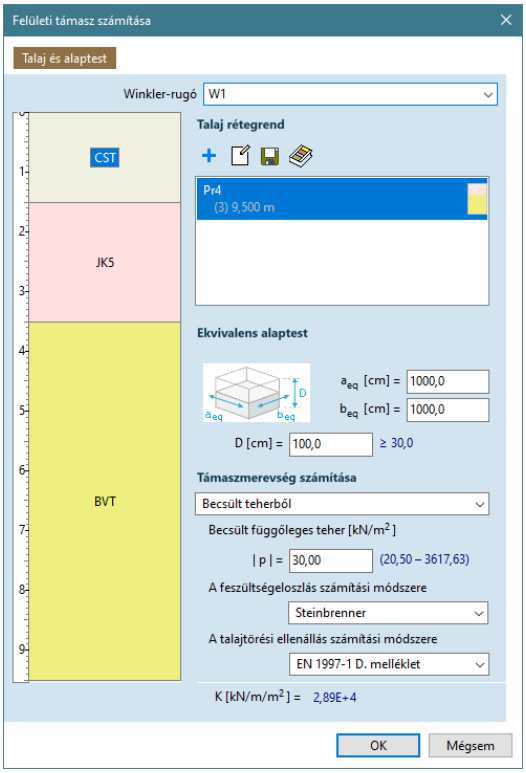
Ezeket a paramétereket csak nemlineáris statikai számítás esetén veszi figyelembe a program, minden más esetben (Lineáris statika, Rezgés I/II, Kihajlás) a kezdeti merevségükkel szerepelnek a számítás alatt.

Winkler-Pasternak típusú támasz esetén a lokális *z* irányú nemlinearitás a kontakt rugó karakterisztikájában jelenik meg. Például csak nyomott működés esetén a kontakt rugó szabad nyúlása révén a szerkezet felemelkedik a talajról. Az *Rz* reakcióerő nulla lesz, de a Pasternak réteg közvetítő hatása miatt a Winkler-rugó ezen a szakaszon se tehermentesül.

4.9.16.1. Támaszmerevségek számítása

A *Felületi támasz* dialógusablak *Számítás...* gombjára kattintva megjelenik a támaszmerevségek számítását végző dialógusablak, ahol a talaj és az alaptest paramétereiből becsült támaszmerevséget határozhatjuk meg.

4.9.16.1.1 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján



A támaszmerevség becslése a csomóponti támaszhoz hasonlóan történik (**4.9.14.1.2 Támaszmerevségek becslése a talaj és az alaptest paraméterei alapján**), de természetesen a megadandó *p* teher és a kapott *K* merevség is m^2-re vonatkoztatott fajlagos érték.
Az alaptest méretét ebben az esetben nem kell megadni, a teher a felületi támasz teljes területén fog eloszlani. Az egyetlen alapozási paraméter az alapozási mélység.
Ez alól kivétel a Steinbrenner-féle feszültségeloszlás-számítási módszer, ott ugyanis szükség van az ún. egyenértékű téglalap oldalainak megadására.
Ha csak egy tartományt választottunk ki, a program automatikusan meghatározza az egyenértékű téglalapot, melynek területe a tartomány területével, oldalaránya pedig a tartomány minimális határoló téglalapjának oldalarányával egyezik meg.
Egynél több tartomány kiválasztásakor az oldalhosszak minimális és maximális értéke a súgóbuborékról leolvasható.
Ha a kiválasztott tartomány valamely más tartomány belső tartománya volt, akkor az egyenértékű téglalapot program a külső tartomány alapján határozza meg.

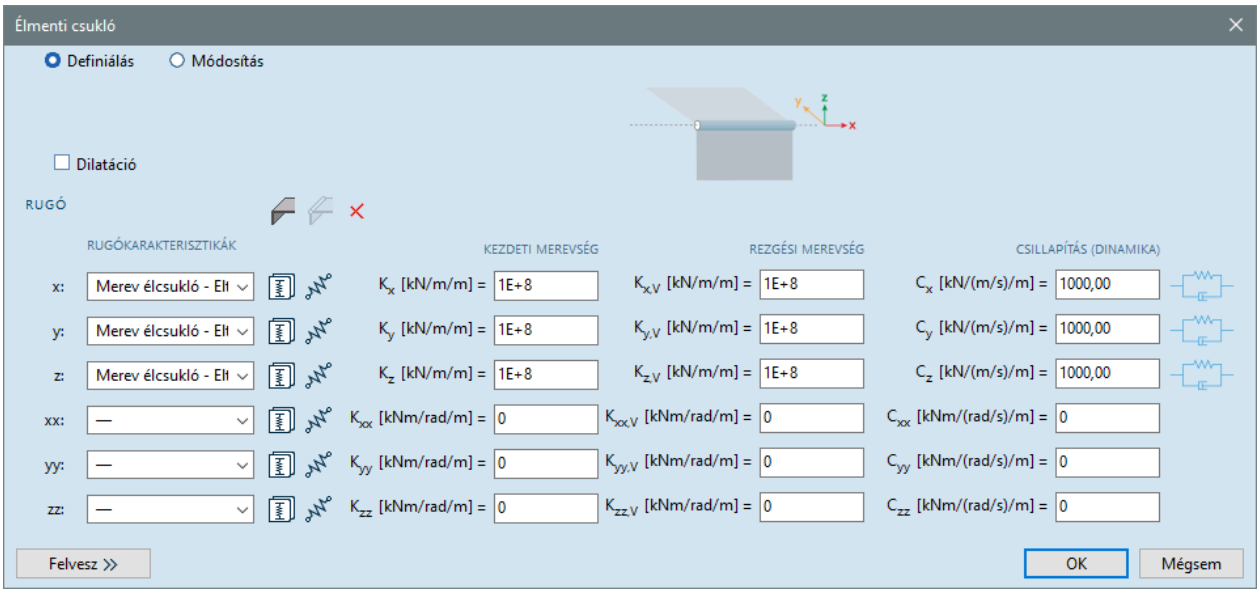
Automatikus interpoláció

Ha a modellben már megadtunk fúrásmintákat, az ezek alapján felépülő rétegmodell alapján bármely pontban meghatározható az interpolálással kapott rétegrend. *Lásd...* **4.9.3 Fúrásminták megadása (SOIL modul).** Az *Automatikus interpoláció* bekapcsolása esetén nem kell rétegrendet megadni. A program a tartomány hálóját alkotó végeselemek középpontjában interpolált rétegrenddel számol.
A támasz merevsége ilyenkor nem egyetlen érték, a merevség a végeselemháló elemein változhat.
A támasz elhelyezkedését vagy a fúrásmintákat érintő változások esetén az ilyen támaszok globális Z irányú merevségei automatikusan újraszámolódnak.

4.9.17. Élmenti csukló



Élmenti csuklókat definiálhatunk két tartomány pereme vagy bordaelem és tartomány pereme közé.
A megadáshoz ki kell jelölni az élt és a tartományt.
A megjelenő dialógusablakban megadhatjuk a csukló merevségeit az élhez relatív koordináta-rendszerben.
A tulajdonságok megadása a rugóelemmel megegyező módon történik, **az él lokális koordináta-rendszerében** értelmezett komponensekhez tartozó karakterisztika megadásával (*lásd...* **4.9.21 Rugóelem**).
A kezdeti merevség, a rezgési merevség és a csillapítási tényező értéke közvetlenül is leolvasható. A lineáris rugókarakterisztikával rendelkező komponensek merevsége és csillapítási tényezője a megjelenített értékek átírásával közvetlenül is szerkeszthető. A dialógusablak bezárásakor új rugókarakterisztika jön létre a módosított értékekkel. A csillapítási tényező csak abban az esetben jelenik meg, ha van nullától különböző együttható.



Rugó

Előre beállított állapotok egy kattintással elérhetőek:



Minden komponens merev

Csak eltolódásra merev, elfordulásra szabad

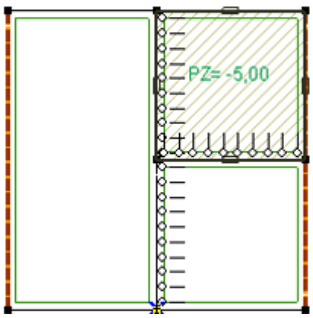
Minden komponenst töröl

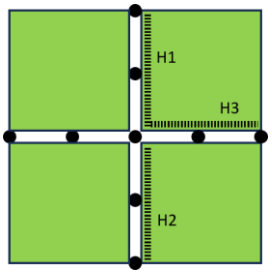
A *Dilatáció* kapcsoló használatát a következő alfejezet ismerteti.

4.9.17.1. Dilatációk

Az AXISVM a szerkezet modelljét a numerikus analízis érdekében tisztán véges elemes modellé alakítja, így az összetett szerkezeti elemeket is véges elemekkel helyettesíti. Élmenti csuklónál a csomópontok és vonalak megduplázásával leválasztja a kapcsolódó felületeket, majd egy vonal-vonal rugóelemet épít be az eredeti és az új él közé.
Az élmenti csuklók alkalmasak dilatációs szerkezeti elemek modellezésére is. A dilatációt modellező csuklót csak akkor fontos a többitől megkülönböztetni, ha a modell valamelyik csomópontjába mindkét féle élmenti csukló csatlakozik. Ilyenkor a program az élmenti csuklókat két lépésben dolgozza föl. Először csak a dilatációs csuklók mentén vágja szét a modellt. Ezzel kialakulnak a dilatációk által tagolt szerkezeti egységek. A többi csuklót csak ezután, a saját szerkezeti egységüket szétvágva építi be.

A dilatációs csuklók megkülönböztetésének hatását az alábbi modell szemlélteti.
A födémet élmenti csuklók tagolják, a falakat vonalmenti támaszok modellezik. A jobb felső lemezre egyenletesen megoszló teher hat. A bal oldali lemezt a két jobb oldali lemezzel összekötő H1 és H2 élmenti csukló csak lokális x irányban teherhordó, a két jobb oldali lemez közti H3 élmenti csukló pedig mindhárom irányban.

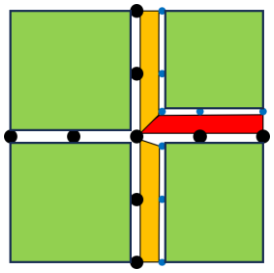




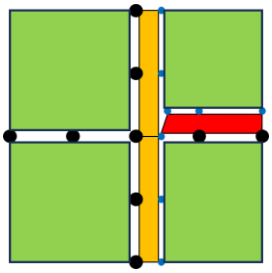
A modell középső része

- *Eredeti csomópont*
- *Új csomópont*
- *Felületelem*
- *Élmenti csukló – Kx*
- *Élmenti csukló – Kx, Ky, Kz*

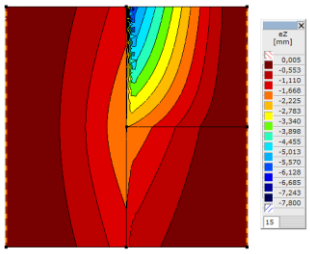
Ha *nem állítunk be* dilatációs csuklót, akkor a H1 és H3 élmenti csukló kapcsolódik össze egy folytonos leválasztássá. Így a középső csomópontra a mindhárom irányban teherhordó H3 élmenti csukló is csatlakozik, amin keresztül a jobb felső lemez a bal oldali lemezre is ráterhel.
Ha ellenben a a H1 és H2 élmenti csuklónál *bekapcsoljuk* a dilatáció jelölőnégyzetet, akkor a H1 és H2 élmenti csukló kapcsolódik össze, kialakul a dilatációs szétválasztás, a H3 élmenti csukló pedig már csak a két jobb oldali lemezt köti össze. Így a modell bal és jobb oldala között teljesen megszűnik a függőleges kapcsolat.



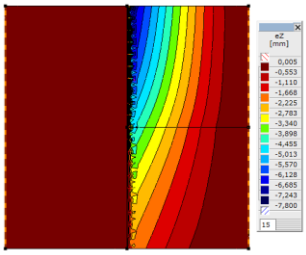
Végeselem-modell dilatáció nélkül



Végeselem-modell dilatációval



eZ eltolódás eredmények dilatáció nélkül



eZ eltolódás eredmények dilatációval

4.9.18. Nyírási mező



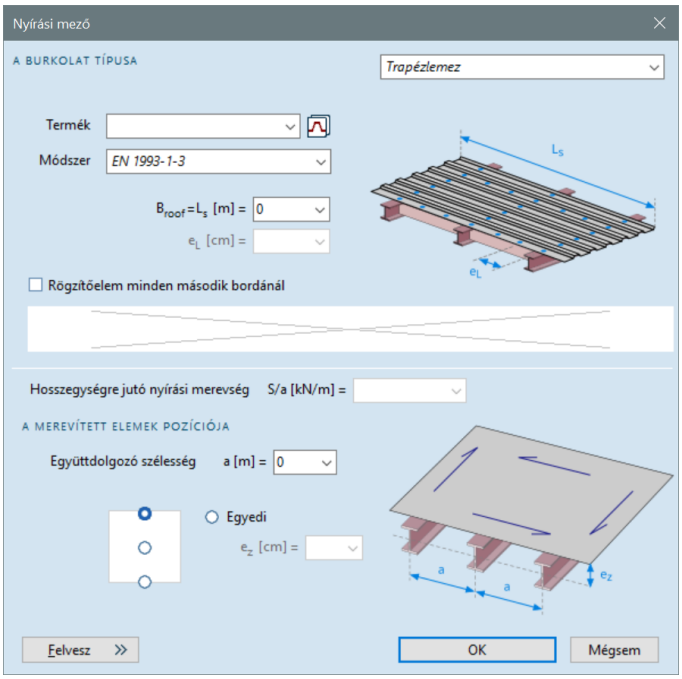
Nyírási mező segítségével a burkolatok rúdelemeket megtámasztó hatását modellezhetjük anélkül, hogy magát a burkolatot is fel kellene venni a végeselemes modellbe.

A burkolat típusa A felhasználó a következő burkolattípusok közül választhat: *Trapézlemez*, *Szendvicspanel*, *Tálca*, *Egyedi*.

Hosszegységre jutó nyírási merevség Megfelelő adatok megadása esetén a form számítja a hosszegységre jutó nyírási merevséget.

A merevített elemek pozíciója Ezen a panelen megadható a gerendaelemre jutó együttdolgozó nyírási mező szélessége, illetve a mező külpontossága, amely minden esetben a gerendaelem lokális z irányában értelmezendő.

4.9.18.1. Trapézlemez



Termék

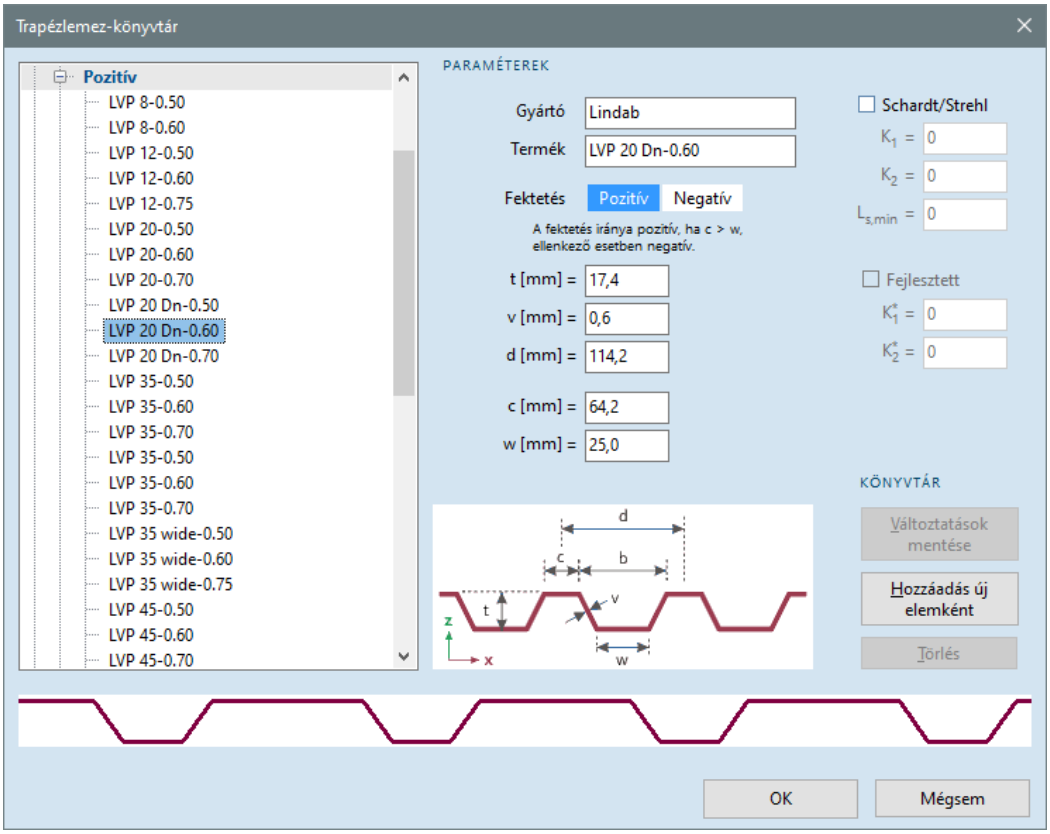


A legördülő menüből kiválasztható az adatbázisban már szereplő trapézlemez.
Új terméket a *Trapézlemez-könyvtár* gombra kattintva vehetünk fel.
lásd... **4.9.18.1.1 Trapézlemez-könyvtár**

Rögzítőelem minden második bordánál

Bekapcsolása esetén, az EN 1993-1-3 alapján csak a teljes nyírási merevség 20%-át veszi a program figyelembe.

4.9.18.1.1 Trapézlemez-könyvtár



Bal oldali fában választhatjuk ki a trapézlemezt a gyártók katalógusából, a *Paraméterek* panelen a kiválasztott elem jellemzőit láthatjuk, illetve itt definiálhatunk egyedi elemeket. Gyári elemnél a paraméterek módosíthatóak, de a katalógusbeli értékek nem írhatóak felül. A *Könyvtár* műveletei:
Hozzáadás új elemként: A beállított paraméterek szerinti trapézlemezt új elemként felveszi a könyvtárba.
Változtatások mentése: Csak egyedileg hozzáadott trapézlemezeknél lehet módosítani a könyvtárban tárolt paramétereket.
Törlés: Törölni csak egyedileg hozzáadott trapézlemezt lehet.

Paraméterek:

Gyártó	Megadható, módosítható a gyártó neve.
Termék	Megadható, módosítható a termék neve.
Fektetés	Állítható, hogy a fektetés pozitív vagy negatív. Változtatás esetén a *c* és *w* paraméterek felcserélődnek.
t	Profilmagasság.
v	Lemezvastagság.
d	Bordatávolság.
c	Felsőöv-szélesség.
w	Alsóöv-szélesség.
Schardt/Strehl	Amennyiben ismertek a $K_1, K_2, L_{s,min}$ Schardt/Stehl paraméterek, az opciót bekapcsolva, azok is hozzárendelhetőek a trapézlemezhez.
Fejlesztett	Amennyiben ismertek a K_1^*, K_2^* fejlesztett Schardt/Stehl paraméterek, az opciót bekapcsolva, azok is hozzárendelhetőek a trapézlemezhez.

Módszer

Az *EN 1993-1-3*, *Schardt/Strehl*, *Schardt/Strehl fejlesztett* módszerek közül lehet választani. Az EN 1993-1-3 módszer minden esetben aktív, a másik két módszer csak akkor, ha a profilhoz a megfelelő paraméterek definiálásra kerültek.

EN 1993-1-3

Ezen módszer kiválasztása esetén az EN 1993-1-3 (10.1b) egyenlet alapján határozzuk meg a nyírási merevséget.

$$S/a = \frac{\sqrt{v^3}}{t}\left(50 + 10\sqrt[3]{B_{roof}}\right)\left[\frac{kN}{m}\right]$$

v	Lemezvastagság (mm-ben).
t	Profilmagasság (mm-ben).
B_{roof}	A nyírási mező hossza a bordák irányában (mm-ben).

Schardt/Strehl

Ezen módszer a DIN 18807-1 szabványban található számítási módszert követi:

$$S/a = \frac{10^4}{K_1 + \frac{K_2}{L_s}}$$

K_1, K_2	Merevségi paraméterek, mérés alapján.
L_s	A nyírási mező hossza a bordák irányában.

Fejlesztett Schardt/Strehl

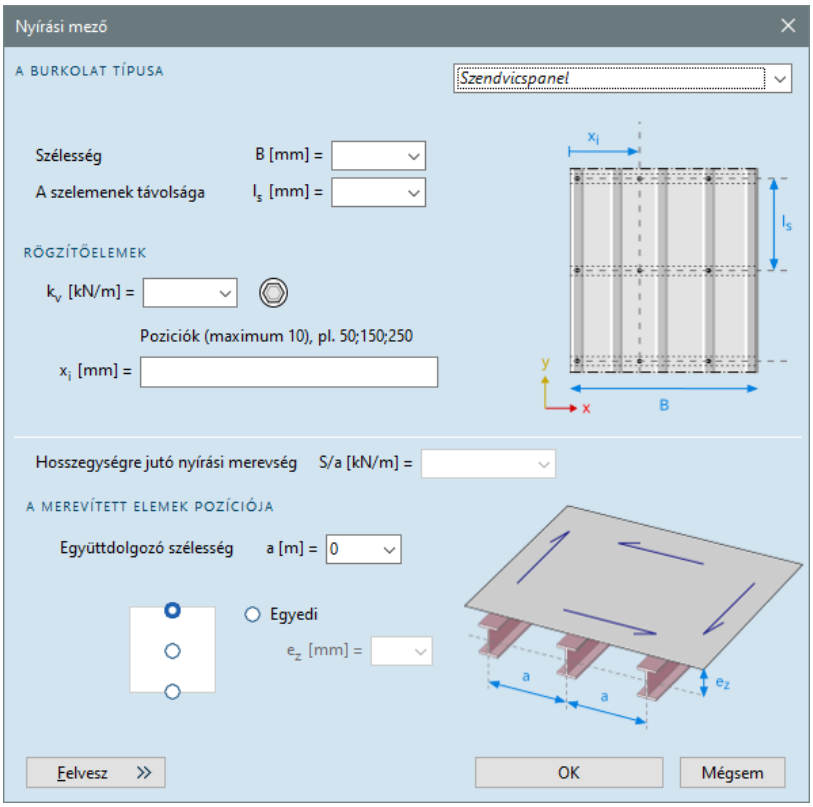
Az előző módszer fejlesztett változata, további két paraméterrel:

$$S/a = \frac{10^4}{K_1 + K_1^* e_L + \frac{K_2 + K_2^*}{L_s}}$$

K_1, K_2, K_1^*, K_2^*	Merevségi paraméterek, mérés alapján.
L_s	A nyírási mező hossza a bordák irányában.
e_L	Rögzítőelemek közötti távolság bordairányban.

☞ **A Schardt/Strehl-modellek alapfeltevése, hogy a nyírási mezőt mind a négy oldalán, egymáshoz kapcsolódó peremtartók támasztják meg, amelyek felveszik a keletkező nyíróerőket. Az EN 1993-1-3 szerinti modell ezzel szemben nem követeli meg a nyírási mező mind a négy oldalán történő megtámasztását; a számítás olyan esetben is alkalmazható, amikor a trapézlemez csak két oldalán rendelkezik támasszal.**

4.9.18.2. Szendvicspanel



A számítást a *European Recommendations on the Stabilization of Steel Structures by Sandwich Panels* ajánlás alapján végzi el a program. Ezen ajánlás megegyezik a 2. generációs Eurocode EN 1993-1-3:2024 11.4.1.4 fejezetével:

$$S/a = \frac{k_v}{B l_s} \sum_{k=1}^{n_k} (x_i - c)^2$$

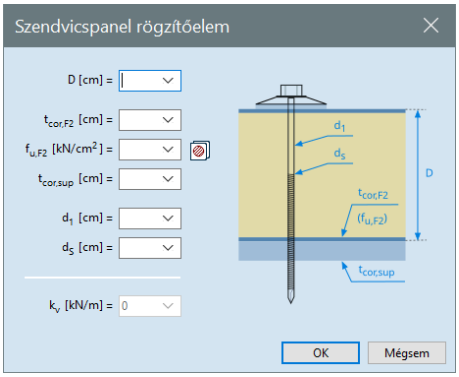
B Szendvicspanel szélessége.
l_s Szelementávolság.
x_i Rögzítőelem pozíciói, pontosvesszővel elválasztva maximum 10 elem adható meg, c-vel a kapcsolat súlypontját jelöljük.
k_v Kapcsolati merevség.

A merevség [kN/m] a következő táblázat alapján vehető fel közelítően:

Belső acélfegyverzet vastagsága [mm]	*Belső fegyverzet anyagminősége*		
	S220GD	S280GD	S320GD
0.40	1600	1900	2000
0.50	2000	2300	2500
0.63	2400	2900	3100
0.75	2800	3300	3600



A kapcsolati merevséget az ikonra kattintva számítással is meg lehet határozni.



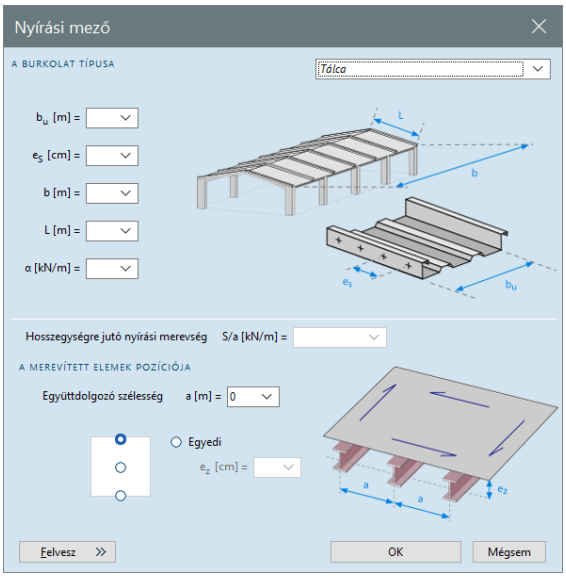
D	A szendvicspanel vastagsága a rögzítés helyén.
$t_{cor,F2}$	A belső fegyverzet vastagsága.
$f_{u,F2}$	A belső fegyverzet szakítószilárdsága. Az ikonra kattintva az anyagtárból felvehető.
$t_{cor,sup}$	Megtámasztott szerkezet lemezvastagsága a rögzítési pontban.
d_1	A kötőelem menetes részének magátmérője.
d_S	A menet nélküli szár átmérője.

A számítás a következő tartományokon belül érvényes:

$5.5 \text{ mm} \leq d \leq 8.0 \text{ mm}$
$40 \text{ mm} \leq D$
$0.40 \text{ mm} \leq t_{cor,F2} \leq 1.00 \text{ mm}$
$1.50 \text{ mm} \leq t_{cor,sup} \leq 10.0 \text{ mm}$

☞ **A számítás feltétele, hogy a kapcsolati merevség minden elem esetén azonos. Amennyiben eltérő, Egyedi megadással adjuk meg a nyírási mezőt.**

4.9.18.3. Tálca



A tálca nyírási merevségének számítását EN 1993-1-3 (10.24) alapján végzi el a program:

$$S/a = \frac{\alpha L b_u}{e_s}$$

b_u	Alsó öv szélessége.
e_s	Kapcsolati elemek távolsága.
b	Nyírási mező szélessége.
L	Nyírási mező hossza.
α	Merevségi tényező, alapértelmezett értéke 2000 kN/m.

4.9.18.4. Egyedi

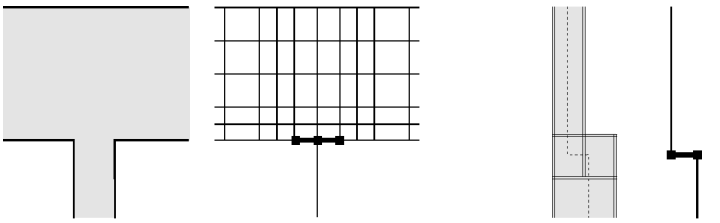
Egyedi esetben közvetlenül megadható a nyírási merevség. Ez a választási lehetőség azokat az eseteket fedi le, amelyekben a megtámasztó hatás a fentebb tárgyalt három eset egyikével sem egyezik meg, például OSB-lap esetén.

4.9.19. Merev test

Merev testek segítségével modellezhetünk a szerkezet merevségéhez viszonyítva jelentősen nagyobb merevséggel rendelkező szerkezeti részeket, mint például: excentrikus rúdkapcsolatok, cölöpfejek.

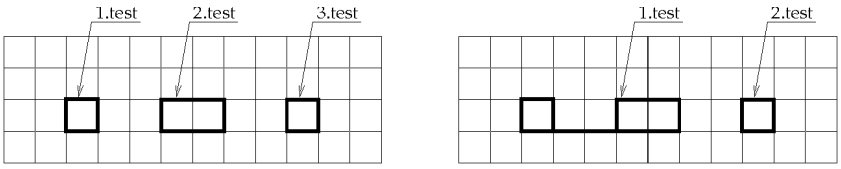
A merev test önmagában nem deformálódik, de a kapcsolódó szerkezeti részekkel együtt elmozdul, ezáltal elmozdulásokat és igénybevételeket közvetít. A szerkezetben található merev testeket csomópontjaikat összekötő vonalaival írjuk le.

tárcsa-rúd kapcsolat: *excentrikus rúdkapcsolat:*



Merev test definiálása

A funkció végrehajtásakor ki kell jelölni a merev testhez tartozó vonalakat. A kijelölt vonalak közül az egymáshoz kapcsolódó összefüggő hálózatot alkotó vonalcsoportok egy-egy önálló merev testet alkotnak.



Módosítás vagy új merev test definiálás során olyan vonalak kijelölése, amely két különböző testet köt össze, a két test egyesítését eredményezi. Amennyiben egy test módosítása esetén a módosított vonalak nem alkotnak összefüggő hálózatot, a módosított test több különálló merev testre esik szét.

☞ **A végeselemek definiálása során nem megengedett az, hogy egy végeselem összes vonala ugyanazon merev testhez kapcsolódjon.**

Amennyiben a test tömegét is figyelembe akarjuk venni (pl.: rezgésvizsgálat esetén), a test tömegcentrumába generáljunk egy csomópontot (a merev test részeként kell definiálni), és ehhez adjuk meg a test tömegét.

Az elem geometriai merevsége figyelembe van véve kihajlásvizsgálat és geometriai értelemben nemlineáris szimulációk során, lásd [43].

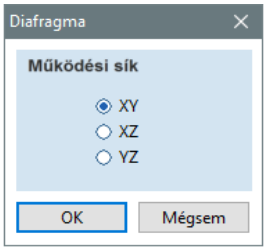
☞ A merev testek vastag fekete vonallal jelennek meg a képernyőn.

4.9.20. Diafragma

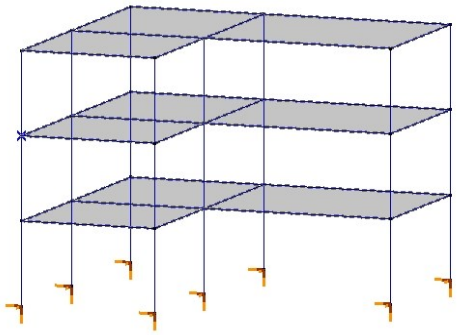
Diafragmák használata a modell egyszerűsítését jelenti. A diafragma olyan speciális merev testnek tekinthető, ahol a merev test pontjainak egymáshoz viszonyított helyzete valamely globális síkra vetítve változatlan marad. Ennek az elemtípusnak a használatával csökken a számításigény, ami elsősorban nagy méretű feladatoknál és rezgésalakok meghatározásánál jelent előnyt. Diafragmákkal modellezhetünk síkjukban végtelen merevnek tekintett födémeket.

Diafragma definiálása

A funkció végrehajtásakor ki kell jelölni a diafragmához tartozó vonalakat. A kijelölt vonalak közül az egymáshoz kapcsolódó összefüggő hálózatot alkotó vonalcsoportok egy-egy önálló diafragmát alkotnak.
Definiálás után ki kell jelölni, hogy a diafragma mely síkban működik. A diafragma pontjainak egymáshoz viszonyított helyzete ebben a síkban változatlan marad.

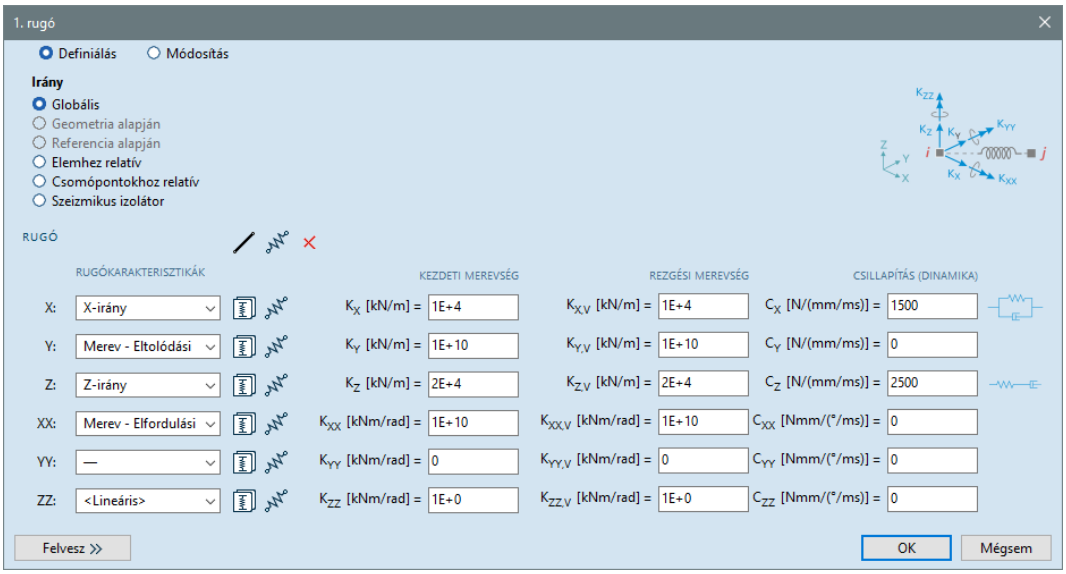


☞ A diafragmák vastag lila szaggatott vonallal jelennek meg a képernyőn.



Módosítás, törlés vagy új diafragma definiálása után megint csak a diafragmák összefüggő hálózatot alkotó vonalcsoportjai alkotnak egy-egy diafragmát.

4.9.21. Rugóelem



A rugóelem a szerkezet két pontjának szabadságfokait köti össze. A rugóelem saját lokális koordinátarendszerrel rendelkezik. Ebben a lokális rendszerben kell megadni a rugókarakterisztikákat eltolódásra *(X, Y, Z)* és elfordulásra *(XX, YY, ZZ)*.

Rugó

Előre beállított állapotok egy kattintással elérhetőek:

Minden komponens merev

Csak eltolódásra merev, elfordulásra szabad

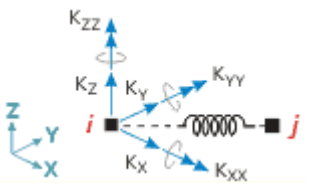
Minden komponenst töröl

A lokális rendszer iránya lehet:

Globális
Geometria alapján meghatározott irány
Referenciákkal meghatározott (pont, vektor) irány
Elemhez relatív irány (rúd, borda)
Csomópontok alapján meghatározott irány

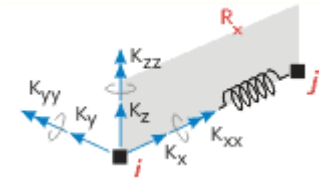
Globális irányú

A globális koordináta tengelyekkel párhuzamos irányú rugóelem. Független a rugóelem tényleges geometriától. Azokat a vonalakat kell kijelölni, melyekre azonos típusú rugóelemet akarunk definiálni, majd meg kell adni a hozzájuk tartozó rugókarakterisztikákat.



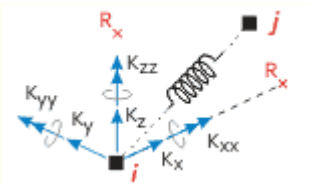
Geometria alapján

Geometria alapján meghatározott rugóelem megadásakor a kijelölt vonal iránya jelenti majd a rugóelem lokális x-tengelyét. A lokális z-tengelyt tartalmazó síkot a referencia lokális z-hez határozza meg.
A megadáshoz szükséges a modellnek legalább egy alkalmas referenciát tartalmaznia.



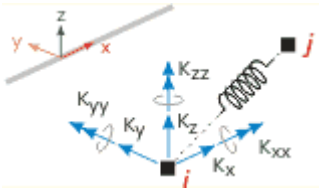
Referencia alapján

A referencia alapján meghatározott rugóelem két referencia megadásával adható meg, egyik jelöli a támasz lokális x-tengely irányát. A másik referencia pedig az x-iránnyal együtt kijelöli a síkot melyben a lokális z-tengely van. A vonal kijelölése után a referencia irányokat és rugókarakterisztikákat kell megadni.
A modellnek tartalmaznia kell két, alkalmas referenciát, hogy ilyen típusú támasz megadható legyen.



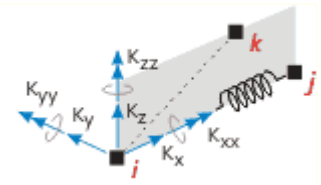
Elemhez relatív

Elemhez relatív módon meghatározott rugóelem lokális koordinátarendszere megegyezik a kiválasztott rúd/borda lokális koordinátatengely irányaival. A megadáskor a vonal kijelölése után a rúd/borda elemet kell kiválasztani, majd az egyes irányokra rugókarakterisztikákat.
A modellnek tartalmaznia kell legalább egy rúd- vagy bordaelemet.



Csomóponthoz relatív

A csomóponthoz relatív rugó megadásához a vonal kijelölése mellett, tovább két pontot kell kijelölni. Az első pont, csomópont a lokális x-hez, a vonal kisebb sorszámú pontjával együtt kijelöli a rugóelem lokális x-tengely irányát. A második pont, csomópont a lokális z-hez, kijelöli a lokális x-iránnyal együtt azt a síkot melyben a lokális z-tengely van.
A modellnek tartalmaznia kell két, alkalmas csomópontot a megadáshoz.



Rugókarakterisztika-tár

A rugókarakterisztika-tárból a *lásd...* **3.1.17 Rugókarakterisztika-tár** fejezetben megadott módon választhatunk. A program automatikusan szűri a szabadságfoknak megfelelő karakterisztikákat és csak azokat kínálja fel.

Rugókarakterisztika szerkesztő

Az egyes komponensek a rugókarakterisztika ikonnal is szerkeszthetők.
lásd... **3.1.17 Rugókarakterisztika-tár**

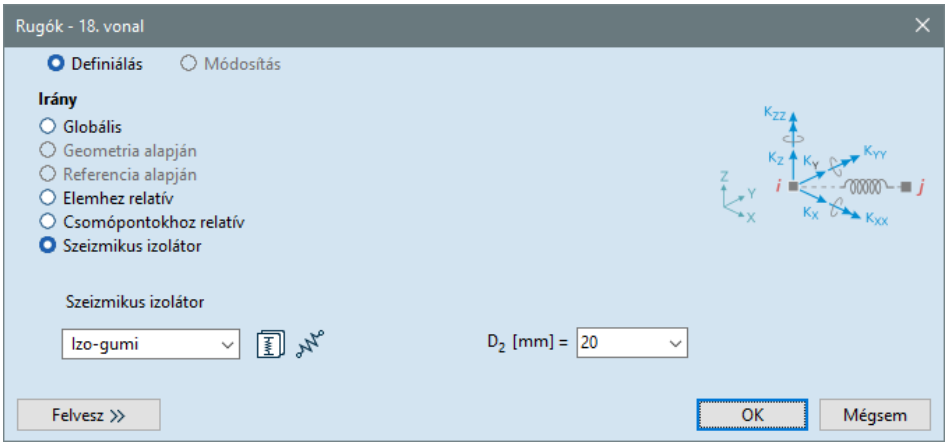
A lineáris rugókarakterisztikával rendelkező komponensek merevségei és csillapítási tényezője a szerkesztőmezőkben megjelenített értékek átírásával közvetlenül is szerkeszthetők. A dialógusablak bezárásakor új rugókarakterisztika jön létre a módosított értékekkel.
A csillapítási tényező csak abban az esetben jelenik meg, ha a megadott rugónak van olyan komponense, ahol az együttható értéke nullától különböző.

☞ **Nemlineáris karakterisztikát csak anyagilag nemlineáris statikai és anyagilag nemlineáris dinamikai számítás esetén vesz figyelembe a program.**

Anyagilag lineáris statika, anyagilag lineáris dinamika, kihajlás vizsgálatokban a nemlineáris rugóelemek a kezdeti merevségükkel vannak figyelembe véve, illetve rezgés I/II számításban a rezgési merevséggel, és ez az érték állandó marad a vizsgálatok során.
A csillapítási tényezőt csak dinamikai vizsgálatkor veszi figyelembe a program.

A rugóelemek nem valódi szerkezeti elemek, csak a végponti szabadságfokok között létesítenek kapcsolatot. Nincs geometriai hatás, a külpontos erőből nem származik nyomaték.

Szeizmikus izolátor



D_2 [mm] Maximális tervezési eltolódás ULS határállapotban

Az izolátor elem lokális tengelyei a globális koordinátatengelyekkel párhuzamosak.
Lásd... **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok**

A rugókarakterisztika-tár és a szerkesztő ikon a normál rugóknál leírt módon használható.

Az egyes analízisek során az izolátorokat a következőképpen vesszük figyelembe:
A szerkezet szeizmikus izolátorrendszerét egyszabadságfokú modellként vizsgálva a következő paraméterek meghatározása szükséges:

Földrengés számítás SE1 modul

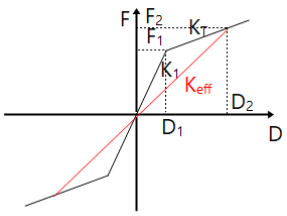
T_{is}	a rendszer lengésideje
ξ_{esi}	a rendszer csillapítási aránya
K_{esi}	effektív vízszintes merevség
K_v	effektív függőleges merevség
dc_x, dc_y	az izolátor-rendszer középpontjának koordinátái az X-Y síkon

Az izolátorok effektív horizontális merevsége, csillapítási aránya

A nemlineáris viselkedésű izolátorok effektív merevségének meghatározásához tudnunk kell a földrengés során kialakuló maximális tervezési eltolódást (D_2, *lásd...***4.9.14**).
Mivel ez függ a földrengéstől, ezért meghatározása csak iteratív módon lehetséges. Az iteráció végén a tervezett és a valós maximális eltolódás relatív eltérése 5%-on belül kell legyen.

Az egyes izolátortípusok esetén a következőképp határozzuk meg az effektív merevséget és csillapítási arányt:

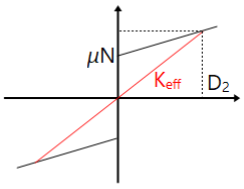
Gumi



Segédparaméterek:

$$D_1 = F_1/K_1$$
$$F_2 = F_1 + K_T(D_2 - D_1)$$
$$K_{eff} = F_2/D_2$$
$$\xi_{eff} = \frac{2}{\pi}\left(\frac{F_1}{F_2} - \frac{D_1}{D_2}\right)$$

Súrlódó



$$K_{eff} = N\left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{D_2}\right)$$
$$\xi_{eff} = \frac{2}{\pi}\left(\frac{1}{1 + \frac{D_2}{\mu R}}\right)$$

ahol N a normálerő értéke az izolátorelemen.

Egyéb

A felhasználó adja meg az effektív merevséget (E_{xy}), illetve a csillapítási arányt (ξ) is (lásd a fejezet elején).

A rendszer vertikális, horizontális merevsége

$$K_v = \sum E_{z,i}\,, K_{esi} = \sum K_{eff,i}$$

A rendszer lengésideje

$T_{is} = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{esi}/M_{is}}}$ ahol M_{is} az izolátorokon összegzett tömeg

A rendszer csillapítási aránya

$$\xi_{esi} = \frac{\sum \xi_{eff,i} K_{eff,i}}{K_{esi}}$$

A rendszer merevségi középpontja

$$dc_x = \frac{\sum x_i K_{eff,i}}{K_{esi}},\ dc_y = \frac{\sum y_i K_{eff,i}}{K_{esi}}$$

A válaszspektrum-analízisben az izolátorrendszert a következőképpen vesszük figyelembe (kizárólag NTC, olasz szabvány esetén!):

Horizontális spektrum Rugalmas spektrum, ahol

$$\xi = \begin{cases} 5\%, & T < 0.8T_{is} \\ \xi_{esi}, & T \geq 0.8T_{is} \end{cases}$$

- SLO, SLD határállapotok esetén

$$\eta = \max\left(0.55, \sqrt{\frac{10}{5+\xi}}\right)$$

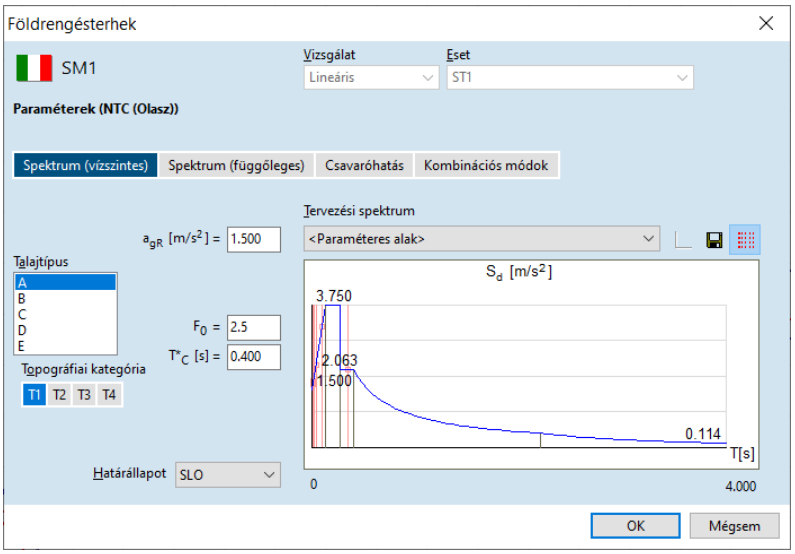
- SLV, SLC határállapotok esetén

$$\eta = \max\left(\frac{2}{3}, \sqrt{\frac{10}{5+\xi}}\right)$$

így az egyenértékű viselkedési tényező nem lehet 1.5 feletti.

Vertikális spektrum Rugalmas spektrum, melynél $\xi = 5\%$.

A vízszintes földrengés spektrum szeizmikus izolátorok alkalmazása esetén



Lineáris statikai számítás

Lineáris statikai számítás esetén a gumi izolátor effektív merevségét ($K_{eff,i}$) vesszük figyelembe, , melynek meghatározását lásd fentebb. Súrlódó izolátor esetén csak akkor használjuk az effektív merevséget, ha van megadva földrengés tehereset. Ekkor viszont minden teheresetben, tehát a nem földrengés teheresetekben is. Ha nincs megadva földrengés tehereset, akkor 1E10 kN/m merevséget állítunk be.

Nemlineáris statikai számítás

Pushover számítás esetén a gumi és súrlódó izolátorok bilineáris anyagi viselkedését vesszük számításba. A súrlódó izolátorok kezdeti merevsége $K_1 = 1E10\,\mathrm{kN/m}$, a határerő $F_1 = \mu N$, az érintő merevség $K_T = N/R$. Nem pushover számítás esetén a súrlódó izolátort lineáris viselkedéssel, 1E10 kN/m merevséggel vesszük figyelembe.

Rezgés

Mind első-, mind másodrendű rezgésszámítás esetén az izolátor effektív merevségét ($K_{eff,i}$) vesszük figyelembe, melynek meghatározását lásd fentebb. Amennyiben a modellben izolátorelemek vannak, a program a kiválasztott esethez első lépésként lineáris statikai számítást végez el, melyből ismertté válik az izolált rendszer tömege, mely a földrengésvizsgálathoz szükséges.

Kihajlás

Kihajlásvizsgálat során az izolátorelemeket a kezdeti merevségükkel (K_1) vesszük figyelembe. Súrlódó izolátor esetén 1e10 kN/m merevséget állítunk be.

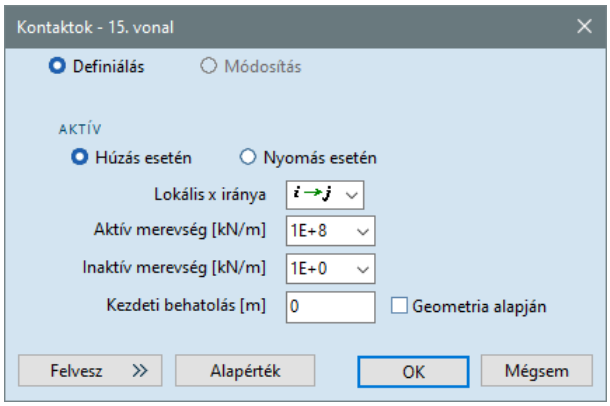
Dinamika

Anyagok és végeselemek nemlinearitásának *figyelembevétele nélkül*	Az izolátor effektív merevségét ($K_{eff,i}$) vesszük figyelembe, melynek meghatározását lásd fentebb. Ezenkívül a program számításba veszi a rugalmas-képlékeny anyagmodellben fellépő disszipáció okozta csillapítást, mely az i. izolátor elemen: $$c_i = \frac{W_{d,i}}{\pi\omega {D_{2,i}}^2}$$ ahol $\omega_{is} = \frac{2\pi}{T_{is}}$, $W_{d,i}$ az egy ciklus során disszipált energia, mely gumi esetén $W_d = 4(F_1D_2 - F_2D_1)$, súrlódó izolátor esetén: $W_d = 4\mu ND_2$.
Anyagok és végeselemek nemlinearitásának *figyelembevételével*	A gumi, illetve súrlódó izolátorok esetén azok bilineáris anyagi viselkedését vesszük számításba.

Megjegyzés: amennyiben a modellben súrlódó izolátor szerepel, a számításokat egy statikai vizsgálat előzi meg, melyből az izolátoron működő, a kiválasztott statikus teheresetből származó normálerőt határozza meg a program. A program nem veszi számításba, hogy rezgés során a normálerő változhat az elemeken.

Az izolátorok nemlineáris horizontális viselkedését egy x-, illetve y-irányú rugó írja le. Ezen rugók egymásrahatása a számítás során nincs figyelembe véve.

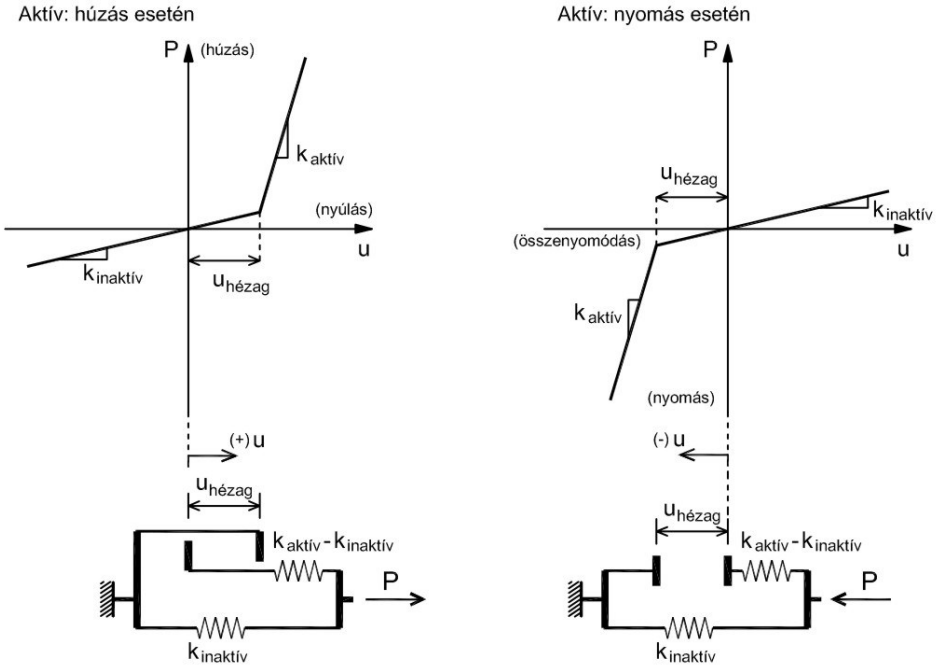
4.9.22. Kontaktelem



A kontaktelem két pont közötti érintkezés szimulálására alkalmas. Két állapota van, aktív és inaktív.

☞ **Aktív állapotban a kontaktelemnek nagyságrendekkel nagyobb a merevsége az inaktív állapothoz viszonyítva!**

Mivel az inaktív állapothoz ugyan kicsiny, de nem zérus merevség tartozik, a kontaktelem csak közelítően tudja feladatát teljesíteni. Ugyanakkor az elem alkalmazásával a merevségi mátrix sávos szerkezete megmarad, és korlátlan számú kontaktelem használata válik lehetővé egy modellen belül.



A kontaktelem egy erősen nemlineáris elem (az állapotváltozás nagy merevségváltozással jár), és ez komoly nehézségeket okozhat a jelentős merevségváltozásokra érzékeny Newton-Raphson iterációs eljárás konvergenciájában. Az optimális aktív merevségi érték megállapítása nem egyszerű feladat.

Ha a számítás numerikus konvergenciája nem megfelelő, érdemes lehet mérsékelni a kontaktelem merevségváltásának arányát, ezzel enyhíteni lehet a kontaktelem által indukált nemlinearitás mértékét. Ezt minden esetben a felhasználónak kell mérlegelnie.

Aktív állapot lehet

Húzás esetén (például egy húzott csavar egy kapcsolatban) vagy
Nyomás esetén (például két lemez egymásra nyomódása).

Kontaktelem definiálása

Megadása két csomóponttal történik.

Lokális x irány definiálása a rúdelemhez hasonlóan történik.

Az *aktív merevség* alapértéke 1E+8 kN/m. Az *inaktív merevség* alapértéke 1E–2 kN/m. Ezen értékek az esetek nagy részében megfelelőnek bizonyulnak, de igény szerint megváltoztathatók.
A kontaktelemnek megadható egy *Kezdeti hézag / behatolás* (ez egy távolság, értéke ≥ 0), ami általában a csomópontjai geometriájából állapítható meg (*Geometria alapján* kapcsoló). Ugyanakkor lehetőség van ezen érték megadására is. A kezdeti hézag záródásakor a kontaktelem aktívvá válik, egyébként inaktív.

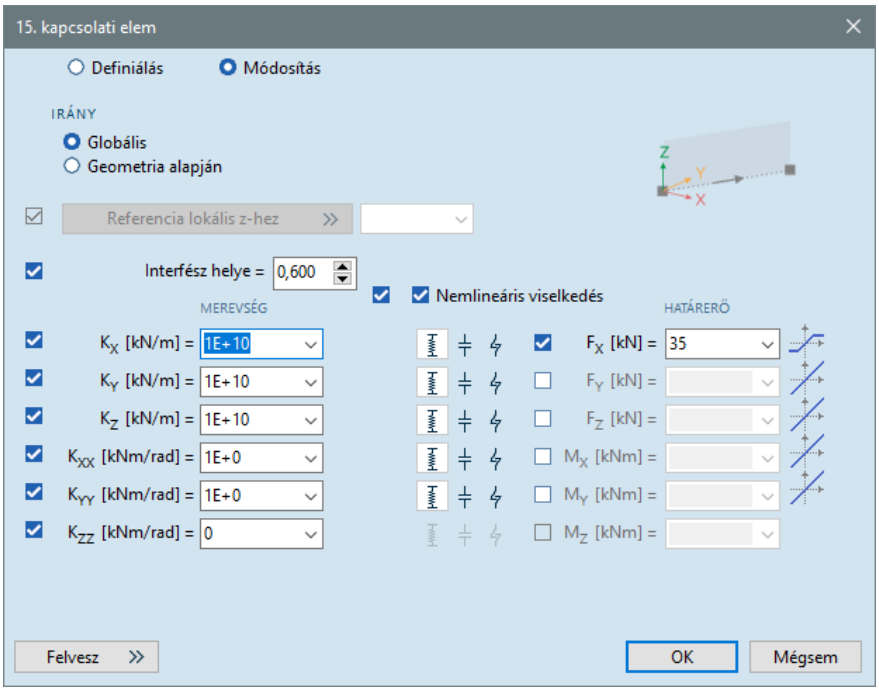
☞ **Lineáris statika, rezgés I/II, kihajlási vizsgálatban a kontaktelem merevsége a kezdeti hézag értéke alapján van figyelembe véve. Ha a kezdeti hézag zérus (nincs hézag), akkor a kontaktelem az aktív merevségével fog szerepelni a vizsgálatban, máskülönben az inaktív merevséggel. Ez egy lineáris rugóval történő megtámasztással egyenértékű, ahol a rugó merevsége az előbbiek szerinti érték a kontaktelem definiált merevségei közül.**

4.9.23. Kapcsolati elem

A kapcsolati elemek két pont vagy két vonal közti kapcsolat merevségi tulajdonságait egy ún. interfészbe (erő- és elmozdulás átviteli kapcsolat) koncentrálva modellezik. Az interfész helyzetét a kapcsolati elemen belül az elem definiálásakor kell megadni. A kapcsolati elemek hat merevségkomponenssel rendelkeznek, melyek lehetnek nemlineáris jellegűek is.

Csomópont-csomópont kapcsolati elem

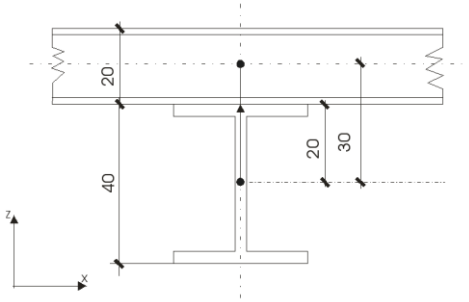
Ez két csomópontot összekötő kapcsolati elem, adott interfésszel. Az interfész helyzete az elemen belül tetszőleges. A kapcsolati merevségkomponensek globális koordináta-rendszernek megfelelő felvételével az erő- illetve elmozdulás átvitel a két csomópont között szabályozható. Minden komponensre megadható nemlineáris viselkedés is. Az interfész helye 0 és 1 között változhat, a kezdő csomóponthoz (felhasználó által kiválasztott csomópont) relatív viszonyítva. Ha az interfész helye 0, az interfész a kezdő csomópontban van. Ha az értéke 1, akkor az interfész a végcsomópontban van. Nulla és 1 közötti érték esetén az interfész a két csomópont között van.



Tipikus alkalmazásai: szelemen-főtartó kapcsolatok; egyes tartórácsok rúdjainak kapcsolata; andráskereszt rúdjainak kapcsolata; tetszőleges csomópont-csomópont közti átvitel létrehozása.

Példa: Szelemen és -főtartó kapcsolata (*lásd...* az AcelCsarnok.axs mintafeladatot a Példák könyvtárban)

Tegyük fel, hogy a függőleges tengely a Z, mely a lokális rendszer ***z*** tengelyével párhuzamos. Legyen a főtartó egy IPE-400 szelvény az XZ síkban, a szelemen pedig egy I-200. A szelemenről a főtartóra csak az erőket szeretnénk átvinni, a nyomatékokat nem.



Mindkét elem a súlyvonalával van modellezve. A kapcsolati elemet a két tengely közé kell beiktatni, felülnézetben a metszéspontjukba. A kapcsolati elemet ez esetben tehát egy függőleges vonalhoz kell hozzárendelni, ennek hossza megegyezik a tengelyek közti távolsággal, ami 30 cm (40/2+20/2). A kapcsolati elem kezdőpontjának tekintsük a főtartón elhelyezkedő csomópontot. Az interfészt mindig az elemek tényleges találkozási pontjára kell helyezni. Esetünkben a két elem közti interfész az elem kezdőpontjától, azaz a főtartó tengelyétől 20 cm-re (40/2) található. Ez alapján az interfész helyzete 20/30 = 0.666. Az eltolódásra merev bekötést feltételezve eltolódási merevségeknek megadható az 1E10 érték, míg elfordulásra 0 merevségek veendők fel. Ha a szelemenek csak ezeken a kapcsolati elemeken keresztül vannak megtámasztva, akkor a tengely körüli merevtest-elfordulás kiküszöböléséhez a KYY=0.001 (vagy más kicsiny érték) megadása szükséges.

Nemlineáris viselkedés

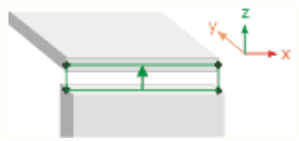
Nemlineáris viselkedés esetén valamennyi elmozdulási komponensre egyedileg megadhatók a nemlineáris viselkedés tulajdonságai (csak húzásra, csak nyomásra, húzásra és nyomásra is működő, illetve határerővel rendelkező erő-elmozdulás karakterisztika).

☞ **Az elem geometriai merevsége figyelembe van véve kihajlásvizsgálat és geometriai értelemben nemlineáris szimulációk során, lásd [43].**

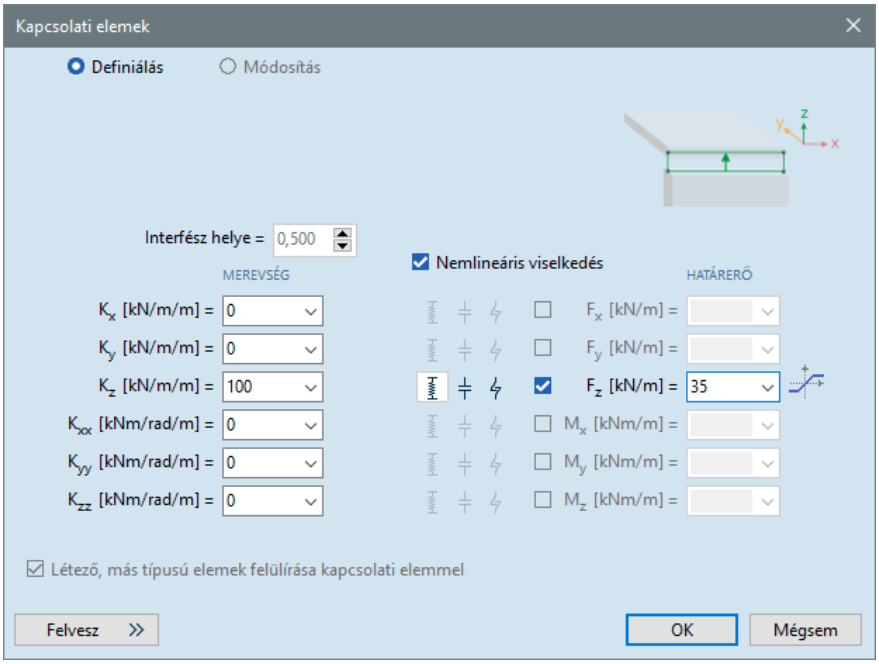
Vonal-vonal kapcsolati interfészelem

Ez egy hat csomópontú, bordaelemeket, illetve felületelemek peremét összekötő kapcsolati elem. Az interfész helyzete az összekapcsolt elemek között tetszőlegesen választható meg. A kapcsolati elem vonalai mentén értelmezett merevségkomponensek megfelelő felvételével szabályozható az erő és elmozdulás átvitele két bordaelem (vagy két felületperem, illetve egy felületperem és egy bordaelem) közt.

Az interfész helye 0 és 1 között változhat, a kezdő csomóponthoz (felhasználó által kiválasztott csomópont) relatív viszonyítva. Ha az interfész helye 0, az interfész a kezdő csomópontban van. Ha az értéke 1, akkor az interfész a végcsomópontban van. Nulla és 1 közötti érték esetén az interfész a két csomópont között van.



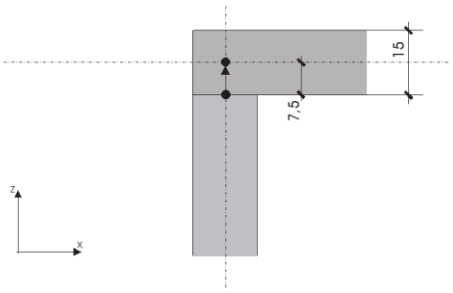
Az interfész vonala adja a lokális ***x*** tengelyt, a ***z*** tengely az erre merőleges tengely az interfészelem síkjában.
A lokális ***y*** tengely az ***x*** és ***z*** tengelyek alapján a jobbkéz-szabály szerint adódik. A tengelyek irányultsága a merevségek megadásakor érdektelen.
Az elfordulási merevségkomponensek általában zérusnak veendők fel.
Bármely komponensre megadható nemlineáris viselkedés is.



Tipikus alkalmazásai: födém-fal kapcsolat; nem-kompozit, részlegesen kompozit vagy kompozit tartók különböző anyagú részeinek kapcsolati interfésze; félmerev borda-födém kapcsolat; egymásra rakott rudak modellezése stb.

Példa: Falra támaszkodó födém csuklós kapcsolata
Tegyük fel, hogy a függőleges tengely a Z, a fal az Y-Z, a födém az X-Y síkkal párhuzamos, és a falat héjelemekkel modelleztük. A födém vastagsága legyen 15 cm. A födémről a falra csak az erőket szeretnénk átvinni, nyomatékokat nem.
Mindkét elem a középsíkjával van modellezve. A falat ilyenkor csak a födém tényleges alsó síkjáig kell felvenni, a kapcsolati elemeket pedig az összekapcsolni kívánt két felület, azaz a fal éle és a födém pereme közé kell beiktatni. Esetünkben így a kapcsolati elemek a fal függőleges síkjában fognak elhelyezkedni. Az élek közti távolság 7.5 cm (15/2).

A kapcsolati elemek kezdőpontjának tekintsük a fal élén elhelyezkedő csomópontokat. Ekkor az elemek közti interfész (a felületek tényleges találkozási pontja) a födém alsó síkjában, a kezdőponttól 0 cm-re található. Így az interfész helyzete 0 / 7.5 = 0-ra veendő fel.



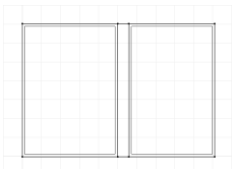
Eltolódásra merev bekötést feltételezve, eltolódási merevségeknek megadható az 1E+10 érték, míg elfordulásra 0 merevségek veendők fel.

Nemlineáris viselkedés

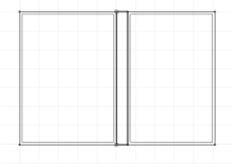
Nemlineáris viselkedés esetén valamennyi elmozdulási komponensre egyedileg megadhatók a nemlineáris viselkedés tulajdonságai (csak húzásra, csak nyomásra, húzásra és nyomásra is működő, ill. határerővel rendelkező erő-elmozdulás karakterisztika).

Vonal-vonal kapcsolati elemek megadásának lépései a következők:

1. Hozza létre a tartományokat (*lásd...* **4.9.6 Tartomány**) és kösse össze a szemközti csomópontokat vonalakkal (a tartományok szemközti oldalain azonos számú pontnak kell lennie).



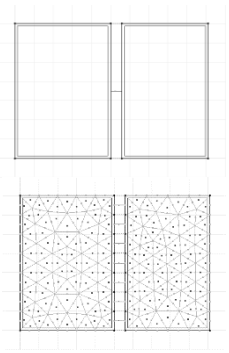
2. Jelölje ki a két tartomány közötti zárt négyszöget.
3. Adja meg a kapcsolati elem kezdőpontjait (ha nem jelöl ki pontokat a kapcsolati elem automatikusan a két él közé középre kerül).



4. Adja meg a merevségeket (létrejön a kapcsolati elem).

5. Kérje a tartományokra a hálózatgenerálást. (*lásd...* **4.12.1.2 Hálógenerálás tartományokra**)

6. A hálózattal együtt a kapcsolati elemeket is felosztja a program.

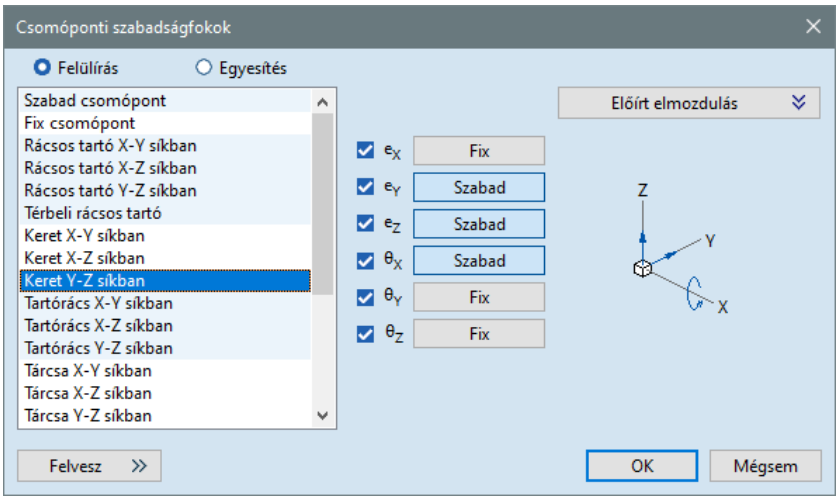


☞ **Az elem geometriai merevsége figyelembe van véve kihajlásvizsgálat és geometriai értelemben nemlineáris szimulációk során, lásd [24].**

4.9.24. Csomóponti szabadságfok

A csomópontokat nem tekintjük különálló elemeknek, de csoportosítás szempontjából értelemszerűen idetartoznak. Szabadságfok alatt a csomópont globáliskoordináta-irányú szabad elmozdulásait értjük. Alapértelmezésben minden csomópont hat elmozdulási szabadságfokkal rendelkezik, az *eX, eY, eZ* eltolódással és az *θX, θY, θZ* elfordulással. Ha a modellben van 7 szabadságfokú rúdelem (*lásd...* **4.9.10.3 7 szabadságfokú rúdelem**), akkor a *w* öblösödési szabadságfok is megjelenik. A számítás során a program egyensúlyi egyenletet csak a szabad eltolódási, illetve elfordulási irányokban, valamint a szabad öblösödésre ír fel. Ez rendkívüli hatékonyságot biztosít a számítási kapacitásban és a futási időben.

A csomóponti szabadságfokok a mérnöki gyakorlatban előforduló modelltípusokhoz táblázatból beállíthatók. Modelltípusok: *síkbeli rácsos tartó / térbeli rácsos tartó / síkbeli keret / tartórács / tárcsa / lemez*



Szabadságfok definiálása

Jelöljük be a módosítani kívánt szabadságfokokat, majd a kétállapotú (Fix/Szabad) nyomógombokkal állítsuk be az értéküket.

A megadás módja

Felülírás

A kijelölt csomópontokon az eredeti szabadságfok-kód az itt megadott kódra változik.

Egyesítés

A kijelölt csomópontokon az eredeti szabadságfok-kód az itt megadott kóddal a következőképpen kombinálódik: egy adott irányú elmozdulás, illetve elfordulás megengedett, ha az mindkét kódban megengedett, ellenkező esetben letiltott. Elsősorban szimmetriasíkok definiálásakor használható.

Minden csomóponthoz egy **hétjegyű kód** tartozik: a globális tengely-irányú *eX, eY, eZ* eltolódásnak, *θX, θY, θZ* elfordulásnak és *w* öblösödésnek megfelelően.

példa

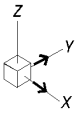
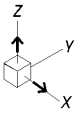
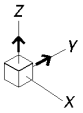
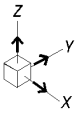
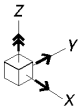
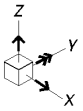
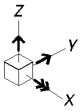
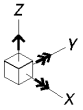
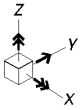
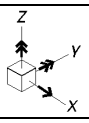
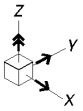
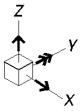
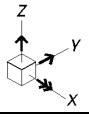
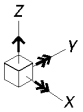
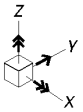
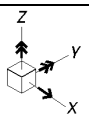
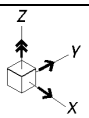
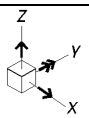
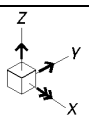
	ex	*eY*	*eZ*	*ϑX*	*ϑY*	*ϑZ*	*w*
eredeti kód:	*szabad*	*fix*	*szabad*	*fix*	*szabad*	*fix*	*szabad*
új kód:	*szabad*	*szabad*	*szabad*	*fix*	*fix*	*fix*	*szabad*
eredménykód:	*szabad*	*fix*	*szabad*	*fix*	*fix*	*fix*	*szabad*

☞ **Alapértelmezésben minden csomópont Szabad, amely igény szerint módosítható. A letiltott elmozdulási komponensek irányában ható teher- és tömegkomponenseket a számítás figyelmen kívül hagyja. A letiltott szabadságfok-komponensek irányában ható terhek összege a kiegyensúlyozatlan terhek táblázatában látható.**

☞ Definiálás után a beállított szabadságfokú csomópontok világoskék színnel jelennek meg.

Előre definiált csomóponti szabadságfok-beállítások táblázata:

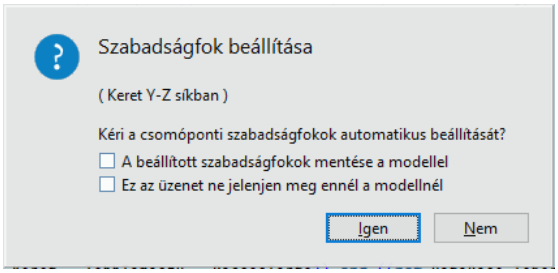
Jelmagyarázat: ↑ szabad eltolódás a tengely irányában, ↟ szabad elfordulás a tengely körül.

Szabadságfok	*Cspt. ábra*	*Szabadságfok*	*Cspt. ábra*
Rácsostartó-modellek			
Rácsos tartó **X-Y** síkban		Rácsos tartó **X-Z** síkban	
Rácsos tartó Y-Z síkban		Térbeli rácsos tartó	
Keretmodellek			
X-Y síkú keretmodell		**X-Z** síkú keretmodell	
Y-Z síkú keretmodell			
Tartórácsmodellek			
Tartórács **X-Y** síkban		Tartórács **X-Z** síkban	
Tartórács **Y-Z** síkban			
Tárcsamodellek			
X-Y síkú tárcsamodell		**X-Z** síkú tárcsamodell	
Y-Z síkú tárcsamodell			
Lemezmodellek			
X-Y síkú lemezmodell		**X-Z** síkú lemezmodell	
Y-Z síkú lemezmodell			
Szimmetriák			
X-Y szimmetriasík		**X-Z** szimmetriasík	
Y-Z szimmetriasík			

Felvesz>> Már definiált csomóponti szabadságfokokat rendelhetünk a kijelölt csomópontokhoz.

Csomóponti szabadságfokok ellenőrzése számítás előtt

A program számítás előtt ellenőrzi, hogy a beállított szabadságfokok összhangban vannak-e a szerkezet geometriájával, illetve terheivel. Szükség esetén üzenetet küld, melyben felajánlja a szabadságfokok módosítását. A szabadságfokok beállítása lehet ideiglenes, de le is menthető a modellbe, ha bekapcsoljuk *A beállított szabadságfokok mentése a modellel* opciót.



Ha bejelöljük, hogy *Ez az üzenet ne jelenjen meg ennél a modellnél,* akkor a program megjegyzi a választásunkat, és többet nem kérdez rá, akkor sem, ha a beállított szabadságfokokat nem mentettük le a modellbe.
A kikapcsolt üzenetablak megjelenítése visszaállítható a *Beállítások / Alapbeállítások / Számítás* ablakban *(A szabadságfokokat ellenőrző üzenet megjelenítése a számítás előtt),* *lásd...* **3.3.11.14 Számítás.**

☞ **Ha egy csomópontra nem csatlakozik véges elem, a program az összes szabadságfokát automatikusan letiltja. Ha egy csomópontra csak rácsrudak és testelemek csatlakoznak, a program az összes elfordulási szabadságfokát automatikusan letiltja. Ezekről a letiltásokról nem jelenik meg figyelmeztető üzenet. Ha az így letiltott szabadságfok-komponensek irányában teher hat, az a kiegyensúlyozatlan terhekhez hozzáadódik.**

4.9.25. Referenciák





Végeselemek lokális koordináta- rendszereinek térbeli rögzítését úgynevezett referenciák segítik a következők szerint. Referenciánként használhatók pontok, vektorok, tengelyek, síkok.
A végeselemek térbeli pozícióját, orientációját, valamint egyes jellemzők értelmezési rendszerét (keresztmetszeti jellemzők, igénybevételek, vasalási irányok) az elemhez rögzített lokális koordináta-rendszer határozza meg.

Felületelemeknél az m_x, m_y, m_{xy} nyomatékok, a v_{xz}, v_{yz} illetve az n_x, n_y, n_{xy} tárcsaerők, rúdelemeknél a keresztmetszeti N_x, V_y, V_z erők, ill. a T_x, M_y, M_z nyomatékok ezekben a lokális koordináta- rendszerekben értendők. A végeselemek lokális koordináta- rendszerei referenciák segítségével definiálhatók.
Referenciák gyors módosítása: Valamely referencia grafikus szimbólumára kattintva a *Táblázatkezelő* referenciatáblázata jelenik meg. Több kijelölt referencia valamelyikére kattintva a táblázat valamennyi kijelölt referencia adatait tartalmazza. A referenciavektor és -tengely megadása két ponttal, a referencia-sík megadása három ponttal történik. A program az irányvektorokat és a normálvektorokat a táblázat lezárása után normálja.

A lokális koordináta-rendszerek az alábbi színekkel jelennek meg a képernyőn:
x = piros, ***y*** = sárga, ***z*** = zöld

Automatikus referenciák

Automatikus referencia rács-, rúdelemekhez:
Automatikus referencia választása esetén a program a rács- és rúdelemekhez egy referenciavektort rendel az alábbiak szerint:
Ha a rács vagy rúd tengelye a globális Z-vel párhuzamos, akkor a referenciavektor globális X irányú lesz. Minden egyéb esetben a referenciavektor globális Z tengely irányú.

Íves rúdelemek esetén, ha az ív az X-Y síkkal párhuzamos síkban van, az automatikus referencia vektor az ív síkjára merőleges (+Z irányba) mutat. Más síkban elhelyezkedő ív esetén a referencia vektor az ív síkjában az ív középpontjától kifelé mutat.

Automatikus referencia bordaelemekhez:
Önálló bordaelem esetén a referencia vektor hozzárendelése azonos a rúdelemeknél leírtakkal.
Amennyiben a borda felületelemhez kapcsolódik, akkor az automatikus referenciavektor-hozzárendelés az alábbi:
A bordához kapcsolódó felületelemek lokális *z* tengelyeinek szögfelezőjével párhuzamos irányú vektor lesz a referenciavektor.

Automatikus referencia tartományokhoz, felületelemekhez:

Lokális x: Ha a tartomány síkja párhuzamos a globális X-Y síkkal, akkor a referencia vektor globális X tengely irányú lesz. Egyéb esetekben a referenciavektor a tartomány síkjának és a globális X-Z síknak a metszésvonalával áll párhuzamosan.

Lokális z: Ha a tartomány síkja függőleges, akkor a referenciavektor abba a féltérbe mutat, ahol a globális origó van. Ha a globális origó a tartomány síkjába esik, akkor a referenciavektor az X vagy Y irány szerinti pozitív féltérbe mutat. Minden más esetben a referenciavektor globális Z irányú.

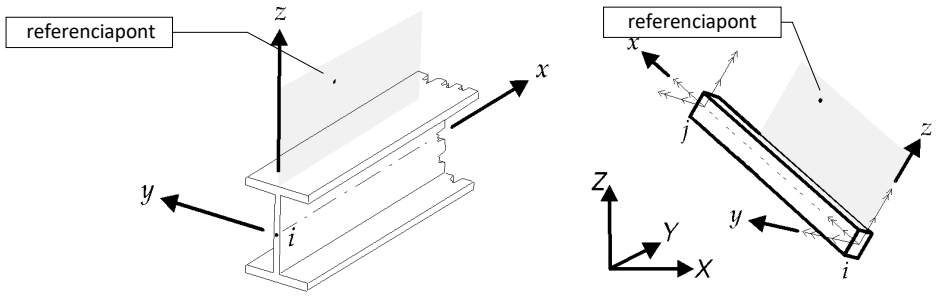
A *Szerkesztés / Automatikus referenciák konvertálása* menüponttal az automatikus referenciákat fix referenciavektorokká alakíthatjuk.

Referenciapont

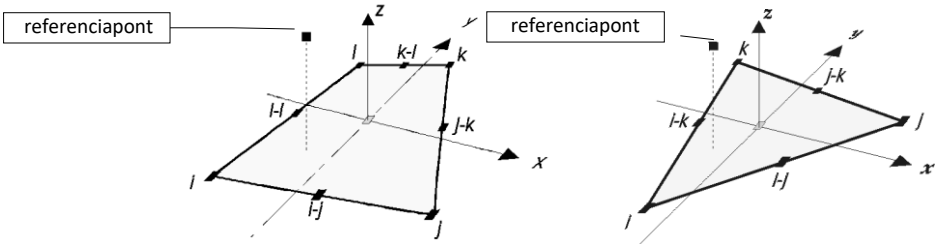


Támaszelemek, rúdelemek térbeli orientációjának (lokális rendszerének) és felületeknél az ***x***, ***z*** – tengely pozitív irányának kijelölésére szolgál a referenciapont. Minden rúdhoz hozzá lehet rendelni egy referenciapontot a globális koordináta- rendszerben, mely az elem lokális koordináta- rendszerének helyzetét határozza meg a térben (***x***, ***y***, ***z*** lokális tengelyek) az ***x***-***z*** sík és a ***z*** tengely pozitív irányának rögzítésével.

Rúdelem lokális rendszerének definiálása referenciapont segítségével:



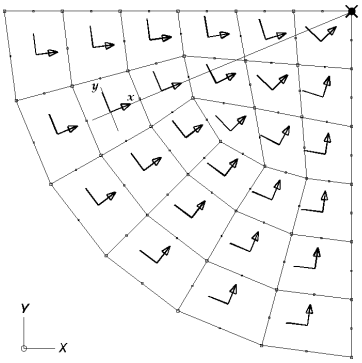
Felület elemek lokális ***z*** irányának meghatározása referenciapont segítségével:



A lokális ***z*** -tengely pozitív iránya abba a féltérbe mutat, melyben a referenciapont található. A ***z*** tengely merőleges a felületre (a referenciapontnak nem szükséges a ***z***-tengelyen lennie).

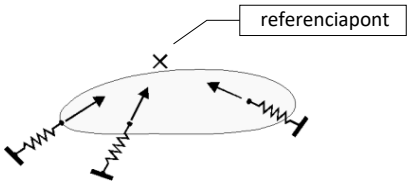
A referenciapontok piros színű × jelként jelennek meg a képernyőn.

Felületelemek lokális ***x*** irányának meghatározása referenciapont segítségével:



Referenciairányú támaszelemek esetén a megtámasztás irányának rögzítésére használhatók a referenciapontok az alábbiak szerint:

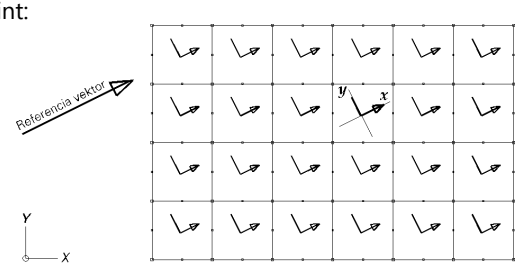
Több támaszelemhez hozzárendelt referenciapont esetén valamennyi támaszerő a referenciapont felé fog irányulni.



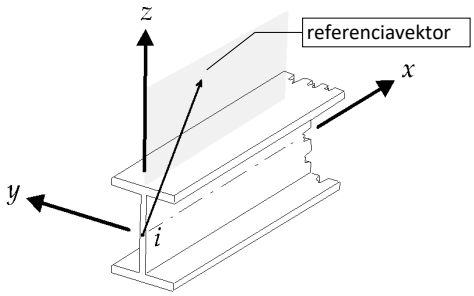
Referenciavektor

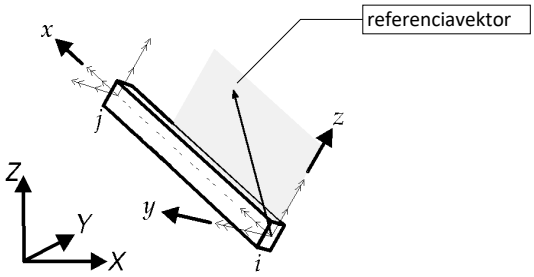


Felületelemek esetén a végeselem lokális koordináta-rendszere az ***x*** tengely irányulásának rögzítésével és az előbbiekben bemutatott pozitív ***z*** irányt kijelölő referenciapont vagy -vektor segítségével egyértelműen definiálható. A referenciapont, -vektor, -tengely, -sík valamelyikével a felületelemek pozitív ***x*** tengelyének irányát tudjuk megadni az alábbiak szerint:
A felületelem lokális ***x*** tengelye párhuzamos lesz a referenciavektorral (a referenciavektornak a felület elem síkjával párhuzamosnak kell lennie).



Rúdelem lokális rendszerének definiálása referenciavektor segítségével:

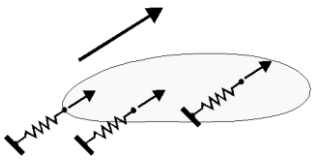




Az elemhez rendelt referenciák meghatározzák az elem pozitív lokális ***x*** és ***z*** tengelyét, melyből a pozitív ***y*** tengelyirány adódik a jobb sodrású koordináta-rendszernek megfelelően.

Referenciairányú támaszelemek esetén a megtámasztás irányának rögzítésére használhatók a referenciavektorok az alábbiak szerint:

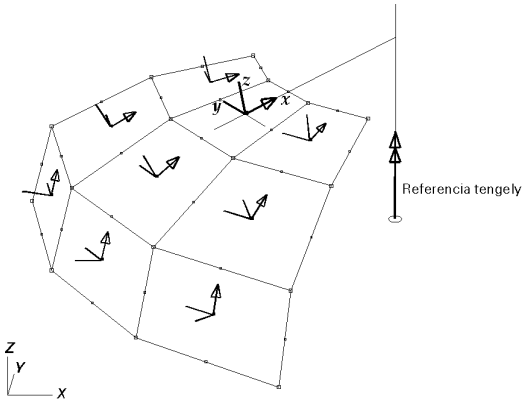
Több támaszelemhez hozzárendelt referencia vektor esetében valamennyi támaszerő a referenciavektorral lesz párhuzamos.



Referenciatengely

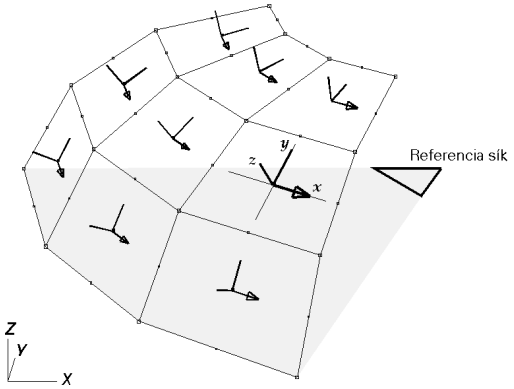


A felületelem lokális ***x*** tengelye a referenciatengelyre mutat (a referenciatengely nem mehet át a felület elem középpontján).



Referenciasík

A felületelem lokális ***x*** tengelye párhuzamos a felület és a referenciasík metszetvonalával (a referenciasík nem lehet párhuzamos a felület elem síkjával).



Referenciaszög

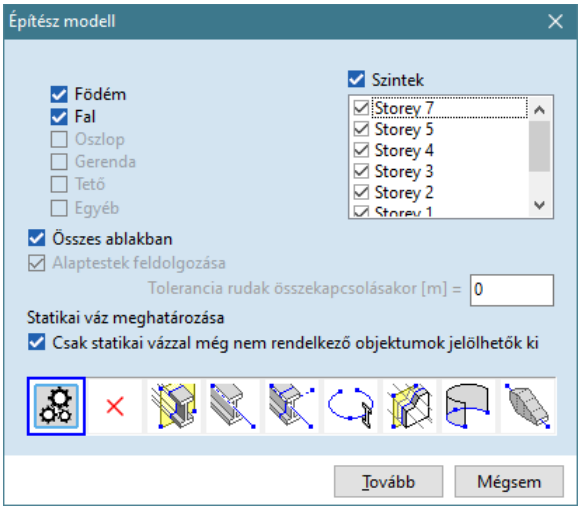
Referenciaszög megadásával a rácsrudat / rudat / bordát hossztengelye körül tetszőleges β szöggel elforgathatjuk. Globális Z irányú elem esetén a globális X tengellyel, minden más esetben a globális Z tengellyel bezárt szög állítható.

A referenciák piros színnel jelennek meg a képernyőn.
Az elemhez rendelt referenciák meghatározzák az elem lokális ***x*** és ***z*** tengelyét, melyből a pozitív ***y*** tengelyirány adódik a jobbsodrású koordináta-rendszernek megfelelően.

A felvett, de a modellben nem használt referenciák törölhetőek a Táblázatkezelőben, ha kiválasztjuk a *Referenciák* táblázatát, majd a *Szerkesztés / Nem használt referenciák* törlése menüpontot.

4.9.26. Építész modellből statikai váz generálása

Amennyiben a *Fájl/Import* funkcióval (*lásd részletesen...* **3.1.7 Import**) IFC formátumú fájlt töltött be a modellbe, az építész modellhez kapcsolódó műveleteket ezzel az ikonnal indíthatja.
Statikai váz generálásához az IFC modul szükséges.



Megjelenítés

Kiválasztható, hogy az eredeti építész modell mely szintjei és mely elemtípusai jelenjenek meg a fólián.

Statikai váz generálásakor, illetve objektumok törlésekor megjelenik a képernyőn a kijelölő-paletta. A kijelölő- palettán a tulajdonságszűrő ikonjára kattintva beállíthatjuk, milyen keresztmetszeti méret-tartományba eső oszlopokat, gerendákat, illetve milyen vastagságtartományba eső fal-, födém- és tető-elemeket szeretnénk kijelölni.
Ha a *Csak statikai vázzal még nem rendelkező elemek jelölhetők ki* kapcsoló bekapcsolt állapotban van, akkor a kijelölés csak olyan objektumokra érvényes, amelyekből még nem generáltunk statikai vázat.

Összes ablakban

Az összes ablakban bekapcsolja az építész modell láthatóságát

Alaptestek feldolgozása

Az IFC fájlban található alaptesteket is feldolgozza a statikai váz generálásakor.

Ha olyan objektumot törlünk, amelyből már statikai vázat generáltunk, akkor az a szerkezetből nem törlődik automatikusan.

Statikai váz generálása

A háttérfólia kijelölt elemeiből a program statikai vázat generál. Az oszlop és gerenda típusú elemeket tengelyvonalukkal, a födém-, a fal- és a tetőelemeket középsíkjukkal veszi figyelembe.

Statikai váz generálásakor lehetőség van a csuklósan kapcsolódó falak modellezésére élmenti csukló segítségével.

Az ifc import során nem minden adatból lehetséges a statikai váz egyértelmű meghatározása. Az olyan elemek esetén, melyeknél az automatikus felismerő algoritmus nem talált megoldást, a képernyőre való kirajzolás szaggatott vonallal történik.

A felhasználónak többféle lehetősége van arra, hogy statikai modellt készítsen, azt módosítsa:



Automatikus statikai váz keresés: amennyiben a kijelölt ifc objektum importálása során az automatikus felismerő algoritmus sikerrel járt, a program az alapján készíti el az elem statikai vázát. **Több elem is kiválasztható**.



Kijelölt ifc objektum törlése: ezzel a funkcióval az építész modell kijelölt elemeit törölhetjük. **Ha olyan objektumot törlünk, amelyből már statikai vázat generáltunk, akkor az a szerkezetből nem törlődik automatikusan. Több elem is kiválasztható.**



Rúd jellegű elemek metszése metszősík megadásával: a program a felhasználó által 3 pont segítségével megadott síkkal elmetszi a kijelölt rúd jellegű elemeket. Az így kialakult keresztmetszetek normálisának az adott testtel alkotott döféspontjai között létrejött rúdtengely mentén alakítja ki a kijelölt elemek statikai modelljét. **Több elem is kiválasztható.**



Rúd jellegű elemek keresztmetszetének számítása a rúdtengely megadásával: a program a felhasználó által két ponttal megadott irányú egyenesnek a kiválasztott testekkel alkotott döféspontjai közé számítja ki a rúdtengelyt. Ennek felezőpontjában, a tengelyre merőleges síkkal történő metszéssel alakítja ki a keresztmetszetet, majd az első lépésben kiszámolt rúdtengelyt ennek súlypontjába tolja. **Több elem is kiválasztható.**



Rúd jellegű elemek keresztmetszetének számítása a rúdtengely megadásával és a keresztmetszet helyének megadásával: ugyanaz, mint az előző pontban annyi különbséggel, hogy itt a keresztmetszet síkjának helyét is a felhasználó adja meg. Ezután a rúdtengelyt úgy módosítja a program, hogy a kezdőpont helyben maradjon, a végpont pedig a kezdőpontnak a keresztmetszet síkjára vett tükörképe legyen. **Csak egyetlen elem jelölhető ki.**



Íves rúd jellegű elem tengelyének megadása: a felhasználó által 3 ponttal megadott kör és a kijelölt test döféspontjai által meghatározott körív lesz a rúd tengelye. Ennek felezőpontjában veszi fel az algoritmus a metszősíkot, mely alapján a keresztmetszet kialakul. Több elem is kiválasztható.



Felület jellegű elemek metszése metszősík megadásával: a kijelölt felület jellegű elemeket a felhasználó által megadott 3 pont által kifeszített síkkal metszi a program. **Több elem is kiválasztható.**

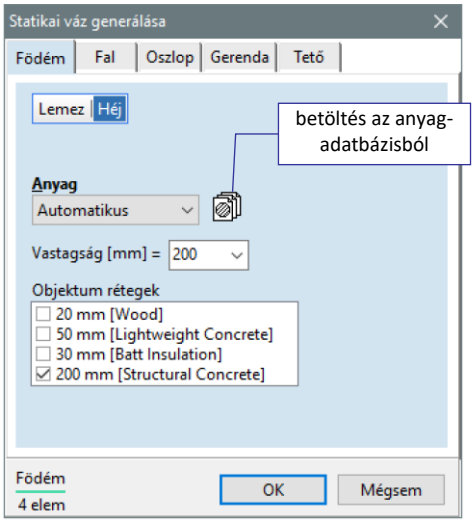


Körív vezérgörbéjű felületelem metszése metszőhenger segítségével: a kijelölt felület jellegű elemet a felhasználó által megadott hengerrel metszi a program. Az így kialakult felület lesz az elem középsíkja, a statikai modell. A henger megadása az alapkörének megadásával történik, a magasságát a program a kijelölt elem méretei alapján magától számolja. Az alapkör megadása két lépésben történik. Először 3 ponttal meg kell adni az alapkörrel centrikus kör ívét. Ezáltal az alapkör síkja és középpontja ismertté válik. A második lépésben ezt a körívet növeljük, csökkentjük az egér mozgatásával. **Csak egyetlen elem jelölhető ki.**

A program minden szerkesztési esetben azonnali idejű vizuális visszajelzést ad arról, hogy az adott beállításokkal milyen statikai modell alakulna ki, így a felhasználó pontosan ki tudja szerkeszteni az általa kívánt statikai modellt. Bekapcsolható, hogy a kijelölés során csak azon elemeket vegye figyelembe a program, melyek még nem rendelkeznek statikai modellel, vagy minden elemet. Ha olyan elemet szerkesztünk, amelynek már volt statikai váza, az a szerkesztés befejezését követően felülíródik.
Az építész modellben létező szintek és objektumtípusok alapján a program részleteket hoz létre. A generált statikai váz elemei automatikusan a megfelelő részletekbe kerülnek, így a generálást követően könnyen válogathatunk a szintek és az objektumok között.
Lásd... **2.16.17 Részletek**

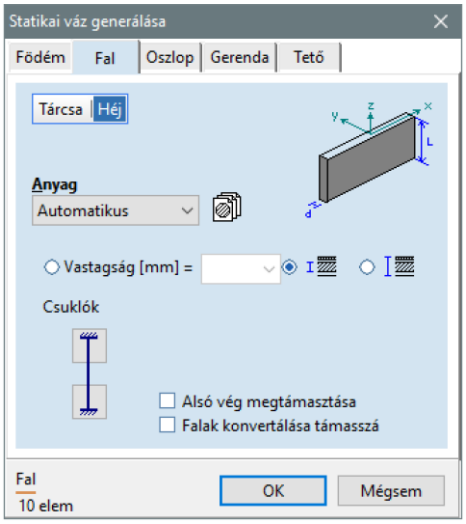
Ha az automatikus anyagjellemzőket választjuk az Anyag legördülő menüből, akkor az IFC fájlban lévő anyagokat alkalmazza a program az építész modellben.
A kijelölt építész objektumokhoz elemtulajdonságokat rendelhetünk a következők szerint:

Födém



Födémet lemezként vagy héjként is definiálhatunk. Meg kell adnunk a födém anyagát és vastagságát.
Réteges szerkezetű födémek esetén az építész objektum rétegei és azok vastagságai is megjelennek az *Objektum-rétegek* listában. A vastagságot ilyenkor a figyelembe veendő rétegek kijelölésével is meghatározhatjuk.
A program először a legvastagabb réteg vastagságát kínálja fel.

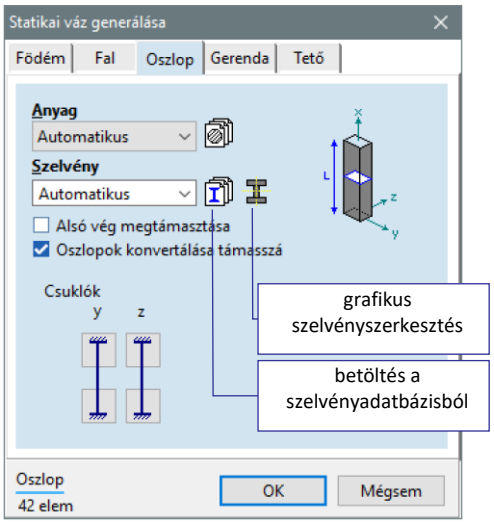
Fal



Falat tárcsaként vagy héjként is definiálhatunk. Meg kell adnunk a fal anyagát és vastagságát.
Réteges szerkezetű födémek esetén az építész objektum rétegei és azok vastagságai is megjelennek az *Objektum-rétegek* listában. A vastagságot ilyenkor a figyelembe veendő rétegek kijelölésével is meghatározhatjuk. A program először a legvastagabb réteg vastagságát kínálja fel.

A fal aljához az *Alsó vég megtámasztása* bekapcsolásával támaszt rendelhetünk.
A kijelölt falobjektumokat élmenti támasszá is alakíthatjuk a *Falak konvertálása támasszá* bekapcsolásával. A támaszok ilyenkor a falak fölső élének helyén jelennek meg. A támaszmerevségek számításakor a program a fal alján és tetején beállítható merev / csuklós kapcsolatot is figyelembe veszi.

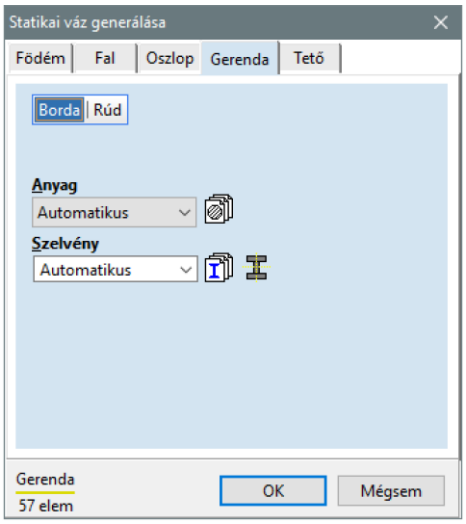
Oszlop



Az oszlopobjektumokat a program mindig rúddá konvertálja. Meg kell adnunk az oszlop anyagát és szelvényét. *Automatikus* szelvény választása esetén a program az építész objektumok geometriai jellemzői alapján határozza meg a megfelelő szelvényt.
Az oszlop aljához az *Alsó vég megtámasztása* bekapcsolásával támaszt rendelhetünk.

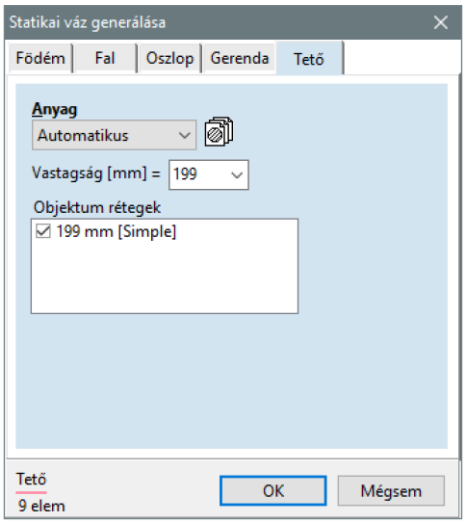
A kijelölt oszlopobjektumokat csomóponti támasszá is alakíthatjuk az *Oszlopok konvertálása támasszá* bekapcsolásával. A támaszok ilyenkor az oszlopok felső végének helyén jelennek meg. A támasz-merevségek számításakor a program az oszlop alján és tetején beállítható, lokális ***y*** és ***z*** tengelyek körüli merev / csuklós kapcsolatot is figyelembe veszi.

Gerenda



A gerendaobjektumokat bordaként és rúdként is definiálhatjuk. Meg kell adnunk a gerenda anyagát és szelvényét. *Automatikus* szelvény választása esetén a program az építész objektumok geometriai jellemzői alapján határozza meg a megfelelő szelvényt.

Tető



A tetőobjektumokat a program mindig héjként definiálja. Meg kell adnunk a tető anyagát és vastagságát. Réteges szerkezetű tetőelemek esetén az építész objektum rétegei és azok vastagságai is megjelennek az *Objektumrétegek* listában.
A vastagságot ilyenkor a figyelembe veendő rétegek kijelölésével is meghatározhatjuk. A program először a legvastagabb réteg vastagságát kínálja fel.

4.9.27. Módosítás

A már definiált végeselemek vagy tartományok jellemzőinek a módosítása.
A módosítás az alábbi lépésekben történhet:

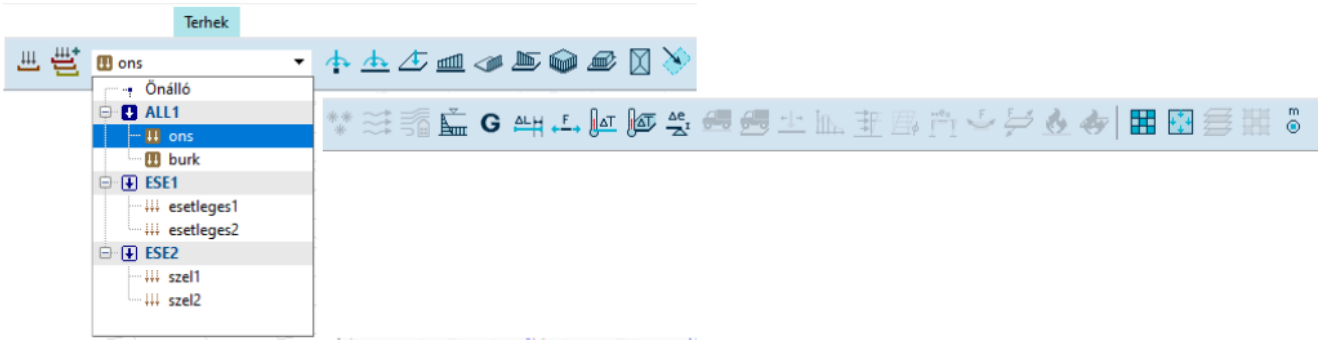
1. A **[Shift]** gomb lenyomva tartása mellett jelöljük ki a módosítandó elemeket. Használhatjuk a kijelölőkeretet is vagy a kijelölő-palettát.
2. Kattintsunk az elem ikonjára.
3. A módosítandó adat sorában lévő kapcsológombot kapcsoljuk be.
4. Módosítsuk az adatot (adatokat).
5. Az **OK** gombbal zárjuk le a dialógusablakot.

Gyors módosítás: a módosítandó elemre vagy tartományra kattintva rögtön megjelenik a neki megfelelő beállítóablak. Ha több elem ki van jelölve, és úgy kattintunk valamelyikre közülük, akkor az annak megfelelő elemtípusból valamennyi kijelölt elem tulajdonságait egyszerre módosíthatjuk a fentiek szerint. Ha kijelöltünk ugyan végeselemeket, de egy nem kijelölt elemre kattintunk, akkor a kijelölés megszűnik és a módosítás csak a kattintással kiválasztott elemre fog vonatkozni. Csomópontra kattintva a csomóponti szabadságfokok gyors beállítása válik lehetségessé.
A tulajdonságok egyszerű módosításához használhatjuk a Tulajdonságszerkesztőt.
Lásd... **3.6.1 Tulajdonságszerkesztő**

4.9.28. Törlés

Del Részletes leírását *lásd...* **3.2.9 Törlés**

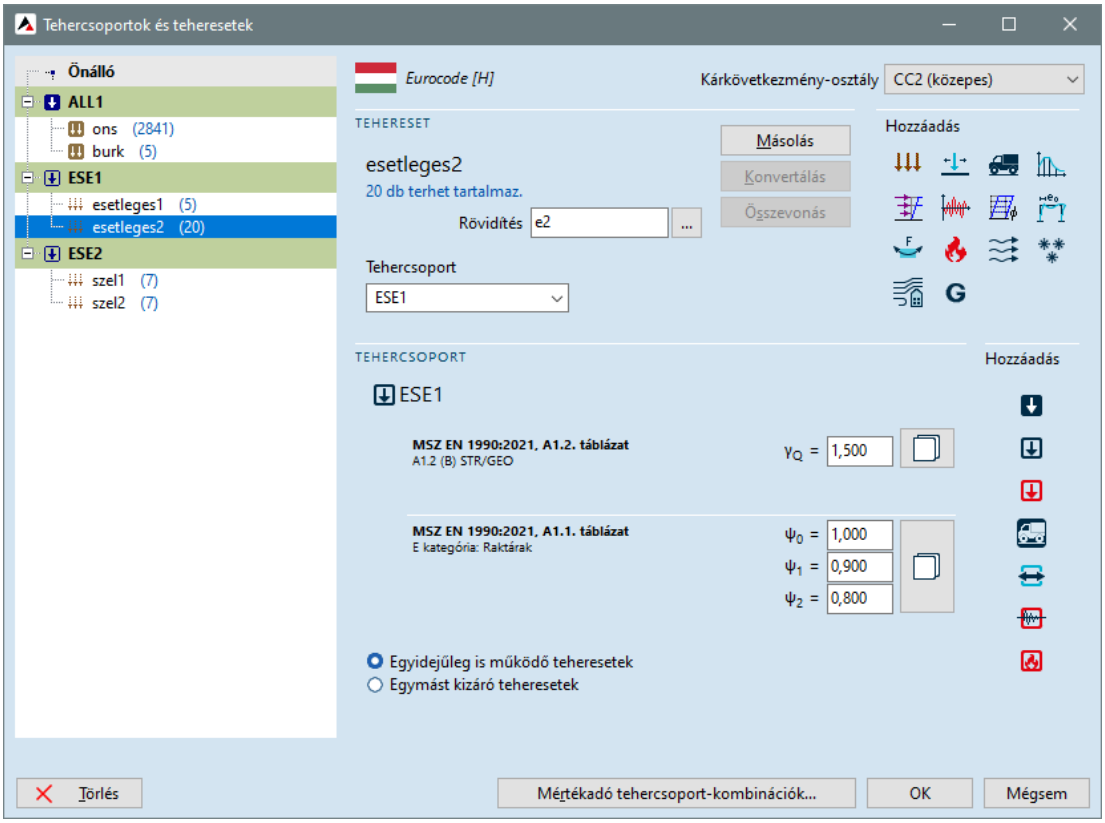
4.10. Terhek



Statikai, rezgés, kihajlás és dinamikai vizsgálatoknál fellépő statikus és dinamikus terhek definiálása.
A modellben definiált teheresetek közül a legördítő lista segítségével választhatjuk ki az aktuálisat. A megadott terhek ebbe a teheresetbe kerülnek.

4.10.1. Teheresetek, tehercsoportok





Kárkövetkezmény-osztály

Az Eurocode a szerkezeteket a tönkremenetel következményei, társadalmi-gazdasági kockázatai szerint kategorizálja, és a K_{FI} paraméter értékét a kárkövetkezmény-osztály szerint választja meg. Ezt a paramétert az EN 1990 szabvány szerinti parciális tényezők szorzótényezőjeként használják. Módosítása: *Beállítások / Szabvány / Teherkombinációk*.

Új tehereset



Valamelyik *Új tehereset* ikonra kattintva, a tehereset listában egy új mező jelenik meg. A mezőben megadható az új tehereset neve. Csak olyan tehereset név adható meg, amely még nem létezik. Maximum 99 tehereset adható meg.

A tehereset a következők valamelyike lehet:



1. Statikus tehereset

A tehereset alkalmazható statikai rezgés- és kihajlás számításokhoz. Rezgésvizsgálat esetén a tehereset terhei tömegként is figyelembe vehetők. A teheresetet egy tehercsoporthoz is hozzá rendelhetjük. Mértékadó teherkombináció képzésekor a tehereset az adott tehercsoport paramétereivel fog szerepelni.

☞ **Mértékadó teherkombináció-képzés csak lineáris statikai számítás eredményeiből kérhető.**



2. Hatásábra tehereset

Ebben a teheresetben csak hatásábra előállításához szükséges relatív keresztmetszeti elmozdulásokat definiálhatunk. A tehereset lineáris statikai számításban használható. Eredményként a hatásábra-diagramot kapjuk meg, tetszőleges X, Y, Z egységerőkhöz.

Lásd részletesen... **4.10.24 Hatásábra**

☞ **Hatásábra típusú tehereset megadása esetén az eszköztárról csak hatásábra típusú teher választható ki.**



3. Mozgó tehereset

Mozgó terhet tartalmazó teheresetet adhatunk meg. Ebben a teheresetben elérhetőek a vonalmenti, illetve felületi mozgó terheket létrehozó ikonok. Mozgó teher definiálásakor a lépések (mozgásfázisok) számával megegyező számú új tehereset keletkezik, ezeket a név után következő sorszám különbözteti meg (*Mozg_xx*). Ezek a teheresetek automatikusan egy mozgó tehercsoportba kerülnek, így a legkedvezőtlenebb állapot a mértékadó kombinációk lekérdezésével tekinthető meg. Ezek a teheresetek csak együtt helyezhetőek át és csak másik mozgó tehercsoportba.

Ha egy teheresetben több mozgó terhet is megadtunk, annyi mozgásfázis (és tehereset) keletkezik, amennyi a legnagyobb megadott lépésszám. Ha a legnagyobb lépésszám *k*, és egy másik teher lépésszáma $i < k$, akkor az a teher az $i+1, i+2, \ldots, k$ fázisokban az útvonal végpozícióján fog tartózkodni.

Lásd részletesen... **4.10.30 Mozgó terhek**

☞ **A mozgó teheresetek csak mozgó tehercsoportokban szerepelhetnek, és ezek a teheresetek csak csoportosan törölhetőek. Mozgó teheresetekben statikus terhek is megadhatóak, ezek minden fázisban jelen lesznek a szerkezeten, de csak a mozgó teher thereseteiben.**



4. Földrengés tehereset

Ebben a teheresetben földrengésterhelés előállításához szükséges paramétereket definiálhatunk. Földrengés típusú tehereset létrehozásához előzetesen a modell rezgés vizsgálatát el kell végezni. Minden rezgésalakhoz, a frekvenciák és tömegek alapján a program földrengés-thereseteket generál. Definiálásakor *k+2* új tehereset generálódik, ahol *k* a számított rezgésalakok száma, a másik két eset (egy '+' jelű és egy '-' jelű) fogja tartalmazni a mértékadó igénybevételeket.

Egy modellhez több, eltérő paraméterekkel felvett földrengésterhelést is megadhatunk, melyek egymással természetesen nem kombinálódnak.

Lásd részletesen... **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**

☞ **Földrengés típusú tehereset kiválasztása esetén az eszköztáron csak a földrengés paraméterek megadása ikon aktív**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, földrengésvizsgálatot csak a végállapotra lehet elvégezni.**



5. Pushover tehereset

Ebben a teheresetben a pushover vizsgálathoz szükséges tehereloszlások paramétereit definiálhatjuk. A pushover tehereset létrehozása előtt a modell rezgésvizsgálatát el kell végezni. A későbbiekben kiválasztott rezgésalakoknak megfelelően a program csomóponti koncentrált erő jellegű terhet helyez el a modell minden csomópontján. Kezdetben összesen négy tehereset jön létre. Ezek a két vízszintes tengely (alapértelmezésben X és Y) irányába mutató egy-egy egyenletes (U) és modális (M) erőeloszlást képviselik.

Egyenletes eloszlás esetén a csomóponti erők nagysága kizárólag a csomóponthoz rendelt tömeg nagyságától függ, azzal arányosan kerül meghatározásra. Modális esetben emellett a rezgésalakokat is figyelembe veszi a program és a sajátvektor elemeivel súlyozott tömegértékek alapján határozza meg a csomóponti terheket. A létrehozott terhek hatásvonalai minden esetben egymással párhuzamosak, nagyságuk előjeles összege pedig 1 kN. *Lásd részletesen...* **4.10.26 Pushover terhek – SE2 modul**

☞ **Pushover típusú tehereset kiválasztása esetén az eszköztáron csak a pushover paraméterek megadása ikon aktív.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, pushover vizsgálatot csak a végállapotra lehet elvégezni.**



6. Globális és kihajlási alakok szerinti imperfekció

Imperfekciós tehereset megadásakor automatikusan létrejön egy imperfekciós tehercsoport is. Ez a tehercsoport csak imperfekciós teheresseteket tartalmazhat. A tehercsoport paraméterezést nem igényel, és automatikusan megszűnik az imperfekciós teheresetek törlésekor. Az imperfekciós teheresetek csak a geometriailag nemlineáris számításokban alkalmazhatók. A teherkombinációs táblázatban kérhetjük a mértékadó ULS kombinációk generálását, és bekapcsolhatjuk az imperfekciós teheresetek figyelembevételét. Ekkor a program az imperfekciós tehercsoportba sorolt tehereseteket is figyelembe veszi a kombinációk előállításakor. Az így előállított kombinációk eredményeit egy geometriai nemlineáris számítással kapjuk meg.

Részletesen lásd... **4.10.27 Globális imperfekciók, 4.10.28 Kihajlási alakok szerinti imperfekciók**

☞ **Az imperfekciós teheresetek a lineáris számításból kapott eredmények mértékadó kombinációinak ellőállításában nem vesznek részt.**



7. Feszítés tehereset

Ha rendelkezésre áll a választott szabvány szerinti feszítés modul, akkor megadhatók feszítés teheresetek is, melyek mindig külön feszítés tehercsoportba kerülnek. Egy név tehereset megadásakor két tehereset keletkezik. A név-**T0** fogja tartalmazni a feszítés befejezése utáni pillanatra számított helyettesítő terheket, a név-**TI** pedig ezen terhek hosszú távon beálló értékeit. A feszítési adatok megadása során bármelyik teheresetet választhatjuk. Adatmegadás után csak a név-T0 teheresetben jelennek meg helyettesítő terhek. A hosszú távú értékeket ugyanis a program csak a statikai számítás eredményének ismeretében tudja meghatározni. *Lásd...* **4.10.29 Feszítés – PS1 modul**

☞ **A feszítés tehereset csak feszítés tehercsoportban szerepelhet. Feszítés tehereset kiválasztása esetén az ikontáblán csak a feszítés teher aktív. Ebben a teheresetben más típusú teher nem adható meg.**



8. Dinamikus tehereset

Dinamikus terheket tartalmazó teheresetet hozhatunk létre. Ez az ikon azonban csak akkor elérhető, ha rendelkezik a Dinamikai (DYN) számítómodullal. A tehereset létrehozását követően a teher fülön elérhetővé válik a dinamikus erő és támaszgyorsulás megadó ikon. Ezek segítségével dinamikus hatásokat vehetünk figyelembe a modellen.

Lásd... **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul**

☞ **A dinamikus tehereset nem sorolható tehercsoportba és nem vehető figyelembe teherkombinációban sem. Ilyen teheresetben szereplő terheléseket csak a dinamikai számítás veszi figyelembe.**



9. Hóteher megadása

A Hóteher opcióval automatikusan generált hóterhet helyezhetünk el a szerkezeten. Az automatikus hóteher generálás csak bizonyos típusú szerkezetekre alkalmazható. A vonatkozó korlátozásokat részletesen tárgyalja a **4.10.13 Hóteher – SWG modul** fejezet.

Hóterhet tetszőleges síkokkal leírható tetőfelületre képes számítani a program. Kezdetben egy ideiglenes tehereset jön létre a hóteherhez tartozó tehercsoportban, melynek átnevezésével megadható a később automatikusan generált hóteher esetek neve. Amennyiben az alkalmazott szabvány előírja rendkívüli hóteher figyelembevételét, egy másik ideiglenes teheresetet is létrehoz a program a rendkívüli hóteher csoportjában. (kivételt képeznek az *Eurocode 1-3 Annex B* alapján számított rendkívüli hóterhek; ezeket jelenleg nem kezeli a program) A teherpanelek létrehozása és a hóteher paramétereinek megadása után a program felülírja az ideiglenes tehereset(ek)et az automatikusan generált esetekkel.

A felhalmozódás nélküli esetet **UD** (undrifted) utótag jelöli. A szél hatására felhalmozódó havat modellező terheléseket pedig **D**-vel (drifted) jelöli a program. A felhalmozódásért felelős szél irányát a tehereset nevében a **D** betűt követő karakterek határozzák meg. A nyolc szélirány közül négy a koordinátatengelyekkel párhuzamos. Az ezekhez tartozó teheresetek nevében csak **X** vagy **Y** betű és egy **+** vagy **–** jel szerepel. A betű megadja a szél vektorával párhuzamos koordinátatengelyt, a jel pedig a vektor irányát a tengely mentén. Az **X+** például az X tengely pozitív irányába mutató szél sebességvektort jelent. További négy olyan szélirányt is figyelembe vesz a program, melyek az XY síkban a koordinátatengelyekkel 45 fokos szöget zárnak be. Ezeknek az irányát a megfelelő koordinátatengelyekre vetített komponenseikkel adjuk meg, ezért ezekhez a vektorokhoz tartozó teheresetek nevében összesen 4 karakter szerepel. Az **X+Y-** például azt jelenti, hogy pozitív X és negatív Y irányba mutat a vektor, azaz az XY síkban 315 fokos szögben áll.

A fentiek közül csak a szükséges teheresseteket generálja a program. A szükséges esetek száma függ a szerkezet típusától (elsősorban a tető geometriájától) és a felhasználó által megadott hóteherparaméterektől. A hóteher létrehozásához szükséges paraméterek a teheresetek megadására szolgáló ablak bezárása után, az eszköztáron található Hóteher ikonra kattintva adhatóak meg. A paraméterek megadása előtt a teherpanel gomb segítségével javasolt definiálni a tetőt alkotó teherpaneleket.

A paraméterek megadására szolgáló ablak működését a **4.10.13 Hóteher – SWG modul** fejezet mutatja be.

☞ **Hóteher típusú tehereset kiválasztása esetén az eszköztáron csak a hóteher és a teherpanel ikonok aktívak.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, hóterhet csak a végállapotra lehet figyelembe venni.**



10. Szabványos szélteher megadása

A *Szélteher* opcióval automatikusan generált szélterhet helyezhetünk el a modellben definiált alszerkezeteken. A szélteher megadása során kiválaszthatjuk, hogy az egyes alszerkezetek terhei külön teheresetekbe kerüljenek. Ellenkező esetben az egyes teheresetek több alszerkezet terheit is tartalmazni fogják.

Szélterhet a program kizárólag az alkalmazott szabványban szereplő épülettípusokra tud megbízhatóan számítani. Ettől eltérő épületgeometria esetén az automatikus szélteher generálása nem javasolt. Ilyenkor a WIND modul alkalmazásával, szélcsatorna-szimulációval lehet a valóságot jobban közelítő szélterheket generálni. A vonatkozó korlátozásokat részletesen tárgyalja a **4.10.14 Szélteher – SWG modul** fejezet.

Szélterhet a program tetszőlegesen elhelyezett sík teherpanelekre tud generálni.

Kezdetben egy ideiglenes tehereset jön létre a hozzá tartozó szélteher tehercsoportban, melynek átnevezésével megadható a később automatikusan generált szélteher esetek neve.

A teherpanelek létrehozása és a szélteher paramétereinek megadása után a program felülírja az ideiglenes teheresetet az automatikusan generált teheresetekkel.

A teheresetek nevében szereplő karakterek alapján megállapítható, hogy milyen körülmények figyelembevételével számította a program az adott teheresethez tartozó terheket.

A tehereset felhasználó által megadott neve után szereplő első két karakter a szél irányát mutatja meg. Ez a hóteherhez hasonló módon egy koordinátatengelyt és azon a pozitív vagy negatív irányt definiálja. Az **Y-** például azt jelenti, hogy az Y tengellyel párhuzamos és negatív irányba mutat a szél sebességvektora. A következő karakter a külső szélhatás típusát adja meg. Szélnyomás esetén **P**, szélszívás esetén pedig **S** szerepel a tehereset nevében. Nyeregtetők esetében a szabvány előírja a tető két oldalán előforduló szélnyomás és szélszívás hatások összes lehetséges kombinációjának vizsgálatát. Ezért nyeregtetőknél **P** és **S** helyett **Pp**, **Ps**, **Sp** és **Ss** szerepel a szélterhek nevében. Az első karakter a szel támadta oldalon kialakuló szélhatás típusát jelöli, míg a második karakter a védett oldalra vonatkozik. A **Ps** jelölés például nyomást jelent a szel támadta oldalon és szélszívást a védett oldalon.

A speciális csavaró szélhatásokhoz tartozó eseteket **T+** és **T-** jelöli. A **+** és **–** jelek a két különböző irányú csavarást különböztetik meg.

Az utolsó karakter a belső szélhatás típusát adja meg. Az **O**-val jelölt esetekben nem számol a program belső széllel, míg a **P** és **S** a külső szélhez hasonló módon a szélnyomáshoz és szélszíváshoz tartozik. Ezekre akkor van szükség, ha bővebb információ hiányában a szabvány által javasolt közelítéssel élünk és a belső szélnyomás számításához egy pozitív és egy negatív mértékadó értéket használunk. Negyedik lehetőségként **C** betű jelöli azokat az eseteket, melyek a felhasználó által megadott, az épület nyílásait jellemző μ tényező alapján kerültek meghatározásra. A szélteher generálása során a program vagy a **P** és **S** vagy a **C** teheresetеket tartja csak meg attól függően, hogy a felhasználó megadott-e μ tényezőt az adott szélirányhoz.

A fentiek közül csak a szükséges teheresetеket generálja a program. A szükséges esetek száma függ a szerkezet típusától és a felhasználó által megadott szélteher-paraméterektől. A szélteher létrehozásához szükséges paraméterek a teheresetek megadására szolgáló ablak bezárása után, az eszköztáron található *Szélteher* gombra kattintva adhatóak meg. A paraméterek megadása előtt a teherpanel gomb segítségével javasolt definiálni a tetőt és a falakat alkotó teherpaneleket.

A paraméterek megadására szolgáló ablak működését a **4.10.14 Szélteher – SWG modul** fejezet mutatja be.

☞ **Szélteher típusú tehereset kiválasztása esetén az eszköztáron csak a szélteher és a teherpanel ikonok aktívak.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, szélterhet csak a végállapotra lehet figyelembe venni.**



11. Tűz tehereset

Tűz teheresetben tűzhatást definiálhatunk a szerkezet elemeire. A program jelen verziójában tűzhatás acél, fa és beton vonalelemekre vagy beton anyagú tartományokra adható meg, amelyhez SD8, TD8, RC8-B, illetve RC8-S modulok megléte szükséges.

Tűz tehereset megadásakor automatikusan létrejön egy tűz tehercsoport is, amely csak tűz terheresetet tartalmazhat. A tehercsoport paraméterezést nem igényel, és automatikusan megszűnik a teheresetek törlésekor.
Eurocode szabvány szerinti mértékadó teherkombinációk automatikus generálásakor tűz tehereseteket csak rendkívüli kombináció képzésekor veszi figyelembe a program, de lehetőség van egyedi kombinációk képzésére is.
A paraméterek megadására szolgáló ablak működését a következő fejezetek mutatják be:

4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul,
4.10.33 Tűzhatás fa vonalelemeken – TD8 modul
4.10.34 Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul
4.10.35 Tűzhatás beton tartományokon – RC8-S modul

☞ **Tűz teheresetben az eszköztáron csak a tűzhatás definiálása szolgáló ikonok aktívak.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, tűzméretezés csak a végállapotra lehetséges.**



12. Szimulált szélteher

A szélcsatorna-vizsgálatban használt szimulált szélterhet adhatjuk meg. A gombra kattintva létrejön egy alapértelmezetten **w1-0°** nevű ideiglenes tehereset, s ha még nem adtunk meg ilyen terhet, egy alapértelmezetten **WG** nevű tehercsoport, melyben a teheresetek mindig egymást kizáróak.
A szimulált szélteher megadásakor (**4.10.15 Szimulált szél szélcsatorna vizsgálathoz – WIND modul**) több szélirányt is felvehetünk azonos szélprofillal és paraméterekkel, ilyenkor minden szélirányhoz külön tehereset generálódik majd a tehercsoportba (pl. w1-0°, w1-90°, w1-180°, w1-270°). Ezeket együttesen *szélrózsa*nak nevezzük.
A végül mégsem vizsgált irányokat nem szükséges törölni, bármelyik tehereset üresen maradhat. A szimulált szélteher megadó formon a kijelölt irányok bármikor módosíthatóak, törölhetőek, kiegészíthetőek, ennek megfelelően jönnek létre létre vagy szűnnek meg a szélrózsa teheresetei.
A szélrózsa bármelyik teheresetét átnevezve, az összes tehereset neve megfelelően módosul.
A modellben tetszőleges számú szélrózsa felvehető eltérő szélprofillal vagy módosított paraméterekkel, ezek mind ugyanabba a szimulált szél tehercsoportba kerülnek. Újabb terheknél alapértelmezetten w2-0°, w3-0°, ... nevű ideiglenes teheresetek jönnek létre, a generált teheresetek száma ezeknél is a szélrózsa megadásakor felvett szélirányok számával lesz egyenlő.
A *Konvertálás* gombra kattintva a szimulált szél tehercsoportja esetleges tehercsoporttá, a benne lévő teheresetek közönséges statikus teheresetekké konvertálhatóak.
A szélcsatorna-vizsgálat részleteit lásd **4.11 Szélcsatorna – WIND modul.**

☞ **Szimulált szélteher teheresetben az eszköztáron a szimulált szélteher megadására szolgáló ikonon kívül csak a teherpanelek megadása aktív.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, szimulált szélterhet csak a végállapotra lehet figyelembe venni.**

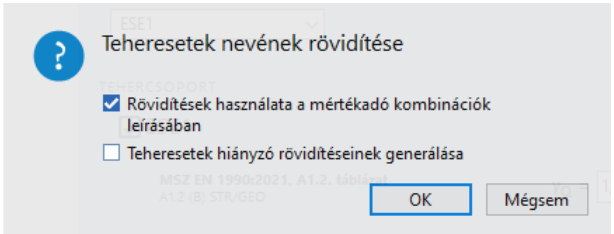


13. Önsúly tehereset

Önsúly terhek bármely statikus teheresetben megadhatóak, de létrehozható külön önsúly tehereset, melyben minden szerkezeti elem önsúlya automatikusan megjelenik. Egy modellben csak egy önsúly tehereset definiálható. Az önsúly teheresetben további terheket nem lehet felvenni.

Rövidítés

A mértékadó teherkombinációk leírását a hosszú tehereset-nevek jelentősen megnyújtják. Az áttekinthetőség javítása illetve a megjelenítési, nyomtatási problémák megelőzése érdekében tanácsos a teheresetek nevéhez rövidítéseket is megadni, és a rövidítések használatát bekapcsolva tartani (lásd lejjebb).



A *Rövidítések használata a mértékadó kombinációk leírásában* kapcsolóval szabályozhatjuk, hogy rövidítve, vagy teljes névvel jelenjenek meg a teheresetek a mértékadó kombinációk szöveges kiírásakor.

A *Teheresetek hiányzó rövidítéseinek generálása* opció bekapcsolásával egy lépésben pótolhatjuk a hosszú nevek hiányzó rövidítéseit. Öt karakternél rövidebb tehereset-nevekhez, illetve a program által csoportosan generált teheresetekhez ez az eljárás nem rendel rövidítést.

Teher-időtartam osztály

Fa méretezés esetén a méretező modulnak szüksége van a teher időtartamának ismeretére is. Ezért, ha van fa anyag a modellben, megadható az egyes teheresetek teher-időtartam osztálya (Állandó: > 10 év; Hosszú idejű: 6 hónap–10 év; Közepes idejű: 1 hét–6 hónap; Rövid idejű: < 1 hét; Pillanatnyi; Ismeretlen)

Tehereset másolása

Másolatot készíthetünk egy már létező teheresetről. A másoláshoz meg kell adnunk az új tehereset nevét, valamint egy szorzófaktort. Az új tehereset minden terhe ezzel a szorzófaktorral módosul. A szorzófaktor lehet negatív érték is. Önsúlyterhek másolásánál a szorzófaktor figyelmen kívül marad.

Tehereset konvertálása

Korábban automatikusan generált hó- és szélterhek egyedi terhekké alakíthatók. A tehereset ablakon található *Konvertálás* gombra kattintva, az összes hó vagy szélteher egyedileg módosítható, törölhető teheresetekbe kerül.

☞ **Kijelölt terhek másolhatók, illetve mozgathatók egyik teheresetből a másikba, ha a teher mozgatása vagy másolása közben átkapcsolunk arra a teheresetre, ahova a terhet másolni vagy mozgatni szeretnénk.**

Teheresetek összevonása

Statikus teheresetek terhei a thereseteket kijelölve, majd az *Összevonás* gombra kattintva össze–vonhatóak. Megadható, hogy az összevont terhek új teheresetbe, vagy valamelyik már létező teheresetbe kerüljenek. Az összevont terheket tartalmazó eredeti teheresetek megszűnnek.

Törlés

Törli a fában kijelölt teheresetet vagy tehercsoportot, illetve a vele logikailag összefüggésben lévő thereseteket és tehercsoportokat (például egy földrengés tehereset törlése maga után vonja az összes belőle generált földrengésteher és azok tehercsoportjának törlését is).

Aktuális tehereset beállítása

Kattintsunk a dialógusablak bal oldalán látható tehereset-lista egy mezőjére. Az ablak lezárása után a következőkben definiált terhek ebbe a teheresetbe kerülnek.

☞ **Az éppen aktuális tehereset neve az Info ablakban és a *Terhek* eszköztáron is látható. A definiált terhek mindig ebbe az aktuális teheresetbe kerülnek.**

Új tehercsoport

Az automatikus mértékadó teherkombináció képzéséhez szükség van tehercsoportok megadására. Valamelyik *Új tehercsoport* ikonra kattintva, a tehereset listában megjelenik egy új tehercsoport és megadható a neve. A tehercsoport definiálásakor meg kell adni a hozzá tartozó paramétereket is (biztonsági tényező, egyidejűségi tényező, dinamikus tényező...).
Az egyes thereseteket ezen tehercsoportokhoz tudjuk hozzárendelni. Egy thereseten állva a *Tehercsoport* legördülő listából választhatjuk ki, melyik tehercsoporthoz tartozzon. A baloldali fán a thereseteket egérrel is áthúzhatjuk egy tehercsoportba. *Lásd még...* **4.10.2 Teherkombinációk**
Az új tehercsoportok alapértelmezett viselkedését a *Beállítások / Alapbeállítások / Tehercsoportok* menüpontban adhatjuk meg (*lásd...* **3.3.11 Alapbeállítások**).



A parciális tényezők mellett található gombokra kattintva a megjelenő dialógusablakban az aktuális szabványban ajánlott értékek közül választhatunk.

Tehercsoport típusok

A tehercsoport (a kiválasztott szabványtól függően) az alábbi típusok valamelyike lehet:



1. Állandó tehercsoport

Állandó jellegű terhek csoportja (önsúly, állandó terhek, ...).

Összes tehereset figyelembevétele:

A mértékadó teherkombináció képzésekor a tehercsoport minden teheresete szerepelni fog a kombinációban, a megadott alsó vagy felső biztonsági tényezővel.

Csak a legkedvezőtlenebb tehereset figyelembevétele:

A mértékadó teherkombináció képzésekor csak a tehercsoport legkedvezőtlenebb teheresete fog szerepelni a kombinációban, a megadott alsó vagy felső biztonsági tényezővel.



2. Esetleges tehercsoport

Esetleges jellegű terhek csoportjai (szél, jármű, daru, hó, ...).

Egymást kizáró teheresetek:

A mértékadó kombináció képzésekor a tehercsoportba tartozó teheresetek egymást kizáróak, vagyis a tehercsoportból egy időben egy tehereset szerepelhet, mint kiemelt vagy egyidejű eset.

Egyidejűleg is működő (additív) teheresetek:

A mértékadó kombináció képzésekor a tehercsoportba tartozó teheresetek közül egyidejűleg több is szerepelhet a kombinációban.



3. Rendkívüli tehercsoport

Rendkívüli jellegű terhek csoportja (ütközés, támaszmozgás, robbanás ...). Az egy tehercsoportba tartozó teheresetek egymást kizáróak, vagyis a teherkombináció képzése során egy tehercsoportból egy időben csak egy tehereset szerepelhet. A tehercsoportból egy tehereset csak kiemelt teheresetként szerepelhet, egyidejűként nem (egyidejűségi tényező=0).



4. Mozgó tehercsoport

A mozgó teheresetben megadott teher mozgásfázisai szerint generált teheresetek mozgó tehercsoportba kerülnek.



5. Feszítés tehercsoport

Ha rendelkezésre áll a választott szabvány szerinti feszítés modul, akkor feszítés tehercsoport is megadható. A feszítés tehercsoportot a program állandó tehercsoportként kezeli. A csoport csak feszítés tehereseteket tartalmazhat. Ugyanabban a teherkombinációban a *név-T0 és név-TI* feszítési teheresetek nem szerepelhetnek egyszerre.



6. Földrengés tehercsoport (Eurocode, SIA 26x, és olasz szabvány esetén)

Az egy tehercsoportba tartozó teheresetek egymást kizáróak, vagyis a teherkombináció képzése során egy tehercsoportból egy időben csak egy tehereset szerepelhet. A tehercsoportból egy tehereset csak kiemelt teheresetként szerepelhet, egyidejűként nem (egyidejűségi tényező = 0).



7. Tűz tehercsoport (Eurocode)

Tűz teheresetet tartalmazó tehercsoport. Tűz tehercsoport esetén beállíthatjuk, hogy a tehercsoport egymást kizáró vagy egyidejűleg működő tehereseteket tartalmaz, ezáltal számos különböző szcenárió vizsgálata lehetséges egy modellen belül. Egyidejű teheresetekben ugyanazon vonalelemre csak egy tűzhatás definiálható.

Mértékadó kombináció képzése

Mértékadó teherkombináció képzése során a program összegzi az összes állandó típusú terhet, majd kiemel valamelyik tehercsoportból egy mértékadó esetleges vagy rendkívüli teheresetet, végül a többi tehercsoportból is kivesz egy-egy esetleges teheresetet, és azokat egyidejűségi tényezővel megszorozva összegzi az előbbiekkel. Az összes lehetséges kombinációt kiszámítja, és kikeresi az adott ponthoz tartozó legkisebb és legnagyobb értékeket (az érték lehet elmozdulás, igénybevétel, feszültség vagy támaszerő).

Mértékadó kombinációk előállítása Eurocode, SIA és NTC szabványok szerint az alábbi képletek alapján történik.

Mértékadó kombinációk igénybevételekre (ULS)

ULS 1 – Tartós és átmeneti

Eurocode

Eurocode esetén a program az ULS kombinációk generálásához az Eurocode 0 szerinti (6.10.a) és (6.10.b) alternatív hatáskombinációkat használja, amely kisebb igénybevételeket, elmozdulásokat eredményez, és így gazdaságosabb tervezést biztosít.

$$\max\left\{\begin{array}{l}\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}\Psi_{0,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i} \quad (6.10.a)\\ \sum_{j\geq 1}\xi_j\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i} \quad (6.10.b)\end{array}\right.$$

☞ **A kárkövetkezmény-osztály figyelembevétele úgy történik, hogy a parciális tényezőket K_{FI}-vel szorozzuk, amennyiben az a kedvezőtlenebb. Lásd a fejezet elején.**

Egyes országokban (pl. Ausztriában, Németországban) a nemzeti melléklet nem engedi a (6.10.a) és (6.10.b) képletek alkalmazását. Ilyenkor a program a következő kombinációkkal számol:

Eurocode(A), NTC szabvány

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$$

SIA26x szabvány

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_P P+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\Psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Geotechnikai kombinációk határállapotok vizsgálatához

A geotechnikai kombinációk generálásához a program a fenti összefüggéseket alkalmazza. A parciális tényezőket az Eurocode 7 „A" mellékletében szereplő A1 és A2 értékcsoportokból választja ki:

A hatás		*Jel*	*Értékcsoport*	
			A1	*A2*
Állandó	kedvezőtlen	γ_G	1,35	1,0
	kedvező		1,0	1,0
Esetleges	kedvezőtlen	γ_Q	1,5	1,3
	kedvező		0	0

Megjegyzés: az egyes országokban használható értékek az adott ország nemzeti mellékletében van rögzítve, azokat külön nem részletezzük a kézikönyvben. A program a kiválasztott szabvány és ország nemzeti mellékleteiben foglalt értékeket veszi figyelembe.

Parciális tényezők a helyzeti állékonyság határállapotának (EQU) vizsgálatához

A helyzeti állékonyság határállapotának (EQU) vizsgálatához a hatások alábbi parciális tényezőit alkalmazza a program az Eurocode 7 „A" melléklete szerint.

Hatás		*Jel*	*Érték*
Állandó	kedvezőtlen (állékonyságcsökkentő)	$\gamma_{G;dst}$	1,1
	kedvező (állékonyságnövelő)	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Esetleges	kedvezőtlen (állékonyságcsökkentő)	$\gamma_{Q;dst}$	1,5
	kedvező (állékonyságnövelő)	$\gamma_{Q;stb}$	0

ULS 2 - Földrengés

Eurocode, SIA26x

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Olasz szabvány

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + E + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

DIN

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ULS 3 - Rendkívüli

Eurocode és más szabványok

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + \Psi_{1,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

SIA26x

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Mértékadó kombinációk elmozdulásokra (SLS)

SLS 1 - Ritka

Eurocode és más szabványok

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i\neq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

SLS 2 – Gyakori

Eurocode és más szabványok

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \Psi_{1,1} Q_{k,1} \sum_{i\neq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

SLS 3 - Kváziállandó

Eurocode és más szabványok

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Eurocode(RO)

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + 0.6\gamma_I A_{Ek} + \sum_{i\geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

A mértékadó kombinációk előállítása igénybevételekre és az elmozdulásokra is automatikus. Lehetőség van a kombinációs módok beállítására mind ULS mind SLS kombinációk esetén. A statika fülön kattintson az ábrázolási paraméterek gombra, majd a megjelenő dialógus ablakban beállíthatja a megfelelő ULS (tartós és átmeneti/rendkívüli/szeizmikus) és SLS (ritka/gyakori/kváziállandó) kombinációkat.

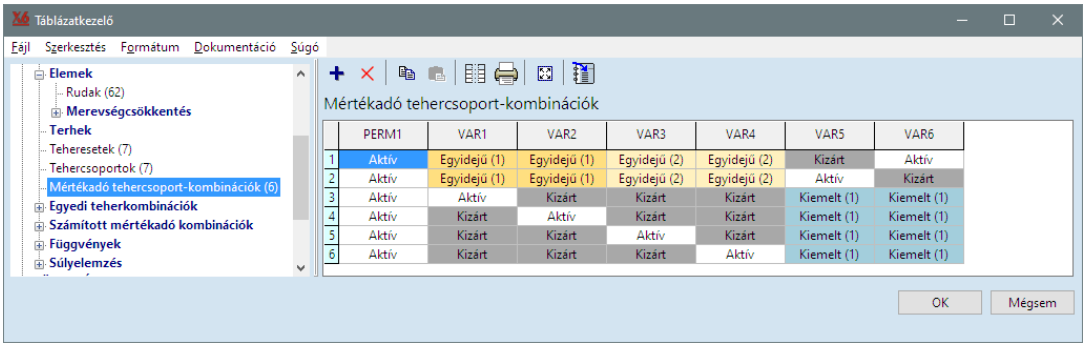
Olasz NTC szabvány

Földrengés terhek kombinálása más terhekkel: $\sum G_K + \gamma_I \cdot E + \sum \Psi_{ji} Q_{Ki}$

ahol:
- γ_I fontossági tényező
- E szeizmikus hatásból eredő teher
- G_K állandó terhek karakterisztikus értéke
- Q_{Ki} változó terhek karakterisztikus értéke
- Ψ_{ji} Ψ_{2i}(ULS) kombinációs szorzó kváziállandó Q_i értékhez
- Ψ_{0i} (DLS) kombinációs szorzó ritka Q_i értékhez

Mértékadó tehercsoport-kombinációk

A mértékadó igénybevételek meghatározása a beállított tehercsoportok figyelembevételével történik. Az egyértelműen kizáró szituációkat (pl. hóteher és rendkívüli hóteher) a program automatikusan felismeri és ennek megfelelően kezeli, például egy adott kombinációban soha nem fog egyszerre szerepelni a hó és a rendkívüli hóteher. Olyan esetekben, amikor szükséges a tehercsoportok között kizárást vagy kötelező együttműködést biztosítani, tehercsoport kombinációkat írhatunk elő. Ezt a táblázatkezelőben tehetjük meg, a „Mértékadó tehercsoport kombinációk" opciónál.



A táblázat oszlopaiban a modellben definiált tehercsoportokat találjuk. Minden sor egy kombinációképzési szabályt ír elő.



Az *Új sor hozzáadása* ikonra kattintva új sort, azaz új szabályt adhatunk a táblázathoz. Az állandó tehercsoportok *Aktív* státusza is módosítható *Kizárt*ra. Ha egy tehercsoport minden kombinációban *Kizárt* státuszú, akkor egyáltalán nem fog szerepelni mértékadó kombinációkban, erről figyelmeztető üzenet jelenik meg. Esetleges tehercsoportok esetében a legördülő listából választhatjuk ki, milyen módon vegyen részt az a tehercsoport a kombinációképzésben.

Aktív A tehercsoport teheresetei szerepelhetnek az automatikusan képzett kombinációkban.

Kizárt A tehercsoport teheresetei nem szerepelhetnek az automatikusan képzett kombinációkban.
Egymást kizáró tehercsoportok esetén annyi szabályt kell megadni, ahány egymást kizáró tehercsoport van, és minden sorban csak egy csoportot kell *Aktív*ra állítani, a többinél a *Kizárt* státuszt kell választani.

Egyidejű(1), (2)... Egyidejűségi csoport. A sor azonos egyidejűségi csoportba tartozó tehercsoportjai kötelezően együttműködnek, azaz mindig egyszerre szerepelnek a kombinációképzésben. Több egyidejűségi csoport is képezhető. Ha már megadtunk két *Egyidejű (1)* tehercsoportot, a legördülő listában elérhetővé válik az *Egyidejű (2)* státusz is.

Kiemelt (1), (2)... Kiemelési csoport. A sor azonos kiemelési csoportba tartozó tehercsoportjai kiemelt tehercsoportként vesznek részt a kombinációképzésben. A kombinációban a kiemelési csoportnak legalább egy tehercsoportja szerepelni fog, de szerepelhet egyszerre több is, attól függően, hogy melyik kombináció ad szélsőértéket. Több csoport is képezhető. Ha már megadtunk két *Kiemelt (1)* tehercsoportot, a legördülő listában elérhetővé válik az *Kiemelt (2)* státusz is.

A program minden szituációhoz a fentiek szerint definiált szabályok figyelembevételével állítja elő a szélsőértékeket és végeredményként az összes megadott szituációból a legkedvezőtlenebb értékeket kapjuk, mint mértékadó igénybevételt.
Ellenőrzésként a beállított kombinációs szabályok alapján az *Egyedi teherkombinációk* táblázatában automatikusan legeneráltathatjuk a kombinációkat (ez a tehercsoportok számától függően jelentős

számú kombinációt eredményezhet), de a mértékadó igénybevételek előállításához nem szükséges egyedileg legeneráltatnunk a kombinációkat).

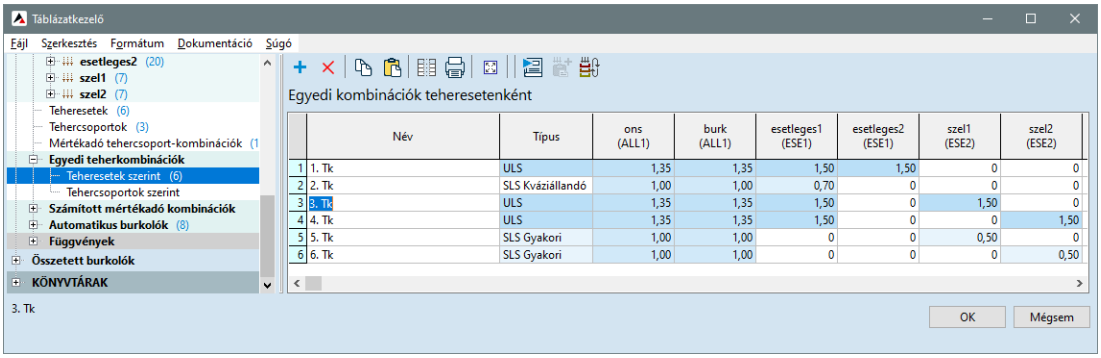
Tehertípusok

Az egyes végeselemekre megadható terheket az alábbi táblázat mutatja.

Tehertípus	*Elemtípus*
Koncentrált	csomópont, rúd
Vonalmenti	rúd, borda
Élmenti	tárcsa, lemez, héj
Önsúly (gravitációs)	rácsrúd, rúd, borda, tárcsa, lemez, héj
Hosszváltozás	rácsrúd, rúd
Hőmérséklet	rácsrúd, rúd, borda, tárcsa, lemez, héj
Feszítőerő	rácsrúd, rúd
Támaszmozgás	támasz
Folyadékteher	lemez, héj
Hatásábrateher	rácsrúd, rúd
Földrengésteher	csomópont
Utófeszítés	rúd, borda
Hó	rúd, borda, lemez, héj
Szél	rúd, borda, lemez, héj
Tűz	rácsrúd, rúd, borda, tárcsa, lemez, héj

4.10.2. Teherkombinációk





Teherkombinációk képzése

A funkcióval a teheresetekből teherkombinációkat képezhetünk. Egy kombináció definiálása során minden teheresethez egy szorzót rendelünk, attól függően, milyen arányban vesz részt a kombinációban. Összegezve a tehereset eredményeinek (elmozdulások, igénybevételek, reakciók) értékeit a szorzók figyelembevételével, összeállítjuk a teherkombinációkat. Amely teheresethez 0 szorzót rendelünk, az nem vesz részt a teherkombinációban. A szorzótényezőt a hozzá tartozó tehereset biztonsági, egyidejűségi és dinamikus tényezőinek szorzatából képezhetjük.
Másodrendű számítás esetén a program a terhekből képezi a teherkombinációt, és ezen végzi el a számítást.

☞ **Mértékadó igénybevételek meghatározásához nem szükséges teherkombinációk előállítása**

Amennyiben tehercsoportokat adtunk meg, a program a tehercsoportok figyelembevételével képes a mértékadó igénybevételek meghatározására a kombinációk előírása nélkül is.
Kombinációk előírása esetén a több kombinációból keletkező legkedvezőtlenebb értékek lekérdezésére a burkoló ábrákon van lehetőségünk.

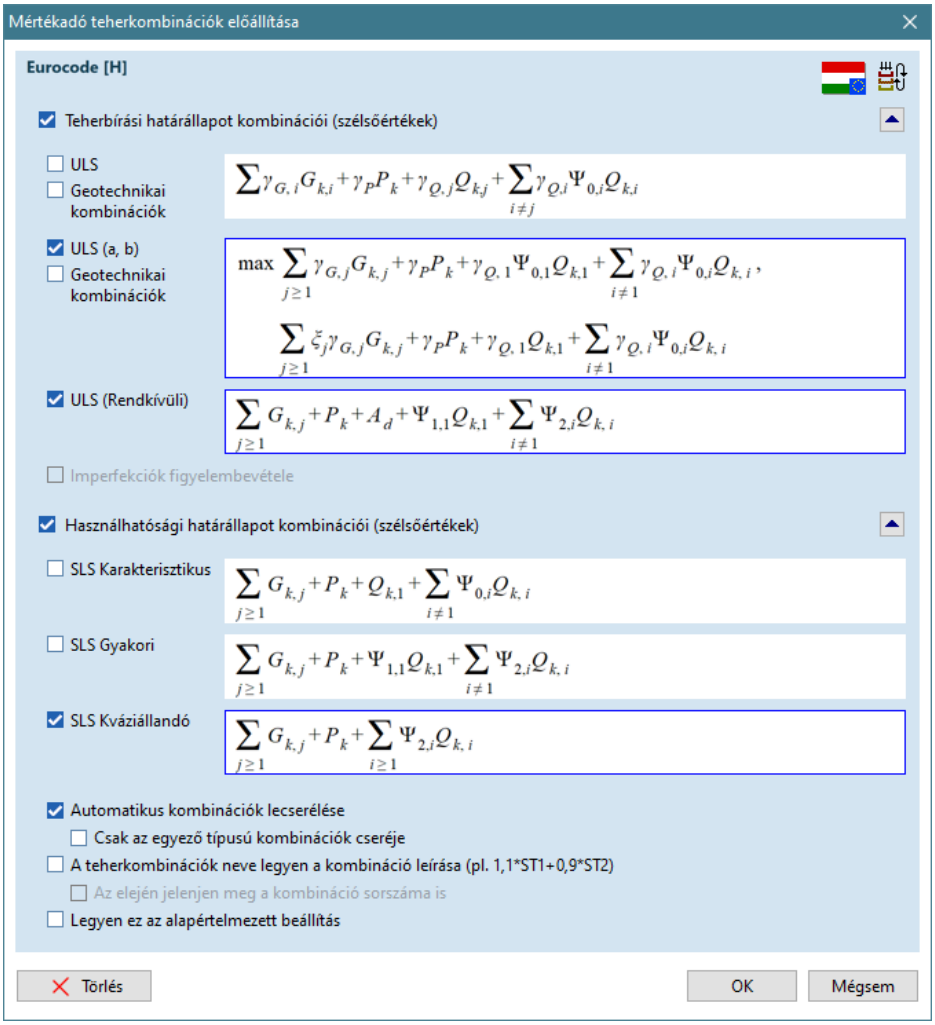
A teherkombinációkat táblázatos formában teheresetek és tehercsoportok szerint is megtekinthetjük, illetve előírhatjuk (ez utóbbi általában áttekinthetőbb). Teheresetek szerinti kombinációknál a teheresetekhez tetszőleges szorzófaktorokat rendelhetünk. Tehercsoportok szerinti kombinációknál a szorzófaktorokat a tehercsoportokhoz rendeljük. Ebben az esetben a program generálja a tehercsoportokból képzett szabványos kombinációkat a beállított szorzófaktorok szerint. Visszatérve a teheresetek szerinti kombinációs táblázatba ellenőrizhetjük az összes előírt kombinációt, amely már a tehercsoportok alapján képzett összes variációt tartalmazza.

☞ **Lehetőségünk van a számítás elvégzése után is a teherkombinációk utólagos módosítására, törlésére, vagy új kombináció megadására. A kombinációs táblázat módosítása után az eredménylekérdezőben áttérve a program újra generálja az aktuális kombinációkhoz tartozó eredményeket (csak elsőrendű számítás esetén).**
Másodrendű számítás esetén a módosított teherkombinációhoz tartozó eredmények törlődnek.

Teherkombináció táblázat beillesztése a dokumentációba

Vágólapon összegyűjtött teherkombinációk beillesztése.
A minimum / maximum keresésekor, illetve egyedi lekérdezéskor vágólapra gyűjtött egyedi mértékadó kombinációkat (*lásd...* **6.1.1 Minimum- maximumértékek**) itt szúrhatjuk be a kombinációs táblázatba.

A tehercsoportok alapján a mértékadó kombinációk automatikus előállítása és betöltése a teherkombinációk, illetve a mértékadó teherkombinációk táblázatba.
A kombináció előállítása során használt összefüggéseket *lásd...* **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok.**



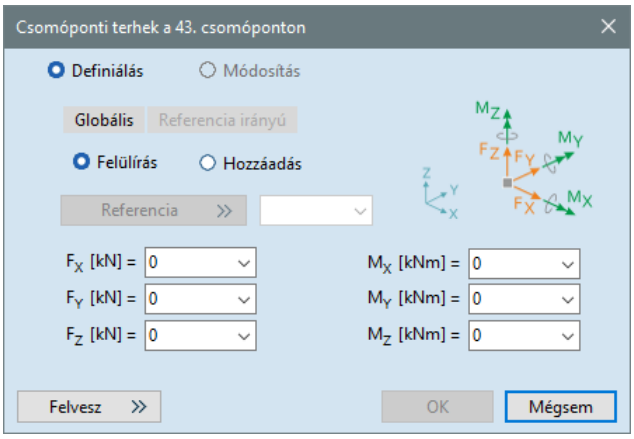
Az ULS kombinációknál az *Imperfekciók figyelembevétele* opció csak akkor elérhető, ha van a modellben imperfekció tehercsoport.

Az *Automatikus kombinációk lecserélése* opció kiválasztása esetén az összes, korábban automatikusan generált kombináció törlődik és helyükre a most generált kombinációk kerülnek. Ha kiválasztjuk a *Csak az egyező típusú kombinációk cseréje* opciót is, akkor a program csak a kiválasztottakkal megegyező típusú kombinációkat cseréli le.

Ha kiválasztjuk *A teherkombinációk neve legyen a kombináció leírása* opciót, akkor a generált teherkombinációk neve nem 1. Tk, 2. Tk, 3. Tk stb. lesz, hanem a maga a kombinációt leíró szöveg (pl. 1,1*ST1+0,9*ST2).

4.10.3. Csomóponti terhek





Csomóponti terhek definiálása

Csomóponti erőt és nyomatékot hat globális koordinátatengely -irányú komponenseivel, *(FX, FY, FZ, MX, MY, MZ)*, vagy egy referencia által meghatározott iránnyal és egy *Fx*, illetve *Mx* értékkel adhatunk meg. Ha olyan pontra adunk meg csomóponti terhet, amelyiken már volt teher, akkor kérhető a meglévő és az új terhek összegzése, vagy a meglévő teher fölülírása.

Csomóponti terhek módosítása

A teher a csomóponttól függetlenül kijelölhető, mozgatható, másolható, módosítható.

Az erő nagyságának módosítása

1. Jelöljük ki a módosítandó terhet.
2. Kattintsunk a koncentrált erő ikonra.
3. Módosítsuk a kívánt paramétereket.

Az erő helyének módosítása

1. Jelöljük ki a terheket, melyek pozícióját egyszerre kívánjuk módosítani.
2. Fogjuk meg az egyik kijelölt terhet az egér bal gombját lenyomva tartva
3. Mozgassuk a kívánt pozícióba.
4. Kattintsunk az egér bal gombbal vagy nyomjunk meg egy parancsgombot.

A csomópontra helyezett erőt a későbbiekben rúdra, bordára vagy tartományra is áthelyezhetjük.
Az előjel a jobb sodrású globális koordináta-rendszernek felel meg.

☞ **Amennyiben a csomópont nem rendelkezik szabad elmozdulási lehetőséggel egy adott irányban, a megfelelő teherkomponensnek nem lesz hatása a szerkezetre.**

A csomóponti erő jele sárga nyíl, a nyomatéké zöld kettős nyíl.

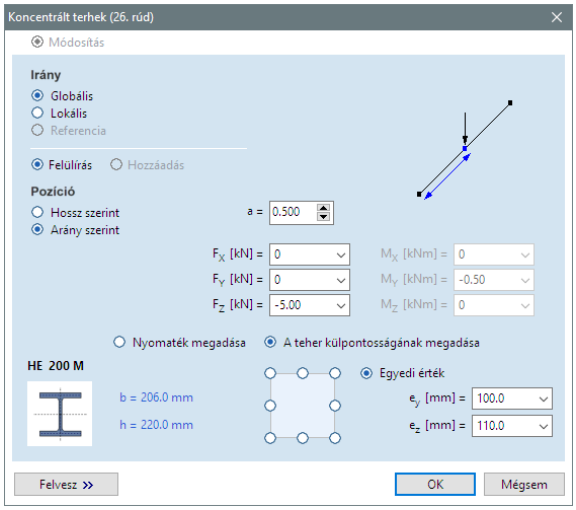
4.10.4. Koncentrált teher rúdra



Koncentrált teher definiálása rúdon

A rúd és borda elemekre koncentrált erőt és nyomatékot hat globális vagy lokális koordináta tengely- irányú komponensével *(Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz)* adhatunk meg illetve referenciavektor alapján is felvehetjük.
A referenciavektor kiválasztható listából vagy a *Referencia>>* gombra kattintva kijelölhető a szerkesztőfelületen.

A nyomatékok helyett megadhatjuk a terhernek a rúd lokális rendszerében értelmezett e_y és e_z külpontosságát is. Ehhez kattintsunk a rúdkeresztmetszet befoglaló téglalapjának kitüntetett pontjait jelző valamelyik rádiógombra vagy írjunk be *Egyedi érték*et.





Referencia irányú terhek gerendán

Ha olyan keresztmetszetre adunk meg terhet, amelyiken már volt teher, akkor kérhető a meglévő és az új terhek összegzése, vagy a meglévő teher fölülírása.
A teher a rúdtól függetlenül kijelölhető, mozgatható, másolható, módosítható. A módosítása a csomóponti erő módosításához hasonlóan történik.

Az előjel a jobb sodrású globális vagy lokális koordináta-rendszernek felel meg.

☞ **Amennyiben nincs a teljes szerkezeti elem kijelölve (csak végeselemek) akkor a terhek a végeselem rendszerében lesznek értelmezve és a megadást is ennek megfelelően kell elvégezni. Ilyen esetekben a lineárisan változó teher minden végeselemre külön-külön lesz értelmezve.**

A koncentrált jele sárga nyíl, a nyomatéké zöld kettős nyíl.

Excentrikus rúd vagy borda terheinek értelmezése

Külpontos rudak vagy bordák tényleges tengelye nem egyezik meg a végcsomópontokat összekötő vonallal (logikai tengellyel). A teher külpontosságát, illetve a nyomatékokat a tényleges (külpontos) tengelyhez viszonyítva kell értelmezni.

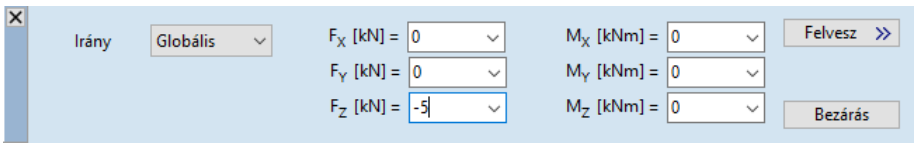
4.10.5. Koncentrált teher tartományon és teherpanelen

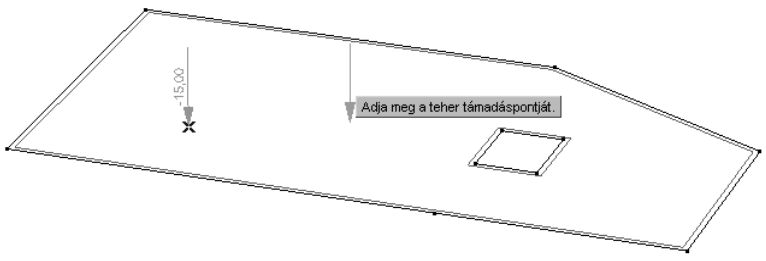


Koncentrált teher definiálása tartományon

A kurzor aktuális helyén koncentrált teher helyezhető el a tartományra, teherpanelre vagy végeselemre. A program érzékeli a felület síkját, típusát. Lerakni csak olyan terheket lehet, amely az adott felülettípuson értelmezhető.
A terhek pozícióját koordinátáival is meg lehet adni. Ekkor a koordináta-paletta segítségével a megfelelő pozícióba helyezzük a kurzort, majd valamelyik parancsgombot megnyomva a terhet lehelyezzük.
Lásd még... **4.7.2 Koordinátaérték számszerű megadása**

Az elhelyezett teher iránya lehet:
- globális koordinátatengelyekkel párhuzamos
- tartomány/végeselem lokális koordináta-rendszerével párhuzamos
- referencia irányú





Koncentrált erők módosítása

Az elhelyezett koncentrált erők pozíciója és nagysága is módosítható a grafikus felületen, de a tehertáblázatban is elvégezhető a megfelelő értékek átírásával.

A teherpozíció módosítása
1. Mozgassuk a kurzort a teher fölé. (A kurzor mellett a teher szimbólum jelenik meg.)
2. Az egér bal gombját lenyomva tartva mozdítsuk el a terhet.
3. Az egér mozgatásával vagy a relatív koordináták megadásával helyezzük át a terhet az új pozícióra.
4. Az egér bal gombjával kattintva az erő az új pozícióra kerül.

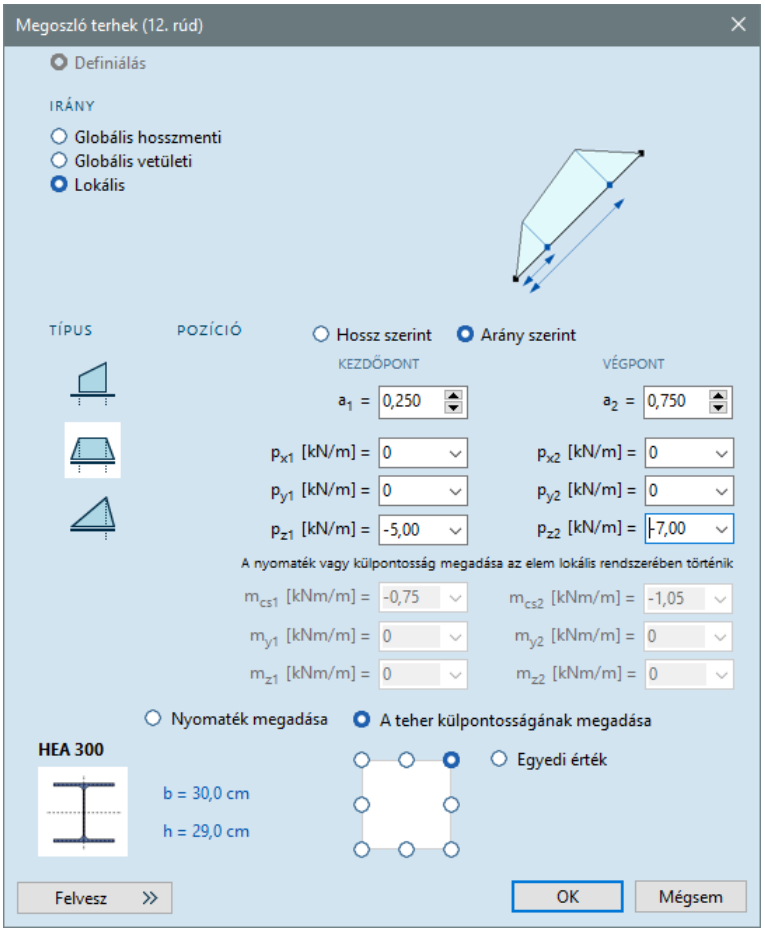
Teher értékének módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a teher fölé.
2. Kattintsunk az egér bal gombjával.
3. A megjelenő ablakban írjuk át a teher értékét.
4. Zárjuk le az ablakot a Módosítás gombbal.

☞ **A tartományokhoz rendelt teher a végeselemháló újra generálásakor is megmarad.**

4.10.6. Vonalmenti megoszló teher rúdon/bordán





Vonalmenti teher megadása

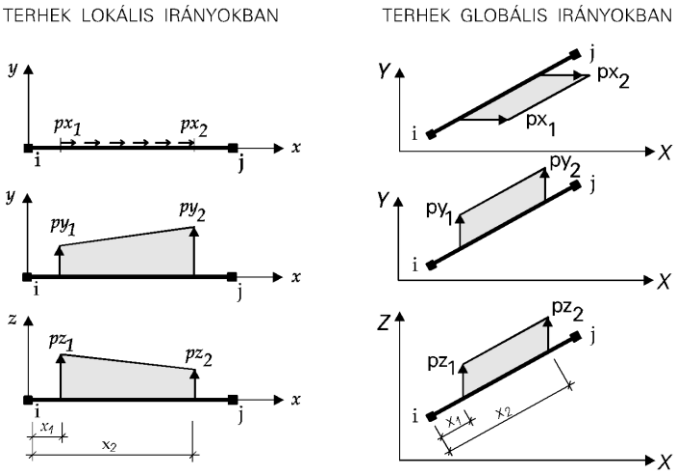
A kijelölt rúd/borda szerkezeti elemekre megoszló terhet (erőt és csavaró ill. hajlítónyomatékot) írhatunk elő. Egy rúdra több megoszló teher is megadható az aktuális teheresetben. A rúd/ borda hossztengely menti vagy vetületi teherértékeit kell megadni.

A nyomatékok helyett megadhatjuk a tehernek a rúd lokális rendszerében értelmezett e_y és e_z külpontosságát is. Ehhez kattintsunk a rúdkeresztmetszet befoglaló téglalapjának kitüntetett pontjait jelző valamelyik rádiógombra vagy írjunk be *Egyedi érték*et.

A nyomaték vagy külpontosság megadása mindig az elem lokális rendszerében történik.

A teher a rúdtól/bordától függetlenül kijelölhető, mozgatható, másolható, módosítható. A módosítása a csomóponti erő módosításához hasonlóan történik.

☞ **Amennyiben nincs a teljes szerkezeti elem kijelölve (csak végeselemek) akkor a terhek a végeselem rendszerében lesznek értelmezve és a megadást is ennek megfelelően kell elvégezni. Ilyen esetekben a lineárisan változó teher minden végeselemre külön-külön lesz értelmezve.**



A megadandó paraméterek:

Irány: lokális, globális, globális-vetületi

Típus:  *téglalap*  *trapéz*  *háromszög*

Pozíció: *Hossz szerint* vagy *Arány szerint*
Kezdeti pozíció: *x1* a kezdőponthoz viszonyítva
Kezdőérték: *px1, py1, pz1* [kN/m], *mcs1, my1, mz1* [kNm/m]
Végpozíció: *x2* a kezdőponthoz viszonyítva
Végérték: *px2, py2, pz2* [kN/m], *mcs2, my2m, mz2* [kNm/m]
Arány szerinti megadásnál: $0 \le x_1 \le x_2 \le 1$
Hossz szerinti megadásnál: $0 \le x_1 \le x_2 \le L$, ahol *L* [m] a rúdelem hossza.

Vetületi teher esetén a rúdra ható teherintenzitás a következő: $p_r = p \sin \alpha$, ahol α a teher iránya és a rúd által bezárt szög.

Vonalmenti teher módosítása

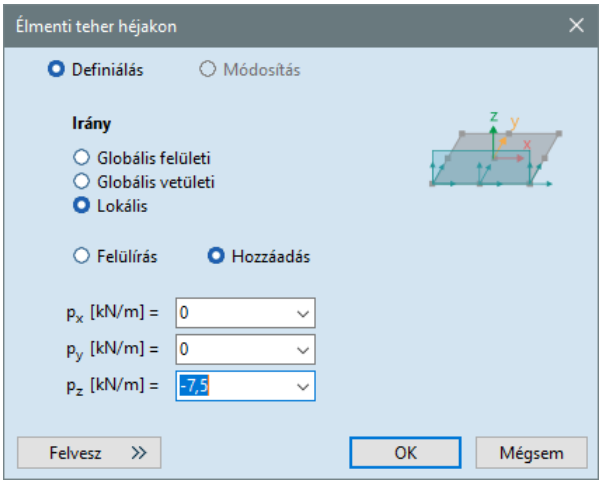
A módosítása a csomóponti erő módosításához hasonlóan történik.

Excentrikus rudak és bordák terheinek értelmezése

Külpontos rudak vagy bordák tényleges tengelye nem egyezik meg a végcsomópontokat összekötő vonallal (logikai tengellyel). A teher külpontosságát, illetve a nyomatékokat a tényleges (külpontos) tengelyhez viszonyítva kell értelmezni.

4.10.7. Élmenti teher elemperemen



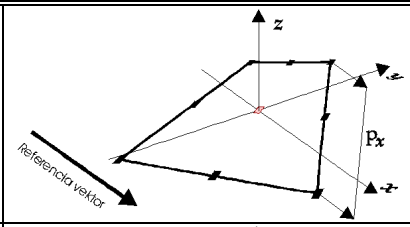
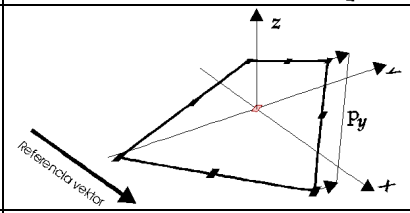
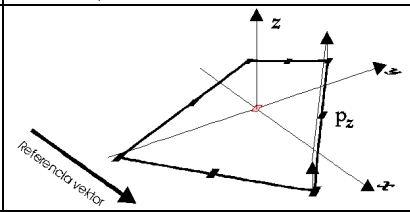
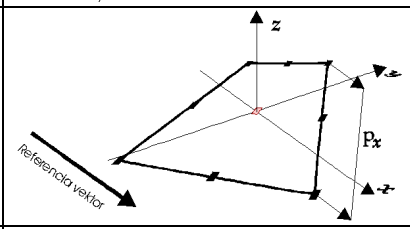
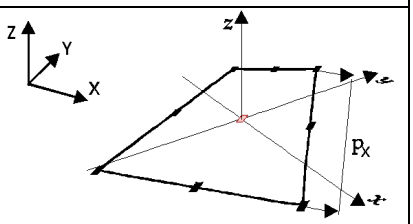
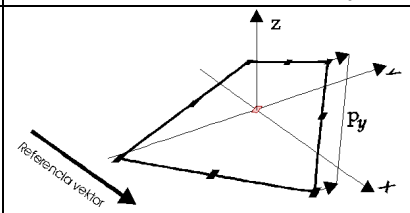
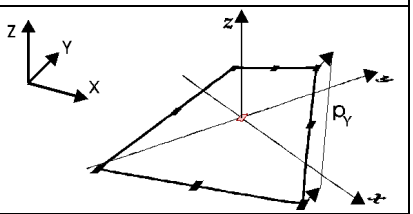
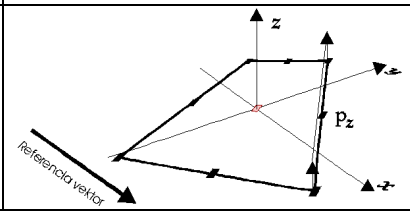
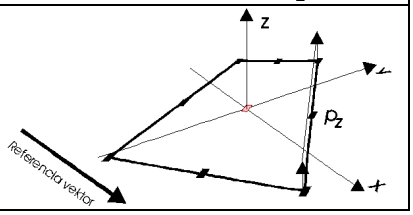


Az élmenti megoszló teher az él hossza mentén hat. Héjelemek esetén a globális irányú teher lehet vetületi jellegű is. A felületelemekre ható élmenti terhek intenzitása egy elem élén konstans.

Amennyiben az élhez kettőnél több végeselem kapcsolódik, vagy a kapcsolódó elemek lokális rendszere eltérő, akkor az éllel együtt azt a végeselemet is ki kell jelölni, melynek lokális rendszere a megadandó teher irányának megfelel.

Élmenti teher definiálása

A végeselem típustól függően az élmenti terhek a következők szerint definiálhatók:

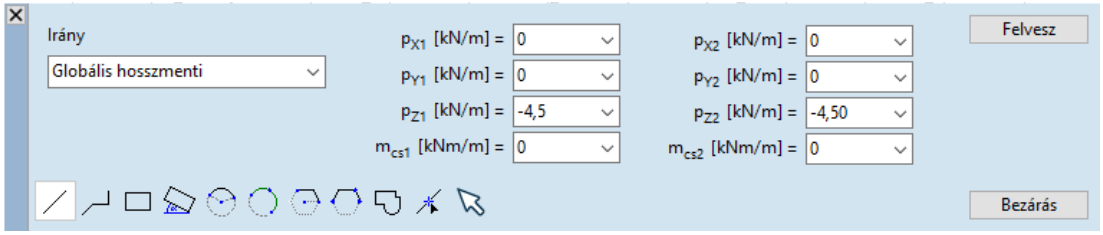
Típus	*Lokális koordinátarendszer irányú teher*		*Globális koordinátarendszer irányú teher*	
Tárcsa	x irányú		-	-
	y irányú		-	-
Lemez	z irányú		-	-
Héj	x irányú		X irányú	
	y irányú		Y irányú	
	z irányú		Z irányú	

Lehetőség van héjelemek esetén a globális irányokban ható vetületi terhek definiálására is. Ekkor a megadott teherintenzitás alapján a következő teher hat a felületre $p_f = p \cos\alpha$, ahol α a teher iránya és a felület normálisa által bezárt szög.

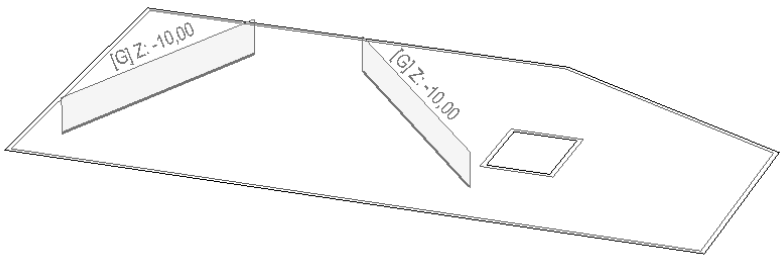
4.10.8. Vonalmenti teher tartományon és teherpanelen



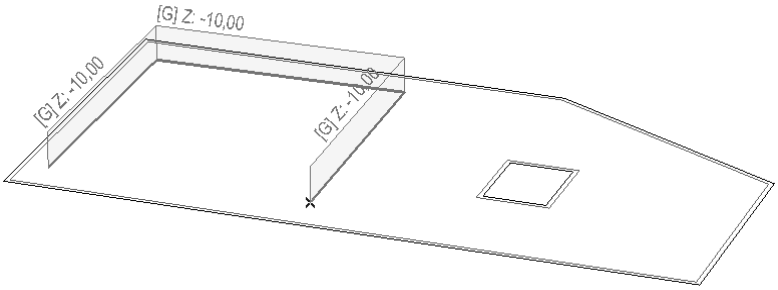
Vonalmenti teher elhelyezése tartományon/teherpanelen.
Lerakni csak olyan terheket lehet, amelyek az adott felülettípuson (lemez, tárcsa, héj) értelmezhetők.
Az elhelyezett teher iránya lehet globális (hosszmenti vagy vetületi) vagy lokális (élhez vagy felülethez relatív).
Élhez relatív megadási módnál a teher lokális koordináta-rendszerének ***x*** és ***y*** tengelye a megadott él (vonal, vonallánc, ív vagy poligon) rajzolási irányát követi (az ***x*** tengely mindig a vonal tengelyével azonos, az iránya a vonal rajzolásának irányába mutat), a ***z*** tengely pedig az adott tartomány lokális ***z*** tengelyéhez igazodik. Ha a modellben meglévő vonalra helyezzük a terhet, akkor minden esetben ellenőrizzük a teher irányát a modellen, a megadott vonal vagy ív rajzolási iránya nem feltétlenül egyezik meg a végcsomópontok sorszámai alapján feltételezett iránnyal.
Ha a vonalmenti terhet *Felülethez relatív* definiáljuk, akkor a teher lokális koordináta-rendszere (***x***, ***y*** és ***z*** tengelyek) a tartomány koordináta-rendszerét követi.
Az m_x csavarónyomaték mindig a vonal tengelyében hat. A vonalmenti teher lehet konstans vagy lineáris változású.



Vonalmenti teher két pont közé



Vonalmenti teher egy poligon mentén



 *Teher téglalap kontúrja mentén*

 *Teher elforgatott téglalap kontúrja mentén*

 *Teher középponttal megadott körív mentén*

 *Teher három ponttal megadott körív mentén*

 *Teher középponttal megadott ívpoligon mentén*

 *Teher három ponttal megadott ívpoligon mentén*

 *Teher komplex poligon mentén*



A komplex poligon rajzolásakor egy paletta funkciói közül válogathatunk. Ezek sorrendben: egyenes vonal húzása, körívhez érintő irányban csatlakozó vonal húzása, középponttal megadott ív rajzolása, közbenső ponttal megadott ív rajzolása, körívhez érintő irányban csatlakozó másik ív rajzolása, adott érintőjű ív rajzolása, létező vonalszakasz felvétele a komplex poligonba.



Vonalmenti teher létező vonalra

A tartomány bármely egyenes vonalára vagy ívére kattintva a program automatikusan ráilleszti az előzőleg megadott intenzitású vonalmenti terhet. A teher asszociatív, azaz tartományperem vagy belső vonal elmozdításával a teher is odébb kerül, illetve a vonal törlésekor törlődik.



Vonalmenti teher kijelölés alapján

A kijelölt vonalakra ráhelyezi az előzőleg megadott intenzitású vonalmenti terhet. A teher asszociatív.

Vonalmenti teher módosítása

Az elhelyezett vonalmenti erők helye, töréspontja és nagysága is módosítható.

A teher helyének módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a teher fölé.
2. Az egér bal gombját lenyomva tartva mozdítsuk el a terhet.
3. Az egér mozgatásával vagy a relatív koordináták megadásával helyezzük át a terhet az új pozícióra.
4. Az egér bal gombjával kattintva a teher az új pozícióra kerül.

A teher töréspontjának módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a töréspont fölé. (A kurzor mellett a tehersarokpont szimbólum jelenik meg.)
2. Az egér bal gombját lenyomva tartva mozdítsuk el a töréspontot.
3. Az egér mozgatásával vagy a relatív koordináták megadásával helyezzük át a töréspontot az új pozícióra.
4. Az egér bal gombjával kattintva a töréspont az új pozícióra kerül.

A teher értékének módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a teher fölé. (A kurzor mellett a teher szimbólum jelenik meg.)
2. Kattintsunk az egér bal gombjával.
3. A megjelenő ablakban írjuk át a teher értékét.
4. Zárjuk le az ablakot a Módosítás gombbal.

A teher módosítását a tehertáblázatban is elvégezhetjük a megfelelő értékek átírásával. Ott a teherpoligon alakját is megváltoztathatjuk.

Törlés Jelöljük ki a törölni kívánt terheket majd nyomjuk meg a **[Del]** gombot.

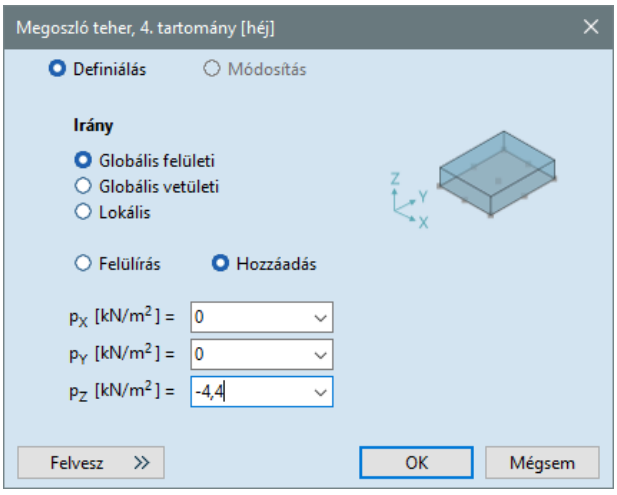
☞ **A tartományokhoz rendelt teher a végeselemháló újra generálásakor is megmarad.**

4.10.9. Felületi teher

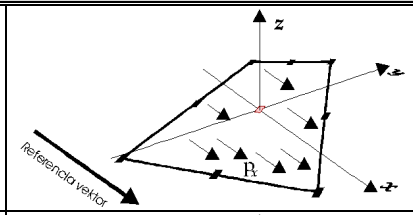
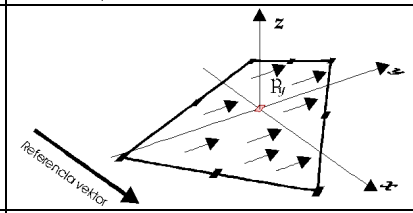
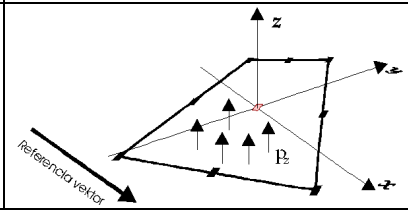
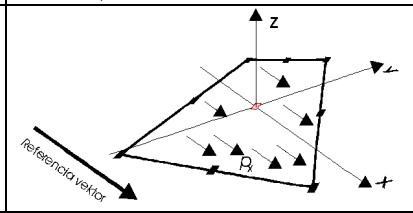
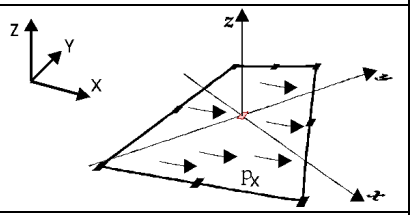
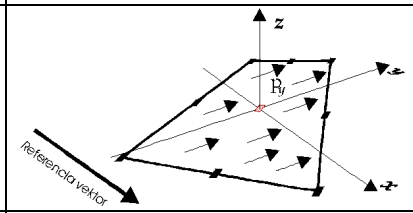
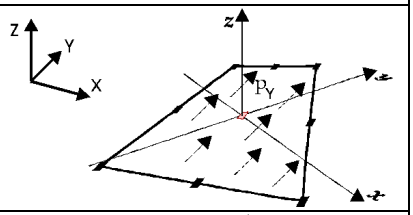
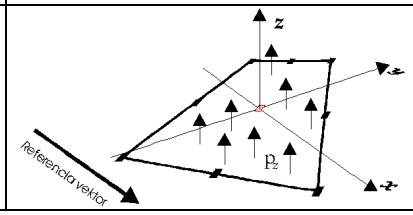
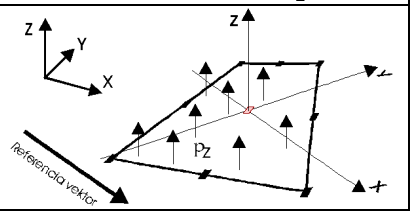


A felületi teher hozzárendelhető véges-elemekhez és tartományokhoz.
A felületelemekre ható felületi megoszló terhek intenzitása egy elem felületén konstans.

☞ **A tartományokhoz rendelt teher a végeselemháló újra generálásakor is megmarad.**



A felületi teher a végeselem típustól függően a következők szerint definiálható:

Típus	Lokális koordinátarendszer irányú teher		Globális koordinátarendszer irányú teher	
Tárcsa	x irányú		-	-
	y irányú		-	-
Lemez	z irányú		-	-
Héj	x irányú		X irányú	
	y irányú		Y irányú	
	z irányú		Z irányú	

4.10.10. Hálófüggetlen felületi teher tartományokon, teherpaneleken

Hálófüggetlen felületi teher elhelyezése



A funkció segítségével tartományokra és teherpanelekre hálófüggetlen felületi terheket helyezhetünk el. Megadni csak olyan típusú és irányú terhet lehet, mely az adott tartományon értelmezhető.

Héjelemre	bármilyen irányú teher megadható
Tárcsaelemre	csak a tartomány síkjában ható teher adható meg
Lemezelemre	csak a tartományra merőleges teher adható meg

Teherpanelre tetszőleges irányú teher helyezhető, de ha a teherpanel tárcsa vagy lemez tartományra adja át a terhet, a fenti korlátozásokkal számolni kell.

A teher lehet globális felületi, globális vetületi vagy lokális felületi eloszlású (Dialógusablak – Irány). Beállítható, hogy a terhet a lefedett nyílásokon is vegye figyelembe a program.

Nyílások kezelése



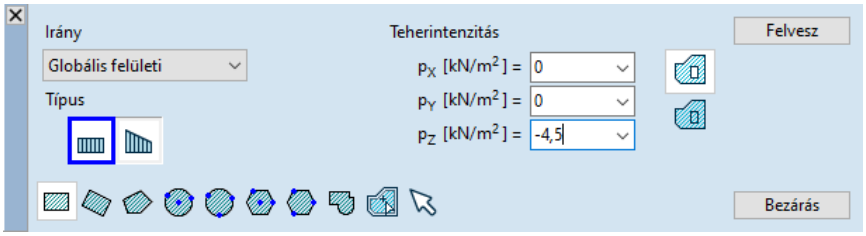
Beállítható, hogy a terhelés nyílásokra eső részét hagyja el vagy vegye figyelembe a program. Ha ezt választjuk, a nyílásokra eső teher a nyílás peremén mint megoszló élmenti teher jelenik meg.

A teherintenzitás lehet konstans vagy lineárisan változó.

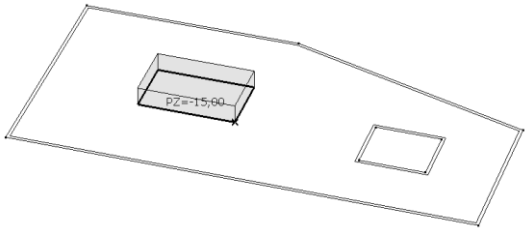


Egy teher megadásának lépései konstans teherintenzitás esetén:

Konstans teherintenzitás



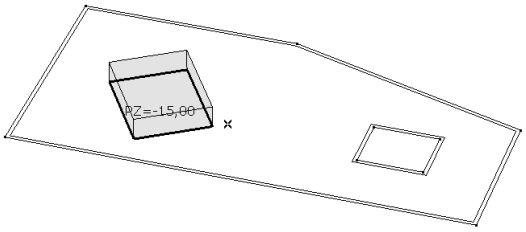
Téglalap alaprajzú teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe (p_x, p_y, p_z)
2. Adjuk meg a téglalap két átlós sarokpontját grafikusan vagy koordinátákkal (ez a funkció csak a fősíkokban működik).

Ferde téglalap alakú tartomány teher





1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe (p_x, p_y, p_z)
2. Adjuk meg a ferde téglalap három sarokpontját grafikusan vagy koordinátákkal.

Poligon alakú tartomány teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe (p_x, p_y, p_z)
2. Adjuk meg a poligon sarokpontjait grafikusan vagy koordinátákkal. A koordinátákkal történő megadás esetén a poligon zárásához az utolsó pont megadása után nyomjunk meg ismét az Enter gombot. Grafikus megadás esetén a poligon zárásához kattintsunk a poligon kezdőpontjára vagy az utoljára megadni kívánt pontnál kattintsunk duplán. A kattintás helyett más parancsgombokat is használhatunk.



Középponttal és két ponttal megadott körcikk (vagy körlemez) alakú teher



Három ponttal megadott körcikk (vagy körlemez) alakú teher



Középponttal és két ponttal megadott ívpoligon alakú teher



Három ponttal megadott ívpoligon alakú teher



Komplex poligon alakú teher.



A komplex poligon rajzolásakor egy paletta funkciói közül válogathatunk. Ezek sorrendben: egyenes vonal húzása, körívhez érintő irányban csatlakozó vonal húzása, középponttal megadott ív rajzolása, közbenső ponttal megadott ív rajzolása, körívhez érintő irányban csatlakozó másik ív rajzolása, adott érintőjű ív rajzolása, létező vonalszakasz felvétele a komplex poligonba.

Az egész tartományon egyenletesen megoszló teher



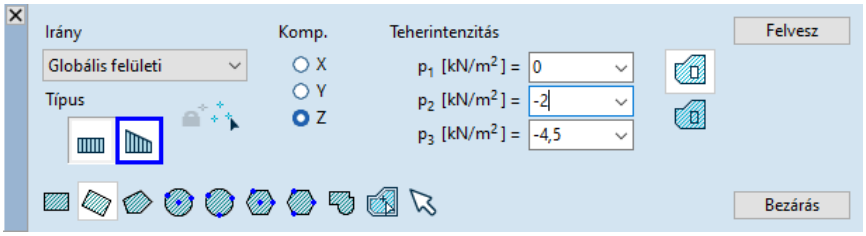
1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe (p_x, p_y, p_z)
2. Kattintsunk a tartományba

A teljes tartományra adott intenzitású terhet helyez el. Az így megadott teher a tartományhoz rögzített, a tartomány kontúrjának módosításakor automatikusan követi a tartomány alakját. Egy tartományra csak egy terhelés adható meg, az utolsó teher felülírja az előzőleg megadott terhet.



Lineárisan változó teherintenzitás

Egy teher megadásának a lépései lineárisan változó teherintenzitás esetén:



A teherintenzitás síkja három pontjában lévő teherintenzitással (p_1, p_2, p_3) adható meg. Ezt a három pontot a teherintenzitás referenciapontnak nevezzük. A referenciapontok a terhelt elem síkjában bárhol lehetnek. Amennyiben több teherhez ugyanazokat a referenciapontokat kívánjuk alkalmazni, akkor első lépésként írjuk be a p_1, p_2, p_3 teherintenzitást, adjuk meg a referenciapontokat és a lakat ikonra kattintva zároljuk. Ezt követően adjuk meg a teher kontúrvonalát.



Teherintenzitás referenciapontjának megadása



Referenciapontok zárolása/zárolás feloldása

Téglalap alakú tartomány teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe *(p_1, p_2, p_3)*
2. Adjuk meg a téglalap átlójának végpontjait grafikusan vagy koordinátákkal. A funkció csak a fősíkokban működik.
3. Adjuk meg a p_1, p_2, p_3 helyét grafikusan vagy koordinátákkal

Ferde téglalap alakú tartomány teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe *(p1, p2, p3)*
2. Adjuk meg a téglalap átlójának végpontjait grafikusan vagy koordinátákkal.
3. Adjuk meg a *p1, p2, p3* helyét grafikusan vagy koordinátákkal

Poligon alakú tartomány teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe *(p1, p2, p3)*
2. Adjuk meg a poligon sarokpontjait grafikusan vagy koordinátákkal. A koordinátákkal történő megadás esetén a poligon zárásához az utolsó pont megadása után nyomjunk meg parancsgombot. Grafikus megadás esetén a poligon zárásához kattintsunk a poligon kezdőpontjára vagy nyomjunk meg egy parancsgombot.
3. Adjuk meg a *p1, p2, p3* helyét grafikusan vagy koordinátákkal

Az egész tartományon egyenletesen megoszló teher



1. Írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe *(p_1, p_2, p_3)*
2. Kattintsunk a tartományba
3. Adjuk meg a p_1, p_2, p_3 helyét grafikusan vagy koordinátákkal

Egy tartományra csak egy terhelés adható meg az utolsó teher felülírja az előzőleg megadott terhet.

Módosítás

A hálófüggetlen felületi teher helye, sarokpontja és intenzitása a következőképpen módosítható.

A teher helyének módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a teher kontúrvonala fölé (a kurzor mellett a teherszimbólum jelenik meg).
2. Az egér bal gombját lenyomva tartva mozdítsuk el.
3. Az egér mozgatásával vagy a relatív koordináták megadásával helyezzük át a terhet az új pozícióra.
4. Az egér bal gombjával kattintva vagy valamely parancsgombot lenyomva a teher az új pozícióra kerül.

A teher sarokpontjának módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a sarokpontja fölé. (a kurzor mellett a teher-sarokpont-szimbólum jelenik meg)
2. Az egér bal gombját lenyomva tartva mozdítsuk el.
3. Az egér mozgatásával vagy a relatív koordináták megadásával helyezzük át a sarokpontot az új pozícióra.
4. Az egér bal gombjával kattintva vagy valamely parancsgombot lenyomva a sarokpont az új pozícióra kerül.

A teherintenzitás módosítása

1. Mozgassuk a kurzort a teher kontúrvonala fölé. (a kurzor mellett a teherszimbólum jelenik meg)
2. Kattintsunk az egér bal gombjával.
3. A megjelenő ablakban írjuk át a teher értékét.
4. Zárjuk le az ablakot a Módosítás gombbal.

Több azonos típusú terhet egyszerre kijelölhetünk és módosíthatunk.

A teher módosítása a tehertáblázatban is elvégezhető a megfelelő értékek átírásával. Ott a teherpoligon alakját is meg lehet változtatni.

Törlés

Jelöljük ki a törölni kívánt terheket majd nyomjuk meg a **[Del]** gombot.

☞ **A tartományokhoz rendelt teher a végeselemháló újra generálásakor is megmarad.**

4.10.11. Vonalelemekre szétosztott felületi teher

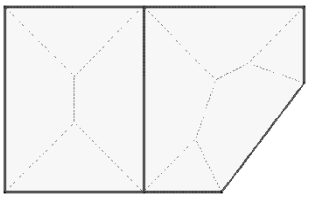


Egyenletes intenzitású felületi teher adható meg rácsrúd, rúd vagy borda elemekre (rácsrudak esetén a rácsrúd végi csomópontokra generálódik a teher).
Teher megadása az alábbi lépésekben történik:

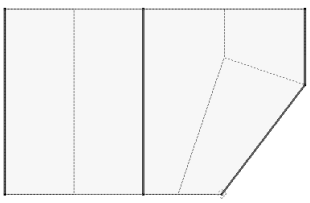
1. Kattintsunk az ikonra

Ezt követően egy dialógusablak jelenik meg, melyben szabályozhatjuk, hogy a program a teher alatt található összes rúd és bordaelemet automatikusan terhelje-e, vagy csak a felhasználó által kijelölteket vegye figyelembe.

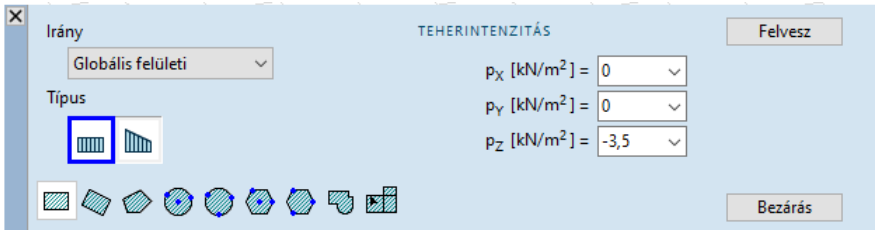
Automatikus opció esetén a program a teher alatt található összes rácsrúd, rúd és bordaelemre osztja szét a terhelést (a teher megadása után új rúd vagy bordaelemet definiálva ezek az elemek is részt fognak venni a teherviselésben).



Kijelölt elemek esetén a dialógusablak bezárása után a már ismert kijelölő paletta segítségével ki kell választani a terhelendő elemeket. A később megadott rúd vagy borda elemekre nem kerül rá a teher.

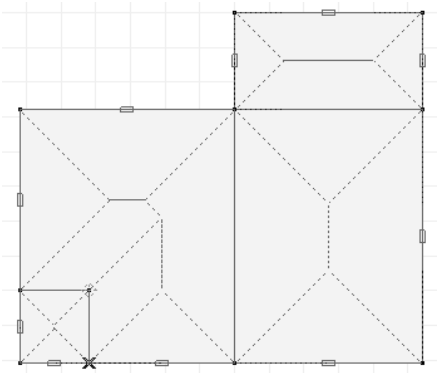


2. Teher megadása (menete megegyezik a **Hálófüggetlen felületi teher tartományokon** alatt leírtakkal).
A teherintenzitás lehet konstans vagy lineárisan változó.



A teher iránya lehet: globális felületi, globális vetületi, illetve lokális. Ebben az esetben a lokális irányok az automatikus referenciával rendelkező tartományokhoz hasonlóan adódnak *lásd...* **4.9.25 Referenciák**
A teherintenzitás megadása: írjuk be a teherintenzitás értékét az adatbeviteli mezőbe (p_X, p_Y, p_Z).

A teher alaprajza lehet: téglalap, ferde téglalap vagy tetszőleges zárt poligon, illetve megadhatunk asszociatív megoszló terhet is. Ebben az esetben egy rudak alkotta zárt poligon vonalaira kell kattintanunk. Ekkor a teher alaprajza a rudak vagy rúdvégi csomópontok elmozdításakor automatikusan követi a geometria változását.



A ***Szerkesztés /*** **Rudakra szétosztott felületi terhek konvertálása** menüponttal a szétosztott terheket különálló, megoszló vonalterhekké alakíthatjuk.

4.10.12. Teherpanel



A szerkezetre jutó koncentrált, vonalmenti és felületi terheket teherpanel segítségével is szétoszthatjuk a szerkezetre. A teherpanel az erőjátékban nem vesz részt, csak a teher szétosztására szolgál. A program szél- és hóteher generáló modulja (SWG) csak teherpanelre tudja rátenni a terheket. A tényleges terhelés szétoszthatóa teherpanel alatt lévő tartományokra, rúd- és bordaelemekre automatikusan, de beállítható az is, hogy a teherpanel csak bizonyos elemekre ossza szét a terhet. A kiválasztott elemeknek nem kell feltétlenül a teherpanel síkjában lenniük, elegendő, ha a teherpanel alatti vetületi kontúron belül vannak. (A program a terheket csak a teherpanel zárt kontúrja alá eső (rész)elemekre osztja szét.)

A teherpanel megadása:




Téglalap alakú teherpanel kijelölése


Elforgatott téglalap alakú teherpanel kijelölése


Középponttal és két ponttal megadott körcikk (vagy körlemez) alakú teherpanel kijelölése


Három ponttal megadott körcikk (vagy körlemez) alakú teherpanel kijelölése


Középponttal és két ponttal megadott ívpoligon alakú teherpanel kijelölése


Három ponttal megadott ívpoligon alakú teherpanel kijelölése


Komplex poligon alakú teherpanel

Speciális kijelölő funkciók:


Teherpanel definiálása egy létező tartományra. Egy tartomány kontúrjára kattintva a teljes tartományt teherpanelnak jelölhetjük.



Teherpanel definiálása kijelölt tartományokra. Tartományokat kijelölve egy lépésben helyezhetünk teherpanelt valamennyi kijelölt tartományra.



Teherpanelek automatikus felvétele a kijelölt vonalak alapján. A program a kijelölt vonalak alapján meghatározza az összefüggő, sík felületeket és ezek kontúrját hozza létre, mint teherpanel.



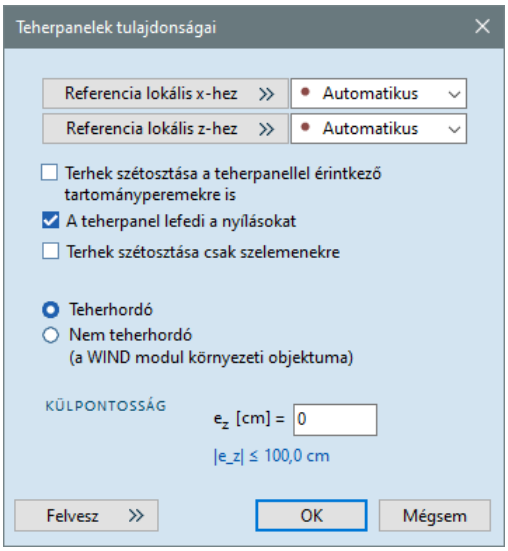
Felületek keresése. Akkor hasznos funkció, ha tartománnyal nem lefedhető görbült felületek vagy görbült felületet követő rúdszerkezetekre szeretnénk terhet (például szélterhet) helyezni. A kijelölt vonalhalmazban található felületeketre az eljárás külön-külön teherpaneleket generál.



Teherpanelek teherhordó elemeinek módosítása. A teherpanel megadásakor meghatározhattuk, mely elemekre kerüljön rá a teherpanelre helyezett teher (lásd lejjebb). Itt utólag módosíthatjuk ezt a beállítást.



Tulajdonságok. Itt a teherpanel egyéb tulajdonságait módosíthatjuk. A lokális rendszer beállítása mellett a speciális teherszétosztási módokat kapcsolhatunk be, szabályozhatjuk, hogy a teherpanel lefedje-e a tartományok nyílásait is. Szelemennek azokat a rúdelemeket nevezzük, ahol be van kapcsolva a szelemen tulajdonság (*lásd…* **4.9.10 Vonalelemek, 4.9.11 Hidegen alakított acél szelemenek modellezése**).
A program kétféle teherpanelt kezel. Az egyik a teherszétosztásra használt *(Teherhordó)* panel, a másik fajta teherpanel *(Nem teherhordó)* a WIND modulban szélcsatorna-vizsgálatban környezeti objektumokat modellez. Ezek csak az áramlást módosítják, de nem keletkezik rajtuk szélteher.



A teherszétosztás módjának szabályozása az eszköztár következő ikonjaival történik:



A program a megadott terhet a teherpanel alatti **összes tartományra, rúd- és bordaelemre** szétosztja.



A program a megadott terhet a teherpanel alatti **összes tartományra,** de csak **a kijelölt rúd- és bordaelemekre** osztja szét.
Teherpanel terhek szétoszthatók kijelölt csomópontokra is. A rudak és bordák mellett csomópontok is kijelölhetőek, melyekre a terheket szét kell osztani.
A teherszétosztáshoz most már kijelölhetőek olyan rúd/borda elemek vagy csomópontok is, melyek nem közvetlenül a teherpanel síkjában helyezkednek el, de vetületben a teherpanel kontúrján belül vannak. Ebben az esetben a teherosztás számítás a teherpanel síkjában (a megjelölt elem vetített képére) történik, de a kiszámított teher az elem térbeli pozícióján lesz figyelembe véve.



A program a megadott terhet a teherpanel alatti **kijelölt tartományokra** és **kijelölt rúd- és bordaelemekre** osztja szét.



A program a megadott terhet a teherpanel alatti **összes tartományra,** de csak **a bekapcsolt részletekbe tartozó rúd- és bordaelemekre** osztja szét.



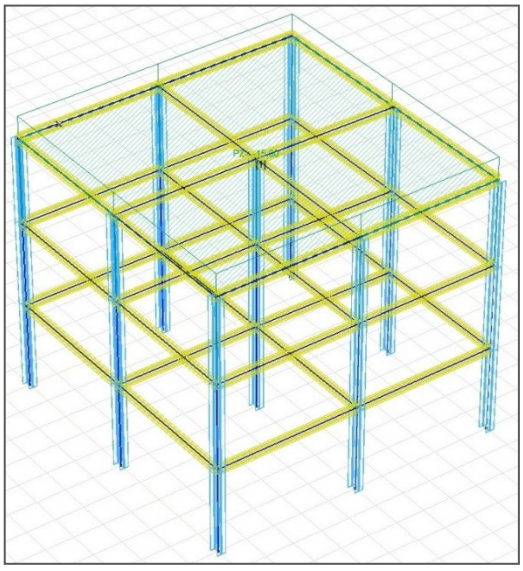
Nyílások kezelése. Beállítható, hogy a teherpanel a nyílásokra eső terheket figyelmen kívül hagyja (valódi nyílások) vagy azokat is szétossza (ablakok).

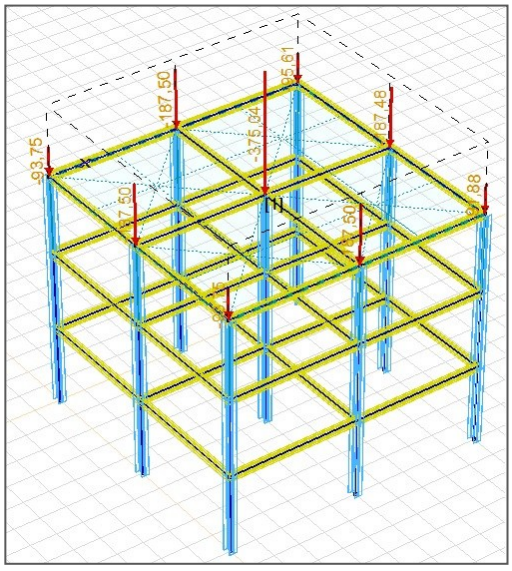


Teherpanelek összeillesztése. Az ábrán látható gombra kattintva egymáshoz közel elhelyezkedő, kijelölt teherpanelek szomszédos éleit lehet illeszteni annak érdekében, hogy a kijelölt panelek folytonosan, rés nélkül illeszkedjenek. Ez a funkció meteorológiai terhek generálásánál lehet fontos, mivel a nem megfelelően illeszkedő teherpanelek hibát okozhatnak a terhek értékeinek számítása során, vagy a teher modelljének felvételekor. Egyszerre maximum három teherpanel jelölhető ki.
Lásd:
4.10.13 Hóteher – SWG modul
4.10.14 Szélteher – SWG modul
4.10.16 Szélteher-generálás CFD (Computational Fluid Dynamics) fájlból – CFD modul
4.11 Szélcsatorna – WIND modul

Kijelölt teherpanelekre helyezett terhek egyedi teherré konvertálhatóak, *lásd...* **3.2.19 Kijelölt teherpanelekre helyezett terhek konvertálása egyedi terhekké**

☞ **A kijelölt rúd-, bordaelemeknek, tartományoknak nem kell feltétlenül a teherpanel síkjában lenniük. Ha több, egymást vetületben fedő tartományt jelölünk ki, akkor csak a teherpanelhez legközelebb eső tartományra kerül teher.**

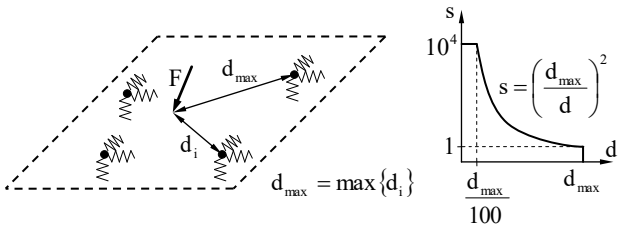




Teherpanelen megoszló teherből oszlopokra helyezett koncentrált erő

A teherszétosztás modellje

Koncentrált terhek szétosztása esetén a modell olyan, mintha a szétosztandó teher egy merev lapra hatna, ami a teherszétosztási pontokban háromirányú rugókkal van megtámasztva. A rugómerevségek mindhárom irányban azonosak, értékük az erő támadáspontjától távolodva négyzetesen csökken. A rugómerevségek csökkenése biztosítja a szétosztott terhek lecsengését.



A vonal mentén megoszló terheket a program először koncentrált terhek sorozatára bontja, majd azokat az előbbiek szerint egyenként szétosztja.
A felületi terhek szétosztása a **Vonalelemekre szétosztott felületi teher** című fejezetben leírtak szerint történik.

Teher megadása

A teherpanelek a koncentrált, vonalmenti és felületi terhek vonatkozásában ugyanúgy terhelhetők, mint a tartományok. Például:



Válasszuk a *Terhek* fülről a *Megoszló teher tartományon* funkciót!



Válasszuk a palettáról az egész tartományon megoszló teher funkciót!

Most akár egyszerre több teherpanelt (és tartományt is) kijelölhetünk, a teher valamennyi elemre rákerül.

4.10.13. Hóteher – SWG modul

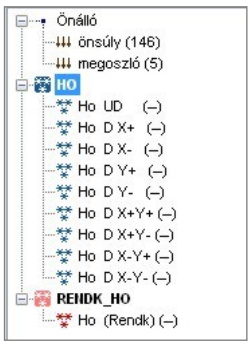
Szabványok

A hóterhet a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Használat

A következő bekezdések az automatikus hóteher generálás menetét mutatják be





Hóteher megadásakor első lépésként kattintsunk a teheresetek ikonra, és hozzunk létre egy hó tehercsoportot a hóteher ikonnal. Ekkor a program automatikusan létrehozza a hó tehercsoportot és amennyiben az alkalmazott szabvány ezt előírja (és a program kezeli), a rendkívüli hóteher csoportot is. A hóteher csoportban automatikusan létrejön egy hó típusú terhelési eset, mely helyett a hóteher paramétereinek megadása után a program automatikusan generálja a megfelelő számú teheresetet. A felhalmozódás nélküli hóteher mellett a szél felhalmozó hatásából származó kedvezőtlen eseteket is kezeli a program. Szélirányként a globális X, Y, valamit az ezekkel 45 fokos szöget bezáró irányokat vesszük fel. Az irányok jelölése a tehereset nevében is megjelenik.

Lásd... **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**

Rendkívüli hóteher

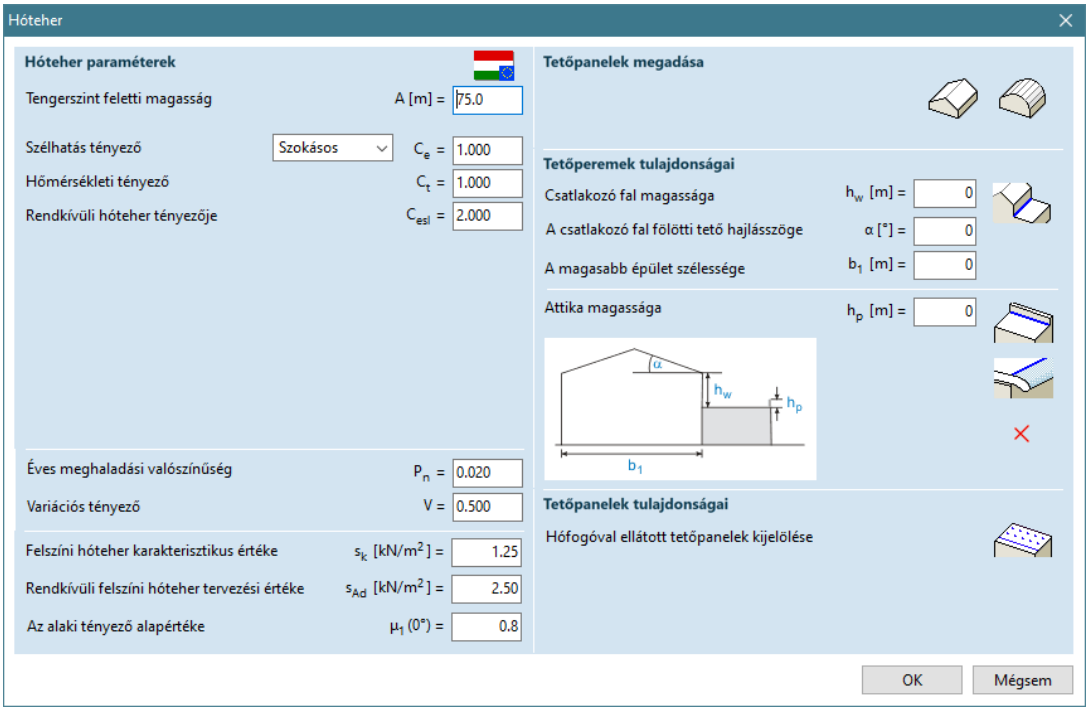
A program azoknál az Eurocode típusú szabványoknál, ahol a nemzeti melléklet előírja, a rendkívüli hóterhet is figyelembe veszi. A program lehetőséget biztosít arra, hogy a felhasználó ettől eltekintsen. A rendkívüli hóterhet a *Beállítások* menüben elérhető *Szabvány* ablakban a *Terhek* fülön lehet ki- vagy bekapcsolni. A spanyol és brit szabványban a rendkívüli hóteher alapbeállításként ki van kapcsolva.

A hóteher paramétereinek beállításához válasszuk ki valamelyik hó típusú teheresetet.
Ebben az esetben a terhek fül alatt elérhető lesz a hóteher ikon.
Amennyiben még nem hoztunk létre teherpanelt, adjuk meg a paneleket a **4.10.12 Teherpanel** fejezetben leírtak szerint.

A hóteher paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található hóteher ikonra.
A dialógusablakban jelöljük ki a terhelendő teherpaneleket, és a további paramétereket. A megadást követően a teherpaneleken megjelenik a számított hóteher.



Hóteher beállítások



Hóterhet kétféle tetőtípusra adhatunk meg:



Sík lapokból álló tető teherpaneljeinek kijelölése



Donga alakú tető teherpaneljeinek kijelölése

A teherparaméterek a következők:

Tengerszint feletti magasság A[m]

A tengerszint feletti magasság befolyásolja a felszíni hóteher intenzitását. A megadott érték alapján a program automatikusan számolja a hóteher nagyságát.

Szélhatás tényező C_e

A kiválasztott listaelemtől függően *(szeles, szokásos, védett* vagy *egyéb)* állítja be a program a C_e paraméter értékét, valamint a felszíni és rendkívüli hóterhek nagyságát.

A szabványostól eltérő, egyedi C_e paraméter megadására is van lehetőség. A program első alkalommal figyelmeztet az eltérésre és a további számításokban az egyedi értéket használja.

Hőmérsékleti tényező C_t

A hőmérsékleti tényező értéke csak abban az esetben térhet el 1,0-tól, ha ezt a tervező hőtechnikai számításokkal igazolni tudja. A program eltérő érték megadása esetén erre felhívja a figyelmet; a későbbi számításokhoz a megadott értéket fogja használni.

Rendkívüli hóteher tényezője C_{esl}

Azokban az országokban, ahol a szabvány rendkívül teherintenzitást ír elő, a rendkívüli hóteher intenzitását a felszíni hóteher intenzitásának C_{esl}-lel való szorzásával kapjuk. A szabvány által javasolt tényezőtől eltérő érték használata esetén a program figyelmeztet az eltérésre.

$\mu 1$ (0°) *Alaki tényező alapértéke*

A hóteher alaki tényező alapértéke beállítható. Az automatikusan beállított érték az adott ország nemzeti mellékletében rögzített érték. (A $\mu 1$ tényező csak a lapos- és félnyeregtetők hóterhét befolyásolja.) A tényező a brit szabványban nem módosítható (az NA.1 táblázat szerint az értéke fix 0.8).

Zóna

Azokban az országokban, ahol a hóteher értéke a földrajzi helynek is függvénye, az országot a vonatkozó nemzeti melléklet zónákra osztja fel. A kiválasztott zóna befolyásolja a hóteher intenzitását.

Fontossági tényező

Az épület funkciójától függő fontossági tényező értékét lehet itt megadni, amennyiben az alkalmazott szabvány használ ilyen tényezőt. Szabványostól eltérő érték esetén a program figyelmezteti a felhasználót.

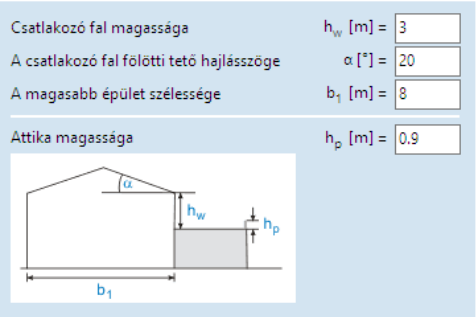
Éves meghaladási valószínűség és Variációs tényező

Egyedi visszatérési idejű felszíni hóteher számításához szükséges bemenő adatok. Alapbeállításként az 50 éves visszatérési idejű hóteher jellemzői szerepelnek az ablakban.

Hóteher intenzitása

A program a fenti paraméterek függvényében automatikusan számolja a felszíni hóteher és a rendkívüli hóteher intenzitását. Ezeket az értékeket felül lehet írni, ekkor a paraméterektől függetlenül a felhasználó által megadott intenzitással számol a későbbiekben a program.

A program figyelembe tudja venni a tetőn található attika, vagy más akadály, magasabb épület oldalfala, illetve a szabad peremen túllógó hó hatását. Állítsa be a választott hatáshoz tartozó paramétereket, majd a megfelelő ikonra kattintást követően jelölje ki az éleket. A kijelölt élekhez a megadott paramétereket rendeli a program. Ezáltal lehetőség van több különböző paraméterrel rendelkező peremtípus megadására. A nem kívánt peremek a törlés ikonra kattintva választhatóak ki és távolíthatóak el.



Csatlakozó fal magassága h_w [m]
A tető mellett található fal tető szintjétől mért magassága.

A csatlakozó fal fölötti tető hajlásszöge α [°]
A tető mellett található falhoz csatlakozó épület tetejének hajlásszöge

A magasabb épület szélessége b1 [m]
A tető mellett található falhoz csatlakozó épület szélessége az oldalfalra merőleges irányban

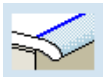
Attika magassága h_p [m]
A tető szélén futó attika, vagy a tető belső részén található kiálló rész magassága a tető szintjétől mérve



Csatlakozó oldalfalak kijelölése
Jelölje ki azokat a teherpanel éleket, amelyhez oldalfal csatlakozik!



Attika kijelölése
Jelölje ki azokat a teherpanel éleket, amelyhez attika, vagy kiálló rész csatlakozik!



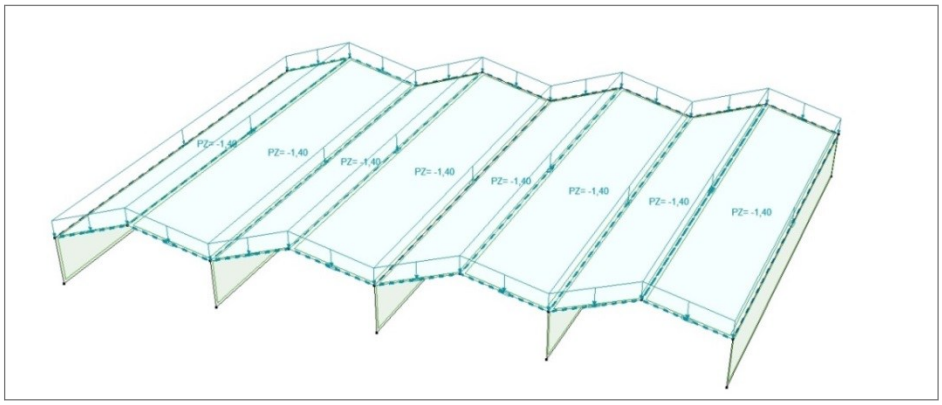
Túlnyúló hóval terhelt tetőperemek kijelölése
Jelölje ki azokat a teherpanel éleket, amelyeket túlnyúló hó terhel!



Törlés
Jelölje ki azokat a teherpanel éleket, amelyekről törölni kívánja a beállított hatást!



Hófogóval ellátott teherpanelek kijelölése
Jelölje ki azokat a teherpaneleket, melyeken hófogót kíván figyelembe venni.
Donga alakú tetőkön nem lehet figyelembe venni hófogót.



Feltételezések, Alkalmazási korlátok

A programban használt algoritmus alkalmazhatóságát az alapjául szolgáló szabványos eljárás(ok) alkalmazási korlátai határozzák meg. A következő listában ezen korlátok szerepelnek az egyes szabványok esetére.



Eurocode (általános)

- Az algoritmus kizárólag épületek tetejére képes hóterhet generálni. Nem javasolt más típusú szerkezetek (pl. hidak) hóterhének számításához.
- Az algoritmus különböző tetőgeometriákra alkalmazható. A tetőn található taréj/vápa hatását a taréj/vápa vonalával közvetlenül érintkező panelekre számított hófelhalmozódás meghatározásakor figyelembe tudja venni. Távolabb elhelyezkedő panelek esetében a taréjnál/vápánál felhalmozódó hó hatását nem veszi figyelembe az algoritmus, ezért nem javasolt olyan tetőgeometria estén használni, ahol a lokális felhalmozódás jelentős hatással van a tető távolabbi részeire is. Megjegyezzük, hogy az utóbbi esetre az EC 1-3 sem ad ajánlást.
- Az épület tengerszint feletti magassága maximum 1500 m. A hóterhet a program minden esetben statikus tehernek tekinti. A magasabban fekvő tetőről lecsúszó hó ütközésekor fellépő dinamikus hatást a program nem veszi figyelembe.
- Jegesedés és jég hatását a program nem veszi figyelembe.
- A hóból származó vízszintes jellegű terheket a program nem veszi figyelembe.
- Az Annex B alapján számítható lokális hófelhalmozódáshoz tartozó rendkívüli terheket a program nem veszi figyelembe.
- Rendkívüli hóteher eloszlást a program nem vesz figyelembe.
- A program feltételezi, hogy a tető szélén nincsenek hófogók, ezért a hó szabadon lecsúszhat a tetőről.
- A program figyelembe veszi magasabb szerkezetek és a tetőn található akadályok hatását a felhalmozódó hóteherre.
- A program figyelembe veszi a tető peremén túlnyúló hó hatását
- A programmal egyedi visszatérési idejű hóteher számítása is elvégezhető.



EC német

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/ kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- Az 5.3.4-ben szereplő összekapcsolódó nyeregtetőkre vonatkozó eljárást nem használja a program, mert az nem ad egyértelmű megoldást térbeli esetekre.
- A program a normál hóteher intenzitásának növelésével, azzal megegyező eloszlású rendkívüli hóteherrel is számol.



NTC olasz

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC holland

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/ kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:

- Hollandiának nincs 1500 méternél magasabban fekvő pontja, ezért az erre vonatkozó korlátozást a Nemzeti Mellékletnek megfelelően figyelmen kívül hagyjuk.



EC belga

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/ kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- Belgiumnak nincs 1500 méternél magasabban fekvő pontja, ezért az erre vonatkozó korlátozást a Nemzeti Mellékletnek megfelelően figyelmen kívül hagyjuk.



EC magyar

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A program a normál hóteher intenzitásának növelésével, azzal megegyező eloszlású rendkívüli hóteherrel is számol.



EC román

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC cseh

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC szlovák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A program a normál hóteher intenzitásának növelésével, azzal megegyező eloszlású rendkívüli hóteherrel is számol.



EC lengyel

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC dán

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC osztrák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- Az épület tetején elhelyezett napelemek, napkollektorok EC 1-3 NA Annex B szerinti hatását a program nem veszi figyelembe.
- A program feltételezi, hogy a vizsgált szerkezeti elemhez tartozó hatásfelület mérete meghaladja a 10 m^2-t. Ellenkező esetben javasolt az EC 1-3 NA 9.2.1.1-ben szereplő módosító tényező figyelembevétele s_k számításánál.
- A b ≥ 50 m tetőszélesség esetén a cA tehernövekedési együttható az EC 1-3 NA szerint van figyelembe véve.
- Alacsony ereszmagasság (h < 0,5 m) esetén az EC 1-3 NA 9.2.1.3-ban szereplő eljárással nem számol automatikusan a program. Az ott részletezett hóteher felhalmozódás azonban figyelembe vehető a tető modell megfelelő kiegészítésével.
- A tetőn húzódó vájatok EC 1-3 NA 9.2.5.4 szerinti terhét a program nem veszi figyelembe.



EC finn

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.



EC norvég

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A hóteher karakterisztikus értékét az NA 4.1 alapján számolja a program, 1500 m tengerszint feletti magasság esetén is.
- Rendkívüli hóterhet a program nem vesz figyelembe.



EC görög

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A hóteher karakterisztikus értékét az NA 4.1 alapján számolja a program.



EC portugál

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A hóteher karakterisztikus értékét az NA 4.1 alapján számolja a program.
- A program a normál hóteher intenzitásának növelésével, azzal megegyező eloszlású rendkívüli hóteherrel is tud számolni, de ez alapbeállításként ki van kapcsolva (ld. *Beállítások* menü/*Szabvány* ablakban a *Terhek* fülön).



EC spanyol

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A hóteher karakterisztikus értékét az NA 4.1 alapján számolja a program.



EC brit

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A hóteher karakterisztikus értékét az NA.2.8 alapján számolja a program.
- A program a normál hóteher intenzitásának növelésével, azzal megegyező eloszlású rendkívüli hóteherrel is tud számolni, de ez alapbeállításként ki van kapcsolva (ld. *Beállítások* menü/*Szabvány* ablakban a *Terhek* fülön).
- Rendkívüli hófelhalmozódást a program nem tud figyelembe venni.



SIA svájci

- Az algoritmus kizárólag épületek tetejére képes hóterhet generálni. Nem javasolt más típusú szerkezetek (pl. hidak) hóterhének számításához.
- Az algoritmus különböző tetőgeometriákra alkalmazható. A tetőn található taréj/vápa hatását a taréj/vápa vonalával közvetlenül érintkező panelekre számított hófelhalmozódás meghatározásakor figyelembe tudja venni. Távolabb elhelyezkedő panelek esetében a taréjnál/vápánál felhalmozódó hó hatását nem veszi figyelembe az algoritmus, ezért nem javasolt olyan tetőgeometria estén használni, ahol a lokális felhalmozódás jelentős hatással van a tető távolabbi részeire is. Megjegyezzük, hogy az utóbbi esetre az SIA261 sem ad ajánlást.
- Az épület tengerszint feletti magassága maximum 2000 m.
- Rendkívüli hóterhet a program nem vesz figyelembe.
- A program feltételezi, hogy a hó szabadon lecsúszhat a tetőről.
- A program figyelembe veszi magasabb szerkezetek és a tetőn található akadályok hatását a felhalmozódó hóteherre.
- A program figyelembe veszi a tető peremén túlnyúló hó hatását.
- A program figyelembe tudja venni a hófogók hatását.
- A program a megadott beállítások alapján számol az alacsony hajlású és nagy kiterjedésű tetők megnövekedett hóterhével. Amennyiben a *Maximális méret alapján* opciót választjuk, akkor nekünk kell definiálni a méretet, ami alapján számolja a program a megnövekedett hóterhet. Ekkor minden teherpanelre alkalmazza a többletet. Ez a beállítás nagyméretű, de nem szabályos alakú tetők esetén használható. Amennyiben az *Összefüggő teherpanelek alapján* opciót választjuk, akkor a program vizsgálja az összefüggő teherpanel csoportok méretét és a méretnek megfelelően alkalmazza a megnövekedett hóterhet. Ez a funkció csak téglalap vagy kör alaprajzú teherpanel csoportokra működik.

Számítás menete

A következő listában a hóteher számításának menete szerepel a különböző nemzeti szabványok esetére



Eurocode (általános)

- Amennyiben a felhasználó egyedi értéket nem ad meg, minden tényező esetében a szabványban javasolt értékkel számol a program. Az általános Eurocode szabvány esetében a nemzeti mellékletekben szereplő ajánlásokat figyelmen kívül hagyjuk.
- A hóteher kombinációs, gyakori és kvázi állandó értékéhez tartozó tényezők értékeit az EC 1-3 4.1 Táblázata alapján veszi fel a program.
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét a felhasználónak kell megadni.
- A tetőn mértékadó hóteher értékét az EC 1-3 5.1 Egyenlete alapján számítja a program.
- A tereptényező értéke a felhasználó által választott terepviszonyok függvénye. Az egyes terepviszonyokhoz tartozó *Ce* értékeket az EC 1-3 5.1 Táblázata alapján veszi fel a program.
- A hőmérsékleti tényező értékét alapbeállításként 1.0-ra veszi fel a program. Ennek módosítása csak abban esetben javasolt, ha a módosított érték helyességét független számítás igazolja.
- Sík panelekből álló tetők alaki tényezőit a felhalmozódás nélküli esetben az EC 1-3 5.2 Táblázatában szereplő μ1 alapján számítja a program. Minden panelhez annak hajlása alapján egyedi μ1 értéket rendel.
- Hófelhalmozódáshoz tartozó terheréseteket az EC 1-3 5.2 Táblázatában szereplő μ2 tényező segítségével generál a program. Vápák μ2 tényezőit az 5.4 Ábra alapján a csatlakozó tetőpanelek szélirányba eső hajlásának megfelelően számítja a program. (Például: X irányú vízszintes vápában nincs felhalmozódás X irányú szél esetén, mert a csatlakozó teherpanelek X irányú hajlása 0°.)
- Vápa nélküli tetők estén az EC 1-3 5.3 Ábrájának teherelrendezéseit használja a program. A csökkentett hóteher intenzitást minden esetben a szel támadta oldalon feltételezi az algoritmus.
- Dongatetők alaki tényezőit az EC 1-3 5.3.5 alapján veszi fel a program. Javasolt legalább 20 sík panelre osztani a donga tetőt, így a program megfelelő pontossággal tudja közelíteni a szabvány által előírt tehereloszlást.
- Magasabb szerkezetek és a tetőn található akadályok hatását az EC 1-3 5.3.6 és 6.2 alapján veszi figyelembe a program. Hatásuk kizárólag a hófelhalmozódással számoló teheresetekben jelentkezik. A széliránnyal párhuzamos falak és akadályok esetén a program hófelhalmozódással nem számol.
- A tető peremén túlnyúló hó hatását az EC 1-3 6.3 alapján veszi figyelembe a program.
- Egyedi visszatérési időhöz tartozó felszíni hóteher intenzitását az EC 1-3 D mellékletében szereplő eljárással határozza meg az algoritmus.



EC német

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét az EC 1-3 NA 4.1 szerint automatikusan számolja a program a felhasználó által megadott zóna és tengerszint feletti magasság alapján.
- A rendkívüli hóteher intenzitását meghatározó C_{esl} tényező alapértéke 2.0. Észak Németországban ennek módosítása javasolt az EC 1-3 NA 4.3 alapján.
- Magasabb szerkezetek hatását a felhalmozódó hóra az EC 1-3 NA 5.3.6 alapján számolja a program.
- A tető peremén túlnyúló hóteher hatásának számításához EC 1-3 NA 6.3 alapján k = 0.4 értéket használja a program.



NTC olasz

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:

- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 4.1 szerint automatikusan számolja a program a felhasználó által megadott zóna és tengerszint feletti magasság alapján.
- A tereptényezőt az EC 1-3 NA 5.2 (7) alapján veszi fel a program.



EC holland

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 4.1 (1) alapján 0.7 kN/m^2-nek veszi fel a program.
- A hóteher kombinációs, gyakori és kvázi-állandó értékéhez tartozó tényezőket rendre 0, 0.2 és 0 értékkel vesz figyelembe a program az EC 1-3 NA 4.2 (1) alapján.



EC belga

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 4.1 (1) alapján a tengerszint feletti magasság függvényében veszi fel.
- A hóteher kombinációs, gyakori és kvázi-állandó értékéhez tartozó tényezőket a program az EC 1-3 NA 4.2 (1) alapján veszi fel.
- Az EC 1-3 NA 5.2 (7) és (8) alapján a tereptényező és a hőmérsékleti tényező értékét is 1.0-ra veszi fel a program.
- Magasabb szerkezetek hatásának számításakor a felhalmozódó hóhoz tartozó μ_w tényező maximális értéke az EC 1-3 NA 5.3.6 (1) alapján 2.0.
- A tető peremén túlnyúló hó hatását az EC 1-3 NA 6.3 alapján elhanyagolja.



EC magyar

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA NA1.6 szerint automatikusan számolja a program a felhasználó által megadott tengerszint feletti magasság alapján.
- A rendkívüli hóteher intenzitását meghatározó C_{esl} tényezőt EC 1-3 NA NA1.8 alapján 2.0 értékűre veszi fel.



EC román

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét CR 1-3 3.1 szerint automatikusan számolja a program a felhasználó által megadott s_k alapérték és tengerszint feletti magasság alapján.
- A tetőn mértékadó hóteher intenzitását CR 1-3 4.1 Egyenlete alapján számítja a program.
- Az alkalmazandó fontossági tényezőt a felhasználónak kell kiválasztani; a program CR 1-3 4.2 Táblázata alapján javasol értékeket.
- A hóteher kombinációs, gyakori és kvázi állandó értékéhez tartozó tényezőket rendre 0.7, 0.5, és 0.4 értékkel veszi figyelembe a program CR 1-3 4.4 Táblázata alapján.



EC cseh

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékeit tartalmazó listát az EC 1-3 NA 2.7-ben javasolt térkép (www.snehovamapa.cz) alapján állítottuk össze.
- Donga tetők alaki tényezőit EC 1-3 NA 2.19 és NA.1 Ábrája alapján számolja a program.
- Magasabb szerkezetek hatását a felhalmozódó hóra EC 1-3 NA 2.20 alapján számolja a program $b_{1,s} = 0.5b_1$ közelítéssel.
- A tető peremén túlnyúló hóteher hatásának számításához az EC 1-3 NA 2.24 alapján $\gamma = 2$ kN/m^3 értéket használja a program.



EC szlovák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A tető peremén túlnyúló hóteher hatásának számításához az EC 1-3 NA 6.3 alapján $\gamma = 3$ kN/m^3 értéket használja a program.



EC lengyel

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 1.7, 1. Ábra és 1. Táblázat szerint automatikusan számolja a program a felhasználó által megadott zóna és tengerszint feletti magasság alapján.



EC dán

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 4.1 (1) NOTE 1 alapján 1.0 kN/m^2-re veszi fel a program.
- A tereptényező alapbeállításként az EC 1-3 NA 5.2(7) alapján $C_s = 1.0$ feltételezésével szerepel. Eltérő C_s érték esetén javasolt C_e értékének kézi számítása és az *egyedi* beállítás alkalmazása.
- Az EC 1-3 NA 5.3.3(4)-ben szereplő kiegészítő teherelrendezéssel nem számol a program.
- Donga tetők alaki tényezőit EC 1-3 NA 5.3.5. (3) alapján veszi fel a program.

- A magasabb szerkezetek hatását a felhalmozódó hóra az EC 1-3 NA 5.3.6 alapján számolja a program a következő feltételezésekkel: (i) a hózug globálisnak tekinthető; (ii) $b_{sl} = 0.5b_1$; (iii) a hózug szélvédett oldalon van.



EC osztrák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értéké a felhasználónak kell megadnia.
- Összekapcsolódó nyeregtetők alaki tényezőit EC 1-3 NA 9.2.3 alapján számolja a program.
- Donga tetők alaki tényezőit EC 1-3 NA 9.2.4.3 alapján számolja a program.
- A magasabb szerkezetek hatását érintő EC 1-3 NA 9.2.5.1-ben szereplő módosításokat figyelembe veszi a számító algoritmus.
- A tető peremén túlnyúló hóteher hatását az EC 1-3 NA 10.2.2 alapján, az ajánlott l = 0.5 m feltételezésével számolja a program.



EC finn

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét EC 1-3 NA 4.1 ábrán szereplő térkép alapján a felhasználónak kell megadnia.
- A tereptényező értékeit az EC 1-3 NA 5.1 táblázat alapján veszi fel a program.
- Dongatetők esetén a program az EC 1-3 szerinti teherelrendezéssel számol; nem alkalmazza az EC 1-3 NA 5.6 ábra jobb oldalán látható elrendezést. Ez kis magasságú, a donga peremeinél alacsony hajlásszögű tetők esetében számottevő eltérést eredményezhet.
- Csatlakozó fal és attika hatásának számításakor μ_w és l_s tényezők határértékeit legalább 6 m^2 tetőfelület feltételezésével az EC 1-3 NA 5.3.6(1) alapján számolja a program.



EC norvég

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A dongatetők hófelhalmozódás esetén figyelembe veendő teherelrendezést az NA 5.3.5 alapján veszi figyelembe a program, de lokális, eresz menti hóteher esetet nem generál.
- Magasabb szerkezetek csatlakozó vagy ahhoz közeli tetőknél az NA 5.3.6(1) szerinti egyedi korlátozást (II. eset) nem tudja figyelembe venni a program.



EC portugál

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A program a zónaértékeket a nemzeti mellékletben szereplő NA–4.1(1) alapján határozza meg, a felhasználó által megadott zóna alapján.
- A program csak rendkívüli hóteherrel tud számolni, rendkívüli hófelhamozódással nem.
- A C_{esl} tényező alapértéke: 2,50.



EC spanyol

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A program a zónaértékeket a nemzeti mellékletben szereplő AN.2 táblázata alapján határozza meg.



EC brit

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A program csak rendkívüli hóteherrel tud számolni, rendkívüli hófelhamozódással nem.
- A C_{esl} tényező alapértéke: 2,00.
- Dongatetőknél az NA.2.21 szerinti hófelhalmozódást a program nem tudja figyelembe venni, az általános Eurocode szabályait alkalmazza.



SIA svájci

- Amennyiben a felhasználó egyedi értéket nem ad meg, minden tényező esetében a szabványban javasolt értékkel számol a program.
- A felszíni hóteher karakterisztikus értékét automatikusan számítja a program a felhasználó által megadott referencia magasság alapján. A referencia magasságot (tengerszint feletti magasság) a SIA261 Annex D alapján a felhasználónak kell meghatározni.
- A tetőn mértékadó hóteher értékét SIA261 9. Egyenlete alapján számítja a program.
- A tereptényező értéke a felhasználó által választott terepviszonyok függvénye. Az egyes terepviszonyokhoz tartozó Ce értékeket SIA261 5.2.4 alapján veszi fel a program.
- A hőmérsékleti tényező értékét alapbeállításként 1.0-ra veszi fel a program. Ennek módosítása csak abban az esetben javasolt, ha a módosított érték helyességét független számítás igazolja.
- Tetőpanelek alaki tényezőit SIA261 5.3 és 2, 3 Ábrái segítségével veszi fel a program. Minden panelhez annak hajlása alapján egyedi μ tényezőt rendel.
- A vápáknál használandó m2 tényezőket SIA261 3. Ábrájának második oszlopa alapján számítja a program. Ehhez a vápához csatlakozó tetőpanelek szélirányba eső hajlását használja fel. (Például: X irányú vízszintes vápában nincs felhalmozódás X irányú szél esetén, mert a csatlakozó teherpanelek X irányú hajlása 0°). Vápa nélküli tetők esetén SIA261 3. Ábrájának első oszlopa alapján számítja az alaki tényezőket a program.
- A csökkentett hóteher intenzitást minden esetben a szel támadta oldalon feltételezi az algoritmus.

- Dongatetők alaki tényezőit a SIA261 3. ábrájának 3. oszlopa alapján veszi fel a program. Javasolt legalább 20 sík panelre osztani a donga tetőt, így a program megfelelő pontossággal tudja közelíteni a szabvány által előírt tehereloszlást.
- Magasabb szerkezetek és a tetőn található akadályok hatását a SIA 261 5.3.6 alapján veszi figyelembe a program, felhasználva a SIA261 5.4.1 által a hó térfogatsúlyára javasolt értékeket.
- A program a SIA 261 5.3.5 pontja alapján számol az alacsony hajlású és nagy kiterjedésű tetők megnövekedett hóterhével.
- Ez a hatás kizárólag a hófelhalmozódással számoló teheresetekben szerepel. A széliránnyal párhuzamos falak és akadályok esetén a program hófelhalmozódással nem számol.

A tető peremén túlnyúló hó hatását az EC 1-3 6.3 alapján veszi figyelembe a program.

4.10.14. Szélteher – SWG modul

Szabványok

A szélterhet a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Használat

A következő bekezdések az automatikus szélteher generálás menetét mutatják be.



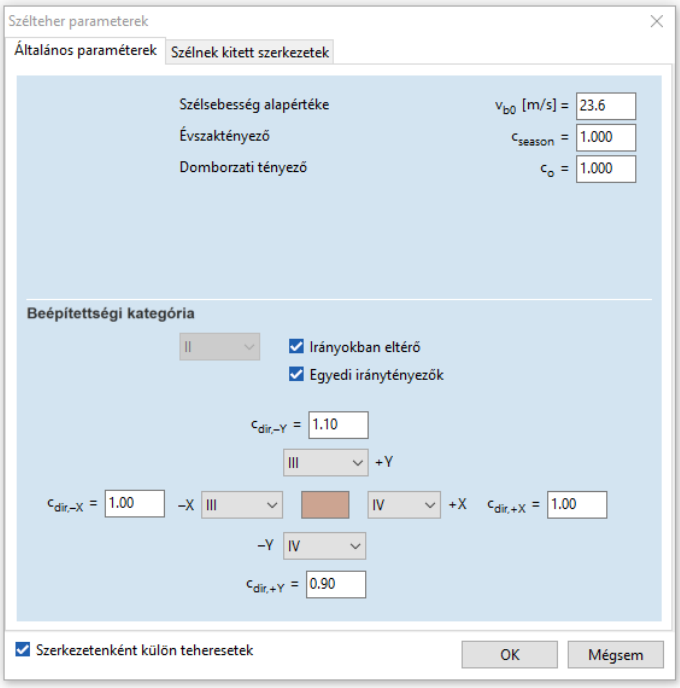
Szélteher megadásakor első lépésként kattintsunk a teheresetek ikonra, és hozzunk létre egy szél tehercsoportot a szélteher ikonnal. A szélterhekhez tartozó tehercsoportban automatikusan létrejön egy ideiglenes tehereset. Ez csak a szélteher nevének megadására szolgál. A teherpanelek megadása és a szélteher paramétereinek definiálása után ezt a teheresetet automatikusan felülírja a program a szükséges teheresetekkel. A teheresetek nevének jelentését *lásd...* **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok** fejezetben.

A szélteher paramétereinek beállításához válasszuk ki az egyik szél típusú teheresetet. Ebben az esetben a terhek fül alatt elérhető lesz a szélteher paramétereit beállító ikon.
Amennyiben még nem hoztunk létre teherpanelt, adjuk meg a falakat és a tetőt burkoló paneleket a **4.10.12 Teherpanel** fejezetben leírtak szerint.



A szélteher paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található szélteher ikonra.
A megnyíló ablak első fülén a szélteher általános paramétereit, a második fülön pedig a teherpanelek által meghatározott szerkezetek jellemzőit adhatjuk meg.

Általános paraméterek



Az *Általános paraméterek* fülön a következő jellemzők állíthatók be (egyes tényezők nem minden szabvány esetén szükségesek):

Tengerszint feletti magasság A [m]

A tengerszint feletti magasság befolyásolhatja a szélsebesség alapértékét. Amennyiben v_{b0} értéke függ *A*-tól, a megadott érték alapján a program automatikusan számolja a szélsebességet. Magyarországon a tengerszint feletti magasság nem befolyásolja a szélsebességet.

Fontossági tényező

Az épület funkciójától függő fontossági tényező értékét lehet itt megadni, amennyiben az alkalmazott szabvány használ ilyen tényezőt. Szabványostól eltérő érték esetén a program figyelmezteti a felhasználót.

Zóna

Azokban az országokban, ahol a szélteher értéke a földrajzi helynek is függvénye, az országot a vonatkozó nemzeti melléklet zónákra osztja fel. A kiválasztott zóna befolyásolja a szélsebesség alapértékét.

Szélsebesség alapértéke v_{b0} [m/s]

A fenti paraméterek függvényében a program automatikusan számítja a szélsebesség alapértékét. Ezt az értéket a felhasználó felülírhatja. Ebben az esetben a fenti paraméterektől függetlenül, a felülírt értékkel számolja a szélterhet a program.

Évszak tényező c_{season}

Ideiglenes szerkezetek esetén, amennyiben az alkalmazot szabvány erre lehetőséget ad, a szélhatás csökkenthető az évszaktényezővel. A tényező azt veszi figyelembe, hogy a szerkezet élettartama alatt az adott területen olyan időjárás jellemző, melynek során nem alakul ki a mértékadó szélhatás. Ennek megítélése a tervező felelőssége.

Domborzati tényező c_o

A domborzati tényező a szerkezet környezetében található domborzat szélterhekre gyakorolt hatását veszi figyelembe. A tényező meghatározásához az alkalmazott szabvány ad útmutatást.

Magassági tényező c_{alt}

A tényező a norvég szabvány esetén megadható paraméter, alapértéke: 1, melyet a program a szélsebesség alapértékének számításánál vesz figyelembe. A paraméter felvételéhez az alkalmazott szabvány ad útmutatást.

Örvénylési tényező k_I

A tényező a norvég szabvány esetén beállítható paraméter, alapértéke: 1. A tényező az örvénylési intenzitás - *Iv(z)* - számításához szükséges. A többi szabványnál a szabályozásokban szereplő értékkel számol a program.

Szerkezeti tényező $c_s \cdot c_d$ (SIA szabványban $c_{red} \cdot c_d$)

A tényező alapértéke: 1, mely a q_p torlónyomás számításánál van figyelembe véve.

Éves meghaladási valószínűség tényező p

A tényező az Eurocode szabvány esetén beállítható paraméter, alapértéke: 0,02. A tényező a v_b szélsebesség alapértékének számításánál van figyelembe véve.

A *Beépítettségi kategória*

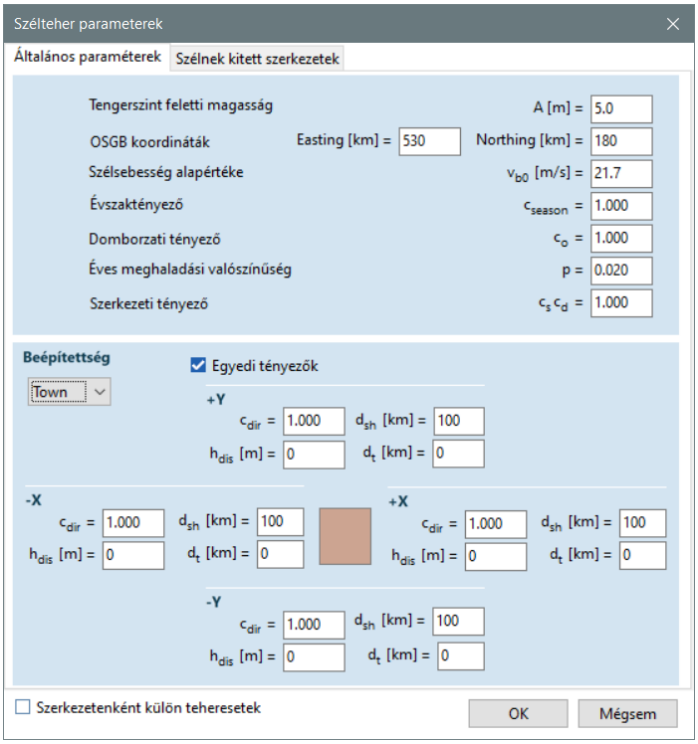
A lenyíló listából az alkalmazott szabvány által meghatározott beépítettségi kategóriák közül választhatunk. Ezek az épület környezetét jellemzik. Amennyiben az épület környezete irányonként jelentősen eltérő beépítettséget mutat, az *Irányokban eltérő* kapcsoló aktiválása után a vizsgált négy szélirányhoz négy különböző kategória rendelhető.

Iránytényezők

Az iránytényezők segítségével figyelembe vehető az adott területre jellemző mértékadó szélirány. Ebben az esetben a szélteher nagysága a mértékadó iránytól eltérő irányokban egy itt megadott csökkentő tényezővel módosítható, míg a mértékadó irányban növelő tényező alkalmazható. Alapbeállításként a program minden irányban 1,0-s szorzóval számol. Az iránytényező értékét a Magyar Eurocode szabvány alkalmazása esetén is (az EC 1-4 magyar Nemzeti Mellékletének 2016-os módosításával összhangban) 1,0-ra veszi fel a program!

Az *Egyedi iránytényezők* kapcsoló aktív állása esetén adhatóak meg az egyes irányokra jellemző tényezők értékei.

Brit szabvány egyedi paraméterei



OSGB koordináták [km]

Easting, Northing koordináták az OSGB rendszerében. A szoftver ezen koordináták alapján meghatározza a magassági korrekció előtti szélsebesség alapértékét.

Szélsebesség alapértéke v_{b0} [m/s]

A szélesebesség kiindulási alapértéke ($v_{b,0}$), melyet a program a megadott *OSGB koordináták* és a *tengerszint feletti magasság* figyelembevételével veszi fel az NA.2.4 alapján. Ezt az értéket a felhasználó felülírhatja. Ebben az esetben a fenti paraméterektől függetlenül, a felülírt értékkel számolja a szélterhet a program.

Beépítettség

Beépítettségi kategória

A lenyíló listából a beépítettségi kategóriák közül választhatunk („*Country*", „*Town*").

Egyedi tényezők

Amennyiben az épület környezete indokolja, az *Egyedi tényezők* kapcsoló aktiválása után a négy főirányhoz eltérő paraméterek rendelhetők (c_{dir}, h_{dis}, d_{sh}, d_t).

Árnyékolt magasság h_{dis} [m]

Környezet által árnyékolt magasság az adott irányban.

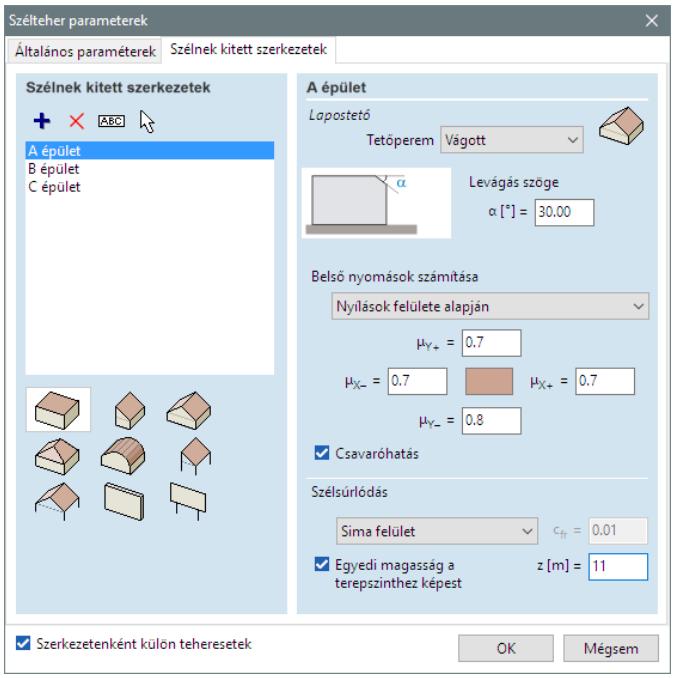
Szélirányú távolság a tengertől d_{sh} [km]

Az épület távolsága a tengertől szélirányban.

Távolság a város peremétől d_t [km]

Távolság a város peremétől, mely kizárólag „*Town*" beépítettségi kategória esetén aktív.

Szélnek kitett szerkezetek



A *Szélnek kitett szerkezetek* fülön teherpanelek által meghatározott szerkezeteket adhatunk meg. A program akár több, egymástól független szerkezetre is képes szélterhet számítani. A program lehetőséget ad arra is, hogy egy szerkezet több részének szélterhét eltérő szabványos modellekkel közelítsük, majd ezeket kombinálva számítsuk ki a teljes szerkezet szélterhét. Ebben az esetben az ablak alsó részén található *Szerkezetenként külön teheresetek* kapcsolót kapcsoljuk ki.

Új szerkezet megadása
Adjuk meg a szerkezet nevét, majd kattintsunk a szerkezethez tartozó teherpanelekre. A listába bekerült szerkezetek neve fölé állva megjelenik a szerkezetekhez tartozó teherpanelek listája.

Szerkezet törlése
Törli a listában kijelölt szerkezetet.

Szerkezet átnevezése
Más nevet adhatunk a listában kijelölt szerkezetnek.

Szerkezet módosítása
Újra megadhatjuk a szerkezetekhez tartozó teherpaneleket

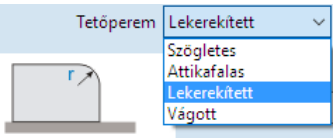
Épületek

Épületek esetén a következő tetőgeometriáknak megfelelő szabványos szélterhet számolja automatikusan a program:

 *Lapostető*  *Félnyereg tető*  *Nyeregtető*  *Kontyolt tető*  *Dongatető*

A jellemző tetőgeometria kiválasztása után a következő paraméterek adhatók meg:

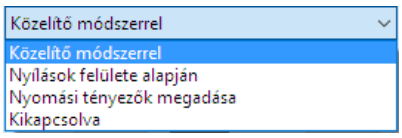
Lapostető peremtípusa (tetőperem)



Lapostető esetén a tető peremének kialakítása alapvetően befolyásolja a tetőre számított szélteher intenzitását. A négy különböző szabványos kialakítást és az ezekhez tartozó paraméterek (attika magasság, lekerítés sugara, levágás szöge) értékét itt lehet megadni.

Belső szélnyomás számítása

A belső szélnyomás számítása kapcsán négy lehetőség van:



Közelítő módszerrel: A program az Eurocode által javasolt mértékadó nyomás és szívás értékeit is elhelyezi a szerkezeten külön-külön teheresetekben.

Nyílások felülete alapján: Megadjuk a nyílások eloszlását jellemző μ tényező egyes szélirányokra vonatkozó értékét, és a program ez alapján számítja a belső nyomást. Lehet μ értékét csak bizonyos irányokban definiálni; μ = 0 esetén a program az adott irányban a közelítő módszerrel számol.

Nyomási tényezők megadása: Megadhatók közvetlenül a c_{pi} belső nyomási tényezők.

Kikapcsolva: A program nem számol a belső nyomással.

Csavaróhatás

Csavarásra érzékeny épületek esetén az Eurocode előírja, hogy az épületet vizsgálni kell kifejezetten csavaró hatású szélre is. A csavaróhatás figyelembevétele kapcsoló aktiválása esetén a program ezeket a széltehereseteket is automatikusan generálja.

Szélsúrlódás számítása

A szélsúrlódás hatását a program alapbeállításként minden épületen figyelembe veszi. A felületre jellemző érdességet a legördülő listából választhatjuk ki. Egyedi súrlódási tényezőt is megadhatunk. Ha nem kívánunk súrlódással számolni, válasszuk az *Egyedi érték* lehetőséget és adjon meg c_{fr} = 0 súrlódási tényezőt.

Egyedi magasság a terepszinthez képest

Alapbeállításként a program a terepszintet a kiválasztott teherpanelek legalsó pontja alapján (legkisebb Z koordinátának megfelelő magasságon) veszi fel. Az egyedi magasság megadása lehetőséget ad a modell alsó pontja terepszinthez viszonyított magasságának definiálására. Így megfelelő szélteher generálható akkor is, ha az épületnek csak egy része (például csak a tető) szerepel a modellben.

Szabadon álló tetők

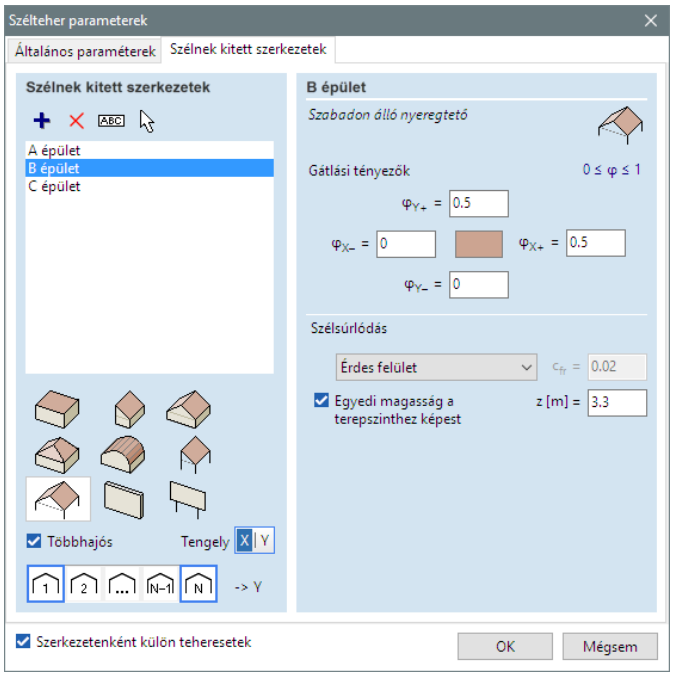
Szabadon álló tetők esetén a következő tetőgeometriáknak megfelelő szabványos szélterhet számolja automatikusan a program:



Félnyeregtető



Nyeregtető



A jellemző tetőgeometria kiválasztása után a következő paraméterek adhatók meg:

Gátlási tényezők

A φ gátlási tényező értéke a tető alatti légáramlásgátló hatás mértékétől függ. A 0,0 eset teljesen üres területet jelent, míg az 1,0 a szélvédett oldali eresz magasságáig feltöltött teret jelent. A gátlási tényező irányonként megadható. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a szel támadta oldali teljes gátlás esetén érdemes mérlegelni azt, hogy a szerkezetet abból az irányból épületként vegyük figyelembe a kombinált szélteher segítségével.

Többhajós szerkezetek

Többhajós szerkezetek esetén a szélterhet úgy vehetjük figyelembe, hogy a hajó helyzetétől függően (szélső, szélsővel szomszédos, belső) külön szerkezeteket adunk meg. A hajó helyzetet minden szerkezetnél állítsuk be megfelelően az ablak bal alsó részén található ikonok segítségével. A helyes szélteher generálásához fontos, hogy kapcsoljuk ki az ablak alján található *Szerkezetenként külön teheresetek* kapcsolót, mert ekkor kapunk végül kombinált szélterhet az összes szerkezetre.

Egyedi magasság a terepszinthez képest

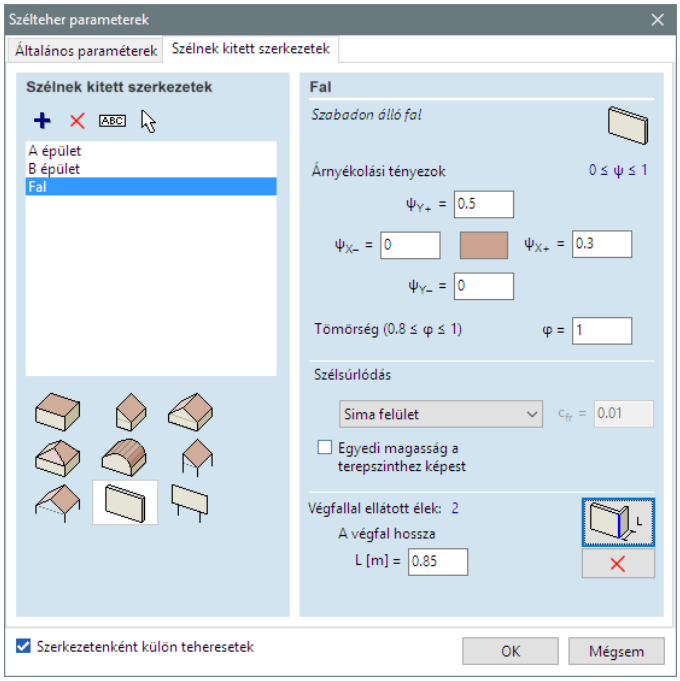
Szabadon álló tetők esetében, ha a kijelölt teherpanelek kizárólag a tető elemei, akkor a program automatikusan a tető alsó pontját veszi fel terepszintként. A legtöbb gyakorlati esetben ez helytelen feltételezés; ezért fontos, hogy megadjuk a tető alsó pontjának terepszinttől mért magasságát, mint egyedi magasságot.

Szabadon álló falszerű szerkezetek

Szabadon álló falszerű szerkezetek esetén a következő szabványos szélterheket számolja automatikusan a program:

 *Szabadon álló fal*  *Jelzőtábla*

A szerkezet típusának kiválasztása után, a korábban bemutatottakon túl, a következő paraméterek megadására adunk lehetőséget:



Szabadon álló fal

Árnyékolási tényezők

Az árnyékolási tényező a vizsgált fal előtt szélirányban található további falak vagy kerítések szélnyomás csökkentő hatását veszi figyelembe. Irányonként eltérő értékek adhatók meg.

Tömörség

A tömörségi arány a falon található nyílások felületének aránya. Az 1 érték tömör falnak felel meg. A tömörségi arány minimális értéke 0,8. Ennél több nyílással rendelkező falakat már síkbeli rácsos szerkezetnek kell tekinteni és az ezekre vonatkozó szélterhet a programban alkalmazottól eltérő eljárással kell számítani.

Egyedi magasság a terepszinthez képest

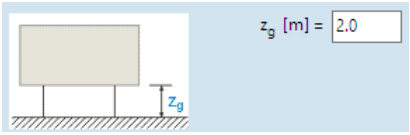
Szabadon álló falként kell modellezni azokat a jelzőtáblákat, melyek terepszinttől mért magassága kisebb, mint a tábla magasságának negyede. Ebben az esetben fontos használni az egyedi magasságot.

Végfalak

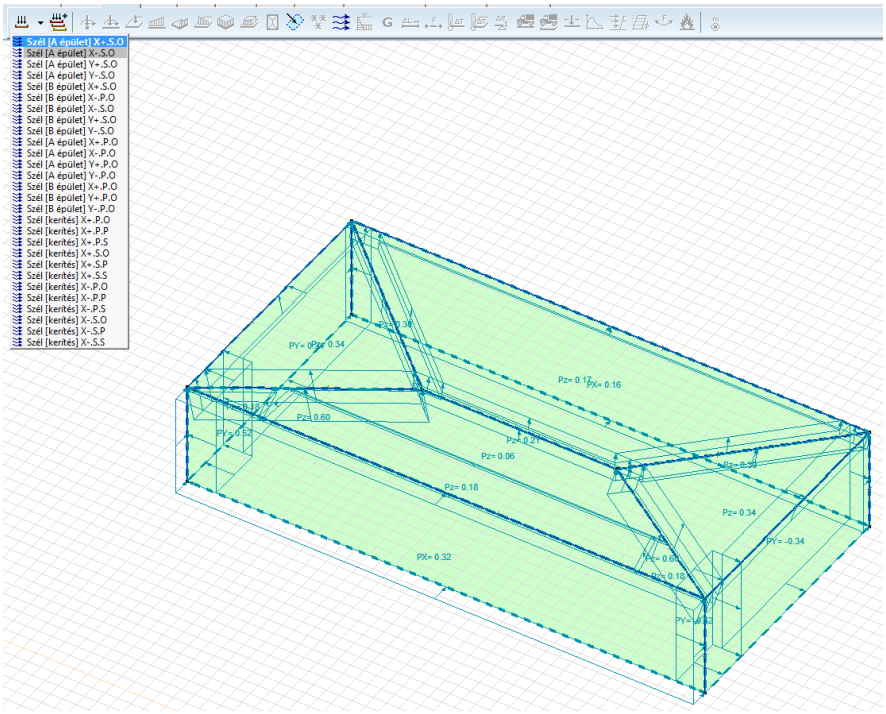
Tört vonalú falak esetén a terhelt egyenes fal egyik vagy mindkét végén a falat oldalirányban végfal támasztja meg. A megtámasztás merevsége és ezzel a falra jutó szélteher nagysága a végfal hosszától függ. Az ilyen típusú megtámasztást a végfal hosszának megadásával, majd a végfal ikonjára kattintást követően a megfelelő teherpanel él kijelölésével adhatja meg. A számítás során kizárólag a fal hossza befolyásolja a szélterhet, az iránya nem.

Jelzőtábla

Jelzőtábla esetén a tábla aljának terepszinthez viszonyított z_g magasságát kell megadni.



Az általános paraméterek és a szélnek kitett szerkezetek megadását követően az OK gombbal bezárható az ablak és a számított szélteher megjelenik a paneleken.



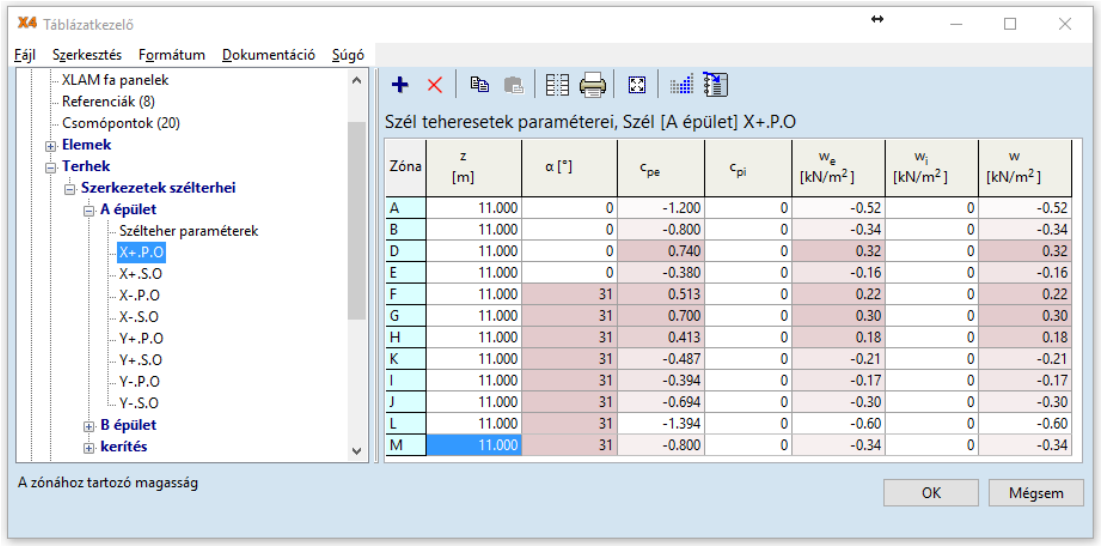
Szélteher megjelenítése

Szélteher adatok

A szélteher automatikus generálása után a terhek adatai a *Táblázatkezelő*ben a *Szerkezetek szélterhei* mappában találhatóak meg.

A *Szélteher paraméterek* táblázat a teheresettől független adatokat tartalmazza. Alapbeállításokkal generált szélterhek esetén a szélteher széliránytól is független, ezért minden irányban azonos paramétereket kapunk. Amennyiben a felhasználó iránytól függő terepviszonyokat, vagy irányténye zőket ad meg, a táblázat értékeiben az ezekből adódó eltérések meg fognak jelenni.

A *Szél teheresetek paraméterei* minden teheresethez tartalmaz egy táblázatot. Ezek a táblázatok a teheresethez tartozó terhelési zónák szélterhének paramétereit foglalják össze. A zónák betűjele utáni szám arra utal, hogy több különböző tulajdonságokkal rendelkező azonos betűjelű zóna található a modellen. Magas, karcsú falak esetében az 1 jelű zóna minden esetben az alsó, a 2 jelű pedig a felső részre vonatkozik. Félnyeregtetők estében a szabványban is szereplő módon értelmezhető a két F zóna, nyeregtetőknél pedig akkor szükséges az F-I zónákból egynél többet figyelembe venni, ha a tető hajlása a két oldalon nem egyenlő. Ekkor a zónák a hozzájuk tartozó hajlásszög alapján könnyen beazonosíthatóak. Szabadon álló tetőknél a szél által támadott oldalon található az 1 jelű zóna és attól távolodva következik a 2 jelű. Falaknál az zónák neve után található S betű jelöli azt, hogy az adott zónában az árnyékolás hatását is figyelembe vettük. Az FR zóna minden szerkezetnél a súrlódás hatását tartalmazza.



Zóna	z [m]	α [°]	c_{pe}	c_{pi}	w_e [kN/m²]	w_i [kN/m²]	w [kN/m²]
A	11.000	0	-1.200	0	-0.52	0	-0.52
B	11.000	0	-0.800	0	-0.34	0	-0.34
D	11.000	0	0.740	0	0.32	0	0.32
E	11.000	0	-0.380	0	-0.16	0	-0.16
F	11.000	31	0.513	0	0.22	0	0.22
G	11.000	31	0.700	0	0.30	0	0.30
H	11.000	31	0.413	0	0.18	0	0.18
K	11.000	31	-0.487	0	-0.21	0	-0.21
I	11.000	31	-0.394	0	-0.17	0	-0.17
J	11.000	31	-0.694	0	-0.30	0	-0.30
L	11.000	31	-1.394	0	-0.60	0	-0.60
M	11.000	31	-0.800	0	-0.34	0	-0.34

Feltételezések Alkalmazási korlátok

A programban használt algoritmus alkalmazhatóságát az alapjául szolgáló szabványos eljárás(ok) alkalmazási korlátai határozzák meg. A következő listában ezen korlátok szerepelnek az egyes szabványok esetére.

Eurocode (általános)

- Az algoritmus téglalap alaprajzú épületek, téglalap alaprajzú szabadon álló tetők, egyenes szabadon álló falak és jelzőtáblák szélterhének automatikus meghatározására képes. Épület alatt olyan szerkezetet értünk, melynél egy belső üres teret minden oldalról falak vesznek körül és tető fed be.
- A következő tetőtípusokat kezeli az algoritmus: sík, félnyereg, nyereg, kontyolt és donga.
- A következő szabadon álló tetőtípusokat kezeli az algoritmus: félnyereg és nyereg.
- Az épület magassága maximum 200 m, szélessége maximum 200 m lehet.
- A szélhatást a teljes teherviselő szerkezetre számítja a program, ezért a nyomási tényezők meghatározásakor feltételezi, hogy legalább 10m^2-es a terhelt felület. Szabadon álló tetők és jelzőtáblák esetén a szélhatást a vonatkozó erőtényezőnek megfelelően számítja a program.
- Feltételezzük, hogy a környező épületek és akadályok hatása elhanyagolható.
- A belső nyomások számításakor feltételezzük, hogy az épületnek nincs domináns oldala. Belső nyomást csak épületek esetén számít a program.
- A c_sc_d szerkezeti tényező értékét 1.0-nak tételezzük fel (az ehhez kapcsolódó korlátozásokat az EC 1-4 6.2 (1) sorolja fel)
- feltételezzük, hogy a jég és a hó szélteherre gyakorolt hatása elhanyagolható

EC német

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- az épület magassága maximum 300 m lehet
- az épület tengerszint feletti magassága maximum 1100 m lehet

NTC olasz

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- az épület tengerszint feletti magassága maximum 1500 m lehet

EC holland

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

EC magyar

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

EC román

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével ebben az esetben is érvényesek:
- az épület tengerszint feletti magassága maximum 100 m lehet (ennél magasabban, illetve Banat teljes területén található épületek esetén a szélsebesség alapértékét a felhasználónak kell megadni)

EC cseh

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

EC szlovák

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

EC belga

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

EC lengyel

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek

 EC dán	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC osztrák	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC finn	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC görög	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC norvég	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC portugál	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC spanyol	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 EC brit	• a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek
 SIA svájci	• az algoritmus kizárólag téglalap alaprajzú épületek esetén használható; épület alatt olyan szerkezetet értünk, melynél egy belső üres teret minden oldalról falak vesznek körül és tető fed be • az épület magassága maximum 200 m lehet • a szélterhet megadó nyomástényezőket az EC 1-4 alapján számítja a program; a következő tetőtípusokat kezeli az algoritmus: sík, félnyereg, nyereg, kontyolt és donga • a szélhatást a teljes teherviselő szerkezetre számítja a program, ezért a nyomási tényezők meghatározásakor feltételezi, hogy legalább $10m^2$-es a terhelt felület • feltételezzük, hogy a szélsúrlódás hatása elhanyagolható • a belső nyomás számításakor feltételezzük, hogy az épületnek nincs domináns oldala • feltételezzük, hogy a környező épületek és akadályok hatása elhanyagolható

Számítás menete

A következő listában a szélteher számításának menete szerepel a különböző szabványok esetére.

 Eurocode (általános)	• Amennyiben a felhasználó egyedi értéket nem ad meg, minden tényező esetében a szabványban javasolt értékkel számol a program. Az általános Eurocode szabvány esetében a nemzeti mellékletekben szereplő ajánlásokat figyelmen kívül hagyjuk. • A szélsebesség alapértékét EC 1-4 4.2 (2)-ben szereplő 4.1 egyenlet alapján számítja a program. • A terep érdességét EC 1-4 4.3.2 (1)-ben szereplő 4.4 egyenlet alapján számítja a program. • A domborzat hatását a c_o domborzati tényezővel lehet figyelembe venni. A felhasználó által számított domborzati tényezőt a program a további számításokhoz figyelembe veszi, de a tényezőt nem számítja automatikusan. • Az átlagos szélsebességet EC 1-4 4.3.1 (1) 4.3 Egyenlet alapján számítja a program. • A szélörvény (turbulencia) intenzitását EC 1-4 4.4 (1) 4.7 Egyenlet alapján számítja a program. • A referenciamagasságot EC 1-4 7.2.2 (1) alapján számítja a program. • A torlónyomás csúcsértékét EC 1-4 4.5 (1) 4.8 Egyenlet alapján számítja a program. • Épületek falainak nyomástényezőit EC 1-4 7.2.2 (2) alapján veszi fel a program. A biztonság javára tett közelítésként a szél támadta és a szélárnyékos oldalon ható nyomások közötti szoros összefüggés hiányát nem vesszük figyelembe. • Épületek tetőinek külső nyomási tényezőit EC 1-4 7.2.3 – 7.2.6 és 7.2.8 alapján veszi fel a program. • A belső nyomási tényezőket pontos számítás esetén az EC 1-4 7.13 ábra alapján a felhasználó által megadott μ értéknek megfelelően számítja a program. (μ EC 1-4 7.3 alapján számítható) Amennyiben a felhasználó nem ad meg μ értéket, EC 1-4 7.2.9 (6) NOTE 2 alapján két esetet vizsgál a program: c_{pi}=+0.2 és c_{pi}=-0.3 tényezők alkalmazásával. • A szél csavaró hatását EC 1-4 7.1.2 alapján veszi figyelembe a program. • Falakon túllógó tetők esetében a túllógó rész alsó felületére az EC 1-4 7.2.1 alapján a csatlakozó falak szélterhét alkalmazza a program. • Szabadon álló tetők szélterhét EC 1-4 7.3 alapján veszi fel a program. A szélteher számításakor olyan megoszló terhet ad meg a tetőre, mely kompatibilis az A, B, C, D zónákra vonatkozó hasznos nyomási tényezőkkel és az általános erőtényezőnek megfelelő nagyságú és helyzetű eredő szélerőt eredményez. • Szabadon álló falak szélterhét EC 1-4 7.4.1 – 7.4.2 alapján veszi fel a program. • Jelzőtáblák szélterhét EC 1-4 7.4.3 alapján veszi fel a program. • A szélteher számításakor a szélsúrlódás hatását EC 1-4 7.5 alapján veszi figyelembe a program.
 EC német	• A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével: • A szélsebesség alapértékét EC 1-4 NA NA.A.1 alapján veszi fel a program. Az épület tengerszint feletti magassága az EC 1-4 NA A.2-nek megfelelően befolyásolja a szélsebességet. • Az átlagos szélsebességet és a szélörvény intenzitását az EC 1-4 NA NA.B.2 Táblázata alapján számítja a program. • A torlónyomás csúcsértékét az EC 1-4 NA NA.B.4.1 (4)-ben szereplő NA.B.11 egyenlet alapján számítja a program.

- Falak nyomástényezőit az EC 1-4 NA NA.1 Táblázat alapján veszi fel a program.
- Lapostetők nyomástényezőit az EC 1-4 NA 7.2.3-nak megfelelően módosítja a program.



NTC olasz

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA N.A.1 Táblázatban szereplő paraméterek alapján, az ott szereplő eljárással számítja a program.
- A tereptényezőt az NTC 2018 3.3.7 alapján veszi fel a program.
- Karcsú épületek falai mentén nem az EC 1-4 szerinti változó, hanem az NTC 2018 3.3 szerinti egyenletes szélteherrel számol a program.
- Falak nyomástényezőit az NTC 2018 3.3. IV táblázat alapján veszi fel a program.
- Tetők szélterhének számításához a terhelési zónák geometriáját és a zónákhoz rendelt nyomástényezőket az NTC 2018 3.3 alapján veszi fel a program.
- Az NTC 2018 szerinti ún. globális nyomástényezőket sem falak, sem tetők esetén nem alkalmazza a program.
- Automatikus belső nyomás számításakor a belső nyomástényező értékét az NTC 2018 3.3 alapján c_{pi} =±0.2 –re veszi fel a program.



EC holland

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA NB.1 Táblázatban szereplő értékek és az NB.1 Ábrán szereplő zónák alapján veszi fel a program.
- A terep érdességét az EC 1-4 NA 4.1 Táblázata és 4.5 Egyenlete alapján számítja a program.
- Falak nyomástényezőit az EC 1-4 NA 7.1 Táblázata alapján veszi fel a program. A szél támadta és a szélárnyékos oldalon ható nyomások közti szoros összefüggés hiányát minden esetben figyelembe veszi a nyomásértékek csökkentésével. Ehhez az EC 1-4 NA által javasolt 0.85-ös korrekciós tényezőt alkalmazza.
- Tetők külső nyomási tényezőit az EC 1-4 NA 7.2, 7.3a, 7.3b, 7.4a, 7.4b és 7.5 Táblázatai alapján veszi fel a program.



EC magyar

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértéke 23.6 m/s2 az EC 1-4 NA NA4.1 alapján.
- Az iránytényezőre az EC 1-4 NA NA4.2-ben javasolt c_{dir} = 1.00 értéket veszi figyelembe a program.



EC román

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét a CR 1-4 2.1 Ábrája és 2.2 Egyenlete alapján számítja a program.
- A CR 1-4 3.2 és 3.1 Egyenletei alapján a program figyelembe veszi a felhasználó által megadott fontossági tényezőt a számításnál.



EC cseh

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA NA.4.1-ben található Csehországra vonatkozó széltérkép alapján veszi fel a program.



EC szlovák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA NB1 táblázata alapján veszi fel a program.
- Tetők nyomástényezőit az EC 1-4 NA 2.27 – 2.30-nak megfelelően módosítja a program.



EC belga

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA 4.3 Ábrán megadott Belgiumra vonatkozó széltérkép alapján veszi fel a program.
- A c_{dir} és c_{season} tényezőket a felhasználónak lehetősége van az EC 1-4 NA alapján módosítani, de a program mindkét tényező esetében alapbeállításként 1.0 értékkel számol.
- A szélörvény intenzitásának számításához alkalmazott k_I tényező értékét EC 1-4 NA 4.4 alapján számítja a program.



EC lengyel

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az EC 1-4 NA NA.1 Táblázat alapján számítja a program.
- Az EC 1-4 NA NA.2 Táblázatban javasolt c_{dir} értékeket a felhasználónak lehetősége van figyelembe venni, de a program alapbeállításként 1.0 értékkel számol.
- A terep érdességének a számítását a szabványparaméterek között a „Terhek" fülön tudja a felhasználó kiválasztani (**3.3.7 Szabvány**). Három lehetőség áll rendelkezésre: (1) $c_e(z)$ az NA.3 táblázat szerint kerül kiszámításra, (2) az NA.3 táblázatban szereplő $c_r(z)$ és az alap Eurocode-ban szereplő $I_v(z)$ szerint, (3) $c_e(z)$ az alap Eurocode alapján kerül kiszámításra. Alapértelmezett: (1)



EC dán

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét 24 m/s-ra veszi fel a program EC 1-4 NA 4.2 (1)P NOTE 2-nek megfelelően. Ettől eltérő értékeket (például az Északi Tengerhez 25 km-nél közelebb fekvő területekre érvényes magasabb szélsebességet) a felhasználónak kell megadnia.
- A c_{dir} és c_{season} tényezőket a felhasználónak lehetősége van az EC 1-4 NA 4.2 (2)P alapján módosítani, de a program mindkét tényező esetében alapbeállításként 1.0 értékkel számol.
- Lapostetők I zónájában a nyomástényező értékét az EC 1-4 NA 7.2.3(4) alapján veszi fel a program.



EC osztrák

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szél torlónyomásának alapértékét (q_b) a felhasználónak kell megadni az EC 1-4 NA Annex A alapján.
- A szél torlónyomásának csúcsértékét EC 1-4 NA 1. Táblázata alapján számítja a program.
- Az EC 1-4 NA-ban szereplő, nyomásténye zők számítására kidolgozott egyszerűsített eljárásokat a program nem használja. A nyomásténye zőket minden esetben a pontosabb összetett eljárással számítja.
- Falak nyomásténye zőit az EC 1-4 NA 3, 4 és 5 Táblázatok alapján számítja a program.
- A tetőkön az EC 1-4 NA rendelkezése alapján nem használ F és G zónákat a program, ha azok összterülete nem haladja meg a tető teljes területének 20 százalékát.



EC finn

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az ország egyes részeire az EC 1-4 NA 4.2(1)P alapján veszi fel a program.
- Az érdességi tényező értékének számításakor a program figyelembe veszi az EC 1-4 NA 4.3.2(1)-ben nyílt tenger esetén k_r értékére előírt módosítást.



EC norvég

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség kiindulási alapértékét (v_{b0}) a felhasználónak kell megadnia a tervezési helyszín figyelembevételével.
- A szélsebesség alapértékének számítása figyelembe veszi a magassági tényező (c_{alt}) hatását. A magassági tényező értékét a felhasználónak kell megadnia, alapértéke : 1.
- Az örvénylési tényező (k_l) értéke egyedileg megadható, alapértéke: 1. A tényező az örvénylési intenzitás - $I_v(z)$ - számításához szükséges.
- Az érdességi tényező értékének számításakor a program figyelembe veszi az EC 1-4 NA 4.3.2(1)-ben a k_r, z_0, z_{min} értékére előírt módosítást.
- Körhenger felületű tetők esetén a program figyelembe veszi az NA.7.2.8(1) módosításait a G és F zónákra vonatkozóan.
- A program a nemzeti alkalmazási útmutatóban szereplő NA.4.3.2(2) és NA.4.3.3 szakasz speciális eseteit nem tudja figyelembe venni.



EC portugál

- A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott bemutatott eljárással dolgozik a program ennél a szabványnál is, a következő módosítások/kiegészítések figyelembevételével:
- A szélsebesség alapértékét az ország egyes részeire/zónáira az EC 1-4 NA 4.2(1)P alapján veszi fel a program.
- Az érdességi tényező értékének számításakor a program figyelembe veszi az EC 1-4 NA 4.3.2(1)-ben a z_0, z_{min} értékére előírt módosítást.



EC spanyol

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A szélsebesség alapértékét az ország egyes részeire/zónáira az EC 1-4 NA 4.2(1)P alapján veszi fel a program.



EC brit

- a számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál, ezért az ott felsorolt korlátozások ebben az esetben is érvényesek.
- A szélsebesség kiindulási alapértékét ($v_{b,0}$) a program az OSGB koordináták és a tengerszint feletti magasság alapján veszi fel az NA.2.4 alapján.
- A program a szélnyomás számításánál négy főirányt tud figyelembe venni.
- A program az NA.1 ábra esetén lineáris, az NA.3, NA.4, NA.5, NA.6, NA.7, NA.8 ábrák esetén logaritmikus interpolációt alkalmaz.
- Donga tetőknél a program nem tudja figyelembe venni az NA.2.29. 3. megjegyzés szerinti G, F és J zónák terhelését.



SIA svájci

- Amennyiben a felhasználó egyedi értéket nem ad meg, minden tényező esetében a szabványban javasolt értékkel számol a program.
- A torlónyomás alapértékét a SIA261 Appendix E alapján a felhasználónak kell megadni.
- A torlónyomás csúcsértékét a SIA261 6.2.1.1 11. Egyenlete alapján számítja a program.
- A c_h szélprofil tényezőt a SIA261 6.2.1.2 12. Egyenlete alapján számítja a program a 4. Táblázat paraméterei alapján a felhasználó által kiválasztott terepkategóriának megfelelően.
- A külső és belső szélnyomást rendre a SIA261 6.2.2.1 13. és 14. Egyenlete alapján számítja a program. A vonatkozó nyomási tényezőket nem a SIA261 Appendix C, hanem az EC 1-4 7.2.3-7.2.6 és 7.2.8 részei alapján veszi fel a program. Ezzel a megoldással egy általánosabban alkalmazható algoritmus adódik, mely a svájci tervezési gyakorlattal is összhangban van.

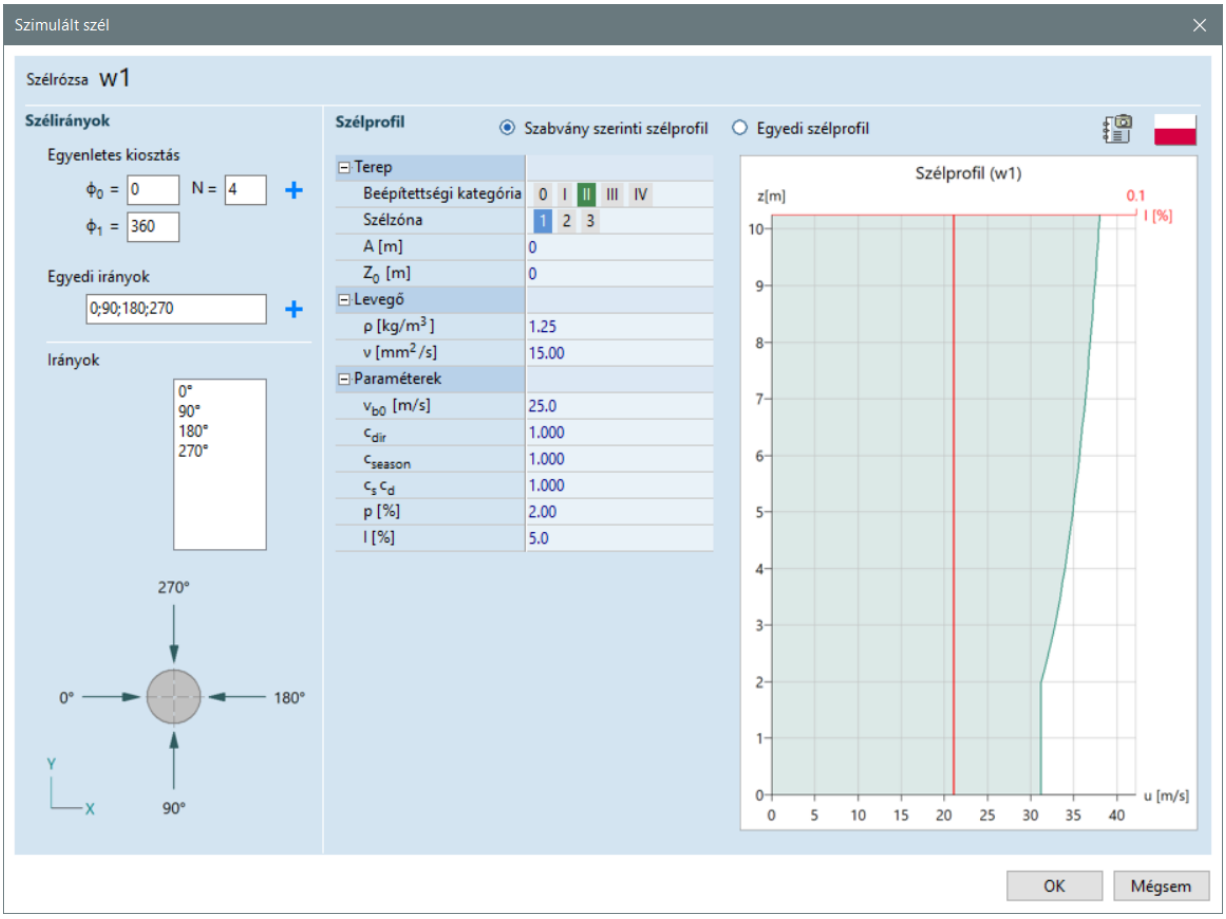
4.10.15. Szimulált szél szélcsatorna vizsgálathoz – WIND modul



A szélcsatorna-vizsgálatban a modellt különböző irányokból fújó, a terepszint fölötti magasság függvényében változó sebességű vízszintes szélnek tesszük ki, majd áramlástani modellezéssel meghatározzuk a szerkezetre kerülő szélterheket.
A szélcsatorna-vizsgálat részleteit a **4.11 Szélcsatorna – WIND modul** fejezet tartalmazza.
A szimulált szélteher megadásakor több szélirányt is felvehetünk azonos szélprofillal és paraméterekkel, ilyenkor minden szélirányhoz külön tehereset generálódik. Ezeket együttesen szélrózsának nevezzük.
A gombra kattintva a szél teheresetekben fújó szél irányait, függőleges sebességeloszlását (szélprofil), a szerkezet viselkedését jellemző szerkezeti tényezőt, illetve a terep, a levegő és a szélteher további paramétereit állíthatjuk be.
A modul Eurocode 1991-1-4, illetve SIA261:2020 alapú szabványos szélprofilok alkalmazását teszi lehetővé.

Eurocode nemzeti mellékletei, illetve a svájci szabvány esetén a WIND modul az érvényben lévő nemzeti melléklet alapján határozza meg a szélprofilt.

Német EC	EC 1991-1-4:2005 DIN EN 1991-1-4/NA 2010 december
Olasz NTC	EC 1991-1-4:2005 UNI EN 1991-1-4/NA 2007 július NTC 2018
Holland EC	EC 1991-1-4:2005 NEN EN 1991-1-4/NB 2007 november
Magyar EC	EC 1991-1-4:2005 MSz EN 1991-1-4/NA 2016 január
Román EC	CR 1-1-4/2012 SR EN 1991-1-4
Szlovák EC	EC 1991-1-4:2005 CSN EN 1991-1-4/NA 2013 július
Lengyel EC	EC 1991-1-4:2005 PN EN 1991-1-4/NA 2008 október
Dán EC	EC 1991-1-4:2005 DS/EN 1991-1-4 DK NA 2015 július
Finn EC	EN 1991-1-4:2005 SFS-EN 1991-1-4/NA 2007 november
Norvég EC	EN 1991-1-4:2005 SN-EN 1991-1-4/NA 2009
Görög EC	EN 1991-1-4:2005 ELOT EN 1991-1-4
Brit EC	EN 1991-1-4:2010 BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010
Svájci	SIA261:2020 Einwirkingen auf Tragwerke SIA261/1:2003 Ergänzende Festlegungen



Szélirányok

Ezen a panelen a szélrózsa szélirányait határozhatjuk meg felülnézetben, azaz a modell globális koordinátarendszerének X-Y síkján. A megadandó érték a széliránynak a globális koordinátarendszer X tengelyével bezárt szöge fokban.
Az *Egyenletes kiosztás* alatti **+** gombbal ϕ_0 és ϕ_1 között egyenletesen kiosztott N db irányt adhatunk hozzá az *Irányok* listához.
Az *Egyedi irányok* alatti **+** gombbal egy, vagy több, pontosvesszővel elválaszott irányt vehetünk fel. Minden szögérték fokban adandó meg.
Az *Irányok* listából a *Delete* billentyűvel törölhetünk egy vagy több kijelölt szögértéket.
A szélcsatorna-vizsgálatban a bemeneti oldalon generált szél a teheresetenként eltérő szélirányt követi. A szélsebességnek nincs Z irányú komponense, nagysága pedig a terepszinttől számított magasság függvényében a felvett szélprofil szerint változik.

Szélprofil

Választhatunk, hogy az aktuális szabvány előírásai szerint meghatározott szélprofillal számolunk, vagy egyedi szélprofilt konstruálunk. Bizonyos paramétereket mindkét esetben meg kell adnunk.

Terep

A Z_0 terepszint a modell globális koordinátarendszerében értendő. A számítás során a modellt ezen a magasságon egy vízszintes síkkal elmetsszük, és csak a sík feletti rész kerül a virtuális szélcsatornába.

Levegő

A levegő, mint áramló közeg két paraméterét kell megadnunk: a ρ sűrűséget és a ν kinematikai viszkozitást. A WIND modul kiindulásként az Eurocode szerinti alapértékeket veszi fel: ρ = 1,25 kg/m^3, ν = 15 mm^2/s.

Szabvány szerinti szélprofil

A program a *Beépítettségi kategória* és a *Paraméterek* megadott értékei alapján az aktuális szabvány, illetve nemzeti melléklet által előírt módon határozza meg a szélprofilt.

Beépítettségi kategória: ez határozza meg a környezet okozta súrlódási ellenállást
I [%], turbulencia-intenzitás: a szélsebesség átlagértékhez viszonyított ingadozása

v_{b0}	A szélsebesség kiindulási alapértéke
c_{dir}	Iránytényező
c_{season}	Évszaktényező
c_0	Domborzati tényező
k_I	Örvénylési tényező
$c_s c_d$	Szerkezeti tényező

p Meghaladási valószínűség

☞ **A szerkezeti tényező az aerodinamikai szimulációban nem jelenik meg közvetlenül, csak az áramlástani szimulációból kapott statikus terheket módosítjuk vele.**

A számítás alapjául az általános Eurocode szabvány szolgál az egyes nemzeti mellékletben található alapértékekkel és kiegészítésekkel:



Magyarország

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

v_{b0} = 23.6 m/s az EC 1-4 NA 4.1 alapján.

c_{dir} = 1.0 az EC 1-4 NA 4.2 javaslata alapján.

z_{max} = 200 m, maximális terepszint feletti magasságig



Hollandia

Beépítettségi kategóriák 0, II, III

Szélzónák Az EC 1-4 NA alapján 3 szélzónát különböztetünk meg (I, II, III), ezek meghatározzák a szélteher alapértékét, illetve az eloszlási paramétereket *(K, n)*. A szélzónák az EC 1-4 NA NB 1. táblázat, illetve térkép alapján határozhatóak meg.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig



Dánia

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

v_{b0} = 24 m/s az EC 1-4 NA 4.2 (1)P NOTE 2 alapján. A melléklet megemlíti, hogy az Északi-tenger 25 km-es környezetében növelt szélsebességgel célszerű számolni.

c_{dir}, c_{season} A felhasználó módosíthatja az EC 1-4 NA 4.2 (2) P alapján, de alapértékük 1.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig



Németország

Beépítettségi kategóriák I, II, III, IV, I/II, II/III (az utóbbi kettő a NA.B.3.3. szerinti I., II. és II., III. terepkategóriák közötti átmenet).

Szélzónák Az EC 1-4 NA NA A.1 ábra alapján 4 szélzóna határozza meg a szélteher alapértékét.

H_s Amennyiben a tengerszint feletti magasság meghaladja a 800 métert, a program növelő tényezőt alkalmaz.
A torlónyomáshoz tartozó sebesség értékét az NA.B.11-es egyenlet alapján határozza meg a program.
A német nemzeti melléklet a más szabványokban használt logaritmikus szélprofillal szemben hatványkitevős szélprofilt ír elő.



Görögország

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

Szélzónák Az EC 1-4 NA A.1 ábra alapján 4 szélzóna határozza meg a szélteher alapértékét.



Olaszország

Beépítettségi kategóriák I, II, III, IV, V

Szélzónák Az UNI EN 1991-1-4 NA NA1. ábrája, illetve táblázata alapján 9 szélzóna közül lehet választani. Ezen zónak meghatározzák a szélteher alapértékét, illetve a tengerszint feletti magasság figyelembevételére szolgáló paramétereket.

a_s A tengerszint feletti magasság

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig



Finnország

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

v_{b0} = 21 m/s az EC 1-4 NA 4.2 (1) P alapján.

k_r Tengerpart esetén EC 1-4 NA 4.3.2 (1) alapján 0.18-as értéket vesz fel a program.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig



Románia

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

Szélzónák A CR 1-4 2.1 ábra, iletve 2.2 egyenletek alapján négy szélzónát vesz figyelembe a program rendre 18, 20, 22, 24 m/s szélsebesség értékkel.

γ_{lw} A program a $c_s c_d$-hez hasonlóan utólag veszi figyelembe a szerkezet fontossági tényezőjét, lásd CR 1-4 3.1-es egyenlet. Ezen tényező nem jelenik meg közvetlenül

az aerodinamikai szimulációban. A CFD-szimulációból kapott statikus terhelések módosítására szolgál.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig.



Szlovákia

Beépítettségi kategóriák I, II, III, IV

Szélzónák Az EC 1-4 NA NB1 táblázat alapján 4 szélzónát definiál a program.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig.



Lengyelország

Beépítettségi kategóriák 0, I, II, III, IV

Szélzónák Az EC 1-4 NA NA.1 táblázat alapján 3 szélzónát ajánl fel a program

A A tengerszint feletti magasság, befolyásolja a szélsebesség alapértékét

$c_e(z)$ A terep érdességének a számítását a szabványparaméterek „Terhek" lapon tudja a felhasználó kiválasztani (**3.3.7 Szabvány**). Három lehetőség áll rendelkezésre: (1) $c_e(z)$ az NA.3 táblázat szerint kerül kiszámításra, (2) az NA.3 táblázatban szereplő $c_r(z)$ és az alap Eurocode-ban szereplő $I_v(z)$ szerint, (3) $c_e(z)$ az alap Eurocode alapján kerül kiszámításra. Alapértelmezés: (1).

z_{max} =200, 200, 300, 400, 500 m, maximális terepszint feletti magasságig, a beépítettségi kategória függvényében



Nagy-Britannia

Beépítettségi kategóriák Country, Town

E, N Easting, Northing koordináták az OSGB rendszerében. A szoftver ezen koordináták alapján meghatározza a magassági korrekció előtti szélsebesség alapértékét.

A A tengerszint feletti magasság. A térkép szerinti szélsebesség alapértékét módosítja a magassági tényezővel, melyet ezen értékből határoz meg a szoftver.

h_{dis} A környezet által árnyékolt magasság.

d_{sh} Távolság a tengertől szélirányban.

d_t Távolság a város peremétől. Kizárólag „*Town*" beépítettségi kategória esetén aktív.

☞ A szoftver az NA.1 ábra esetén lineáris, az NA.3, NA.4, NA.5, NA.6, NA.7, NA.8 ábrák esetén logaritmikus interpolációt alkalmaz.



Svájc

Beépítettségi kategóriák II, IIa, III, IV

Érdesség figyelembevétele A beépítettségi kategóriáknak megfelelő érdességet a SIA261 6.2.1.2 12-es egyenletének megfelelően számítjuk.

q_{p0} A torlónyomás referenciaértéke a SIA261 E Függelék alapján

A szélsebességet a torlónyomásból a következő összefüggés szerint számítjuk:

$$v = \sqrt{2q/\rho}$$

$c_{red}c_d$ Az Eurocode szabványokhoz hasonlóan megadható a szerkezeti tényező, mellyel a CFD szimulációból származó terheket módosítja a program.

z_{max} =200 m, maximális terepszint feletti magasságig.

A svájci szabvány a némethez hasonlóan hatványkitevős szélprofilt alkalmaz.

Egyedi szélprofil Egyedi szélprofil esetén a szélsebességet és a turbulencia-intenzitást kell megadnunk különböző *z* magasságokon.

A + gombbal a beállított értékhármasokat adhatjuk hozzá a szélprofilhoz. A pontok megadása tetszőleges sorrendben történhet, a táblázat növekvő z szerint automatikusan rendezi őket sorba.

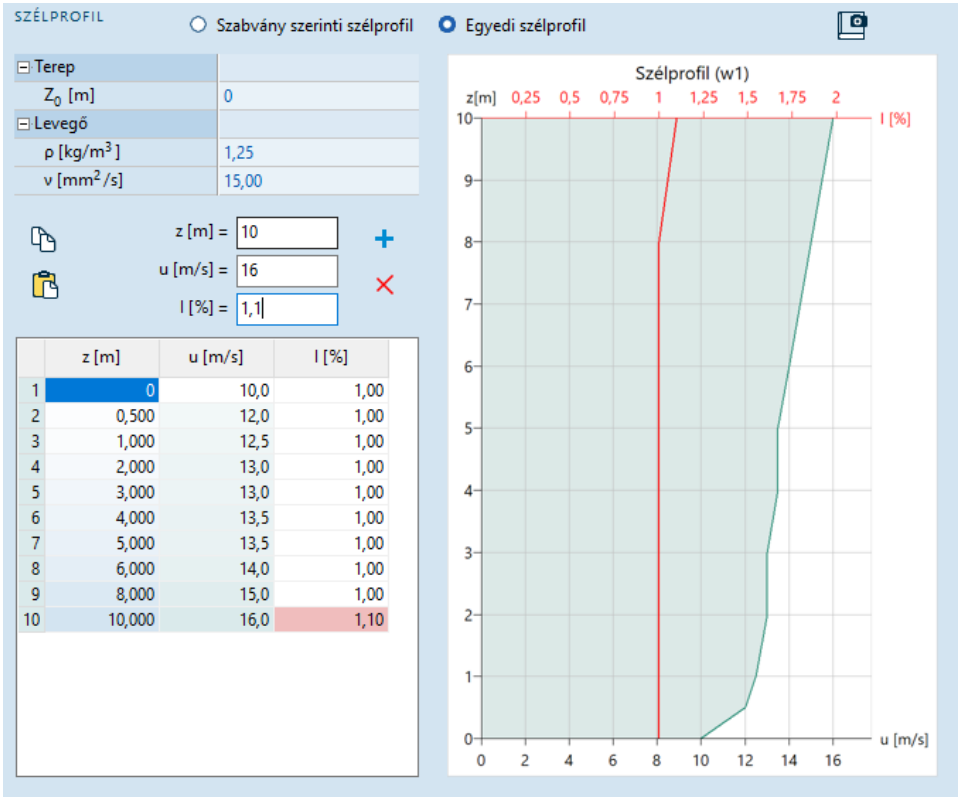
A *Törlés* gombbal a táblázat kijelölt sorait törölhetjük.



A táblázat tartalmát a Vágólapra másolja. A szerkesztést pl. Excelben folytathatjuk.



A Vágólap tartalmát bemásolja a táblázatba. Így pl. felhasználhatunk Excel táblával meghatározott szélprofilt.



☞ **Egyedi szélprofil esetén könnyen kialakulhat nem, vagy csak lassan konvergáló áramlástani megoldás.**

4.10.16. Szélteher-generálás CFD (Computational Fluid Dynamics) fájlból – CFD modul

CFD interfész

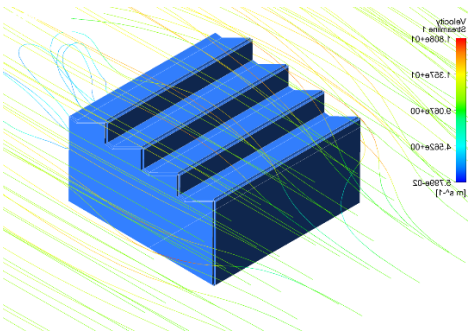
A CFD interfész segítségével felületekre, teherpanelekre lehet nyomásértékeket egy lépésben definiálni. A méretezési szabványok csak a geometriai értelemben közel szabályos szerkezetek esetén adnak útmutatást a szélhatáshoz tartozó nyomásténye zők felvételére (**4.10.14 Szélteher – SWG modul**). Bonyolultabb vagy összetettebb geometriájú szerkezetek tervezése során ezeket már nem lehet alapul venni, a nyomásténye zőket a tervezőnek kell meghatároznia áramlástani szimuláció (CFD vizsgálat) és/vagy szélcsatorna kísérlet alapján. A CFD interfész modul ebben nyújt hathatós segítséget a tervezőnek.
Az interfész működése általános, segítségével egyéb áramló közegek (pl. folyadék) okozta nyomásértékek is definiálhatóak.

A tehergenerálás lépései a következők:

Modell exportálása STL fájlba

Az STL (*Stereo Lithography*) formátumú bináris vagy szöveges fájl a test felszínét leíró háromszöghálózat adatait tartalmazza.
A Fájl/Export funkció segítségével válasszuk ki az STL fájlba való exportálást. Itt a *CFD modell* rádiógombot kiválasztva a program elkészíti a szerkezet háromdimenziós modelljét, melybe a felületelemek, illetve teherpanelek kiírásra kerülnek. Ezt kell beolvasnia az áramlástani programnak.

Nyomásértékek importálása külső programból



Az interfész a külső programokban elvégzett áramlástani szimulációk szél terhelését importálja az AXISVM modell elemeire, mellyel a statikai méretezéshez szükséges, állandósult áramlásból származó nyomásértékek vehetőek fel a szerkezeten.
A nyomásértékek egy interfész fájl beolvasása után dolgozhatók fel az AXISVM szoftverben.

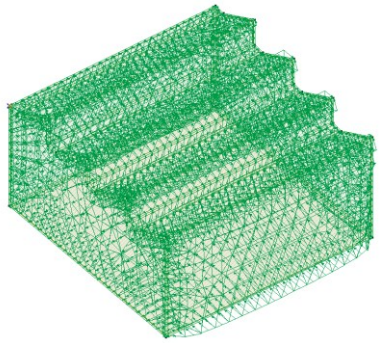
A modul szövegfájlból (ASCII) olvassa be a nyomásértékeket.

A szövegfájl egy sorában

- az **x, y, z** koordinátáknak, illetve
- a **nyomásértéknek** kell szerepelnie.

Az adatokat elválasztó karakter lehet szóköz, vessző vagy pontosvessző. A beolvasás során megadható, hogy a nyomásértékek milyen mértékegységben értendőek, és fontos, hogy a koordinátaértékek mindig méterben kerüljenek megadásra.

Interpoláció (nyomáspontok feldolgozása)

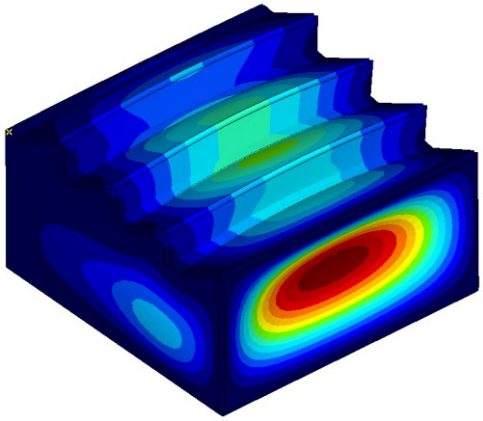


A *Terhek* fülön a szélteher-generálás ikonjára kattintva betölthető az áramlástani programból kapott interfész fájl. A tehermező interpolációja után megjelennek az importált nyomásértékek.

A beolvasott nyomáspontokat háromszög hálóra interpoláljuk, mely háromszögeken a nyomáseloszlás lineáris. A nyomáseloszlást úgy veszi fel a program, hogy az interpolálandó nyomás eredője egyezzen meg a háromszögön a linearizált nyomáseloszlás eredőjével.
Az interpoláció végeztével feltüntetjük, hogy az összes nyomáspontból hányhoz nem talált az eljárás egyértelmű felületet, melyre a nyomást ráhelyezhette volna.

☞ **Élek mentén működő felületi nyomásokat az eljárás nem vesz figyelembe, mivel azok iránya nem egyértelmű.**

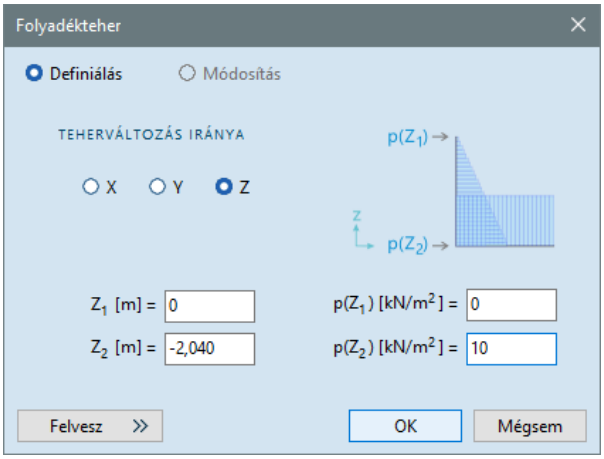
Eredmény megjelenítés



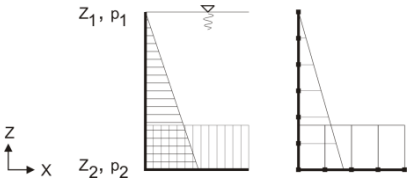
A számítás végeztével a szélnyomás hatására keletkező deformációk, igénybevételek számos módon (szintvonal, szintfelület, diagram) megjeleníthetők.

4.10.17. Folyadékteher

A kijelölt elemekre lineárisan változó folyadékteher adható meg.
A lemez vagy héj elemekre ható teherértéket az elemek sarokpontjaiban számított intenzitással határozza meg a program. A pozitív értelmű teher iránya megegyezik a felület/tartomány lokális Z tengelyének irányával.
Az egy lépésben megadott összes folyadékterhet a program logikailag egy teherként kezeli. Ezért, ha egyszerre több elemre adunk meg folyadékterhet, akkor bármely elemen a teherkontúrra kattintunk, az összes egyszerre megadott terhet kijelöljük, így könnyen módosíthatjuk a terheket.



Ha egy korábban megadott tehernek csak egy részét kívánjuk módosítani, akkor az egyedi kijelölés helyett a parciális kijelöléssel keretezzük be azokat az elemeket, melyeken a terhet módosítani szeretnénk.



4.10.18. Önsúly



A kijelölt elemek, tartományok önsúlyát a program a terület, vastagság és anyagsűrűség alapján, mint megoszló terhet számítja, és ezt az aktuális teheresethez rendeli.

Jele világoskék G betű.

Amennyiben adtunk meg önsúly terhet, de nem minden elemhez, a program a lineáris számítás indításakor figyelmeztetést küld.

4.10.19. Hosszváltozás

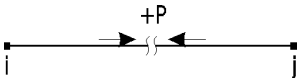


Kijelölt rácsrudakra / rudakra megadott nagyságú *dL* [m] hosszváltozás (vagy gyártási hiba) írható elő. A pozitív dL hosszváltozás nyomóerőt ébreszt a csatlakozó csomópontokban.
Azonos hatású a $dT = dL/\alpha L$ hőmérsékleti teherrel.

4.10.20. Feszítő-/nyomóerő



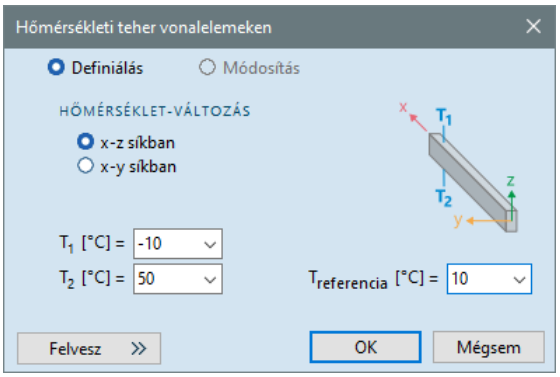
A kijelölt rácsrudakra / rudakra megadott nagyságú és előjelű feszítőerő *P* [kN] adható meg. Pozitív *P* feszítőerő húzóerőt ébreszt a csatlakozó csomópontokban.



Azonos hatású a $dT^{=} = -P/\alpha EA$ hőmérsékleti teherrel.

4.10.21. Hőmérsékletváltozás vonalelemen





Rácsrúd A kijelölt rácsrudakra egyenletes hőmérsékletváltozás írható elő.

A következő paramétereket kell definiálni:

$T_{referencia}$ Referenciahőmérséklet (a feszültségmentes állapothoz tartozik)
T Hőmérséklet (a vizsgálat idején)

Rúd, borda A kijelölt rudakra/bordákra egyenletes vagy egyenlőtlen hőmérsékletváltozás adható meg.
A szükséges paraméterek:

$T_{referencia}$: referenciahőmérséklet, a feszültségmentes állapothoz tartozik
T_1: a felső szál hőmérséklete a kiválasztott tengelyirányban
T_2: az alsó szál hőmérséklete a kiválasztott tengelyirányban

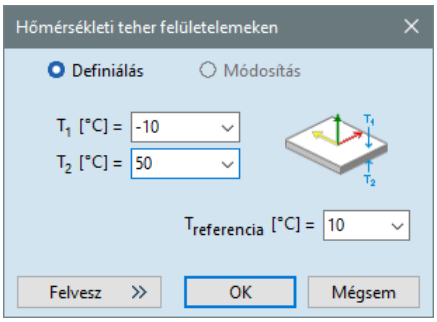
$dT^{=} = T - T_{referencia}$ a számítás során figyelembe vett egyenletes hőmérsékletváltozás. Pozitív $dT^{=}$ a borda felmelegedését jelenti. $dT^{\neq} = T_1 - T_2$ a számítás során figyelembe vett egyenlőtlen hőmérsékletváltozás.

A súlypontnál a hőmérséklet (*T*):

lokális ***y*** irány esetén $T = T_2 + (T_1 - T_2)y_G/H_y$
lokális ***z*** irány esetén $T = T_2 + (T_1 - T_2)z_G/H_z$

ahol y_G, z_G a súlypont pozíciója a szelvényadatbázisnál, H_y, H_z a keresztmetszeteknél leírtak szerint értelmezendő (a kmt. geometriáját magába foglaló téglalap bal alsó sarkához viszonyítva).

4.10.22. Hőmérsékletváltozás felületelemen



A kijelölt felületelemekre egyenletes vagy egyenlőtlen hőmérsékletváltozás írható elő.

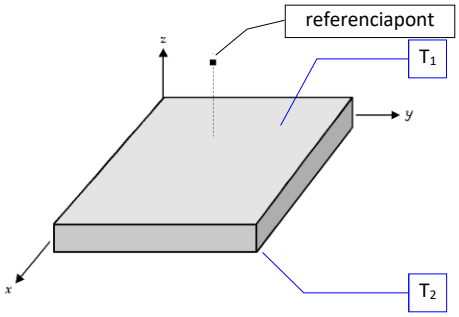
A szükséges paraméterek:

T_{referencia}: referencia hőmérséklet, a feszültségmentes állapothoz tartozik
T₁: a felület elem referenciapont felőli oldalán lévő hőmérséklet
T₂: a referenciaponttal ellentétes oldalon lévő hőmérséklet

$dT^{=}$ a számítás során figyelembe vett egyenletes hőmérsékletváltozás a felület középsíkján. Pozitív $dT^{=}$ a felületelem felmelegedését jelenti.

$$dT^{=} = \frac{T_1 + T_2}{2} - T_{referencia}$$

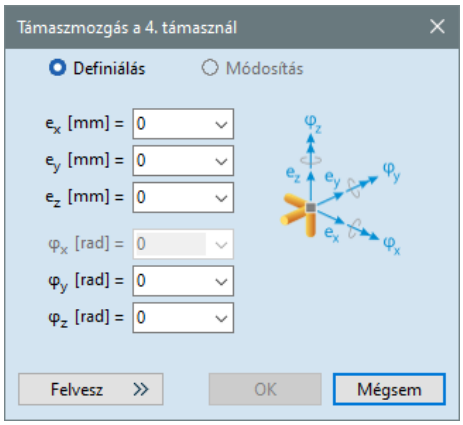
$dT^{\neq}$ a számítás során figyelembe vett egyenlőtlen hőmérsékletváltozás, $dT^{\neq} = T_1 - T_2$



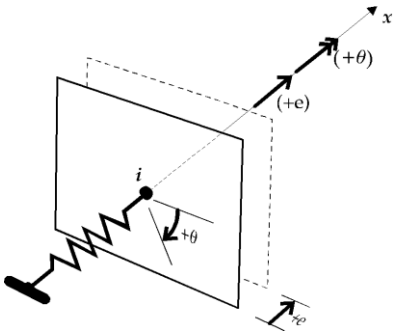
Tárcsaelemeknél csak a $dT^{=}$, lemezelemeknél csak a $dT^{\neq}$ van figyelembe véve.

4.10.23. Támaszmozgás

Csomóponti támaszelemre előírható támaszmozgás: *e[m]* eltolódás és *φ[rad]* elfordulás valamennyi megtámasztási irányban. Amennyiben a csomópont nem rendelkezik szabad elmozdulási lehetőséggel egy adott irányban (letiltott szabadságfok), a megfelelő támaszmozgás-komponensnek nem lesz hatása a szerkezetre. Amelyik támaszkomponens valamelyik kijelölt támaszon nulla, az az irány kiszürkül.
A támasz merevségének a (megtámasztott) szerkezet támasziránnyú merevségénél legalább 3-4 nagyságrenddel nagyobbnak kell lennie. A támaszmozgás a támasz irányába ható $P_{támasz} = K_{támasz} \cdot e_{elmozd}$ nagyságú erő által van figyelembe véve.

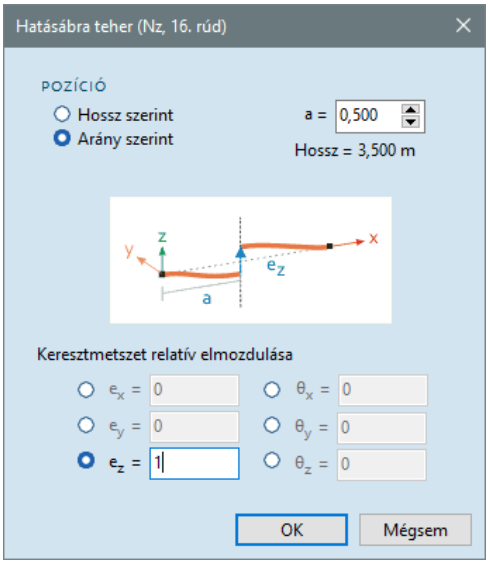


A pozitív előjeleket az ábra szemlélteti:



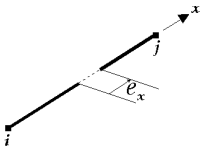
4.10.24. Hatásábra

A kijelölt rúd adott keresztmetszetéhez e_x / e_y / e_z / θ_x / θ_y / θ_z relatív keresztmetszeti elmozdulás adható meg. A teher hatására létrejövő elmozduláskomponens ábrák adják a rúd adott keresztmetszetének hatásábráit.
Az *e* vagy θ relatív elmozdulást +1.00 vagy -1.00 értéknek kell megadni.

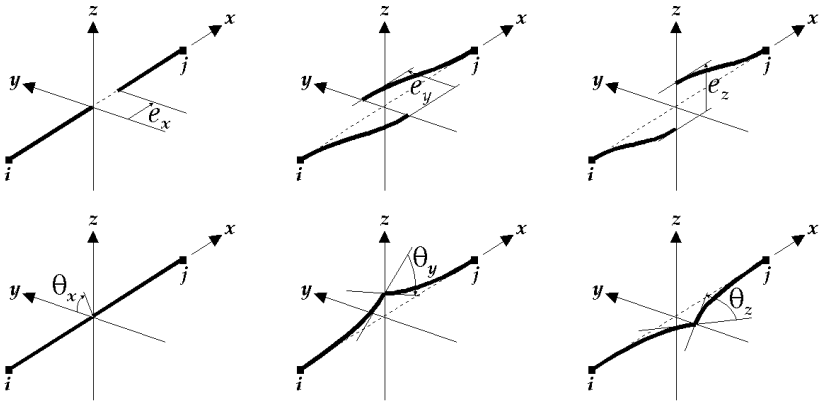


☞ **Hatásábra terhet csak olyan teheresetben adhatunk meg, melyet hatásábra teheresetként definiáltunk**
Lásd még... **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**

Rácsrúdelem A kijelölt rácsrudakra e_x relatív keresztmetszeti elmozdulás adható meg. A teher hatására létrejövő elmozdulás komponens ábrák adják a rácsrúd hatásábráit. e_x értékét +1.00 vagy -1.00-nek kell megadni.



Rúdelem A kijelölt rúd adott keresztmetszetéhez e_x / e_y / e_z / Θ_x / Θ_y / Θ_z relatív keresztmetszeti elmozdulás adható meg. A teher hatására létrejövő elmozdulás komponens ábrák adják a rúd adott keresztmetszetének hatásábráit. Az *e* vagy *Θ* relatív elmozdulást +1.00 vagy -1.00 értéknek kell megadni.



4.10.25. Földrengés számítás – SE1 modul

Az SE1 modul olyan eszközöket tartalmaz, melyek megkönnyítik szerkezetek földrengésből várható igénybevételeinek számítását Modális VálaszSpektrum Analízis (MVSA) segítségével. A program automatikusan önálló tehereseteket hoz létre az egyes rezgésalakokhoz rendelhető három egymásra merőleges irányú földrengés hatást közelítő erőrendszernek; kiszámítja a szerkezet válaszát minden teheresetre; és elvégzi a modális válaszok összegzését irányonként; majd az irányonként kapott válaszok összegzésével előállítja a mértékadó földrengés igénybevételeket. Ebben a pontban a számításhoz tartozó beállítási lehetőségeket ismertetjük. A MVSA elméleti hátterének bemutatása meghaladja a kézikönyv kereteit és a témának rendkívül gazdag a szakirodalma, ezért ezzel a következőkben nem foglalkozunk.

Szabványok

A számításokat általánosságban az Eurocode szabványok (ebben az esetben az Eurocode 8) alapján végezzük el, figyelembe véve a felhasználó által választott nemzeti szabvány Nemzeti Mellékletében foglaltakat. Ez alól kivétel a svájci SIA, mely nem minden tekinteben követi az Eurocode előírásait. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

MVSA eljárás

A földrengésterheket minden szabványos eljárás szerint a szerkezetre jellemző sajátrezgésalakok alapján kell felvenni. A terheket lineáris statikai vizsgálat keretében működtetjük a szerkezeti modellre és több tehereset hatását kombinálva kapjuk meg a tervezési igénybevételeket és elmozdulásokat.
Egy modellhez több, eltérő paraméterekkel felvett földrengésterhelést is megadhatunk, melyek egymással természetesen nem kombinálódnak.

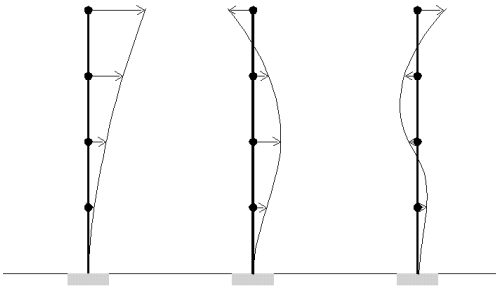
A válaszspektrum-analízishez beállított merevségcsökkentés figyelembevétele:
Ha a földrengésterhek generálásához használt rezgésalakokat a válaszspektrum-analízishez megadott merevségcsökkentés (**3.3.10 Merevségcsökkentés válaszspektrum-analízishez**) figyelembevételével határoztuk meg (**6.3 Rezgés**), akkor a lineáris statikai számítás indítása esetén a program két statikai számítást végez: egyet merevségcsökkentés nélkül, egyet a megadott merevségcsökkentéssel.
A földrengést nem tartalmazó tehereseteken és kombinációkban a merevségcsökkentés nélkül számolt eredmények jelennek meg, míg a földrengés-tehereseteken vagy a földrengés-teheresetet tartalmazó kombinációkban (burkoló vagy mértékadó esetben is) a merevségcsökkentéssel kapott eredményeket látjuk.
Ez érvényes akkor is, ha több, eltérő kombinációra számolt rezgéseredményünk van, melyek némelyikét merevségcsökkentéssel, némelyikét anélkül számoltuk, majd több földrengés terhet vettünk fel, s az egyiket merevségcsökkentéssel számolt rezgésből generáltuk, a másikat merevségcsökkentés nélküli rezgéseredményből. A földrengés-tehereseteken vagy a földrengés-teheresetet tartalmazó kombinációkban, ha a terhek generálásához használt rezgésszámítást merevségcsökkentéssel futtattuk, mindig a merevségcsökkentéssel kapott statikai eredményeket látjuk.

A következőkben végigmegyünk a számítás lépésein és megmutatjuk a beállítási lehetőségeket. Először az általános Eurocode alapú számítással foglalkozunk, majd kitérünk az egyes nemzetek egyedi szabályozásaira is.

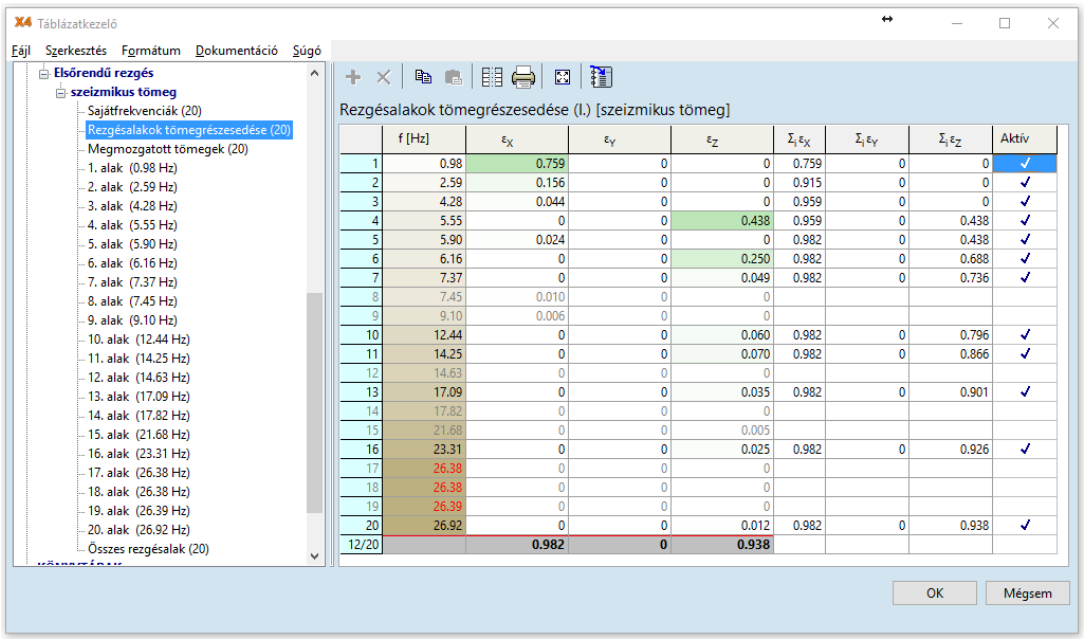
4.10.25.1. Számítás az Eurocode 8 alapján

1. Sajátrezgésalakok meghatározása

A földrengésterhek meghatározásához szükséges a szerkezetre jellemző rezgésalakok és a hozzájuk tartozó sajátrezgés-frekvenciák ismerete. Ezért a földrengésszámítás kellően nagy számú rezgésalak meghatározásával kezdődik. Ezt a számítást a *Rezgés* fülön található *Rezgésvizsgálat* ikonra kattintva végezhetjük el (5.2).

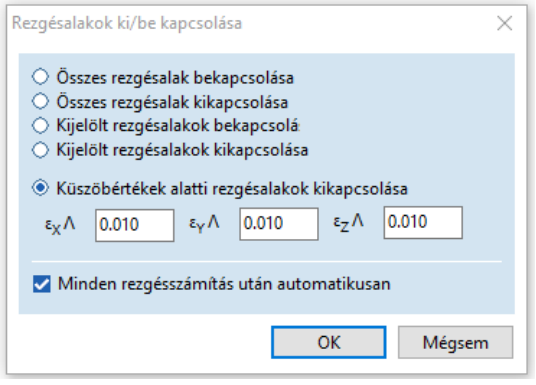


A földrengésterhek létrehozásához általában elegendő elsőrendű rezgésvizsgálatot végezni. Az eredmények elsősorban a modellben szereplő elemek merevségétől és a tömegek eloszlásától függnek. Ha korábban felvettük az ún. szeizmikus tömeget jellemző teherkombinációt, akkor a program a terhek alapján automatikusan képes a csomópontokba kerülő helyettesítő tömegek nagyságát meghatározni. Csomópontonként egyedi tömegek is megadhatók. A vasbeton szerkezetekre jellemző merevségcsökkenést már a sajátrezgésalakok számításakor érdemes figyelembe venni – megfelelő beállítás esetén ezt is automatikusan kezeli a program.
A rezgésvizsgálat eredményei a *Táblázatkezelő* segítségével a *Rezgésalakok tömegrészesedése* táblázatban tekinthetőek meg. Fontos az alakok minimális számára vonatkozó szabványos feltételek kielégítése. Az Eurocode 8 szabvány két általános feltételt fogalmaz meg: (1) az összegzett modális tömegrészesedésnek minden irányban el kell érnie a 90%-ot; (2) minden olyan alakot figyelembe kell venni, mely legalább 5% tömegrészesedéssel rendelkezik. Az irányonként összegzett modális tömegrészesedést a táblázat alsó sora mutatja.



	f [Hz]	ε_X	ε_Y	ε_Z	$\Sigma_i \varepsilon_X$	$\Sigma_i \varepsilon_Y$	$\Sigma_i \varepsilon_Z$	Aktív
1	0.98	0.759	0	0	0.759	0	0	✓
2	2.59	0.156	0	0	0.915	0	0	✓
3	4.28	0.044	0	0	0.959	0	0	✓
4	5.55	0	0	0.438	0.959	0	0.438	✓
5	5.90	0.024	0	0	0.982	0	0.438	✓
6	6.16	0	0	0.250	0.982	0	0.688	✓
7	7.37	0	0	0.049	0.982	0	0.736	✓
8	7.45	0.010	0	0				
9	9.10	0.006	0	0				
10	12.44	0	0	0.060	0.982	0	0.796	✓
11	14.25	0	0	0.070	0.982	0	0.866	✓
12	14.63	0	0	0				
13	17.09	0	0	0.035	0.982	0	0.901	✓
14	17.82	0	0	0				
15	21.68	0	0	0.005				
16	23.31	0	0	0.025	0.982	0	0.926	✓
17	26.38	0	0	0				
18	26.38	0	0	0				
19	26.39	0	0	0				
20	26.92	0	0	0.012	0.982	0	0.938	✓
12/20		0.982	0	0.938				

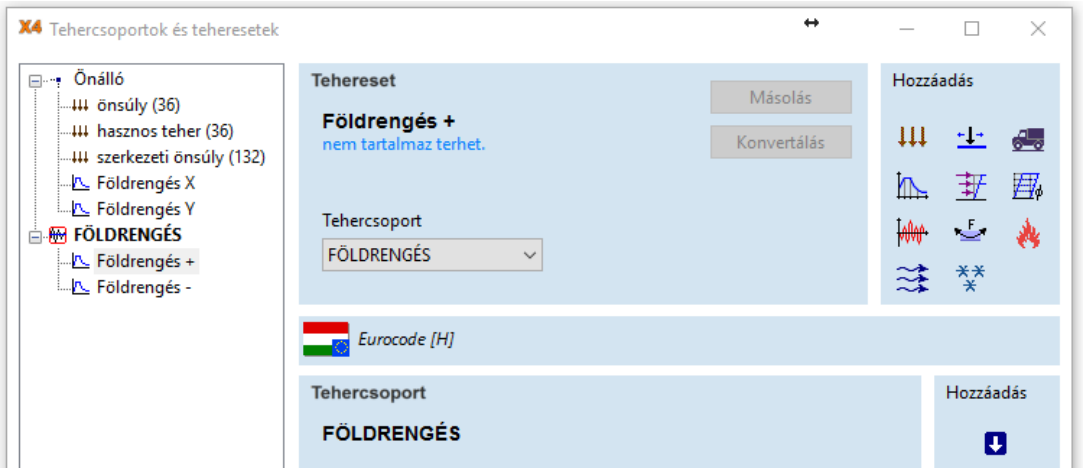
A *Táblázatkezelőben* kiválaszthatóak a földrengést helyettesítő terhek számításához alkalmazandó rezgésalakok. A *Rezgésalakok tömegrészesedése* táblázat utolsó *Aktív* oszlopában pipával jelezzük a számításhoz felhasznált rezgésalakokat.
A kis tömegrészesedéssel rendelkező alakokat általában nem szokás figyelembe venni, mert a számítás eredményére elhanyagolható hatással vannak, azonban a számítási időt jelentősen megnövelheti a használatuk.
Az ilyen alakok kiválasztását automatikusan is elvégeztethetjük a programmal.



Az ehhez kapcsolódó beállítások az aktív oszlop bármely cellájára jobb gombbal kattintva érhetőek el. A felugró ablakban beállíthatjuk azt a határértéket, amely alatti tömegrészesedés esetén a program automatikusan kikapcsolja a rezgésalakokat. Irányonként eltérő küszöbértékeket is megadhatunk. Az ablak alján bekapcsolható, hogy a program minden rezgésszámítás után automatikusan végezze el a regzésalakok szűrését.
A rezgésalakok szűrését minden esetben javasoljuk, mert jelentősen csökkentheti a MVSA során vizsgált teheresetek számát és ezzel a vizsgálathoz szükséges számítási időt is.

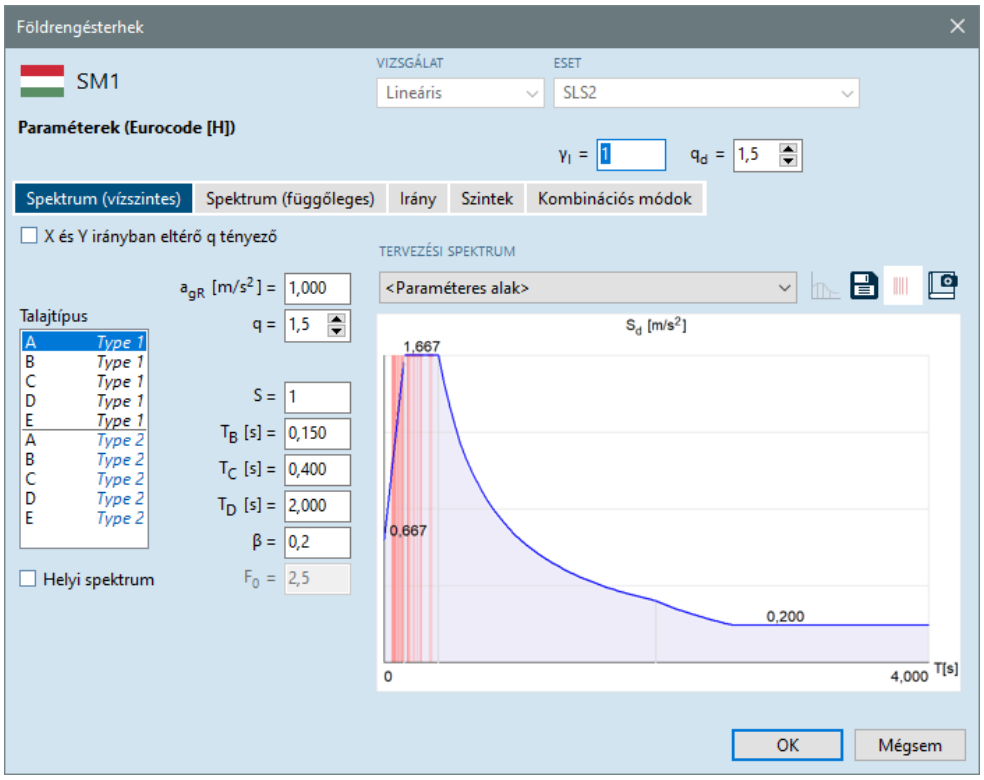
2. Új földrengés tehereset létrehozása

A rezgésvizsgálatot követően létre kell hoznunk a földrengés tehereseteket. Ezt a *Terhek* fülön található *Tehercsoportok és teheresetek* ablakban tehetjük meg. Az ablak jobb felső sarkában válasszuk ki a *Földrengés*-t. Ennek hatására a program automatikusan létrehoz négy új teheresetet és egy földrengés tehercsoportot. Ezek az esetek egyelőre üresek, a terheket a program csak a földrengés hatás jellemzőinek beállítása után tudja számítani. A teheresetek elnevezésénél alkalmazott rendszert a későbbiekben ismertetjük.



3. A szeizmikus hatás jellemzőinek megadása

A szeizmikus hatás jellemzőit a *Terhek* fülön található *Földrengésterhek* ikonra kattintva adhatjuk meg. Az ikon aktiválásához válasszuk ki az egyik földrengés teheresetet.



A *Földrengésterhek* ablak első fülén a **vízszintes tervezési válaszspektrum** paramétereit állíthatjuk be és ezzel a földrengés vízszintes komponensét jellemezhetjük. A program a beállított spektrum alapján határozza meg a földrengést helyettesítő statikus terheket a vízszintes X és Y irányokban. A szabványos alakú spektrumokat a program automatikusan számolja a felhasználó által megadott paraméterek alapján az EC8-1 4.2.4 összefüggései segítségével. A *Helyi spektrum* opció bekapcsolása esetén az F_0 paraméter állíthatóvá válik és a tervezési spektrumot a program a Magyar Mérnöki Kamara által kiadott *Helyi spektrumok: Tervezési segédlet* c. kiadványban szereplő összefüggések szerint számítja. A *Helyi spektrum* opció csak Eurocode [H] esetén elérhető.



A *Spektrumszerkesztő* egyedi spektrumok megadására nyújt lehetőséget.



Spektrumok mentése névvel



A kiszámított rezgásalakokhoz tartozó periódusidők ábrázolása: Beállítható, hogy megjelenjenek-e a rajzon a rezgésvizsgálatban meghatározott periódusidők. Jelük a megfelelő T koordinátáknál húzott, függőleges rózsaszín vonal.

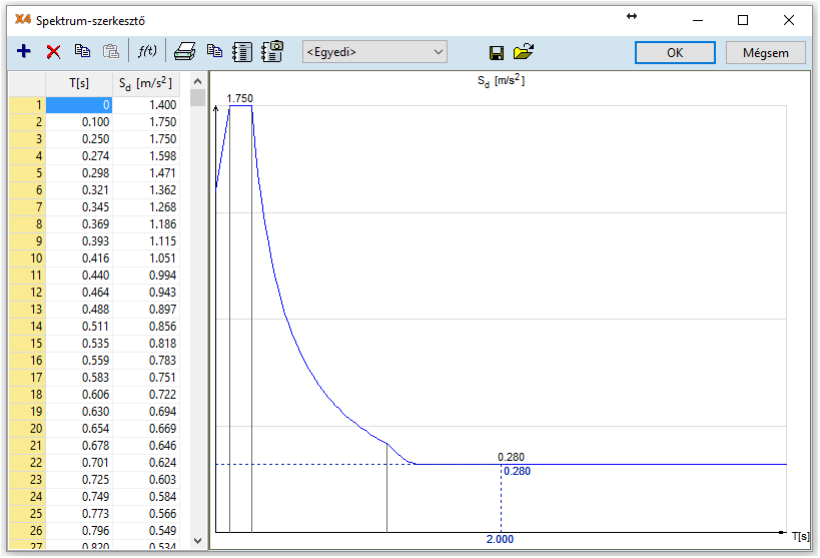
Az automatikusan számított spektrum a következő paraméterekkel jellemezhető:

a_{gR} – Sziklára vonatkozó alapgyorsulás referencia értéke [m/s^2]
q – A vízszintes szeizmikus hatás csökkentésére használt viselkedési tényező (EC8-1 3.2.2.5 (3)P alapján). Az *X és Y irányban eltérő q tényező* kipipálása esetén egymástól független q_X és q_Y értékek megadására van lehetőség.
S, T_B, T_C, T_D – A válaszspektrum alakja és a spektrális gyorsulások nagysága jelentős mértékben függ az altalaj tulajdonságaitól. Ezt ezekkel a talajfüggő paraméterekkel vehetjük figyelembe. Ha az ablak bal oldalán található szabványos talajtípusok listájából választunk talajt, akkor a paraméterek értékét a program automatikusan az EC8-1 3.2 és 3.3 táblázatainak megfelelően veszi fel. Bármely paraméter értéke felülírható.
β – A vízszintes válaszspektrum által meghatározott spektrális gyorsulások nagyságának alsó határértéke. Az EC8-1 3.2.2.5 (4)P alapján javasolt érték 0.2 m/s^2.
γ_I – Fontossági tényező (EC 8-1 4.2.5)
q_d – Elmozdulási viselkedési tényező (EC 8-1 4.3.4 (1)P)

Egyedi spektrumok alkalmazásához a tervezési spektrum alakját *Paraméteres*ről *Egyedi*re kell állítani. Ekkor aktiválódik a *spektrum-szerkesztő* ikon, melyre kattintva egy új ablak nyílik meg. A *Spektrum-szerkesztő* ablakban (T,S_d) koordináták segítségével adhatjuk meg az egyedi válaszspektrum pontjait. A megadott pontok között a program lineáris interpolációval számítja a spektrális gyorsulások értékét.

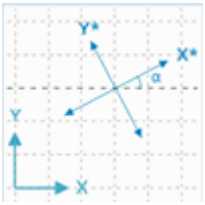
A koordinátákat kimásolhatjuk más programokba és lehetőségünk van más programokban elkészített táblázatok beillesztésére is.

Ha a modell tartalmaz szeizmikus izolátorokat, a program módosított spektrummal számol.
Lásd... **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok**



A *Földrengésterhek* ablak második fülén adható meg a **függőleges tervezési válaszspektrum**. Alapbeállításként a program nem számol a függőleges (Z irányú) szeizmikus hatással. Ehhez a *Függőleges gyorsulás* mellé pipát kell tennünk. A spektrum jellemzésére a vízszintes tervezési válaszspektrumnál bemutatott lehetőségek állnak rendelkezésre.

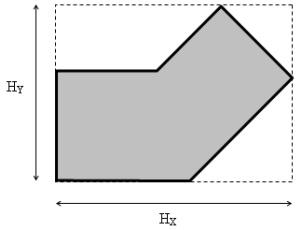
A harmadik, *Irány* fülön megadható a szeizmikus hatás szöge. Ha nullától eltérő értéket adunk meg, a földrengésterhek nem a globális X és Y irányokban, hanem az ezekkel α szöget bezáró X*, Y* irányokban generálódnak.



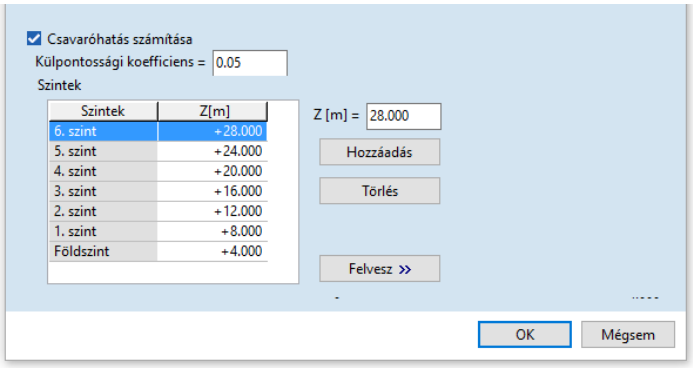
A negyedik, *Szintek* fül a véletlen külpontosságból származó **csavaróhatás** számításával foglalkozik. Ha a számításkor figyelembe akarjuk venni ezt a hatást, akkor tegyünk egy pipát a *Csavaróhatás számítása* mellé, majd adjuk meg az épület szintjeinek magasságát. A program a szintekhez tartozó helyettesítő terhek és a beállított külpontosság mértéke alapján minden földrengés teheresethez egyedi csavarónyomaték-rendszert határoz meg.
A külpontosság mértékét a szint méretének függvényében kell megadni. Az EC8-1 4.3.2 (1)P alapján javasolt 5% külpontosságot alkalmazzuk alapbeállításként.

A csavarónyomatékok nagyságát szintenként a következő összefüggések segítségével határozzuk meg:

$$T_{X,i,j} = F_{X,i,j} \cdot (\pm e H_{Y,i})$$
$$T_{Y,i,j} = F_{Y,i,j} \cdot (\pm e H_{X,i})$$

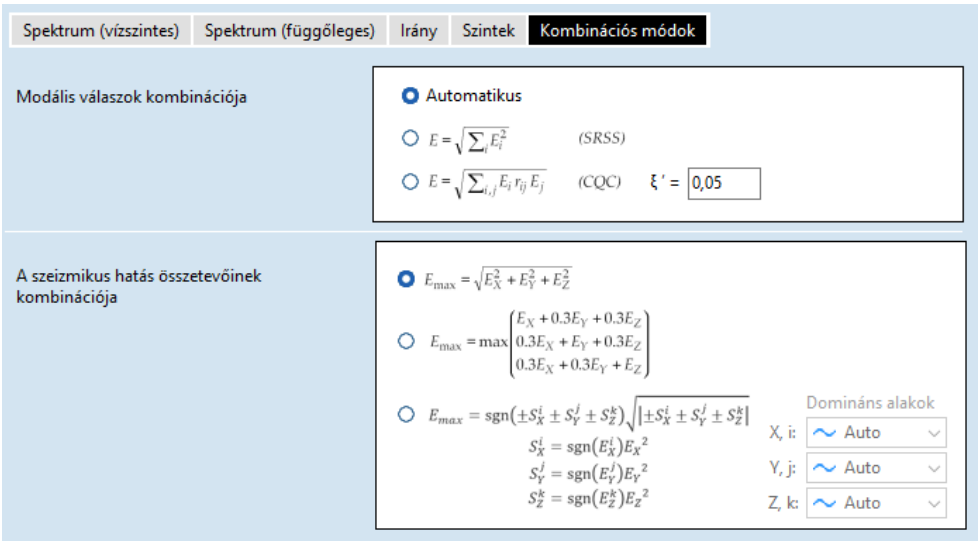


ahol F_{ij} a j-edik rezgésalakból az i-edik szintre számított eredő vízszintes erő; H_i pedig az i-edik szint erőre merőleges irányú vízszintes mérete. Pozitív és negatív előjelű külpontosság hatását is vizsgáljuk, de feltételezzük, hogy az előjelek minden szinten azonosak.
A szintek nyírási középpontját a program az itt megadott szintek alapján határozza meg. Ha nem adunk meg földrengés-szinteket, a program a szerkesztési szintekre végzi el a számítást (**3.3.4.1 Szintek nyírási középpontja**).



Modális válaszok kombinációja

Az utolsó fülön a teheresetekhez tartozó eredmények kombinálásának módját határozhatjuk meg.
A modális válaszok összegzéséhez két módszer közül választhatunk: a Négyzetösszegek Gyöke (Square Root of Sum of Squares – SRSS) és a Teljes Kvadratikus Kombináció (Complete Quadratic Combination – CQC). Az utóbbi abban az esetben javasolt, ha a rezgésalakok nem tekinthetőek jól szétválasztottnak, azaz akadnak köztük olyanok, melyek sajátfrekvenciái közel azonosak. Az *Automatikus* lehetőség választása esetén a program a rezgésvizsgálat eredményei alapján automatikusan eldönti, hogy szükséges-e a CQC módszer alkalmazása. Ehhez akkor tekintjük a rezgésalakokat jól szétválasztottnak, ha T_j / T_i < 0.9 minden T_i > T_j-re.



A szeizmikus hatás összetevőinek kombinációja

A két vízszintes és a függőleges irányhoz tartozó eredmények összegzésére három különböző megközelítés terjedt el a mérnöki gyakorlatban. Ezek közül választhatunk az ablak alsó részében.
Az első SRSS módszerrel összegzi a különböző irányú terhek eredményeit, a második a SAS (Scaled Absolute Sum) módszert használja.
A harmadik, a domináns alak szerint előjelező SRSS-jellegű módszer, mely a klasszikus négyzetes összegzés továbbfejlesztett változata. Ott a négyzetre emelés következtében az előjelek az összegzés során elvesznek. Emiatt a biztonság javára az összes előjelkombinációt figyelembe kell venni a méretezés során. E kombinációk között azonban vannak fizikailag nem lehetséges esetek is. Például: vízszintes földrengés-hatásra biztosan nem mutathat minden függőleges támaszerő-komponens egy irányba. Az előjeles SRSS módszer mindhárom irányban egy-egy dominánsnak tekintett rezgésalakhoz *(i, j, k)* tartozó modális válasz előjele alapján zárja ki a fizikailag nem lehetséges kombinációkat. *Auto* esetben a program az adott irányban legnagyobb tömegrészesedésű alakot tekinti dominánsnak. A harmadik módszer alkalmazása fokozott körültekintést igényel, ha *(a)* nincs domináns rezgésalak, *(b)* az épületben több, hasonló tömeg-részesedést képviselő rezgésalak jön létre, vagy *(c)* számottevőek a csavaró hatások.

A különböző irányú szeizmikus hatásokat manuálisan, teherkombináció létrehozásával is összegezhetjük. Ugyanis az FRX, FRY és FRZ, illetve a hozzájuk kapcsolódó teheresetek (ld. lejjebb) is elérhetők a teherkombinációs táblázatokban, *lásd...* **4.10.2 Teherkombinációk**.

☞ **Figyelmeztetés! Ugyanazon irányhoz tartozó több teheresetet, illetve az FRX, FRY, FRZ telheseteket és az FR+/- telheseteket nem szabad ugyanabban a kombinációban együttesen figyelembe venni.**

A földrengésteher jellemzőinek megadása után az OK gombra kattintva zárjuk be a *Földrengésterhek* ablakot. Ekkor hozza létre a program a MVSA-hez szükséges tehereseteket. Irányonként és aktív rezgésalakonként egy esetet kapunk a következő elnevezési rendszernek megfelelően:
A földrengés hatást helyettesítő statikus terheket a **01X, 02X, ….*n*X, 01Y, 02Y, ….*n*Y, 01Z, 02Z, ….*n*Z** karakterekre végződő teheresetek tartalmazzák. X, Y és Z jelöli a földrengés irányát, az előtte álló számok pedig a terhek alapjául szolgáló rezgésalakot azonosítják. A véletlen külpontosságból származó csavarás hatását a **01tX, 02tX, ….*n*tX, 01tY, 02tY, ….*n*tY** karakterekre végződő teheresetek tartalmazák.

4. Lineáris statikai számítás és az eredmények értékelése

A modális válaszspektrum analízis során a vizsgált szerkezetben földrengés hatására kialakuló igénybevételek és elmozdulások lineáris statikai számítási eredmények összegzéseként adódnak. Miután az előző lépések során létrehoztuk az egyes rezgésalakoknak megfelelő helyettesítő statikus terheket, ebben a lépésben lefuttatjuk a lineáris statikai vizsgálatot a *Statika* fül *Lineáris statikai számítás* ikonjára kattintva. A program automatikusan felismeri, hogy MVSA-re van szükség és elvégzi az igénybevételek és elmozdulások összegzését.
A lineáris statikai számítást követően a *Statika* fülön számos földrengés teheresetnél érhető el számítási eredmény. Az eredmények csoportosításához a következő elnevezési rendszert alkalmazzuk: az önálló teheresetek eredményeit a teheresetek nevével jelöljük. Ezeken felül két féle eredményt jelenítünk meg. Az **X**, **Y** vagy **Z** betűre végződő teheresetek az adott irányhoz tartozó összegzett modális eredményeket tartalmazzák. Ha számolunk véletlen külpontossággal, akkor a csavarónyomaték irányától függően irányonként két eredményt kapunk. A pozitív vagy negatív irányú csavarással terhelt szerkezet eredményeit rendre **a** és **b** betűvel különböztetjük meg egymástól. Az **Ya**-ra végződő tehereset például az Y irányú modális terhek és az ezek véletlen külpontosságából származó pozitív értelmű csavaró-hatás kombinált eredményeit tartalmazza.
Az X, Y, Z irányokra számított eredmények összegzését is automatikusan elvégzi a program. Ha nincs véletlen külpontosság, akkor az összegzés végeredménye egyetlen tehereset, melynek neve megegyezik a földrengés esetnek a felhasználó által meghatározott névvel. Véletlen külpontosság esetén nem egyértelmű, hogy az X és Y irányban melyik értelmű csavarónyomatékokat használjuk a kombinációhoz, ezért négy különböző eredményt kapunk. A négy eredményt arab számokkal jelölve a következő módon számítjuk ki (az összeadás itt kombinálásra utal, nem a számszerű eredmények összeadását értjük alatta!):

1 = Xa + Ya + Z
2 = Xa + Yb + Z
3 = Xb + Ya + Z
4 = Xb + Yb + Z

Az **SRSS** (Square Root of Sum of Squares), illetve az **SAS** (Scaled Absolute Sum) összegzések esetén a számítás jellegéből adódóan a teheresetek *csak pozitív értékeket tartalmaznak*. E két módszer esetén a legkedvezőtlenebb, a méretezés szempontjából mértékadó teherkombináció keresését a földrengésből származó igénybevételek pozitív és negatív értékével is el kell végezni. Ezt segíti a kombinált földrengésterhek **+ és – jellel** ellátott változata, melyekkel a terhek kombinálása általában egyszerűen elvégezhető. A különböző előjellel ellátott teheresetek csak a teherkombináció egyszerűsítését szolgálják, a hozzájuk tartozó eredmények abszolút értéke megegyezik. Bizonyos esetekben (például összetett csomópontok tervezésekor) a program által automatikusan létrehozott tisztán pozitív és tisztán negatív igénybevételeket tartalmazó esetek mellett egyéb, vegyes előjelű igénybevételek hatása is mértékadóvá válhat!
Az **előjeles SRSS** összegzés esetén a domináns rezgésalak segítségével előjelet rendelünk az egyes földrengésteher-esetekhez. Ebben az esetben több földrengésteher-eset keletkezik (vízszintes földrengés esetén csavarórezgés nélkül 4, mégpedig +X+Y; +X-Y;-X+Y;-X-Y), azonban *nem szükséges az igénybevételek minden lehetséges előjellel történő kombinációjára méretezni,* hiszen a különböző földrengésteher-esetek már tartalmazzák az összes lehetséges igénybevétel kombinációt.

A *Statika* fülön az **elmozdulásokat** eleve nagyított értékükkel (azaz a lineáris statikai számításból kapott eredményeket a q_d elmozdulási viselkedési tényezővel felszorozva) mutatja a program.

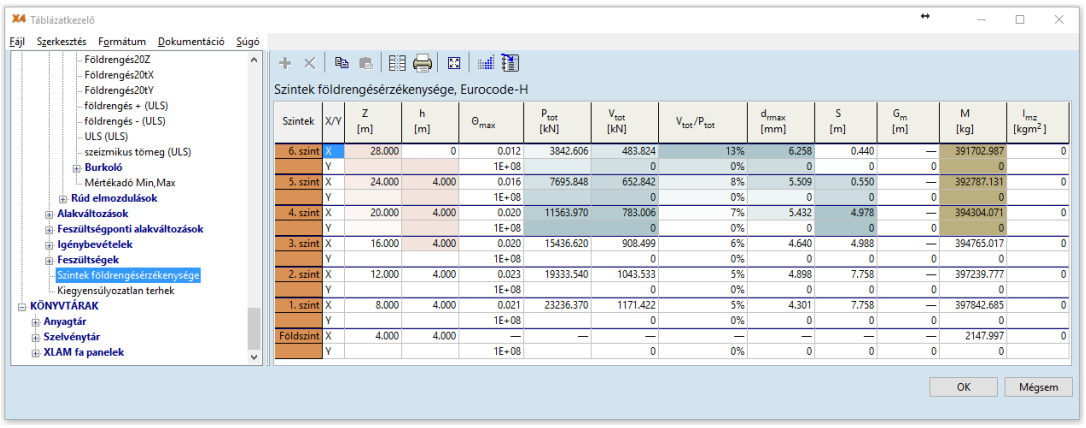


A geometriai nemlinearitásból származó **másodrendű (ún. P-Delta) hatás** jelentőségét az EC8-1 4.4.2.2 alapján meg kell vizsgálni. Ehhez nyújt segítséget a *Táblázatkezelő*ben található *Szintek földrengés-érzékenysége* táblázat, melynek sorai egyes szintek érzékenységét jellemző adatokat mutatnak be. A következő jellemzőket számítja a program:

θ_{max} a képlékeny stabilitásindex, vagy ún. relatív szinteltolódás-érzékenységi tényező az EC8-1 4.4.2.2 (2) alapján

P_{tot} az összegzett gravitációs teher a vizsgált szint felett
V_{tot} az összegzett nyíróerő a vizsgált szinten
d_{max} a relatív szinteltolódás tervezési értéke, melyet a szintek súlypontjainak eltolódása alapján határoz meg a program
S a nyírási középpont helye melyet a szabványos földrengés számítástól függetlenül, a szint alatti falak és oszlopok metszetének mint keresztmetszetnek a nyírási középpontjaként határoz meg a program (*lásd...* **3.3.4.1 Szintek nyírási középpontja**)
G_m a súlypont helye
M a vizsgált szint tömege
I_{mz} a szint Z tengelyre vonatkoztatott másodrendű nyomatéka

G_m, M és I_{mz} a szinthez tartozó csomópontok tömege és pozíciója alapján összegzett értékek. A csomóponti tömegek a rezgésvizsgálatnál megadott teherkombinációból származnak. A szinthez tartozó csomópontok halmazát a födém csomópontjai, valamint födém alatti szintmagasság felső 95%-os és a födém fölötti szintmagasság alsó 5%-os sávjába eső csomópontok alkotják.



A program az igénybevételek számításánál és a méretezés során végzett ellenőrzéseknél nem veszi automatikusan figyelembe a másodrendű hatásokat. Fontos, hogy a felhasználó a fenti táblázatos eredmények alapján értékelje a szerkezet érzékenységét az EC8-1 4.4.2.2. (3) előírásai szerint. Amennyiben szükséges, a földrengésből származó igénybevételek felszorzása könnyen elvégezhető a program következő méretező moduljaiban az fse tényező megfelelő értékének megválasztásával:

6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul
6.5.8 Nyírási ellenállás és vasalás számítás lemezekhez, héjakhoz – RC3 modul
6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul
6.5.11 Öszvér keresztmetszetű oszlop ellenőrzése – RC2 modul
6.5.12 Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás)
6.5.15 Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul
6.5.16 Alapozás tervezése EuroCode és SIA szerint – RC4 modul
6.5.17 Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul
6.5.18 Vasbeton szerkezetek feszültséganalízise – RC6 modul
6.6 Acéltervezés
6.7 Fatervezés
6.8 CLT tartományok ellenőrzése – CLT modul
6.9 Falazott szerkezetek ellenőrzése – MD1 modul

4.10.25.2. Számítás a svájci SIA 261 alapján

A számítás menete, a beállításokhoz szükséges ablakok, a feltételezések és általános jellemzők megegyeznek az általános Eurocode 8-nál bemutatottakkal. A következőkben kizárólag az általános Eurocode 8-tól eltérő szabályozásokat, jellemzőket mutatjuk be.

3. A szeizmikus hatás jellemzőinek megadása

A *Földrengésteher* megadásakor a következő eltéréseket építettük be:

- A vízszintes és függőleges válaszspektrumokat a SIA261 16.2.4 alapján számítjuk.
- A talaj hatását jellemző paramétereket a SIA261 25. táblázata alapján vesszük fel.

4.10.25.3. Számítás az olasz NTC 2018 alapján



A számítás menete, a beállításokhoz szükséges ablakok, a feltételezések és általános jellemzők megegyeznek az általános Eurocode 8-nál bemutatottakkal. A következőkben kizárólag az általános Eurocode 8-tól eltérő szabályozásokat, jellemzőket mutatjuk be.

3. A szeizmikus hatás jellemzőinek megadása

A *Földrengésteher* megadásakor a következő eltéréseket építettük be:

- A vízszintes és függőleges válaszspektrumokat az NTC 2018 3.2.3.2 alapján számítjuk.
- A talaj hatását jellemző paramétereket az NTC 2018 3.2.3.2 3.2 V-VII táblázatai alapján vesszük fel.
- A válaszspektrum hozzárendelhetjük az NTC 2018 szerinti határállapotot (SLO, SLD, SLV, SLC) az ablakban.
- Ha a modell tartalmaz szeizmikus izolátorokat, a program módosított spektrummal számol, figyelembe véve a földrengésteher paraméterei közt beállítható határállapotot. *Lásd...* **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok**. Mivel egy modellhez több, eltérő paraméterekkel felvett földrengésterhelés is megadható, összevethetővé válnak a különböző határállapotokra számított földrengés eredmények.
  A szeizmikus izolátorrendszer eredményei táblázatban kerülnek összefoglalásra.

4.10.25.4. Számítás a román P100-1 alapján



A számítás menete, a beállításokhoz szükséges ablakok, a feltételezések és általános jellemzők megegyeznek az általános Eurocode 8-nál bemutatottakkal. A következőkben kizárólag az általános Eurocode 8-tól eltérő szabályozásokat, jellemzőket mutatjuk be.

3. A szeizmikus hatás jellemzőinek megadása

A *Földrengésteher* megadásakor a következő eltéréseket építettük be:

- A vízszintes és függőleges válaszspektrumokat a P100-1 3.1(7), 3.1(13) és 3.2(1) alapján számítjuk.

4.10.25.5. Számítás a holland NPR 9998 alapján



A számítás menete, a beállításokhoz szükséges ablakok, a feltételezések és általános jellemzők megegyeznek az általános Eurocode 8-nál bemutatottakkal. A következőkben kizárólag az általános Eurocode 8-tól eltérő szabályozásokat, jellemzőket mutatjuk be.

3. A szeizmikus hatás jellemzőinek megadása

A *Földrengésteher* megadásakor a következő eltéréseket építettük be:

- A vízszintes és függőleges válaszspektrumokat az NPR 9998:2018 3.2.2.2.3. alapján számítjuk.

A számításhoz szükséges $a_{g;d}$ gyorsulás, illetve p, T_B, T_C és T_D paraméterek értékét a felhasználónak kell megadni vagy a szabvány, vagy a szabványhoz készített NPR 9998:2018 webtool internetes applikáció alapján mely helyszínspecifikus értékeket tartalmaz.

4.10.26. Pushover terhek – SE2 modul



A pushover terheket alapértelmezésben az Eurocode 8 előírásainak megfelelően határozza meg a program. A tehergeneráláshoz a modell csillapítatlan szabadrezgésének frekvenciáira és a hozzájuk tartozó rezgésalakokra van szükség, ezért a terhek csak akkor hozhatóak létre, ha korábban már futtattunk egy rezgésvizsgálatot.

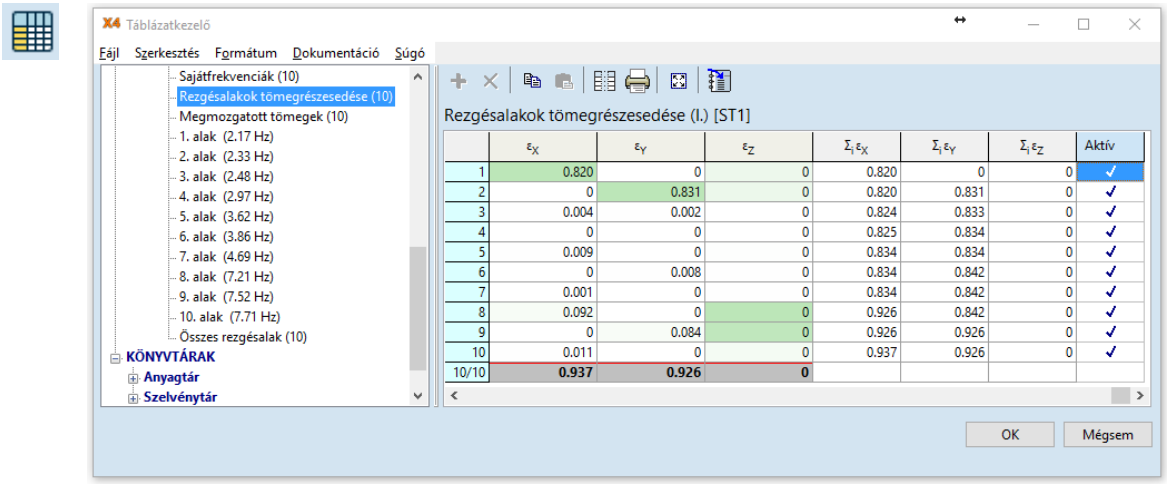
Pushover tehergenerálás lépései

A következő leírás röviden ismerteti a pushover teheresetek létrehozásának és paramétereik beállításának módját, majd a nemlineáris statikai vizsgálat elvégzésének menetét.

1. Sajátrezgésalakok és sajátfrekvenciák meghatározása

Amennyiben statikus terheket is definiáltunk a modellre, fontos, hogy a rezgésvizsgálatot Terhek átalakítása tömegekké beállítással futtassuk. Ezzel a teherként megadott tömegeket is figyelembe

tudjuk venni a rezgésalakok meghatározásakor és később a pushover terhek generálásánál is. A rezgésvizsgálat elvégzése után érdemes ellenőrizni a rezgésalakok tömegrészesedését. Ezek a *Rezgés* fül kiválasztása után a *Táblázatkezelő*ben érhetőek el.



	ε_X	ε_Y	ε_Z	$\Sigma_i \varepsilon_X$	$\Sigma_i \varepsilon_Y$	$\Sigma_i \varepsilon_Z$	Aktív
1	0.820	0	0	0.820	0	0	✓
2	0	0.831	0	0.820	0.831	0	✓
3	0.004	0.002	0	0.824	0.833	0	✓
4	0	0	0	0.825	0.834	0	✓
5	0.009	0	0	0.834	0.834	0	✓
6	0	0.008	0	0.834	0.842	0	✓
7	0.001	0	0	0.834	0.842	0	✓
8	0.092	0	0	0.926	0.842	0	✓
9	0	0.084	0	0.926	0.926	0	✓
10	0.011	0	0	0.937	0.926	0	✓
10/10	**0.937**	**0.926**	**0**				

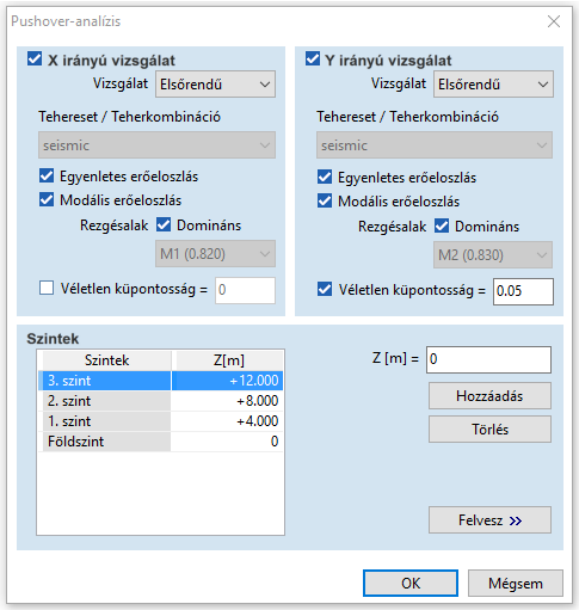
Bár nincsen a tömegrészesedés minimális értékére vonatkozó kritérium az Eurocode 8 szabványban, mivel a standard pushover vizsgálat olyan szerkezetek esetén ad kielégítő eredményt, melyek domináns rezgésalakkal rendelkeznek mindkét vízszintes irányban, ajánlott ellenőrizni a rezgésalakok tömegrészesedését. Az egyes alakokhoz tartozó értékeket a *Rezgésalakok Tömegrészesedése* táblázat foglalja össze.

Mivel a Földrengés teheresettől eltérő módon a pushover tehergeneráláshoz csak egy rezgésalakra van szükség, a tömegrészesedések összege ebben az esetben nem fontos. Ennek megfelelően felesleges nagy számú rezgésalakot meghatározni, ha a domináns alakok láthatóan az első néhány között vannak.

2. Pushover teheresetek létrehozása

A *Tehercsoportok és teheresetek* ablakban létrehozhatunk, átnevezhetünk és törölhetünk pushover tehereseteket. A program a *Pushover teher* gomb megnyomása után összesen négy teheresetet hoz létre.

3. Pushover teher paramétereinek megadása



A teheresetek létrehozása után a terhek paramétereit a *Terhek* fül *Pushover-analízis* gombjára kattintva adhatjuk meg.
A tehergenerálás paramétereit az ablak felső, a szinteltolódások számításához szükséges szintmagasságokat az alsó részében adhatjuk meg. Itt a korábban megadott szintmagasságok is megjelennek.
Az ablak legfelső részén kikapcsolható a tehergenerálás egy-egy irányban. A tehergenerálás kikapcsolása egyik irányban két dimenziós modellek esetén hasznos funkció. Mindkét irányhoz külön hozzárendelhető a rezgésvizsgálat típusa és a hozzá tartozó tehereset. Ezután kiválasztható, hogy az egyenletes és/vagy a modális tehergenerálásra van-e szükség.

Egyenletes erőeloszlás esetén a csomóponti erők nagysága kizárólag a csomóponthoz rendelt tömeg nagyságától függ, azzal arányosan kerül meghatározásra. Modális esetben emellett a rezgésalakokat is figyelembe veszi a program és a sajátvektor elemeivel súlyozott tömegértékek alapján határozza meg a csomóponti terheket. A létrehozott terhek hatásvonalai minden esetben egymással párhuzamosak, nagyságuk előjeles összege pedig 1 kN.

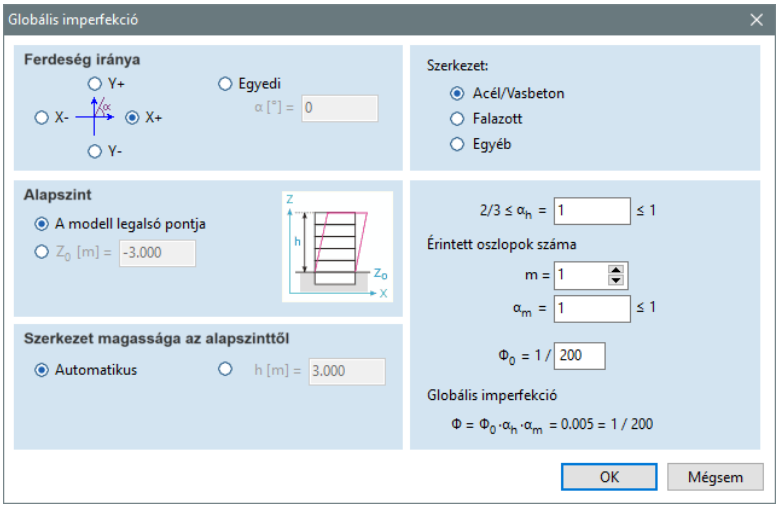
Modális erőeloszlás esetén a program lehetőséget ad arra, hogy a felhasználó válassza ki a tehergeneráláshoz használt rezgésalakot, ezzel felülbírálva az automatikusan kiválasztott domináns alakot. Fontos hangsúlyozni, hogy az Eurocode 8 a domináns alak használatát írja elő, ezért ennek megváltoztatását csak a témában jártas felhasználóknak javasoljuk.

A legördülő listában az egyes rezgésalakok száma melletti zárójeles érték a rezgésalak adott irányban számított tömegrészesedése.
A fentieken túl lehetőség van a véletlen külpontosságok és ebből eredő csavarónyomatékok figyelembevételére is. Ekkor megadható a külpontosság mértéke és a program automatikusan számítja szintenként a csavarónyomatéknak megfelelő, helyettesítő erőrendszert. Az épületre ható terhek előjeles összege továbbra is 1 kN marad, azonban eredőjük már külpontos lesz, ezért csavarást is okoznak.
A pushover terheket csak az ablak bezárása után hozza létre a program. Ezzel egy időben törli a felesleges tehereseteket is.

4. **Nemlineáris statikai számítás futtatása**

A pushover terhek definiálása után a pushover analízishez a Statika fülön található Nemlineáris statikai számítás futtatása szükséges. A megoldásvezérlést Pushover-re állítva a felhasználó kiválaszthatja a paraméteres és a konstans tehereseteket. A paraméteres tehereset általában maga a pushover tehereset, de más teheresetek használatára is van lehetőség. A konstans tehereset legtöbbször a gravitációs terheket tartalmazza. Az ablak beállításainak részletes ismertetése az **5.1 Statika** fejezetben található.
Kontrollcsomópontnak a szerkezet legmagasabb szintjének egyik pontját szokás választani. Fontos, hogy a vizsgálat iránya egyezzen a paraméteres teheresetben szereplő erők irányával. A vizsgálat stabilitása nagymértékben javítható a növekmények számának növelésével. Ajánlott figyelembe venni a geometriai nemlinearitást a pushover analízis futtatásakor. A vizsgálat az OK gomb megnyomásával indítható.
A kapacitásgörbéket és a származtatott eredményeket lásd a **6.1.5 Pushover kapacitásgörbék** fejezetben.

4.10.27. Globális imperfekciók



Globális imperferkciós tehereset kiválasztásakor a teher fülön aktívvá válik az imperfekció paramétereit megadó ikon. A paraméterek beállítása után a szerkezeten megjelenik a globális imperfekció (nagyított léptékben).
Az imperfekciós tehereseteket felhasználhatjuk teherkombinációkban, melyeket geometriai nemlineáris számítással vizsgálunk. Ebben az esetben a program a szerkezet csomópontjait kimozdítja az imperfekció mértékével és a kimozdított szerkezeten működteti a kombinációban szereplő többi terhet.

Paraméterek megadása

Az imperfekció megadásához a következő paraméterek szükségesek:

Ferdeség iránya

Az imperfekció irányát adhatjuk meg, amely lehet

- Globális X vagy Y irányú
- *Egyedi*, ahol az irányt az X tengelyhez viszonyított α szöggel adjuk meg.

Alapszint A szerkezetnek az a Z_0 magassága, ahonnan a ferdeség kezdődik.
A megadásnál két lehetőség közül választhatunk:

- automatikusan a modell legalsó pontja
- egyedileg megadható Z_0 magassági érték

Szerkezet magassága A szerkezet magassága az alapszinttől. A megadásnál két lehetőség közül választhatunk:

- automatikusan a modell legfelső pontja
- egyedileg megadható *h* magassági érték

Ferdeség A ferdeség mértékét a program a következő módokon számolja:

Acél / Vasbeton

$$\Phi = \Phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m,$$

ahol az α_h csökkentő tényező

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h[m]}};\ 2/3 \le \alpha_h \le 1$$

az α_m csökkentő tényező:

$$\alpha_m = \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)},$$

ahol *m* az egy szinten lévő, figyelembe vehető oszlopok száma.

Falazott

$$\nu = \frac{1}{100\sqrt{h}}$$

Egyéb Ebben az esetben a felhasználónak lehetősége van egy tetszőleges ferdeség megadására.

4.10.28. Kihajlási alakok szerinti imperfekciók



Az ilyen teheresetek egyetlen paramétere *egy kihajlási alakok szerinti imperfekció*. A program az abban összeállított imperfekt geometriával számol a teheresetet tartalmazó kombinációkban. Kihajlási alakok szerinti imperfekció teheresetek létrehozhatók, törölhetők és szerkeszthetők, de ezen műveletek felhasználó általi elvégzésére általában nincs szükség, mert az imperfekt alakok definiálásával és törlésével párhuzamosan az őket felhasználó teheresetek is létrejönnek és törlődnek.
Az imperfekt geometria létrehozását lásd részletesen a **6.2.1 Kihajlási alakok szerinti imperfekciók összeállítása** fejezetben.

4.10.29. Feszítés – PS1 modul

Kijelölt rúd-, bordaelemekbe, tartományokba feszítőkábeleket helyezhetünk el. A kábelek paramétereinek megadása és a feszítési folyamat lépéseinek kijelölése után a program meghatározza a lehorgonyzás utáni pillanatra vonatkozó feszültségeloszlást és helyettesítő terheket a kábelben (*név-T0* tehereset). A statikai számítás lefuttatása után a mértékadó eredményekből meghatározza a feszültségveszteség és a helyettesítő terhek hosszú távon beálló értékeit (*név-TI* tehereset). A feszítőkábelek pozíciójáról tetszőleges sűrűséggel kitűzési táblázat készíthető.

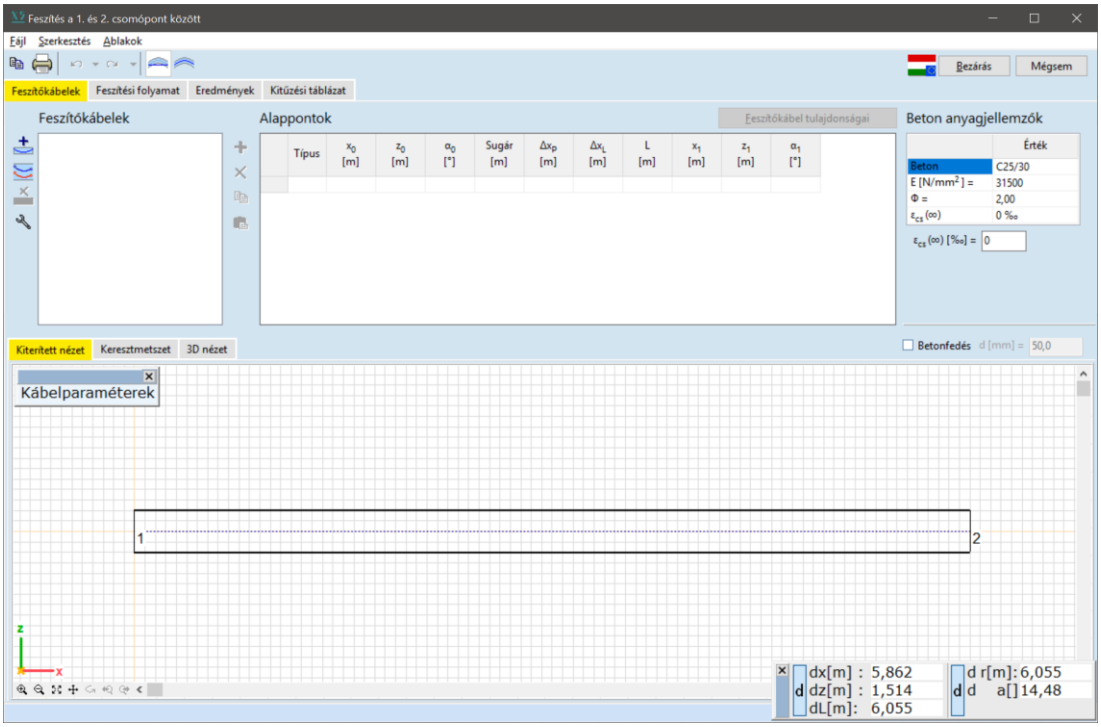
4.10.29.1. Rúd-, bordaelemek utófeszítése



A terhek fülön az ikonra kattintva, rúd- és bordaelemeket kijelölve, azokba feszítőkábelek helyezhetőek.

Feszítőkábelek

Az első fülön a feszítőkábelek paramétereit és geometriáját adhatjuk meg.





A feszítőkábel geometriája álló (bal oldali ikon), illetve mozgó (jobb oldali ikon) koordináta-rendszerben határozható meg. Az **álló koordináta-rendszer** az első és az utolsó csomópontot összekötő egyenesre illeszkedik oly módon, hogy az *x* tengely ezen egyenesen fekszik, a *z* tengely merőleges az x tengelyre, illetve a kezdő keresztmetszet y tengelyére, míg az y tengely jobbkezes koordináta-rendszerből következik.

Amennyiben a feszített elem ív, vagy poligon, akkor a **mozgó koordináta-rendszert** érdemes választani. Ív esetén a koordináta-rendszer az ív mentén mozog. Amennyiben a feszített elem poligon, akkor a geometriát harmadfokú spline-nal közelítjük. Az *x* tengely megegyezik a generált görbe érintőjével, a *z* tengely megegyezik a rúd lokális z tengelyével, míg az *y* tengely a jobbkezes koordináta-rendszerből következik. A kábelgeometria megadása kiterített koordináta-rendszerben történik.

A kábelgeometria következő három nézetben ábrázolható:

Kiterített nézet A kiterített nézetben a kábelpozíciók a munkasíkon láthatóak. A folytonos vonalak a munkasík és a szerkezeti elemek metszésvonalait ábrázolják. A szaggatott vonalak a középvonal, illetve a rudak éleinek vetületei a kiterített munkasíkon.

Keresztmetszet Ezen nézetben a kábel pontjai *y-z* nézetben (keresztmetszetben) látszanak.

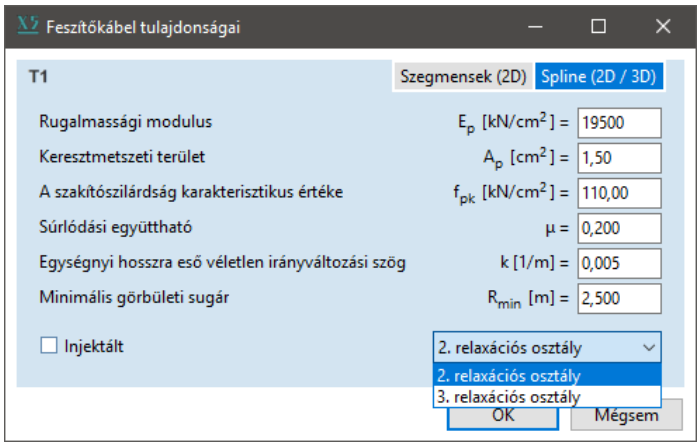
3D nézet A 3D nézet térben mutatja a kábelt a feszített elemben.

Megjegyzés: Az alappontok, illetve az inflexiós pontok mind a kiterített, mind a 3D nézetben ábrázolásra kerülnek.

A feszítőkábelek listája melletti függőleges eszköztár ikonjai:



Új feszítőkábel létrehozása
Erre az ikonra kattintva új kábelt adhatunk meg az elemen. Az új feszítőkábel megadása során először annak anyagi paramétereit definiáljuk.



Szegmensek (2D: A kábelgometriát szegmensekkel (egyenes-parabola-körív kapcsolatokkal) adjuk meg.

Spline (2D/3D): A kábelgeometriát harmadfokú spline görbével adjuk meg.

E_p a feszítőacél rugalmassági modulusa,

A_p a kábel keresztmetszeti területe,

f_{pk} a feszítőacél szakítószilárdságának karakterisztikus értéke,

μ a súrlódási tényező a kábel és a kábelcsatorna fala között,

k az egységnyi hosszra eső véletlen irányváltozási szög . A kivitelezés pontosságára utaló érték. Általában 0,005 1/m < k < 0,01 1/m.

R_{min} a feszítőkábel minimális görbületi sugara. Ahol a kábel görbületi sugara ennél az értéknél kisebb, ott a kábel rajza piros színűvé válik.

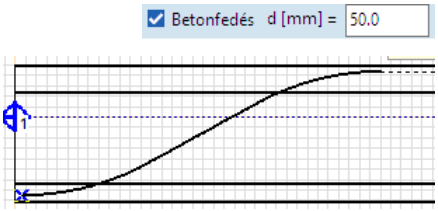
Relaxációs osztály A *Relaxációs osztály* a feszítőkábel relaxációs tulajdonságait tükrözi. Feszítőhuzalok és pászmák a 2., feszítőrudak a 3. relaxációs osztályba tartoznak.

Injektálás Ha a kábelcsatornát injektáló anyaggal töltik ki, ezt az opciót be kell kapcsolni.

Megjegyzés: a fenti beállítások az aktív kábel kiválasztása után a *Feszítőkábelek tulajdonságai* gombra kattintva bármikor módosíthatók.

Betonfedés

Az egérkurzor azonosítja a keresztmetszet alsó, illetve felső szélét. Ha bekapcsoltuk a betonfedés ellenőrzését, a kábelpont nem kerül a keresztmetszet széléhez megadott betonfedésnél közelebb.
A funkció szegmensek és spline esetében is működik.



Spline megadása

A spline geometriájának megadásához a feszítőkábelek diagramja melletti függőleges eszköztár ikonjaira kell kattintani. A program a megadott alappontokon átmenő kábelek alakját a minimális görbület elérése érdekében harmadfokú spline-ok segítségével határozza meg. Minden alapponthoz megadható a görbe pontbeli érintőjének iránya egy α (felülnézeti) és egy β (oldalnézeti) szög beállításával. A szögértékek –180° és 180° közé esnek. Az alappontok elhelyezésekor e szögek alapértéke 0°, módosításra az alappontok táblázatában van mód. A már megadott alappontokat a kurzor azonosítja, egérrel megfoghatók és áthelyezhetők.



Feszítőkábel alappontjainak megadása két dimenzióban
Alappontok a rajzra kattintással vagy a koordináta-ablak segítségével adhatók meg. Az utolsó alappontnál kettős kattintással vagy jobb egérgomb/*Bezárás* zárhatjuk le a görbét. A kábel keresztmetszeti pozícióját csak az első alappontnál kell megadni. A további alappontok az első alapponton átmenő lokális *x-z* (kiterített) síkban fognak elhelyezkedni.

Kábel megadásának menete két dimenzióban:

1. Jelöljük ki a keresztmetszet helyét, ahol a kábel alappontját meg akarjuk adni.
2. A keresztmetszet rajzon helyezzük el a kábelt a kívánt pozícióba.
3. Ezt követően a hosszmetszeti nézeten helyezhetjük el a kábel többi pontját



Feszítőkábel alappontjainak megadása három dimenzióban

A kábel keresztmetszeti pozícióját minden alappont elhelyezésekor meg kell adnunk. Görbe lezárása csak a jobb egér gomb/Befejezéssel történhet.

Kábel megadásának menete három dimenzióban:

1. Jelöljük ki a keretsztmetszet helyét, ahol a kábel alappontját meg akarjuk adni.
2. A keresztmetszet rajzon helyezzük el a kábelt a kívánt pozícióba.

Ezt követően az 1. és 2. lépést kell ismételni valamennyi alappont megadásához.



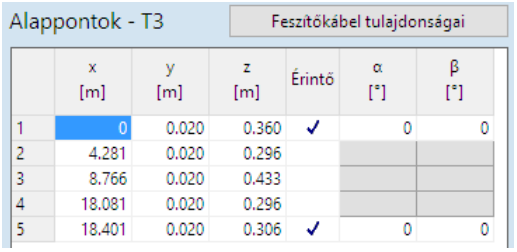
Alappont hozzáadása
A kábel valamely pontjára kattintva az adott keresztmetszetben új alappontot helyez a kábelre. Több kábel esetén csak az aktív kábelre működik.



Alappont törlése
A kábel valamely korábban megadott alappontjára kattintva az alappont törlődik. A második alappont törlésével a kábelhez rendelt geometria is törlődik. Több kábel esetén szintén csak az aktív kábelre működik.

Alappont táblázat

Az elhelyezett alappontok tulajdonságait az *Alappontok* táblázatában is módosíthatjuk. *x, y, z,* az alappontok koordinátái. Ha mozgó koordináta-rendszert választottunk, az *x, y, z* koordináták is abban vannak értelmezve. Ha az *Érintő*t bekapcsoljuk, megadható *α* és *β*, azaz az *x* irány és az *x-y* síkon, illetve *x-z* síkon vett érintő szöge. A táblázat melletti eszköztár a következő funkciókat tartalmazza.



	x [m]	y [m]	z [m]	Érintő	α [°]	β [°]
1	0	0.020	0.360	✓	0	0
2	4.281	0.020	0.296			
3	8.766	0.020	0.433			
4	18.081	0.020	0.296			
5	18.401	0.020	0.306	✓	0	0



Új alappont hozzáadása



Kijelölt sor (ok) törlése



Kábel adatainak másolása vágólapra



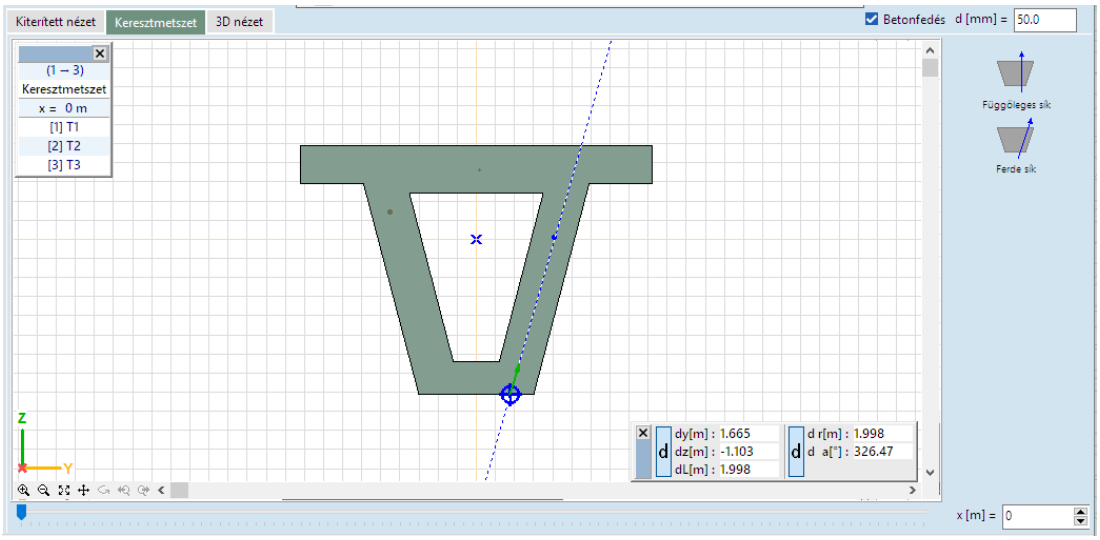
Kábel adatainak beillesztése vágólapról

Szegmensek megadása

A szegmensek geometriájának megadásához a feszítőkábelek diagramja melletti függőleges eszköztár ikonjaira kell kattintani. Elsőként meg kell adni a szegmens típusát, mely 1, 2, vagy 3 elemből állhat.

A szegmensek a kiterített munkasíkon megadott síkgörbék. A munkasík helyzetét és a kábel koordináta-rendszerének origóját a *Keresztmetszet* nézetben állíthatjuk be.
Ha mozgó koordináta-rendszert választottunk, az *x, y, z* koordináták is abban vannak értelmezve.
Válasszunk egy x értéket a rúdelem mentén! Húzzuk a kívánt pozícióba a csúszkát vagy írjuk be az *x* értékét!
*Függőleges sík*ot választva a z tengely a feszített elem lokális z tengelyével lesz párhuzamos. Adjuk meg a kábel koordináta-rendszerének *(x,y,z)* origóját a keresztmetszeti *(y, z)* nézet valamely pontjára kattintva!
*Ferde sík*ot választva a *z* tengelynek nem kell az elem lokális z tengelyével párhuzamosan állnia. Adjuk meg a kábel koordináta-rendszerének *(x,y,z)* origóját a keresztmetszeti *(y, z)* nézet valamely pontjára kattintva, majd a *z* tengely egy másik pontjának megadásával állítsuk be a tengely ferdeségét!





A rövidítések a következő görbéket jelentik:

C körív, megadott sugárral,
P parabola,
L egyenes,
x nincs közbenső görbe, a szegmens ekkor csak két részből áll.

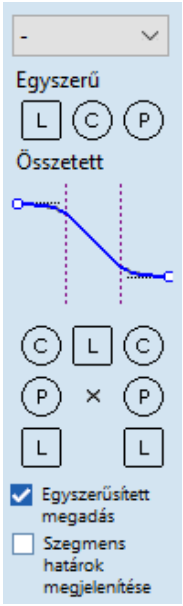
Megadási, megjelenítési opciók:

Egyszerű Ha a kábelgeometriához egyetlen egyenes szakaszból, kör- vagy parabolaívből álló szegmenst akarunk hozzáadni, kattintsunk az L, C vagy P szimbólumra (vagy válasszuk az L-et, C-t vagy P-t a legördülő listából). A szegmens folytonos érintővel kapcsolódik a görbéhez.

Összetett Ha a kábelgeometriához két vagy három alszegmensből álló összetett szegmenst akarunk hozzáadni, a kezdő, középső és végszegmens típusának kiválasztásához kattintsunk a három oszlopba rendezett szimbólumokra (vagy válasszunk a legördülő lista két vagy hárombetűs összetett szegmensei közül).

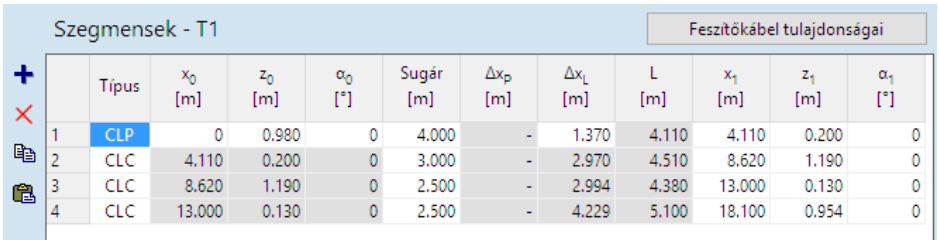
Egyszerűsített megadás *Összetett* szegmens megadásakor a kezdő-, és végérintők vízszintesek lesznek. Ha az első összetett szegmens körívvel végződik (LC), a további szegmensek automatikusan CLC-re állnak. Ha parabolaívvel vágződik (LP), a további szegmensek automatikusan PLP-re állnak.

Szegmens határok megjelenítése Ezen opció kiválasztása esetén a szegmenshatárok is ábrázolásra kerülnek.



Ezután megadhatóak az egymás utáni szegmensek a kezdő, illetve végpontjai, melyek közé a megadott szegmenstípust helyezi a program. A kezdő-, végpontok, érintők helyzete, kábelek vetületi hosszai, a táblázatban módosíthatóak.

Szegmens táblázat Az elhelyezett szegmensek tulajdonságait az *Szegmensek* táblázatában is módosíthatjuk. A táblázat, illetve az amelletti eszköztár a következő funciókat tartalmazza:



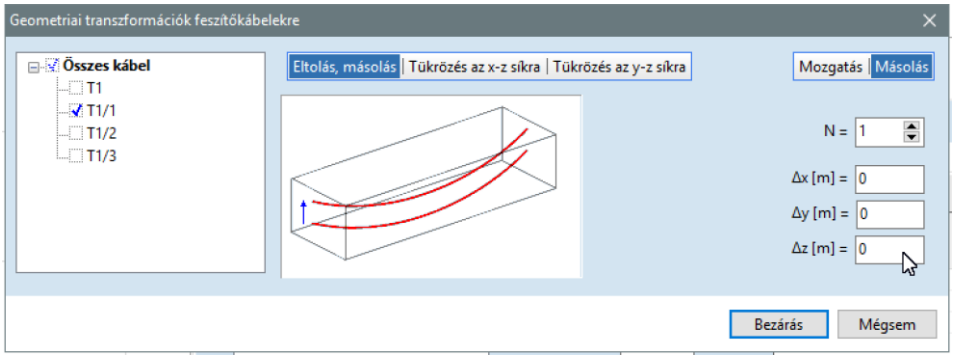
	Típus	x_0 [m]	z_0 [m]	α_0 [°]	Sugár [m]	Δx_P [m]	Δx_L [m]	L [m]	x_1 [m]	z_1 [m]	α_1 [°]
1	CLP	0	0.980	0	4.000	-	1.370	4.110	4.110	0.200	0
2	CLC	4.110	0.200	0	3.000	-	2.970	4.510	8.620	1.190	0
3	CLC	8.620	1.190	0	2.500	-	2.994	4.380	13.000	0.130	0
4	CLC	13.000	0.130	0	2.500	-	4.229	5.100	18.100	0.954	0

x_0, z_0 a szegmens kezdőpontjának koordinátái,
α_0 kezdő érintő szöge, jobbkezes koordináta rendszerben,
Sugár körív(ek) esetén megadható a körív(ek) sugara,
Δx_P az első parabola vetületi hossza,
Δx_L az egyenes vetületi hossza,
L a szegmens vetületi hossza,
x_1, z_1 a szegmens végpontjának koordinátái,
α_1 végérintő szöge, jobbkezes koordináta rendszerben,

Megjegyzés: nem minden geometriai paraméter aktív egyes szegmensek esetében, például: egyenes-körív kapcsolat megadása során a kezdő szög nem változtatható, azt a körív sugara, kezdő és végpontok helyzete egyértelműen meghatározza.

Új szegmens hozzáadása
Kijelölt sor (ok) törlése
Kábel adatainak másolása vágólapra
Kábel adatainak beillesztése vágólapról

Geometriai transzformáció feszítőkábelekre



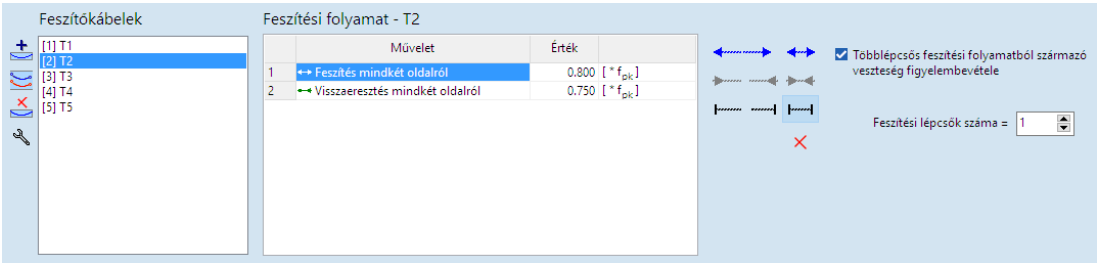
A bal oldali fában kijelölt kábelekre eltolást illetve tükrözést írhatunk elő. A transzformáció mozgatásként és másolásként is működtethető. Másolás esetén a létrejövő új feszítőkábelek öröklik a kábel-paramétereket.

A kijelölt feszítőkábel törlése.

Szervíz.
A kábeldiagram ablak grid és kurzor beállításait lehet módosítani a *Hosszmetszet* és *Keresztmetszet* fülre kattintva.

Beton anyagjellemzők A beton anyagjellemzők alatt ellenőrizhetőek a beton paraméterei. Továbbá a becsült zsugorodási alakváltozás abszolút értéke ($e_{cs}(\infty)$) beállítható ezen pont alatt.

Feszítési folyamat A második fülön az egyes kábelekhez rendelt feszítési műveleteket adhatjuk meg. A szimbólumokra kattintva új műveleteket adhatunk a listához.



A lehetséges műveletek és paramétereik:

Feszítés balról / jobbról / mindkét oldalról

Visszaeresztés balról / jobbról / mindkét oldalról

A feszítőerő a szakítószilárdság karakterisztikus értékének (f_{pk}) hányadaként.

Lehorgonyzás bal / jobb / mindkét oldalon

A feszítőkábel lehorgonyzáskor bekövetkező visszacsúszásának értéke mm-ben.

Az utolsó művelet törlése a listából.

Megjegyzés: a bal oldal a kábel kezdőpontja, míg a jobb oldal a kábel végpontja.

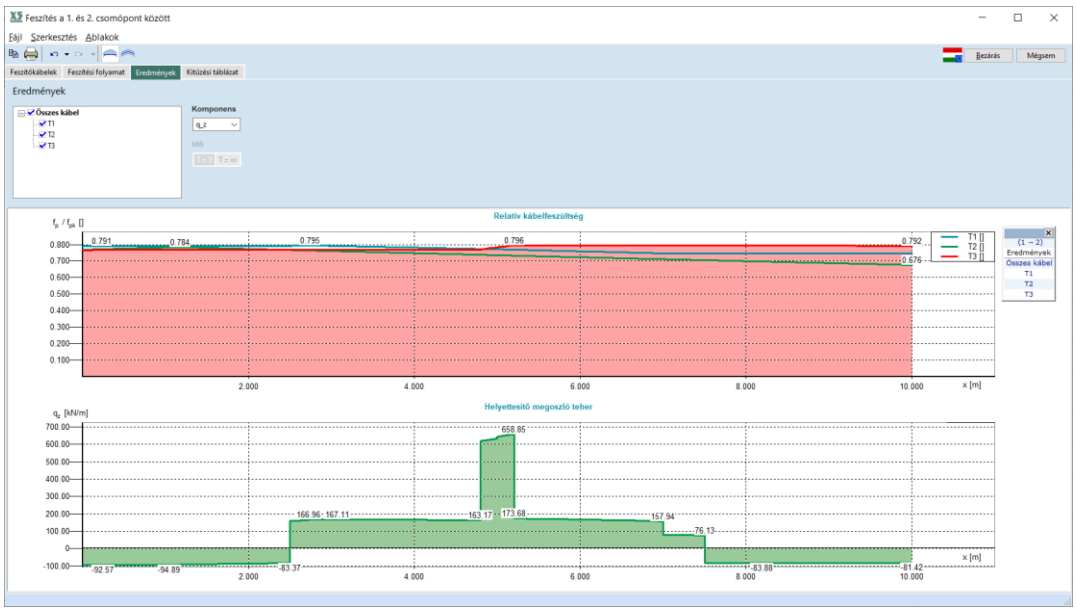
Többlépcsős feszítési folyamatból származó veszteségek figyelembe vétele

Amennyiben az elemen egynél több kábel került definiálásra, akkor azok eltérő időpontokban feszíthetőek. Ezáltal a korábban megfeszített kábelben veszteség keletkezik a későbbi feszítésekből. Az opció kiválasztása esetén a többlépcsős feszítési folyamatból származó veszteségek figyelembe vehetőek

Feszítési lépcsők száma

Ha figyelembe vesszük a többlépcsős feszítési veszteséget, akkor beállítható, hogy a kábelek hány lépcsőben kerülnek feszítésre. Ebből számításra kerül az átlagos veszteség.

Eredmények Ha minden kábelhez érvényes paramétereket, geometriát és feszítési folyamatot rendeltünk, az *Eredmények* fülön diagram formájában megjelennek a program által számított eredmények. A felső diagram mutatja a kábelben ébredő feszültségnek és a kábel szilárdság karakterisztikus értékének arányát a kábel hossza mentén. Az alsó diagramon az egyenértékű teher kiválasztott komponense látható.



Komponens a helyettesítő teher hat komponense közül választható ki az ábrázolni kívánt.

Idő ábrázolni lehet a kábelben ébredő feszültségeket, illetve helyettesítő terhet az azonnali veszteségek figyelembevételével (*T=0* kiválasztása), illetve tartós terhelés hatására (*T=∞* kiválasztása). A tartós terhelés hatására kialakuló kábelfeszültségek, helyettesítő terhek csak statikai számítás után válik lekérdezhetővé.

A feszítési folyamatban fellépő azonnali veszteségek:

1. *A kábel és a kábelcsatorna fala közti súrlódás miatt adódó* $\sigma_\mu(x)$ veszteséget a program a feszítési helytől a kábel mentén mért *x* távolságban a következő összefüggésből határozza meg:

$$\sigma_\mu(x) = \sigma_{max}\left(1 - e^{-\mu(\Theta + kx)}\right),$$

ahol

σ_{max} a feszítőkábelben fellépő maximális feszültség

Θ a kábel íves szakaszaihoz tartozó középponti szögek abszolút értékeinek összege (radiánban) a feszítés helyétől a vizsgált keresztmetszetig

2. *A beton azonnali összenyomódásából származó* kábelenkénti átlagos feszítőerő-veszteséget a program a következőképpen számítja:

$$\Delta P_{el} = A_p E_p \sum \left[\frac{j \Delta\sigma_c}{E_{cm}}\right],$$

ahol

$\Delta\sigma_c$ a megfeszített kábelekből származó, a kábelek hossza mentén átlagolt feszültség a keresztszelvények súlypontjának magasságában

j *= (n–1) / 2n,* ahol *n* a feszítési lépések száma

E_{cm} a beton rugalmassági modulusának várható értéke

3. A lehorgonyzási veszteség a kábel lehorgonyzásnál történő visszacsúszásából adódik.

Hosszú távú veszteségek:
A program a beton zsugorodása és kúszása, illetve a feszítőkábel relaxációja miatt kialakuló, hosszú távú feszítőerő-veszteséget a következőképpen veszi figyelembe:

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \Delta\sigma_{c+s+r} = A_p \frac{\epsilon_{cs} E_p + 0.8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2\right)[1 + 0.8 \cdot \varphi]},$$

ahol

$\Delta\sigma_{c+s+r}$ a fenti három hatás következtében létrejött feszültségveszteség

E_{cm} a beton rugalmassági modulusának várható értéke

$\Delta\sigma_{pr}$ a feszítőkábel relaxációja miatti hosszútávú feszültségcsökkenés

2-es relaxációs osztály esetén:

$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{max} \cdot 0.6\rho_{1000} e^{9.1\mu} \cdot 500^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5},$$

3-as relaxációs osztály esetén:

$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{max} \cdot 1.98\rho_{1000} e^{8\mu} \cdot 500^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5},$$

ahol $\rho_{1000} = 2.5\%$ a 20°C-os középhőmérsékleten a feszítés után 1000 órával beálló relaxációs veszteség

φ a beton kúszási tényező végértéke

$\sigma_{c,QP}$ a betonfeszültség a feszítőkábelek magasságában a kvázi-állandó terhek hatására

A_p a feszítőkábelek keresztmetszeti területe

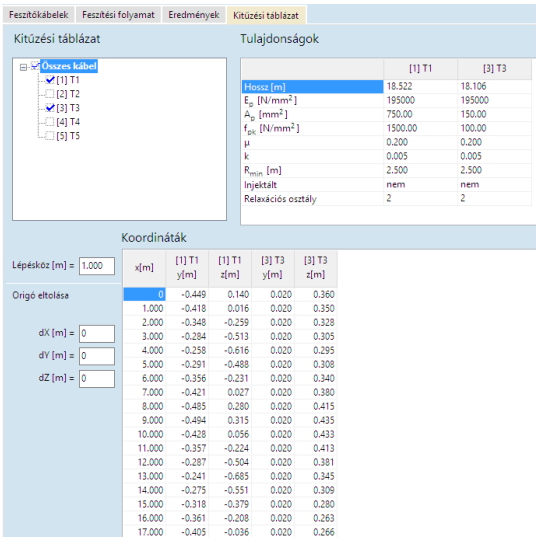
A_c a betonkeresztmetszet területe

I_c a betonkeresztmetszet inerciája

z_{cp} a betonkeresztmetszet súlypontjának és a feszítőkábelek súlypontjának távolsága

Kitűzési táblázat

Az utolsó fülön a megadott kábelekhez kitűzési táblázatot készíthetünk megadott lépésközzel és origó-eltolással, mely az így adódó keresztmetszeti pontokban tünteti fel a feszítőkábelek lokális *y* és *z* koordinátáit. A megadott alappontok a kitűzési táblázatban mindig szerepelnek.



Fő eszköztár

A fő eszköztáron két ikon található.

Diagram másolása

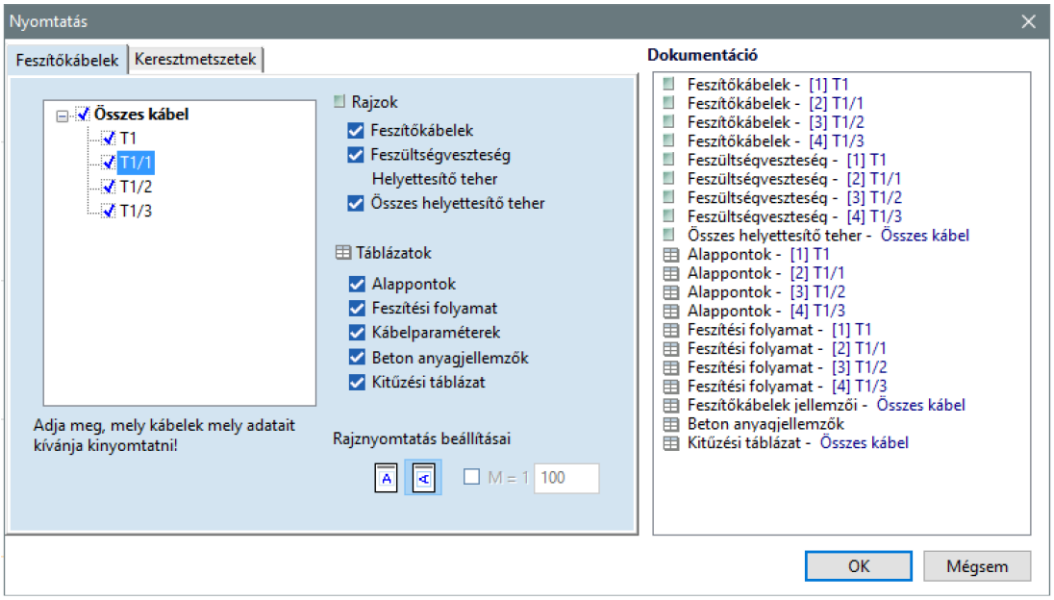
Ctrl+C

Az aktuális diagramot Windows metafájl formátumban a vágólapra (Clipboard) másolja. Ezután más alkalmazásba (pl. Word) közvetlenül beilleszthető.

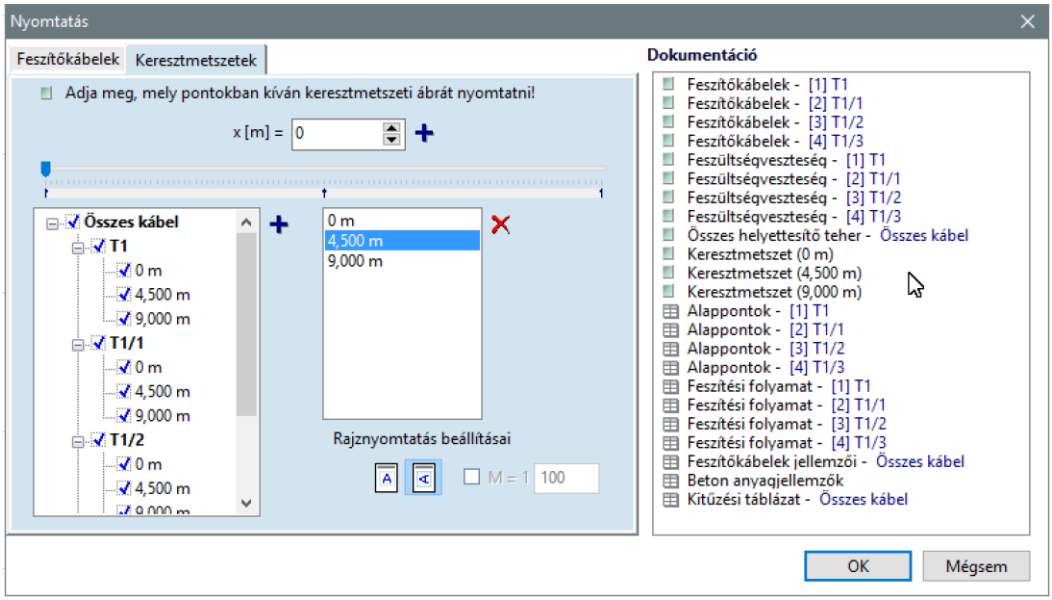
Nyomtatás

Ctrl+P

A feszítési adatok grafikus és táblázatos dokumentálását teszi lehetővé. Beállíthatjuk, mely kábelek mely adatait és milyen formában szeretnénk kinyomtatni.
Megadható a rajz helyzete (álló vagy fekvő) és a nyomtatás léptéke is *(Rajznyomtatás beállításai).*

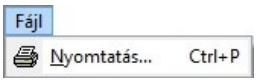


Megadhatjuk azt is, hogy mely keresztmetszetekre kérjük keresztmetszeti ábra nyomtatását.



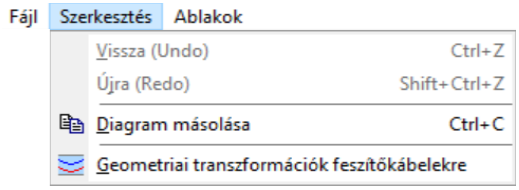
Menü A menün keresztül a következő funkciók érhetők el.

Fájl



Nyomtatás Lásd... Fő eszköztár / **Nyomtatás**

Szerkesztés

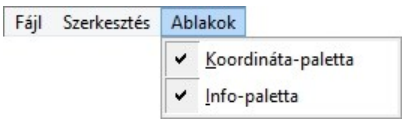


Vissza/ Újra Az utoljára végrehajtott művelet visszavonása / A visszavont művelet végrehajtása

Diagram másolása Lásd... Fő eszköztár **/Diagram másolása**

Geometriai transzformációk feszítőkábelekre Lásd... Feszítőkábelek / **Geometriai transzformációk feszítőkábelekre**

Ablakok



Koordináta-paletta A hossz- ill. keresztmetszeti ábrákon történő szerkesztést koordináta-paletta segíti. A megjelenítése ebben a menüpontban kapcsolható ki/be.

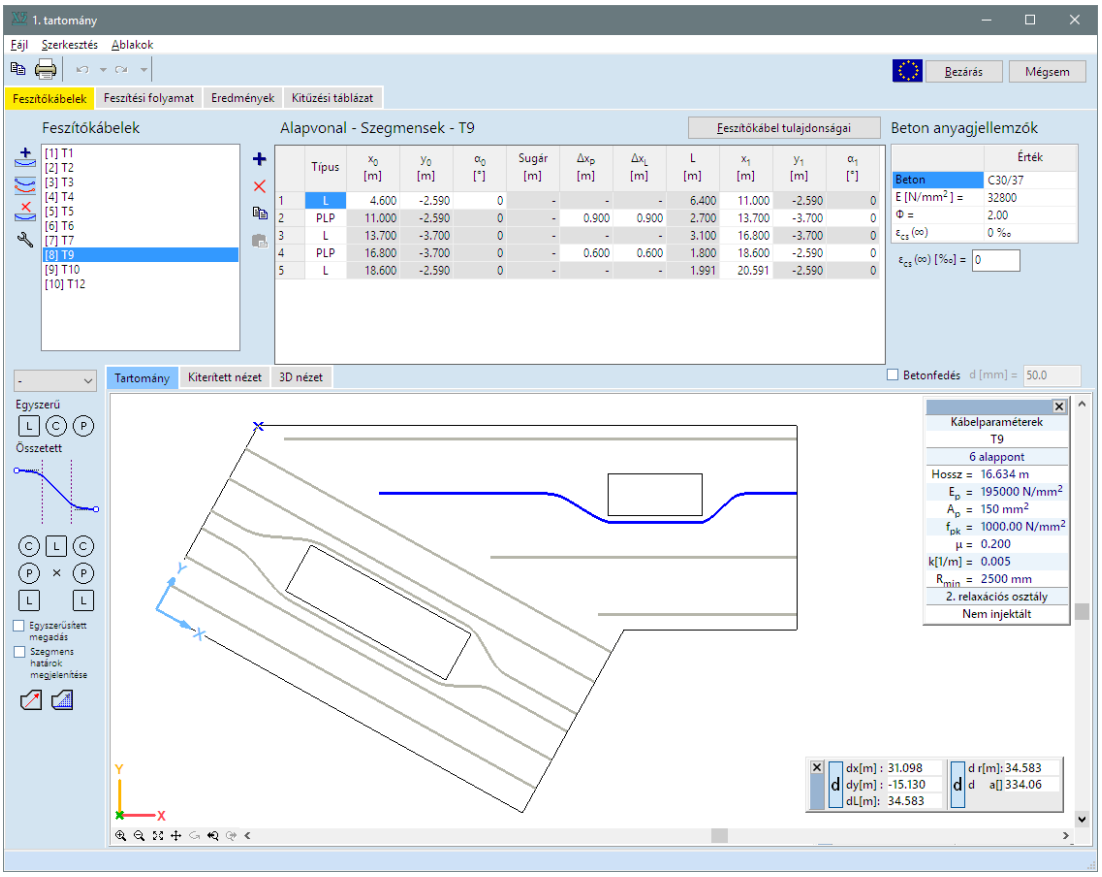
Info paletta A diagramokon megjelenik egy, a diagram típusától függő információs ablak. Ennek megjelenítése ebben a menüpontban kapcsolható ki/be.

4.10.29.2. Utófeszítés tartományokon



A terhek fülön az ikonra kattintva, tartományokat kijelölve, azokba feszítőkábelek helyezhetők.

Feszítőkábelek Az első fülön a feszítőkábelek paramétereit és geometriáját adhatjuk meg.



A kábel geometria a következő három nézetben ábrázolható:

Tartomány — A tartomány nézetében a kábelpozíciók felülnézetben határozhatóak meg. Ezen pozíciók a kábel helyzetét adják meg a középsíkra vetítve (alapvonal).

Kiterített nézet — A kiterített nézetben a kábelek középsíkra merőleges pozíciói adhatóak meg (emelkedés). Ezen nézetben az x koordináta az alapvonal menti ívhosszal megegyező.

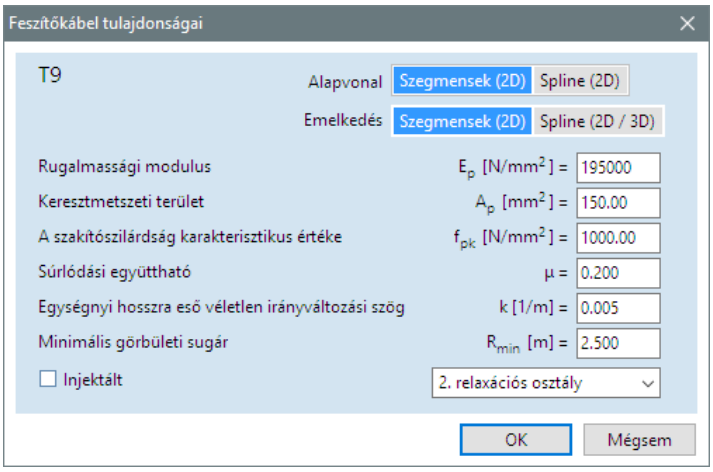
3D nézet — A 3D nézet térben mutatja a kábelt a feszített tartományban.

Megjegyzés: Az alappontok, illetve az inflexiós pontok mind a kiterített, mind a 3D nézetben ábrázolásra kerülnek.

A feszítőkábelek listája melletti függőleges eszköztár ikonjai:

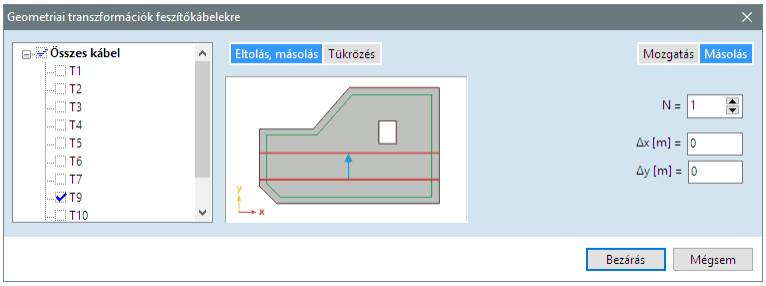


Új feszítőkábel létrehozása
Erre az ikonra kattintva új kábelt adhatunk meg az elemen.
Elsőként a kábel geometriai leírásának módját választhatjuk ki. A legelső sorban az alapvonal geometriája választható ki, míg a másodikban az emelkedésé.
Az *Alapvonal* a kábelgeometria középsíkra eső vetülete, míg az *Emelkedés* az attól való eltérés.
Ha az *Emelkedés*t 3D spline-ként adjuk meg, a kábel középsíkra vett vetülete eltérhet az alapvonaltól.



A további paraméterek megegyeznek az előző részben felsoroltakkal.

Geometriai transzformáció feszítőkábelekre



A bal oldali fában kijelölt kábelekre eltolást illetve tükrözést írhatunk elő. A transzformáció mozgatásként és másolásként is működtethető. A *Δx, Δy* koordináták, a kábelhez rendelt koordináta-rendszerben értelmezendőek. Másolás esetén a létrejövő új feszítőkábelek öröklik a kábelparamétereket.

A kijelölt feszítőkábel törlése

Szervíz. A kábeldiagram ablak grid és kurzor beállításait lehet módosítani a Hosszmetszet és Keresztmetszet fülre kattintva.

Beton anyagjellemzők

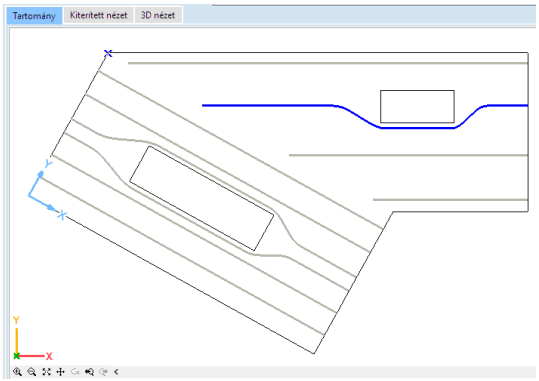
A beton anyagjellemzők alatt ellenőrizhetőek a beton paraméterei. A becsült zsugorodási alakváltozás abszolút értéke ($e_{cs}(\infty)$) beállítható.

Kábelgeometria

Első lépésként a *Tartomány* nézetben szegmensekkel vagy spline-nal megadjuk az kábel alapvonalát a rúdelemek feszítésénél részletezett módon. Mivel az alapvonalnak a tartomány középsíkjába kell esnie, spline-ok csak két dimenzióban adhatóak meg. Minden kábelnek külön koordináta-rendszere van (lásd lejjebb).
A második lépés az emelkedési görbe megadása a *Kiterített nézet*ben a *Feszítőkábelek tulajdonságai*nál választott módon. A *Betonfedés* bekapcsolása ugyanúgy segíti a kábelek megadását, mit a vonalelemek esetében.

A kábel koordináta-rendszere

Kattintsunk az ikonra a koordináta-rendszer megadásához. Válasszuk a *Tartomány* nézetet! Az első kattintással megadjuk az origót, a második kattintással kijelöljük a lokális X-tengely irányát. A tartomány rajza ennek megfelelően tolódik és fordul el. Adjuk meg az alapvonalat a rúdelemek feszítőkábeleinek megadásánál ismertetett módon. A koordinátarendszer Z iránya a tartományra merőlegesen felénk mutat, az Y irány a jobbkéz-szabályból adódik. Ha egy kábel koordináta-rendszerét megváltoztatjuk, a kábel törlődik és az új rendszerben újra meg kell adni.



A kitűzés koordináta-rendszere

Kattintsunk az ikonra a kábelek kitűzéséhez használt koordináta-rendszer megadásához. Válasszuk a *Tartomány* nézetet! Az első kattintással megadjuk az origót, a második kattintással kijelöljük a lokális X-tengely irányát (az összes kábelhez egy koordináta-rendszer rendelhető). A Z tengely a felületre merőleges, a felhasználóval szembe néz, míg az y tengely a jobbkezes koordináta-rendszerből adódik.

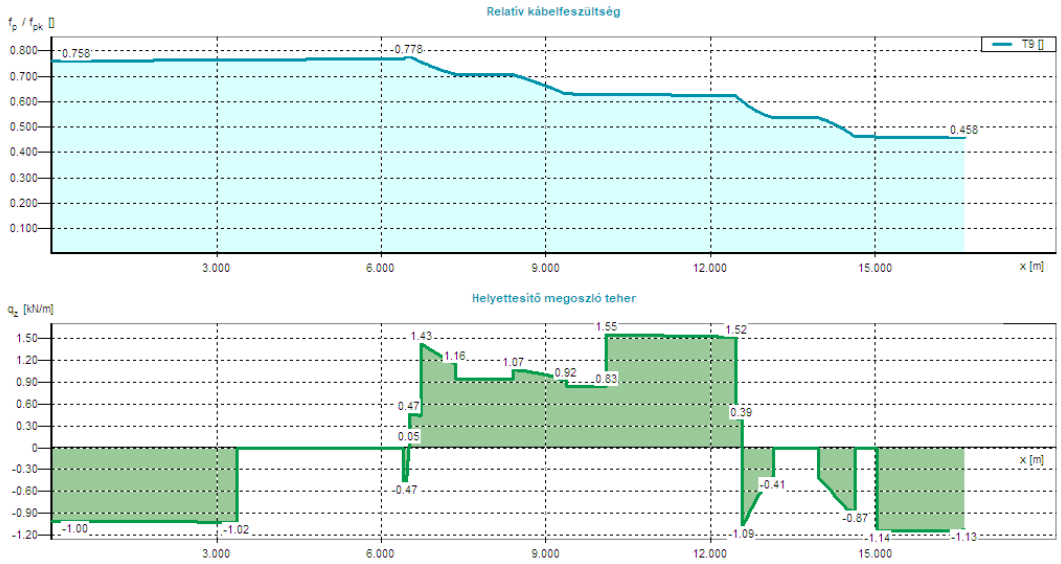
Feszítési folyamat

A második fülön az egyes kábelekhez rendelt feszítési műveleteket adhatjuk meg. Lásd a vonalelemek feszítésénél.

Többlépcsős feszítési folyamatból származó veszteségek figyelembe vétele. Felületek feszítése esetén a szekvenciális feszítésből eredő rugalmas feszültségveszteségeket elhanyagoljuk.

Eredmények

Ha minden kábelhez érvényes paramétereket, geometriát és feszítési folyamatot rendeltünk, a harmadik fülön diagram formájában megjelennek a program által számított eredmények. A felső diagram mutatja a kábelben ébredő feszültségnek és a kábel szilárdság karakterisztikus értékének arányát a kábel hossza mentén. Az alsó diagramon az egyenértékű teher kiválasztott komponense látható.
Felületek feszítése esetén egyszerre csak egy kábel jelölhető ki.



Komponens a helyettesítő teher ábrázolandó komponense. Három erőkomponens (*q_x, q_y* és *q_z*), illetve három nyomatékkomponens (*m_x, m_y* és *m_z*) közül választhatunk.

Idő ábrázolni lehet a kábelben ébredő feszültségeket, illetve helyettesítő terhet az azonnali veszteségek figyelembevételével (*T=0* kiválasztása), illetve tartós terhelés hatására (*T=∞* kiválasztása). A tartós terhelés hatására kialakuló kábelfeszültségek, helyettesítő terhek csak statikai számítás után válnak lekérdezhetővé.

A feszítési folyamatban fellépő veszteségek számítása a rúdelemeknél látott módon történik, lásd fentebb. Az azonnali veszteségek esetén a számítás felületelemeken elhanyagolja a beton rugalmas összenyomódásából adódó veszteséget.

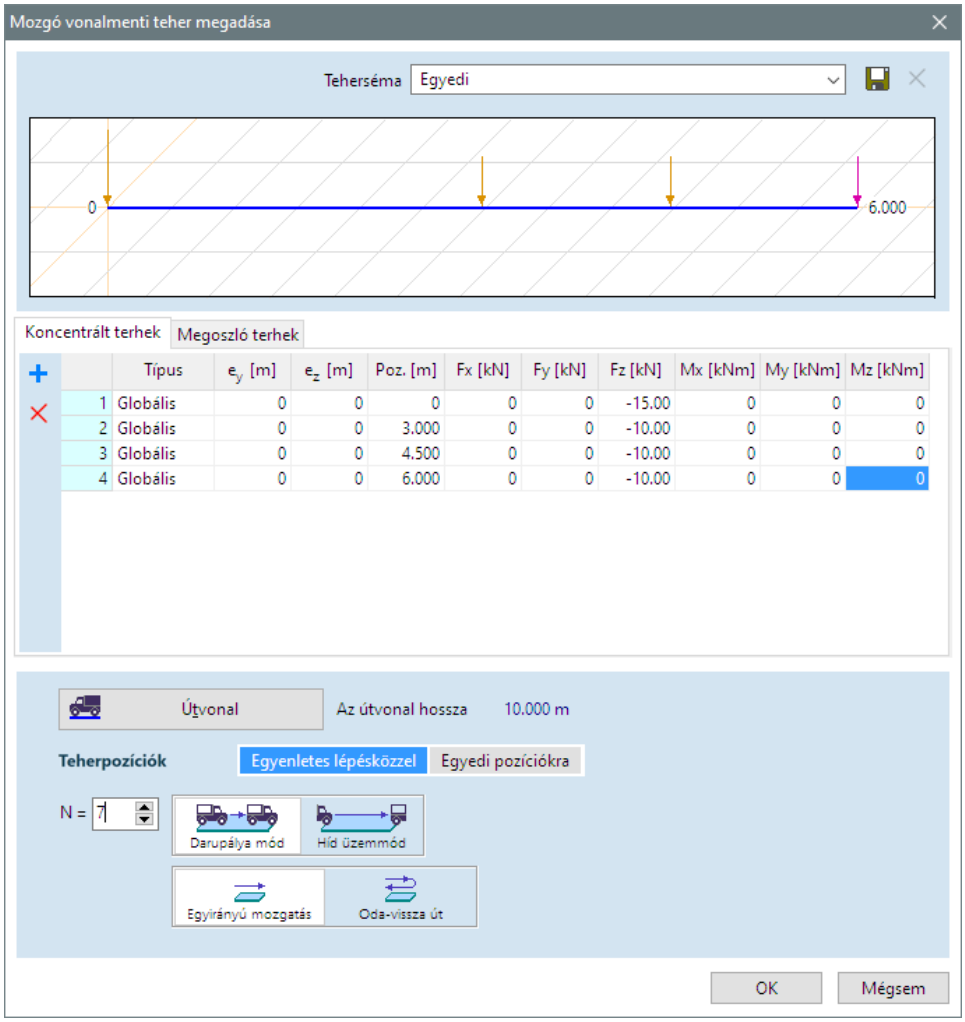
Kitűzési táblázat Az utolsó fülön a megadott kábelekhez kitűzési táblázatot készíthetünk. A kitűzés koordináta rendszerét a *Feszítőkábelek* fül alatt lehet megadni, lásd fentebb.

A menü és a dokumentálás módja ugyanaz, mint a vonalelemek feszítésénél. *Lásd...* **4.10.29.1 Rúd-, bordaelemek utófeszítése**

4.10.30. Mozgó terhek

A mozgó terhek lehetővé teszik a szerkezetet érő, azonos intenzitású, de vándorló erőhatás modellezését. Ilyen lehet pl. a hídszerkezeten haladó járműteher vagy a darupályán mozgó daru által kifejtett terhelés. A mozgó teher definiálása előtt létre kell hozni egy mozgó teheresetet a *Terhek* fül *Teheresetek és tehercsoportok ikon*jára kattintva. *Lásd...* **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**. Az ikonok csak abban az esetben elérhetőek, ha egy mozgó típusú tehereset az aktív. A mozgó terhek definiálásakor a beállított lépésszámnak megfelelően új teheresetek keletkeznek. Ezeket a teheréseteket a program automatikusan karbantartja, egyedileg nem törölhetőek, külön-külön más tehercsoportba nem sorolhatóak. Amennyiben a módosítás során egy mozgó teher lépésszámát növeljük, automatikusan új teheresetek keletkeznek.
A lépésszám csökkentése esetén keletkező felesleges teheresetek csak a modell mentésekor törlődnek.
A teher szimbólumoknál beállítható, hogy csak az aktuális fázist lássuk, vagy a teher többi mozgásfázisa is jelenjen meg szürkén.
A mozgó teher paraméterei és a teher által bejárt pálya táblázatos formában áttekinthetőek a *Táblázatkezelő*ben, és a dokumentációba is beilleszthetőek.

4.10.30.1. Mozgó teher vonalelemeken



A vonalmenti mozgó teher tulajdonképpen egy megadott útvonalon *N* számú lépésben mozgó teherséma.

A teherséma állhat koncentrált vagy megoszló terhekből, illetve ezek kombinációjából is. A tehersémát alkotó terheknek egyenként megadható a típusa (lokális / globális) valamint az útvonal menti pozíciója, intenzitása és excentricitása. Ezzel egyszerűen modellezhető egyidőben egy darupályánál a függőleges daruteher, valamint a vízszintes oldallökő erő.
A teher excentricitása mindig a terhelt elem lokális *y*, illetve *z* irányával párhuzamos. Az excentricitások mindig a végeselem lokális rendszerének irányában lesznek értelmezve.
Terheket úgy adhatunk a tehersémához, hogy a pluszjel ikonra kattintunk, majd sorban megadjuk a táblázatmezők értékeit. A kijelölt sorok törlését a pluszjel alatti *Törlés* ikonra kattintva kezdeményezhetjük.

Az elkészült tehersémát névvel elmenthetjük és később visszatölthetjük.
A teherséma megadása után ki kell jelölni azt az útvonalat, melyen a terhek mozogni fognak. Az útvonal rúd vagy borda elemekből álló összefüggő lánc. Az útvonalat alkotó elemek kijelölése után meg kell adni az útvonal kezdő és végpontját. Kezdő és végpont bármely, az útvonalon található csomópont lehet.
A teherséma terheinek lokális *z* irányát mindig annak a rúdnak a lokális *z* iránya jelöli ki, amelyikre a teher esik. Az útvonal módosítása (pl. egy rúd megnyújtása vagy rövidítése, megtörése) esetén a kiosztás automatikusan módosul.

Teherpozíciók

A mozgó teher pozícióit megadhatjuk *Egyenletes lépésközzel,* vagy *Egyedi pozíciókra.*

Egyenletes lépésközzel

Az útvonal megadó gomb melletti mezőben beállíthatjuk *N* értékét, tehát azt, hogy az útvonalon a terhet hány fázisban kell végigléptetni.



Darupálya mód

A program a terheket az útvonalon úgy osztja ki, hogy az útvonal kezdőpontjába az első fázis legkisebb koordinátájú, míg az útvonal végpontjába az utolsó fázis legnagyobb koordinátájú terhe kerül.



Híd üzemmód

A program a terheket az útvonalon úgy osztja ki, hogy az útvonal kezdőpontjába az első fázis legnagyobb koordinátájú, míg az útvonal végpontjába az utolsó fázis legkisebb koordinátájú terhe kerül.



Egyirányú mozgatás: A teher a kezdőponttól a végpontba mozog *N* lépésben.



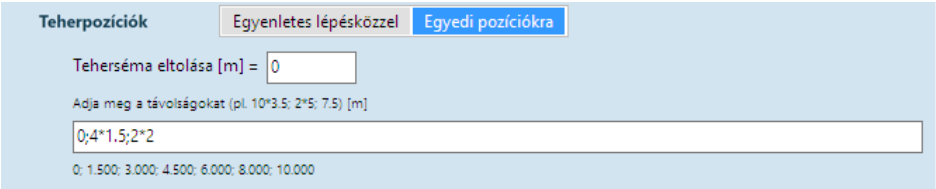
Oda-vissza út: A teher a kezdőponttól a végpontba mozog, majd vissza a kezdőpontba, összesen *2N* lépésben.

Egyedi pozíciókra

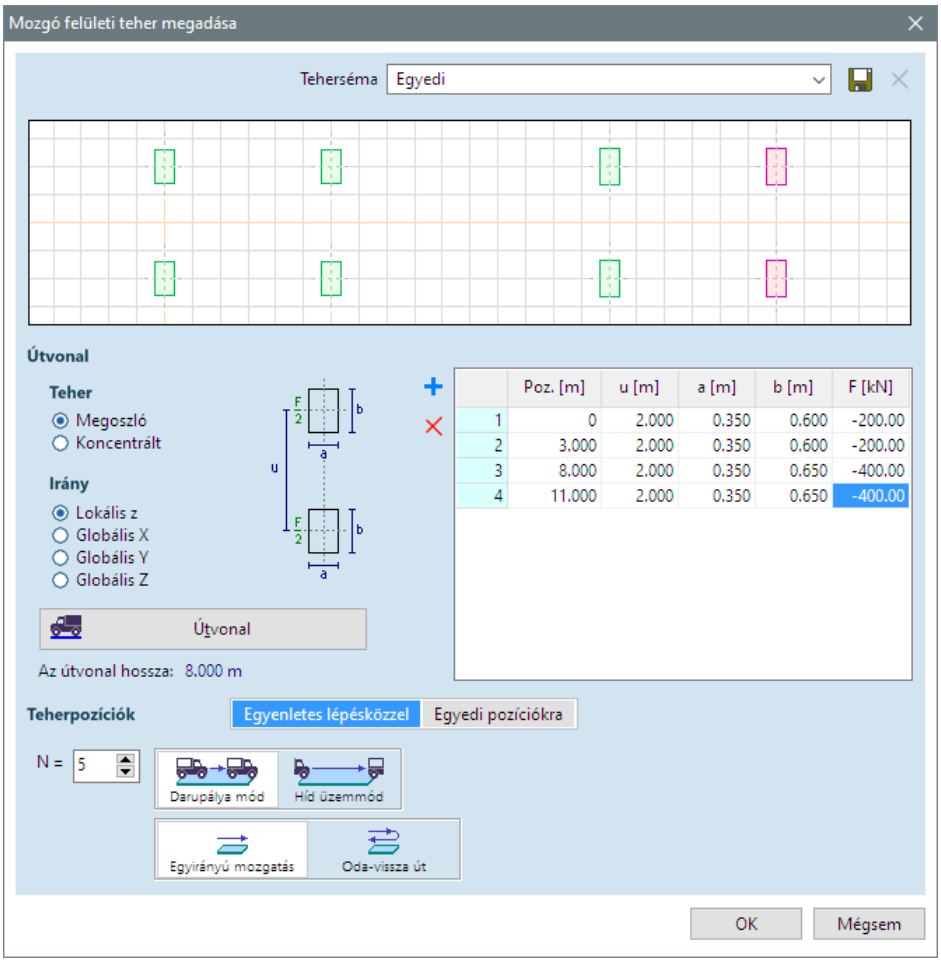
Ebben az esetben a tehersémát tetszőlegesen megadott pozíciókra mozgathatjuk. A lépések hosszát hasonlóan adhatjuk meg, mint a raszterkiosztásokat: a program számértékeket, vagy *n*d* formátummal megadott sorozatokat vár (ahol *n* a lépések száma, *d* egy lépés hossza), pontosvesszővel elválasztva.
Ha az útvonal kezdőpontjára is szeretnénk állítani a terhet, első értéknek 0-t kell megadni.

Teherséma eltolása

A teherséma adott értékkel eltolható. Ha értéke nulla, a teherpozíciókra mindig a teherséma bal szélső terhe kerül.



4.10.30.2. Mozgó teher tartományokon, teherpaneleken



Ennél az elsősorban jármű terhek megadására alkalmas tehertípusnál a teherséma a tengelytávok meghatározta pozíciókon az ábra szerint párban elhelyezkedő, (koncentrált, vagy téglalap alakú felületi) terhekből áll. *u* a jármű nyomtávja, *a* és *b* a téglalapok oldalai. A tengelyre eső *F* terhelés a két oldal között egyenlően oszlik meg. A tehersémák névvel elmenthetőek és visszatölthetőek.
Terheket úgy adhatunk a tehersémához, hogy a pluszjel ikonra kattintunk, majd sorban megadjuk a táblázatmezők értékeit.
A kijelölt sorok törlését a pluszjel alatti *Törlés* ikonra kattintva kezdeményezhetjük. A baloldali rádiógomboknak a teher jellegére és irányára vonatkozó beállításai a tehersémában szereplő valamennyi teherre érvényesek.

A teherséma megadása után ki kell jelölni azt az útvonalat, melyen a terhek mozogni fognak: ebben az esetben egy tartományokon vagy teherpaneleken keresztülhaladó töröttvonalat kell rajzolnunk, melynek nem kell feltétlenül síkban maradnia. Az útvonal lyukakon vagy tartományok/teherpanelek közti üres területeken is áthaladhat. Kezdő és végpontja értelemszerűen a töröttvonal kezdő és végpontja lesz.

A terhekből mindig csak a ténylegesen a tartományokra/teherpanelekre eső rész kerül be az adott mozgásfázis teheresetébe. A tehersémában lévő terhek lokális z irányát mindig az a tartomány vagy teherpanel határozza meg, amelyikre ezek a terhek esnek. Eltérő síkban fekvő tartományok közös élén futó útvonal esetén csak a teher megadásakor bekapcsolt részletekhez tartozó tartományokat veszi figyelembe a program, a több lehetséges lokális z irányból a globális Z-vel legkisebb szöget bezárót választja.
A tartományok/teherpanelek geometriájának változása esetén a program újra kiosztja a terheket.

Teherpozíciók

A mozgó teher pozícióit megadhatjuk *Egyenletes lépésközzel,* vagy *Egyedi pozíciókra.*

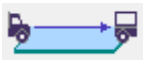
Egyenletes lépésközzel

Az útvonal megadó gomb melletti mezőben beállíthatjuk *N* értékét, tehát azt, hogy az útvonalon a terhet hány fázisban kell végigléptetni.



Darupálya mód

A program a terheket az útvonalon úgy osztja ki, hogy az útvonal kezdőpontjába az első fázis legkisebb koordinátájú, míg az útvonal végpontjába az utolsó fázis legnagyobb koordinátájú terhe kerül.



Híd üzemmód

A program a terheket az útvonalon úgy osztja ki, hogy az útvonal kezdőpontjába az első fázis legnagyobb koordinátájú, míg az útvonal végpontjába az utolsó fázis legkisebb koordinátájú terhe kerül.



Egyirányú mozgatás: A teher a kezdőponttól a végpontba mozog *N* lépésben.



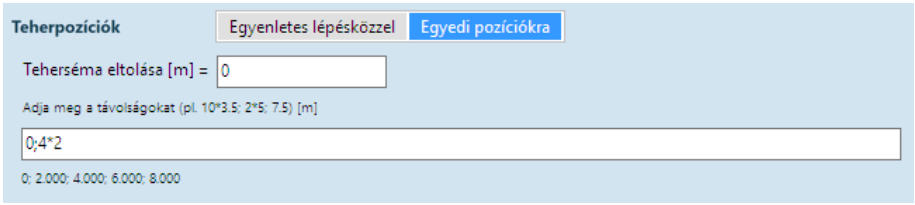
Oda-vissza út: A teher a kezdőponttól a végpontba mozog, majd vissza a kezdőpontba, összesen *2N* lépésben.

Egyedi pozíciókra

Ebben az esetben a tehersémát tetszőlegesen megadott pozíciókra mozgathatjuk. A lépések hosszát hasonlóan adhatjuk meg, mint a raszterkiosztásokat: a program számértékeket, vagy *n*d* formátummal megadott sorozatokat vár (ahol *n* a lépések száma, *d* egy lépés hossza), pontosvesszővel elválasztva.
Ha az útvonal kezdőpontjára is szeretnénk állítani a terhet, első értéknek 0-t kell megadni.

Teherséma eltolása

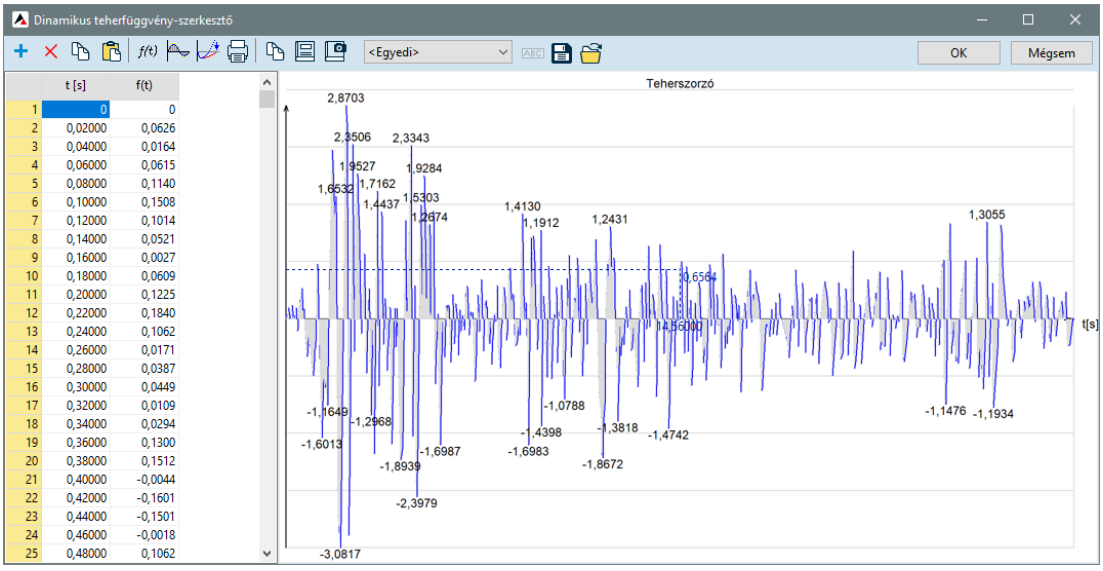
A teherséma adott értékkel eltolható. Ha értéke nulla, a teherpozíciókra mindig a teherséma bal szélső terhe kerül.



4.10.31. Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul

Dinamikai vizsgálatokhoz csomóponti dinamikus terheket, valamint gyorsulás függvényeket adhatunk meg. A gyorsulás függvényeket földrengés vizsgálathoz is használhatjuk. Ebben az esetben szükséges beszereznünk a méretezendő földrengés idő-gyorsulás diagramját, amit a megtámasztási pontokon működtetve megvizsgálhatjuk a földrengésnek a szerkezetre gyakorolt hatását. Ennek a vizsgálati módszernek előnye a válaszspektrum analízissel szemben, hogy pontosabb eredményt szolgáltat és nemlineáris tulajdonságokat (pl. csak nyomásra működő támaszok, csak húzásra működő rácsrudak) is képes figyelembe venni. Hátránya azonban, hogy más terhelési hatásokkal automatikusan nem kombinálható.

Függvények megadása



Dinamikus terhek és gyorsulások megadásához függvényeket kell definiálnunk mely megadja az idő – teherintenzitás kapcsolatot. A függvényszerkesztőt a dinamikus teher megadó ablakokból érhetjük el.

A függvények megadása táblázatosan, a táblázatkezelésnél ismertetett műveletekkel történik. Az értékpárok megadásakor a függvény grafikusan is megjelenik, melyet ki is nyomtathatunk.
Ha a függvényt több modellben is szeretnénk használni, egy függvénykönyvtárba menthetjük mely minden modell esetén elérhető. Az egyes függvények a *c:\ Users \ [felhasználónév] \ AppData \ Roaming \ AXISVM \ [verziószám] \ dfn* könyvtárba kerülnek, különálló, *dfn* kiterjesztésű fájlok formájában.

A szerkesztőben lehetőségünk van a már korábban elmentett függvények ismételt szerkesztésére, és más néven mentésére is.

☞ **Ha a dinamikai vizsgálat teljes időtartama hosszabb, mint a függvény értelmezési tartománya, a program a függvényt a megadott tartományon túl nullának tekinti.**



Táblázattal kapcsolatos funkciók:



Új adatsor hozzáadása a táblázathoz



A kijelölt adatsorok törlése a táblázatból



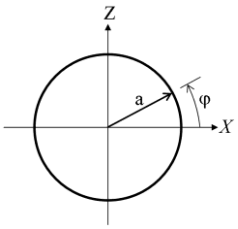
A kijelölt cellák tartalmának vágólapra másolása



A vágólap tartalmának beillesztése a táblázatba



Képlet megadása.
Az $f(t)$ teherfüggvényt képlettel is megadhatjuk. A képletben felhasználható operátorok és függvények jelenleg: +, –, * , /, (,), *sin, cos, tan, exp, ln, log10, log2, sinh, cosh, tanh, arcsin, arccos, arctan, arcsinh, arccosh, arctanh, int, round, frac, sqr, sqrt, abs, sgn, random.*
A *random(t)* függvény értéke egy *t*-től független 0 és 1 közötti véletlenszám.
Egy Y tengely körüli forgó mozgást végző gép dinamikus teherfüggvényének X és Z komponenseit pl. az alábbi függvényekkel állíthatjuk elő:



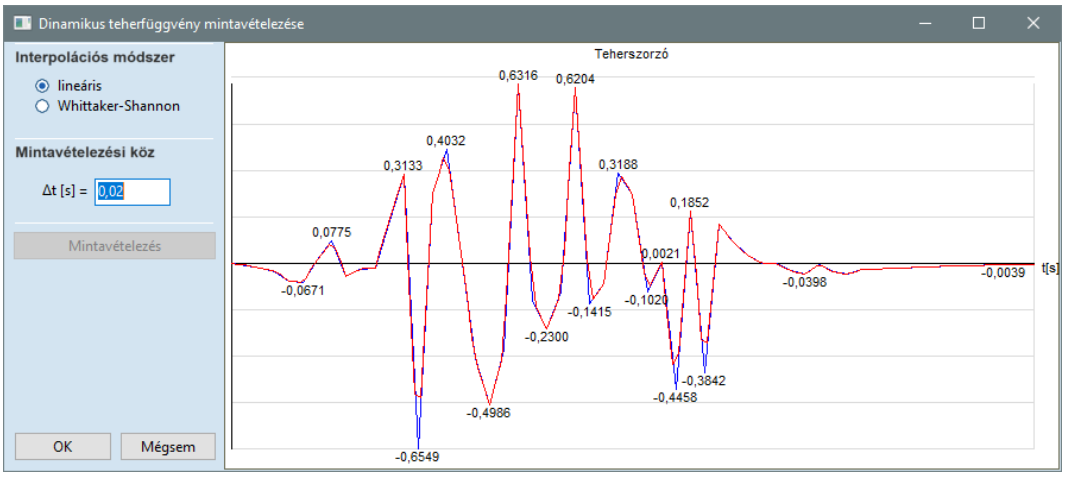
$$fx(t) = a \cdot \cos(\omega t + \varphi); \quad fz(t) = a \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Mivel diszkrét pontokban megadott függvényt generálunk, meg kell adnunk a Δt lépésközt és a teljes T_{max} időtartamot is.



A függvény egyenközű újra mintavételezése
Az eredeti függvénypontok közötti mintavételi értékeket a program interpolációval határozza meg. A következő interpolációs módszerek közül lehet választani:

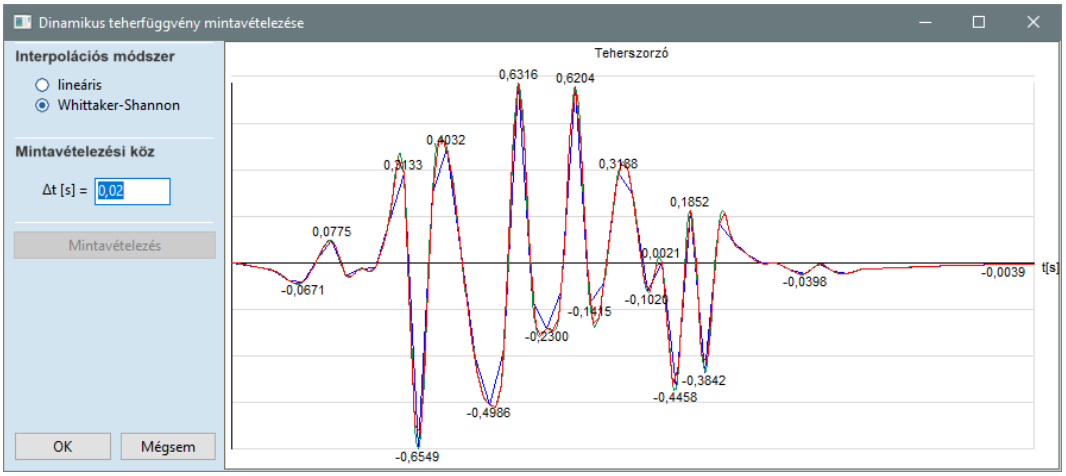
Lineáris
A program az eredeti függvénypontok közötti értékeket lineárisan interpolálja. Az ábrán a kék vonal az eredeti, a piros pedig az új függvény diagramja.



A lineáris interpoláció akkor ad helyes eredményt, ha az eredeti függvény valóban szakaszonként lineáris, és az újra mintavételezésben az eredeti függvény összes pontja szerepel.

Ha az eredeti függvény is egyenközűen mintavételezett, akkor az utóbbi feltétel azt jelenti, hogy az új mintavételi frekvencia az eredeti egész számú többszöröse.
Ha az eredeti adatsor folytonos függvény mintavételezésével keletkezett, akkor a lineáris interpoláció nem megfelelő, mert nem képes rekonstruálni a folytonos függvény menetét az eredeti mintavételi pontok között. Ez a helyzet mérésből származó vagy Fourier-spektrumból generált függvény esetén áll fenn. Ilyenkor a *Whittaker-Shannon* interpoláció használata javasolt.
Ha a lineárisan interpolált újra mintavételezésből kimaradnak eredeti függvénypontok, akkor a hozzájuk tartozó lokális szélsőérték is elveszik. Az előző ábra egy ilyen esetet mutat.

Whittaker-Shannon
Ez a módszer azt feltételezi, hogy az eredeti adatsor egy folytonos függvény egyenközű mintavételezésével keletkezett, és az eredeti pontok közötti értékeket a folytonos függvény rekonstruálásával, majd annak mintavételezésével számítja ki.
Az ábrán a kék vonal az eredeti adatsort, a zöld görbe a rekonstruált folytonos függvényt, a piros vonal pedig az új függvényt mutatja. Látható, hogy a rekonstrukció eredményeként a folytonos függvénynek az eredeti mintavételezésből kimaradt szélsőértékei is megjelennek.



Az alkalmazott eljárás a *Whittaker-Shannon* interpolációs formulán alapul [37]:

$$f_{új}(t) = \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \mathrm{sinc}\left(\frac{t - t_i}{h}\right) = \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \frac{\sin\left(\pi \frac{t - t_i}{h}\right)}{\pi \frac{t - t_i}{h}}$$

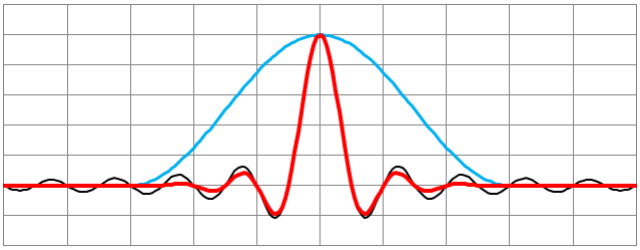
ahol h az eredeti mintavételi köz, $t_i = hi$ pedig az eredeti függvény i. pontjának időkoordinátája.
Ha az eredeti adatsorra teljesül a Nyquist-feltétel [38] (az eredeti, folytonos függvényt létrehozó folyamat frekvenciakorlátos, és az eredeti mintavételi frekvencia nagyobb, mint a függvényben előforduló legnagyobb frekvencia kétszerese), akkor abból az eredeti, folytonos függvény visszaállítható. Bár egy véges időintervallumra korlátozódó függvény nem lehet frekvenciakorlátos, a gyakorlatban a Nyquist kritérium jó közelítéssel teljesíthető, és a folytonos függvény alakjára jó becslés adható.
A Whittaker-Shannon interpolációs függvénnyel kapcsolatban probléma, hogy annak végtelen kiterjedésű hullámvonulata miatt az eredeti függvényt záró sima, lecsengő szakasz behullámosodhat. Ennek elkerülésére a programban egy további, koszinusz jellegű burkolót alkalmazunk:

$$f_{új}(t) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} f(t_i) \cdot \frac{\sin\left(\pi \frac{t - t_i}{h}\right)}{\pi \frac{t - t_i}{h}} \cdot W_i(t) & ha \quad |t - t_i| \le 0.5T_w \\ 0 & ha \quad |t - t_i| > 0.5T_w \end{cases}$$

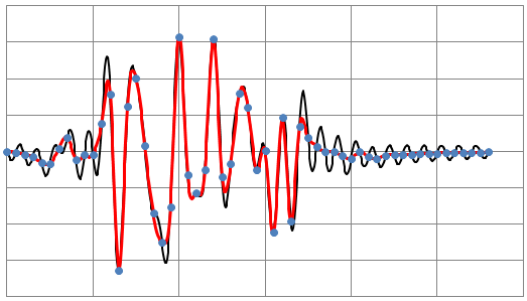
$$W_i(t) = \begin{cases} \frac{1 + \cos\left(\pi \frac{t - t_i}{0.5T_w}\right)}{2} & ha \quad |t - t_i| \le 0.5T_w \\ 0 & ha \quad |t - t_i| > 0.5T_w \end{cases}$$

ahol T_w a koszinuszos burkoló hossza. A programban ez a függvény hosszának 10%-a.

Az ábrán a fekete vonal az eredeti *Whittaker-Shannon* interpolációs függvény, a kék a koszinuszos burkoló, a piros pedig az eredő, véges kiterjedésű interpolációs függvény.



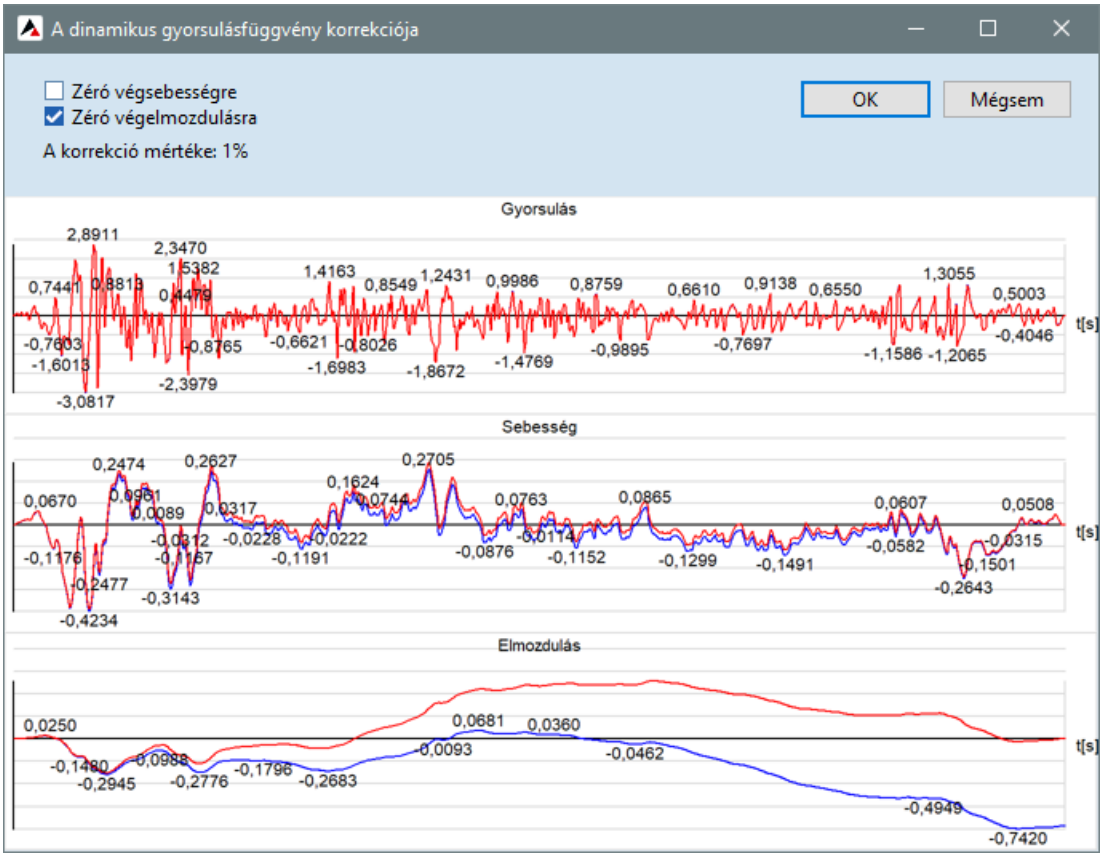
A következő ábrán a fekete görbe mutatja az eredeti *Whittaker-Shannon* interpolációs függvénnyel kapott, hullámos kezdetű és végű függvényt, a piros pedig a véges interpolációs függvénnyel kapott, sima végű függvényt. A kék körök az eredeti függvény pontjait jelölik. Látható, hogy a függvény középső, nagy amplitúdójú részén a kétféle interpolációs függvénnyel adódó görbe szinte azonos, a végeken azonban csak a véges kiterjedésű interpolációs függvénnyel marad sima a lecsengés.



☞ **A Whittaker-Shannon interpoláció csak egyenközűen mintavételezett függvény esetén alkalmazható.**

A dinamikus gyorsulásfüggvény korrekciója zéró végsebességre és végelmozdulásra

A mért földrengés gyorsulás regisztrátumok a mérési pontatlanságok miatt általában nem adnak zéró végsebességet és végelmozdulást. A nemzérus végsebesség a szerkezet egyenletes mozgásaként jelenik meg a számítás végén, a nemzérus végelmozdulás miatt pedig a szerkezet a számítás végén nem kerül vissza az eredeti pozíciójába. Ezek a jelenségek a gyorsulásfüggvény minimális korrekciójával kiküszöbölhetők. Az alkalmazott korrekciók a jelölőnégyzetekkel kiválaszthatók. Az ábrán a kék vonal mutatja az eredeti állapotot, a piros pedig a korrekció után adódó függvényeket.



A korrekció mértékének mérőszáma a módosítás és az eredeti függvény négyzetes középértékének aránya:

$$A\ korrekció\ mértéke = \frac{RMS\big(a_{korr}(t) - a(t)\big)}{RMS\big(a(t)\big)} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \big(a_{korr}(t) - a(t)\big)^2 dt}}{\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t) dt}}$$

ahol $a(t)$ az eredeti, $a_{korr}(t)$ pedig a korrigált gyorsulásfüggvény.

Az alkalmazott korrekció hasonló a Wilson által a [25, Appendix J.4] irodalomban javasolthoz.
A végsebesség és a végelmozdulás:

$$V = \int_0^T a(t)dt \qquad \mathrm{U} = \int_0^T (T - t)a(t)dt$$

A korrigált függvény:

$$a_{korr}(t) = \begin{cases} \big(1 + c_1^+ h_1(t) + c_2^+ h_2(t)\big)a(t) & ha \quad a(t) \geq 0 \\ \big(1 + c_1^- h_1(t) + c_2^- h_2(t)\big)a(t) & ha \quad a(t) < 0 \end{cases}$$

ahol $h_1(t) = \frac{T-t}{T}$ és $h_2(t) = \frac{t}{T}$ súlyozó függvények, c_1^+, c_1^-, c_2^+, c_2^- pedig korrekciós tényezők.

A zéró végelmozduláshoz szükséges korrekciót a függvény elejére, a zéró végsebességhez szükséges korrekciót pedig a függvény végére súlyozza a $h_1(t)$ és a $h_2(t)$ súlyfüggvény. A korrekciós tényezőket a következő feltételek alapján számítjuk ki. A végsebességnek és a végelmozdulásnak a korrekció után, a jelölőnégyzetek beállításától függően, zérussal vagy az eredeti értékkel kell egyenlőnek lennie. A gyorsulásfüggvény pozitív és negatív részének korrekciója azonos nagyságú kell legyen.

Bár a képleteket folytonos függvények integráljaként írtuk fel, az értékeket a program az idősorokon végrehajtott összegzéssel számítja ki.

Az ábrával és dokumentálással kapcsolatos funkciók:

Nyomtatás

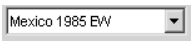
A rajz másolása a vágólapra



Dokumentáció szerkesztése



Az ábra felvétele a képtárba.



Korábban lementett függvényt tölthetünk be a függvénykönyvtárból, ha a legördülő listából név alapján kiválasztjuk.



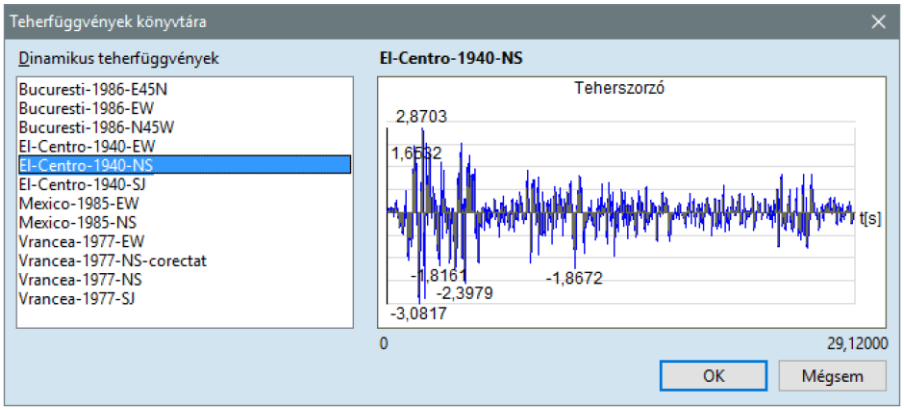
Az aktuális függvény nevének megváltoztatása.



Az aktuális függvény mentése névvel.



A teherfüggvények könyvtárából is kiválaszthatjuk a betölteni kívánt teherfüggvényt.



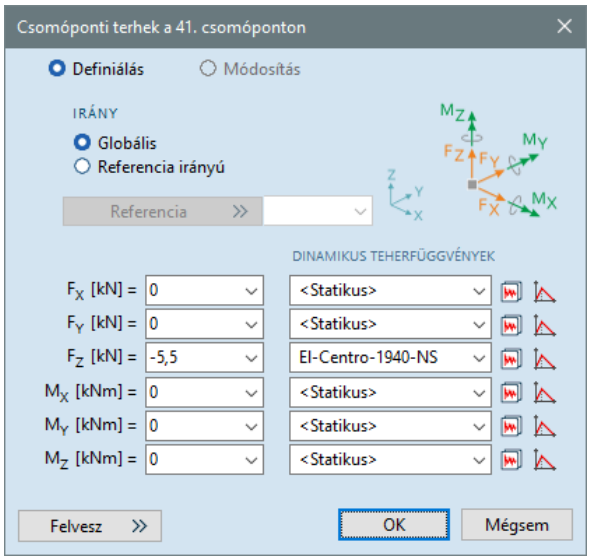
☞ **A függvények minden esetben a t = 0 időpontban kell kezdődjenek. Amennyiben a teher nem a 0 időpillanatban kezd hatni, akkor T kezdeti időpontig 0 függvényértékeket kell megadni.**

A megadható dinamikus tehertípusok az alábbiak:

4.10.31.1. Csomóponti dinamikus erő



A teher megadásához jelöljük ki a csomópontokat, majd a megjelenő ablakban adjuk meg a paramétereket.
A teher minden komponenséhez megadhatunk teherintenzitást, valamint egy idő – teherszorzó függvényt, mely a terhelés időbeni lefolyását jellemzi.
Új függvény létrehozásához kattintsunk a függvénylista mellett található ikonra, vagy ha már egy létező függvényt szeretnénk alkalmazni, válasszunk a listából vagy függvénytárból.
A terhelés iránya a csomóponti erőkhöz hasonlóan lehet globális vagy referencia irányú. Lehetőség van a vizsgálat teljes ideje alatt konstans intenzitású terhelés figyelembevételére is. Ebben az esetben a függvényválasztó listában válassza a statikus teher elemet.



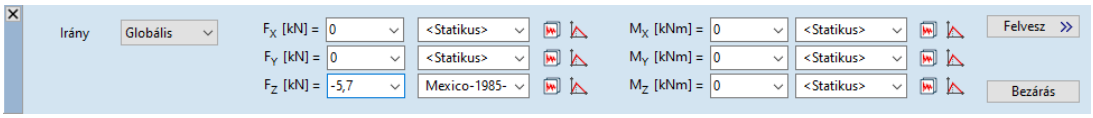
☞ **Ha olyan pontra adunk meg dinamikus csomóponti terhet, amelyiken már volt ilyen teher, akkor a meglévő teher automatikusan felülíródik.**

☞ **A teher tényleges értéke egy adott időpillanatban a dialógusablakban beállított teherintenzitás és a kiválasztott időfüggvény pillanatnyi értékének szorzata lesz:** $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$

A dinamikus erő jele sárga dinamikus erő szimbólum

4.10.31.2. Dinamikus koncentrált teher tartományon és teherpanelen





Definiálás

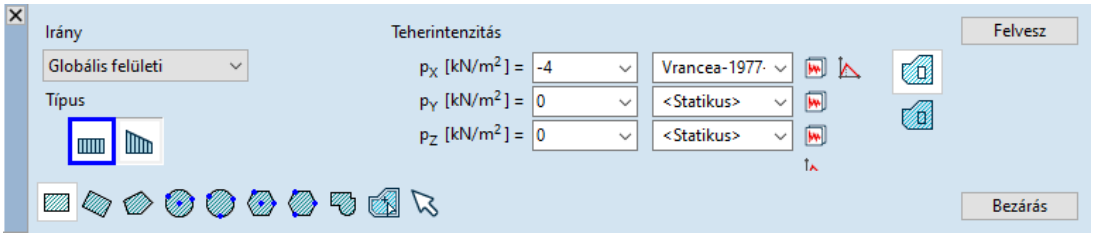
A teher pozíciójának és irányának beállítása a **4.10.5 Koncentrált teher tartományon és teherpanelen** fejezetben leírtak szerint történik.
A teher minden komponenséhez megadhatunk teherintenzitást, valamint egy idő – teherszorzó függvényt, mely a terhelés időbeni lefolyását jellemzi.
Új függvény létrehozásához kattintsunk a függvénylista mellett található ikonra, vagy ha már egy létező függvényt szeretnénk alkalmazni, válasszunk a listából vagy függvénytárból.

☞ **A teher tényleges értéke egy adott időpillanatban a dialógusablakban beállított teherintenzitás és a kiválasztott időfüggvény pillanatnyi értékének szorzata lesz:** $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$

A dinamikus erő jele sárga dinamikus erő szimbólum

4.10.31.3. Hálófüggetlen dinamikus felületi teher tartományokon, teherpaneleken





Definiálás

A teher kontúrjának és irányának beállítása a **4.10.10 Hálófüggetlen felületi teher tartományokon, teherpaneleken** fejezetben leírtak szerint történik.
A teher minden komponenséhez megadhatunk teherintenzitást, valamint egy idő – teherszorzó függvényt, mely a terhelés időbeni lefolyását jellemzi.
Új függvény létrehozásához kattintsunk a függvénylista mellett található ikonra, vagy ha már egy létező függvényt szeretnénk alkalmazni, válasszunk a listából vagy függvénytárból.

☞ **A teher tényleges értéke egy adott időpillanatban a dialógusablakban beállított teherintenzitás és a kiválasztott időfüggvény pillanatnyi értékének szorzata lesz:** $F_i(t) = F_i \cdot f_i(t)$

A dinamikus erő jele zöld dinamikus erő szimbólum

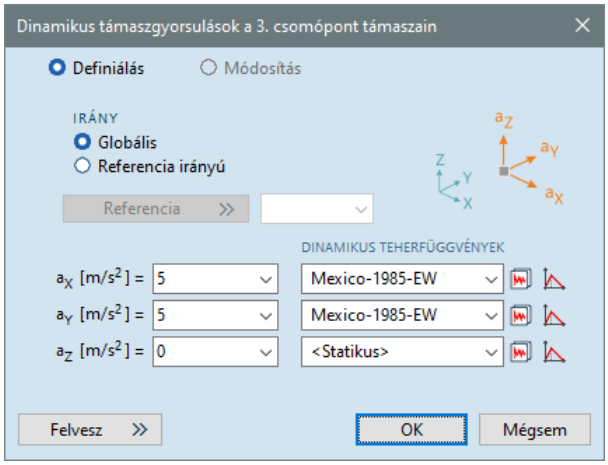
4.10.31.4. Támaszgyorsulás



Tetszőleges csomóponti támaszokra előírhatunk gyorsulásfüggvényeket.
A függvények megadása és a gyorsulásfüggvények hozzárendelése a támaszokhoz a csomóponti gyorsulásoknál leírtakhoz hasonló módon történik.
A gyorsulás egy adott időpillanatban az alábbi módon kerül meghatározásra:

$$a_i(t) = a_i \cdot f_i(t),$$

mivel a gyorsulás értéke szorzódik az időfüggő faktorral.



☞ **Az előírt gyorsulás a támaszrugó talaj felőli végén jelenik meg, a megtámasztott csomópont gyorsulása ettől a támaszmerevségtől függő mértékben eltérhet.**

☞ **Ha olyan támaszra adunk meg gyorsulást, amelyiken már volt ilyen jellegű teher, akkor a meglévő teher automatikusan felülíródik.**

☞ **Ha egy csomópontra több támaszt is definiáltunk, a gyorsulás teher mindegyikre hatni fog.**

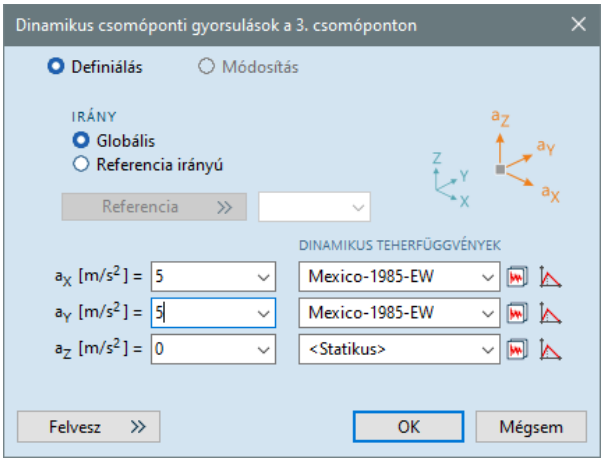
☞ A gyorsulás jele sárga gyorsulási teher szimbólum

4.10.31.5. Csomóponti gyorsulás

Tetszőleges csomópontokra előírhatunk gyorsulásfüggvényeket. Ezeket a csomóponti dinamikus erőkhöz hasonlóan definiálhatjuk, csak itt idő–gyorsulás függvényt kell megadnunk.
A gyorsulás egy adott időpillanatban az alábbi módon adódik:

$$a_i(t) = a_i \cdot f_i(t),$$

azaz, a gyorsulás értéke szorzódik az időfüggő faktorral.



☞ **Ha olyan pontra adunk meg gyorsulást, amelyiken már volt ilyen jellegű teher, akkor a meglévő teher automatikusan felülíródik**

☞ **Ha földrengés vizsgálathoz talajgyorsulást szeretne megadni, akkor a támaszgyorsulás funkciót kell alkalmaznia.**

☞ A gyorsulás jele sárga gyorsulási teher szimbólum

Módosítás, Törlés

A módosítás és a törlés mindhárom fajta gyorsulás esetben a csomóponti erőknél leírt módon történik.

4.10.32. Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul

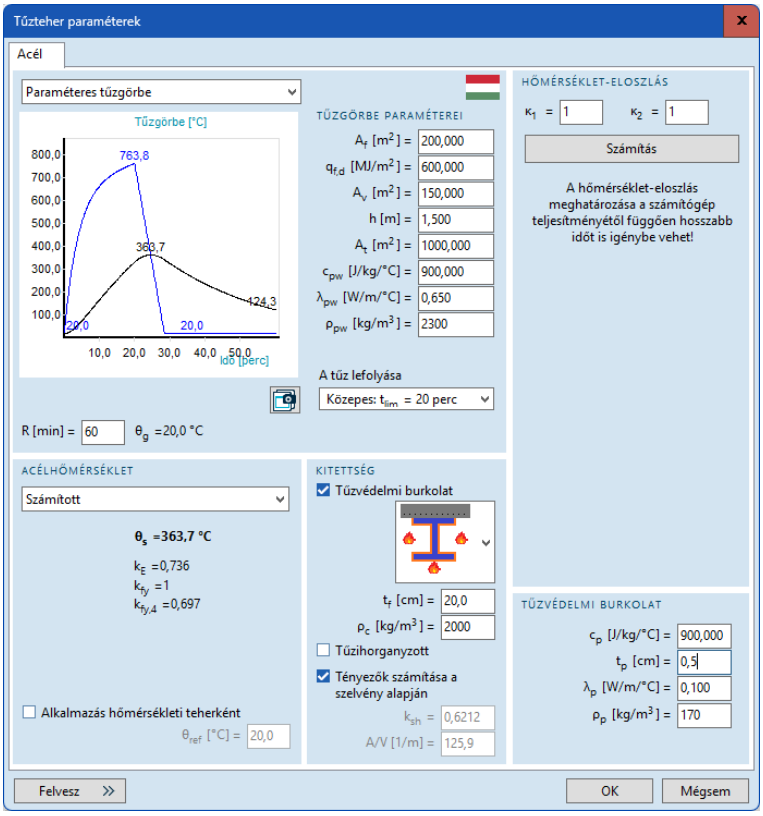
Szabványok

Tűzhatást a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.



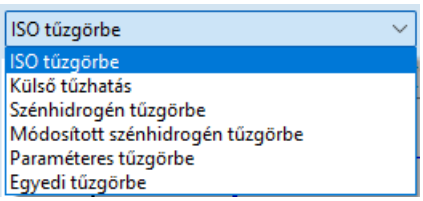
Tűzhatás definiálása

Tűzhatás paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található *Tűzhatás definiálása vonalelemekre* ikonra. Jelöljük ki azokat az elemeket, amelyekre tűzhatást szeretnénk definiálni.



Tűzgörbe kiválasztása

Az ablak bal felső részében található legördülő menü segítségével választhatjuk ki a figyelembe veendő tűzhatást. A tűzhatást tűzgörbével jellemezzük, amely a tűzszakaszban uralkodó (tűzszakasz minden pontján azonosnak feltételezett) hőmérsékletet adja meg az eltelt idő függvényében.



ISO tűzgörbe (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 20 + 345\log_{10}(8t + 1)$$

Külső tűzgörbe (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 660(1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20$$

Szénhidrogén tűzgörbe (EN 1991-1-2):

$$\theta_g = 1080(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20$$

Alagút vagy módosított szénhidrogén tűzgörbe:

$$\theta_g = 1280(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20$$

Paraméteres tűzgörbe:

$$\theta_g = 20 + 1325\left(1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-19t^*}\right) \quad t^* \le t^*_{max}$$

lehűlési fázis:

$$\theta_g = \theta_{max} - 625(t^* - t^*_{max} \cdot x) \quad t^*_{max} \le 0.5$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250(3 - t^*_{max})(t^* - t^*_{max} \cdot x) \quad 0.5 \le t^*_{max} < 2$$

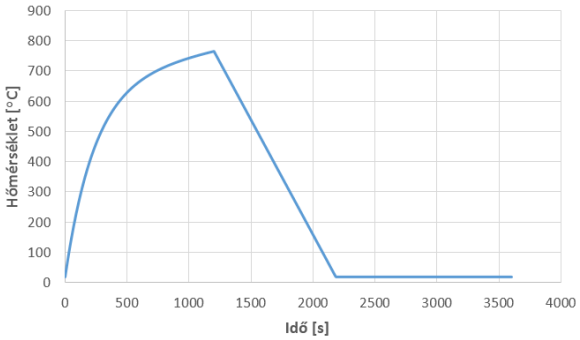
$$\theta_g = \theta_{max} - 250(t^* - t^*_{max} \cdot x) \quad t^*_{max} \ge 2$$

ahol

θ_g [°C]	a gázhőmérséklet
t [min]	az idő
t^* [h]	a módosított időparaméter

Paraméteres tűzgörbe

A paraméteres tűzgörbe az ISO-, külső- és szénhidrogén tűzgörbékkel ellentétben hanyatlási szakasszal is rendelkezik. Paraméteres tűzgörbe alkalmazásával figyelembe vehetjük a tűzszakasz tulajdonságait (méret, szellőzés, stb.) és a tűzszakaszban tárolt éghető anyagok mennyiségét, melyek befolyásolják a tűzhatás intenzitását és lefolyását.



Az EN 1991-1-2 előírásainak megfelelően paraméteres tűzgörbét csak abban az esetben szabad használni, ha a tűzszakasz területe az 500 m^2-t, a belmagasság a 4 m-t nem haladja meg.

Paraméteres tűzgörbe esetén szükséges paraméterek:

A_f [m^2]	tűzszakasz alapterülete
$q_{f,d}$ [MJ/ m^2]	tűzterhelés tervezési értéke
A_v [m^2]	falakon lévő függőleges nyílások összfelülete
h [m]	nyílások magasságának súlyozott átlaga
A_t [m^2]	mennyezet, falak és padló teljes felülete a nyílásokkal együtt
c_{pw} [J/kg°C]	határoló szerkezet fajhője
ρ_{pw} [kg/m^3]	határoló szerkezet sűrűsége
λ_{pw} [W/m°C]	határoló szerkezet hővezetési tényezője

☞ **Több, eltérő tulajdonságú határoló szerkezet esetén a fajhő, sűrűség és hővezetési tényező értékeit úgy kell felvenni, hogy** $\mathbf{b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}}$ **értéke megegyezzék** $\mathbf{b = \sqrt{c_{pw,1}\rho_{pw,1}\lambda_{pw,1}}\frac{A_1}{\sum A} + \cdots + \sqrt{c_{pw,n}\rho_{pw,n}\lambda_{pw,n}}\frac{A_n}{\sum A}}$ **értékével.**

☞ **NEN EN szabvány esetén paraméteres tűzgörbe nem választható és nem látható a legördülő menüben, azonban elérhető egy negyedik előíró jellegű tűzhatás, az ún. RWS alagút tűzgörbe.**

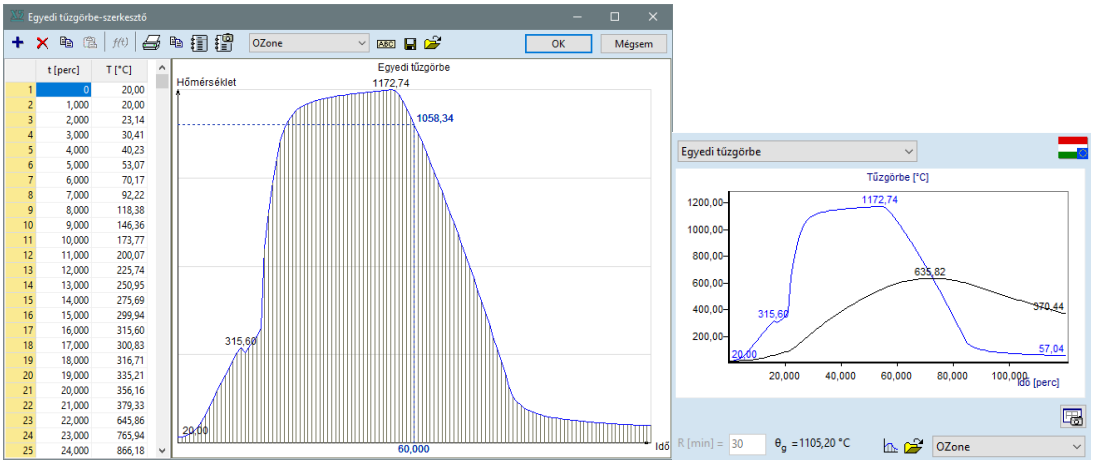
Egyedi tűzgörbe

A program lehetőséget ad arra, hogy a névleges tűzgörbéktől eltérő, egyedi tűzgörbék segítségével definiáljuk a tűzhatást. Ennek következtében mért, vagy szimulációs eredményekre is el lehet végezni a méretezést.

Fontos megjegyezni, hogy a névleges tűzgörbéken alapuló acélhőmérséklet-számítás feltételezései között szerepel, hogy a helyiségben mindenhol azonos a hőmérséklet és az acél elemet minden irányból azonos mennyiségű sugárzott hő éri. Ez valóságos tüzek esetében természetesen nincs így.

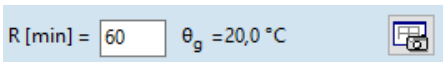
Valós tüzek esetében jellemző, hogy a hőmérséklet jelentősen elmarad például az ISO tűzgörbéről leolvasható hőmérséklettől, ennek megfelelően jóval kisebb acélhőmérséklet adódhat az EN 1993-1-2 szabványban található zárt képlet alkalmazása során, azonban ez a számítás a tűz irányából érkező sugárzott hő hatását alábecsüli. Ennek következtében a ténylegesen kialakuló acélhőmérséklet a gázhőmérséklet alapján számítottól nagyobb lehet, ami a biztonság kárára történő tévedéshez vezet. Megoldás lehet az ún. adiabatikus felszíni hőmérséklet alkalmazása (adiabatic surface temperature – [U. Wickström, D. Duthinh, K. McGrattan; 2007: Adiabatic surface temperature for calculating heat transfer to fire exposed structures]) (amely egyes vizsgálatok szerint nagyjából 15-20%-al magasabb a gázhőmérsékletnél – [M. Malendowski, A. Glema, W. Szymkuc; 2015: Performance based coupled CFD-FEM analysis of 3-bay high industrial hall under natural fire in ASFE 2015 proceedings])

A felhasználói tűzgörbéket az egyedi szeizmikus spektrumokhoz hasonlóan függvényszerkesztőben lehet megadni. Egy felhasználói tűzgörbe maximum 360 pontból állhat.



Gáz- és acélhőmérséklet számítása

A kiválasztott tűzgörbe és a tűzgörbe alapján számított acélhőmérséklet grafikonja minden változtatás után automatikusan számítódik és megjelenik a legördülő menü alatti területen, amennyiben a számított acélhőmérséklet opciót választjuk ki a legördülő menüből. A program a hőmérsékleteket a megadott tűzállósági követelménynek (R15, R30, R60, stb. – ahol a szám az idő percben) megfelelő időtartamig számítja, a követelmény változtatásával az ábra automatikusan változik. A maximálisan felvehető időtartam 180 perc lehet (R180).



Több paraméter mértékegysége állítható (*lásd...* **3.3.8 Mértékegységek**).
A diagramok egyszerűen a rajztárba menthetők (*lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**) a rajzterület jobb alsó sarkában található gombra kattintva. A rajztárba mentett diagramok később egyszerűen hozzáadhatók a dokumentációhoz.

Tűzvédelmi burkolat nélküli acél elemek hőmérsékletét a program a következőképpen számítja (EN 1993-1-2; Δt = 5 másodperc):

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh}\frac{A/V}{c_a\rho_a}\dot{h}_{net,d}\Delta t$$

ahol

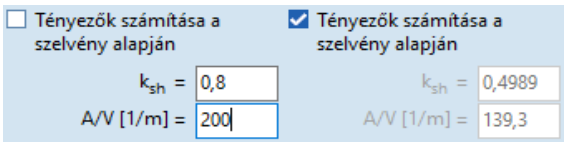
k_{sh} [-]	árnyékolási tényező (SIA szabvány esetén k_{sh} = 1.0)
A/V [1/m]	szelvénytényező
c_a [J/kgK]	acél fajhője (hőmérsékletfüggő EN 1993-1-2 szerint)
ρ_a [kg/m^3]	acél sűrűsége
$\dot{h}_{net,d}$ [W/m^2]	hőmennyiség

Tűzihorganyzott

Az EN 1993-1-2:2024-es szabvány (2. generációs Eurocode) alacsonyabb emissziós tényező figyelembevételét engedélyezi tűzihorganyzott acél elemek hőmérsékletének számításánál.

Szelvénytényező és árnyékolási tényező

Árnyékolási tényező és szelvénytényező automatikusan is számítható a *Tényezők számítása a szelvény alapján* bekapcsolásával (támogatott szelvények: I szelvény, téglalap alakú zártszelvény, csőszelvény, szögacél, hidegen alakított Z és C szelvények).



Tűzvédelmi burkolattal védett acél elemek hőmérsékletét a program a következőképpen számítja (EN 1993-1-2; Δt = 5 másodperc):

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p/V}{d_p c_a \rho_a}\frac{(\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{1+\phi/3}\Delta t - (e^{\phi/10} - 1)\Delta\theta_{g,t}$$

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a}\lambda_p A_p/V$$

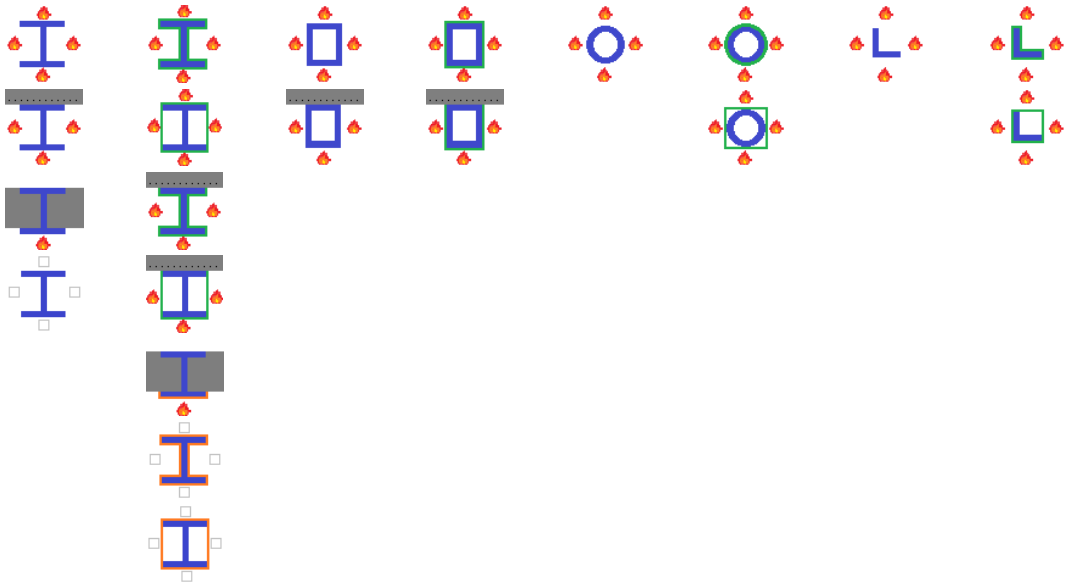
ahol

λ_p [W/mK]	tűzvédelmi burkolat hővezetési tényezője
A_p/V [1/m]	tűzvédelmi burkolattal ellátott szelvény szelvénytényezője
c_p [J/kgK]	tűzvédelmi burkolat fajhője
ρ_p [kg/m^3]	tűzvédelmi burkolat sűrűsége
d_p [m]	tűzvédelmi burkolat vastagsága

☞ **A tűzvédelmi követelményhez tartozó (paraméteres tűzgörbénél a vizsgált intervallumban számított maximum) acélhőmérséklet értéke a legördülő menü alatt látható. Tájékoztatásul a program kiírja a számított hőmérséklethez tartozó szilárdsági és merevségi csökkentő tényezőket acél anyaghoz az EN 1993-1-2 szerint.**

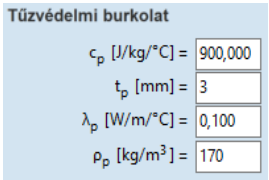
Kitettség

A kitettség azt jelenti, hogy a szerkezeti elem milyen módon, illetve hány oldalról van kitéve a tűzhatásnak. Ez az árnyékolási-, illetve a szelvénytényező értékén keresztül jelentősen befolyásolja az elem felmelegedésének ütemét.
A programban a támogatott szelvények esetében a következő kitettségek közül választhatunk attól függően, hogy a szelvény tűzvédelmi burkolattal védett, vagy védetlen:



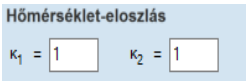
Azon kitettségtípusoknál, ahol a tűz ikonok helyett egy üres négyzetek találhatók, ott a szelvény tűznek kitett oldalai tetszőlegesen beállíthatók. Ezek fal mellett, vagy sarokban elhelyezett oszlopok esetén lehetnek különösen hasznosak.
Nem támogatott szelvénytípusoknál a kitettség a felhasználó által megadott k_{sh} és *A/V* tényezők értékein keresztül jelenik meg a számításban.

Tűzvédelmi burkolat



Tűzvédelmi burkolat alkalmazására acélszerkezetek esetén gyakran szükség van, ugyanis a szerkezet (köszönhetően a karcsú elemeknek és az anyag jó hővezető képességének) tűz esetén rendkívül gyorsan felmelegszik. A tűzvédelmi burkolat alkalmazását a *Tűzvédelmi burkolat* kapcsoló bekapcsolt állapota jelzi. Ebben az esetben módosíthatóvá válnak a szükséges paraméterek a jobb alsó sarokban. A paraméterek elnevezését és alkalmazásukat az előző oldalon már bemutattuk.
Tűzvédelmi burkolat alkalmazásától függően változnak a választható kitettségi kategóriák is a támogatott szelvénytípusoknál.

κ1 és κ2 tényezők



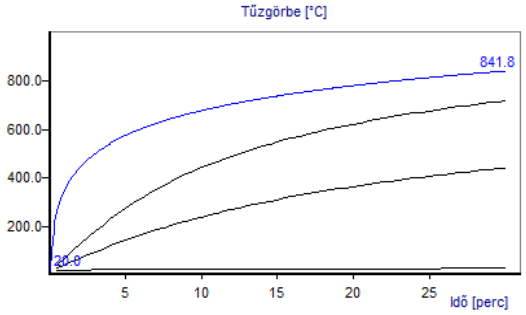
A κ_1 és κ_2 tényezők az acél elem hőmérséklet-eloszlásával állnak összefüggésben, melyeket acél elemek EN 1993-1-2 szerinti méretezése során használunk. A tényezőket a *Hőmérséklet-eloszlás* fülön állíthatjuk.

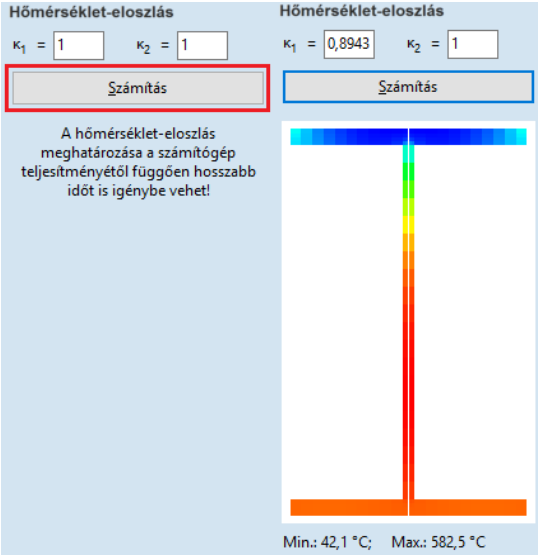
κ_1 – a keresztmetszeten belül változó hőmérséklet-eloszlás alkalmazási tényezője
κ_2 – a gerendahossz mentén változó hőmérséklet-eloszlás alkalmazási tényezője

A tényezők értékeinek felvételével kapcsolatban az EN 1993-1-2 szabvány vonatkozó fejezetei adnak iránymutatást.

Hőmérséklet-eloszlás számítása

I- és zártszelvények esetében lehetőség van a keresztmetszet hőmérséklet-eloszlásának vizsgálatára is a *Hőmérséklet-eloszlás* fül használatával. A megoldást lényegében a keresztmetszet diszkretizálásával és kétdimenziós hővezetési feladat megoldásával keressük.

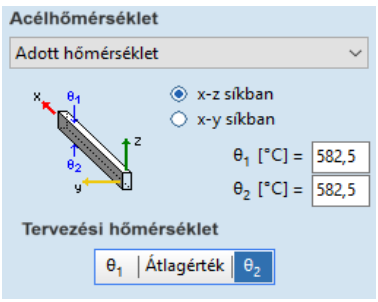




A számítás elvégzése a számítógép teljesítményétől függően több másodpercet, vagy akár egy percet is igénybe vehet. A számítás eredményeként bemutatjuk a keresztmetszet hőmérséklet-eloszlását a megadott tűzvédelmi követelménynek (R) megfelelően (15, 30, 45, stb. perc után). Az eljárás figyelembe veszi az acél hőmérsékletfüggő fajhőjét és hővezetési tényezőjét az EN 1993-1-2 szerint. Az acélhőmérséklet grafikonon három görbe látható, amelyek a maximum, átlag és minimum acélhőmérsékletet mutatják.
Az Eurocode szabvány szerint egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás alkalmazásakor a keresztmetszeten belül a maximum hőmérsékletet kell figyelembe venni. Ennek megfelelően a méretezés során a későbbiekben a maximum hőmérsékletet vesszük figyelembe, amennyiben pontosabb hőmérséklet-eloszlásra vonatkozó eredmények rendelkezésre állnak.
A κ_1 tényezőt a program az eredményekből automatikusan számítja, azonban lehetőség van a számított érték felülírására is.
Amennyiben a vizsgált elem vasbeton födémhez kapcsolódik, a számítás elvégzéséhez szükséges megadni a kapcsolódó lemez vastagságát és testsűrűségét is.

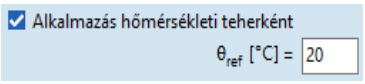
Adott hőmérséklet

A felhasználónak lehetősége van egyedileg meghatározott hőmérséklet megadására is, melyhez az *Acélhőmérséklet* felirat alatti legördülő menüből az *Adott hőmérséklet* opciót kell kiválasztani. Megadhatunk konstans, illetve lineárisan változó hőmérséklet-eloszlást is. Tervezési hőmérsékletnek használhatjuk a θ_1, vagy θ_2 hőmérsékletet, illetve a kettő átlagát. A tervezési hőmérsékletet használja később a program a szabványos méretezés során (*lásd...* **6.6.3 Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra Eurocode 3 szerint – SD8 modul**).



Alkalmazás hőmérsékleti teherként

A számított, vagy felhasználó által megadott acélhőmérsékletet alkalmazhatjuk hőmérsékleti teherként is az *Alkalmazás hőmérsékleti teherként* kapcsoló bekapcsolásával.

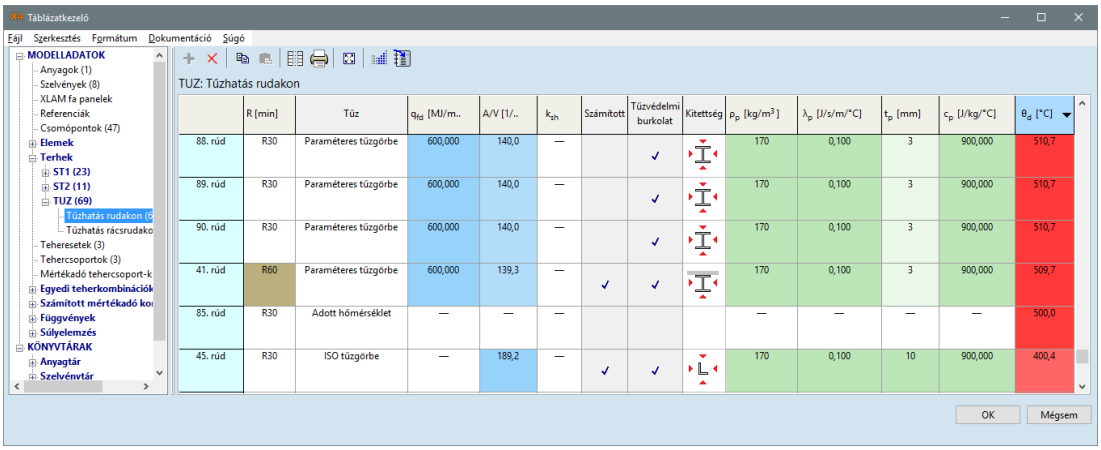


Meg kell adni a referencia-hőmérsékletet, amely tűzhatásra való méretezés esetén a szobahőmérséklet. Amennyiben a számított hőmérsékletet hőmérsékleti teherként alkalmazzuk, a program az elemre hőmérséklet-változás terhet definiál (*lásd...* **4.10.21 Hőmérsékletváltozás vonalelemen**). Statikai számítás lefuttatása után ezáltal vizsgálhatóvá válnak a gátolt alakváltozásokból keletkező igénybevételek.

☞ **Perfekt modell és lineáris statikai analízis alkalmazása esetén sok esetben irreálisan magas igénybevételek adódhatnak, mivel nem vesszük figyelembe az esetleges stabilitásvesztést. Bizonyos elemek kilágyulása révén a gátolt alakváltozás felszabadulhat a szerkezet állékonyságának veszélyeztetése nélkül is. Tűzhatásra való méretezés esetén az Eurocode szabványok bizonyos esetekben megengedik a hőmérséklet-változás hatásának figyelmen kívül hagyását.**

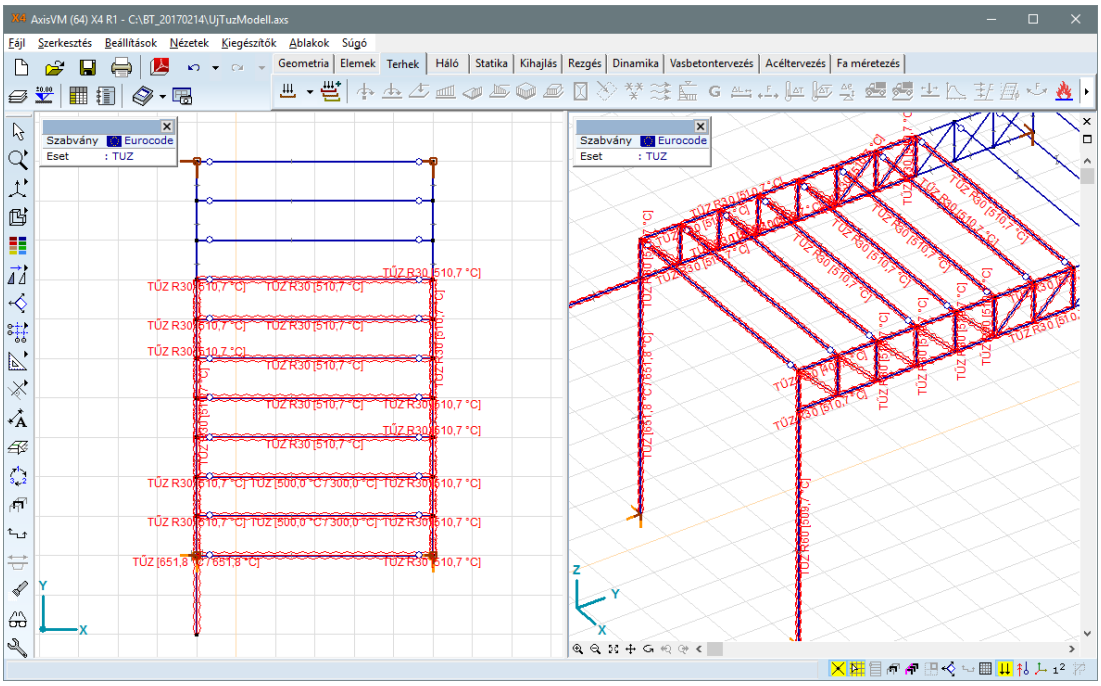
Táblázat

A definiált tűzhatások teheresetenként lebontva a *Táblázatkezelő*ben is hozzáférhetők, de ott nem módosíthatók. A táblázatban megtalálható a tűzállósági követelmény, a tűzgörbe típusa, a tűzterhelés mértéke, a szelvénytényező, az árnyékolási tényező, a kitettség, a tűzvédelmi burkolat tulajdonságai, a tervezési hőmérséklet. A táblázat elmenthető a dokumentációba is.



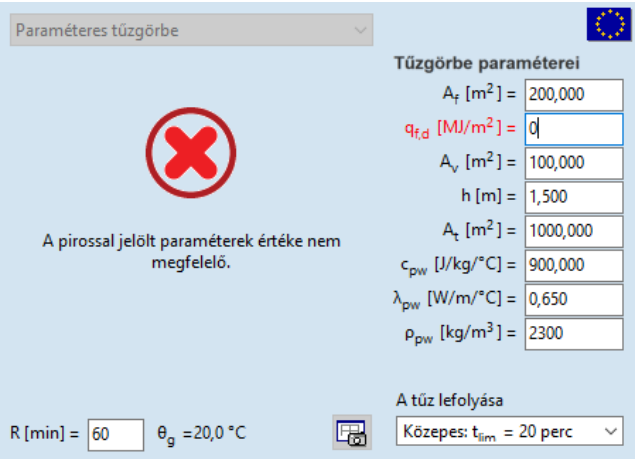
Megjelenítés

Azon vonalelemeket, amelyekre tűzhatást definiáltunk, a modelltérben cikk-cakk vonallal jelenítjük meg. A jelölés vastagsága és színe állítható az *Alapbeállítások / Grafikai szimbólumok* menüpont alatt.



Hibaüzenetek

Tűzhatás definiálása során számos esetben előfordulhat, hogy egyes paraméterek értéke nem megfelelő. Ebben az esetben a program jelzi, hogy a gáz-, illetve acélhőmérséklet nem számítható.
A paraméteres tűzgörbe bemenő paramétereire az EN 1991-1-2 szabvány több korlátozást is megad, például a nyílástényezőre, a maximális alapterületre, vagy a
$b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}$ szorzatra.
A program ezekben az esetekben is hasonló módon jelzi, ha a bemenő paraméterek értéke nem megfelelő.



4.10.33. Tűzhatás fa vonalelemeken – TD8 modul

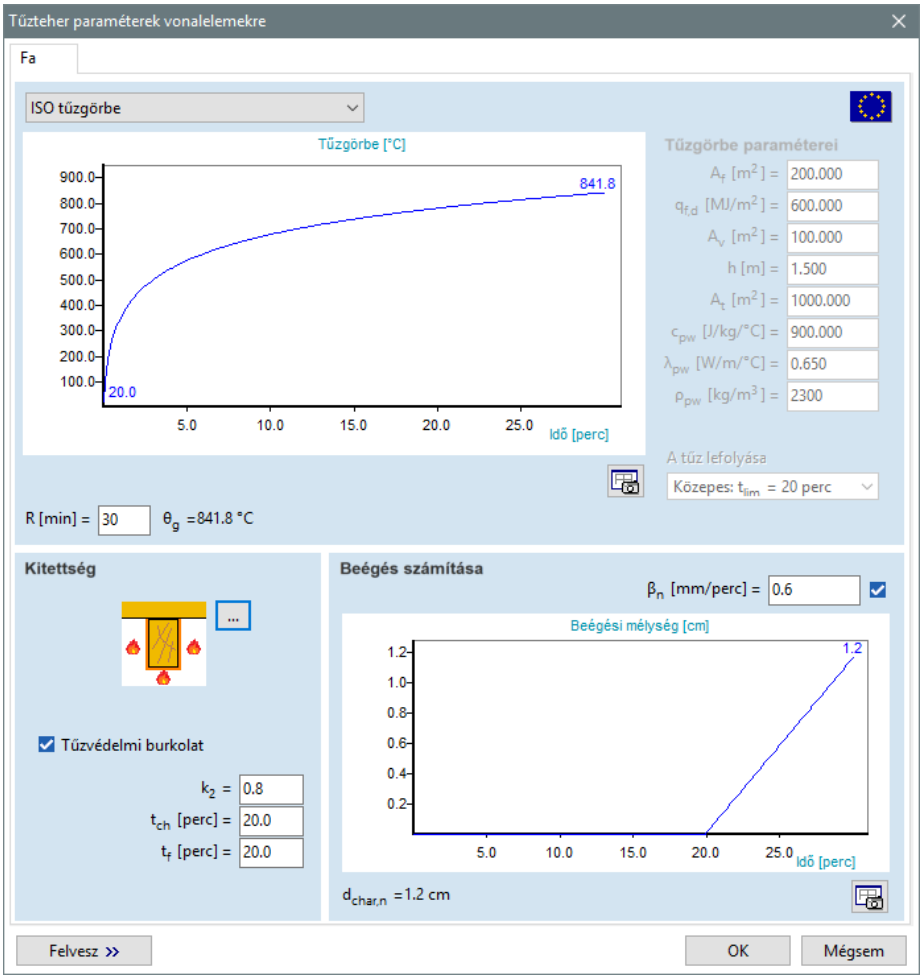
Szabványok

Tűzhatást a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.



Tűzhatás definiálása

Tűzhatás paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található *Tűzhatás definiálása vonalelemekre* ikonra. Jelöljük ki azokat az elemeket, amelyekre tűzhatást szeretnénk definiálni.



Tűzgörbe kiválasztása

Az ablak bal felső részében található legördülő menü segítségével választhatjuk ki a figyelembe veendő tűzhatást. Fa anyagú rúdelemek esetén ISO tűzgörbe és paraméteres tűzgörbe választható, ugyanis az EN 1995-1-2 szabvány méretezési oldalon csak az ezen görbékre alapuló elemszintű számításokat támogatja. Mindkét tűzgörbe leírását tartalmazza az előző fejezet, **4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul**

☞ **NEN EN szabvány esetén paraméteres tűzgörbe nem választható és nem látható a legördülő menüben.**

Beégés számítása

A kiválasztott tűzgörbe és a tűzgörbe alapján számított beégési mélység grafikonja minden változtatás után automatikusan számítódik és megjelenik a legördülő menü alatti területen, illetve az ablak bal alsó sarkában. A program a beégést a megadott tűzállósági követelménynek (R15, R30, R60, stb. – ahol a szám az idő percben) megfelelő időtartamig számítja, a követelmény változtatásával az ábra automatikusan változik. A maximálisan felvehető időtartam 180 perc lehet (R180).
Támogatott keresztmetszetek a téglalap, a lekerekített téglalap és a kör keresztmetszet.
Mind a tűzgörbét, mind a beégést ábrázoló diagramok egyszerűen a rajztárba menthetők (*lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**) a rajzterület jobb alsó sarkában található gombra kattintva. A rajztárba mentett diagramok később egyszerűen hozzáadhatók a dokumentációhoz.

A tűzhatásnak kitett faelemek esetében számított beégési mélység az ún. névleges beégési mélység ($d_{char,n}$), melyet a következő összefüggések segítségével számít a program.

ISO tűzgörbe (EN 1995-1-2 3.4.2. szerint) – tűzvédelem nélkül: $d_{char,n} = \beta_n t$

β_n [mm/min]	a névleges beégési sebesség
t [min]	eltelt idő

Paraméteres tűzgörbe (EN 1995-1-2 A melléklet szerint) – tűzvédelem nélkül:

$$d_{char,n} = \begin{cases} \beta_{par} t & t \le t_0 \\ \beta_{par}\left(1.5t - \frac{t^2}{4t_0} - \frac{t_0}{4}\right) & t_0 < t \le 3t_0 \\ 2\beta_{par} t_0 & 3t_0 < t \le 5t_0 \end{cases}$$

ahol:

$$t_0 = 0.009\frac{q_{f,d}}{O} \qquad \Gamma = \frac{\left(\frac{O}{b}\right)^2}{\left(\frac{0.04}{1160}\right)^2} \qquad O = \frac{A_v}{A_t}\sqrt{h} \qquad b = \sqrt{\rho_{pw} c_{pw} \lambda_{pw}}$$

$$\beta_{par} = 1.5\beta_n \frac{0.2\sqrt{\Gamma} - 0.04}{0.16\sqrt{\Gamma} + 0.08}$$

$q_{f,d}$ [MJ/ m^2]	a tűzterhelés tervezési értéke
A_v [m^2]	falakon lévő függőleges nyílások összfelülete
h [m]	nyílások magasságának súlyozott átlaga
A_t [m^2]	mennyezet, falak és padló teljes felülete a nyílásokkal együtt
c_{pw} [J/kg°C]	határoló szerkezet fajhője
ρ_{pw} [kg/m^3]	határoló szerkezet sűrűsége
λ_{pw} [W/m°C]	határoló szerkezet hővezetési tényezője

☞ **Több, eltérő tulajdonságú határoló szerkezet esetén a fajhő, sűrűség és hővezetési tényező értékeit úgy kell felvenni, hogy** $\mathbf{b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}}$ **értéke megegyezzék** $\mathbf{b = \sqrt{c_{pw,1}\rho_{pw,1}\lambda_{pw,1}}\frac{A_1}{\sum A} + \cdots + \sqrt{c_{pw,n}\rho_{pw,n}\lambda_{pw,n}}\frac{A_n}{\sum A}}$ **értékével.**

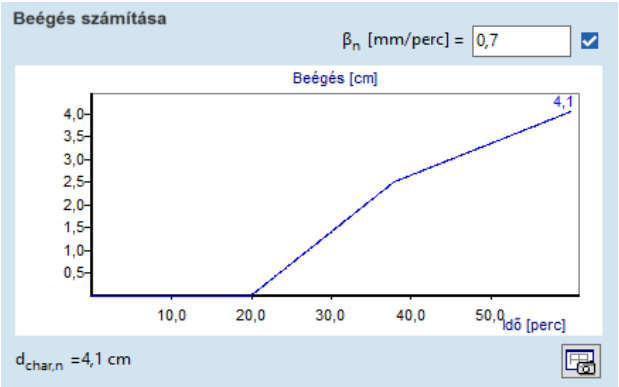
Tűzvédelemmel ellátott faelem esetében a beégési mélység csak ISO tűzgörbe felvétele mellett határozható meg. A számítást az EN 1995-1-2 szabvány 3.4.3. pontja szerint hajtja végre a szoftver. A következő paraméterek adhatók a programban:

k_2 [-]	szigetelési tényező
t_{ch} [min]	a védett szerkezeti elem beégésének kezdeti ideje (a beégés kezdetének védelem miatti késleltetése)
t_f [min]	a védelem tönkremenetelének ideje

A megadható paraméterek értékeit a szabvány rendelkezései alapján, illetve az alkalmazott tűzvédő burkolat típusának/vastagságának függvényében kell felvenni.

Beégési sebesség

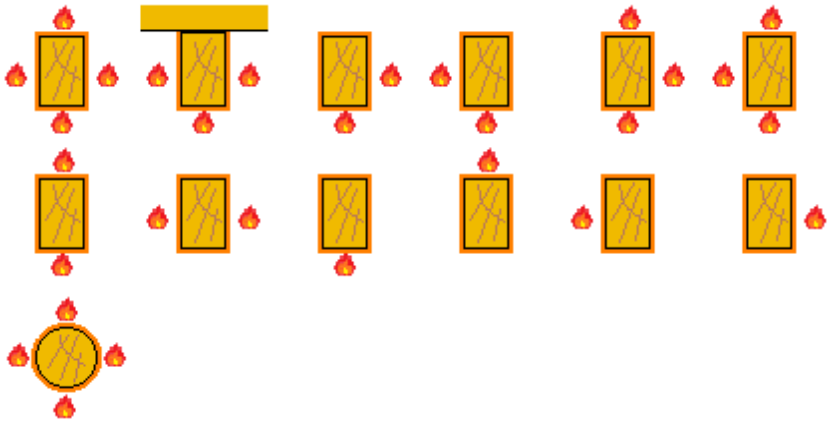
A szabvány számos esetre megadja a névleges beégési sebesség értékét, amelyet a program az anyagnál beállított paraméterek alapján automatikusan vesz fel, de a felhasználó is megadhatja.



Kitettség

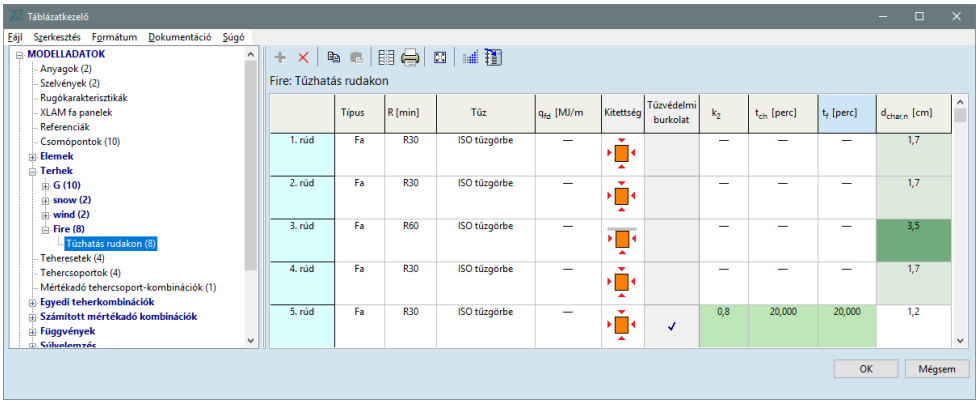
A kitettség azt jelenti, hogy a szerkezeti elem milyen módon, illetve hány oldalról van kitéve a tűzhatásnak. Fa anyagú rudak esetében a kitettségnek csak a méretezés során van jelentősége, ugyanis a beégési mélységgel csak a tűznek kitett oldalakon csökkentjük a keresztmetszet méreteit (*lásd...* **6.7.2 Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra -TD8 modul**).

A programban a támogatott szelvények esetében a következő kitettségek közül választhatunk:



Táblázat

A definiált tűzhatások teheresetenként lebontva a *Táblázatkezelő*ben is hozzáférhetők, de ott nem módosíthatók. A táblázatban megtalálható a tűzállósági követelmény, a tűzgörbe típusa, a tűzterhelés mértéke, a kitettség, a tűzvédelmi burkolat tulajdonságai, illetve a számított névleges beégési mélység.



Megjelenítés

Azon vonalelemeket, amelyekre tűzhatást definiáltunk, a modelltérben cikk-cakk vonallal jelenítjük meg, ugyanolyan módon, mint az acél vonalelemek esetében. A jelölés vastagsága és színe állítható az Alapbeállítások / Grafikai szimbólumok menüpont alatt.

Hibaüzenetek

Tűzhatás definiálása során számos esetben előfordulhat, hogy egyes paraméterek értéke nem megfelelő. Ebben az esetben a program jelzi, hogy a gázhőmérséklet, a beégési mélység nem számítható.
A paraméteres tűzgörbe bemenő paramétereire az EN 1991-1-2 szabvány több korlátozást is megad, például a nyílásténye zőre, a maximális alapterületre, vagy a $b = \sqrt{c_{pw}\rho_{pw}\lambda_{pw}}$ szorzatra.

A program ezekben az esetekben is hasonló módon jelzi, ha a bemenő paraméterek értéke nem megfelelő.

4.10.34. Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul

Szabványok

Tűzhatást a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

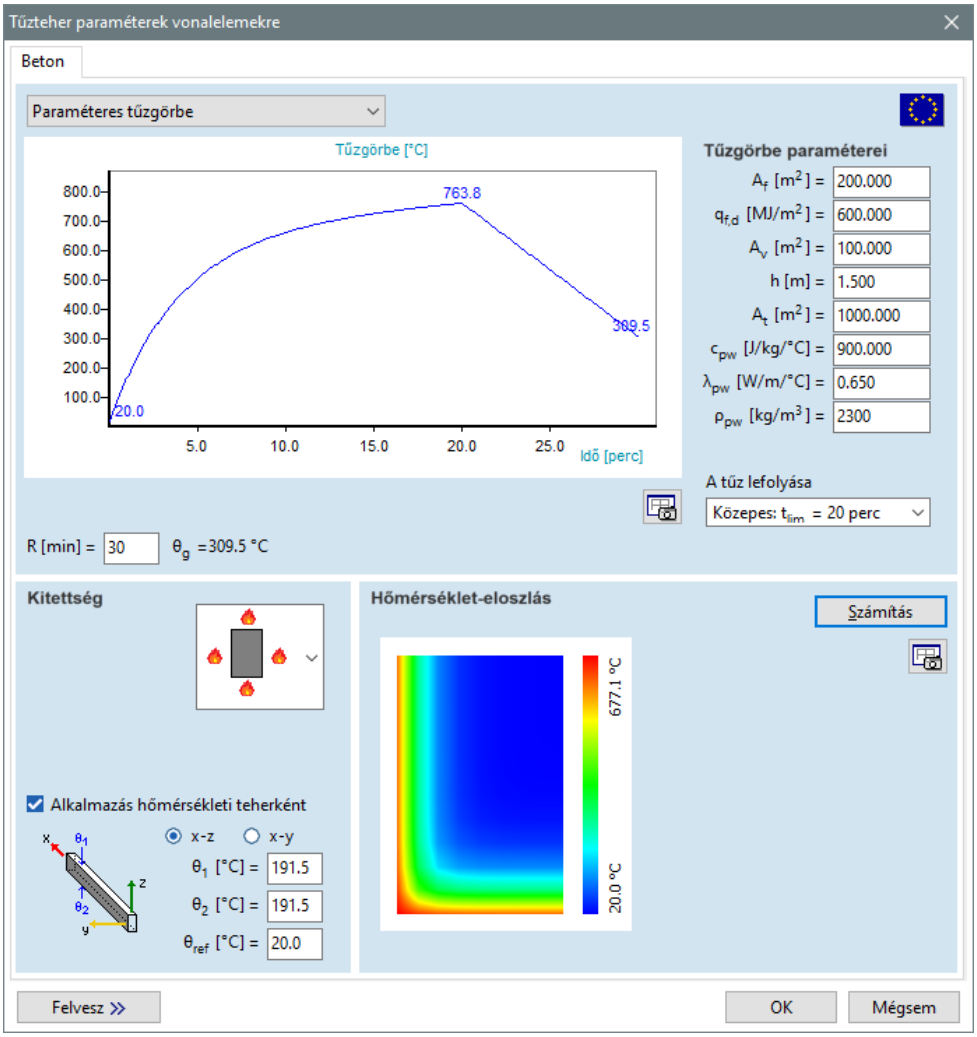
Támogatott szelvénytípusok

Tömör téglalap szelvények

Tömör kör szelvények

Tűzhatás definiálása

Tűzhatás paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található *Tűzhatás definiálása vonalelemekre* ikonra. Jelöljük ki azokat az elemeket, amelyekre tűzhatást szeretnénk definiálni.



Tűzgörbe kiválasztása

Az ablak bal felső részében található legördülő menü segítségével választhatjuk ki a figyelembe veendő tűzhatást. Beton anyagú rúdelemek esetén a ISO szabványos tűzgörbe, a külső tűzgörbe, a szénhidrogén tűzgörbe, a módosított szénhidrogén tűzgörbe, a paraméteres tűzgörbe, valamint egyedi tűzgörbe választható. A felsorolt tűzgörbék leírása megtalálható egy korábbi fejezetben, **4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul.**

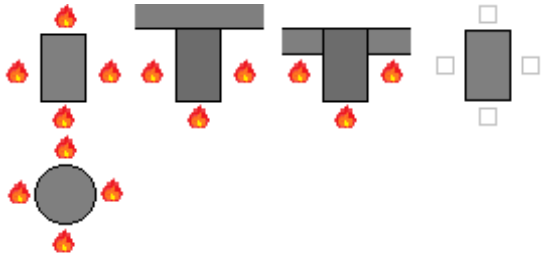
A tűzállósági követelmény percben az ábra alatt bal oldalon adható meg. A maximálisan felvehető időtartam 300 perc lehet. A tűzgörbét a program csak a megadott tűzállósági követelményig számolja és ábrázolja.

☞ **A választott tűzgörbe alkalmazhatóságáról a vizsgált tervezési helyzetben előzetesen meg kell győződni!**

A tűzgörbe egyszerűen a rajztárba menthető (*lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**) a rajzterület jobb alsó sarkában található gombra kattintva.

Kitettség

A kitettség azt jelenti, hogy a szerkezeti elem milyen módon, illetve hány oldalról van kitéve a tűzhatásnak.
A programban a támogatott szelvények esetében a következő kitettségek közül választhatunk:



Téglalap szelvény esetén a második és harmadik opciónál figyelembe veszi a program a csatlakozó födém hatását a hőmérsékleteloszlás számítása során. A két választási lehetőség között az egyetlen különbség a borda excentricitása.
Födémhez kapcsolódó borda jellegű kitettség, azaz három oldali tűzhatás esetén se a födémvastagság, se a lelógás (a borda födémvastagsággal csökkentett magassága) nem lehet kisebb 50 mm-nél.
Annál a kitettségtípusnál, ahol a tűz ikonok helyett üres négyzetek találhatóak, a szelvény tűznek kitett oldalai tetszőlegesen beállíthatók a jelölőnégyzetek segítségével. Ez a kitettségtípus fal mellett, vagy sarokban elhelyezett oszlopok esetén lehet különösen hasznos.

Alkalmazás hőmérsékleti teherként

A számított, vagy felhasználó által megadott hőmérsékletet alkalmazhatjuk hőmérsékleti teherként is az *Alkalmazás hőmérsékleti teherként* kapcsoló bekapcsolásával.
A felajánlott értékeket a szoftver úgy számítja ki, hogy a kialakuló lineáris alakváltozás állapot hatása egyezzen meg a nemlineáris hőmérséklet-eloszlás hatásával.

Hőmérséklet-eloszlás számítása

A tűzhatásnak kitett vasbeton szerkezet igazolás során számolni kell a beton és az acél merevségének és szilárdságának csökkenésével, illetve a külső, károsodott beton réteg leválásával. Ezen hatások a szabványi előírások szerint számszerűsíthetők, amennyiben ismert a szerkezeti elemen belül a hőmérséklet eloszlása.
A szoftver véges differenciák módszerének segítségével a következő 2D hővezetési feladatot oldja meg. A szükséges hőmérsékletfüggő jellemzőket és tényezőket az EN 1992-1-2 szabvány előírásai alapján választja meg a szoftver. A számítás elvégzése a számítógép teljesítményétől függően több másodpercet, vagy akár egy percet is igénybe vehet.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa\left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) + \frac{Q}{\rho c_p}$$

A számítás során a keresztmetszetet ~2x2cm méretű négyszög hálózattal diszkretizáljuk. A feladat az időben is diszkretizálva van 30 mp-es időlépések alkalmazásával. A hőmérséklet analízis validálását az EN 1992-1-2 szabványban található hőmérséklet profilok segítségével végeztük.
Fontos megjegyezni, hogy paraméteres tűzgörbe alkalmazása esetén a szoftver nem a megadott tűzállósági határértékhez tartozó hőmérséklet-eloszlást mutatja, hanem a megadott intervallumban számított legszélsőségesebb állapotot.
A hőmérséklet-eloszlás számítása nem automatikus, a *Számítás* gombra kattintva indul el. A szoftver tárolja a korábbi analízisek eredményeit. Amennyiben olyan adatokat adunk meg, amelyhez korábban már kiszámítottuk a hőmérséklet eloszlását, a program automatikusan felismeri a helyzetet és betölti az adatokat.
Amennyiben a formot a hőmérséklet-eloszlás kiszámítása nélkül zárjuk be, akkor a keresztmetszeten belüli hőmérsékleti adatokat a szoftver később automatikusan kiszámítja, amikor szükség van az adatokra. Ez lassíthatja a méretezést vagy tűzméretezéssel kapcsolatos dokumentációs elemek megjelenítését.
Az ábrán színskála segíti a melegebb és hűvösebb területek azonosítását. Amennyiben a kurzort az ábra fölé visszük, a szoftver kis felugró ablakban mutatja a számított hőmérsékletet a kurzor pozíciójának megfelelő helyen.

Dupla kattintással az ábrát kinagyított formában egy felugró ablakban is megtekinthetjük. Az ábra rajztárba menthető (*lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**) a Számítás gomb alatt található gombra kattintva. Változó keresztmetszetű elem esetén két ábra látható, a bal oldali ábrán az első, míg a jobb oldali ábrán az utolsó keresztmetszet hőmérséklet-eloszlása. A belső keresztmetszetre a hőmérséklet-eloszlást a két végén számított hőmérséklet-eloszlásokból interpoláljuk a keresztmetszet pozíciója alapján.

☞ **A beton hővezetési tényezője állítható a szabvány paraméterek között** (**3.3.7 Szabvány**).

4.10.35. Tűzhatás beton tartományokon – RC8-S modul

Szabványok

Tűzhatást a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes generálni. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

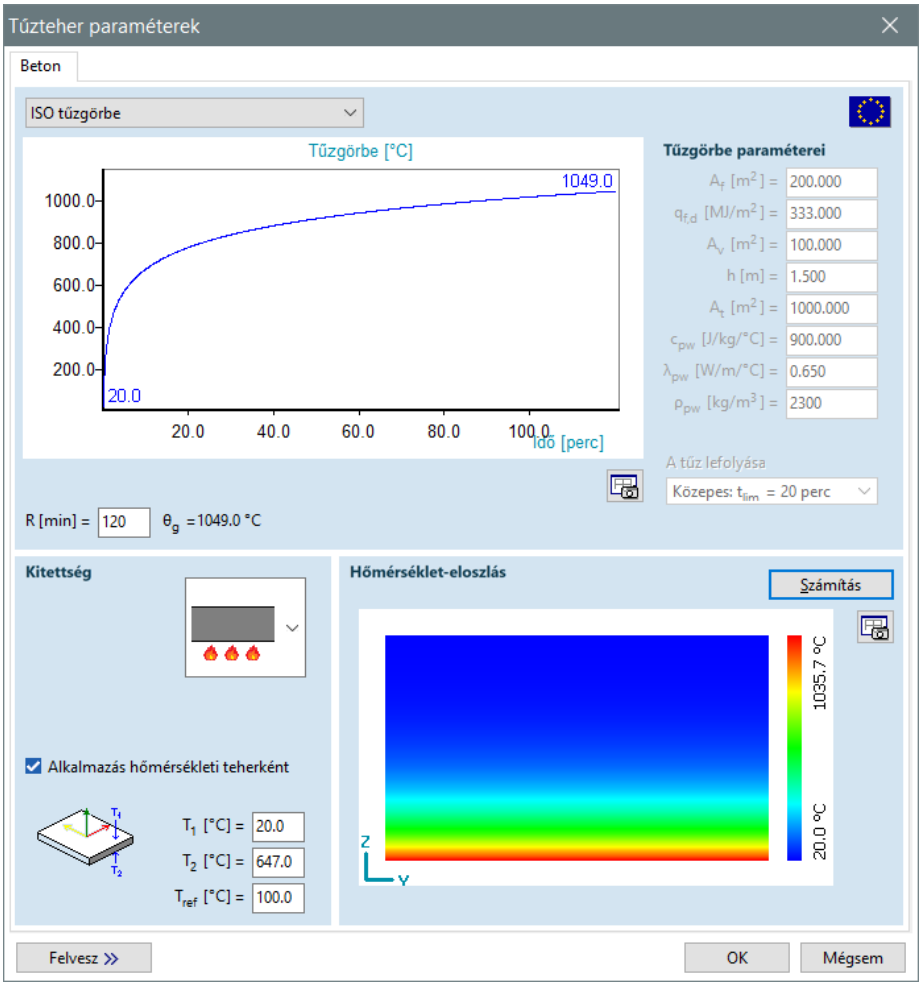
Támogatott födémtípusok

- normál,
- sűrűbordás,
- kompozit bordás,
- tartomány egyedi merevségi mátrixszal,



Tűzhatás definiálása

Tűzhatás paramétereinek beállításához kattintsunk a teher fülön található *Tűzhatás definiálása tartományokra* ikonra. Jelöljük ki azokat az elemeket, amelyekre tűzhatást szeretnénk definiálni.



Tűzgörbe kiválasztása

Az ablak bal felső részében található legördülő menü segítségével választhatjuk ki a figyelembe veendő tűzhatást. Beton anyagú tartományok esetén a ISO szabványos tűzgörbe, a külső tűzgörbe, a szénhidrogén tűzgörbe, valamint a paraméteres tűzgörbe választható. A felsorolt tűzgörbék leírása megtalálható egy korábbi fejezetben, **4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul**

A tűzállósági követelmény percben az ábra alatt bal oldalon adható meg. A maximálisan felvehető időtartam 300 perc lehet. A tűzgörbét a program csak a megadott tűzállósági követelményig számolja és ábrázolja.

☞ **A választott tűzgörbe alkalmazhatóságáról a vizsgált tervezési helyzetben előzetesen meg kell győződni!**

A tűzgörbe egyszerűen a rajztárba menthető (*lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**) a rajzterület jobb alsó sarkában található gombra kattintva.

Kitettség

A programban a következő kitettségek közül választhatunk:



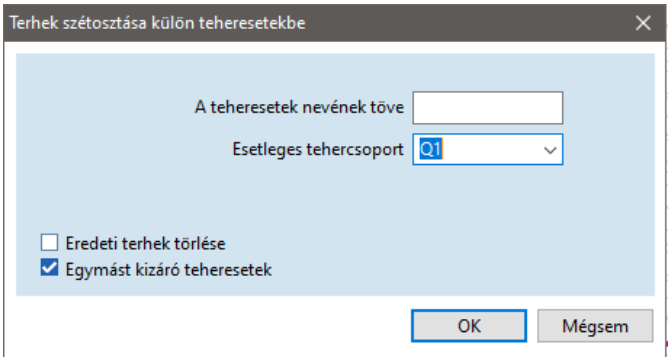
Alkalmazás hőmérsékleti teherként és a hőmérséklet-eloszlás számítása

A részletes leírás megtalálható egy korábbi fejezetben, *lásd...* **4.10.34 Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul**

4.10.36. Terhek szétosztása külön teheresetekbe

(elemenként)

A funkció a kijelölt terheket egyesével külön teheresetekbe másolja vagy mozgatja (a teheresetek automatikusan jönnek létre a megadott esetleges tehercsoportban). Minden teher külön teheresetbe kerül.
A teheresetek nevének töve szabja meg a létrehozott esetek nevét pl. Sakk1, Sakk2, Sakk3 stb...
Az *Esetleges tehercsoport*ot választhatjuk a már létező esetleges csoportok közül, vagy megadhatunk új nevet.



☞ **Az azonos elemre ható terhek ugyanabba a teheresetbe kerülnek.**

Ha bekapcsoljuk az *Eredeti terhek törlése* opciót, a terhek átkerülnek az új teheresetekbe, ellenkező esetben a másolatuk kerül oda.
Ha bekapcsoljuk az *Egymást kizáró teheresetek* funkciót, a szétosztáshoz választott tehercsoport valamennyi teheresete egymást kizáróvá válik.

(terhenként)

Ez a funkció az előzőhöz hasonlóan működik, azzal a különbséggel, hogy a terhek akkor is külön teheresetekbe kerülnek, ha ugyanarra az elemre hatnak.

(szintenként)

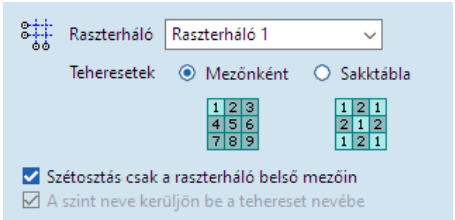
A meglévő terhek itt szintenként kerülnek külön teheresetekbe.

A terhek elvágása a szintek határainál: Ha több szintre kiterjedő terheket is megadtunk, azokat a program csak akkor darabolja fel, ha bekapcsoljuk ezt a funkciót. Kikapcsolt esetben a több szinten átnyúló terhek mindig a legalsó érintett szint teheresetébe kerülnek.

A szint neve kerüljön be a tehereset nevébe: Ha bekapcsoljuk, a generált teheresetek neve utalni fog a szintre, ahová tartoznak.

(raszterháló szerint)

A kiválasztott raszterháló szerint haladó szétosztás során (*lásd...* **2.16.8 Raszterhálók**) a meglévő terheket a program a raszterháló vonalai mentén szétdarabolja és az egyes mezőkbe eső terheket szétosztja. A szétosztás kétféleképpen történhet:

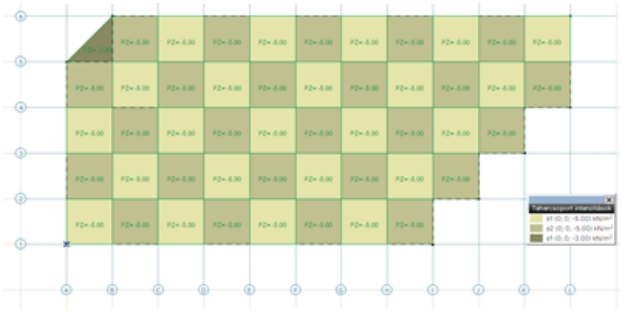


Mezőnként: minden mező külön teheresetbe kerül.

Sakktábla: A mezők terhei sakktábla-minta szerint két, egymást kiegészítő teheresetbe oszlanak.

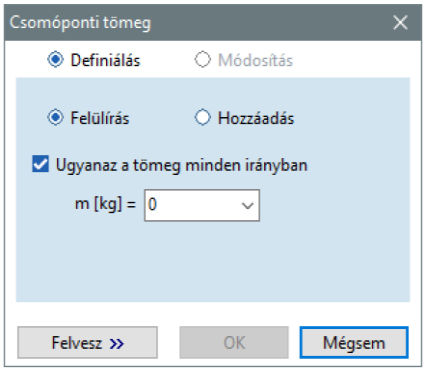
Szétosztás csak a raszterháló belső mezőin: Ha ezt a beállítást kikapcsoljuk, a program a szétdarabolást és szétosztást a raszterháló határain kívülre eső terhekre is végrehajtja.
Ha a raszterhálót szinthez definiáltuk, itt is beállítható, hogy a szint neve kerüljön be a generált teheresetek nevébe.

Teheresetekbe szétosztott tartomány terhek együttes megjelenítéséhez válasszuk a *Tehercsoport intenzitások* színkódolást! Ekkor az aktuális tehercsoportba tartozó valamennyi tehereset terhei megjelennek. *Lásd...* **2.16.5 Színkódolás**



4.10.37. Csomóponti tömegek





Rezgés I/II vizsgálatokban az egyidejű teheresetben nem szereplő terhek tömege (például szerkezetre rögzített tárgyak) mint csomópontokba koncentrált tömegek figyelembe vehetők.

Rezgés II vizsgálatnál a csomóponti tömegek az egyidejű teheresetből számított tömegekkel együtt, mint erők is megjelenhetnek a szerkezeten, befolyásolva a normálerők értékein keresztül a szerkezet rezgésviselkedését.

Dinamikai vizsgálatok esetén a megadott csomóponti tömegek és a csomópontokhoz rendelt gyorsulásértékek szorzatából dinamikus teher keletkezik, mely a szerkezetben elmozdulásokat, igénybevételeket okoz.

A kijelölt csomópontokra három globális iránykomponens szerint koncentrált tömeget adhatunk meg: M_X, M_Y, M_Z. Amennyiben a tömeg mindhárom irányban megegyezik, csak egy érték megadása szükséges (*Ugyanaz a tömeg minden irányban* kapcsoló).

A csomóponti tömegek sötétvörös kettős körrel jelennek meg a képernyőn.

4.10.38. Módosítás

Definiált terhek módosítása

A már definiált terhek módosítása.

A módosítás az alábbi lépésekben történhet:

1. A **[Shift]** gomb lenyomva tartása mellett jelöljük ki a módosítandó terheket vagy azon elemeket, melyek terheit módosítani akarjuk. Kijelöléshez használhatjuk a kijelölőkeretet is, vagy a kijelölő-palettát.
2. Kattintsunk a teher ikonjára.
3. A módosítandó adat sorában lévő kapcsológombot kapcsoljuk be.
4. Módosítsuk az adatot (adatokat).
5. Az **OK** gombbal zárjuk le a dialógusablakot.

Gyors módosítás: a terhelt végeselemre kattintva rögtön megjelenik a tehernek megfelelő beállítóablak. Ha több végeselemet kijelölünk, és úgy kattintunk valamelyikre közülük, akkor több elem terheit egyszerre módosíthatjuk a fentiek szerint. Ha kijelöltünk ugyan végeselemeket, de egy nem kijelölt elemre kattintunk, akkor a kijelölés megszűnik, és a módosítás csak a kattintással kiválasztott elem terheire fog vonatkozni. Ha egy elemen több teher is van, a gyors módosítóablak csupán az egyik terhet kínálja fel. Rúdon elhelyezkedő több koncentrált és megoszló teher esetén automatikusan a kattintás helyéhez legközelebb eső terhet módosíthatjuk.

☞ **A módosítás az adatmegadáshoz hasonló módon történik azzal a különbséggel, hogy itt lehetőség van a terhek csak egyetlen adatának módosítására is. A kijelölt elemeknek azon teheradatai, melyeket az ablakban nem módosítottunk, változatlanok maradnak.**
Ha kijelöléskor nem csak a módosítandó tehertípusnak megfelelő elemeket jelöltünk ki, akkor módosításkor azokat figyelmen kívül hagyja a program.

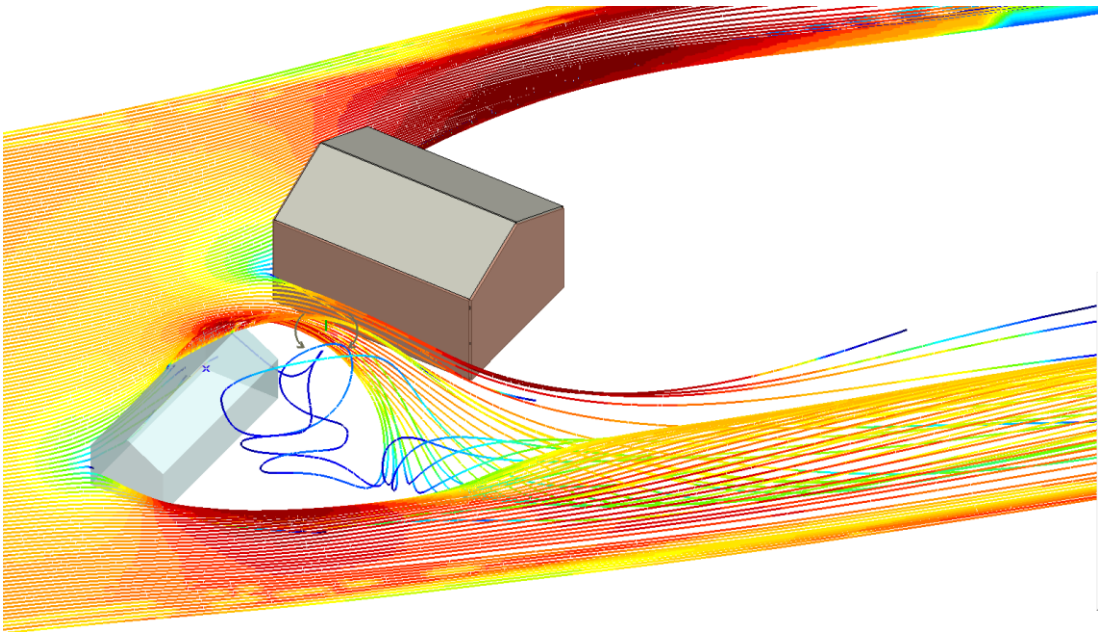
4.10.39. Törlés

Del Részletes leírását *lásd...* **3.2.9 Törlés**

4.11. Szélcsatorna – WIND modul



Ha a modell összetettebb a szabvány által tárgyalt, és az SWG modullal (**4.10.14 Szélteher – SWG modul**) számolható eseteknél, a valós szélterhek meghatározása csak a szerkezet méretarányos modelljének szélcsatorna-vizsgálatával lehetséges, ez azonban meglehetősen nagy munka, költséges és rendkívül időigényes. A WIND modul ennek korszerű alternatíváját kínálja: a szerkezet körül kialakuló áramlási teret és a szerkezetre ható nyomásértékeket áramlástani szimulációval határozza meg.
A szélcsatorna-vizsgálat a modellt különböző irányokból fújó vízszintes, a terepszint fölötti magasság függvényében változó sebességű szélnek teszi ki, majd áramlástani modellezéssel meghatározza a szerkezetre kerülő terheket. Ezzel a módszerrel rácsos szerkezetek, részlegesen nyitott csarnokok, hűtőtornyok, szélturbinák, görbült héjszerkezetek, összetettebb geometriájú vagy nem szabadon álló épületek szélterheit is generálni tudjuk.



Elméleti háttér

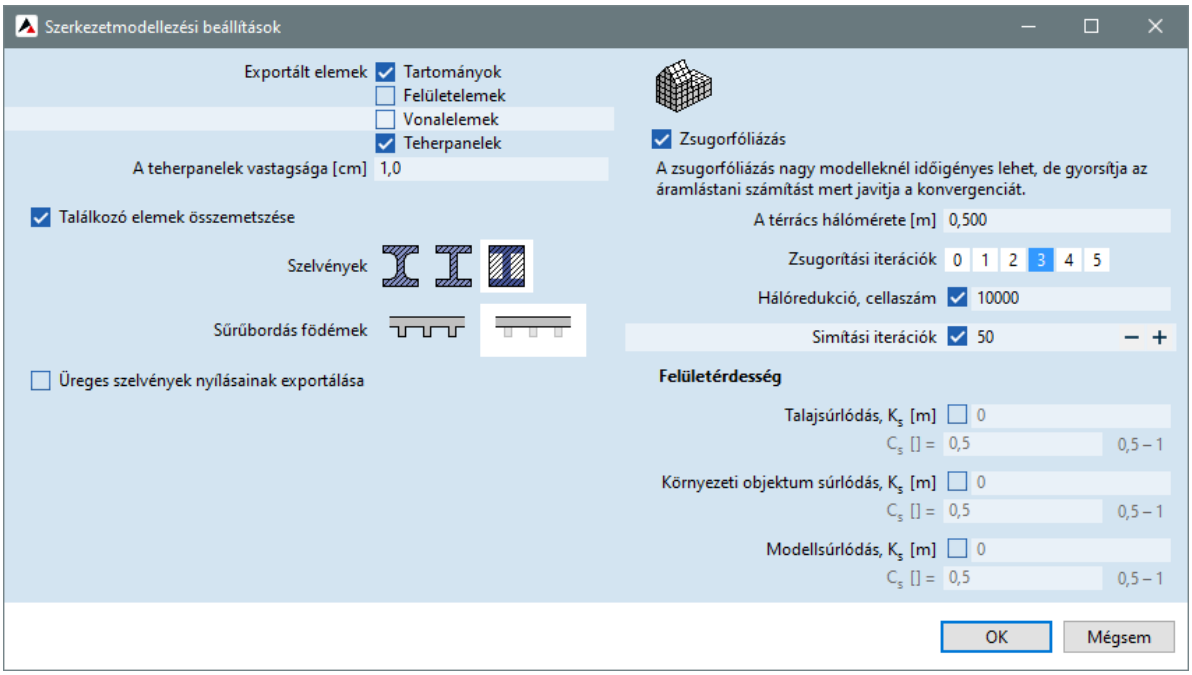
Az áramlástani számítást a háttérben egy általános kontinuum-mechanikai problémák megoldására kifejlesztett és széles körben használt ingyenes, nyílt forráskódú szoftver, az OpenFOAM végzi. Az áramlástani modell felépítése, a számítás futtatása, a kapott eredmények feldolgozása és azokból a szélterhek generálása a WIND modul feladata. Ennek elméleti kérdéseit a *Súgó / WIND segédlet* menüpontban elérhető, *Segédlet a WIND modul használatához* című PDF dokumentum tárgyalja.
Az áramlástani modell felépítése során az OpenFOAM-ban egy szélcsatornát reprezentáló téglatest alakú térrészt veszünk fel, ebbe helyezzük bele a szerkezet széliránynak megfelelően elforgatott modelljét, majd a szerkezet és a szélcsatorna falai közötti térrészt behálózzuk, azaz test végeselemekkel töltjük ki. A szerkezet modelljének felületén az OpenFOAM ehhez illeszkedő felületi hálót alakít ki. A téglatestnek azt a lapját, ahonnan a szél fúj, bemeneti oldalnak, az átellenes lapot kimeneti oldalnak nevezzük.

☞ **Ha az AXISVM modellben valamely részlet vagy részletek vannak bekapcsolva, üzenetablak jelenik meg, és eldönthetjük, hogy a teljes szerkezet kerüljön be a szélcsatornába, vagy csak az aktív részletek elemei.**

☞ **Szélcsatorna-számítás előtt célszerű a szerkezetmodellezési beállításokat áttekinteni.**

Az áramlástani modell felvételére két lehetőség van: az egyszerű és a részletes megadás. *lásd…* **4.11.2 Szélcsatorna-szimuláció**

4.11.1. Szerkezetmodellezési beállítások



A *Szerkezetmodellezési beállítások* panelen a szélcsatornába kerülő szerkezeti modell geometriai paramétereit szabályozhatjuk.

4.11.1.1. Exportált elemek

Az *Exportált elemek* alatt ki-be kapcsolhatjuk a szélcsatorna-modellt alkotó elemeket. Mivel áramlástani szimulációban minden elemnek háromirányú kiterjedése kell legyen, ezért a vastagsággal nem rendelkező teherpanelekhez a *Vastagság* mezőben tudunk felületre merőleges kiterjedést rendelni.
A *Találkozó elemek összemetszése* a testek találkozásánál kialakuló (nehezen hálózható) részeket szünteti meg.
A *Szelvények* panelen kiválaszthatjuk, hogy a keresztmetszeteket tényleges alakjukkal, lekerekítések nélkül, esetleg csak befoglaló téglalapjukkal modellezzük. Az egyszerűsítésekkel az áramlástani háló részletességét, azaz az elemszámot, és ezen keresztül a számítás időigényét tudjuk csökkenteni.
A *Sűrűbordás födémek* panelen ki tudjuk választani, hogy az ilyen födémeket bordákkal, vagy borda nélkül exportáljuk.
Az *Üreges szelvények nyílásainak exportálása* bekapcsolása esetén a keresztmetszet üregei is bekerülnek a figyelembe vett geometriába.

☞ **Szélterhek kizárólag a szélcsatornába helyezett elemekre kerülnek.**

☞ **Mindig ügyelnünk kell arra, hogy az áramlástani szimulációban csak azon elemek geometriai reprezentásai szerepeljenek, melyek ténylegesen befolyásolják a szélterhet, különben szükségtelenül megnöveljük a szimuláció futásidejét.**

4.11.1.2. Zsugorfóliázás

A zsugorfóliázás (shrinkwrap) eljárás lényege, hogy a szélcsatorna-szimulációhoz használt eredeti, gyakran igen részletes és kisebb geometriai hibákat tartalmazó modellt egy egyszerűsített, összefüggő külső felülettel „beburkolja". Ez a burkolófelület lezárja a réseket, elsimítja a szimuláció szempontjából lényegtelen apró részleteket, és „vízzáró", hálózható geometriát hoz létre.
Célja elsősorban az, hogy egyszerűbbé tegye a hálógenerálást, csökkentse a cellaszámot és a számítási igényt, de úgy, hogy megőrzi a széláramlás szempontjából fontos külső alakot.

Térrács hálóméretе A hálóméret a testháló kockáinak élhosszát határozza meg, amelyekből a zsugorítandó felület kialakul. Minél kisebb a hálóméret, annál pontosabban követi a létrehozott geometria a szerkezet eredeti felületét. Ugyanakkor nem cél a felület lehető legpontosabb leképezése, mivel a kisebb hálóméret a számítási igényt és ezáltal a számítás bonyolultságát is jelentősen növeli. A cél ezért annak a lehető legnagyobb hálóméretnek a meghatározása, amely mellett a geometria még megfelelő pontossággal reprezentálható.

☞ **A hálóméret azt is befolyásolja, hogy a csomagolás során mekkora nyílásokat zárunk be. Közelítőleg elmondható, hogy egy 2 méteres hálóméret alkalmazása esetén a körülbelül 2 méter átmérőjű vagy annál kisebb nyílások jellemzően zárttá válnak.**

☞ **A térrácsból kivágott felület topológiai jellemzői, így a felület genusza (a nyílások száma), a zsugorítási eljárások során már nem változnak.**

Zsugorítási iterációk Megadható, hogy a kezdeti csomagolófelület hány zsugorítási iterációt hajtson végre a célfelület irányába. Az egyes iterációk során a felület fokozatosan közelít a célfelülethez, miközben a hálót a nagyobb görbületű tartományokban sűrítjük annak érdekében, hogy a zsugorított felület minél pontosabban kövesse a célfelület geometriáját.

☞ **Amennyiben az iteráció száma 0, nem végzünk zsugorítást a célfelület irányába.**

Hálóredukció, cellaszám Miután a csomagolófelületet a célfelületre zsugorítottuk, a felület háromszögeinek száma csökkenthető. Ekkor megadható, hogy az iteráció végén hány háromszöggel kívánjuk reprezentálni a csomagoló felületet.

☞ **Nem szükséges cellaszámot megadni, az eljárás kikapcsolható.**

Simítási iterációk A funkció bekapcsolásával a szoftver a csomagolófelületet simítja. Az iterációszám határozza meg, hogy az eljárás hány Laplace-simítási lépést hajtson végre. A simább felület könnyebben és jobb minőségben hálózható, ezáltal a CFD-szimuláció során számottevően javítja a modell konvergenciáját.

☞ **Nem szükséges iterációszámot megadni, az eljárás kikapcsolható.**

4.11.1.3. Felületérdesség

A felületérdességi beállítások segítségével figyelembe vehető a felületek egyenetlenségéből eredő megnövekedett súrlódási hatás. A programban három felülettípus kezelhető külön: a talaj, a környezeti objektumok (nem teherviselő teherpanelek), valamint a modell felületei. Mindhárom felülettípushoz külön-külön be- és kikapcsolható a felületi érdességből származó súrlódás figyelembevétele.

K_s Egyenértékű homokszemcse-érdesség. Az üvegfelületeket simának tekinthetjük (K_s=*0* mm), acélfelületek esetén K_s=*0.05* mm, betonfelületeknél K_s=*4* mm.

C_s Érdességi konstans (0,5–1,0): az érték a felület érdességének egyenletességét jellemzi. Az alacsonyabb érték egyenletesebb, míg a magasabb érték egyenetlenebb felületi érdességet eredményez.

4.11.2. Szélcsatorna-szimuláció



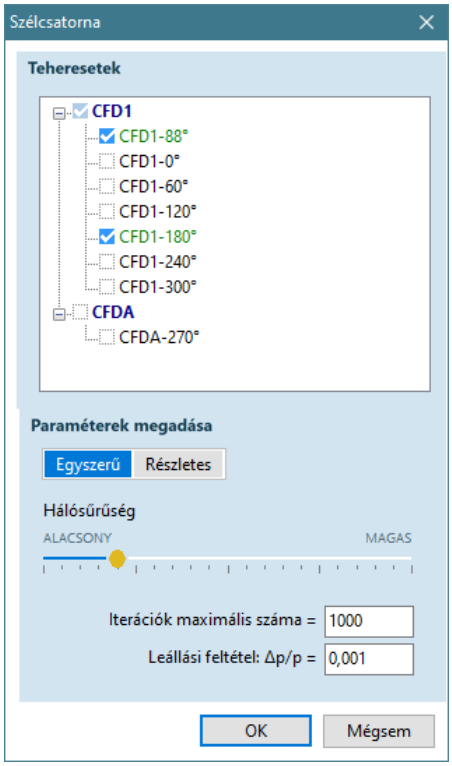
Az áramlástani modell felvételére két lehetőség van: az egyszerű és a részletes megadás.

4.11.2.1. Számítási paraméterek (egyszerű megadás)

☞ **Ha a vizsgálandó geometria részletessége nem számottevő, a szélnek kitett elemek jellemzően felületek, teherpanelek, az egyszerű megadási mód is elegendő.**

Teheresetek

A szimulált szélteher megadásakor (**4.10.15 Szimulált szél szélcsatorna vizsgálathoz – WIND modul**) a szélrózsa megadott irányainak megfelelően teheresetek jöttek létre. Az áramlástani számítást futtathatjuk egy vagy több kiválasztott teheresetre. Azok a teheresetek, ahol az áramlástani modellből számított szélteher már felkerült a szerkezetre, zöld színben jelennek meg.



Paraméterek megadása

Az *Egyszerű* megadást választva az áramlástani végeselemháló kialakítását egyetlen paraméteren, a *Hálósűrűség*en keresztül tudjuk befolyásolni.

A *Leállási feltétel* azt fejezi ki, hogy ha a megoldás hibájára utaló *Δp/p* nyomás reziduális adott érték alá csökken, a számítás érvényes eredménnyel ér véget.

Amennyiben a leállási feltétel nem teljesül, és a számítás eléri az *Iterációk maximális száma* mezőben megadott értéket, a számítás érvényes eredmény nélkül leáll.

☞ **Amennyiben a szimuláció során azt tapasztaljuk, hogy bár a megoldás konvergál, de az aerodinamikai erők még változást mutatnak, érdemes a leállási feltételen szigorítani.**

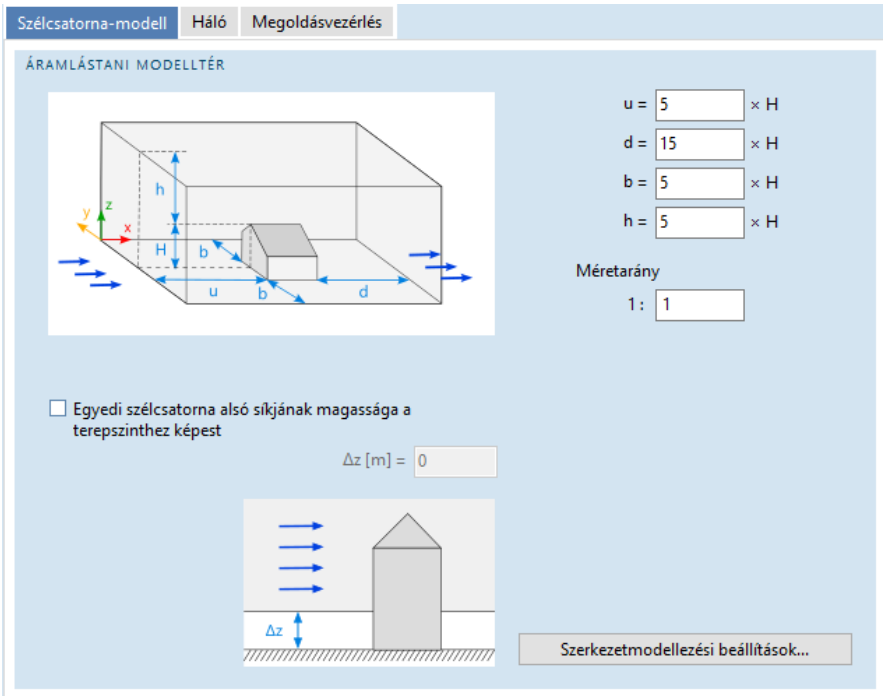
4.11.2.2. Számítási paraméterek (részletes megadás)

A *Teheresetek* kiválasztása, az *Iterációk maximális száma* és a *Leállási feltétel* ugyanaz, mint egyszerű megadás esetén, a dialógusablak azonban lehetőséget nyújt az áramlástani modell (a szélcsatorna és a szerkezetmodell) felépítésének és a hálózásnak a finomhangolására, illetve a számítás során alkalmazott turbulenciamodell kiválasztására és további leállási feltételek meghatározására.

4.11.2.3. Szélcsatorna-modell

Az áramlástani modell felépítése során a széliránynak megfelelően a modell köré rajzolt téglatest belsejében az OpenFOAM eszköztárának felhasználásával virtuális szélcsatornát alakítunk ki, ebbe helyezzük bele a szerkezet áramlástani modelljét, majd a szerkezet és a szélcsatorna falai közötti térrészt behálózzuk, azaz térfogat végeselemekkel töltjük ki. A lefuttatott vizsgálat ezeken a végeselemeken határozza meg a sebességmezőt és a nyomásértékeket

Az *Áramlástani modelltér* panelen a szélcsatornát reprezentáló téglatest méreteit szabályozhatjuk. Az objektumnak a szélcsatorna rendszerében számított befoglaló téglatestje magasságát H-val jelölve azt kell megadnunk, hogy ennek arányában az befoglaló téglatest előtt, után, két oldalán és felette mekkora a szélcsatorna kiterjedése *(u, d, b, h)*. Alapértelmezett értékek: *u = 5H, d = 15H, b = 5H, h = 5H.*



☞ **Alacsony és széles szerkezetek esetén a magasságtól függő megadási mód nem a legmegfelelőbb. Ekkor ügyeljünk arra, hogy a szerkezet bemeneti oldalra vett vetületének területe ne haladja meg a bemeneti téglalap területének 3%-át.**

Túl kis számítási tartomány alkalmazása esetén a peremek visszahatnak a vizsgált szerkezetre, és hibát okoznak a nyomásmezőben. Ha a szélcsatorna fala túl közel kerül a vizsgálandó szerkezethez, az áramlás felgyorsul a valóságoshoz képest, ezért túlságosan nagy szélszívás adódhat.
A szélcsatorna méretének növelése javít a számítás pontosságán, a számítás időigényét viszont növeli. Ezért meg kell keresni az optimumot, ahol a számítás erőforrásigénye még elfogadható, és az eredmények pontossága is megfelelő.

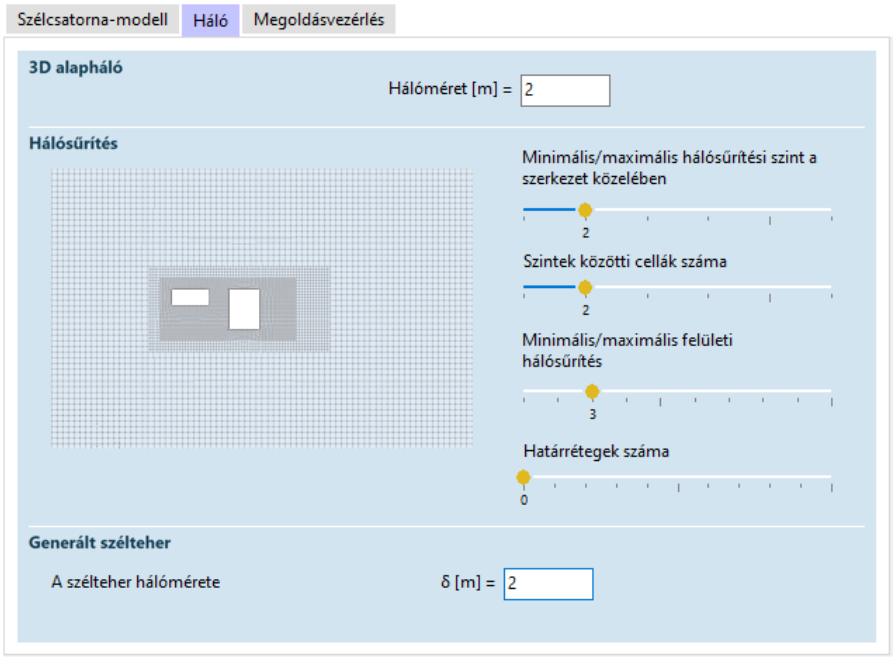
A *Méretarány* változtatásával ugyan számottevően csökkenthető a hálósűrűség, de átskálázást csak Reynolds-szám független szerkezetek esetén szabad alkalmazni, ezért, ha kétségeink merülnek fel, feltétlenül maradjunk a valós méretarány mellett!

Az *Egyedi szélcsatorna alsó síkjának magassága a terepszinthez képest* beállítással a szélcsatornát a terepszinttől mért *Δz* magasságban elvágjuk, és a számítás során csak az e felett elhelyezkedő elemeket vesszük figyelembe. Az elvágási felületen súrlódásmentes peremfeltételt alkalmazunk.
A beállítás célja, hogy ha a szerkezet a terepszinthez képest magasan helyezkedik el, ne kelljen a teljes magasságú áramlási tartományt vizsgálni, csak a szerkezet környezetét.

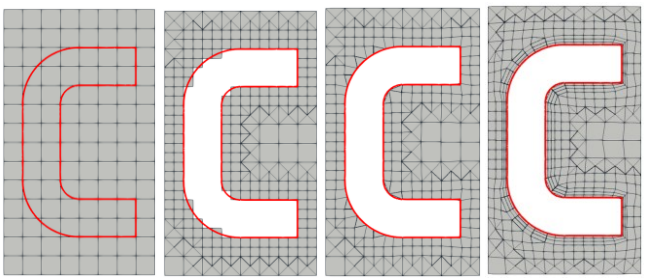
Szerkezetmodellezési beállítások... *Lásd...* **4.11.1 Szerkezetmodellezési beállítások**

4.11.2.4. Háló

Ezen a fülön szabályozható, miképpen generálódjon az OpenFOAM-ban az áramlástani szimulációhoz a térfogatelemekből álló háló, illetve a számítás után a generált szélteher milyen felbontással, azaz milyen hálómérettel kerüljön rá a szerkezetre.

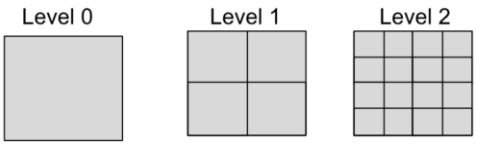


Első lépésben egy szabályos téglatestháló (az ún. alapháló) jön létre, mely még nem veszi figyelembe a szerkezetet. Ennek finomságát szabályozza a *Hálóméret*.
Ezt az alaphálót illeszti a program hálósűrítésekkel és -igazításokkal, esetleg további rétegek felvételével a szerkezet modelljéhez.



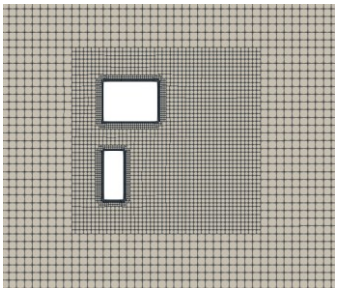
(forrás: CFDSupport)

A hálósűrítés paramétereinek értelmezéséhez be kell vezetni a szint fogalmát. Az alapháló cellái a 0-s szint. Ha egy cellát mindhárom kiterjedése mentén elfelezünk, 8 kis cella jön létre, ezek 1-es szintűek. Újbóli felezéssel 64 db 2-es szintű cellához jutunk, és így tovább: *n* felezéssel 2^{3n} cellát kapunk.

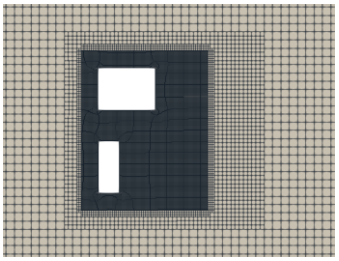


(forrás: CFDSupport)

Minimális/maximális hálósűrítési szint a szerkezet közelében: A program a szerkezet befoglaló téglatestje közelében két lépésben sűríti az alaphálót. Először felméri az u, d, b, h értékek 20%-át, és ezen belül a minimális, majd az u, d, b, h értékek 10%-án belül a maximális hálósűrítést alkalmazza. A sűrítésre azért van szükség, hogy a sebesség gyors változásának tartományában is pontosan kövessük az alapvető változók viselkedését.
A skálán két sárga csúszka jelenik meg. Ha ezek fedésben vannak, a két tartomány sűrítése meg fog egyezni. A csúszkát balra húzva, megjelenik a minimális, jobbra húzva megjelenik a maximális sűrítési szint.

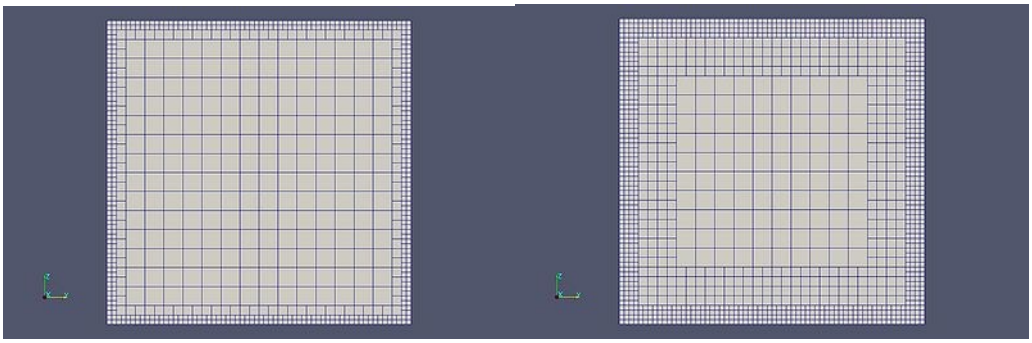


1/1 hálósűrítés



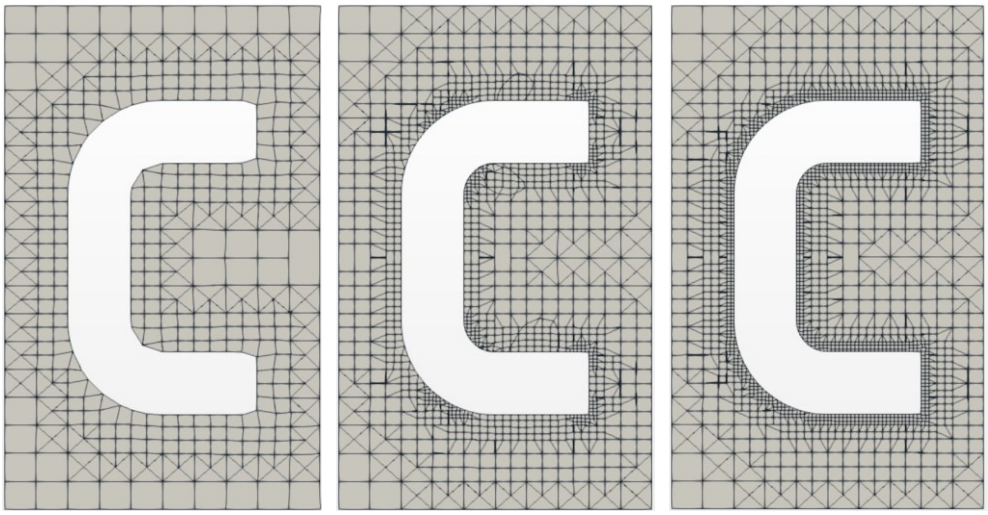
1/3 hálósűrítés

A *Szintek közötti cellák száma* a háló finomításának átmeneteit szabályozza. Mennél nagyobb számot adunk meg, a hálósűrítés annál fokozatosabb lesz, annál több felosztott réteget vesz fel a program.



Szintek közötti cellák száma 1, illetve 4 (forrás: OpenFOAM)

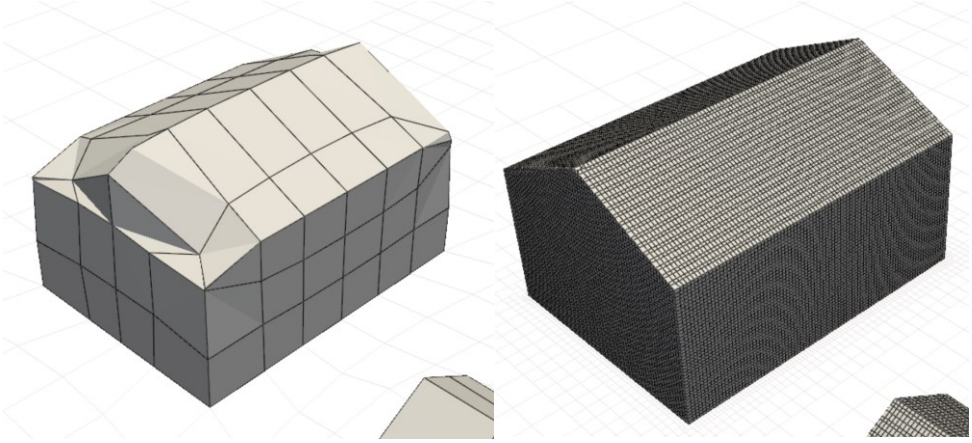
Minimális / maximális felületi hálósűrítés



Minimális/maximális felületi hálósűrítés példák: 1/1-1/3-3/3. (forrás: CFDSupport)

A skálán két sárga csúszka jelenik meg. Ha ezek fedésben vannak, a két tartomány sűrítése meg fog egyezni. A csúszkát balra húzva, megjelenik a minimális, jobbra húzva megjelenik a maximális sűrítési szint.

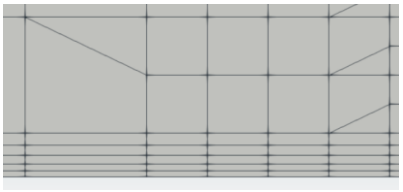
☞ **Ha a maximális felületi hálósűrítést túl alacsonyra állítjuk, elképzelhető, hogy az nem lesz elegendő a szerkezet geometriájának megfelelő leírására:**



Példa alacsony felületi hálósűrítésből származó elégtelen geometriai leírásra, illetve javított felületi hálósűrítéssel elért szerkezeti geometriára.

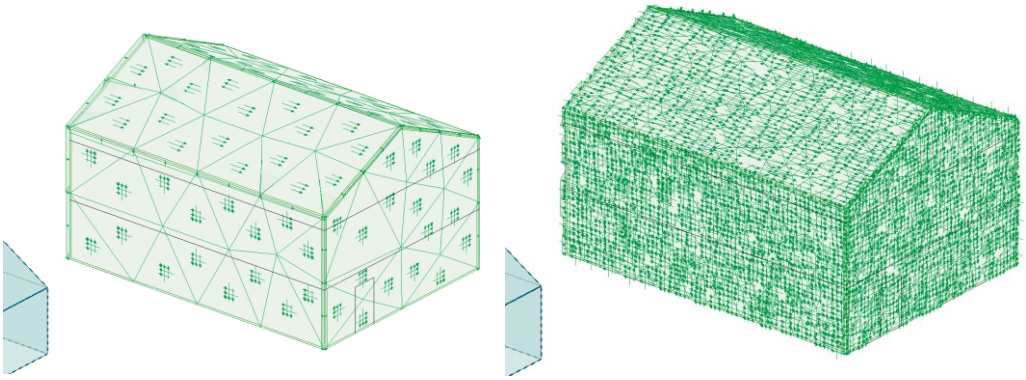
Határrétegek száma

A *Határrétegek száma*nak növelésével a szerkezettel érintkező cellákat határrétegekkel tovább osztjuk. Mivel a szerkezet környezetében a sebesség gyorsan változik, ezért célszerű lehet a fal menti cellák további sűrítése. 0 érték esetén nem történik rétegbeszúrás.



Generált szélteher

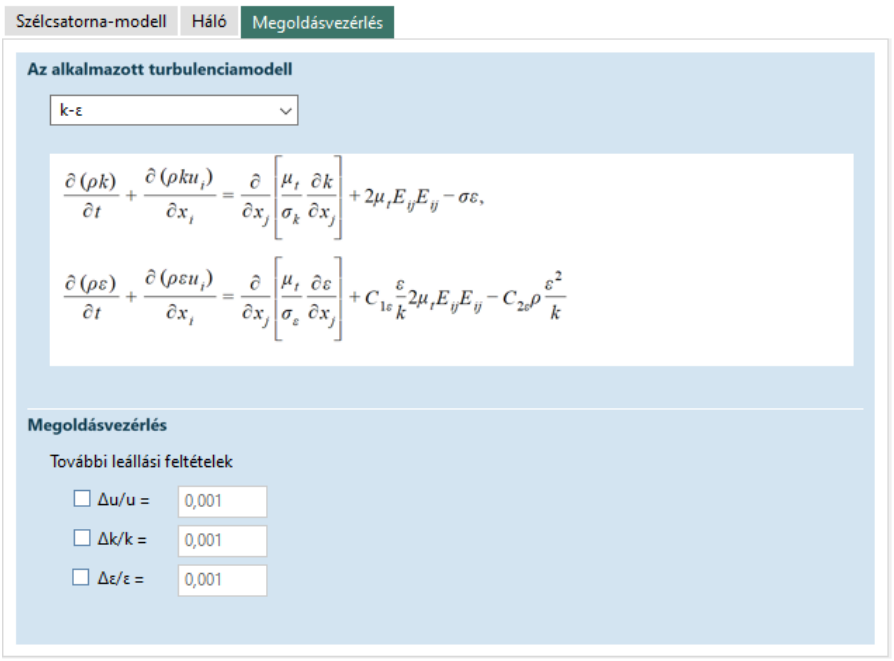
Ezen a panelen állítható be a teherredukció során alkalmazott háló mérete.



5 m-es, illetve 1 m-es felbontású teherhálóval generált szélteher

4.11.2.5. Megoldásvezérlés

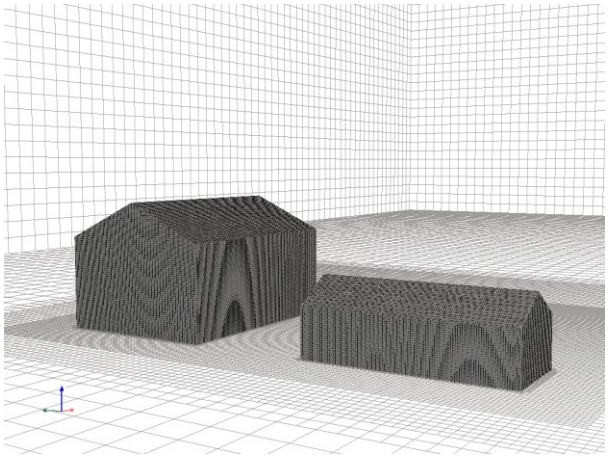
A felhasználó *Az alkalmazott turbulenciamodell* panelen a legördülő listából kiválaszthatja az alkalmazni kívánt turbulenciamodellt. A szoftver alapértelmezettnek a k-ε modellt tekinti.
A turbulenciamodellekről részletesebben tájékozódhat a *Súgó / WIND segédlet* menüpontban elérhető, *Segédlet a WIND modul használatához* című PDF dokumentumból.
A *Megoldásvezérlés* panelen további leállási feltételeket szabhatunk a sebesség, illetve turbulencia paraméterek reziduálisai alapján.



4.11.3. Áramlástani számítás

Az áramlástani számítás a *Szélcsatorna* dialóguson kiválasztott szélirányokra indul el. A modul először az AXISVM modell geometriáját importálja, majd a szélcsatorna teljes térfogatát és a modell felszínét hálózza be a dialógusablakban beállított paraméterek szerint.

A hálózás befejeztével a program a számítás megszakítása nélkül egy külön ablakban megjeleníti a szélcsatornát a kapott hálóval. Ha a behálózott modell geometriája nem kielégítő (pl. a túl ritka háló miatt elnagyolt), a számítás leállítható.



A megjelenített 3D-s ábra egérrel forgatható a modelltér tengelyei, illetve Ctrl lenyomása esetén a képernyőre merőleges tengely körül. Shift lenyomása mellett a modellt odébb tolhatjuk, az egérgörgővel nagyíthatunk.

A számítás futása közben a következő adatok jelennek meg:



Számítások listája

Ha egynél több irányt jelöltünk ki a számítási paraméterek dialóguson, a legfelső panelen a *Számítások listája* jelenik meg. A lista a számításra kijelölt tehereseteknél jelzi hol tart a számítás, illetve mutatja az egyes részfolyamatok során eltelt időt. A *Mégsem*-re kattintva megállítható az aktuálisan futó tehereset számítása. *Az összes megszakítása* gombbal a teljes számítás leállítható. A *Bezárás a számítás végén* opció bekapcsolása esetén a program a számítás végeztével automatikusan visszalép az AXISVM-be.

Statisztika

Itt három táblázat található: a számítógép főbb paramétereit, alatta az egyes részfolyamatokban töltött időket, jobboldalt az áramlástani háló legfőbb jellemzőit tünteti fel a szoftver. A számítás végeztével az eredményfájl mérete is megjelenik. A *Kitakarási arány* a modell inlet síkjára vetített területének az inlet teljes keresztmetszetéhez viszonyított aránya, százalékban kifejezve (inletnek a szélcsatorna modelltér bemeneti oldalát nevezzük).

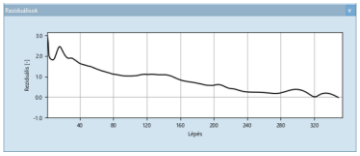
Aerodinamikai erők

Itt láthatóak a szerkezetre ható a szélcsatorna lokális rendszerében értelmezett eredő aerodinamikai erők. A *Közegellenállás* a szélirányú eredőerő, az *Oldalszél* a vízszintes keresztirányú szélteher, míg az *Emelőerő* a függőleges eredő szélteher.

☞ **Amennyiben a számítás konvergált, azonban az eredőerők a számítás befejezésekor még gyors változást mutattak, érdemes a reziduális határértékét csökkenteni.**

Reziduálisok

A *Reziduálisok* panelen a program a nyomás, illetve további tetszőlegesen kiválasztott változók reziduális hibaértékeinek alakulását (a hibaérték és a célérték hányadosának logaritmusát) ábrázolja. A számítás akkor konvergált, ha az összes kiválasztott változó reziduálisa nulla alá esett.



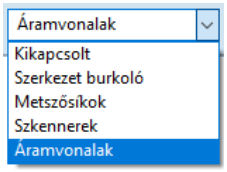
Eredmények átvétele, szélteher generálása

Sikeres számítás esetén a kapott áramlástani eredmények átkerülnek az AXISVM-be, illetve a program a *Szélcsatorna* dialóguson meghatározott teherhálóméretnek megfelelően előbb hálót generál a modell felszínén, majd a szélirányok szerinti teheresetekben a szimulációból kapott nyomásértékek alapján hálófüggetlen felületi terheket helyez el a modell felületén (teherpaneleken vagy tartományokon). Rúd- és bordaelemekre az elem mentén megoszló vonalmenti terhek kerülnek.

4.11.4. Az áramlástani számítás eredményei

Komponensek

Ha a számítás konvergált, a legördülő listából kiválasztott teheresetre a következő eredményeket kapjuk (a lejjebb tárgyalt ábrázolási mód függvényében)



Nyomás

p A nyomás a modell burkolófelületén *(Szerkezet burkolófelülete),* a modelltérben *(Metszősíkok, Szkennerek),* illetve az áramvonal mentén *(Áramvonalak)*

A nyomásértékek szélszívás esetén negatívak, egyébként pozitívak.

Nyomástényező

cpe Az adott pontbeli nyomás és az adott pont magasságára vonatkozó torlónyomás (dinamikus nyomás) hányadosa (csak a *Szerkezet burkolófelülete* ábrázolási módban).

Fal menti nyírófeszültség

τ A szerkezet burkolófelületén értelmezett csúsztatófeszültség.

Dimenziótlan faltávolság

y+ A dimenziótlan faltávolság a szerkezet burkolófelületén. A paraméter segítségével meghatározható, hogy a hálózás megfelelően finom-e az áramlás pontos modellezéséhez. 300 fölötti érték esetén az eredmény info ablakban az *y+ túl nagy* felirat jelenik meg.

Sebesség

vx, vy, vz Szélsebesség a modelltérben a szélcsatorna rendszerében (*x* a szélirány, *z* a függőleges irány, az *y* mindkettőre merőleges, úgy, hogy x, y, z irányok jobkezes rendszert alkossanak) (*Metszősíkok* és *Szkennerek* módban).

vR Eredő szélsebesség a modelltérben (*Metszősíkok* és *Szkennerek* módban).

v Szélsebesség az áramvonal mentén (*Áramvonalak*)

Eredményábrázolás

A szélcsatornához a következő eredményábrázolási módok állnak rendelkezésre:

Szerkezet burkolófelülete

A nyomás és a nyomástényező jeleníthetőek meg a szerkezeti modell burkolófelületén.

Metszősíkok

Metszősíkok létrehozása után a szélcsatorna testhálóját elmetszve ábrázolhatjuk a modelltérben kialakult nyomást és a szélsebességet.

Szkennerek

Interaktívan eltolható, animálható, a szélcsatorna lokális rendszerének alapsíkjaival párhuzamos metszősíkok.

Áramvonalak

A szélcsatorna bementi oldalán felvett pontokból kiinduló áramvonalak megjelenítése. *Lásd...* **4.11.5 Áramvonal-kiindulópontok megadása és áramvonal-animáció**

A háló ábrázolása

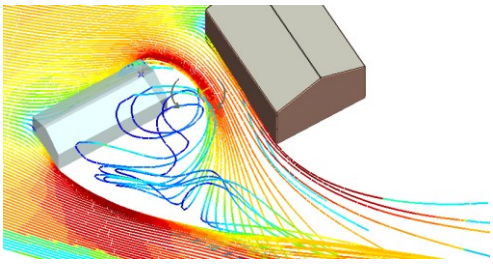
A *Gyorskapcsolók* (**2.18 Gyorskapcsolók**) közt a *Hálózat* ikonra kattintva az előugró ablakon szabályozhatjuk, mit kívánunk megjeleníteni.

Áramlástani modell 3D végeselemháló	A szélcsatornában testelemekből generált háló
Szélcsatorna	A szélcsatorna oldallapjai, a felületi hálóval együtt
Az áramlástani modell felületi hálója	A szerkezeti modellt burkoló felületi háló
Áramlástani modelltér	A szélcsatorna téglatestjének oldallapjai

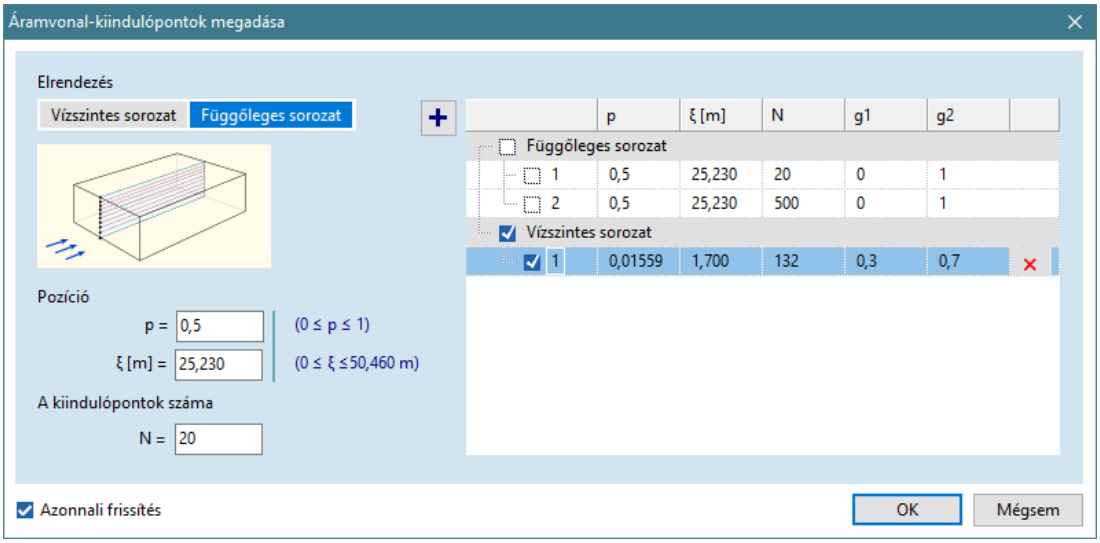
4.11.5. Áramvonal-kiindulópontok megadása és áramvonal-animáció



Az áramvonalak olyan görbék, melyek érintője minden ponton az ottani sebességvektor irányába mutat. Stacionárius, azaz időben változatlan áramlásban ezek egyben a levegőrészecskék pályáját is kirajzolják. Megjelenítésükkel ellenőrizhető a számításból kapott áramlási kép.



Az áramvonalak felrajzoltatásához meg kell adni azok kiindulópontját. A programban a szélcsatorna bemeneti oldalán egy vagy több, vízszintes vagy függőleges pontsort vehetünk fel. Az áramvonalak színezése az aktuális eredménykomponens (a *v* sebesség vagy *p* nyomás) pontbeli értéke szerint történik.



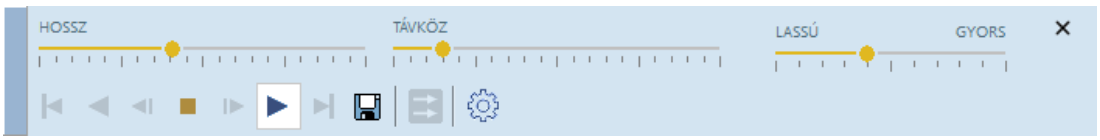
A dialógus baloldalán a pontsor jellemzőit adhatjuk meg. Választhatunk vízszintes vagy függőleges elrendezést. Vízszintes sorozat esetén a pontsor függőleges pozícióját, függőleges sorozat esetén a pontsor vízszintes pozícióját kell megadnunk a bemeneti oldal megfelelő méretének arányában *(p)*, vagy konkrét távolságként *(ξ)*. A pontok (tehát az áramvonalak) száma *N* lesz.
A + gombra kattintva a sorozat bekerül a jobboldali táblázatba.
A táblázat aktuális sora a sor végén megjelenő piros törlés ikonra kattintva törölhető.
A felvett pontsorokból akkor generálódnak áramvonalak, ha a sor elején bekapcsoljuk őket. A *p, ξ* és *N* értéke mellett módosítható *g1* és *g2,* ezek a pontsor kezdetének és végének pozícióját jelölik a bemeneti oldal megfelelő méretének arányában. Alapértékük 0 és 1, tehát a pontsor a bemeneti oldal teljes magasságán vagy szélességén végigfut.
Az értékek módosításához kétszer kell rájuk kattintani.

Az *Azonnali frissítés* opció bekapcsolása esetén az áramvonalak-kiindulópontokon végzett változtatások azonnal érvényre jutnak a főablakban (ha ott az *Áramvonalak* megjelenítési mód van kiválasztva).

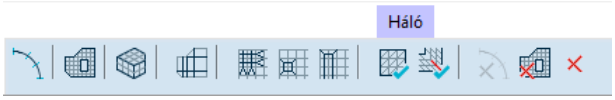
Áramvonal-animáció



Az áramvonalak animációja az áramlási tér megjelenítésének, a sebességváltozások érzékeltetésének másik módja. Az áramvonalon elindított részecskék hossza, távköze, illetve az animáció sebessége a csúszkákkal szabályozható. Az animáció fájlba menthető.
A beállítások hasonlóak, mint animáció (**6.1.2 Animáció**) esetén. A fogaskerék ikonra kattintva a beállítóablakon megszabhatjuk a rögzítendő képkockák számát, képméretét (az aktív ablakban látható kép skálázódik a megadott méretre), illetve GIF formátum esetén a képkockák közti késleltetést.



4.12. Háló



A *Háló* fülre kattintva a hálógenerálás vonalelemre, illetve tartományra, az egyedi hálózatsűrítés és a végeselemalak-ellenőrzés funkciók érhetők el.

4.12.1. Hálógenerálás

Hálógeneráláskor az összemetsződő és átfedő vonalak automatikus felismerése és összemetszése csökkenti a szerkesztéskor keletkező hibák számát.
A többmagos processzorok támogatása jelentősen lerövidíti a hálógenerálás időigényét.

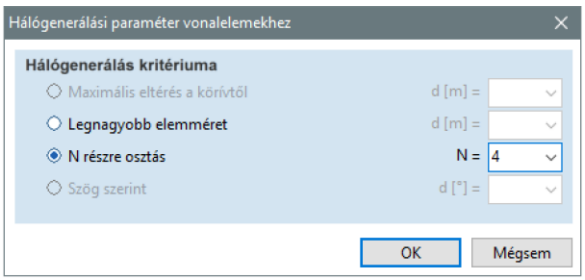
4.12.1.1. Hálógenerálás vonalelemekre



Íves és/vagy változó keresztmetszetű rúd- és bordaelemekhez számítás előtt egy kívánt sűrűségű poligont kell definiálni, mert a számítás egyenes tengelyű és konstans keresztmetszetű elemekkel dolgozik. Így a megoldás pontossága függ a felvett hálózat sűrűségétől.

A megadott háló – a tartományokhoz hasonlóan – bármikor megszüntethető illetve módosítható. Az elemhez rendelt terhek és tulajdonságok a háló törlésekor nem vesznek el.
Hálót nem csak íves, hanem egyenes tengelyű elemekhez is rendelhetünk. Ez a lehetőség jól használható, ha a rúdszerkezetre nemlineáris vagy rezgésvizsgálatot kérünk, ahol a megfelelő pontosság biztosításához az elemeket több részre kell felbontani.

Hálógenerálási paraméterek vonalelemekhez



A hálógenerálás az alábbi módokon lehetséges:

Maximális eltérés a körívtől
A háló olyan sűrűségű lesz, hogy a húrmagasság a hálóvonal és az ív között ne haladja meg az itt megadott értéket.

Legnagyobb elemméret
A háló vonalainak hossza ne haladja meg az itt megadott értéket.

N részre osztás
A vonalelemet az itt megadott számú egyforma szakaszra osztja.

Szög szerint
Egy hálóvonalhoz tartozó középponti szög nem haladja meg az itt megadott értéket.

4.12.1.2. Hálógenerálás tartományokra

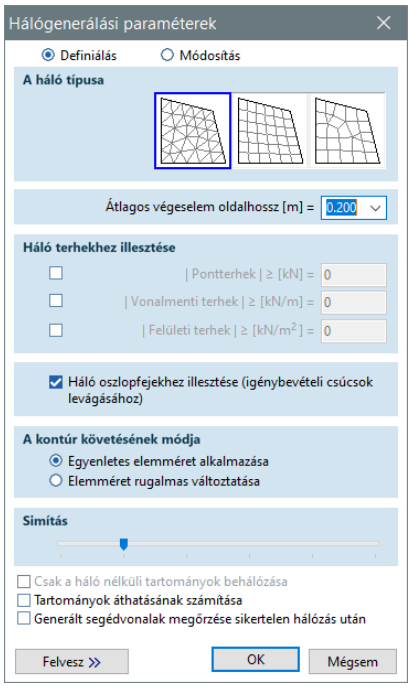


Hálógenerálási paraméterek tartományokhoz

A kijelölt tartományokra a következő ablakban megadható átlagos oldalhosszúságú hálózatot generál a program a lyukak és valamennyi, a tartományok belsejébe eső csomópont és vonal figyelembevételével. Opcionálisan beállítható, hogy a program a hálógenerálásnál a terheket, illetve – az igénybevételi csúcsok megfelelő levágása érdekében – a födémhez csatlakozó oszlopokat is figyelembe vegye.

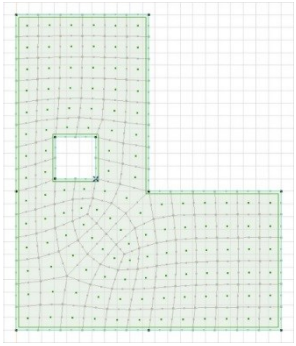
Hálótípus

A háló lehet tiszta háromszögháló, tiszta négyszögháló vagy domináns négyszögháló. A domináns négyszöghálóban megjelennek háromszög végeselemek is.

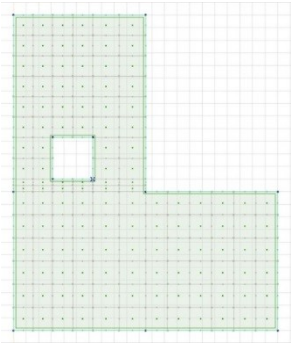


Parametrikus négyszöghálózás

Tiszta négyszögháló választása esetén amennyiben a tartomány kontúrpoligonja (a nyílásokat és belső éleket is beleértve) négyszögekre bontható, akkor a parametrikus négyszöghálózást alkalmazza, amely szebb hálót biztosít.



Négyszögháló



Parametrikus négyszögháló

Hálóméret

Az átlagos végeselem oldalhossz adható meg. A generálás során ennél kisebb és nagyobb elemek is kialakulhatnak.

Háló terhekhez illesztése

A kapcsolók segítségével beállítható, hogy mely típusú és azon belül milyen nagyságú terheket vegyen figyelembe a program. Pontszerű terhek alatt hálópontok, vonalmenti terheknél, valamint felületi terhek kontúrján hálóvonalak generálódnak.

Háló osztlopfejekhez illesztése

Az igénybevételi csúcsok megfelelő levágása érdekében oszlopfejekhez illeszteni és finomítani kell a hálót. Az opció bekapcsolása esetén a program ezt a háló generálásakor a födémhez csatlakozó oszlopok keresztmetszetének ismeretében automatikusan elvégzi. (A program oszlopnak tekint minden, a födémbe 45°-nál meredekebb szögben csatlakozó rúdelemet.) Ennek alkalmazása szükséges az eredményeknél Az *Igénybevételi csúcsok levágása oszlopok felett* opcióhoz.

Lásd... **6.1.13 Felületelem igénybevételei**

A kontúr követésének módja

Egyenletes elemméret alkalmazása

A háló kialakítása során a tartomány kontúrok és a belső élek az átlagos végeselem oldalhossz alapján kerülnek felosztásra. Ennek megfelelően a háromszög elemek közel azonos méretűek lesznek.

Elemméret rugalmas változtatása

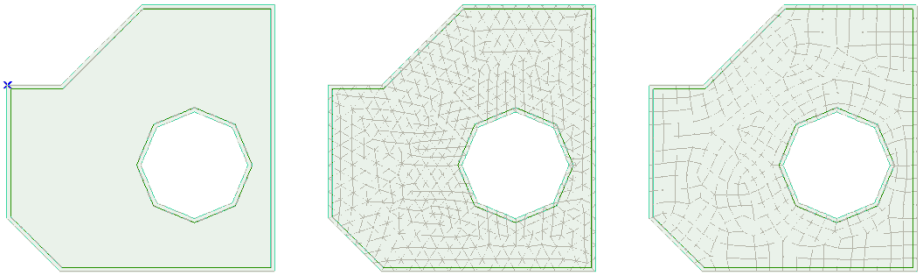
A tartomány alakjának figyelembevételével a program optimális hálózatot alakít ki.

Azokon a helyeken, ahol megfelelő a felhasználó által megadott elemméret, azt alkalmazza, ahol pedig sűrűbb háló szükséges, ott automatikusan azt generálja.

Háló simítása

A csúszkával a simítás alaposságát és közvetve a hálógenerálás sebességét szabályozhatjuk. A bal szélső állásban a háló minimális simítással, gyorsan generálható, míg a jobb szélső állásban valamivel lassabb, de többszörösen simított háló az eredmény. A simítás eredménye függ a tartomány geometriájától és az egyéb hálógenerálási paraméterektől, ezért a simítás növelése nem minden esetben vezet jobb minőségű hálóhoz.

A *Csak a háló nélküli tartományok behálózása* kapcsoló hatására csak azokra a tartományokra készül háló, melyekre még nem volt generálva.
A *Tartományok áthatásának számítása* kapcsoló hatására automatikusan megtörténik a hálózandó tartományok metszésvonalának meghatározása.
A hálógenerálás előrehaladását egy külön kijelző ablak mutatja, ahol a folyamat a *Megszakítás* gombra kattintva leállítható.
Részben vagy egészben a tartomány belsejébe eső rúd végeselemek esetén a program csak a rúdelemek tartomány belsejébe eső végpontjait veszi figyelembe, a megfelelő vonalszakaszokat nem.
Ha a tartomány belsejébe korábban megkeresett négyszög- vagy háromszögelemek esnek, ezeket a hálógenerálás változatlanul hagyja, de a generált hálózatba beépíti.

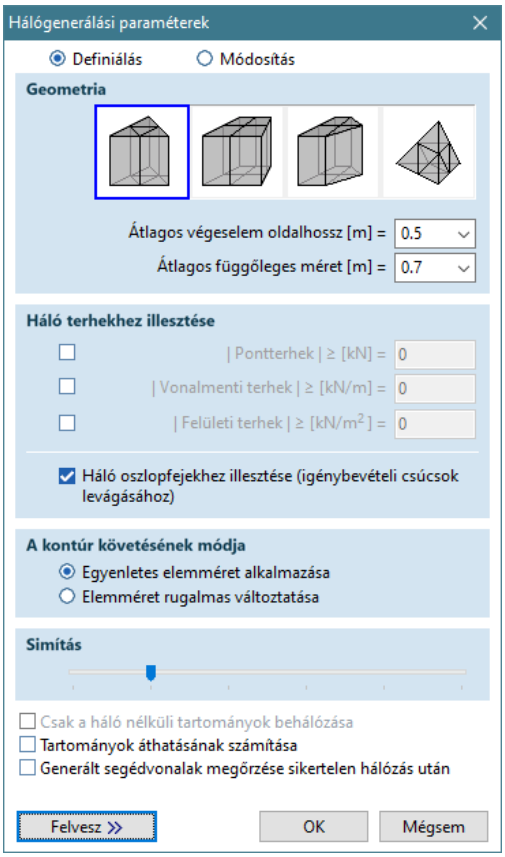


hálógenerálás előtt *háromszög háló* *domináns négyszög háló*

☞ **Ha egy tartományra már generáltunk hálót, a más átlagos oldalhosszal újraindított hálógenerálás az előzőleg generált hálózatot lecseréli.**

4.12.1.3. Testelemháló generálása talajmodellezéshez

A kijelölt talajmodellezési tartományokra az ablakban megadható átlagos horizontális és vertikális oldalhosszúságú térbeli hálózatot generál a program a lyukak és valamennyi, a tartományok belsejébe eső csomópont és vonal figyelembevételével.
A *Geometria* panelen beállítható a generált testelemek alakja, ez lehet háromszög vagy négyszög alapú hasáb, illetve ezek keveréke, de lehetnek a testelemek tetraéder alakúak is.
A térfogatháló a felületi háló extrudálásával (függőleges levetítésével) készül. Az első három esetben a rétegelfogyások kezelése elemzsugorítással történik. A tetraéder hálózás esetén a tetraéderek mérete és számossága dinamikusan alkalmazkodik a helyi rétegvastagsághoz. Elfogyó rétegrend esetén keletkezhetnek olyan térfogatelemek, melyek miatt az első három hálózási mód nem alkalmazható. Ilyen esetekben jelenleg csak tetraéder hálózást alkalmazhatunk.
Az *Átlagos végeselem oldalhossz* a talajmodellezési tartományra generált síkbeli háló átlagos elemmérete, az *Átlagos függőleges méret* az ebből a síkbeli hálóból kiinduló testmodell függőleges elemmérete. A tényleges függőleges elemméretek természetesen függenek a rétegmodellből meghatározott rétegvastagságoktól is.



☞ **A generált háló testelemekből áll, vastagsága az egymással érintkező talajmodellezési tartományokhoz beállított *d* minimális vastagágértékek közül a legnagyobb.** *Lásd...* **4.9.9 Talajmodellezési tartomány (SOIL modul)**

4.12.2. Hálózatsűrítés

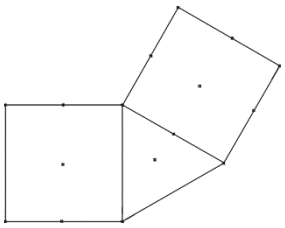




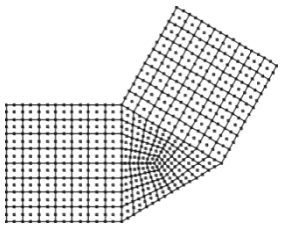
A funkció segítségével kívánt mértékben finomíthatjuk a végeselemes hálózat felosztását. A sűrítés során az új végeselemek öröklik az eredeti elemek jellemzőit (anyag, vastagság, referenciák, ...), támaszviszonyait és terheit.
Az alábbi sűrítési módok közül választhatunk:

Egyenletes sűrítés





sűrítés előtt



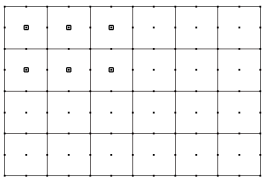
sűrítés után

Meg kell adni a finomított felosztás legnagyobb végeselem oldalméretét (hosszát). A funkció olyan sűrű felosztást hoz létre, hogy bármely végeselem leghosszabb oldalának mérete is kisebb lesz a megadott határértéknél.

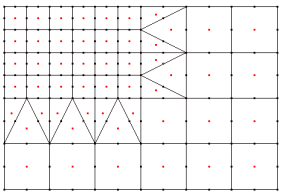
Tartomány sűrítés



A kijelölt végeselemek egyenletes besűrítése.

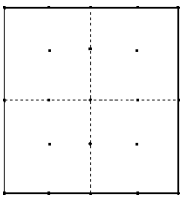


sűrítés előtt

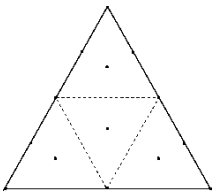


sűrítés után

A tartományba eső elemeket felosztja az alábbi módon:



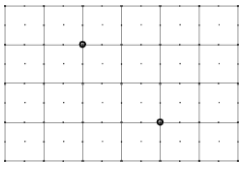
négyszögelem



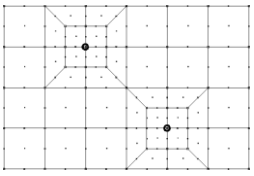
háromszögelem

Csomópont körüli sűrítés





sűrítés előtt

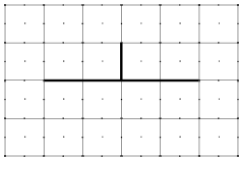


sűrítés után

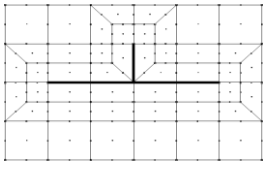
Ki kell jelölni azokat a pontokat, melyek körül sűrítést kérünk (pl.: pillérfejek, megtámasztások).
Meg kell adni egy felosztási arányt. A funkció a kijelölt csomópontok körül a hálózatot oly módon alakítja ki, hogy a csomópontba kapcsolódó vonalakat a megadott arány szerint osztja ketté. Az arány értéke 0.2-0.8 között változtatható.

Élmenti sűrítés





sűrítés előtt



sűrítés után

Ki kell jelölni azokat a felületperemeket, amelyek mentén sűrítést kérünk (pl.: élmenti megtámasztások, élmenti terhelések), majd meg kell adni egy felosztási arányt.
A funkció a kijelölt élek körül a hálózatot oly módon alakítja ki, hogy az élekhez kapcsolódó vonalakat a megadott arány szerint osztja ketté. Az arány értéke 0.2-0.8 között változtatható.

4.12.3. Végeselemalak ellenőrzés



A program ellenőrzi a végeselem legkisebb szögét (α). A végeselem alakja erősen torz, amennyiben
– α ≤ 15° háromszög elem esetén
– α ≤ 30° négyszög elem esetén

4.12.4. Szabad élek kijelölése



A funkció kijelöli azokat az éleket, melyekhez csak egy felületelem csatlakozik. Így megtalálhatóak azok a hálógenerálási problémák, ahol például egy fal és födém vagy két födém hálója valamilyen szerkesztési hiba miatt nem illeszkedik.

4.12.5. Összes háló törlése



Összes vonalelem-háló törlése

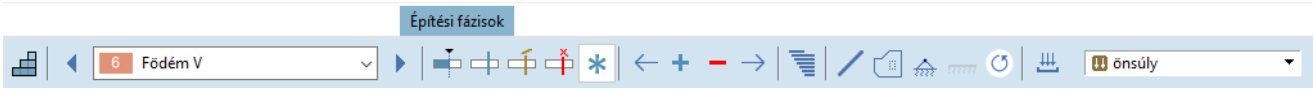


Összes háló törlése a tartományokról



Összes háló törlése vonalelemekről és tartományokról

4.13. Építési fázisok – STG modul



Az eszköztár az építési fázisok létrehozásával, az építés folyamatának megadásával, az elemek módosításával és eltávolításával, valamint az építési fázisokhoz rendelt teheresetek kiválasztásával kapcsolatos funkciókat biztosít.

Építési fázisok az építőmérnöki gyakorlatban

Az építési fázisok figyelembevétele a szerkezettervezésben döntő fontosságú, mivel az építési folyamat során a szerkezet a végső (üzemszerű) állapottól eltérő terheléseknek és körülményeknek van kitéve. Ha ezeket a végeselemes modellezésben nem vesszük megfelelően figyelembe, félrevezető képet kaphatunk a szerkezet válaszáról. A alábbi szempontok rávilágítanak, miért fontos az építési fázisok külön vizsgálata:

- **Az építés folyamatának végigkövetése**
  A végeselemes modelleken általában az összes szerkezeti elem és teher egyszerre van jelen. A valóságban azonban a szerkezetek fokozatosan épülnek, és a terhek is – például az önsúly – fokozatosan kerülnek rá. Ennek figyelmen kívül hagyása pontatlan feszültség- és alakváltozás-eloszlásokat eredményezhet.
- **A szerkezet változása építés során**
  Az egyes elemek különböző időpontokban épülnek, és előfordulhat, hogy egyes szerkezeti elemekhez kezdetben még nem a végleges megtámasztás kapcsolódik. Ha ezt nem vesszük figyelembe, tévesen feltételezzük, hogy minden elem kész állapotában viseli a terheket.
- **Ideiglenes terhek és alakváltozások**,
  Különösen a nagy fesztávolságú vagy magas szerkezetek esetében lehetnek kritikusak az építés során fellépő alakváltozások és deformációk. A szerkezetre fokozatosan rákerülő önsúly állandó deformációkat okozhat, amelyek befolyásolják a szerkezet végállapotát. A

közbenső fázisokat nem vizsgáló végeselemes modell ezért nem tudja megragadni a szerkezet valós viselkedését.

- **Időfüggő anyagtulajdonságok**
  Különösen betonszerkezetek esetében lényeges, ahol az anyag nem éri el azonnal a végleges szilárdságát.

Építési fázisok szimulációja a végeselemes számításban

A valós építési folyamat pontosabb modellezése érdekében **fázisonként** kell számításokat futtatni. Ebben a megközelítésben

- a szerkezeti elemeket az építési sorrend szerint aktiváljuk, inaktiváljuk, erősítjük vagy gyengítjük
- a terheket, például az önsúlyt fázisonként helyezzük a szerkezetre
- figyelembe vesszük a közbenső alakváltozásokat és a szerkezet módosulásait

Az építési fázisok szimulációjával biztosítjuk, hogy a tervezés során valós terhelési és alakváltozási viszonyokat vegyünk figyelembe, ami pontosabb és megbízhatóbb szerkezeti elemzést eredményez.

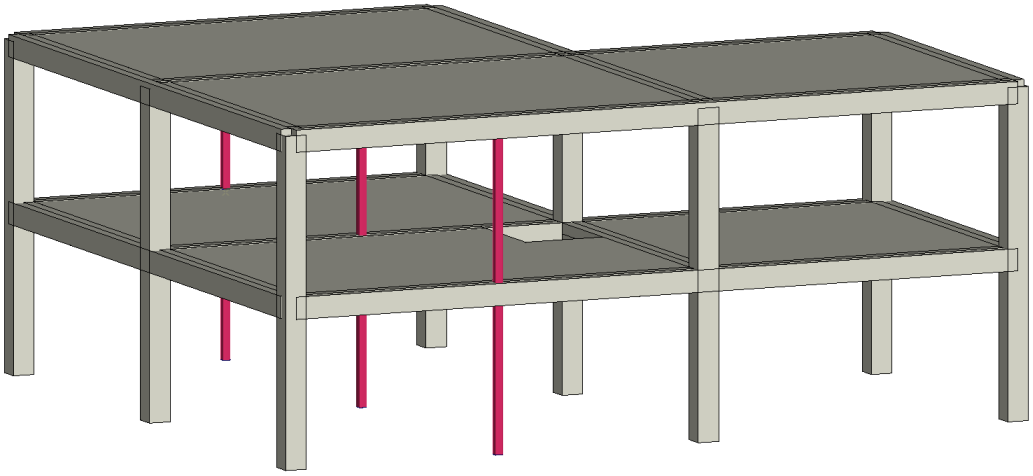
A modul hatékonyan használható építési folyamatok modellezésére, például acélszerkeztű csarnok esetén a tartóoszlopok felállításától, a tetőszerkezet ráemelésén át a szerkezet végső állapotának elemzéséig. Rugalmassága miatt sokféle építőipari szimulációra alkalmaa, például

- **Bontás modellezése**
  A modul képes az épületek és egyéb szerkezetek bontásának folyamatát is szimulálni, követi az igénybevételek elemek eltávolítása miatt végbemenő átrendeződését, és a szerkezet viselkedését. Így bontás alatt is biztosítható és ellenőrizhető a szerkezet stabilitása.
- **Részlegesen visszabontandó szerkezetek modellezése**
  A modul alkalmas részlegesen visszabontandó szerkezetek bontás közbeni és végállapotbeli stabilitásának és teherbírásának ellenőrzésére.
- **Szerkezeti megerősítések ellenőrzése**
  A modul jól alkalmazható szerkezeti megerősítések ellenőrzésére (pl. acélszelvényekhez utólag hozzáhegesztett elemek, falazatok megerősítése, gyenge falazott oszlopok kiváltása vasbeton oszlopokkal, stb.) illetve a szerkezeti viselkedés ebből eredő változásainak elemzésére.
- **Szerkezeti károk modellezése**
  A modul képes sérült vagy tönkrement szerkezetek elemzésére is. A romlás, anyaghiba vagy véletlen sérülés hatásainak szimulálásával lfelmérhető a sérülés súlyossága, a szerkezet maradék teherbíró képessége és az igénybevételek átrendeződése a sérült rendszeren belül. Ez fontos lehet javítások, felújítások tervezéséhez, vagy akár annak eldöntéséhez, hogy egy sérült szerkezet üzemben maradhat-e.
- **A szerkezet robusztusságának elemzése**
  A modul egyik legmagasabb szintű alkalmazása a szerkezetek ellenállóképességének (robusztusságának) vizsgálata. Kulcsfontosságú elemek szelektív kiiktatásával megvizsgálható, milyen következményekkel járna ezek kiesése, hogyan reagál ezekre a szerkezet, képes-e az igénybevételek átrendeződésének összeomlás nélkül ellenállni, megőrzi-e működőképességét vagy legalább stabilitását. A vizsgálatok segíthetnek a biztonságot növelő szerkezeti redundancia tervezésében.
- **Hídtolás**
  Ennél a hídépítési technológiánál az építési fázisok különösen kritikusak. A hídszerkezetet illetve annak elemeit fokozatosan mozgatják végleges helyzetükbe, s e folyamat során a terhek, a megtámasztások és az igénybevételek is dinamikusan változnak. Minden közbenső állapot ideiglenes feszültségeket és alakváltozásokat ébreszthet, melyek a végállapotban már nincsenek jelen. Ha ezeket elhanyagoljuk, a szerkezet teherbírására kapott érték nem lesz kellően pontos.

A modul tehát alkalmas a legkülönbözőbb összetett szerkezeti folyamatok szimulálására és elemzésére, legyen az akár építés, akár bontás, akár megerősítés, akár sérülésvizsgálat, akár robusztussági elemzés. Segítségével biztonságosabb, megbízhatóbb szerkezetek tervezhetők.

4.13.1. Az építési fázisok koncepciója

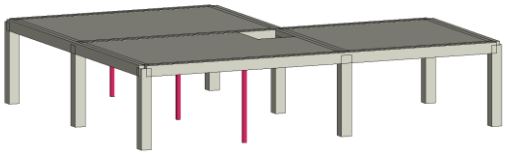
Ez a fejezet az építési fázisok AXISVM-ben megvalósított modellezésének alapfogalmait és alapelveit tekinti át.
Ami a leglényegesebb: az építési fázisok nem párhuzamosan kezelt, különálló modellek.
Az első lépésben létrehozunk egy úgynevezett törzsmodellt, ami ugyanolyan, mint egy hagyományos AXISVM-modell, de magában foglalja valamennyi, az építési folyamat során ideiglenesen vagy véglegesen megépített szerkezeti elemet, és tartalmaz minden ideiglenesen vagy állandóan ható terhet is.
A törzsmodell fogalmát az alábbi ábrasor szemlélteti.



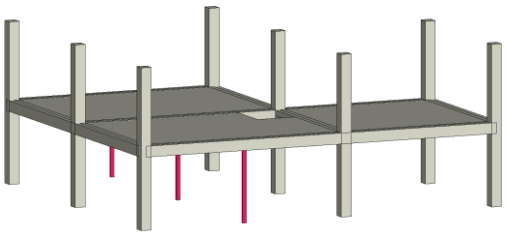
Törzsmodell



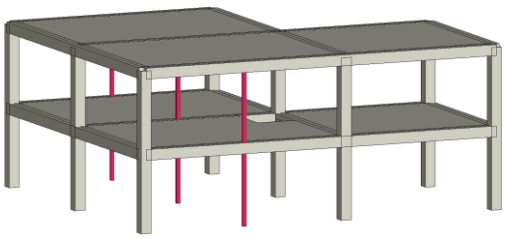
1. építési fázis



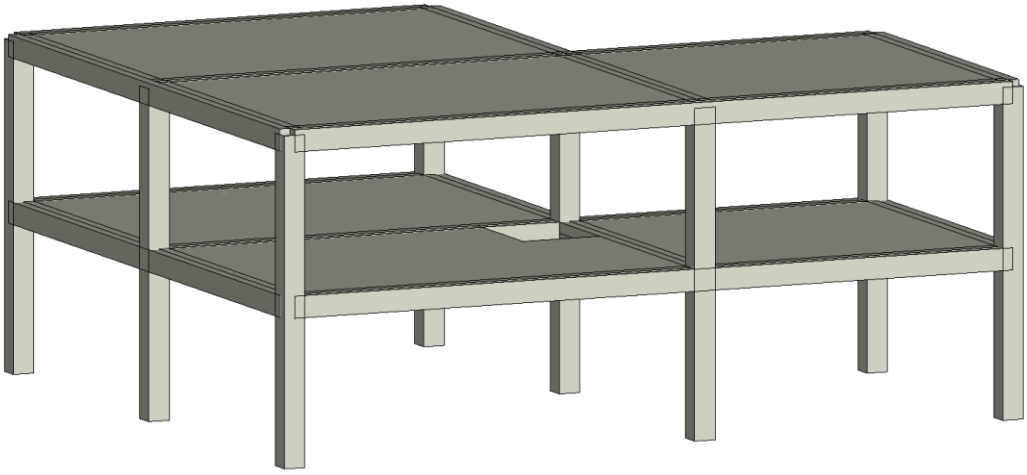
2. építési fázis



3. építési fázis



4. építési fázis



5. építési fázis és végállapot

Az építési fázisok valamelyest hasonlítanak a részletekhez (*lásd...* **2.16.17 Részletek**), mivel az adott fázisban aktív elemek szintén a törzsmodell különböző részhalmazai. Az építési fázisokban bizonyos elemtulajdonságok módosíthatóak is a következő szakaszokban leírtak szerint (**4.13.3 Építési fázisok szerkesztése**).
A törzsmodellen alapuló rendszer logikája szerint ha az *Elemek* fülön törlünk egy elemet, az az összes építési fázisból eltűnik, mert az egyes fázisok a törzsmodell elemeinek aktiválásával, inaktiválásával vagy módosításával jönnek létre. A törzsmodellhez adott (dialógusablakban definiált, közvetlenül rajzolt vagy másolással létrehozott) újabb elemek maguktól egyik fázisban sem jelennek meg, ameddig meg nem építjük őket, azaz az *Építési fázisok* fülön hozzá nem adjuk őket valamelyik fázishoz.
Célszerű először a törzsmodellt a programban szokott módon felépíteni, az összes ideiglenes és állandó szerkezeti elemmel, az összes ideiglenes vagy állandó teherrel, teheresetekkel együtt. Ezután a teendők a következők:

1) építési fázisok definiálása
(**4.13.2 Építési fázisok létrehozása**)
2) a megépítendő elemek hozzáadása az egyes fázisokhoz
(**4.13.3 Építési fázisok szerkesztése**)
3) az egyes fázisokban ható teheresetek vagy tehercsoportok kiválasztása
(**4.13.5 Az építési fázisok terheinek megadása**).

Az építési fázisokban megkülönböztetünk állandó és ideiglenes terheket. Az állandó terhek (pl. önsúly) teheresetei, ha valamelyik fázisban megjelennek a modellen, onnantól az összes további fázisban rajta maradnak és a végállapotban is jelen lesznek. Ezzel szemben az ideiglenes terhek (pl. tárolt építőanyagok, munkások, munkagépek súlya) csak kijelölt fázisokban hatnak, a végállapotban már nem vesszük őket figyelembe.

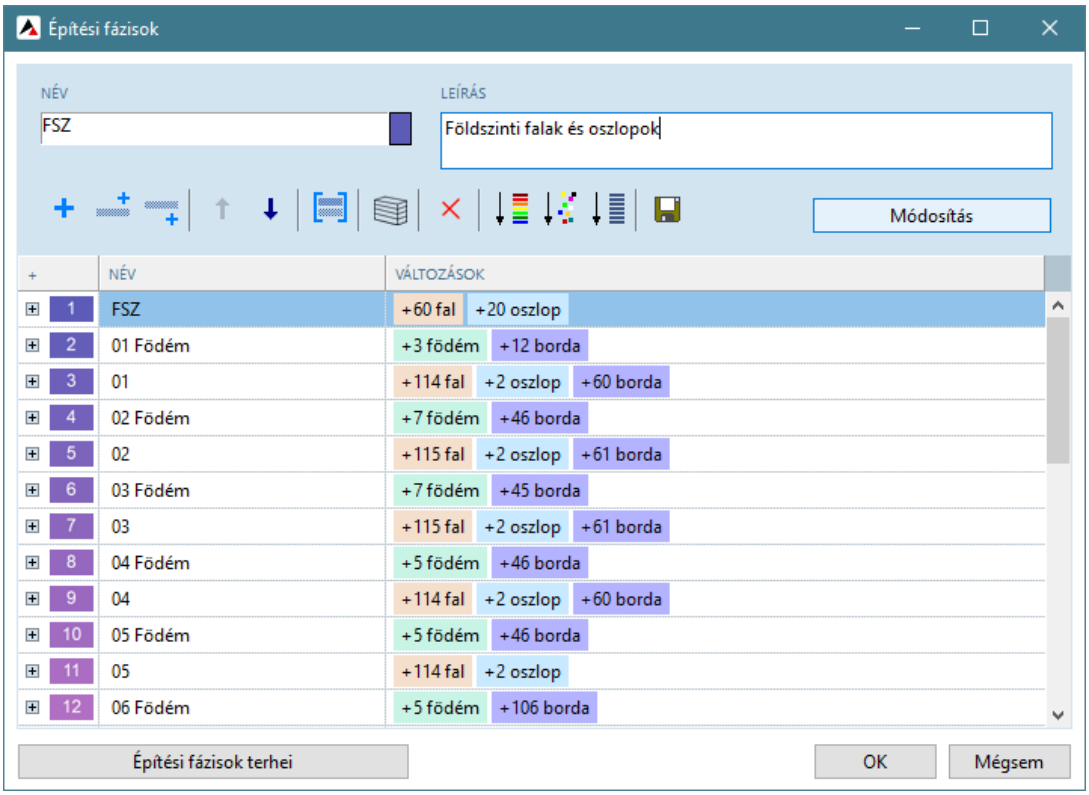
Végállapot

Fontos alapfogalom a végállapot. Ez nem azonos az utolsó építési fázissal.
A végállapotban ugyanazok az elemek szerepelnek, mint az utolsó fázisban, de a modellen működő teheresetek jelentősen különbözhetnek. Az utolsó fázisban csak az ahhoz rendelt állandó és ideiglenes teheresetek lesznek jelen, a végállapotban viszont megjelenik a törzsmodellhez felvett valamennyi tehereset, a fázisokhoz rendelt ideiglenes teheresetek azonban nem.

☞ **Egyes tehertípusok, például a meteorológiai terhek vagy a földrengésterhek csak a végállapotra vehetők figyelembe. Egyes tervezési moduluk szintén csak a végállapotra működnek.**
Építési fázisokra csak lineáris számítás végezhető.

Az itt következő fejezetek az építési fázisok és terheik megadásának konkrét lépéseit ismertetik. A számítás részleteiről lásd **5.1.1 Építési fázisok számítása – STG modul**. Az építési fázisok eredményeiről és a méretező modulokról lásd **6.1.31 Az építési fázisok eredményei.**

4.13.2. Építési fázisok létrehozása



Ez a dialógusablak csak az építési fázisok és terheseteik megadására, átnevezésére vagy törlésére szolgál. Nem rendeli hozzá a törzsmodell elemeit az építési fázisokhoz. Beírva az építési állapot nevét a *Név* mezőbe, majd Entert nyomva (vagy a kék pluszjel ikonra kattintva) új építési állapotot adhatunk a listához. A szerkesztőmező jobb szélén a színmintára kattintva megváltoztató a következő hozzáadandó állapothoz rendelt szín.
A *Leírás* mező kitöltésével a modellt megnyitó más mérnököknek segíthetünk az adott építési fázis értelmezésében.
Egy építési állapot nevének, színének vagy leírásának módosításához jelölje ki azt, szerkessze a megfelelő mezőt, vagy ha színt módosítaná, kattintson a színmintára, majd kattintson a *Módosítás* gombra.

Az eszköztár funkciói:

Új építési fázis hozzáadása a lista végéhez
Új építési fázist hoz létre a felső panel mezőinek megfelelő tulajdonságokkal.

Új építési fázis beiktatása a kiválasztott fázis elé
A felső panel mezőinek megfelelő tulajdonságokkal rendelkező új építési fázist illeszt be a kiválasztott fázis elé.

Új építési fázis beiktatása a kiválasztott fázis után
A felső panel mezőinek megfelelő tulajdonságokkal rendelkező új építési fázist illeszt be a kiválasztott fázis után.

Előbbre hozás
A kijelölt építési fázist a benne végrehajtott műveletekkel együtt egy fázissal előbbre hozza

Későbbre halasztás
A kijelölt építési fázist a benne végrehajtott műveletekkel együtt egy fázissal későbbre halasztja

Építési fázis összeolvasztása a következővel
A kijelölt fázis műveletei közé felveszi a következő fázis műveleteit is, majd a következő fázist törli.

Építési fázisok generálása a törzsmodellben felvett szintek alapján
Ha a törzsmodellben vannak logikai szintek (*lásd...* **2.11 Szintek**), a program képes azok alapján építési fázisokat generálni. Az eljárás nem feltétlenül ad minden szempontból kielégítő eredményt, de az elemek szétválogatásával és az építési fázisok automatikus létrehozásával felgyorsíthatja a munkát.

Ha a *Födémek külön építési fázisokba* opció bekapcsolt, az eljárás minden szinten megkeresi a födémeket, a födémekhez kapcsolt bordákat vagy élmenti támaszokat, és létrehoz egy ezeket tartalmazó építési fázist, amelynek neve: <*Szint neve*> *Födém*. Ezután létrehoz egy másik, <*Szint neve*> nevű építési fázist, melyhez hozzáadja a szint összes többi elemét.
Ha az opció kikapcsolt, az eljárás szintenként egy építési fázist hoz létre a szint elemei alapján.



Építési fázis törlése
Törli a kiválasztott építési fázist. Ha a fázishoz már elemek is hozzá voltak adva (tehát ebben a fázisban kellett megépíteni őket), akkor ezek az elemek az összes következő fázisból is eltávolításra kerülnek.



Színátmenet
Az építési fázisokhoz rendelt színek meghatározása színátmenettel.



Véletlen színek
Véletlenszerű színeket rendel a fázisokhoz.



Közös szín beállítása
Ugyanazt a színt rendeli valamennyi fázishoz.



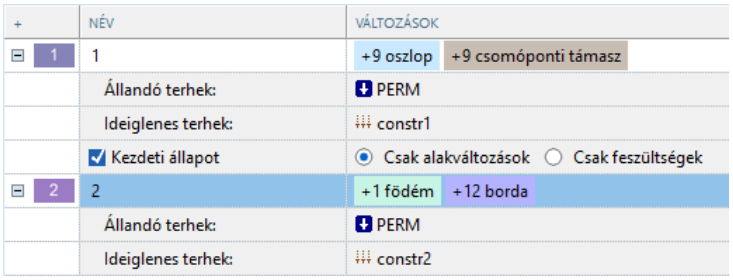
Építési fázis exportálása önálló modellként
Két exportálási mód közül lehet választani:

Csak ez az építési fázis
Az exportált modellben nem lesznek építési fázisok, és csak az adott fázisban meglévő elemeket és terheseteket fogja tartalmazni.

Az előzményekkel együtt
Az exportált modell ugyanazt a törzsmodellt, és a kiválasztott állapotig terjedő összes építési fázist fogja tartalmazni (a kiválasztott állapotot is beleértve), megtartva az ezekhez rendelt terheseteket is.

Építési fázisok terhei

Itt rendelhetünk terheseteket vagy tehercsoportokat az egyes építési fázisokhoz. A funkció a főablakból is elérhető. *Lásd...* **4.13.5 Az építési fázisok terheinek megadása**.
Az építési fázisoknál a lenyitható rész további információkat ad a fázishoz rendelt állandó és ideiglenes terhekről.
Az első építési állapot beállítható kezdeti állapotnak. A modell kezdeti állapotának kiszámításakor eldönthetjük, hogy csak az alakváltozásokat, vagy csak a feszültséget tartjuk meg az elemekben. Ez akkor hasznos, ha a törzsmodell talajmodellt is tartalmaz, és szeretnénk a talajban a kezdeti feszültségeloszlást meghatározni (*Csak feszültségek*), anélkül, hogy figyelembe vennénk a talaj deformációját, hiszen a kezdeti állapotban a talajban már minden deformáció végbement, a jelenlegi alakját tekintjük deformálatlannak.



4.13.3. Építési fázisok szerkesztése



A kijelölt elemek megépítése ebben az építési fázisban
Hozzáadja a kijelölt elemeket az aktuális építési fázishoz. Kattintsunk az eszköztár csillag ikonjára, hogy a teljes törzsmodell megjelenjen, ezután kiválaszthatjuk az elemeket.
A kijelölt elemek ebben a fázisban épülnek meg, és megmaradnak a rákövetkező fázisokban is, hacsak egy későbbi fázisban el nem távolítjuk őket.

A kijelölt elemek eltávolítása ebben az építési fázisban
Eltávolítja a kiválasztott elemeket ebből és az összes rákövetkező fázisból.



A kijelölt elemek építésének előrehozása egy fázissal
Ha egy elem az N-edik fázisban épült meg, akkor már az (N-1)-edik fázisban megjelenik.

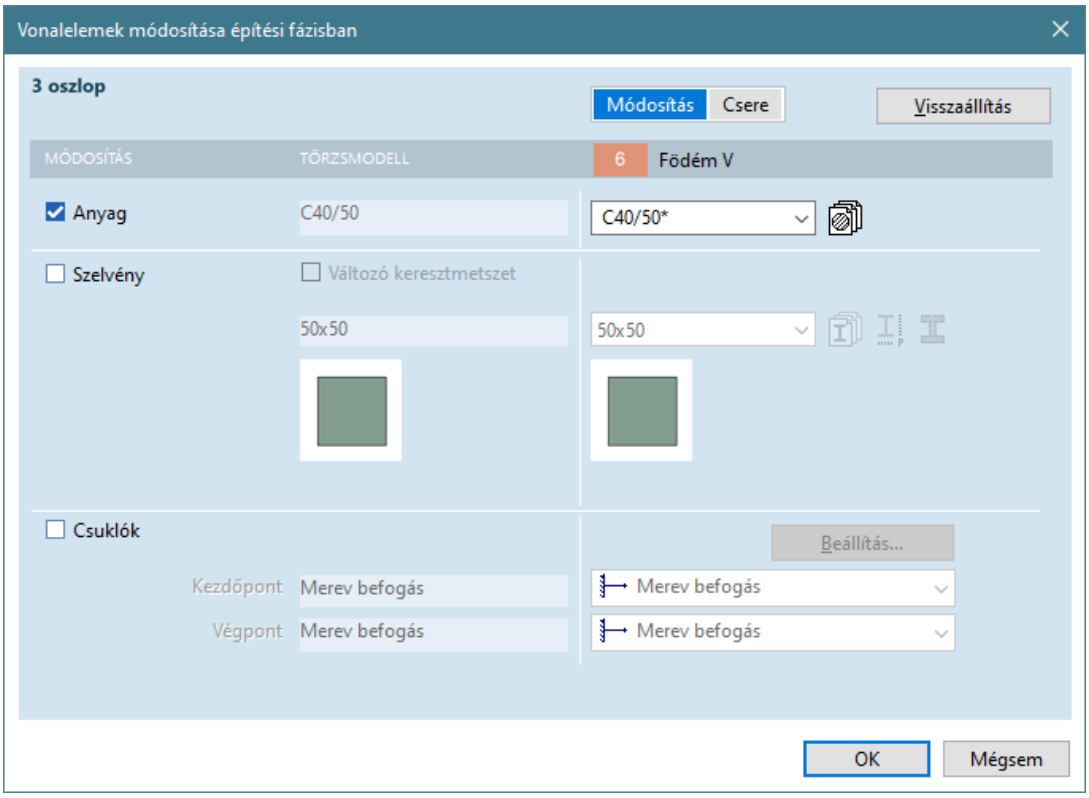
A kijelölt elemek építésének elhalasztása egy fázissal
Ha egy elem eddig az N-edik fázisban épült meg, akkor a program onnan eltávolítja, és az (N+1)-edik fázisban építi meg.

A kijelölt vonalelemek módosítása ettől az építési fázistól kezdve
A dialógusablak a törzsmodellben és az aktuális építési fázisban érvényes értékeket is mutatja. A kijelölt vonalelemeknek (rúd, rácsrúd, borda) csak az anyaga, keresztmetszete és csuklói módosíthatók. A módosítandó tulajdonságot ki kell pipálni, ezután hozzáférhetővé válik a megfelelő szerkesztőmező. Csak állandó keresztmetszetek választhatók. A tulajdonságmódosítások az aktuális és az összes rákövetkező fázisra kihatnak, de az elem egy későbbi fázisban újra módosítható, vagy visszaállíthatók a törzsmodellben megadott tulajdonságai *(Visszaállítás)*.
A keresztmetszeti feszültségeket a számítási pontokban az igénybevételekhez hasonlóan minden fázisban meg kell határozni és összegezni kell. A *Módosítás / Csere* beállítással a feszültségszámítás menetét befolyásolhatjuk.

Módosítás A jelen fázisban kapott értékek hozzáadódnak az előző fázisban számolt feszültségértékekhez.

Csere Úgy tekintjük, hogy az elemet eltávolítjuk, majd a helyére egy másik elemet illesztünk be, megváltozott tulajdonságokkal. Ezért az előző fázisban kialakult feszültségértékek nullázódnak.

Az elemek módosításáról és cseréjéről lásd még **5.1.1 Építési fázisok számítása – STG modul**



☞ **A módosítás ugyanazokra az elemekre többször is végrehajtható. A dialógusablak mindig kikapcsolt opciókkal jelenik meg, nem kapcsolja be újra a korábban módosított tulajdonságokat. A jobboldali mezőkben viszont mindig az adott építési fázisban érvényes értékek jelennek meg.**

☞ **Ha a kijelölés bordákat is tartalmaz, akkor azok külön aktiválhatók vagy inaktiválhatók (ami a következő fázisokban is aktiválja / inaktiválja őket). Ugyanaz a hatása, mintha a bordát az eszköztár gombjaival hozzáadjuk az aktuális fázishoz vagy eltávolítjuk belőle. Az önálló vonalelemek megépítése / eltávolítása a megfelelő geometriai vonalat is megjeleníti / eltünteti, de a tartományokhoz csatolt bordákra ez nem vonatkozik: egy megépített tartomány pereme akkor is része az építési fázisnak, ha a rajta futó borda nincs jelen.**



A kijelölt tartományok módosítása ettől az építési fázistól kezdve
A vonalelemekhez hasonlóan módosítható a tartományok anyaga és vastagsága. Csak konstans vastagság adható meg.



A kijelölt csomóponti támaszok módosítása ettől az építési fázistól kezdve
A vonalelemekhez hasonlóan módosítható a csomóponti támaszok merevsége. Ha a kiválasztott támaszok merevségkomponenseit különböző rendszerekben (globális vagy lokális koordinátarendszerben) adtuk meg, akkor az ezekhez tartozó értékek a kétféle rendszerben külön-külön állíthatók be.





A kijelölt vonalmenti támaszok, rúd és borda ágyazások módosítása ettől az építési állapottól kezdve
A csomóponti támaszokhoz hasonlóan módosítható a vonalmenti támaszok, rúd- és bordaelemek rugalmas ágyazásának merevsége is, a globális és lokális irányú támaszok merevségkomponensei külön-külön.



A kijelölt felületi támaszok módosítása ettől az építési állapottól kezdve
Hasonlóan módosítható a felületi támaszok merevsége is, a globális és lokális merevségkomponenseik külön-külön.



A kijelölt élmenti csuklók módosítása ettől az építési állapottól kezdve
Az élcsukló merevségkarakterisztikái módosíthatóak.



A kijelölt vonal-vonal kapcsolati elemek módosítása ettől az építési állapottól kezdve
Az kapcsolati elem merevségkomponensei módosíthatóak.

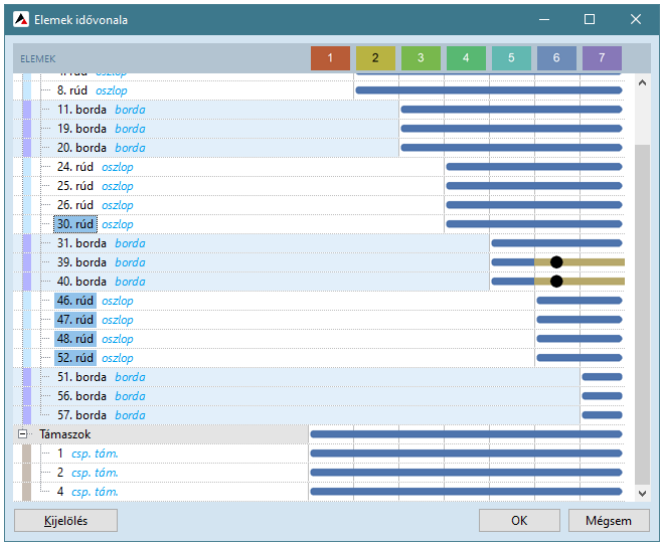


A kijelölt elemek módosításának törlése ettől az építési állapottól kezdve
A kijelölt elemeken visszaállítja a törzsmodellben megadott tulajdonságokat.

☞ **Ha egy építési állapotban nemcsak megépítünk, de el is távolítunk vagy módosítunk elemeket, akkor az a fázis nincs kellőképpen meghatározva, mivel a műveletek eredménye jelentősen függhet az alkalmazásuk sorrendjétől. Ezért ezeket az állapotokat számítás előtt a program segít több, csak egyféle műveletet tartalmazó építési állapotra bontani, hogy tényleges sorrendjüket meg lehessen határozni.**



Elemek idővonala
Megjeleníti a kijelölt elemek idővonalát.
A táblázatban ellenőrizni lehet, hogy az elemek mikor épültek (ahol a kék vonal kezdődik), mikor távolították el őket (ha a vonal az utolsó szakasz előtt ér véget) vagy mikor módosították őket (aranyszínű vonal, fekete ponttal a módosítás bevezetésének fázisában).
Ez az információ az *Építési fázisok* fülön az elemek súgóbuborékjában is ellenőrizhető.
A listában több elem neve is kijelölhető. A *Kijelölés* gomb ezeket a modellen kijelöli. Minden más kijelölés törlődik.



4.13.4. Az építési fázisok megjelenítési lehetőségei



A legördülő listából kiválasztható a megjelenítendő építési fázis. A nyilakkal átléphetünk az előző illetve következő fázisra. A megjelenítendő elemeket az eszköztár következő ikonjaival választhatjuk ki:



Az építési fázisban jelen lévő elemek
Csak az aktuális vagy valamelyik korábbi fázisban megépített (és azóta el nem távolított) elemek jelennek meg.



Az építési fázisban megépített elemek
Csak az aktuális fázisban megépített elemek látszanak (a korábban megépültek nem).



Az építési fázisban módosított elemek
Csak az aktuális fázisban módosított elemek látszanak.



Az építési fázisban eltávolított elemek
Csak az aktuális fázisban eltávolított (lebontott) elemek látszanak.



Törzsmodell
Megjeleníti a teljes törzsmodellt, lehetővé téve az adott állapotban megépítendő elemek kiválasztását.

4.13.5. Az építési fázisok terheinek megadása



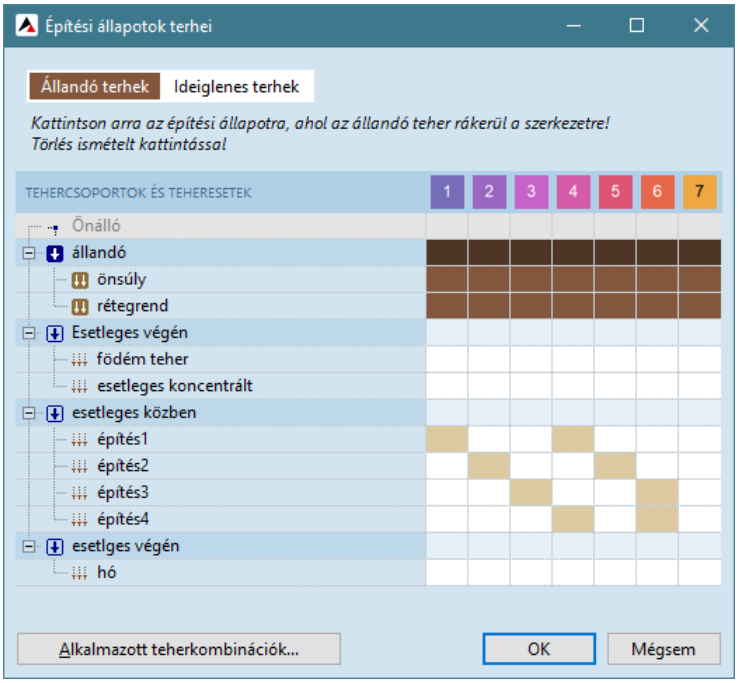


A táblázatcellákra kattintva állandó és ideiglenes tehereseteket rendelhetünk az egyes építési fázisokhoz. A sorok egy-egy teheresetet vagy tehercsoportot, az oszlopok pedig egy-egy fázist jelölnek.
A teher típusát ki lehet választani (*Állandó terhek* vagy *Ideiglenes terhek*).

Rendkívüli tehercsoportok és tehereseteik csak *Ideiglenes terhek*nél elérhetőek.

Állandó terhek

Kattintson arra az építési fázisra, ahol a szerkezetre rákerül az állandó teher! Azokra a sorokra, amelyeket ideiglenes teherként már hozzárendeltünk egyes fázisokhoz, nem lehet rákattintani. A kattintással kiválasztott fázistól kezdve a tehereset minden fázisban jelen lesz, illetve ha aktivált cellára kattintunk, onnantól eltűnik.
Tehercsoportot képviselő sorra kattintva a csoport összes teheresete aktiválódik. A tehercsoportként aktivált teheresetek sorai nem állíthatók be külön-külön. Ehhez előbb törölni kell a tehercsoport aktiválását.



Ideiglenes terhek

Kattintson arra az építési fázisra, ahol az ideiglenes teher jelen van a szerkezeten! Ha a teheresetet állandó teherként már hozzárendeltük fázisokhoz, nem lehet rákattintani. A kattintás csak az adott fázisban aktiválja a teheresetet. Aktivált cellára kattintva eltávolítjuk a teheresetet.
Tehercsoportot képviselő sorra kattintva a csoport összes teheresete aktiválódik az adott fázisban. Ilyenkor a teheresetek sorai nem állíthatók be külön-külön.

Feszítés terhek viselkedése

Az építési fázisokban ha az elem és a feszíítés teher aktív, a program csak a T0 teheresettel számol, a végállapotban pedig csak a TI teheresettel.

Alkalmazott teherkombinációk

Itt szabályozható, hogy a program az építési fázisokban mely teherkombinációkat vegye figyelembe. Három lehetőség közül lehet választani.

Ne számoljon kombinációkat
Egyetlen teherkombinációval sem számolunk.

Ahol az építési fázisban a kombináció minden teheresete jelen van
Csak azokat a teherkombinációkat vesszük fel, melyek összes teheresete jelen van az építési fázisban.

Ahol az építési állapotban a kombináció legalább egy teheresete jelen van
Csak azokat a teherkombinációkat vesszük fel, ahol a kombináció legalább egy teheresete jelen van az építési fázisban. Az építési állapotban nem aktív teheresetek hozzájárulása nulla.

Mértékadók és burkolók

Az építési fázisok eredményeihez a program mértékadó kombinációkat és burkolókat is számol.
Az építési fázisok mértékadó kombinációi csak az adott fázisban működő állandó és ideiglenes teher-eseteket tartalmazzák. Ha egy tehereset bármelyik fázisban ideiglenes teheresetként szerepelt, akkor a végállapotban nem lesz jelen, így értelemszerűen a végállapot mértékadó kombinációiban sem szerepel.
Az építési fázisok burkoló eredményei csak az építési fázisban illetve végállapotban ható tehereseteket veszik figyelembe.

Az építési fázisok mértékadóinak burkolója

Az egyes építési fázisok és a végállapot mértékadó erdményeiből a program ezek burkolóját is előállítja, ami az építési folyamat egészére vonatkozó mértékadó eredménynek tekinthető.

5. Számítás

A program alkalmas lineáris és nemlineáris statikai, lineáris és nemlineáris dinamikai valamint első és másodrendű rezgés- és kihajlásvizsgálatok elvégzésére. Az AXISVM programrendszerben a szerkezetanalízis a végeselem-módszeren alapszik. A végeselem-módszer részletes ismertetése az irodalomjegyzékben szereplő munkákban megtalálható.
A programrendszer használatának feltétele a végeselem-módszer ide vonatkozó részeinek megfelelő szintű ismerete és alkalmazási tapasztalata.

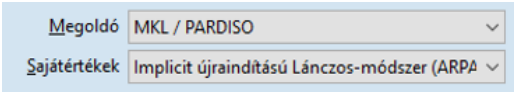
A számítások minden esetben az alábbi lépésekben hajtódnak végre:

1. Egyenletrendszer optimalizálása
2. Adatok előkészítése a számításhoz
3. A számítás végrehajtása (számítási módtól függően)
4. Az eredmények feldolgozása megjelenítéshez

A számítás során a műveletekről készülő napló az *Üzenetek*, a modell jellemző paraméterei pedig a *Statisztika* panel legördítésével jeleníthetők meg a képernyőn. Nemlineáris számítás esetén a követett csomópont mozgása a *Nyomkövetés*, míg a konvergencia alakulása az egyes növekményekben a *Konvergencia* panelen követhető. Rezgésszámításnál a sajátfrekvenciák értékét a *Sajátfrekvenciák*, a leglassabban konvergáló sajátfrekvencia relatív hibáját pedig a *Konvergencia* panel mutatja.

Kihajlásvizsgálatnál a sajátértékek alakulása a *Sajátértékek*, a leglassabban konvergáló sajátérték konvergenciája pedig a *Konvergencia* panelen követhető. Dinamikai számításnál a követett csomópont mozgása az *Időlépések* panelen, míg a konvergencia a *Konvergencia* panelen jelenik meg.
A számítási idők és a megoldott egyenletrendszer adatai a későbbiekben az ikontábla információs ikonjánál is megtekinthetők. *Lásd...* **2.16.23 Információ/Számítási paraméterek**

A *Beállítások / Alapbeállítások / Számítás* ablakban kiválasztható a megoldó motor. *Lásd...* **3.3.11.14 Számítás**.



A magas szinten optimalizált MKL megoldó használata esetén a számítás minimális előkészítés után lefut. Az alábbi leírás csak a hagyományos megoldó működését ismerteti:

Optimalizálás

A program a kedvező számítási idő és helyfoglalás elérése érdekében csomópont sorrend optimalizálást végez. Legalább 1000 szabadságfok esetén első lépésben a modell alapján generált, geometriai információkkal kiegészített, háromdimenziós gráf felhasználásával az alszerkezet-módszer alkalmazásához kedvező módon partícionálja az egyenletrendszert. A tárolás *sparse matrix* formában történik. Az optimalizált egyenletrendszer jellemzői csak a folyamat végén jelennek meg a képernyőn. Ez az optimalizálási és tárolási mód adja a legkisebb egyenletrendszer méretet és a legrövidebb futásidőt, de a legnagyobb egyenletrendszer-blokknak be kell férnie a memóriába. Ha ez nem teljesül, akkor a program átvált az egyenletrendszer sávszélességének optimalizálására, melynek során először a fordított *Cutchill-McKee* eljárást, majd *Akhras-Dhatt* eljárását egy iterációs ciklusban alkalmazza. Az aktuális iterációs folyamat előrehaladása és a hozzá tartozó egyenletrendszer helyfoglalása a képernyőn megjelenik. A sávos formában tárolt egyenletrendszer megoldásához elegendő, ha a két leghosszabb sor befér a memóriába. Az optimalizálás ideje, valamint a kiválasztott optimalizált sorrend az egyenletrendszer teljes méretének és számítógépben elérhető RAM mennyiségének is függvénye, ezért eltérő kiépítésű számítógépek esetén ugyanazon modellnél az optimalizális csomópont sorrend más lehet.

☞ **Az egyenletrendszer megoldása akkor a leghatékonyabb, ha a teljes egyenletrendszer befér a memóriába. Amennyiben a teljes egyenletrendszer már nem fér be, de az egyenletrendszer legnagyobb blokkja még betölthető a memóriába, akkor a megoldás megfelelő sebességű lehet.**
Amennyiben már a legnagyobb blokk sem tölthető be egyszerre, a feladat akkor is megoldható, de a jelentős mennyiségű lemezművelet miatt a megoldás igen lassú lehet.

Előkészítés

Az adatelőkészítés során a program először ellenőrzi a bemenő adatokat, erről a felhasználó probléma esetén tájékoztatást kap. A probléma jellegétől függően a számítás vagy leáll, vagy a felhasználó döntheti el, hogy folytatja vagy megszakítja a számítást.

Számítás

A végrehajtás során a program tájékoztat a számítás folyamatáról.
A végeselem-modell minden csomópontjának lehet 6 elmozdulási szabadságfoka. Az elemi merevségi és tömegmátrixok összeépítése a csomóponti szabadságfokok figyelembevételével történik, így egyenletes hatásfok érhető el a síkbeli és a térbeli szerkezetek vizsgálatakor.
A hagyományos megoldó használatakor a program a felállított lineáris szimmetrikus egyenletrendszert a módosított Cholesky módszerrel oldja meg.

A megoldás hibája

Az egyenletrendszer megoldási hibájának nagyságrendjét a program számítja (egy olyan tehereset megoldása alapján, aminek a pontos megoldása ismert). Várhatóan a többi teheresetből számított elmozdulások hibája is hasonló nagyságrendű. A számítás után az információs ablakban mint E(ER) jelenik meg. Ha ez az érték nagyobb, mint 0.00001, akkor a rosszul kondicionált egyenletrendszer következtében a numerikus megoldás megbízhatósága kérdéses.

Feldolgozás

Az eredmények feldolgozása során, a program a csomópontok eredeti sorrendjébe rendezi át az eredményeket, és előkészíti őket a grafikus megjelenítésre.

Az egyes számítási módokhoz megadandó paramétereket az alábbiakban tárgyaljuk.

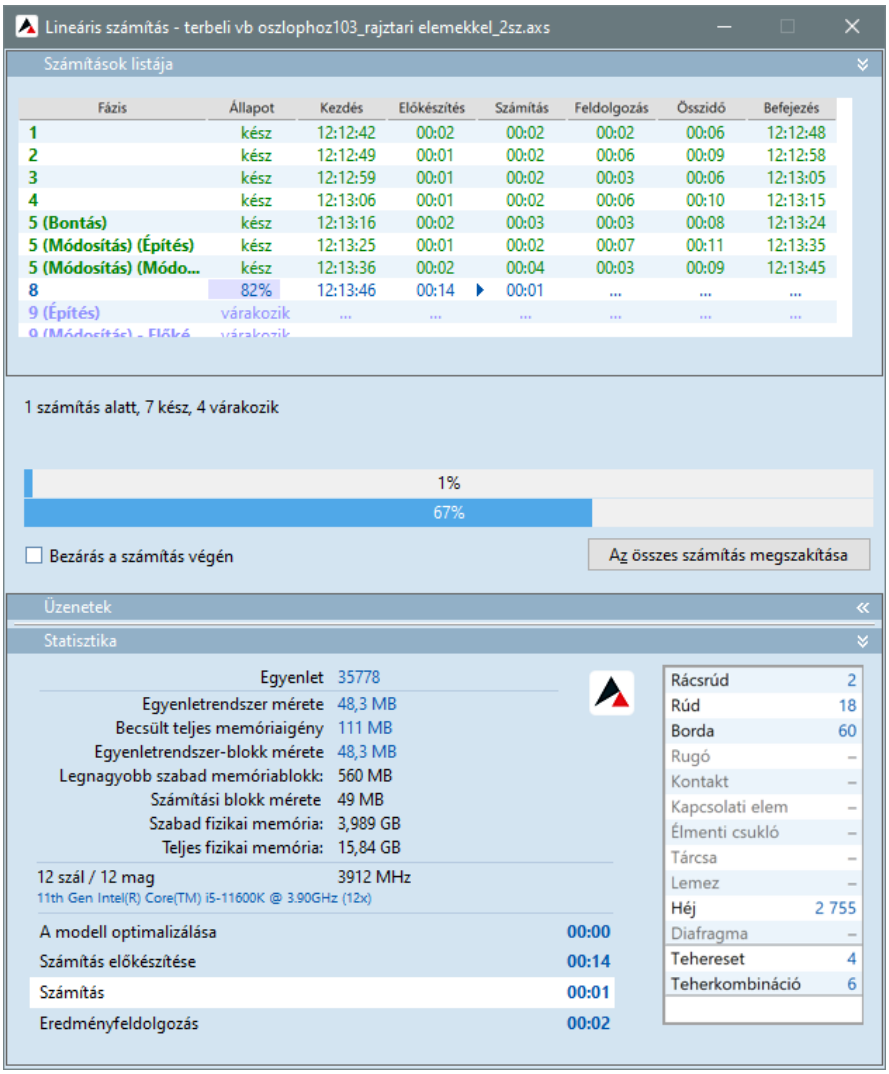
5.1. Statika

Lineáris statika



Lineáris statika esetén a szerkezet erő-elmozdulás diagramja lineáris.
A lineáris statika indítását követően a számítás azonnal elindul, és minden teheresetre megoldja a statikai feladatot. A geometriailag lineáris viselkedés feltételezi, hogy a szerkezet elmozdulásai a kis elmozdulások tartományában maradnak. Ugyanakkor korlátlanul lineárisan rugalmas (Hooke törvény) és izotróp vagy ortotróp anyagot feltételezünk.

☞ **A nemlineáris elemek lineáris statikai számításban való használatára vonatkozóan lásd a kontakt- rugó- rácsrúd- támasz- izolátor és kapcsolati elemek leírását.**



A számítás után a megoldás pontosságával kapcsolatos értékek az Info ablakban jelennek meg.

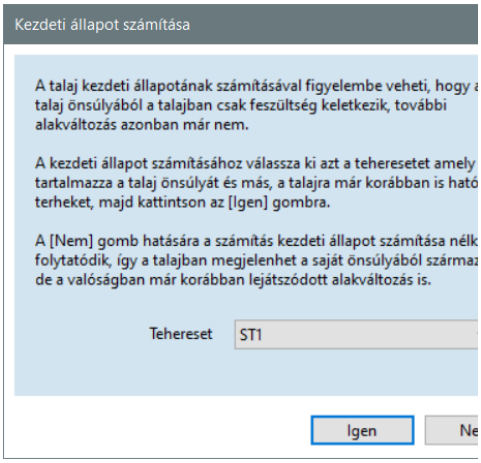


E(P): az erő konvergencia relatív hibája
E(W): a munka konvergencia relatív hibája
E(ER): az egyenletrendszer kondícionáltsága

Az instabilitásra utaló értékeket a program piros színnel jelzi.

Talajmodellezési tartomány kezdeti állapota

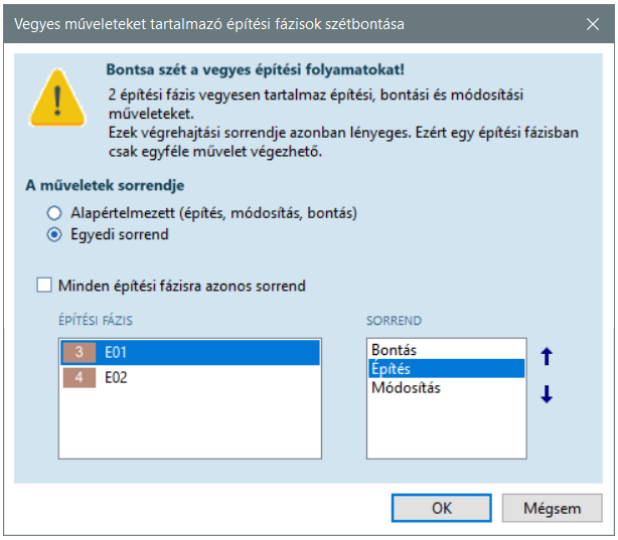
Az AXISVM lehetőséget biztosít a talaj kezdeti állapotának figyelembevételére (a talaj önsúlya és a talajra ható egyéb korábbi terhekből a talajban feszültség ébred, viszont az ebből származó alakváltozás már korábban lezajlott, ezért a jelenlegi állapotot tekintjük deformálatlannak). Ez a funkció akkor érhető el, ha a modell tartalmaz legalább egy talajmodellezési tartományt (**SOIL** modul szükséges), *lásd...* **4.9.9 Talajmodellezési tartomány (SOIL modul)**.
Ha a modell építési fázisokat nem tartalmaz, de van benne talajmodellezési tartomány, akkor a statikai számítás előtt egy párbeszédablak jelenik meg. Az ablakban kijelölhető a talaj önsúlyát és a talajtartományra közvetlenül ható egyéb, a kezdeti állapotot meghatározó korábbi terheléseket tartalmazó tehereset.



Ha a modell nemcsak talajmodellezési tartományt, de építési fázisokat is tartalmaz (**STG** modul szükséges), az első fázisba felvettük a talajtartományt, és azt kezdeti állapotnak beállítottuk, a fenti párbeszédablak nem jelenik meg, a talaj kezdeti állapotának számítása automatikus.

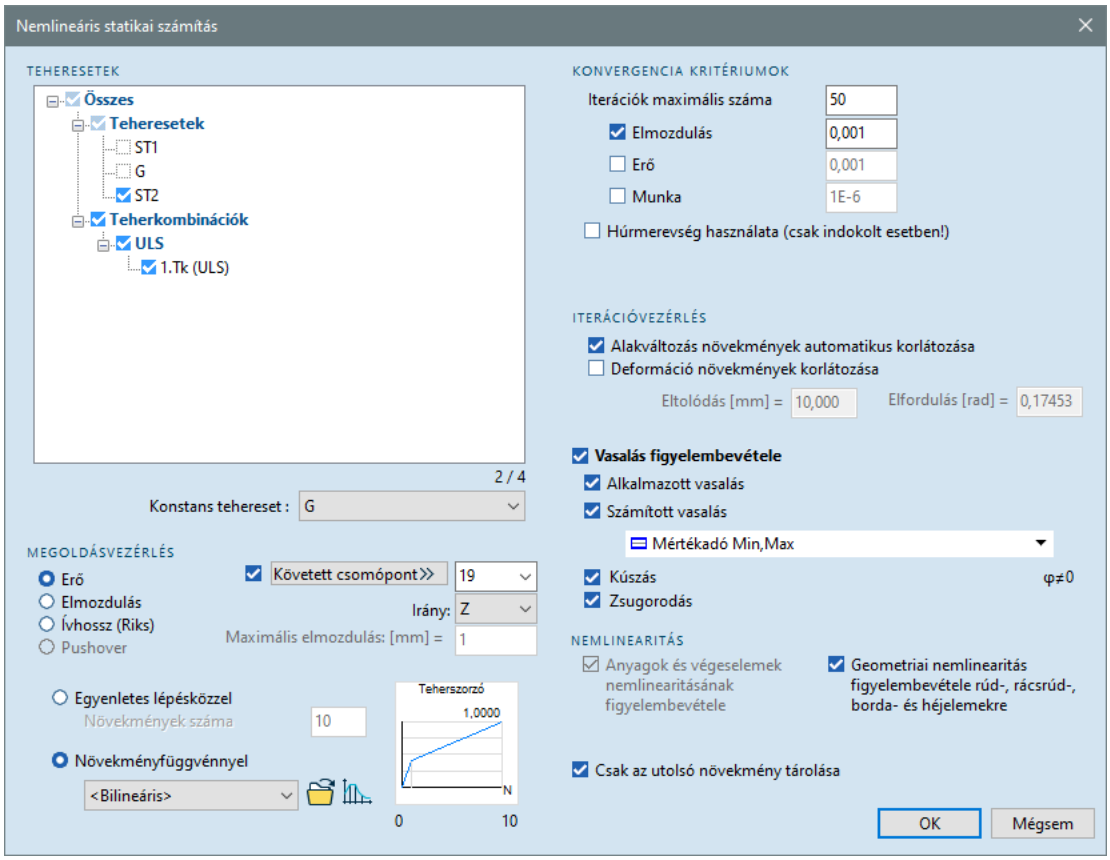
Vegyes építési fázisok szétbontása

Ha a modell tartalmaz építési fázisokat, és van olyan építési fázis mely vegyesen tartalmaz építés, módosítás, törlés műveleteket, akkor az adott építési fázis nem megfelelően definiált, mivel a változtatások eredménye nagymértékben függ az elvégzendő műveletek sorrendjétől. Ezért ezeket az összetett építési fázisokat több, csak egyféle műveletet tartalmazó fázisra kell bontani.
Ilyen esetekben a statikai számítás előtt egy figyelmeztető ablak jelenik meg a vegyes építési fázisok műveleti sorrendjének beállítására. A felhasználó választhat, hogy a program az építési fázisokat automatikusan bontsa fel, vagy beállíthatja a műveletek sorrendjét az összes érintett fázisra vagy akár fázisonként külön-külön.



Nemlineáris statika

Nemlineáris statika esetén a szerkezet erő-elmozdulás diagramja nemlineáris, mely nemlineáris anyagtulajdonságú elemek alkalmazásából, vagy a geometriai nemlinearitás figyelembevételéből adódhat. A nemlineáris statika indítását követően a számítási paraméterek ablaka jelenik meg a képernyőn.



Az AXISVM csak a fában kiválasztott teheresetekre és/vagy teherkombinációkra futtatja le a nemlineáris számítást.

Konstans tehereset

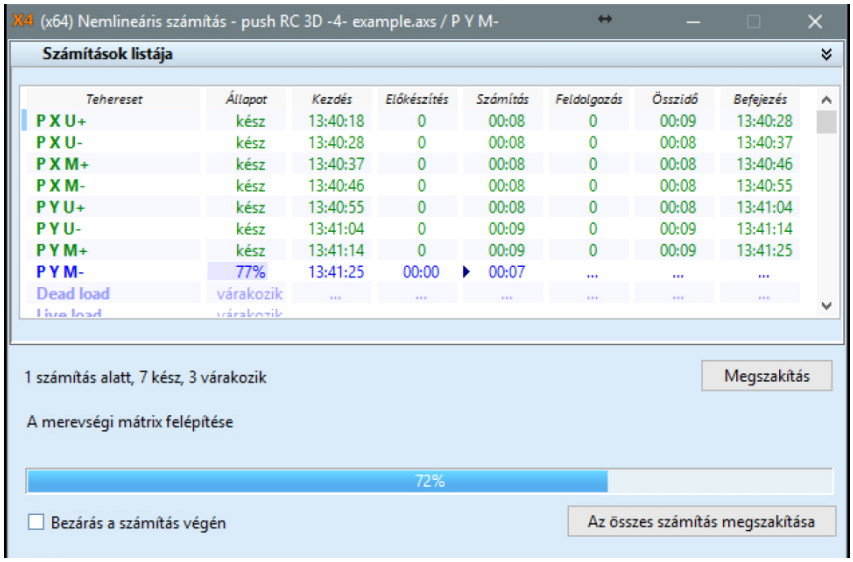
Erő- és elmozdulásvezérelt számítás esetén lehetőség van egy konstans tehereset megadására is. Az ebben lévő terhek a paraméteres tehereset első növekményével együtt, rögtön a teljes intenzitásukkal kerülnek rá a szerkezetre. Bár növekvő teheresetnek pushover teheresetek is kiválaszthatók, az ilyen analízisek nem szolgáltatnak pushover eredményeket. Ezek csak az alábbiakban ismertetett *pushover vezérlésű* analízis esetén elérhetők.

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, a nemlineáris számítás mindig a végállapotra hajtódik végre.**
Lásd... **4.13.1 Az építési fázisok koncepciója**

Megoldásvezérlés

Itt adhatók meg a növekményes megoldást vezérlő paraméterek:

A fában kijelölhetjük, mely teheresetekre és/vagy kombinációkra kérjük a számítást. A program ezeket egymás után lefuttatja a beállított paraméterekkel. A számítás után az egyes számított esetekhez tartozó információkat egy listában megtekinthetjük.



A nemlineáris vizsgálat kontroll paramétereinek (erő/elmozdulás/ívhossz) kiválasztása is ebben az ablakban történik a következők szerint:

Erő Erőkontroll esetén a növekmények tehernövekmények formájában kerülnek megállapításra. Ebben az esetben a növekmények során az egyparaméteres teherszorzóval figyelembe vett teher fog egyenletes lépésekben felkerülni a szerkezetre. Lehetőség van egy csomópont valamely szabadságfokának kiválasztására, amelynek elmozdulását a számítás során egy diagramon követhetjük.

Elmozdulás Elmozduláskontroll esetén a növekmények elmozdulás-növekmények formájában kerülnek megállapításra. Ebben az esetben a növekmények során a kiválasztott csomópont kiválasztott szabadságfokának irányában fog a megadott elmozdulás egyenletes lépésekben felkerülni a szerkezetre.

Ívhossz Ívhosszkontroll esetén a növekmények a kiválasztott csomópont kiválasztott szabadságfokának erő-elmozdulás diagramján megtett ívhossz-növekmények formájában kerülnek megállapításra. Ez a karakterisztika laposabb részein inkább elmozdulás, a meredekebb szakaszokon pedig inkább erő jellegű növekményeket jelent. A vezérlés végállapotát elmozdulásként kell megadni. Az ebből az első növekményre jutó elmozdulás a szerkezet kezdeti merevségén egy kezdeti ívhosszt határoz meg. A program a további növekmények ívhosszát is ezen az értéken igyekszik tartani. Ehhez a Riks által javasolt algoritmust [44] használja.

Pushover A pushover kontroll opció valójában egy speciális elmozdulásvezérelt számítás, melyben a fokozatosan növelt paraméteres tehereset mellett lehetőség van egy konstans tehereset megadására is. Ez a konfiguráció a pushover vizsgálat futtatásakor a P-Δ hatás megfelelő modellezéséhez szükséges.
A pushover kontroll kiválasztása után az ablak felső részén két legördülő menü jelenik meg, melyekből kiválasztható a kívánt paraméteres és konstans tehereset. A pushover terhek definiálását és a nemlineáris vizsgálat javasolt beállításait *lásd...* **4.10.26 Pushover terhek – SE2 modul**.

Vizsgált csomópont Elmozduláskontroll és pushover esetén ez a vezérelt csomópont. Mozgása a *Nyomkövetés* panelen követhető.

Irány Elmozduláskontroll és pushover esetén ez a vezérelt szabadságfok. Mozgása a *Nyomkövetés* panelen követhető.

Maximális elmozdulás A vizsgált csomópont vezérelt szabadságfokának maximális elmozdulása.

Növekmények száma A növekmények számának megadására két lehetőség kínálkozik:

1. A növekményes megoldás lépéseinek számát kell itt megadni. Alapértéke 10, de erősen nemlineáris viselkedésű szerkezeteknél szükség lehet több növekmény előírására, a numerikus konvergencia eléréséhez.
2. Növekményfüggvény használatával megoldhatjuk, hogy a lineáris viselkedési szakaszon kevesebb, a nemlineáris szakaszon pedig több növekmény legyen a számítás során figyelembevéve. Ebben az esetben tehát a terhelés nem lineárisan nő minden egyes lépésben, hanem egy függvénnyel mi előírhatjuk, hogy a tehernek hányad része legyen figyelembevéve az adott lépésben.

Ha a függvényt több modellben is szeretnénk használni, a függvényszerkesztőből (*Lásd...* **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul**) egy függvénykönyvtárba menthetjük, amely minden modell esetén elérhető. Az egyes függvények a *c:\ Users \ [felhasználónév] \ AppData \ Roaming \ AXISVM \ [verziószám] \ inc* könyvtárba kerülnek, különálló, *inc* kiterjesztésű fájlok formájában.

Konvergencia-kritériumok

A konvergenciavizsgálatok biztosítják a nemlineáris számítás eredményeinek megfelelő pontosságát, ezért nagyon kritikus a konvergenciafeltétel- tényezők megfelelő felvétele. Az iterációs folyamat során az iterációs elmozdulásnövekmény és a kiegyensúlyozatlan terhek vektorának (normájának) el kell tűnnie (nullához kell tartson).

Iterációk maximális száma

Ez az érték a nemlinearitási jelleg (mérték) és az alkalmazott megoldásvezérlő paraméterek függvényében választható meg. Alapértéke 20. Ha a kiválasztott konvergenciafeltételek még nem teljesültek a maximális iterációszám eléréséig, akkor nem kapunk vissza eredményt.

Elmozdulás / Erő / Munka / Konvergencia feltételek

Nemlineáris vizsgálat esetén többszörös konvergenciafeltételeket – elmozdulásban, erőben vagy munkában kifejezve – lehet alkalmazni (legkevesebb egyet a felsoroltak közül).
Az esetek nagy részében a munkában kifejezett konvergenciafeltétel megfelelőnek bizonyul. Ugyanakkor előfordulhat, hogy az elmozdulásnövekményben jelentősnek mutatkozó hiba ellenére a kiegyensúlyozott teherben a hiba már elenyésző, vagy épp fordítva.
A konvergenciafeltétel tényezői a következő alapértékekkel szerepelnek: elmozdulásban 0.001, erőben 0.001 és munkában 0.000001.
A számítás után a konvergenciatényezők tényleges értékei (relatív hibák az iteráció végén) az Info ablakban jelennek meg.

E(U): az elmozdulás konvergencia relatív hibája
E(P): az erő konvergencia relatív hibája
E(W): a munka konvergencia relatív hibája
E(ER): az egyenletrendszer kondícionáltsága

Húrmerevség használata

A program a merevségi mátrix összeállításához a rúdvégi csuklók húrmerevségét használja az érintő-merevség helyett. Ez javítja a konvergenciát, de jelentősen lassítja a számítást. Bekapcsolása csak akkor javasolt, ha a számítás a növekmények és az iterációk számának növelése után sem konvergál.

Iteráció vezérlés

Az anyagi nemlinearitást tartalmazó számítások gyenge konvergenciáját sokszor olyan elemek okozzák, amelyeknek a feszültség-alakváltozás karakterisztikája hirtelen merevségváltozást tartalmaz. Ilyenek például a kontaktok, a csak húzásra, vagy csak nyomásra működő rácsrudak, a határerős támaszok és a vasalással ellátott szerkezeti elemek. Ha egy adott teher növekményben egyszerre több ilyen elem halad át a hirtelen merevségváltozási pontján, végtelen iterációs ciklus alakulhat ki. Az iteráció vezérlés eszközei az ilyen helyzetek elkerülésére szolgálnak. A beépített vezérlő algoritmus a teher növekmény csökkentése helyett a deformáció növekmények nagyságát korlátozza a kritikus iterációkban. Ezzel a módszerrel elérhető a konvergencia, de ennek az az ára, hogy a korlátozott deformáció növekmények miatt a kritikus teher növekményben nagyon sok iterációra lehet szükség.
A program a következő számítási lépéseket hajtja végre minden iterációban:

1. A kiegyensúlyozatlan terhek által okozott deformáció növekmények számítása.
2. A deformáció növekmények korlátozása, ha valamelyik vezérlés bekapcsolt.
3. A további eredmények számítása...

Az iteráció vezérlés a következő korlátozási lehetőségeket tartalmazza:

Alakváltozás növekmények automatikus korlátozása
A program a deformáció növekmények alapján kiszámítja minden végeselem alakváltozás növekményét. Ha túlzott alakváltozás- vagy feszültség növekmény vagy túlzott merevség-változás lép fel, a program kiszámít egy csökkentett alakváltozás növekmény értéket, ami mellett még nem jelentkezik probléma. Az összes elem ellenőrzése után a program úgy korlátozza a deformáció növekményeket, hogy egyik elemnél se következzen be túlzott állapotváltozás.

Deformáció növekmények korlátozása
Lehetőség van a felhasználó által választott elmozdulás- és elfordulás határérték megadására. A program, ha szükséges, úgy csökkenti a deformáció növekményeket, hogy a legnagyobb közülük éppen a határértékkel legyen egyenlő.

Vasalás figyelembevétele

Vasbeton lemezek számítása esetén választhatunk, hogy

- valamely teheresethez, -kombinációhoz, burkolóhoz vagy mértékadó kombinációhoz elsőrendű számítással meghatározott vasmennyiség,
- az alkalmazott vasalás
- vagy ezek burkolójának figyelembevételével végezzük a számítást.

A számított és alkalmazott vasalás együttes figyelembevételénél (mindkét jelölőnégyzet aktív) a program a vasmennyiségek burkolójával (a nagyobb értékkel) számol, melyet irányonként és vaspozíciónként külön állapít meg. A program a vasalási paraméterekben megadott, az alkalmazott vasalástól esetleg eltérő vaspozíciót nem veszi figyelembe, kizárólag a vasmennyiséget.
Ez a funkció csak felületekre/tartományokra működik, vasbeton gerendák és oszlopok esetén a program csak az alkalmazott vasalást veszi figyelembe.
A program a vasbeton lemez lehajlását és igénybevételeit a vasalt keresztmetszet alapján meghatározott nyomaték-görbület összefüggés alapján számítja. Az így kapott elmozdulások és igénybevételek a vasbeton lemezek pontos lehajlását, és az esetleges igénybevétel-átrendeződéseket is megadják (*lásd részletesen...* **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata)**.
A program vasbeton oszlopoknál és gerendáknál az alakváltozásokkal kompatibilis igénybevételeket a Gauss-pontokban, az *y* és *z* lokális tengelyekhez tartozó görbületek és a középvonal megnyúlása alapján, a szerkezetet alkotó beton és acélbetétek nemlineáris viselkedését figyelembe véve számítja ki (*lásd részletesen...* **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata)**.
A számítás elvégezhető kúszás/zsugorodás figyelembevételével, illetve figyelembevétele nélkül. Ezzel kapcsolatban további információkat tartalmaz a hivatkozott két fejezet, melyek vasbeton felületszerkezetek és vasbeton vonalelemek nemlineáris vizsgálatával foglalkoznak.

Nemlinearitás

Anyagok és végeselemek nemlinearitásának figyelembevétele

Amennyiben a modell nemlineáris anyagú elemeket (rácsrúd, rúd, borda, tárcsa, lemez, héj) vagy egyéb nemlineáris anyagtulajdonságú elemet (pl. csak húzásra működő rácsrúd, csak nyomásra működő támasz, talajon fekvő felületelem) tartalmaz, bekapcsolható, hogy a számítás során ez a tulajdonság is legyen figyelembevéve. Kikapcsolt esetben minden elem csak lineáris tulajdonságokkal lesz figyelembevéve.

Geometriai nemlinearitás

A geometriai nemlinearitás figyelembevétele esetén a számítás során az elmozdult szerkezetre határozzuk meg az egyensúlyt. Az elmozdulás mértéke szerint másodrendű, illetve harmadrendű számítás történik. A terhek konzervatívak, miközben támadáspontjuk követi a szerkezet elmozdulását, megtartják eredeti irányukat.
Geometriai nemlinearitás figyelembevétele rácsrúd-, rúd-, borda-, héj-elemekre vonatkozik.
Ha a modellben nem szerepelnek nemlineáris anyagú vagy egyéb anyagilag nemlineáris végeselemek (támasz, rácsrúd, kontakt, rugó), akkor ez a mező kijelölve jelenik meg. Ha szerepelnek, akkor a nemlineáris vizsgálatban csak ezen elemek nemlineáris hatása jelenik meg. Ilyenkor ennek az opciónak a kiválasztásával, a geometriai nemlinearitás is figyelembevehető rácsrúd-, rúd-, borda, héjelemekre.

Stabilitási problémára figyelmeztető üzenet

A geometriai nemlinearitás figyelembevétele esetén egyes növekményekben stabilitási probléma, lokális vagy globális stabilitásvesztés, vagy átpattanás léphet fel. Az is lehet, hogy valamelyik rúdban a normálerő meghaladja az Euler-erő értékét. A probléma feltárása érdekében ilyenkor a következő javasolt:

- A deformált alakok ellenőrzése.
- Stabilitásvizsgálat futtatása és az érintett növekmények teherszorzóinak összehasonlítása a stabilitásvizsgálatból származó kritikus teherparaméterekkel.

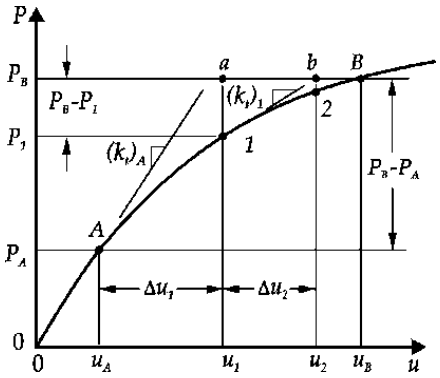
Az érintett növekmények azonosítását az Info-palettán megjelenő figyelmeztető sor is segíti.
Lásd... **2.19.1 Info-paletta**

☞ **A rudakat, bordákat legkevesebb négy részre kell felosztani közbenső csomópontok beiktatásával.**

Csak az utolsó növekmény tárolása

Ha a nemlineáris számítást több teherlépcső beiktatásával végezzük, akkor a program meghatározza az összes teherlépcső (növekmény) elmozdulásait és igénybevételeit.
A legtöbb esetben csak az utolsó teherlépcső (növekmény) eredményeire van szükség. Ilyenkor javasolt csak az utolsó növekmény tárolását kérni.

☞ **Amennyiben csak az utolsó növekmény eredményeit tároljuk, akkor a terhelési folyamat közbenső fázisaiban a szerkezet viselkedését nem tudjuk nyomon követni.**
A program egy Newton-Raphson típusú eljárást alkalmaz a nemlineáris növekmények iterációs megoldására. Az eljárás több változatban ismert, ezek az érintő merevségi mátrix aktualizálásában különböznek.

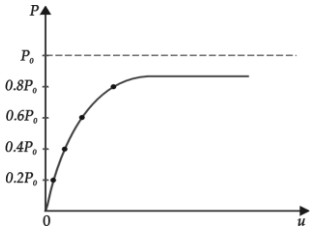


Az AXISVM-ben n = 1, tehát az eljárásban a merevségek minden iterációban aktualizálva vannak. Ezt az eljárást hagyományos Newton-Raphson eljárásnak nevezik.

Az úgynevezett "snap-through" (átpattanási) jelenségeket az erőkontrollal nem lehet megfelelően követni (a lokálisan leszálló karakterisztika szakaszon a megoldás egyszerűen átugrik). Ezen esetekben az elmozduláskontroll alkalmazása jelenti a megoldást.

Erő-elmozdulás-kontroll

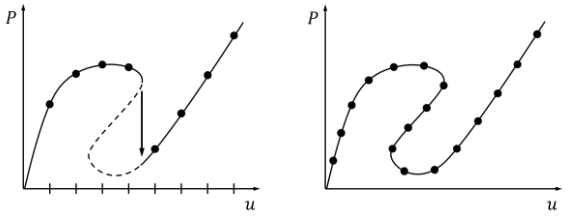
Az ábra egy erőkontroll vezérlésű növekményes megoldást mutat egy, az ábrán folytonos vonallal ábrázolt erő-elmozdulás karakterisztikájú szerkezet esetére, mely a P_0 szinten hibajelzéshez vezet, mert ekkor a szerkezet korlátlan elmozdulásokat szenved.
Jelen esetben egy elmozduláskontroll vezérlésű megoldással nehézségek nélkül vizsgálható a szerkezet.



Ívhosszkontroll

Az úgynevezett "snap-back" (visszahajlás) jelenségeket az elmozdulásvezérléssel se lehet megfelelően követni (a visszahajló szakaszon a megoldás egyszerűen átugrik). Ezen esetekben az ívhosszvezérlés (arc-length control) jelenti a megoldást. Az AXISVM az ívhosszvezérlés Riks-féle változatát használja. [44]

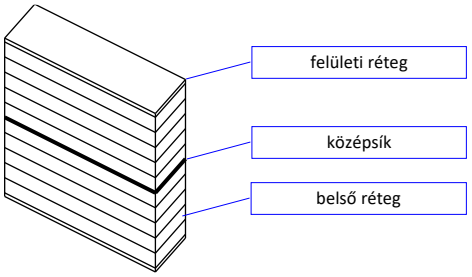
Az ábrák egy visszahajló szakaszt is tartalmazó erő-elmozdulás karakterisztikát mutatnak. Elmozdulásvezérlés esetén a visszahajló szakasz nem jelenik meg. Ívhosszvezérléssel viszont a teljes görbe közel egyenletes lépésközzel bejárható.



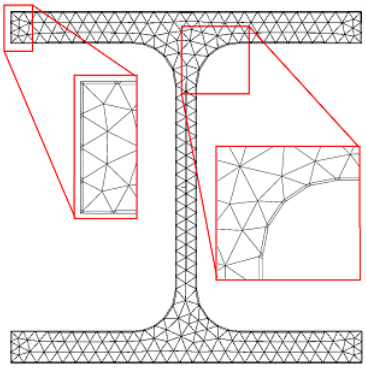
Elmozdulásvezérlés *Ívhosszvezérlés*

Nemlineáris anyagú végeselemek

A nemlineáris anyagú rúd-, borda- és felületelemek modellezése a keresztmetszet mentén is diszkretizált, ún. réteges elemekkel történik. A keresztmetszet menti diszkretizálás lemezek és héjak esetén vastagság menti felosztást, míg rudak és bordák esetén hálózással felosztott keresztmetszetet jelent. A keresztmetszetben kialakuló feszültségeloszlás számítása a sík keresztmetszetek elve és a keresztmetszet-elemekre külön-külön érvényes nemlineáris anyagtörvény alapján történik.



A feszültségkomponensek a lineáris anyagú elemekkel azonos módon kérdezhetők le. Felületelemeknél az alsó, középső és felső síkban, rúd- és bordaelemek esetén pedig a feszültségpontokban és a keresztmetszet-kontúr mentén.
A szélső szálban kialakuló feszültségek pontos számítása érdekében a rétegvastagság nem egyenletes. Lemezek és héjak esetén két vékony réteg fogja közre a tíz darab belső, vastagabb réteget. A vékony, határoló rétegek vastagsága tizede egy belső rétegének. A rudak és bordák keresztmetszeti hálója is tartalmaz egy vékony, felületi réteget, amelynek vastagsága szintén tizede a belső elemek oldalhosszának. A kontúron kialakuló feszültségeloszlást a program közvetlenül a felületi elemekről olvassa le.



Szeizmikus izolátorelemek figyelembevétele

A szeizmikus izolátorelemek analíziséről lásd a **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok** fejezetben olvashat.

Csak nyomásra működő talaj-alaplemez kapcsolat

Bekapcsolt anyagi nemlinearitás esetén az AXISVM a talaj és a rajta fekvő felületelemek érintkezését csak nyomásra működő kapcsolatként modellezi. A talaj és az alaplemez közé egy felület-felület rugó réteg is bekerül, amelynek a felület síkjába eső K_x és K_y rugókomponense lineáris viselkedésű, a felületre merőleges K_z komponense pedig nemlineáris, csak nyomásra működő. A kapcsolat deformációja az aktív irányokban elhanyagolható. A merevségek értéke:

$$K_x = K_y = 1000 \cdot \frac{E_{50}}{2(1+\mu)} \; ; \quad K_z = 1000 \cdot E_{50}$$

ahol E_{50} és μ a legfelső talajréteg húrmodulusa és Poisson tényezője. A csak nyomásra működő K_z rugókomponens miatt a felület a talajról szabadon felemelkedhet, de az érintkezés síkjába eső K_x és K_y irányú kapcsolat ekkor is merev marad.

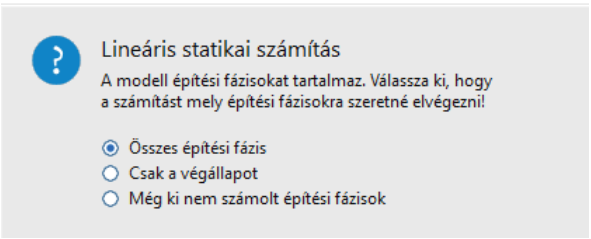
☞ **Nemlineáris kontakt réteg csak a talajon fekvő felületelemek alatt jön létre, a talajhoz vonal mentén vagy csomópontban kapcsoló elemek alatt nem.**

5.1.1. Építési fázisok számítása – STG modul

Ez a fejezet az építési fázisok számításának folyamatát mutatja be. Az építési folyamatok szimulációjára a szakirodalom több különböző módszert ismer. Az STG modul olyan módszert alkalmaz, amely az építési / bontási folyamatot lineáris statikai számítások sorozatával követi különböző modellváltozatokon, a lineáris szuperpozíció elvének felhasználásával.
Lineáris módszerről lévén szó, nagy deformációknak kitett vagy rugalmatlan szerkezetek esetében nem alkalmazható.



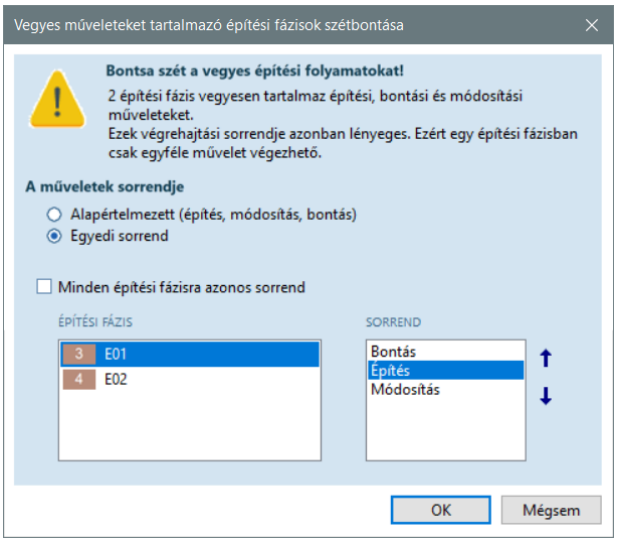
Az építési fázisok számítására nincs külön ikon, elég a *Lineáris statikai számítás* gombra kattintani. Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, a következő lehetőségek jelennek meg.



Ha csak a végállapotot számítjuk ki, akkor valójában a végállapot szerkezetére és terheivel végzünk hagyományos lineáris számítást.
Ha a fázisok korábbi számítása nem sikerült vagy a számítást megszakították, esetleg a modell valamelyik fázisában módosítás történt, elemeket építettek vagy bontottak, építési fázist hoztak létre vagy töröltek, előfordulhat, hogy bizonyos építési fázisokhoz még nincs érvényes eredmény. Ebben az esetben a harmadik opciót választva a program előállítja a hiányzó eredményeket. Fázisok módosítása esetén csak az érvénytelenné vált eredmények törlődnek, az előző fázisok érvényes eredményei megmaradnak.
A törzsmodellen végrehajtott változtatások természetesen minden eredményt érvényteleníteneK.

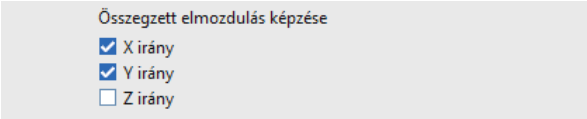
Vegyes műveleteket tartalmazó építési fázisok szétbontása

Ha a modell tartalmaz építési fázisokat, és van olyan építési fázis mely vegyesen tartalmaz építés, módosítás, törlés műveleteket, akkor az adott építési fázis nem kellően definiált, mivel a változtatások eredménye nagymértékben függ az elvégzendő műveletek sorrendjétől. Ezért ezeket az összetett építési fázisokat több, azonos típusú műveleteket tartalmazó fázisra kell bontani.
Ilyen esetekben a statikai számítás előtt figyelmeztető ablak jelenik meg, ahol a vegyes építési fázisok műveleti sorrendje beállítható. A sorrend lehet automatikus vagy egyedi, akár az összes érintett fázisra ugyanaz, vagy fázisonként eltérő is.

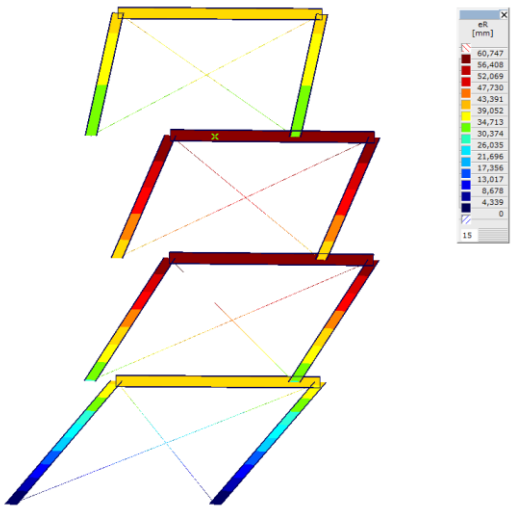


Összegzett elmozdulás képzése

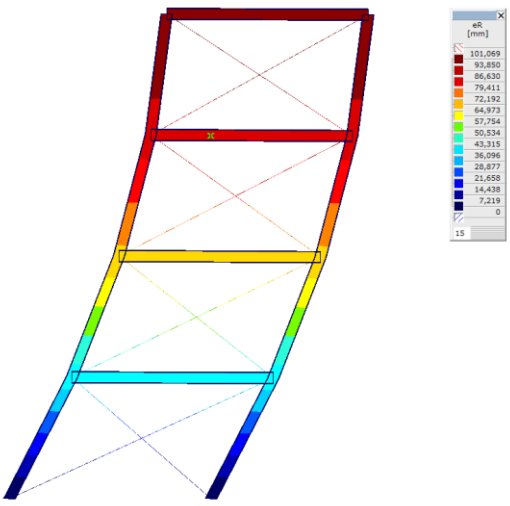
Az egymásra következő építési fázisokat mindig csak a terhek közötti különbségre futtatjuk, mivel a korábbi terhek hatása már rajta van a szerkezeten. Ezután a statikai eredményeket szuperponáljuk. A számítás jellegéből adódik, hogy az elmozdulás-eredmények a fázisok között nem folytonosak: az egyes szakaszokban kapott elmozdulásokat az előző szakasz deformált alakjához viszonyítjuk. Ez nem mindig okoz problémát; bizonyos esetekben azonban megnehezíti az eredmények értelmezését (pl. többszintes épületek építése során, ahol a felső elmozdulások jelentősek).
A hagyományos mérnöki szemléletnek megfelelő deformált alak előállításához az építési szakaszok elmozdulás-eredményeit összegezni, kumulálni kell. Ez a három elmozdulási szabadságfok szerint szabályozható: X, Y és Z irányban. Az AXISVM csak a kiválasztott irányokban összegzi a fázisok elmozdulási eredményeit.



☞ **Többszintes épületeknél a vízszintes elmozdulásokat (X és Y) ajánlott összegezni. A függőleges Z elmozdulások összegzése azonban nem célszerű, mivel az építési fázisok számításának egyik célja épp annak modellezése, hogy az alsó szintek önsúlya nem okoz deformációkat a felső emeleten, mert minden emelet az előző fázis deformált alakját kompenzálva épül.**



Elmozdulás-eredmények a fázisok elmozdulásainak összegzése nélkül



Elmozdulás-eredmények a fázisok X irányú elmozdulásainak összegzésével

Végállapot

A statikai számítást a program a megadott építési fázisokon túl az úgynevezett végállapotra is elvégzi. A szerkezet megegyezik az utolsó építési fázisban kialakult szerkezettel, de más terhek kerülnek rá.
A földrengésterhek, tűzterhek, SWG meteorológiai terhek stb. és más, az építési szakaszokban korábban nem alkalmazott terhek *(lásd...* **4.13.5 Az építési fázisok terheinek megadása**) csak a végállapotban kerülnek rá a szerkezetre, a fázisokhoz rendelt ideiglenes terhek pedig a végállapotban nem szerepelnek.
Az építési szakaszok és a végállapot eredményei külön-külön is megjeleníthetők (*lásd...* **6.1.31 Az építési fázisok eredményei**).

Szerkezeti elem cseréje

Egy szerkezeti elem cseréje többféleképpen is elvégezhető. Talán a legegyszerűbb példa a szerkezet megerősítése, amikor egy elégtelen teherbírású téglapillért acéloszlopra cserélünk. Ez a példa jól szemlélteti a különböző módszereket és az STG modul lehetőségeit.

1. Az első megoldás az, hogy a téglapillért egyszerűen elbontjuk, hagyjuk, hogy a deformációk bekövetkezzenek, majd egy megfelelő hosszúságúra vágott acéloszlopot illesztünk a helyére. Ez legtöbbször elfogadhatatlan deformációkat eredményezne. Bizonyos helyzetekben, más célú szerkezeti elemeknél azonban ez a módszer alkalmazható lehet. Ilyenkor a következőképpen lehet eljárni: két új építési fázist kell beiktatni, az elsőben eltávolítani a szerkezeti elemet (ebben az esetben az oszlopot), azaz deaktiválni, a második fázisban pedig újraaktiválni, de más tulajdonságokkal.
2. A második lehetőség a vonalelemek és tartományok módosításánál beállítható csere funkció használata (*lásd...* **4.13.3. Építési fázisok szerkesztése**). Ekkor a program egy egyszerűsített folyamatot valósít meg, amelynek csak a végeredménye jelenik meg az adott építési fázisban. A folyamat lépései a következők: 1) A szerkezeti elem csatlakozási pontjai között, a szerkezeti elemmel párhuzamosan kapcsolva, tökéletesen merev kiékelést hoz létre, amivel az eddig bekövetkezett deformációkat rögzíti. 2) A maradék szerkezet kiékelt állapotát fenntartva a szerkezeti elemet eltávolítja a modellből. 3) Az új szerekezeti elemet a még mindig kiékelve tartott szerkezetbe hézagmentesen és feszültségmentesen beilleszti. 4) Végül megszünteti a kiékelést, amivel megengedi a további deformációk létrejöttét, és a beépített új elem megterhelődését.
3. A harmadik megoldás a födém ideiglenes megtámasztása és megemelése az oszlop közelében. Ezzel megakadályozzuk a deformációkat. Ez a módszer négy építési fázist igényel, a törzsmodellnek pedig tartalmaznia kell a pótlólag odahelyezett támaszokat vagy más megtámasztó elemeket is. A modellezési folyamat a következő: 1) Az első fázisban aktiváljuk az ideiglenes támaszokat. 2) A második fázisban elbontjuk az oszlopot (deaktiváljuk). Az emelőerőket ebben a fázisban kell alkalmazni a szerkezetre. 3) A harmadik fázisban az oszlopot újra aktiváljuk, de új szelvénnyel és anyagtulajdonságokkal. 4) A negyedik fázisban eltávolítjuk (deaktiváljuk) az ideiglenes támaszokat. Alternatív megoldásként az oszlop felső csomópontjánál a merevség csökkenthető (pl. csuklók megadásával), ezzel elérhetjük, hogy az oszlop ne fejtsen ki erőt az emelési folyamat ellen. Ekkor az emelőerőket az első szakaszban lehet alkalmazni.

Egy szerkezeti elem fizikai cseréje mindig feszültség alatt álló anyag eltávolítását és a feszültségmentes anyag hozzáadását jelenti. Ennek megfelelően a kellően pontos eredmények eléréséhez a folyamatot több építési fázissal kell modellezni Ez a több lépcsős megközelítés biztosítja, hogy a köztes állapotokat és az igénybevételek átrendeződését jól követjük, ami reális és megbízható eredményekhez vezet.

Szerkezeti elem módosítása

Vonalelem vagy tartomány módosítása az anyagjellemzők, a keresztmetszeti jellemzők, vagy mindkettő megváltoztatását jelentheti. Ezek eredőjeként a szerkezeti elem merevebbé vagy lágyabbá válhat, szemléletesebb szóhasználattal erősödhet vagy gyengülhet. Az anyagmerevség növekedése, valamint a keresztmetszetet növelő új anyag beépítése feszültségmentesen, a módosítandó szerkezeti elem deformált állapotához illeszkedve történik, ezért nem okoz igénybevétel-növekedést. Az anyagmerevség csökkenése, valamint a keresztmetszet csökkentésével modellezett anyageltávolítás viszont az eltávolított részben lévő feszültség kivonását is eredményezi.

☞ **Ha a megadott módosítások nem felelnek meg az alábbiakban ismertetett feltételeknek, akkor a program az elem tulajdonságainak megváltoztatását módosítás helyett cseréként fogja végrehajtani.**



Vonalelemek esetén a módosítás feltételei a következők:

1. Az anyagtípus nem változik.
2. A Poisson tényező nem változik.

Ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor a program minden egyes igénybevételi módra meghatározza, hogy az adott igénybevételi mód szempontjából erősítés vagy gyengítés történt. Ehhez kiszámítja, hogy az előző építési fázisban kialakult deformációs és igénybevételi állapot rögzítése mellett, csak az anyag és a keresztmetszet módosulásának hatására az egyes igénybevételi módokhoz tartozó alakváltozási energia növekszik vagy csökken. Az alábbi táblázat megmutatja, hogy az egyes elemtípusok és igénybevételi módok esetén melyik anyag és keresztmetszeti jellemzők játszanak szerepet.

Igénybevétel	*Rácsrúd*	*Rúd*	*7 szf. rúd*	*Borda*
Húzás	$E \cdot A$	$E \cdot A$	$E \cdot A$	$E \cdot A$
Csavarás	-	$G \cdot I_x$	$G \cdot I_x$, $E \cdot I_\omega$	$G \cdot I_x$
Hajlítás-nyírás	-	$E \cdot \begin{bmatrix} I_y & -I_{yz} \\ -I_{yz} & I_z \end{bmatrix}$	$E \cdot \begin{bmatrix} I_y & -I_{yz} \\ -I_{yz} & I_z \end{bmatrix}$	$E \cdot \begin{bmatrix} I_y & -I_{yz} \\ -I_{yz} & I_z \end{bmatrix}$ $G \cdot A_y$, $G \cdot A_z$

A hajlítás-nyírás számítása a főirányok koordinátarendszerében, a két főtengely mentén egymástól függetlenül történik. Ha az inerciák változása olyan, hogy a főirányok is megváltoznak, akkor a program a szögfelezőjükre illeszkedő korrdinátarendszerben mint közelítő főirány-koordinátarendszerében számol. Speciális esetekben (például szimmetrikus szelvény) vagy ha egyes jellemzők nem változnak (például szimmetrikus överősítés), a viszonyok egyszerűsödnek.
Ezekkel a lehetőségekkel megerősítés, köpenyezés, valamint felületi és belső korrózió is modellezhető.



Tartományok esetén a módosítás feltételei a következők:

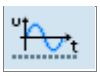
1. Az anyagtípus nem változik.
2. A Poisson tényező nem változik.
3. Az Ex és Ey rugamassági modulusok és a vastagság úgy változik, hogy azok összessége egyértelműen erősítést vagy gyengítést eredményez:
   - Erősítés: $E_{x2} \geq E_{x1}$, $E_{y2} \geq E_{y1}$, $v_2 \geq v_1$
   - Gyengítés: $E_{x2} \leq E_{x1}$; $E_{y2} \leq E_{y1}$, $v_2 \leq v_1$

Ezekkel a lehetőségekkel a beton szilárdulása, a rábetonozás, a kúszás és a vasbeton lemez felületi és belső korrózióját is modellezhető.

Egyéb elemek módosítása

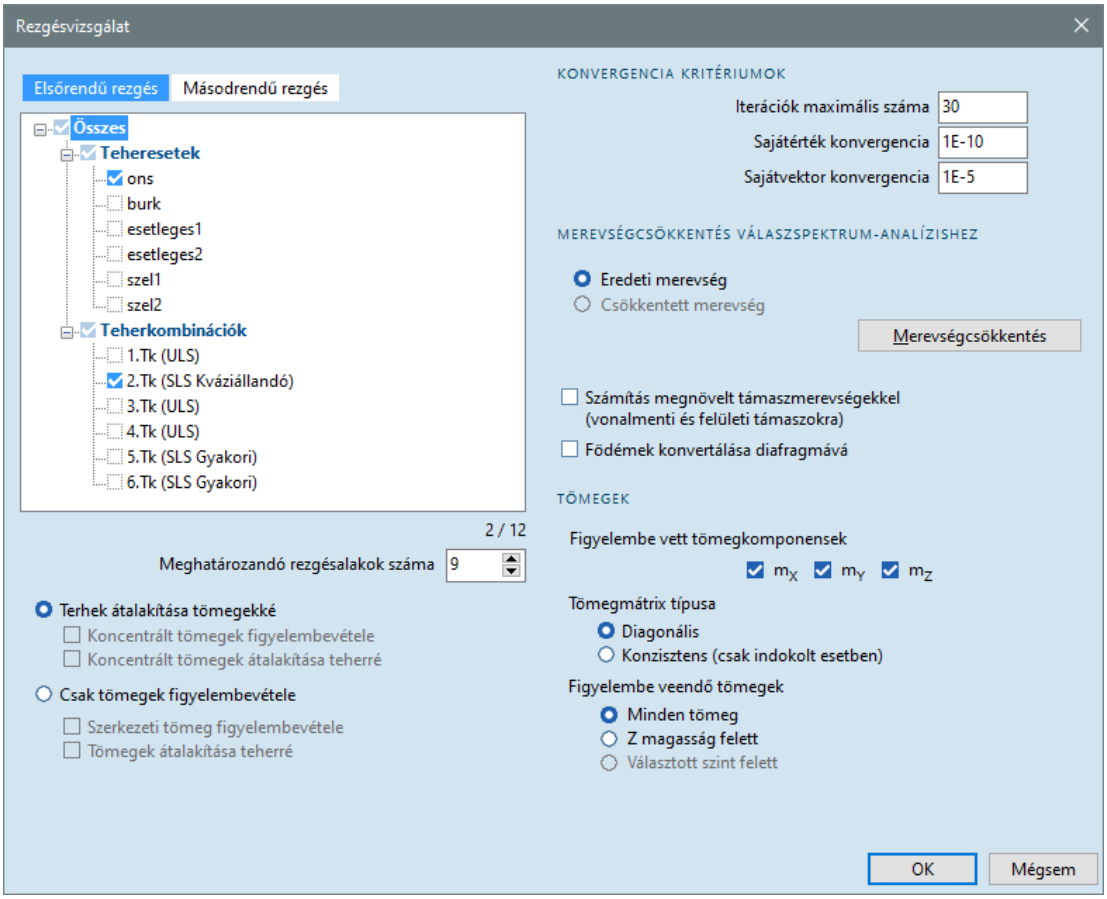
Az egyéb elemek (támaszok, vonal-vonal kapcsolati elem, élmenti csukló) esetén a program a merevségváltozások alapján minden egyes komponensre meghatározza, hogy erősítés vagy gyengítés történt.

5.2. Rezgés



A rezgésvizsgálat során a program meghatározza a kért számú legkisebb szabad rezgési frekvenciát és a hozzá tartozó rezgésalakokat. A számítás egy általánosított sajátérték-feladat megoldása (ehhez a program egy altér-iterációs eljárást használ). A program ellenőrzi, hogy ténylegesen a legkisebb sajátértékek lettek meghatározva.
A szerkezet tömegmátrixa diagonális felépítésű, és csak eltolódási tömegkomponenseket tartalmaz.

☞ **A rezgésvizsgálat eljárása a szerkezetanalízisben előforduló pozitív valós sajátértékek meghatározására való. Közel zérus sajátértékek meghatározására nem alkalmas.**



☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, a rezgésszámítás mindig a végállapotra hajtódik végre.**
Lásd... **4.13.1 Az építési fázisok koncepciója**

Megoldás-vezérlés

A fában kijelölhetjük, mely teheresetekre és/vagy kombinációkra kérjük a számítást. A program ezeket egymás után lefuttatja a beállított paraméterekkel. A számítás után az egyes számított esetekhez tartozó információkat egy listában megtekinthetjük.
Itt adhatók meg a sajátérték feladat megoldását vezérlő paraméterek:

Elsőrendű rezgés

A számítás nem veszi figyelembe az elemekben fellépő nyomó- húzó- erők hatását a szerkezet merevségére a rezgésalakok meghatározásakor.

Másodrendű rezgés

A számítás figyelembe veszi az elemekben fellépő nyomó-húzóerők hatását a szerkezet merevségére. A rezgésalakok meghatározásakor a húzóerők merevségnövelő, a nyomóerők merevség-csökkentő hatásúak. Ez a hatás befolyásolja a szerkezet rezgési viselkedését. Ennek megfelelően magát a rezgésvizsgálatot egy statikai vizsgálat előzi meg.

Meghatározandó rezgésalakok száma

Itt adható meg a kívánt rezgésalakok száma. Az alapérték 9, a maximális érték nincs korlátozva. Az itt megadott érték nem lehet nagyobb, mint a szerkezet tömegszabadságfokainak száma.

Eset

A figyelembe veendő terhelési vagy tömegesetet lehet itt kiválasztani (egyszerre egy esetet). Elsőrendű és másodrendű rezgésvizsgálatok esetén a terhek tömegekké is konvertálódnak. Másodrendű esetben a statikai vizsgálatban meghatározott igénybevételeket is felhasználja a program.

Terhek átalakítása tömegekké

A kiválasztott tehereset gravitációval párhuzamos jellegű terheit a számításhoz tömegekké alakítja. A generált csomóponti tömegek megtekinthetők a Táblázatkezelőben (Eredmények / Rezgés / [tehereset vagy kombináció neve] / Csomóponti tömegek).
Koncentrált tömegek figyelembevétele: Ha külön megadtunk csomóponti tömegeket (*lásd...* **4.10.37 Csomóponti tömegek**), itt beállítható, hogy a számítás figyelembe vegye-e őket.
Koncentrált tömegek átalakítása teherré: Ebben az esetben a külön megadott csomóponti tömegek a rezgésszámításban terhekké alakítva kerülnek a szerkezetre a rezgésszámítás során.

Csak tömegek figyelembevételével

A számítás során csak a megadott tömegeket veszi figyelembe (egyik teheresetből sem keletkezik tömeg). Bekapcsolható az elemek tömegének (szerkezeti tömeg) figyelembevétele, illetve a tömegek a rezgésszámításban terhekké is alakíthatóak a rezgésszámítás során.

Figyelembe vett tömegkomponensek

Beállítható, hogy a megadott tömegekből csak mely komponensek legyenek figyelembe véve. Használhatjuk csak a szükséges irányú rezgésalakok meghatározásához.

Tömegmátrix típusa

Diagonális
kisebb tömegmátrix, de a centrifugális inerciák elhanyagolásra kerülnek

Konzisztens (csak indokolt esetben)
teljes tömegmátrix és a centrifugális inerciák is figyelembe vannak véve

Tömegek figyelembevétele

Beállítható, hogy a rezgésvizsgálat mely tömegeket vegye figyelembe. Ez mereven megtámasztott szerkezeti elemek esetében segíti a modális tömegek biztosítását. *Minden tömeg* beállítása esetén a szerkezet teljes tömege részt vesz a rezgésvizsgálatban, *Z magasság felett* beállítása esetén megadható egy Z koordináta, s csak e feletti tömegek vesznek kizárólag részt a rezgésvizsgálatban. Amennyiben a modell szinteket tartalmaz, a *Választott szint felett* segítségével is kiválasztható, mely szint feletti tömegek legyenek figyelembe véve a rezgésvizsgálatban (például az alagsor ne).

Diafragma

A *Födémek konvertálása diafragmává* bekapcsolása esetén a program a födémeket alkotó végeselemeket a rezgésszámítás idejére diafragmával helyettesíti. Ezzel a beállítással a számítási idő csökkenthető, ha a térbeli modell csak oszlopokat és födémeket tartalmaz. Amennyiben merevítő falak is vannak, a megoldandó egyenletek száma ugyan csökken, azonban az egyenletrendszer sávszélessége jelentősen növekedhet, ezért végül a számítási idő is megnőhet.

☞ **A felületi támasszal ellátott és a talaj testelemen fekvő felületelemeket a program nem alakítja diafragmává.**

Konvergencia-kritériumok

A konvergenciavizsgálatok biztosítják a sajátérték-számítás eredményeinek megfelelő pontosságát, ezért nagyon kritikus a konvergencia- feltétel tényezőinek megfelelő felvétele.

Iterációk maximális száma

Az iterációk maximális száma a sajátértékek számának függvényében választható meg (nagyobb érték több sajátérték esetén). Alapértéke 20. Ha a kiválasztott konvergenciafeltételek még nem teljesültek a maximális iterációszám eléréséig, akkor nem kapunk vissza eredményt.

Sajátérték konvergencia

Ez a sajátértékek relatív konvergenciáját határozza meg. Az alapérték 1.0E-10.

Sajátvektor konvergencia

A sajátvektorok konvergenciájának referenciaértéket lehet megadni. A rezgésvizsgálatból származó sajátvektorok hibáját a program ezzel a referenciaértékkel hasonlítja össze. Ha a hiba nagyobb, mint a referenciaérték, akkor piros színnel jelenik meg az információs ablakban.

☞ **A program alapértelmezés szerint diagonális felépítésű tömegmátrixot használ. Ennek megfelelően a szerkezet tömegeloszlásának megfelelő pontosságú modellezéséhez szükséges a rudakon közbenső csomópontokat is felvenni, valamint felületek esetén megfelelően finom (sűrű) végeselemhálózatot kell kialakítani. Általában kielégítő pontosság érhető el, ha minden rezgési félhullámhoz legkevesebb négy elemosztás tartozik (felületek esetén mindkét irányba).**

$\boxed{\{\mathbf{U}\}^T \cdot [\mathbf{M}] \cdot \{\mathbf{U}\} = 1}$ A rezgésalakok tömeg szerint normalizáltak.

Merevség-csökkentés...

Merevségcsökkentés paramétereinek beállítási lehetőségeit *lásd...* **3.3.10 Merevségcsökkentés** fejezetben.

Számítás megnövelt támasz-merevségekkel

Beállítása esetén a vonalmenti, felületi támaszmerevségek a rezgésvizsgálat során (a valósághűbb modellezés érdekében) az alapértelmezett („merev") értékekkel fognak szerepelni tehát 10^7 kN/m/m. Csomóponti támaszok, rugók és élmenti csuklók komponensei esetén a program – a *Számítás megnövelt támaszmerevségekkel* kapcsoló beállításától függetlenül – a rezgésvizsgálat során mindig az alkalmazott rugókarakterisztikához megadott rezgési merevséget veszi figyelembe. *Lásd...* **4.9.14 Csomóponti támasz**

Szeizmikus izolátorelemek figyelembevétele

A szeizmikus izolátorelemek analíziséről *lásd...* **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok** fejezetben olvashat.

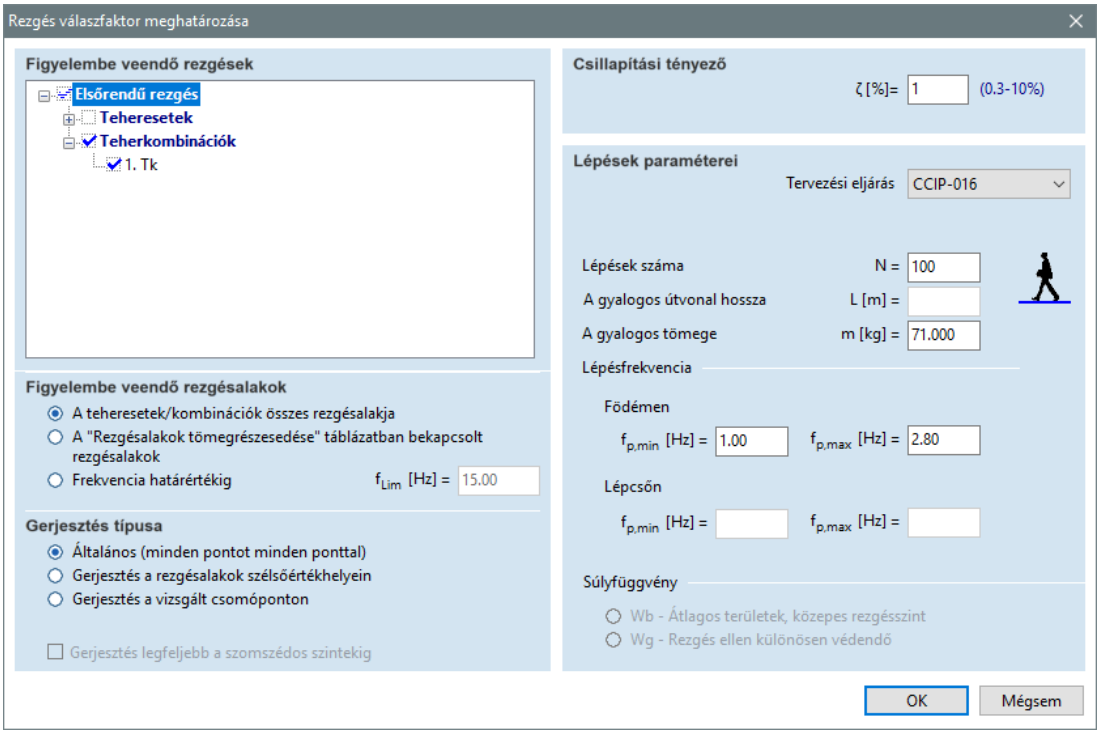
5.2.1. Rezgés válaszfaktor meghatározása

Az egyre hatékonyabb és könnyebb szerkezetek elterjedésével mind több gondot kell fordítani az emberek (járókelők) okozta rezgések vizsgálatára, ezek ugyanis kellemetlenek lehetnek, bizonyos épülettípusok esetén pedig az effajta vibrációt kifejezetten a minimumra kell csökkenteni (pl. a laboratóriumokban vagy műtőkben). A következőkben leírt vizsgálat a gyalogos lépteit gerjesztésnek tekintve meghatározza a födémeken a rezgés válaszfaktort, mely az adott pontban fellépő maximális válasz-gyorsulással arányos.

A vizsgálat elvégzésének első feltétele, hogy legyenek a modellben födémek (ezek síkjának normálvektora a gravitáció irányával 10°-nál kisebb szöget zár be) vagy lépcsők (10°-70° között). A vizsgálat szempontjából falnak minősülnek azok a tartományok, ahol ez az érték 70° felett van. Falak csomópontjait a számítás során nem gerjesztjük és nem számítjuk ki a gyorsulásukat.

Vizsgálandó teheresetek

A vizsgálat elvégzésének másik feltétele, hogy a modellben legyenek első- vagy másodrendű rezgéseredmények. A megjelenő dialógusablakban kiválaszthatjuk, hogy ezek közül melyeket vesszük figyelembe (azok a teheresetek vagy teherkombinációk, ahol a kiszámított rezgésalakok frekvenciatartománya elégtelen a rezonancia helyes vizsgálatához, piros színnel jelennek meg).
Megadhatjuk a födémek és lépcsők gerjesztésének módját, a csillapítási tényezőt és a lépések paramétereit. A számítás eredményeképpen megjelennek a födémeken és lépcsőkön az adódó rezgés válaszfaktorok (R).



Fontos, hogy az ezen vizsgálat során a modell peremfeltételei tükrözzék a szerkezet dinamikus terhekre való merevebb viselkedését (*lásd...* **5.2 Rezgés**, *Számítás megnövelt támaszmerevségekkel*). Ezen felül a rezgésalakok meghatározása során célszerű az esetleges terhek kvázi-állandó (ψ_2) kombinációval való figyelembevétele, mely kedvezően befolyásolja a födém gyalogos terhekkel szembeni dinamikus viselkedését, mivel a gerjesztett tömeget számottevően növelheti.

Figyelembe veendő rezgésalakok

Ha A teheresetek/kombinációk összes rezgésalakja beállítást választjuk, akkor minden rezgésvizsgálattal meghatározott sajátalakot, sajátértéket felhasználunk. A második lehetőség, hogy mérnöki megítélés alapján egyes rezgésalakokat kikapcsolunk a *Rezgésalakok tömegrészesedése* táblázatban, és kizárólag az aktív alakokat használjuk a számítás során. A *Frekvencia határértékig* kiválasztásakor csak a megadott f_{Lim} frekvencia határértékig terjedő rezgésalakok vesznek részt a számításban.

Gerjesztés típusa

Három gerjesztési módszer közül választhatunk, ezek más-más eredménykomponensbe kerülnek.
Általános: Minden födém és lépcső csomópont gerjeszthető az éppen vizsgált csomópontot. (R ált.)
Gerjesztés a rezgésalakok szélsőértékhelyein: Csak a rezgésalakok két globális szélsőértékhelyén történik gerjesztés.
Gerjesztés a vizsgált csomóponton: csak a vizsgált csomópontra helyezett gerjesztéssel számolunk.

Ha korábban azonos tehermodellel de másféle gerjesztéssel már végeztünk számítást, annak eredményei megmaradnak.

Amennyiben a modellben van legalább három szint, akkor bekapcsolható a *Gerjesztés legfeljebb a szomszédos szintekig*. Ilyenkor a vizsgált csomópontot csak a vele egy szinten, vagy vele szomszédos szinten lévő csomópont gerjesztheti.

Csillapítás Itt beállítható, hogy gyalogos által keltett födémrezgés során mekkora szerkezeti csillapítást vesz a program figyelembe. Ajánlásokat ezen értékre lásd az Irodalomjegyzék [33], [34]-es pontjában.

Lépésteher

Tehermodell A felhasználó kiválaszthatja, hogy a *CCIP-016* [33], vagy az *SCI P354* [34] tervezési eljárás szerint kívánja vizsgálni a szerkezetet. A kétféle eljárás algoritmusába mélyebb betekintést a *Súgó / FFA segédlet* menüpontban megnyitható szakmai anyag nyújt. A tehermodell megváltoztatása esetén a korábban számolt rezgés válaszfaktor eredmények törlődnek.

Lépésszám (CCIP-016) A CCIP-016 tervezési eljárás lehetőséget ad az állandósult rezgésrészből (rezonancia) származó gyorsulások csökkentésére, ezek kialakulásához ugyanis idő kell, amit befolyásol, hogy hány lépés okozza a gerjesztést.

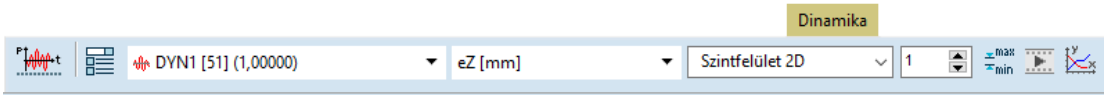
Gyalogos útvonal hossza (SCI P354) A lépésszámhoz hasonlóan az SCI P354 eljárás is lehetőséget biztosít az állandósult rezgésrészből (rezonancia) származó gyorsulásértékek csökkentésére. Ezen esetben egy mértékadó útvonalszakasz hosszát lehet megadni.

Gyalogos tömege A program lehetőséget biztosít a tervezési eljárásokban megadott tömegektől eltérő gyalogostömeg felvételére.

Lépésfrekvencia Az SCI P354 eljárásban megadható az ajánlásoktól eltérő frekvenciatartomány is. A program ebben a frekvenciatartományban vizsgálja a különböző diszkrét frekvenciákon történő gerjesztés hatását.

Súlyfüggvények (SCI P354) Itt beállíthatjuk, hogy a komfortérzet biztosítása szempontjából kívánjuk vizsgálni az épületet (W_b - *Átlagos területek, közepes rezgésszint)* vagy precíz mozdulatokat követelő munkafolyamatok védelme a cél *(W_g – Rezgés ellen különösen védendő)*.

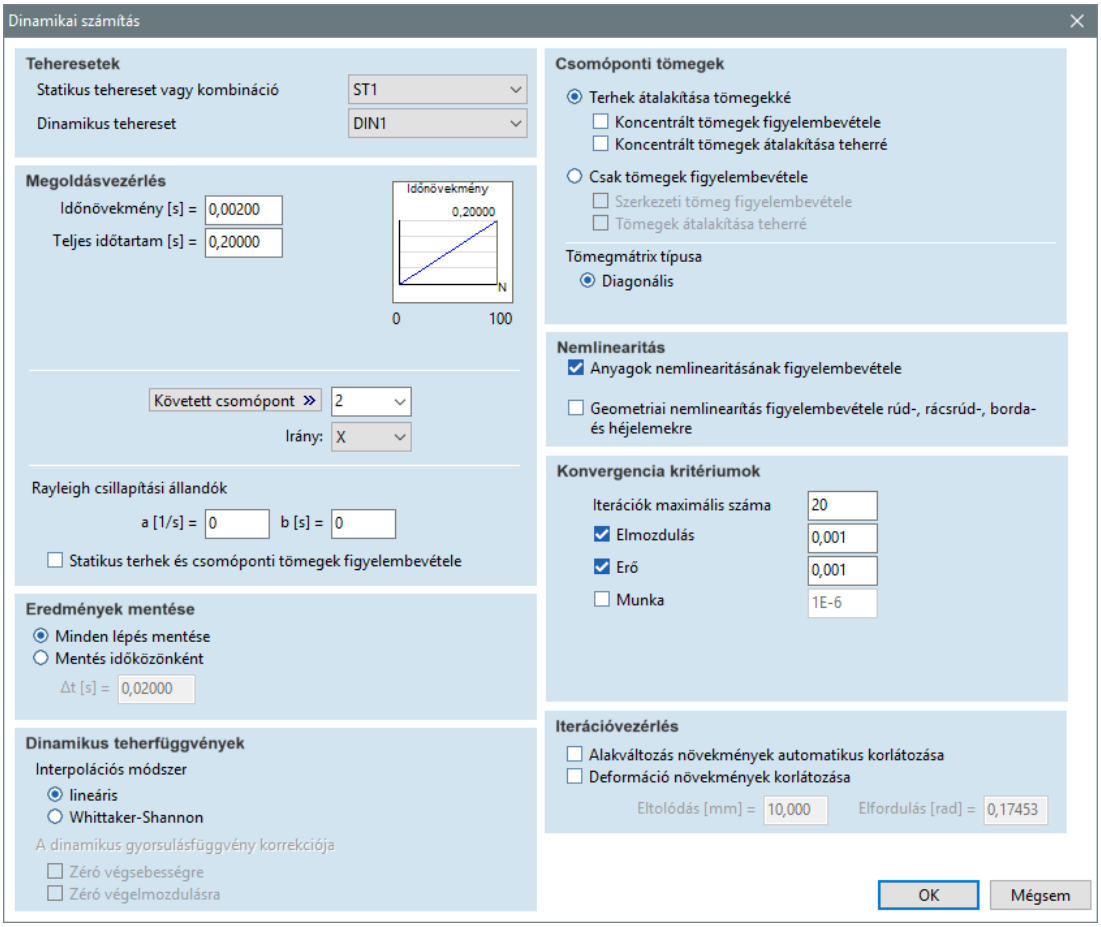
5.3. Dinamika



Dinamika számítás



Dinamikai számítás esetén a program meghatározza a megadott dinamikus terhelésekből adódó elmozdulásokat és igénybevételeket.
A számítás történhet lineáris vagy nemlineáris tulajdonságok figyelembevételével.
A dinamikus hatás lehet egy pontra helyezett dinamikus erő, vagy egy ponthoz rendelt támaszgyorsulás.



Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, a dinamikai számítás mindig a végállapotra hajtódik végre.
Lásd... **4.13.1 Az építési fázisok koncepciója**

Teheresetek

Statikus tehereset vagy kombináció
Kiválasztható az a tehereset vagy kombináció, melyet a teljes vizsgálat időtartama alatt a dinamikus terhek mellett statikus terhelésként figyelembe kíván venni.
Amennyiben csak dinamikus hatással kíván számolni, válassza a „Nincs” beállítást.

Dinamikus tehereset
Kiválasztható a dinamikus terheléseket tartalmazó tehereset.

Megoldásvezérlés

Időnövekmény
A számítás ilyen idejű intervallumonként hajtódik végre.

Teljes időtartam
A vizsgálat teljes időtartama.

Követett csomópont
A számítás folyamán ezen csomópont kijelölt elmozdulása/elfordulása diagramokon követhető.

Rayleigh csillapítási állandók (a, b)

A csillapítási mátrix meghatározása a csillapítási állandók felhasználásával az alábbi módon történik:

$$\mathbf{M}\underline{\ddot{u}} + \mathbf{C}\underline{\dot{u}} + \mathbf{K}\underline{u} = P(t)$$
$$\mathbf{C} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}$$

Ha bekapcsoljuk a *Terhek és tömegek figyelembevételét*, akkor az **M** mátrixhoz hozzáadódik a terhekből és csomóponti tömegekből számított tömegek járuléka is.

A vizsgálat a megadott időtartam alatt egyenletes lépésközzel történik a beállított növekmény szerint. Beállítható, hogy a vizsgálat egyenlő lépésközökkel fusson, vagy valamilyen megadott idő-növekmény-függvény szerint. Lementett időnövekmény-függvények betölthetőek, illetve a függvényszerkesztő segítségével közvetlenül megadhatóak.

Eredmények mentése

Az eredmények nagy mennyiségére való tekintettel mód van az eredmények mentésének szabályozására. Lementhetünk minden lépést vagy beállíthatjuk, milyen időközönként történjen mentés.

Dinamikus teherfüggvények

Interpolációs módszer

A numerikus megoldó minden számítási időlépéshez meghatározza a dinamikus teherfüggvények értékét. Ha van olyan időlépés, amihez nem tartozik függvénypont, akkor interpolációt alkalmaz. A program a dinamikus teheresetben felhasznált összes teherfüggvényt a kiválasztott módszerrel interpolálja. Az interpolált függvények csak a megoldó számára elérhetők, a modellbe nem mentődnek el. Az alábbi módszerek kiválasztása csak akkor érhető el, ha valóban szükség van interpolációra:

Lineáris

Egyszerű lineáris interpoláció (*lásd részletesen...* **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul**). Akkor javasolt, ha a dinamikus teheresetben felhasznált összes teherfüggvény szakaszonként lineáris.

Whittaker-Shannon

Ez az eljárás a Whittaker-Shannon interpolációs függvényen alapul (*lásd részletesen...* **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul**). Használata akkor javasolt, ha a dinamikus teheresetben felhasznált teherfüggvények folytonos függvények egyenközű mintavételezéséből (mérésből vagy Fourier-spektrumból generált függvényből) származnak.

☞ **A Whittaker-Shannon interpoláció csak akkor választható, ha a dinamikus teheresetben felhasznált összes teherfüggvény egyenközűen mintavételezett.**

A dinamikus gyorsulásfüggvény korrekciója

A program a kiválasztott korrekciókat a dinamikus teheresetben felhasznált összes gyorsulásfüggvényen elvégzi. A funkció csak akkor érhető el, ha a kiválasztott dinamikus teheresetben van gyorsulás teher. A korrigált függvények csak a megoldó számára elérhetők, a modellbe nem mentődnek el. A korrekciós eljárás részletes leírása a **4.10.31 Dinamikus terhelések (időtörténet-vizsgálathoz) – DYN modul** fejezetben található.

Csomóponti tömegek figyelembevétele

A tömegek figyelembevétele a rezgésvizsgálatnál leírtakhoz hasonlóan történik.

Tömegmátrix típusa

A dinamikai számításban csak diagonális tömegmátrix használható.

Nemlinearitás

Anyagok és végeselemek nemlinearitásának figyelembevétele

Amennyiben a modell anyagilag nemlineáris elemeket is tartalmaz (pl. csak húzásra működő rácsrúd), bekapcsolható, hogy a számítás során ez a tulajdonság is legyen figyelembevéve, Kikapcsolt esetben minden elem csak lineáris tulajdonságokkal lesz figyelembevéve

Geometriai nemlinearitás

Bekapcsolt esetben a számítás során a geometriai nemlinearitás is figyelembe lesz véve, azaz az elmozdult szerkezetre történik az egyensúly meghatározása.

Konvergencia kritériumok

Bármelyik típusú nemlinearitás bekapcsolása esetén a konvergencia kritériumok értelmezése és beállítása a nemlineáris statikai számításnál leírtakhoz hasonlóan történik
Ellenkező esetben az Info ablakban megjelenő tényleges E(U), E(P) és E(W) értékeket a program ezekkel a referenciaértékekkel hasonlítja össze.

Iteráció vezérlés

Ezek a beállítási lehetőségek megegyeznek a Statika részben leírtakkal (**5.1 Statika**)

Megoldási módszer

A lineáris vagy nemlineáris egyensúlyi egyenleteket az AXISVM a Newmark-beta módszerrel oldja meg. Δt -vel jelölve az időbeli lépésközt, a $t + \Delta t$ pillanatban:

$$\mathbf{M}\ddot{\underline{u}}_{t+\Delta t} + \mathbf{C}\dot{\underline{u}}_{t+\Delta t} + \mathbf{K}\underline{u}_{t+\Delta t} = P(t)$$

ahol **C** a csillapítási mátrix, **M** a tömegmátrix, **K** a merevségi mátrix.

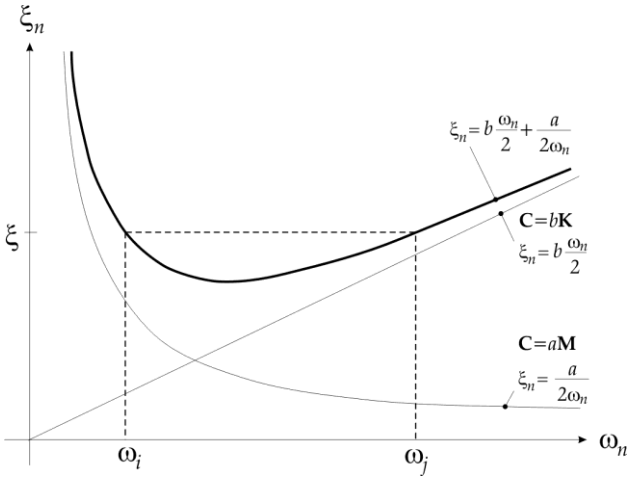
$$\underline{u}_{t+\Delta t} = \underline{u}_t + \Delta t \cdot \dot{\underline{u}}_t + \frac{\Delta t^2}{2}\left[(1-2\beta)\ddot{\underline{u}}_t + 2\beta\ddot{\underline{u}}_{t+\Delta t}\right]$$

$$\dot{\underline{u}}_{t+\Delta t} = \dot{\underline{u}}_t + \Delta t\left[(1-\gamma)\ddot{\underline{u}}_t + \gamma\ddot{\underline{u}}_{t+\Delta t}\right]$$

A programban $\beta = \frac{1}{4}, \gamma = \frac{1}{2}$.

E számértékek mellett a mozgás differenciálegyenletét a konstans átlaggyorsulás módszerével oldjuk meg. Ez a lépésenkénti integrálási eljárás feltétel nélkül stabil és kielégítő pontosságot eredményez. A program feltételezi, hogy a $t = 0$ pillanatban nincs dinamikus hatás. Véges időtartamú hirtelen megjelenő terhek a $t > 0$ időpontban lépnek fel.
A **C** mátrix meghatározása a Rayleigh csillapítási állandók segítségével történik: $\mathbf{C} = a\mathbf{M} + b\mathbf{K}$

Ahol az a és b konstansokat a csillapítás által befolyásolt (f_i és f_j közötti) frekvenciatartomány és a csillapítási arány alapján kell felvenni az alábbi ábra szerint:



$$a = \xi\frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$
$$b = \xi\frac{2}{\omega_i + \omega_j}$$

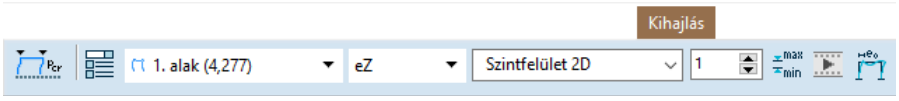
ahol ω_i és ω_j az f_i-hez és f_j-hez tartozó körfrekvencia:

$$\omega_i = 2\pi f_i$$
$$\omega_j = 2\pi f_j$$

Szeizmikus izolátorelemek figyelembevétele

A szeizmikus izolátorelemek analíziséről lásd a **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok** fejezetben olvashat.

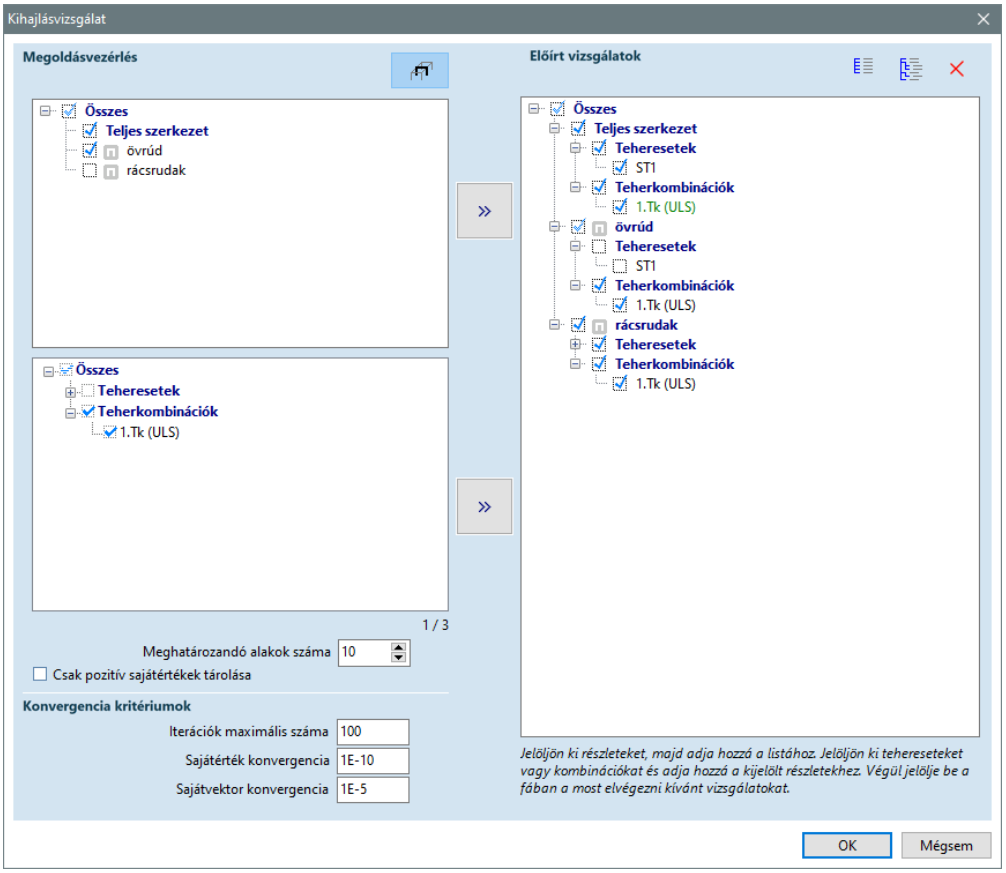
5.4. Kihajlás



A kihajlásvizsgálat során a program meghatározza a kért számú legkisebb kritikus teherparamétert (kezdeti kihajlás) és a hozzá tartozó kihajlási alakokat. A számítás egy általánosított sajátérték feladat megoldását feltételezi (ehhez a program egy altér-iterációs eljárást használ). A program ellenőrzi, hogy ténylegesen a legkisebb sajátértékeket határozta-e meg.

☞ **A kihajlásvizsgálat eljárása a szerkezetanalízisben előforduló pozitív valós sajátértékek meghatározására való. Közel zérus sajátértékek meghatározására nem alkalmas.**

☞ **Ha a modell építési fázisokat tartalmaz, a kihajlásvizsgálat mindig a végállapotra vonatkozik.**
Lásd... **4.13.1 Az építési fázisok koncepciója**



Van mód alszerkezet kihajlásvizsgálatára is. *Részletesen lásd* **6.2 Kihajlás**

Megoldás-vezérlés

A fában kijelölhetjük, mely teheresetekre és/vagy kombinációkra kérjük a számítást. A program ezeket egymás után lefuttatja a beállított paraméterekkel. A számítás után az egyes számított esetekhez tartozó információkat egy listában megtekinthetjük.
Itt adhatók meg a sajátérték feladat megoldását vezérlő paraméterek:

Meghatározandó kihajlási alakok száma

Itt adható meg a kívánt kihajlási alakok száma. Az alapérték 6. Maximálisan 99 alak kérhető. Csak a legkisebb pozitív sajátértéknek van fizikai jelentősége (ez adja a kritikus teherparaméter értékét).

Konvergencia-kritériumok

Lásd az **5.2 Rezgés** fejezet *Konvergencia kritériumok* pontot.

Rudak kihajlása

Kihajlás alatt minden esetben síkbeli kihajlást értünk (a kihajlott rúd alakja egy síkgörbe, és keresztmetszete a kihajlás során nem csavarodik el). A rúdkeresztmetszeteknek kétszeresen vagy egyszeresen (ha a terhek a szimmetriasíkban hatnak) szimmetrikusnak kell lenniük, vagy a rudakat az I_1 és I_2 főinercia-nyomatékokkal kell definiálni.

Szeizmikus izolátorelemek figyelembevétele

A szeizmikus izolátorelemek analíziséről lásd a **3.1.17.2 Szeizmikus izolátorok** fejezetben olvashat.

☞ **A rudakat legkevesebb négy részre kell felosztani, közbenső csomópontok beiktatásával.**
Ha $\lambda_{kr} < 0$, az instabilitás a megadott terheléshez képest fordított irányú (előjelű) terhelés hatására jön létre, és az adott (vizsgált) terhelési esethez tartozó kritikus teherparaméter $\lambda_{cr}^{eff} \geq |\lambda_{kr}|$.

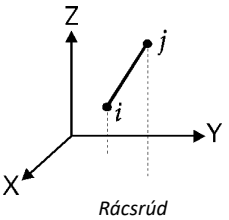
Rácsrúd elemekből is álló szerkezet esetén csak a globális szerkezeti kihajláshoz tartozó kritikus teherparamétert kapjuk meg. Az egyes rácsrudak kihajlását nem vizsgálja a program.

5.5. Végeselemek

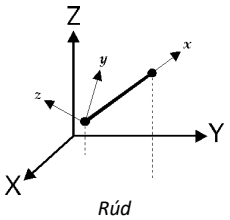
Végeselem típusok

A vizsgálni kívánt szerkezet különböző típusú szerkezeti elemeket tartalmazhat, melyek modellezésére számos végeselemtípus áll rendelkezésre. Valamennyi végeselemtípus használható lineáris és nemlineáris statika, rezgés vagy kihajlásvizsgálat, illetve dinamikai számítás esetén.

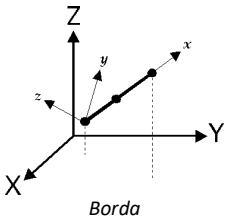
Fontos megjegyezni, hogy **csak a következő elemeknek van geometriai merevsége**: rácsrúd, rúd, 7 szabadságfokú rúd, borda, héj, testelem, merev test, diafragma.



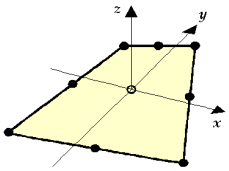
Rácsrúd



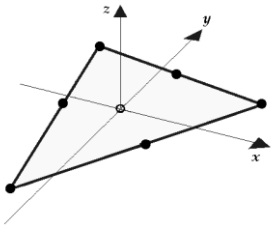
Rúd



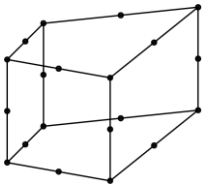
Borda



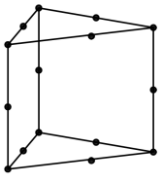
Négyszögtárcsa, -lemez,- héj



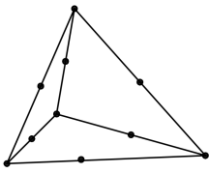
Háromszögtárcsa, -lemez,- héj



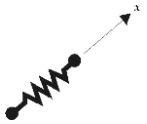
Hexaéder (20)



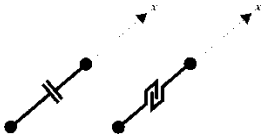
Prizma/ háromszög alapú hasáb (15)



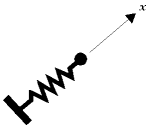
Tetraéder (10)



Rugó
(csak egy komponens van ábrázolva)



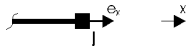
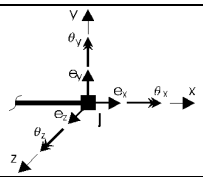
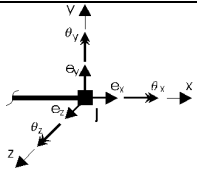
Kontakt

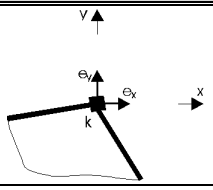
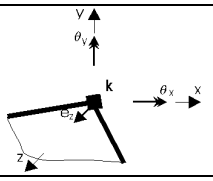
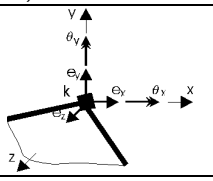
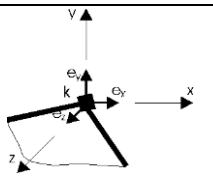
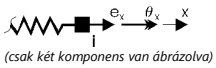
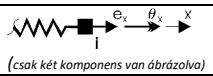
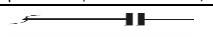
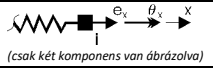


Támasz
(csak egy komponens van ábrázolva)

Elmozdulás komponensek

A végeselemek lokális koordináta-rendszerében felvett elmozdulás komponensei a következők:

Végeselem	*ex* *u*	*ey* *v*	*ez* *w*	*Θx*	*Θy*	*Θz*	*Ábra*
Rácsrúd	•						
	Lineáris, 2-csomópontos, izoparametrikus elem						
Rúd	•	•	•	•	•	•	
	Euler-Bernoulli-Navier típusú, 2-csomópontos köbös Hermit elem						
Borda	•	•	•	•	•	•	
	Timoshenko típusú, 3-csomópontos kvadratikus, izoparametrikus elem						

Végeselem	*ex* *u*	*ey* *v*	*ez* *w*	*Θx*	*Θy*	*Θz*	*Ábra*
Tárcsa	•	•					
	Serendipity típusú, 8-csomópontos kvadratikus, izoparametrikus elem *6-csomópontos kvadratikus, izoparametrikus elem*						
Lemez			•	•	•		
	Hughes típusú, 9-csomópontos kvadratikus, izoparametrikus elem (Mindlin) *6-csomópontos kvadratikus, izoparametrikus elem (Mindlin)*						
Héj	•	•	•	•	•		
	Sík héjelem, egyesített tárcsa- és lemezelem						
Testelem	•	•	•				
	Hexaéder, prizma/háromszög alapú hasáb, tetraéder						
Támasz	•	•	•	•	•	•	 *(csak két komponens van ábrázolva)*
Rugó	•	•	•	•	•	•	 *(csak két komponens van ábrázolva)*
Kontakt	•						
Merev test							
Kapcsolati elem	•	•	•	•	•	•	 *(csak két komponens van ábrázolva)*

A táblázat jelöléseinek magyarázata:
u, v, w lokális ***x***, ***y***, ***z*** tengelyirányú eltolódások
θ_x, θ_y, θ_z lokális ***x, y, z*** tengelyirányú elfordulások
(•) van merevség az adott irányban

Igénybevételek A végeselemek lokális koordináta-rendszerében meghatározható igénybevételek:

Végeselem	*Igénybevételek*							
Rácsrúd	*N**x***							
Rúd	*N**x***	*V**y***	*V**z***	*T**x***	*M**y***	*M**z***		
Borda	*N**x***	*V**y***	*Vz*	*T**x***	*M**y***	*M**z***		
Tárcsa	*nx*	*ny*	*nxy*					
Lemez				*mx*	*my*	*mxy*	*vxz*	*vyz*
Héj	*nx*	*ny*	*nxy*	*mx*	*my*	*mxy*	*vxz*	*vyz*
Testelem	*S**xx***	*S**yy***	*S**zz***	*S**xy***	*S**xz***	*S**yz***		
Rugó	*N**x***	*N**y***	*N**z***	*M**x***	*M**y***	*M**z***		
Kontakt	*N**x***							
Támasz	*N**x***	*N**y***	*N**z***	*M**x***	*M**y***	*M**z***		
Merev test								
Kapcsolati elem P-P	*N**x***	*N**y***	*N**z***	*M**x***	*M**y***	*M**z***		
Kapcsolati elem V-V	*nx*	*ny*	*nxy*	*mx*	*my*	*mz*		

Vonalelemek

Rácsrúd
Interpoláció: 2 csomópontú Lagrange, konstans keresztmetszettel
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás

Rúd
Interpoláció: 2 csomópontú, harmadfokú Hermite. A szerkezeti elem lineárisan változó keresztmetszetű lehet, de a számítási modellben a háló véges elemei konstans keresztmetszetűek lesznek, lépcsőzetesen változó méretekkel.
Elmélet: **Euler-Bernoulli**
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás, hajlítás a nyírási alakváltozás figyelembevétele nélkül, Saint-Venant csavarás az öblösödés és a gátolt csavarás figyelembevétele nélkül
Az elemre ható koncetrált és megoszló terhek is megadhatók. A megjelenített deformált alak és az igénybevételi ábrák ezek hatását is tartalmazzák, ezért lineáris statikai analízishez nem feltétlenül szükséges az elem felosztása, hálózása.

7 szabadságfokú rúd
Interpoláció: 2 csomópontú, harmadfokú Hermite. A szerkezeti elem lineárisan változó keresztmetszetű lehet, de a számítási modellben a háló véges elemei konstans keresztmetszetűek lesznek, lépcsőzetesen változó méretekkel. Egyszeresen, illetve kétszeresen szimmetrikus, kiékelt, illetve kétszeresen kiékelt változó keresztmetszetű I szelvények esetén a változás hatását a véges elem is figyelembe veszi, a merevségi mátrixban csavarási és öblösödési elemeiben megjelenő korrekciókkal. [45]
Elmélet: **Euler-Bernoulli-Vlasov**
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás, hajlítás a nyírási alakváltozás figyelembevétele nélkül, csavarás az öblösödés és a gátolt csavarás figyelembevételével.
Az öblösödés és a bimoment csak lineárisan interpolált, ezért a megfelelő pontosságú eredményhez mindig szükség van az elem felosztására, hálózására.

Borda
Interpoláció: 3 csomópontú Lagrange. A szerkezeti elem lineárisan változó keresztmetszetű lehet, de a számítási modellben a háló véges elemei konstans keresztmetszetűek lesznek, lépcsőzetesen változó méretekkel.
Elmélet: **Timoshenko**
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás, hajlítás a nyírási alakváltozás figyelembevételével, Saint-Venant csavarás az öblösödés és a gátolt csavarás figyelembevétele nélkül.
Ez az elem födémekhez kapcsolódó gerendák és falakhoz kapcsolódó oszlopok modellezésére is alkalmas, mert bázisfüggvényei kompatibilisek a felületelemek bázisfüggvényeivel.
A megjelenített deformált alak és az igénybevételi ábrák a csomóponti eredményekből csak lineárisan interpoláltak, ezért a megfelelő pontosságú eredményhez – különösen ha az elemre ható koncentrált vagy megoszló teher is működik– mindig szükség van az elem felosztására, hálózására.

Felületelemek

Háromszög tárcsa
Interpoláció: 6 csomópontú Lagrange
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás és síkbeli nyírás

Négyszög tárcsa
Interpoláció: 8 csomópontú serendipity
Alakváltozás és igénybevétel: húzás-nyomás és síkbeli nyírás

Háromszög lemez
Elmélet: **Mindlin**
Alakváltozás és igénybevétel: hajlítás a nyírási alakváltozás figyelembevételével
Interpoláció: 8 csomópontú serendipity

Négyszög lemez
Elmélet: **Mindlin**
Alakváltozás és igénybevétel: hajlítás a nyírási alakváltozás figyelembevételével
Interpoláció: **Heterosis**
Interpoláció: 8 csomópontú serendipity az eltolódásra
Interpoláció: 9 csomópontú Lagrange az elfordulásokra. A lapközép csomópontnak csak két elfordulási szabadságfoka van, eltolódási szabadságfoka nincs.

A Heterosis négyszög elem a 8 csomópontú serendipity és a 9 csomópontú Lagrange elemnél is jobb tulajdonságokkal rendelkezik. Merevségi mátrixsza szelektív integrálással is teljes rangú, ezért vékony lemezek és héjak esetén is megfelelő pontosságú, még 1/1000 vastagság/hossz aránynál is.

Háromszög és négyszög héj
A megfelő tárcsa és lemez elem szuperpozíciója, kiegészítve még a 6. szabadságfokkal, az elem síkjára merőleges tengely körüli elfordulással. Ennek a szabadságfoknak a merevsége nagyon kicsi, ezért érdemi terhelés felvételére nem képes. (*lásd részletesen…***4.9.13.3 Héjelem**)

Testelemek

Tetraéder
Interpoláció: 10 csomópontos Lagrange

Hexaéder
Interpoláció: 20 csomópontos serendipity

Prizma/háromszögalapú hasáb
Interpoláció: 15 csomópontos serendipity

5.6. Egy analízis lépései

Egy szerkezet végeselemes analízise az alábbi lépésekből áll:

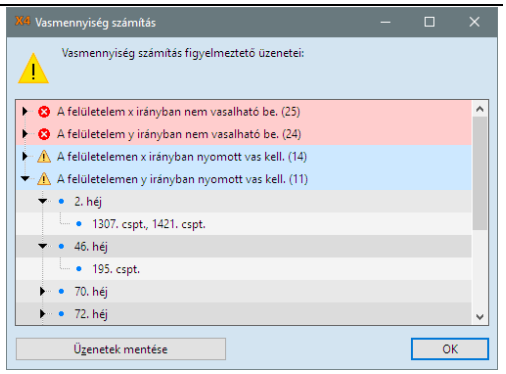
1. A szerkezet geometriai és rugalmassági tulajdonságai, a megtámasztások és terhelések meghatározása
2. A terhek átvételi módjának megállapítása (tárcsa-, lemez-, héj-, gerenda –hatás)
3. Helyi diszkontinuitások felvétele (merevítések, csomólemezek, kivágások)
4. A modell felépítéséhez szükséges végeselemek kiválasztása. Ezzel a művelettel az anyagot a merevségi tulajdonságok rögzítésével az elemek tengelyei mentén koncentráljuk
5. A végeselemes felosztás kialakítása. A felosztás finomságának a foka összhangban kell legyen az elérni kívánt pontossággal és a rendelkezésre álló hardverrel
6. Az 5. pontnak megfelelően a modell adatainak előkészítése:
   a) Egyenértékű geometriai méretek
   b) Egyenértékű rugalmassági tulajdonságok
   c) Elemek kapcsolatainak topológiája
   d) Egyenértékű megtámasztási feltételek
   e) Egyenértékű terhelések (statika), illetve tömegek (rezgés)
7. A bemeneti adatok ellenőrzése (pontosság, kompatibilitás)
8. Számítás futtatása
9. Jellemző eredmények kiválogatása
10. Az eredmények ellenőrzése az alábbi szempontok szerint:
    a) A megoldás helyessége és pontossága (konvergencia)
    b) Az eredmények kompatibilitása a 6.d pontban definiált feltételekkel
    c) A szokásostól eltérő mérnöki szerkezet esetén szükséges más módszerrel és/vagy szoftverrel történő vizsgálat, az eredmények összehasonlítása és mérnöki mérlegelése
11. Az analízis újrakezdése az 1-6. pontokon végig haladva a megfelelő módosításokkal, ha a 10. pontban az ellenőrzés valamely szempontból nem teljesült.
12. A jellemző eredmények összefoglalása táblázatok és diagramok formájában. Végső következtetések meghatározása, a szilárdsági, alakváltozási és kihajlási kritériumok kielégítésének figyelembevételével.

Modellezés

Egy szerkezet számítási modelljének felépítése számos feltételezés elfogadását jelenti, melyeknek az eredményekre gyakorolt hatásait figyelembe kell venni.
A végeselem módszer felületszerkezetek esetén közelítő megoldásra ad lehetőséget. Annak érdekében, hogy a kapott eredmények minél jobban közelítsék a modell valódi megoldását, megfelelő sűrűségű végeselem hálót kell alkalmazni. A végeselem felosztást úgy kell megválasztani, hogy az megfelelően tükrözze a szerkezet feszültségi és alakváltozási állapotát, valamint vegye figyelembe a szerkezet formai, anyagi, megtámasztási és terhelési sajátosságait.

A csomópontok és a hálózati vonalak pozíciója (a végeselemes felosztás topológiája) függ a szerkezet geometriájában (szabálytalan kontúrvonal, közbenső támaszvonalak) és a terhelésekben (koncentrált vagy szakaszonként változó intenzitású terhelések) jelenlévő diszkontinuitásoktól.
Feszültséggyűjtő helyeken (éles szögek) a felosztás finomítására van szükség. A koncentrált jellegű hatások okozta szingularitások elkerülésének módja a pontszerű hatások kicsiny, de véges felületekre való transzformálása.
Íves kontúrvonalak megfelelő számú egyenes szakasszal közelíthetők. Előfordulhat, hogy a kívánt pontosság eléréséhez szükséges (az ívet közelítő) felosztás alkalmazása helyigényben és futási időben meghaladja a rendelkezésre álló hardver kapacitását.
Az eredmények pontossága javítható a végeselemes felosztás finomításával.

5.7. Hibaüzenetek



A többszörös hibaüzenetek a könnyebb áttekinthetőség érdekében lista helyett fastruktúrában jelennek meg.

Hibaüzenetek a számítás során

'Nem pozitív definit merevségi mátrix'
A merevségi mátrix determinánsa zérus vagy negatív. Modellezési hibára utal.

'Szinguláris Jacobi mátrix'
Egy végeselem Jacobi mátrixa szinguláris (valószínűleg torz geometria miatt).

'Nincs csomópont elmozdulási lehetőség'
A csomópontok összes szabadságfoka le van tiltva.

'Túlzott elemtorzulás tapasztalható az aktuális növekményben'
Az elem túlzott torzulást szenvedett az aktuális növekményben.

'Túl nagy elfordulásnövekmény'
Az elem elfordulásnövekménye meghaladta a $\pi/4$ radiánt (90°). Érvényes megoldáshoz növelni kell a teherlépcsők számát.

'Nem megfelelő elmozduláskomponens'
Letiltott szabadságfok irányában megválasztott elmozduláskontroll-komponens.

'A konvergenciafeltétel(ek) nem teljesült(ek)'
Az iterációk száma nem elegendő.

'Divergencia az aktuális iterációban'
Az iteráció során a program divergenciát észlelt. Túlságosan nagyok a növekményi lépések, vagy nem elég szigorúak a konvergenciafeltételek.

'Túl sok sajátérték'
A tömegmátrix rangja kisebb, mint a kért sajátértékek száma.

'Nincs konvergált sajátérték'

Egyetlen sajátértékre sem teljesültek a konvergencia feltételek.

'Ez nem a legkisebb sajátérték (xx)'

A számított sajátértékeknél *xx* számú kisebb sajátérték van.

'A modell túlságosan torz elemeket tartalmaz'

Módosítsa a végeselem-hálózatban lévő torz elemek geometriáját.

'A deformáció során egy szerkezeti elem erős torzulást szenvedett'

Növelje meg a teherlépcsők számát.

'Az eredmény a maximális számú iteráció után sem konvergál'

Növelje meg az iterációk maximális számát. Lehetséges, hogy a modell az adott terhelés mellett nem konvergál.

'A(z) ... csomópontnak ... irányban nincs merevsége'

Ellenőrizze az adott irányú megtámasztást és a csomóponti szabadságfokokat.

További (rendszer) hibaüzenetek

Néhány esetben megjelenhetnek rendszerhibára utaló figyelmeztető üzenetek is. A hibáról a kiírt hibakódok alapján az alábbi hivatkozáson találunk tájékoztatást:

http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/Tokyo/en/Input-Output_Errors

5.8. Számítási paraméterek

Az elvégzett nemlineáris / rezgés / kihajlás / dinamikai számítások indítási paraméterei a táblázatkezelőben az *Eredmények* fül alatt megjelennek, ahol visszanézhetők és dokumentálhatók is.

Számítási paraméterek [Rezgés I., ST1]

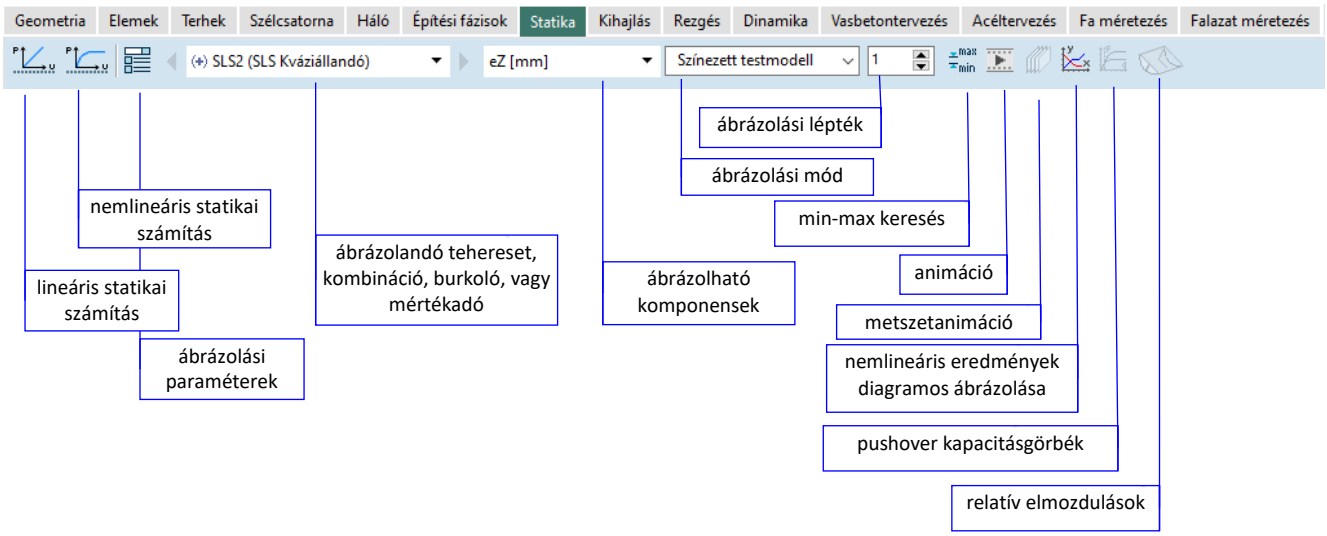
Név	Paraméterek
Számítás:	Elsőrendű rezgés
Tehereset:	ST1
Megoldásvezérlés	
Meghatározandó rezgésalakok száma:	3
Konvergencia kritériumok	
Iterációk maximális száma:	30
Sajátérték konvergencia:	1E-10
Sajátvektor konvergencia:	1E-5
Merevségcsökkentés válaszspektrum-analízishez:	Eredeti merevség
Számítás megnövelt támaszmerevségekkel:	—
Födémek konvertálása diafragmává:	—
Tömegek:	Terhek átalakítása tömegekké
Koncentrált tömegek figyelembevétele:	—
Koncentrált tömegek átalakítása teherré:	—
Figyelembe vett tömegkomponensek:	X, Y
Tömegmátrix típusa:	Diagonális
Figyelembe veendő tömegek:	Minden tömeg

6. Eredmények

Statika	A statikai számítás eredményei. (6.1)
Kihajlás	A kihajlásszámítás eredményei. (6.2)
Rezgés	A rezgésszámítás eredményei. (6.3)
Dinamika	A dinamikai számítás eredményei. (6.4)
Vasbetontervezés	A vasbetontervezés számítási eredményei. (6.5)
Acéltervezés	Az acéltervezés számítási eredményei. (6.6)
Fatervezés	A fatervezés számítási eredményei. (6.7)
CLT tervezés	A CLT tervezés eredményei. (6.8)
Falazott szerkezetek	A falazott szerkezetek eredményei. (6.9.1.6)

6.1. Statika

A *Statika* lapról indíthatók a lineáris és nemlineáris statikai számítások, valamint a számított eredmények megjelenítése, kiértékelése.



Az egyes legördülő listák és az eredményábrázolási lépték szerkesztőmezőjének szélességét minden eredményeket ábrázoló fülön külön beállíthatjuk. Ehhez vigyük az egeret a kérdéses lista vagy mező jobb szélére, míg a kurzor a következőre nem vált: ⇔, majd húzzuk a mező jobb szélét a kívánt pozícióra. A méretek alapértékre való visszaállításához használjuk a *Beállítás / Eszköztárak alaphelyzetbe* parancsot.
Lásd még... **3.3.15 Eszköztárak alaphelyzetbe**

Lineáris statikai számítás	Lineáris statikai számítás. *Lásd részletesen...* **5.1 Statika**
Nemlineáris statikai számítás	Nemlineáris statikai számítás. *Lásd részletesen...* **5.1 Statika**
Ábrázolási paraméterek	A megjeleníteni kívánt eredményértékek grafikus módjainak beállítása. Kiválasztható a vizsgálandó tehereset, teherkombináció, mértékadó teherkombináció.



Vizsgálat módja

Számítási módtól függően választhatunk *Lineáris, Nemlineáris, Dinamika* eredmények közül. Ezekben három, ill. kétféle eredményértéket kérdezhetünk le:

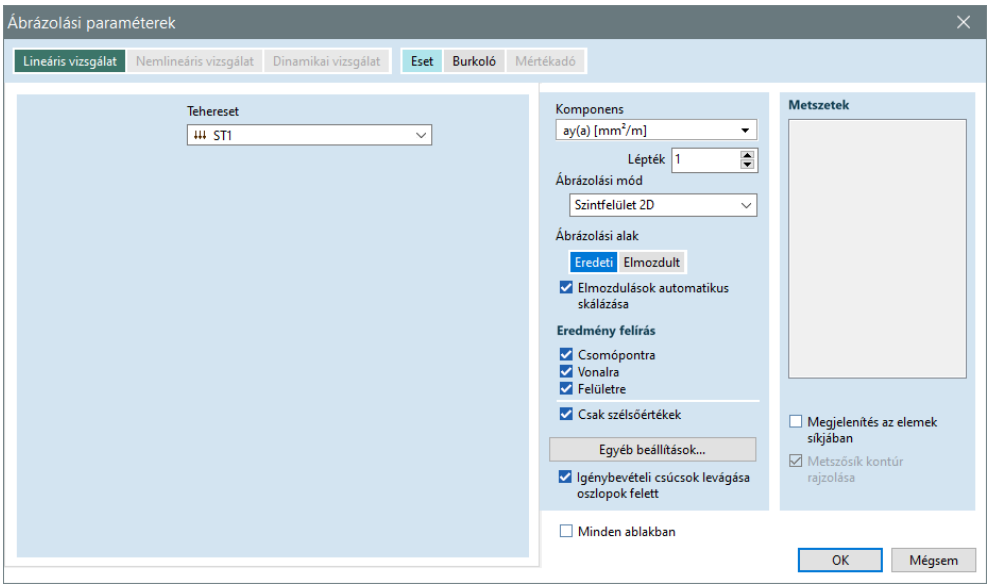
1. Eset: Valamely tehereset vagy teherkombináció eredményei.

2. Burkoló: Burkolóeredmény- ábrát kérhetünk az általunk kiválasztott teheresetekből és/vagy teherkombinációkból. Ilyenkor a program a kiválasztott esetek közül kiválogatja a legkisebb és legnagyobb eredményértékeket, és azokat megjeleníti.

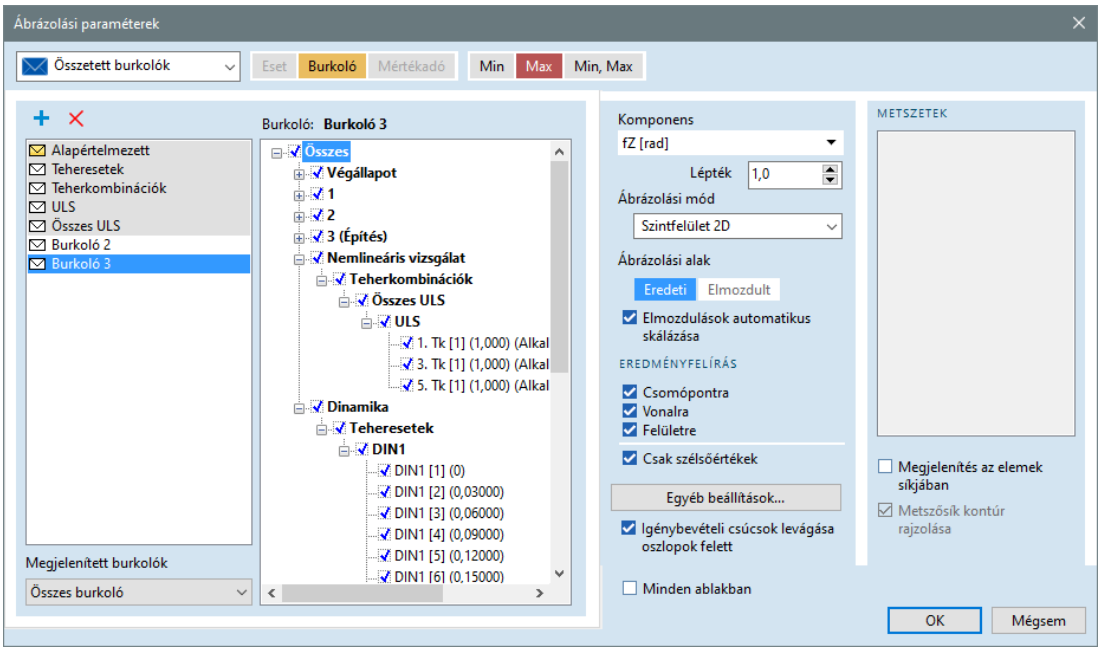
3. Mértékadó: Lineáris eredmények lekérdezésekor a program mértékadó teherkombinációkat tud képezni a teheresetekből az általunk definiált tehercsoport adatok alapján.

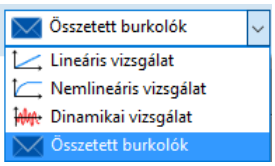
Lásd még... **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**

Eset



Burkoló





A burkolók teheresetek és/vagy teherkombinációk eredményeiből azok pontonkénti minimum és/vagy maximumértékeit kigyűjtő leszármaztatott eredmények. Aszerint, hogy mely teheresetek és -kombinációk szerepelnek benne, különböző burkolókat képezhetünk.

A bal felső sarokban kiválasztható, hogy a lineáris, a nemlineáris vagy a dinamikai vizsgálat eredményeiből képzett burkolókat lássuk.

Az *Összetett burkolók* kiválasztásával az összes lefuttatott számítástípus (és ha van, építési állapot) eredményeit is átfogó, tetszőleges burkolókat képezhetünk.

Mivel a program többféle burkoló-összeállítás egyidejű használatát is megengedi, a jobb azonosíthatóság érdekében a burkolók nevet kaptak. Baloldalon a kiválasztható burkolók listája látható, benne bizonyos alap-összeállításokkal: megtalálhatók itt az összes teheresetet ill. teherkombinációt, vagy bizonyos típusú (pl. ULS, SLS Kvázisztatikus) lefedő burkolók. A kiválasztott burkoló összeállítása a jobb oldali fában látható. Az összeállítás módosítása esetén azonnal új, egyedi burkoló jön létre. Az egyedi burkolót kiválasztva, majd a nevére kattintva a burkolónak új név adható.
Felosztott AXISVM ablak esetén az egyes ablakokban eltérő burkolót is beállíthatunk, a burkoló neve az info ablakban is megjelenik. A dokumentációba kerülő burkoló rajzok és táblázatok szintén tartalmazzák és megjelenítik az információt, hogy milyen burkoló-összeállítással készültek.



Új, egyedi burkoló összeállítás



Burkoló-összeállítás törlése (csak az egyedi burkolók törölhetők).

☞ **A jobboldali fában egyszerre több egymás alatti teheresetet is ki- vagy bekapcsolhatunk. Kattintsunk a csoport első teheresetének nevére (ezzel kijelöljük), majd a Shift lenyomása mellett kattintsunk a csoport utolsó teheresetének nevére.**

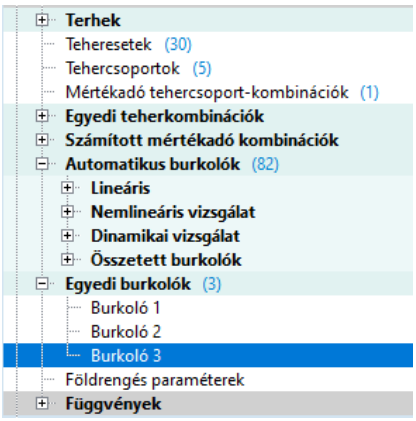
Megjelenített burkolók

A burkolók alatti legördíthető listából kiválaszthatjuk, milyen burkolók legyenek hozzáférhetők eredménykiértékeléskor a főablak tehereseteket és -kombinációkat tartalmazó legördülő listájában.

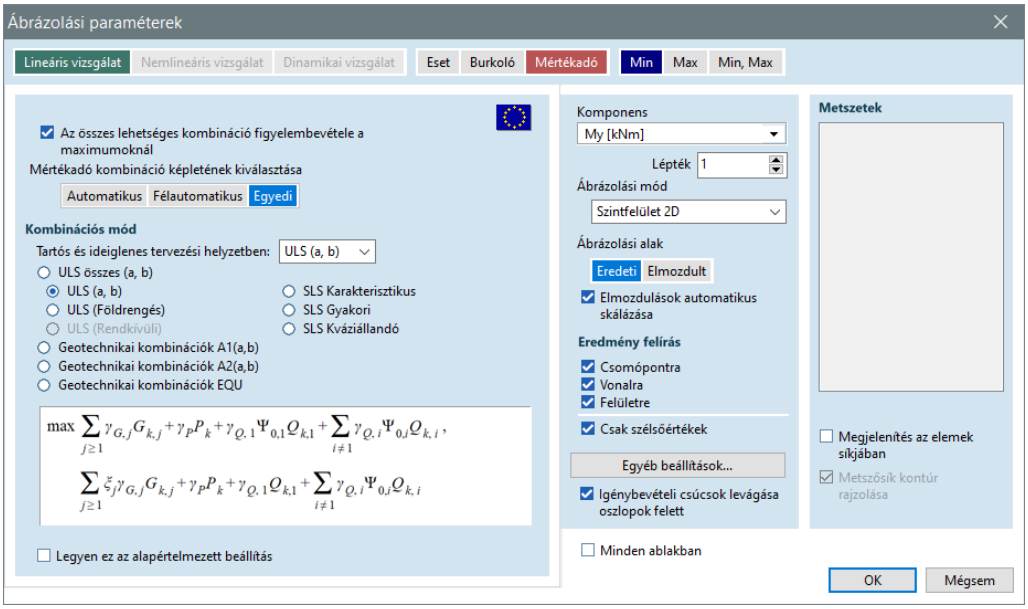
Csak a kiválasztott burkoló	Csak egyféle burkoló lesz látható: az, amelyiket kiválasztottunk.
Csak az egyedi burkolók	Valamennyi egyedi burkoló bekerül a listába.
Összes burkoló	Mindig hozzáférhető az összes burkoló, az alapösszeállítások és az egyedi burkolók is.



A burkoló-összeállítások dokumentálására a *Táblázatkezelő* szolgál. *Lásd...* **2.9 Táblázatok**
Külön csoportban jelennek meg az automatikusan képzett burkolók, eredménytípus szerinti bontásban, az alatt az egyedileg megadott burkolók.
A kiválasztott burkolóhoz tartozó táblázat a burkolóban résztvevő tehereseteket és teherkombinációkat sorolja fel.
Nemlineáris vagy dinamaikai eredmények burkolói csak a megfelelő számítás lefuttatása után állíthatóak össze.
Összetett burkolók csak akkor jelennek meg, ha nemlineáris vagy dinamikai számítást is futtattunk a modellen.
A *Táblázatkezelő* szokásos működés itt is érvényes: a *Táblázat hozzáadása* ikonra kattintva a kijelölt táblázat, vagy ha összefoglaló kategória van kijelölve, a kategória alá tartozó összes táblázat bekerül az aktuális dokumentációba.



Mértékadó



Ábrázolt értékek

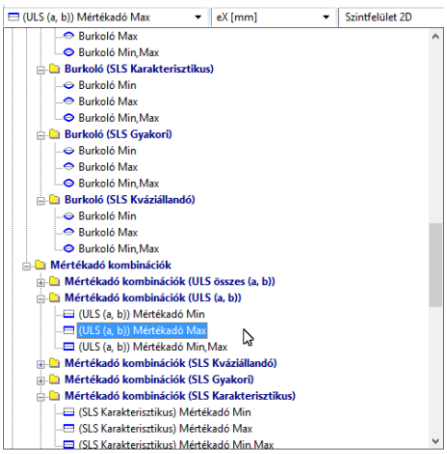
A *burkoló- és a mértékadó eredményábráknál* lehetőség van az alábbiak kiválasztására:

Min Csak a minimum értékek (előjel szerinti legkisebb szélsőértékek) megjelenítése
Max Csak a maximum értékek (előjel szerinti legnagyobb szélsőértékek) megjelenítése
Min, Max A minimum- és maximumértékek egyidejű megjelenítése

Az összes lehetséges kombináció figyelembe vétele a maximumoknál

Ha nem kapcsoljuk be ezt az opciót (ez az alapállapot), akkor a program csak azokat a kombinációkat veszi figyelembe, melyek valamelyik eredménykomponensnél szélsőértéket adnak. Egyes méretezési eljárásoknál előfordulhat, hogy méretezési szempontból mégis kedvezőtlenebb egy szélsőértéket nem adó kombináció.
Ha az opciót kiválasztjuk, a program méretezéskor előállítja az összes lehetséges kombinációt és mindegyikre elvégzi a szabvány által előírt vizsgálatokat.
Mivel a kombinációk száma igen magas lehet, ezt a számítási módot csak kis méretű és kevés teheresetet tartalmazó modellek esetén ajánlatos alkalmazni.

Mértékadó kombináció képletének kiválasztása



Ha az *Automatikus* opciót választjuk, az eredmény-komponenstől függően a program maga állapítja meg, hogy ULS (teherbírási határállapot) vagy SLS (használhatósági határállapot) kombinációt kell-e képezni. Egyedi esetén eredménykomponenstől függetlenül kiválaszthatóvá válik bármelyik kombinációs módszer. Az egyes módszerek alapján számított mértékadó kombinációk a teheresetek legördíthető fájában külön ágakon jelennek meg.
Automatikus mértékadó kombináció beállításakor a program méretezéskor is mindig a szabvány által előírt mértékadó képletet választja, tehát például EC-HU esetén repedéstágasságot a gyakori SLS kombinációból, faszerkezet esetén elmozdulásokat a karakterisztikus SLS kombinációból, igénybevétel, feszültség értékeket ULS kombinációkból számol.
A program *Félautomatikus* esetben is maga állapítja meg, hogy ULS vagy SLS kombinációt kell használni, de beállítható, hogy az SLS kombinációk közül melyiket használja.

Kombinációs mód

Eurocode, és SIA 262 szabványok esetén beállítható, hogy az SLS kombinációkat melyik képlet alapján határozza meg a program.

Ábrázolási alak

Eredeti / Elmozdult
A szerkezet deformálódásmentes / deformálódott alakjával jelenik meg.
Elmozdulások automatikus skálázása
A valós deformációkat úgy skálázza, hogy a legnagyobb elmozdulás 50 pixel legyen. Az *ábrázolási lépték* állításával ezeket az előzetesen beállított deformációkat skálázhatjuk tovább. Ha kikapcsoljuk ezt a funkciót, az *ábrázolási léptékkel* a valós deformációkat skálázhatjuk.

Ábrázolási mód

Az ábrázolási mód grafikus beállításain változtatni lehet: *Beállítások / Alapbeállítások / Grafikus szimbólumok* (*lásd...* **3.3.11 Alapbeállítások**).

Diagram
A kiválasztott eredménykomponens értékeit diagramként ábrázolja. A diagramok számértékekkel együtt is megjeleníthetők.
Kitöltött diagram
A *Diagram*hoz hasonló ábrázolási forma, de a diagram belsejét kitölti. A kitöltés lehet beállítható szín, előjeltől függően piros/kék, vagy az érték szerint színkódolt (*lásd...* **3.3.11 Alapbeállítások).**
Metszet
A kiválasztott eredménykomponens értékeit metszeten és/vagy metszősíkon ábrázolja, kérésre számértékekkel feliratozza. Az ábrázolás a már definiált és bekapcsolt metszetekre vonatkozik.
Kitöltött metszet
A *Metszet*hez hasonló ábrázolási forma, de a diagram belsejét a *Kitöltött diagram* beállításai szerint kitölti.
Metszet és átlagérték
Ez az ábrázolási mód csak vonalmenti támaszerő eredménykomponensnél választható. Ebben az esetben minden vonalmenti támaszra a diagrammal egyidejűleg az átlagérték is automatikusan megjelenítésre kerül.
Az átlagszámításnál figyelembe vett szakaszok hossza automatikusan kerülnek meghatározásra. A program addig tekint egy megtámasztást folytonosnak, amíg a megtámasztási merevségek az

egymást követő szakaszokon nem változnak és a szakaszok közötti töréssszög egy megfelelő kis értéket nem halad meg.

Szintvonal

Az eredménykomponensek értékeinek egy ábrázolási módja. A szélső értékek által meghatározott tartományt sávokra osztja és minden sávhatárt a hozzá tartozó színnel megjelenít. A sávhatárok értékei a színskála ablakban jelennek meg.

A színskála-ablak beállítását *lásd...* **2.19.4 Színskála-paletta.**

Szintfelület

Az eredménykomponensek értékeinek egy ábrázolási módja. A szélső értékek által meghatározott tartományt sávokra osztja és minden sávon belüli értéket azonos, a hozzá tartozó színnel jelenít meg. A sávokhoz tartozó színek és a sávhatárok értékei a színskála ablakban jelennek meg. A színskála-ablak beállítását *lásd...* **2.19.4 Színskála-paletta.**

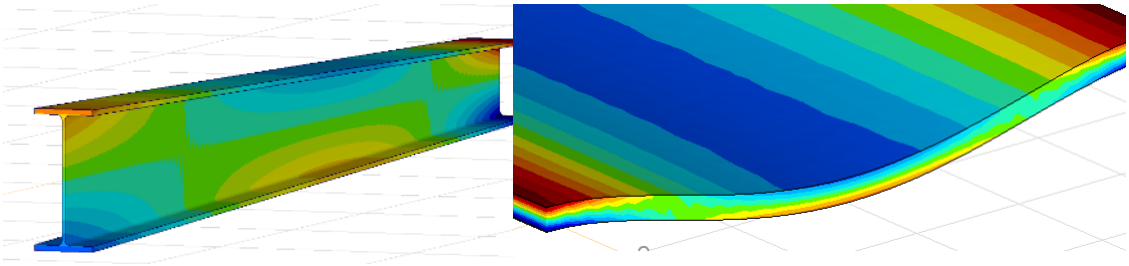
Színezett testmodell

A *Szintfelület* ábrázolási mód alkalmazása látványterven.

Ez a megjelenítési mód alkalmas

- rúdszerkezeteknél a normálfeszültségek keresztmetszeten belüli eloszlásának ábrázolására
- a felület feszültségek, vasmennyiségek, repedéstágasság alsó és felső értékének egyidejű megjelenítésére

A megjelenítési mód beállításait *lásd...* **3.3.11.11 Ábrázolás.**



Kikapcsolt

Az eredménykomponens grafikus megjelenítését kikapcsolja.

Metszetek

A már korábban definiált metszetek megjelenítését kapcsolhatjuk be. Ha az ábrázolási módként metszetet választunk ki, akkor az eredménydiagramok csak az itt beállított metszeteken jelennek meg. Ha van olyan metszet, amelyet metszősíkkal adtuk meg, a metszősíkot jelképező téglalap alakú kontúr megjelenítését a *Metszősík kontúr rajzolása* jelölőnégyzettel állíthatjuk. A *Megjelenítés az elemek síkjában* opcióval valamennyi metszetdiagram megjelenítését befolyásoljuk. Az egyes metszetdiagramokra vonatkozóan egyedi beállítás a Metszetek dialógusablakban lehetséges. *Lásd...* **2.16.18 Metszet**

Komponens

A megjelenítendő eredménykomponenst választhatjuk ki.

Lépték

A diagram ábrázolási léptéke. Alapértéke 1.00, ekkor az ábrázolt diagram legnagyobb ordinátája 50 pixel (képpont) méretű lesz. Az eredmények kiértékelése során tetszés szerint módosíthatjuk ezt az értéket.

Eredmény felírása...

Csomópontra

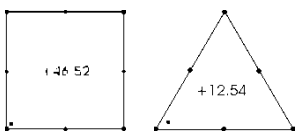
Eredménykomponens felírása csomópontokra, ponttámaszokra.

Vonalra

Eredménykomponens felírása rúd, borda közbenső keresztmetszeteiben, metszeteken, élmenti támaszokon, rugó- és kontaktelemeken.

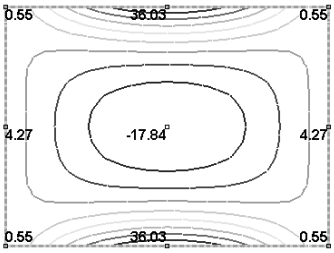
Felületelemre

Eredménykomponens felírása felületelemekre, felületi támaszokra. Egy elemen belül hét, illetve kilenc pontban kapunk eredményeket. Feliratozáskor a program az ábrázolandó értékek közül meghatározza az abszolútérték -maximumot, és csak ezt jeleníti meg. Azt a pontot, amelyikben a felírt érték keletkezett, kis fekete ponttal jelöli meg a program.

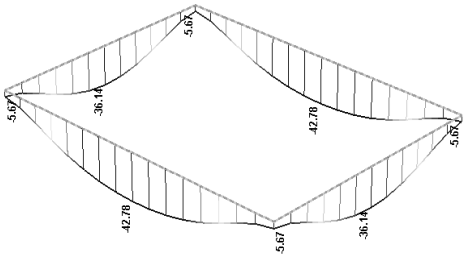


Csak szélsőértékek

A csomópontra, vonalra, felületelemre írt értékek közül csak a lokális szélső értékeket jeleníti meg.



my nyomaték-komponens



Rz támaszreakció-komponens

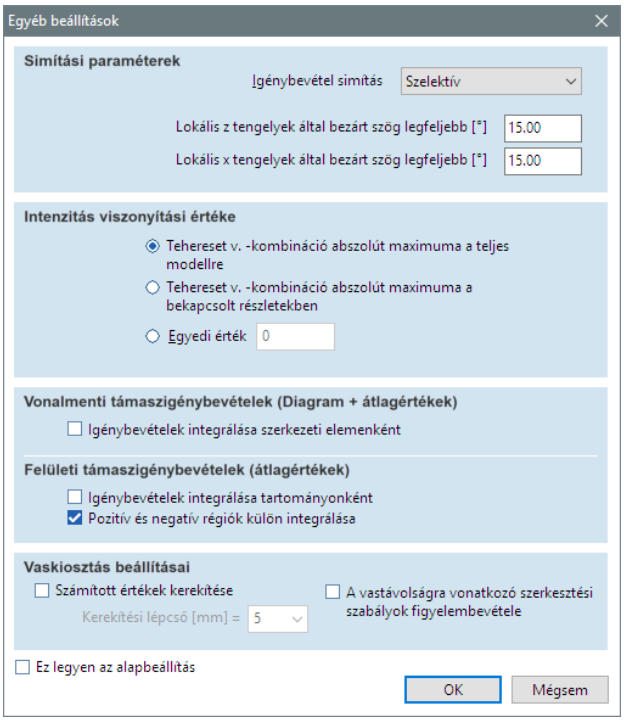
☞ **Ha a feliratok egymásra íródnak, érdemes bekapcsolni a Feliratok átfedésének kiküszöbölése funkciót** (**2.16.21 Megjelenítés /Feliratozás**)

Igénybevételi csúcsok levágása oszlopok felett

Ha a végeselemhálót a *Háló oszlopfejekhez illesztése* funkció bekapcsolásával hoztuk létre, ennek az opciónak a bekapcsolásával elérhetjük, hogy a program az oszlopok fölött kialakuló igénybevételi csúcsokat azok kiátlagolásával, illetve nyíróerők esetén azok nullázásával levágja. *Lásd...* **6.1.13 Felületelem igénybevételei**

Egyéb beállítások...

Az *Egyéb beállítások*... gombra kattintva a következő paraméterek szabályozhatók:



Igénybevétel-simítás

Nem simít

A program nem simítja a végeselemes számításból kapott csomóponti igénybevételeket (a kapcsolódó végeselemek számított igénybevételei a diszkrét felosztás miatt eltérőek lehetnek).

Szelektív

A csomópontba kapcsolódó felületelemek lokális rendszere, valamint az elemekre ható terhek figyelembevételével végzi el a csomópontban keletkező igénybevételek simítását.

A program felismeri a jellegzetes eseteket, amikor az igénybevételekben „ugrásszerű" változás lehet a terhelésből és megtámasztási viszonyokból adódóan (pl. a fajlagos nyíróerő változása a közbülső vonalmenti támasznál), ebben az esetben a program nem végzi el az igénybevételek simítását ezekben a csomópontokban.

Ha a kapcsolódó felületelemek lokális rendszere eltérő, a felületelemek kapcsolódó pontjaiban a simítást csak akkor végzi el a program, ha a megadott lokális x vagy z tengelyek által bezárt szög a beállításokban megadott értéknél nem nagyobb.

Mindent simít

A kapcsolódó elemek tulajdonságai, terhelések és a kapcsolódó csomópontokban várható igénybevétel változások figyelembe vétele nélkül simítja a csomóponti igénybevételeket.

Intenzitás viszonyítási értéke

Az intenzitásváltozás paraméterének beállítása.
Lásd... **6.1.13 Felületelem igénybevételei**

Vonalmenti támasz-igénybevételek

Lásd... **6.1.14 Támaszelem igénybevételei**

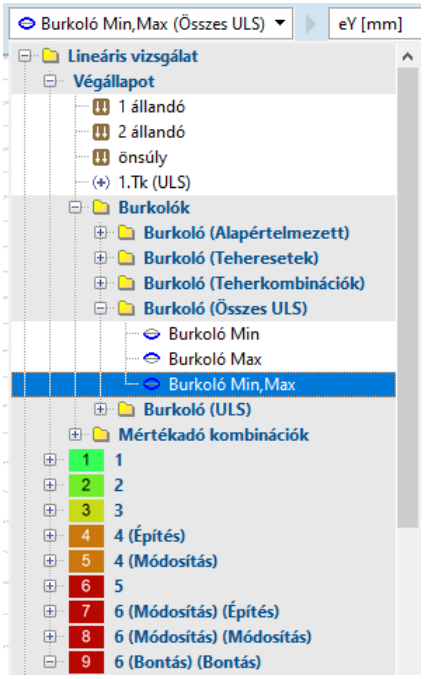
Felületi támasz-igénybevételek

Lásd... **6.1.14 Támaszelem igénybevételei**

Vaskiosztás beállításai

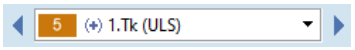
Beállítható, hogy a vastávolság számított értékeit kerekítse-e a program, és milyen pontossággal, illetve figyelembe vegye-e a vastávolságra vonatkozó szerkesztési szabályokat.

Ábrázolandó tehereset, kombináció, burkoló és mértékadó teherkombináció



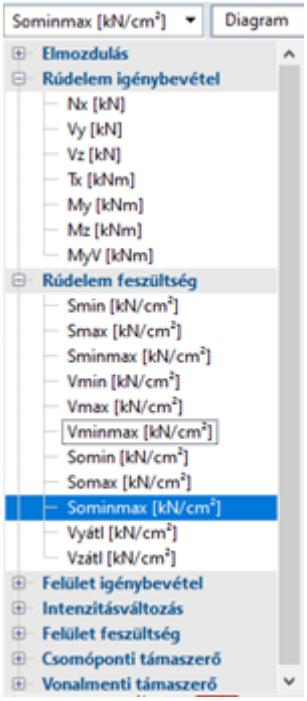
A legördülő listából kiválasztható az ábrázolni kívánt:
- Tehereset, teherkombináció
- Nemlineáris számítás közbenső lépése
- Burkoló
- Mértékadó teherkombináció

A végállapot és az építési fázisok külön jelennek meg.



A legördülő lista bal és jobb oldalán a nyilak az építési fázisok között váltanak a tehereset / kombináció megtartásával.

Ábrázolható eredmény-komponensek



A legördülő listából kiválaszthatóak az eredmény-komponensek:

Az MyV komponens kiszámítására vonatkozó feltételeket lásd a **6.1.11 Bordaelem igénybevételei szakasznál.**

Ábrázolási mód A legördülő listából kiválasztható az eredménykomponens ábrázolási módja:

Diagram
Kitöltött diagram
Metszet
Kitöltött metszet
Szintvonal
Szintfelület
Színezett testmodell
Kikapcsolt

☞ **A burkoló Min, Max és a mértékadó Min, Max eredménykomponens ábrázolásánál a *Szintvonal* és *Szintfelület* ábrázolási mód nem használható.**

Ábrázolási lépték 

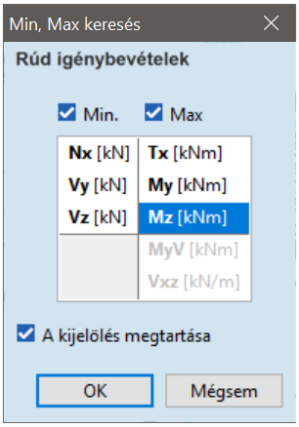
Az ábrázolási léptékkel (eredményrajz-szorzóval) a diagramok mérete változtatható.

6.1.1. Minimum- maximumértékek



Az eredmények szélsőértékeit keresi meg az aktuális esetben és beállításban.
A funkció megadja a kiválasztott komponens legkisebb és legnagyobb helyi szélsőértékeit. Ha a szerkezeten szélsőérték több helyen is található, akkor az összes hely megjelölésre kerül.

Ha a funkciót *Drón* üzemmódban használjuk (lásd **2.16.16 Drón**), az első megtalált elemhez a drón odaröpül.



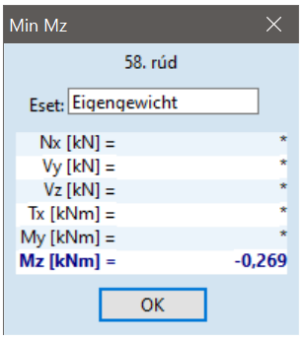
Min./Max. A kapcsolók állásától függően kereshetők a minimum, a maximum vagy akár mindkettő értékei.

A kijelölés megtartása Kapcsolja be ezt a jelölőnégyzetet, ha a párbeszédpanel bezárása után is kijelölve szeretné látni a min./max. helyeket.

☞ **Amennyiben részletek vannak megjelenítve, akkor a szélsőértékek is ezekre a részletekre vonatkoznak.**



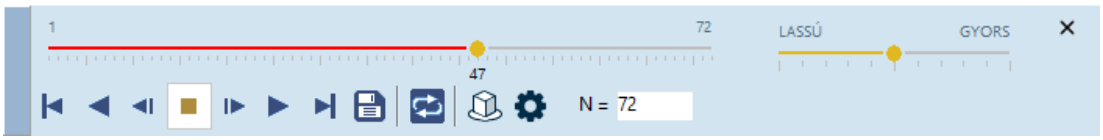
Mértékadó eredmények lekérdezésekor a mértékadó kombinációt alkotó teheresetek vágólapra másolhatók és a teherkombinációs táblázatba beilleszthetők.
Lásd... **4.10.2 Teherkombinációk**



6.1.2. Animáció

Animáció készítése





Az animációs paletta segítségével az aktív ablakban indíthatunk eredményanimációt.
Az Animáció ikon nem csak a *Statika* fülön hozzáférhető, de *Kihajlás, Rezgés, Dinamika, illetve* méretezési füleken is.
Lineáris számítás eredményei esetén az animáció lépéseit a nulla és a komponens tényleges értéke közötti lineáris interpolációval határozzuk meg. Ha az *Ábrázolási paraméterek* ablakban az *Elmozdult* alakot választjuk, jól nyomon követhetjük a deformációt.
Nemlineáris vagy dinamikai eredmények animálásakor a képkockák az egyes növekményekben számított eredmények szerint alakulnak.

A *Lejátszás* gombra kattintva a program elkezdi felépíteni az animáció képkockáit. A generálás az *Esc* billentyűvel megszakítható. Ezután a paletta az animációt a sárga csúszkán beállított sebességgel, és a beállított lejátszási mód szerint lejátssza.



Kezdőpont
Az animáció kezdő képkockájára áll.



Lejátszás visszafelé
Fordított sorrendben játssza le az animáció képkockáit.



Előző kép
Az előző képkockára lép



Állj
Az animáció megállítása



Következő kép
A következő képkockára lép



Lejátszás
Sorrendben lejátssza az animáció képkockáit.



Végpont
Az animáció utolsó képkockájára áll.



Videófájl
Az animációt lejátszva legenerálja annak képkockáit, majd GIF vagy PNG fájlba menti.
Az animált GIF vagy animált PNG a legtöbb böngésző ablakára dobva megjeleníthető, de online konvertáló oldalakon könnyen MP4 formátumra hozható, amivel a mérete tovább csökkenthető.



Lejátszás egyszer
Az animáció egyszeri lejátszás után megáll.



Lejátszás egy irányban
Az animáció lejátszás után újra elindul elölről

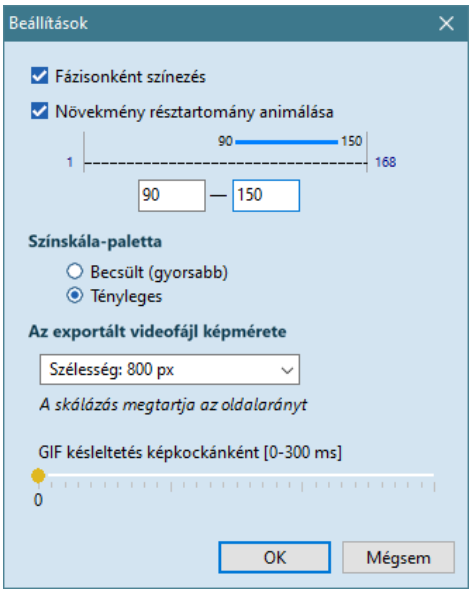


Lejátszás oda-vissza
Az animáció lejátszása a kezdő- és végpont között oda-vissza (váltakozó irányban).



Forgóasztal
Az animáció közben a modell a forgóasztal-animációt is végez a Z-tengely körül 360°-os körbeforgatással.

A *Beállítások* ablak tartalma a választott eredmény típusától is függ.



Fázisonként színezés
A színeket fázisonként változtatja 0 és maximumértékek között a színskála diagram beállításának megfelelően.

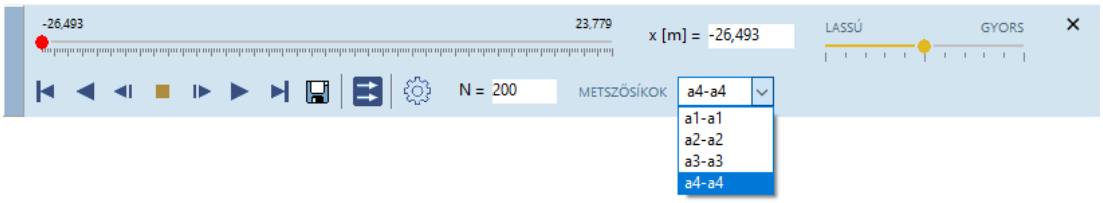
Növekmény résztartomány animálása
Nemlineáris vagy dinamikai számítás esetén az animáció a vizsgálat valamely résztartományára is korlátozható.

Színskála-paletta
A színskála beállításához szükség lehet az ábrázolt komponens minimum-maximum értékeire, ami sok növekménnyel futtatott dinamikai számítás esetén rendkívül időigényes lehet. Ilyenkor érdemes az első lehetőséget választani. Ekkor a program a minimum és maximum becsült értékeit a képkockák generáláshoz használt növekmények alapján állapítja meg.

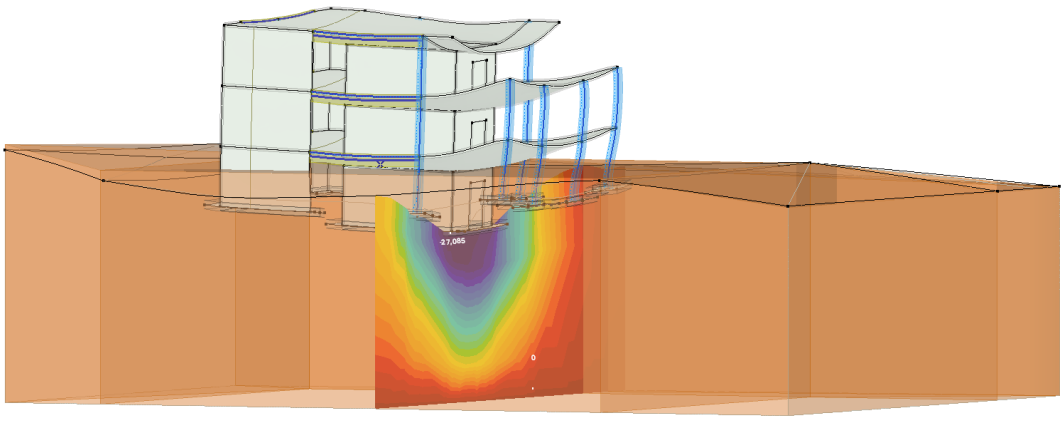
Az exportált videófájl képmérete
Választható az aktív ablak *Eredeti mérete*, annak százalékosan skálázott értéke *(Zoom)*, valamely előre definiált vagy egyedileg megadott képszélesség vagy képmagasság.
A skálázás minden esetben megtartja a kép oldalarányát.

GIF késleltetés képkockánként (0-300 ms)
A GIF formátumba mentett animáció látszólagos sebessége függ a beállított képkockák számától. Mód van az animáció lejátszásának finomhangolására is, a csúszkán beállítható az egyes képkockák közötti késleltetés.

6.1.3. Talajmetszet-animáció



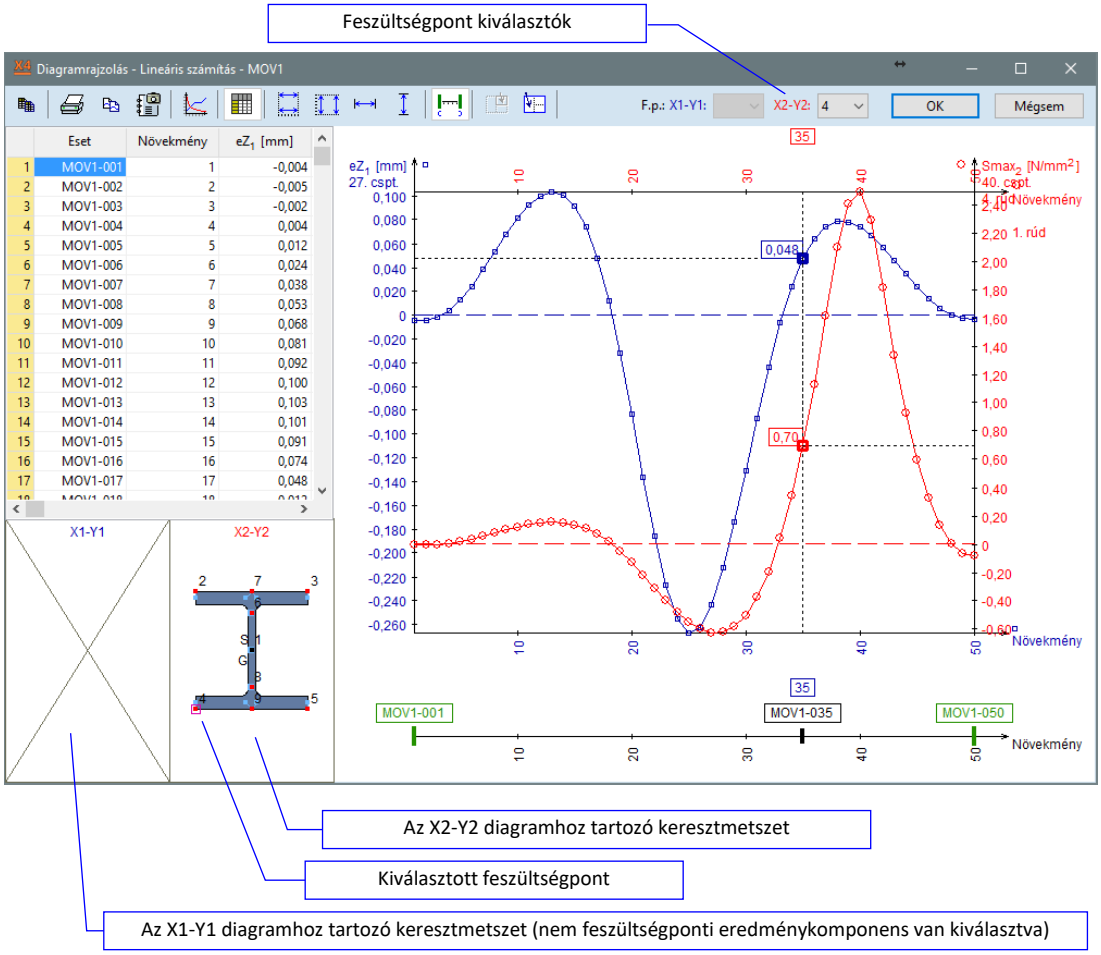
Ha a SOIL modul birtokában *Metszet* eredményábrázolási módban talaj alakváltozásokat vagy feszültségeket ábrázolunk metszősíkokon, a metszősíkok a talajmodell mentén mozgathatók, animálhatóak, és az animáció itt is lementhető animált GIF vagy PNG formátumban.
Az animációs vezérlőpaletta működése hasonló, mint az *Animáció* funkciónál (*lásd...* **6.1.2 Animáció**), de itt az ábrázolni kívánt metszősíkot is kiválaszthatjuk.
A metszet csúszkával is állítható pozícióját egy *x* szerkeszthető mező jelzi. *x* a metszősíktól annak normálisa mentén mért távolság.



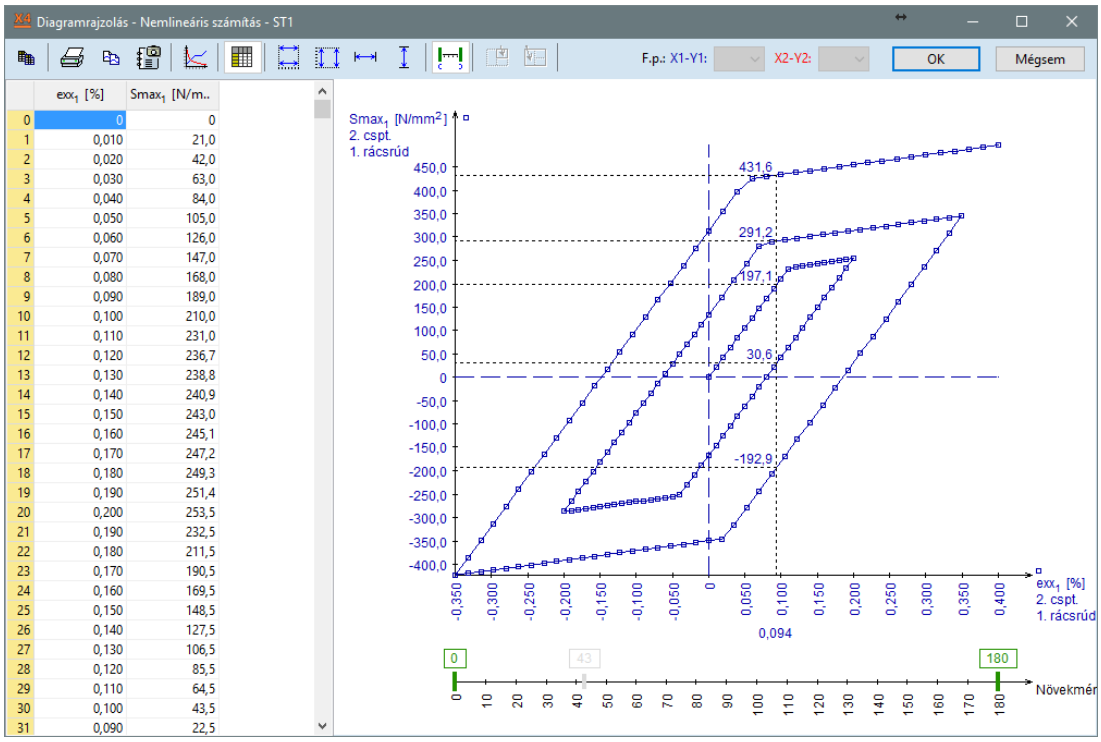
6.1.4. Diagramábrázolás

Lineáris, nemlineáris vagy dinamikai eredményeket ábrázol diagramként. Egyszerre két diagram vehető fel. Minden diagramhoz ki kell választani egy-egy eredménykomponenst az X, illetve az Y tengelyhez. A lekérdezési pontot a szaggatott vonalak, vagy az alsó skála fekete vonásának odébb húzásával mozgathatjuk. A diagramok pontjait táblázatban is megjeleníthetjük (s onnan vágólapon keresztül pl. Excelbe exportálhatjuk).

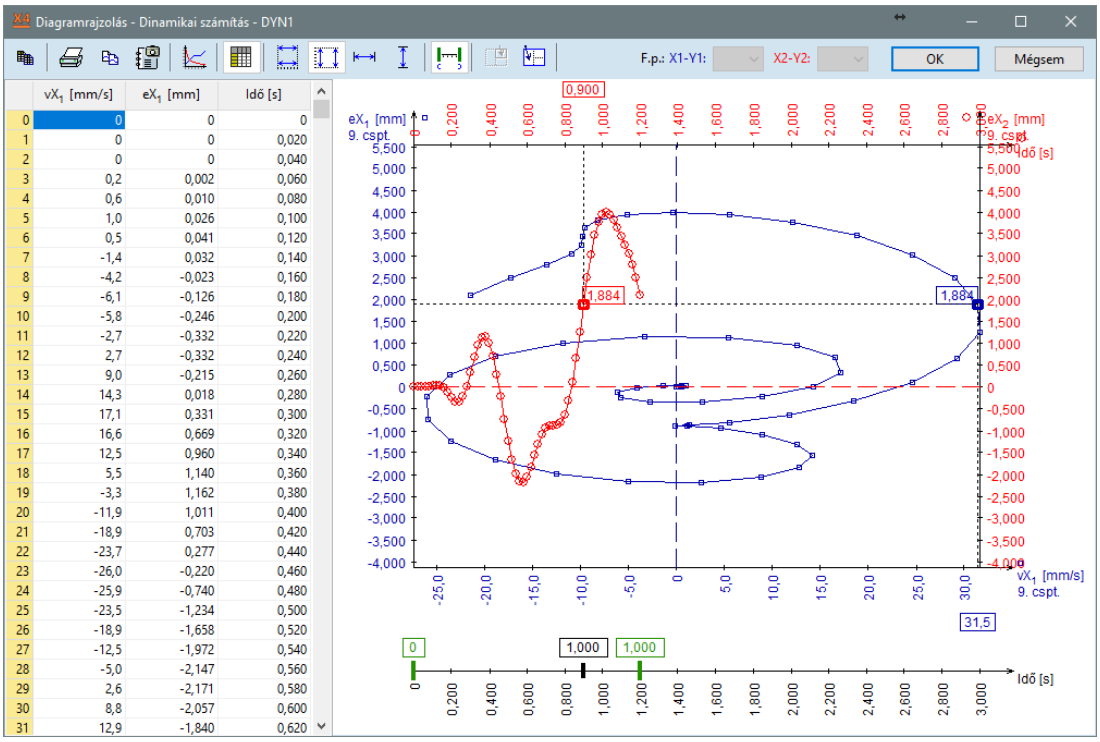
Lineáris számítás esetén az összes tehereset, az összes teherkombináció, egy mozgó teher összes fázisa vagy egy burkoló-összeállítás összes tagja jelenik meg a főablakban megjelenített eredménytől függően.



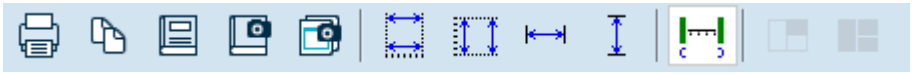
Nemlineáris számítás esetén egy számítás összes növekménye vagy egy burkoló-összeállítás összes tagja jeleníthető meg.



Dinamikai számítás esetén az alsó skálán nem növekményeket, hanem az időt látjuk.



Eszköztár





Kijelölt cellák vágólapra helyezése.
Táblázat megjelenítésekor a táblázat kijelölt celláit a vágólapra másolja.



Az ábra nyomtatása
Kinyomtatja a megjelenített diagramot, illetve táblázatot.



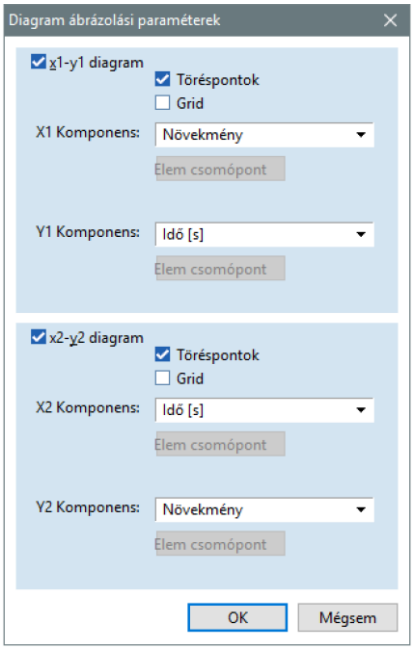
Másolás vágólapra
A diagramot, mint ábrát a vágólapra másolja.



Ábra mentése rajztárba
A diagramot elhelyezi a rajztárban.



Diagram paraméterek
A megjelenítendő mennyiségeket legördülő listából választhatjuk ki.
Ha eredménykomponenst választunk, a *Csomópont* gombra kattintva a modellen választhatjuk ki azt a pontot, melynek eredményeit ábrázolni szeretnénk.
Az *x1-y1 diagram* kék színben jelenik meg, a feliratok a bal, illetve alsó tengelyen találhatóak.
Az *x2-y2 diagram* piros színben jelenik meg, a feliratok a jobb, illetve fölső tengelyen találhatóak.
A *Töréspontok* bekapcsolásakor az értékpárok kis négyzetekként jelennek meg.





Táblázat
Ki/bekapcsolja az összetartozó értékpárok táblázatos megjelenítését.



Azonos skálák X irányban
Ha két diagram egyidejű megjelenítése esetén ugyanazt a mennyiséget választottuk X-tengelynek, azonos skálát alkalmaz a két vízszintes tengelyen.



Azonos skálák Y irányban
Ha két diagram egyidejű megjelenítése esetén ugyanazt a mennyiséget választottuk Y-tengelynek, azonos skálát alkalmaz a két függőleges tengelyen.



Automatikus skálázás X irányban
A vízszintesen megjelenített tartományt az X-értékek minima és maximuma közé állítja.



Automatikus skálázás Y irányban
A függőlegesen megjelenített tartományt az Y-értékek minima és maximuma közé állítja.



Intervallum szabályozók
A növekmény- vagy időtengelyen megjeleníti a zöld színű intervallum szabályozókat. Ezeket egérrel odébb húzva megváltoztathatjuk a diagramon ábrázolt növekmény vagy időtartományt.



Kiválasztott rajz betöltése az aktív ablakba (osztott munkafelület esetén)



Kiválasztott rajz betöltése a teljes munkafelületre

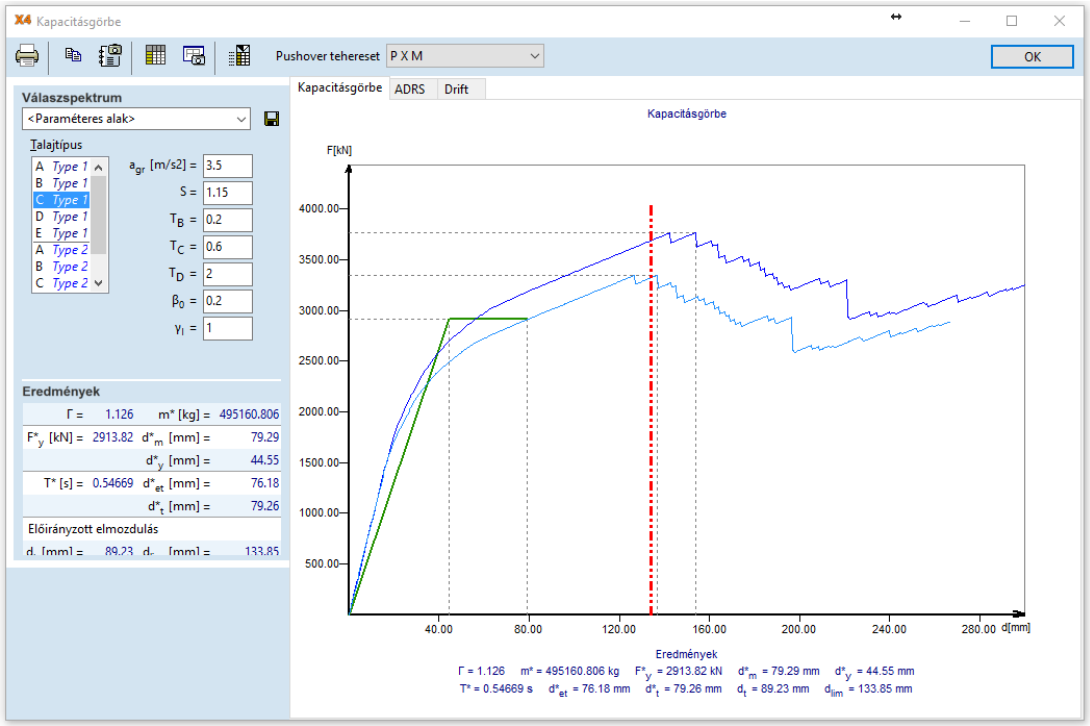
6.1.5. Pushover kapacitásgörbék



Ez a lehetőség csak akkor érhető el, ha legalább egy pushover vizsgálatot futtatunk már a modellen. A pushover kapacitásgörbék ablak segítségével meghatározhatóak a modellre jellemző kapacitásgörbék és a földrengés jellemzőitől függően az előirányzott elmozdulás értéke is.
Az ablak tetején található legördülő menüből kiválasztható a vizsgálni kívánt pushover tehereset.

Az eredmények az ablak bal oldali részében megadott paraméterek alapján felvett gyorsulás-elmozdulás válaszspektrumból adódnak. Ezek a paraméterek megegyeznek a Földrengés típusú tehereset definiálásához szükséges jellemzőkkel (*lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul).**
A számítás fontosabb eredményei megjelennek az ablak bal alsó részében és a diagramok alatt is.
Alapértelmezésben az ablak a többszabadságfokú rendszerre és az ekvivalens egyszabadságfokú rendszerre vonatkozó kapacitásgörbéket ábrázoló diagramot mutatja.

Az égszínkék görbe az ekvivalens egyszabadságfokú rendszer kapacitásgörbéje. Az alakja megegyezik a többszabadságfokú rendszer görbéjével, a töréspontokat úgy kapjuk, hogy a többszabadságfokú rendszer töréspontjainak erő és elmozdulás értékeit egyaránt elosztjuk Γ-val.
Általában mindkét kapacitásgörbe végpontja a felhasználó által a nemlineáris számítás indításakor megadott maximális elmozdulás értéke (az egyszabadságfokú rendszer esetében ennek Γ-val osztott értéke).
Az alábbi ábrán látható eredménygörbe azt mutatja, hogy a szerkezet az első képlékeny zóna kialakulásakor még jelentős többletteherbírással rendelkezik, mert növekvő elmozdulás esetén az alapnyíróerő is növekszik. A nyíróerő maximumát csak úgy tudjuk meghatározni, hogy a nemlineáris számításhoz egy kellően nagy cél-elmozdulást adunk meg.



Eszköztár

Diagram nyomtatása
Kinyomtatja a kiválasztott diagramot

Másolás vágólapra
A vágólapra másolja a kiválasztott diagramot.

Ábra mentése képtárba
Elmenti a kiválasztott diagramot a Képtárba, ahonnan elérhető a későbbi dokumentációhoz.

Táblázat
Ki/Bekapcsolja az adatok táblázatos megjelenítését.

Ábra mentése rajztárba
Elmenti a kiválasztott diagramot a Rajztárba, ahonnan elérhető a későbbi dokumentációhoz.

Földrengés paraméterek
Táblázatos formában megjeleníti a szintek abszolút és relatív eltolódásához kapcsolódó információkat

6.1.5.1. Kapacitásgörbék Eurocode 8 szerint

Minden eredmény alapjául az *Eurocode 8 B mellékletében* ajánlott *N2* módszer *(lásd 11.32)* szolgál. Az SDOF rendszer bilineáris erő-elmozdulás függvényét (zöld görbe) az SDOF rendszer kapacitásgörbéjéből származtatjuk. A kapacitásgörbén az előirányzott elmozduláshoz (d_t^*) tartozó erőt definiáljuk folyáshoz tartozó erőként (F_y^*), majd a folyáshoz tartozó elmozdulást (d_y^*) azzal a feltétellel határozzuk meg, hogy a kapott bilineáris kapcsolathoz és az eredeti kapacitásgörbéhez tartozó alakváltozási energia azonos legyen. Az *Eurocode 8 (4.3.3.4.2.3)* alapján a kapacitásgörbe pontjait az előirányzott elmozdulás 150%-áig kell meghatározni. Ezt a határt egy függőleges piros vonal jelöli. Amennyiben a vizsgált szerkezet alakváltozó képessége meghaladja ezt az értéket (a vonal pont-vonal stílusú) a szerkezet teljesíti a szabvány ide tartozó követelményét, míg ellenkező esetben (folytonos vonal) a szerkezet nem elégíti ki a követelményt.

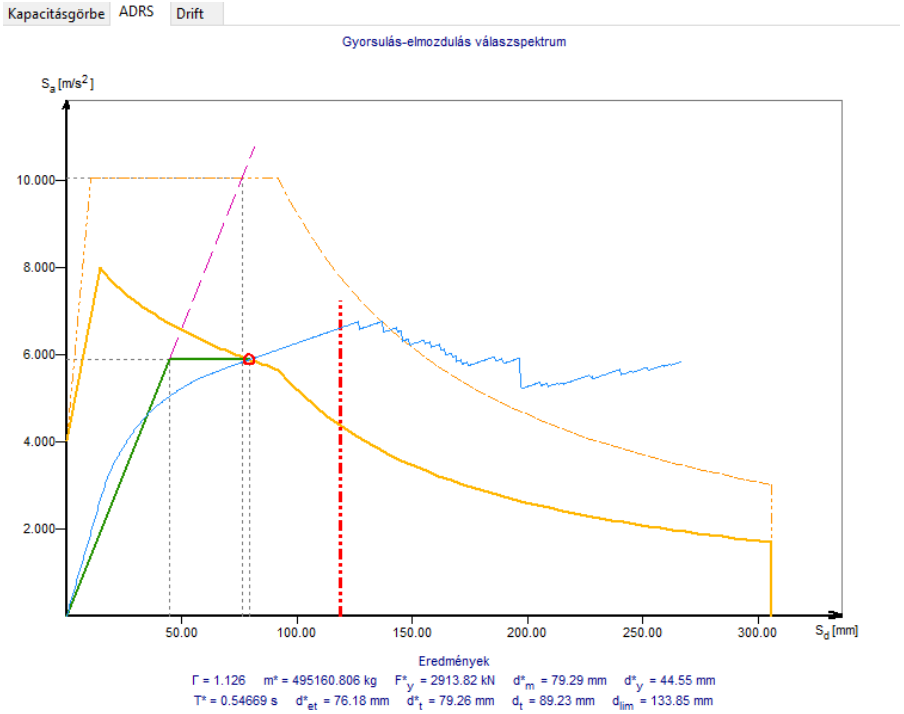
Eredmények

A csillaggal (*) jelölt mennyiségek az egyszabadságfokú rendszer viselkedését jellemzik, a csillag nélküliek a többszabadságfokúét.

Γ	transzformációs tényező az egyszabadságfokú rendszer jellemzőinek számításához
m^*	az egyenértékű egyszabadságfokú rendszer tömege
F_y^*	az egyenértékű egyszabadságfokú rendszer d_m^* elmozdulásához tartozó alapnyíróerő értéke és egyben az idealizált rugalmas-tökéletesen képlékeny rendszer folyáshoz tartozó ereje
d_m^*	az idealizált bilineáris rendszer képlékeny töréshez tartozó elmozdulása (az N2 módszer iterációs eljárásból adódóan nem feltétlenül azonos az egyenértékű egyszabadságfokú rendszer képlékeny mechanizmusának kialakulásához tartozó elmozdulással)
d_y^*	az idealizált bilineáris rendszer folyásához tartozó elmozdulás
T^*	az egyenértékű egyszabadságfokú rendszer sajátrezgésének periódusa
d_{et}^*	a T^* periódussal rezgő, tökéletesen rugalmas egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előirányzott elmozdulása
d_t^*	az egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előirányzott elmozdulása a képlékeny viselkedés figyelembevételével. A zöld bilineáris görbe végpontja.
d_t	az többszabadságfokú rendszer előirányzott elmozdulása a képlékeny viselkedés figyelembevételével
d_{lim}	a többszabadságfokú rendszer előirányzott elmozdulásának 150%-a; a szabvány által elvárt elmozdulási képesség

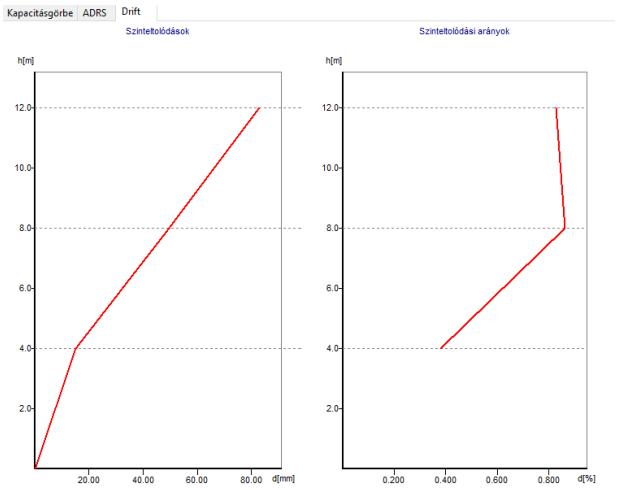
6.1.5.2. Gyorsulás-Elmozdulás Válaszspektrum (ADRS)

A Gyorsulás-Elmozdulás Válaszspektrum (Acceleration-Displacement Response Spectrum – ADRS) a diagramokat ábrázoló ablak felső részén található ADRS fülre kattintva érhető el. Ezen a rugalmas (sárga szaggatott vonal) és inelasztikus (sárga vonal) ADRS spektrumot, valamint az egyszabadságfokú (kék vonal) és az ebből származtatott bilineáris (zöld vonal) kapacitásgörbét ábrázolja a program. A kapacitásgörbék és a válaszspektrum metszéspontja adja az előirányzott elmozdulás értékét, melyet a diagramon egy piros kör emel ki. A lila szaggatott vonal a bilineáris kapacitásgörbe kezdeti merevsége alapján felvett rugalmas közelítést ábrázolja.



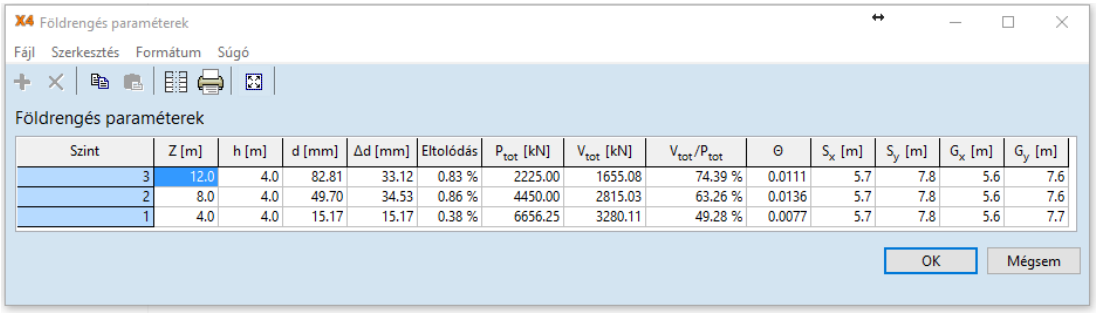
6.1.5.3. Szinteltolódások

A *Szinteltolódások* fülre kattintva a program a szerkezet éppen aktuális előirányzott elmozdulásához tartozó abszolút szinteltolódásait és relatív szinteltolódási arányait ábrázolja. Az abszolút elmozdulási ábra az egyes szintek súlypontjainak vízszintes irányú elmozdulását mutatja a talajhoz képest. A szinteltolódási arányok ábráján a szintek közti elmozdulások láthatók a szintmagasság százalékában kifejezve. Ez utóbbi ábra elsősorban az Eurocode 8 korlátozott károkra vonatkozó követelményének betartásához nyújt segítséget.



Az ábrákon megjelenő információ táblázatos formában is elérhető az eszköztár *Földrengés paraméterek* gombjára kattintva.





Szint	Z [m]	h [m]	d [mm]	Δd [mm]	Eltolódás	P_{tot} [kN]	V_{tot} [kN]	V_{tot}/P_{tot}	Θ	S_x [m]	S_y [m]	G_x [m]	G_y [m]
3	12.0	4.0	82.81	33.12	0.83 %	2225.00	1655.08	74.39 %	0.0111	5.7	7.8	5.6	7.6
2	8.0	4.0	49.70	34.53	0.86 %	4450.00	2815.03	63.26 %	0.0136	5.7	7.8	5.6	7.6
1	4.0	4.0	15.17	15.17	0.38 %	6656.25	3280.11	49.28 %	0.0077	5.7	7.8	5.6	7.7

6.1.6. Eredménytáblázatok



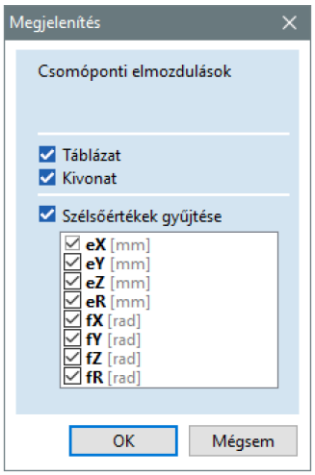
Táblázatos megjelenítésnél az ábrázolt eredménykomponens számszerű értékeit tudjuk megjeleníteni. Ha a szerkezet egy része ki volt jelölve, akkor csak a kijelölt elemek szerepelnek a táblázatban. Lehetőségünk van egyéb szűrési feltételeket is beállítani (például keresztmetszet szerint). Az eredmények a vágólapon keresztül (Clipboard) más programokba áthelyezhetőek (pl. Excel, Word...).
A táblázat beállítási lehetőségeit *lásd részletesen...* **2.9 Táblázatok** fejezetben.



A *Megjelenítés / Feliratozás / Végeselem-sorszámok használata* nem csak a feliratozást befolyásolja, de az eredménytáblázatok tartalmát is.
Ha bekapcsoljuk ezt az opciót, a rúd igénybevételeket a Táblázatkezelőben például az *EREDMÉNYEK / Lineáris vizsgálat / Igénybevételek / Végeselemek / Rúd igénybevételek* alatt találjuk. Az eredmények végeselemenként jelennek meg.
Az opció kikapcsolt állapotában a megfelelő táblázat az *EREDMÉNYEK / Lineáris vizsgálat / Igénybevételek / Rúd igénybevételek* alatt található. Az eredmények ilyenkor szerkezeti elemekre lebontva jelennek meg.

Eredmények megjelenítése
[Ctrl]+[R]

A táblázatkezelő hívása után a dialógusablakban beállítható, hogy részletes táblázatot és/vagy kivonatot kérünk, illetve mely szélsőértékek kerüljenek kigyűjtésre. Elérhető még a *Formátum / Eredmények megjelenítése...* menüpontból.



Táblázat Amennyiben ezt a jelölőnégyzetet bekapcsoljuk, a táblázat minden sora megjelenik. Ha a jelölőnégyzetet kikapcsoljuk, akkor csak a kivonat lesz látható.

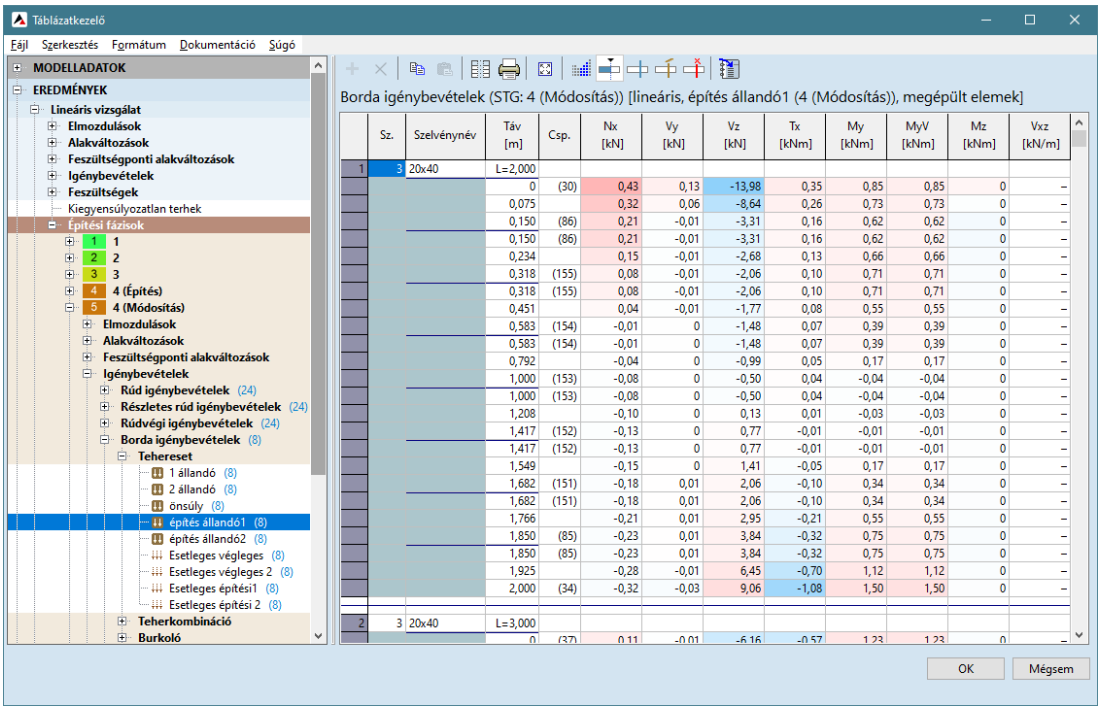
Kivonat Minden eredménytáblázat végén található egy kivonat, amely a táblázat elemeinek értékeiből készül. Kigyűjti a minimum- és maximumértékeket, majd ezeket jeleníti meg.

Szélsőértékek gyűjtése

Eredménytáblázatok indításánál a szélsőérték kigyűjtést aszerint kínálja fel, hogy a táblázatban alapértelmezés szerint milyen oszlopok vannak bekapcsolva. Ha egy felhasználó beállította a táblázatban, hogy mely oszlopok legyenek alapértelmezés szerint láthatóak, akkor a szélsőérték kigyűjtés is automatikusan csak ezekre az oszlopokra történik.

A szélsőértékkel egyidejű komponensek mindig megjelennek. Amennyiben a megtalált *min/max komponens* csak egy helyen fordul elő, úgy az adott helyen lévő egyidejű komponensek is megjelennek a táblázatban. Ellenkező esetben az egyidejű eredménykomponensek helyén '∗' jel jelenik meg, és a *Táv (keresztmetszeti hely)* oszlopban a *min/max komponens* első előfordulási helye látható.

Mértékadó teherkombináció eredmények lekérdezésekor a min/max komponenseken kívül a táblázatban megjelennek a mértékadó teherkombinációban résztvevő teheresetek adatai is, az alábbi jelölésekkel:
[...] szögletes zárójelek közt az állandó teheresetek
{ ... } kapcsos zárójelek közt az esetleges/rendkívüli kiemelt tehereset
(...) íves zárójelek közt az egyidejű esetleges teheresetek



☞ **Ha az építési fázisok vannak a modellben, a fázisok és a végállapot eredményei az EREDMÉNYEK alatt külön pontban találhatók.**

Tulajdonságszűrő



Leírását lásd a **2.9 Táblázatok** fejezetben.

Táblázat nyomtatása

A nyomtató ikonra kattintva vagy a *File\Nyomtatás...* menüpont hatására a **3.1.12 Nyomtatás** fejezetben részletesen leírt dialógusablak jelenik meg. A táblázatban beállított oszlopok kerülnek nyomtatásra a tulajdonságszűrőnek és a megjelenítési paramétereknek megfelelően.

6.1.6.1. Metszetszakasz eredménytáblázatok

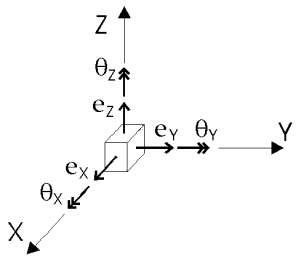
Ha vannak a modellben megadott metszetszakaszok, az eredménytáblázatok között külön csoportban megjelennek a metszetszakasz eredmények táblázatai is.
Az eredménytáblázatokban az éppen bekapcsolt metszetszakaszok eredményei jelennek meg egymás után.
A táblázatok az eredménykomponensek értékeit azokban a pontokban mutatják, ahol az adott metszetszakasz az egyes végeselemeket elmetszette.



6.1.7. Elmozdulások

Csomópont elmozdulásai

Eredményként a csomópontok elmozduláskomponens értékeit kapjuk.
Az elmozduláskomponensek globális koordinátatengely irányúak. Az elmozduláskomponensekből az eredő eltolódás *(eR)* és eredő elfordulás *(fR)* is meghatározásra kerül.



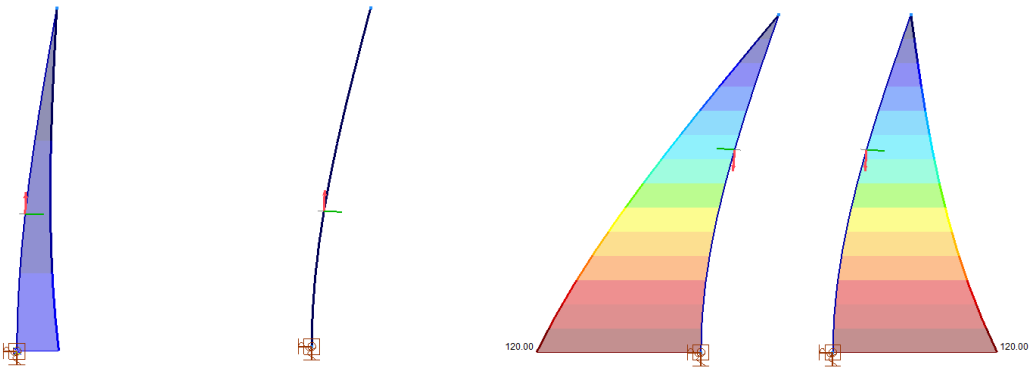
☞ **Néhány esetben az azonos burkoló vagy mértékadó kombinációhoz tartozó elmozdulások és igénybevételek látszólag nem konzisztens eredményt mutatnak.**

Ennek két fő oka lehet:

- az elmozdulás és igénybevétel eredmények eltérő kombinációból adódnak (pl. SLS vagy ULS), azaz nem azonos teherösszeállításból származik a két eredmény, így azok nem összevethetőek.
- a program az elmozdulás-komponenseket a globális koordinátarendszer alapján értelmezi, viszont az igénybevételek az elemek (rúd, felület, virtuális rúd,...) koordinátrendszere szerint vannak ábrázolva. Az eredményeket csak a megfelelő koordinátarendszerben lehet értelmezni.

Ezek szemléltetésére néhány egyszerű esetet gyűjtöttünk össze. Az ábrákon a rúd igénybevételeit mutajuk be elmozdult ábrázolási alakot kérve.

1. eset *2. eset* *3. eset*

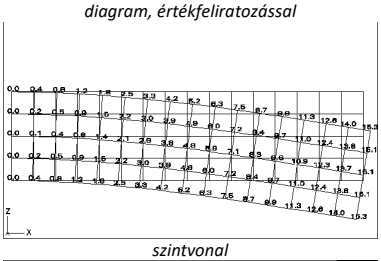


1. Mértékadó/burkoló kombinációban a rúd húzott oldala az elmozdulás és igénybevétel eredmények alapján ellentmondásos. A komponensek eltérő teherösszeállításából származnak, így nem összetartozóak.
2. Ez a speciális eset is az eltérő kombinációk (mértékadó vagy burkoló) hatását mutatja. A rúd igénybevétele zérus, azonban az elmozdult alak (jelentős) deformációt mutat.
3. Az utolsó eset az eltérő lokális koordinátarendszerek következményét szemlélteti burkoló kombinációban. A rudak terhelése és így a számított elmozdulás is azonos. Az igénybevétel is megegyező, viszont a rudak ellentétes lokális *z* tengelye miatt a kirajzolt igénybevételi ábra ellentétes oldalra kerül. Ez ellentmondásosnak tűnhet a defomációs alakkal összevetve (húzott-nyomott oldal értelmezése).

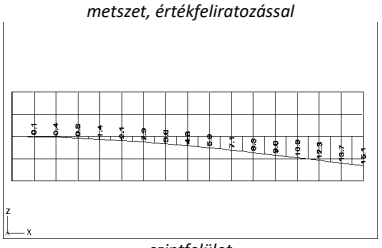
☞ **Ez az eset földrengési kombinációknál is előfordulhat!**

Konzoltárcsa elmozdulásának különböző típusú ábrázolása:

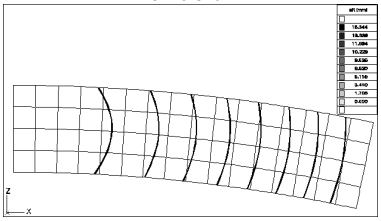
diagram, értékfeliratozással



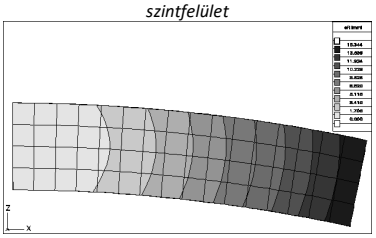
metszet, értékfeliratozással



szintvonal



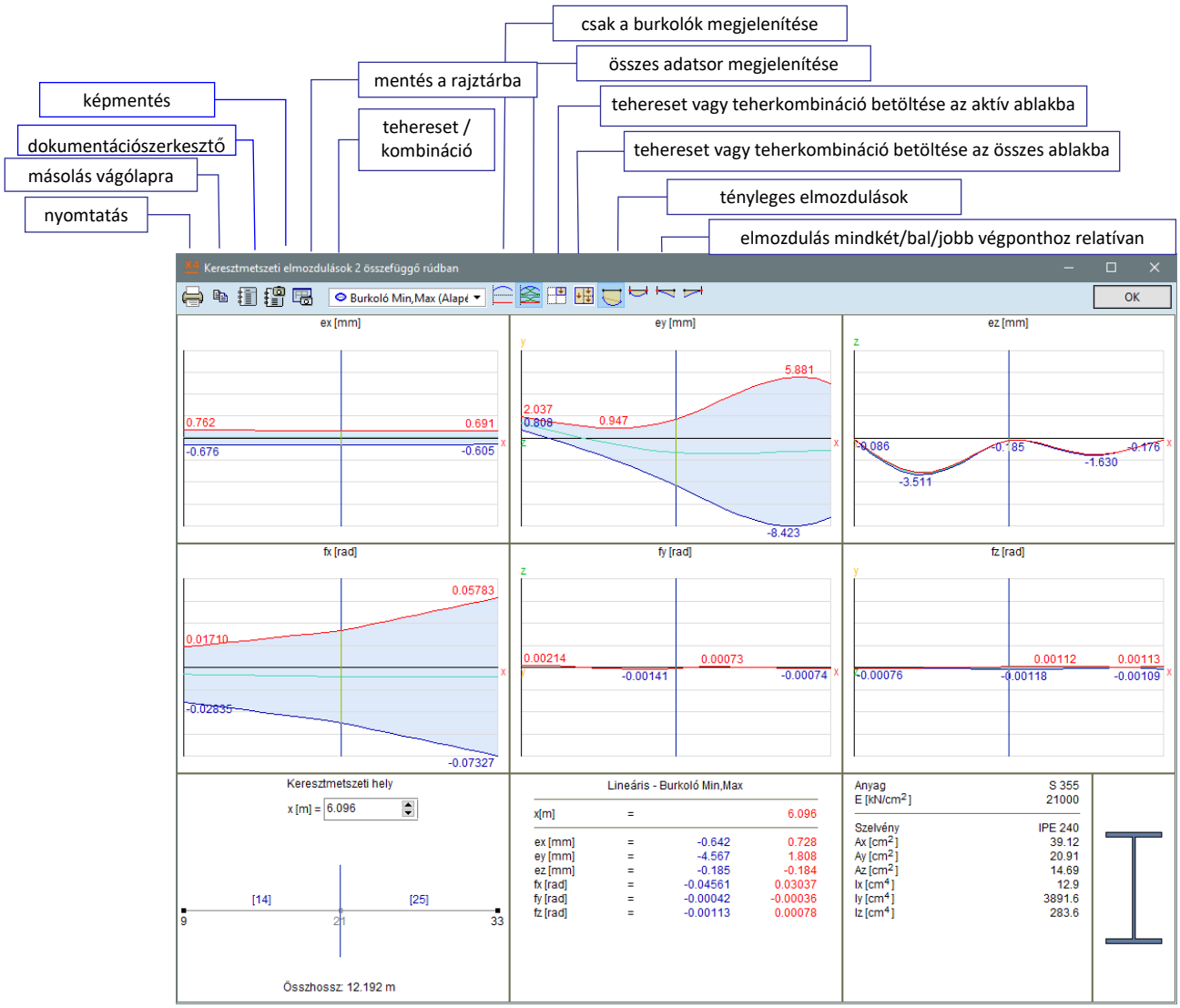
szintfelület



Rúdelem közbenső elmozdulásai

A rúd közbenső keresztmetszeteinek elmozduláskomponens értékeit kapjuk meg globális és lokális koordináta-rendszerben.
A szerkezet vagy szerkezeti részlet megjelenítésekor a csomóponti és rúd közbenső elmozdulások **globális koordinátakomponensei** jelennek meg az ábrán.
Ha van a modellben 7 szabadságfokú rúdelem (*lásd...* **4.9.10.3 7 szabadságfokú rúdelem**), ez kiegészül a *w* fajlagos elcsavarodással, ami a rúd lokális rendszerében értelmezett mennyiség.
A kurzorral egy rúdra rákattintva a rúd közbenső eltolódási és elfordulási (ezen felül 7 szabadságfokú rúd esetében öblösödési) diagramjai jelennek meg **a rúd lokális koordináta-rendszerében**.
Egyszerre több rudat is ábrázolhatunk, ha:

a) a rudak tengelyeinek szögeltérése egy adott értéket nem halad meg
b) a lokális x -tengelyek irányítása megegyezik
c) az anyaguk azonos



Csak a burkoló megjelenítése

Az összes adatsor megjelenítése

Az eredményablakban kiválasztott tehereset vagy teherkombináció betöltése az aktív ablakba (osztott megjelenítés esetén csak az aktív ablakban beállítottat módosítja)

Az eredményablakban kiválasztott tehereset vagy teherkombináció átvétele az összes ablakba (osztott megjelenítés esetén az összes ablakban módosul az ábrázolandó tehereset/teherkombináció)

Tényleges elmozdulások megjelenítése

Elmozdulás a végpontokhoz relatívan

Elmozdulás a bal végponthoz relatívan

Elmozdulások a jobb végponthoz relatívan

Az ablakon belül bármely tehereset vagy teherkombináció eredményei lekérdezhetők. Burkoló esetén a burkolót alkotó függvények megjelenítése ki/be kapcsolható. A diagramok kék mérővonalainak mozgatásával vagy a szerkesztőmező segítségével a lekérdezés pozícióját állíthatjuk.

Eredmény táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Diagramok beillesztése a dokumentációba

A diagramok név megadásával menthetők és asszociatív módon beilleszthetők a dokumentációba. *Lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**

6.1.7.1. Teljes lehajlás (wtot) számítása vasbeton lemezekre

Szabványok

Vasbeton lemezek teljes függőleges lehajlásának meghatározásához bizonyos teherkombinációkra nemlineáris számításokat kell futtatni kúszás figyelembevételével és anélkül.

☞ **A *Vasalás figyelembevétele* opciónak mindig bekapcsolt állapotban kell lennie.**

A teljes lehajlás számításához a következő értékekre van szükség.

w1 *A lehajlás kezdeti része az állandó terhek hatására*
Ehhez vagy 1) állandó teheresetekre vagy 2) esetleges terheket nem tartalmazó karakterisztikus, gyakori vagy kváziállandó SLS kombinációkra kúszás *nélkül* (φ = 0) lefuttatott nemlineáris számításokat kell lefuttatni.

w2 *Az állandó terhek miatti lassú alakváltozás következtében létrejövő lehajlásrész*
Ugyanazokra a kváziállandó SLS kombinációkra kell lefuttatni nemlineáris számítást egyszer kúszás *figyelembevételével*, egyszer *anélkül*, mert a *w2* érték a két lehajlás különbségéből adódik.
Ezekben az SLS kombinációkban ugyanazoknak az állandó terheknek kell szerepelniük, mint a *w1* számításához használt kombinációkban.

w3 *Az esetleges terhek hatására létrejövő többletlehajlás*
Ennek meghatározásához a *w1* számításához használt kombinációkat kell használni a nemlineáris számításhoz, de esetleges terhekkel kiegészítve, kúszás *nélkül* (φ = 0). *w3* a két lehajlás különbségéből adódik.

wbij *wbij =w2+w3*

wtot *A teljes lehajlás*
wtot = w1+w2+w3

A számítás lépései

1. Generáljuk az összes figyelembe venni kívánt SLS kombinációt! Ezek közt kváziállandó kombinációknak mindenképpen szerepelniük kell. *Lásd...* **4.10.2 Teherkombinációk**

2. Futtassuk le valamennyi kombinációra a nemlineáris számítást, kúszás *nélkül,* a kváziállandó kombinációkra kúszással is.
A *Vasalás figyelembevétele* opciót mindig be kell kapcsolni. *Lásd...* **5.1 Statika**

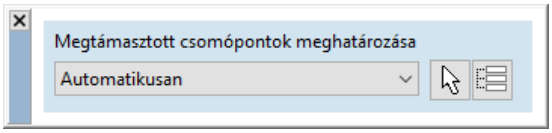
3. Válasszuk az SLS kváziállandó kombinációkat tartalmazó automatikus burkolót vagy egy ezen kombinációk valamely részhalmazából képezettt egyedi burkolót. *Lásd...* **6.1 Statika**

4. Ha megadtuk a vizsgálandó kombinációkat tartalmazó burkolót, a program megkeresi az azonos állandó terheseteket tartalmazó összetartozó kombinációkat, és meghatározza hozzájuk a *w1, w2, w3, wbij* és *wtot* értékeket, majd a különböző kombináció-csoportokra kapott értékek burkolójából előállítja a *w1, w2, w3, wbij* és *wtot* eredménykomponenseket

6.1.7.2. Relatív elmozdulások



Amennyiben a modell tartalmaz felületelemeket, akkor a *Statika* fülön a relatív elmozdulás ikon is aktívvá válik. A funkció segítségével ábrázolhatjuk a tartományok megtámasztott csomópontjaikhoz viszonyított elmozdulását. Az ikonra kattintva az alábbi dialógusablak jelenik meg.



Megtámasztott csomópontok meghatározása

Három módszer közül lehet választani:

1. *Automatikusan:* ezen opció esetén a kiválasztott tartományhoz, tartományokhoz a program megkeresi azokat a kiválasztott tartománnyal egy síkban lévő megtámasztott csomópontokat, melyeket a referenciasík elemeinek fog tekinteni. Ezek olyan csomóponti, vonal vagy felületi támaszokhoz kapcsolódnak, melyeknek van a régió normálisába eső támaszmerevségük. Ezen kívül a következő csomópontokat tekinti az eljárás megtámasztottnak:

   azon oszlopok tartományhoz csatlakozó csomópontjai, melyek tengelyei a vizsgált tartomány normálisával 45°-nál kisebb szögeket zárnak be,
   olyan falak tartományhoz csatlakozó csomópontjai, melyek normálisai a tartomány normálisával 45°-nál nagyobb szögeket zárnak be.

2. *Automatikusan (csak födémek):* az eljárás a fentiek szerint működik, de a kiválasztott tartományok közül kizárólag a födémeket (normálisuk közelítően globális Z irányú) vizsgálja.

3. *Kijelölés:* ezen opció esetén mind a tartományokat, mind a referenciasík csomópontjait a felhasználó határozza meg. Kizárólag azon csomópontokat vesszük számításba, melyek a kiválasztott tartományhoz tartozó síkon vannak.

Megjegyzés: egy tartományhoz kizárólag egy referencia sík tartozhat.



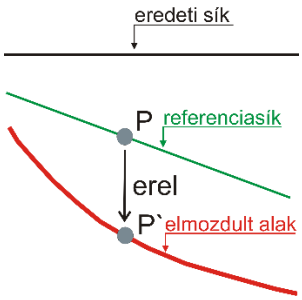
Tartományok / megtámasztott csomópontok kijelölése: Kiválaszthatjuk a vizsgálni kívánt tartományokat. A *Kijelölés* opció esetén a referenciasík csomópontjainak kiválasztása is ekkor történik.

Számítás

Egy tartomány esetében négy állapot fordulhat elő:

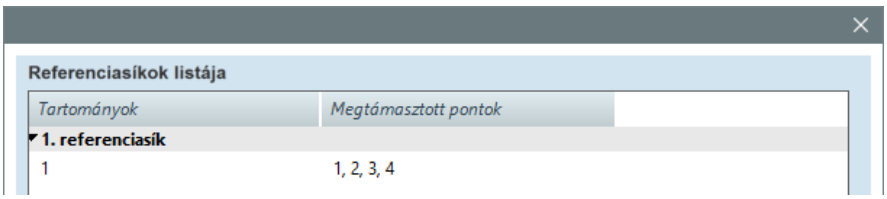
1. Nem tartozik hozzá megtámasztott csomópont: nem jelennek meg eredmények.
2. Egy megtámasztott csomópont: a referenciasík átmegy ezen a ponton, normálisa megegyezik a tartomány eredeti normálisával.
3. Két megtámasztott csomópont: a referenciasík átmegy mind a két ponton, a két pont által meghatározott egyenesre merőleges síkbeli irányvektora pedig párhuzamos marad az eredeti tartomány hasonlóan képzett irányvektorával.
4. Három vagy több megtámasztott csomópont: a program az elmozdult pontokra a legkisebb négyzetek elve szerint regressziós síkot illeszt (három pont esetén ez tökéletesen illeszkedik).

A program a referenciasíkok meghatározása után kiszámítja a relatív elmozdulásokat. A relatív elmozdulás a tartomány valamely elmozdult pontjának a regressziós síktól mért, az eredeti sík normálisának irányába eső távolsága (lásd a mellékelt ábrán).



Az ***erel*** eredménykomponenst kiválasztva lekérdezhetőek a teheresetek, kombinációk, burkoló, illetve mértékadó számítások eredményei.

Referenciasíkok listája: lekérdezhető, mely referenciasíkhoz mely tartományok, illetve megtámasztott pontok tartoznak. Egy kiválasztott referenciasík a *Törlés* gombbal vagy a billentyűzet *Delete* gombjával törölhető.



Eredménytáblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Diagramok beillesztése a dokumentációba

A diagramok név megadásával menthetők és asszociatív módon beilleszthetők a dokumentációba.

Lásd... **3.6.11 Mentés a rajztárba**

6.1.8. Csomóponti sebességek

Dinamikai vizsgálat eredményeként a csomópontok sebességkomponens értékeit kapjuk.
A sebességkomponensek globális koordinátatengely irányúak. A sebességkomponensekből az eredő sebesség *(vR)* és az eredő szögsebesség *(vRR)* is meghatározásra kerül.

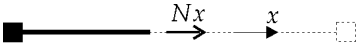
6.1.9. Csomóponti gyorsulások

Dinamikai vizsgálat eredményeként a csomópontok gyorsuláskomponens értékeit kapjuk.
A gyorsuláskomponensek globális koordinátatengely irányúak. A gyorsuláskomponensekből az eredő gyorsulás *(aR)* és az eredő szöggyorsulás *(aRR)* is meghatározásra kerül.

6.1.10. Rács/rúdelem igénybevételei

Rácsrúdelem

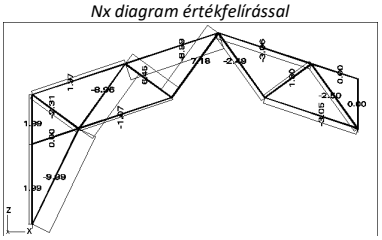
A rácsrudakban a terhelések hatására *Nx* normálerők ébrednek.



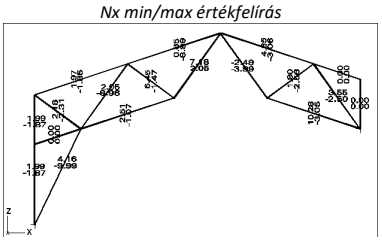
Pozitív előjelű normálerő húzást jelent a rácsrúdban. Burkoló és mértékadó eredmények feliratozásánál a min/max értékek egyidejűleg megjeleníthetők.

Rácsos tartó igénybevételeinek különböző típusú ábrázolása:

Nx diagram értékfelírással



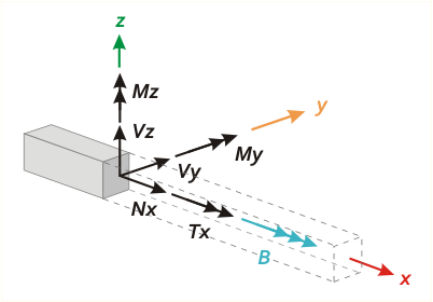
Nx min/max értékfelírás



Rúdelem

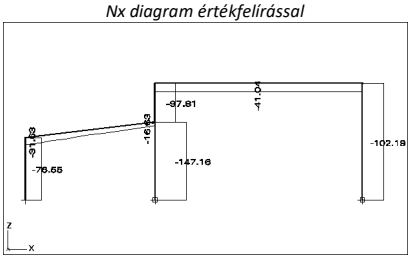
A terhelések hatására a rudakban a következő igénybevételek keletkeznek:
Nx, Vy, Vz, Tx, My, Mz, 7 szabadságfokú rudakban *B* bimoment.

A rúdigénybevételek a rúd lokális koordinátarendszerében értendők. A pozitív előjelek értelmezése az ábráról leolvasható. Nyomaték diagramok esetén a diagram mindig a húzott oldalra kerül. Értelmezésük ennek megfelelő.

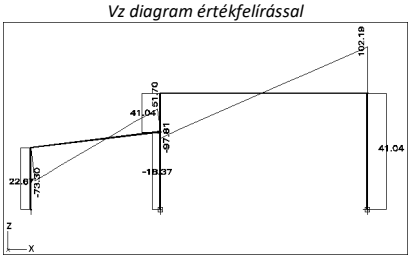


Keret igénybevételeinek különböző típusú ábrázolása:

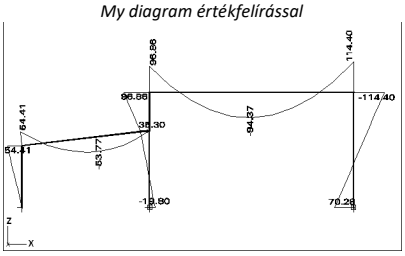
Nx diagram értékfelírással



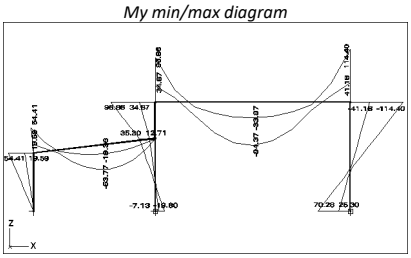
Vz diagram értékfelírással



My diagram értékfelírással

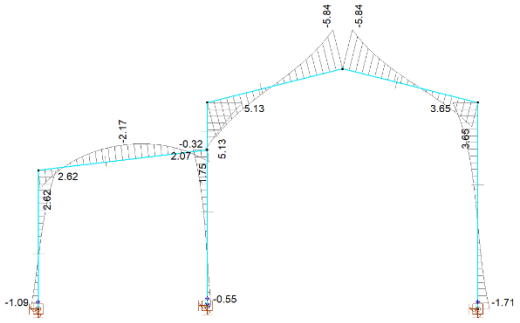


My min/max diagram

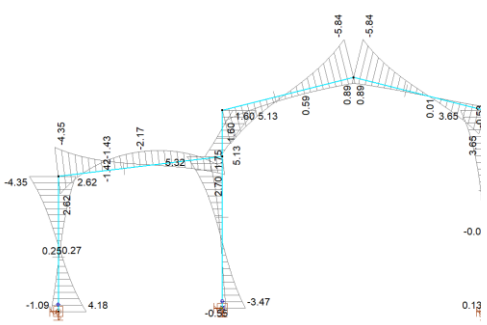


7 szabadságfokú rúdon

B diagram értékfelírással



B min/max diagram

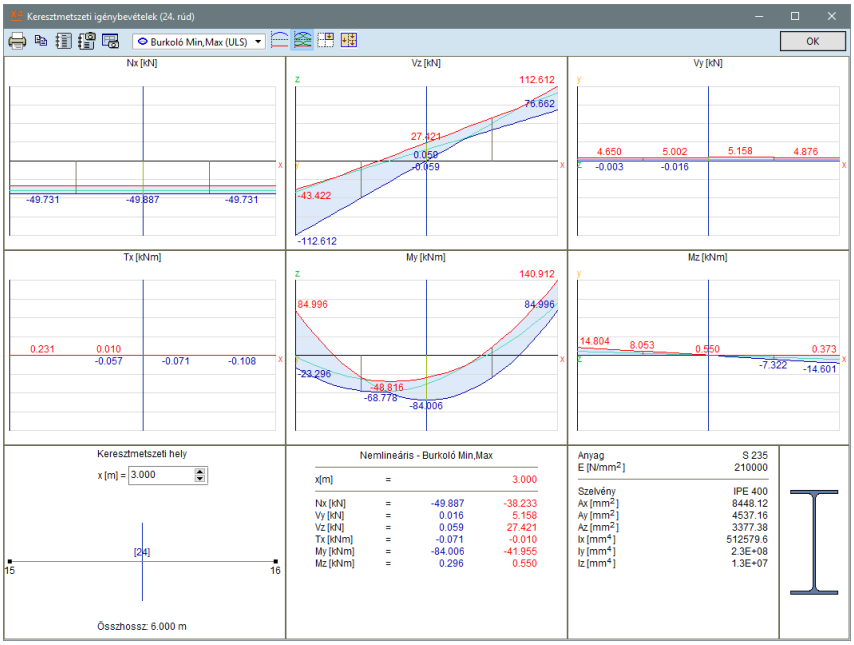


A kurzorral egy rúdra rákattintva a rúd közbenső keresztmetszeteinek igénybevételi diagramjai jelennek meg.

Rács/rúdelem igénybevételeinek ábrázolása

Egyszerre több rúdból álló poligont is ábrázolhatunk, ha:

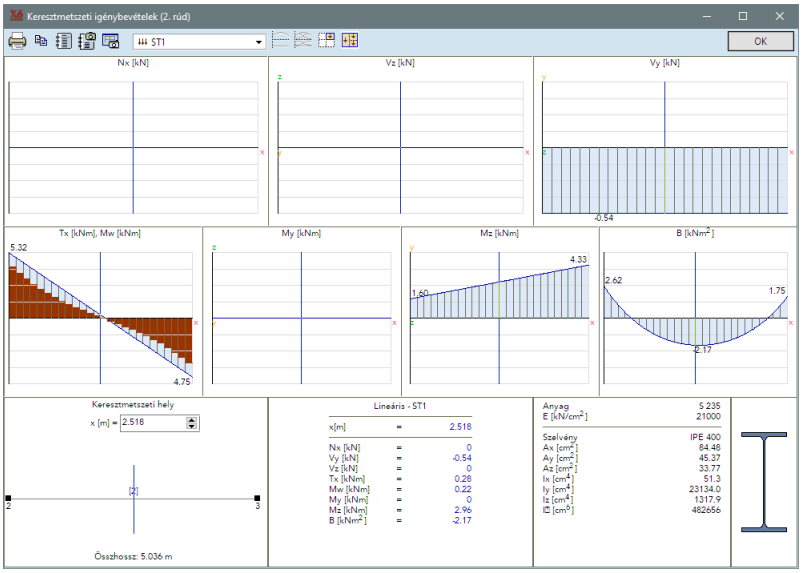
- a lokális x és z tengelyek szögeltérése nem haladja meg az Eredményábrázolási paraméterek /**Egyéb beállítások** párbeszédablakban megadott maximális értékeket
- az anyaguk azonos.



Az ablakon belül bármely tehereset vagy teherkombináció eredményei lekérdezhetők. Burkoló esetén a burkolót alkotó függvények megjelenítése ki/be kapcsolható. A diagramok kék mérővonalainak mozgatásával vagy a szerkesztőmező segítségével a lekérdezés pozícióját állíthatjuk.

7 szabadságfokú rúd diagramjai

Az *Nx, Vy, Vz, Tx, My, Mz* igénybevételeken túl a *B* bimoment diagramja is megjelenik. Ha tehereseten vagy teherkombináción állunk, a *Tx* diagramon az *Mw* öblösödési csavarónyomaték is ábrázolásra kerül.



Eredmény táblázatok

A rúdigénybevételekről háromféle táblázat készül:

Rúd igénybevételek: a rudak összes keresztmetszetében számított érték megjelenik

Rúdvégi igénybevételek: csak a rudak kezdő- és végpontjában számított értékeket tartalmazza.

Kapcsolatméretezési igénybevételek: az egyes csomópontokba befutó rudak csomópontban számított igénybevételeit tartalmazza

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Diagramok beillesztése a dokumentációba

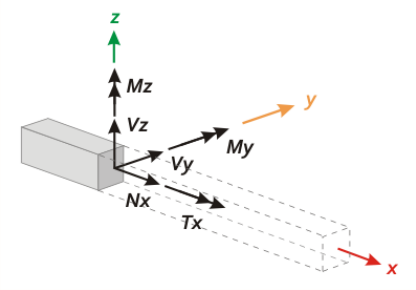
A diagramok név megadásával menthetők és asszociatív módon beilleszthetők a dokumentációba.

Lásd... **3.6.11 Mentés a rajztárba**

☞ **Burkoló ill. mértékadó teherkombináció kiválasztásánál rúdelemenként csak a megadott min/max komponensek szerinti szélső értékek jelennek meg. Amennyiben a megtalált szélső érték csak egy keresztmetszetben fordul elő, úgy az egyidejű igénybevételek is láthatók. Ellenkező esetben az egyidejű igénybevételek helyén '*' jelenik meg, és a Táv (keresztmetszeti hely) oszlopban az első előfordulás helye látható.**

6.1.11. Bordaelem igénybevételei

A terhek hatására a bordaelemekben az alábbi igénybevételek keletkeznek: *Nx, Vy, Vz, Tx, My, Mz*. A bordaelem igénybevételei a bordakeresztmetszet súlypontjában lévő lokális koordináta-rendszerében adottak. A pozitív előjelek az ábra szerint értelmezettek. Nyomatékdiagramok esetén a diagram mindig a húzott oldalra kerül, és értelmezése is ennek megfelelő.



Héjhoz excentrikusan kapcsolt borda esetén a hajlítónyomaték és a nyíróerő mellett normálerő is megjelenik mind a héjban, mind a bordában.

Ebben az esetben a méretezési nyomaték az alábbi módon számítható:

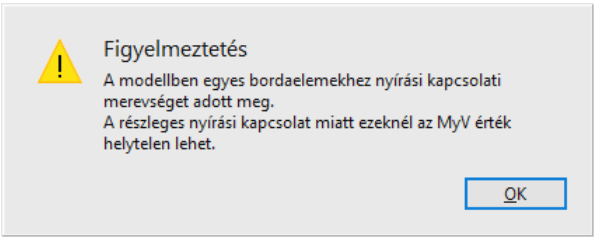
$$M_{yD} = M_y + e_z \cdot N_x$$

MyV komponens számításának feltételezései

Az *Myv* komponenst a program minden esetben kiszámolja, de a fenti számítási elv csak az alábbi feltevések mellett szolgáltat jó eredményt. Ezek teljesülését minden esetben a felhasználónak kell mérlegelnie.

- a borda és a lemez között merev nyírási kapcsolatot tételezünk fel,
- a hajlítónyomaték okozta normálerőn túl a bordában nincs jelentős normálerő,
- a borda mérete és merevsége elegendően nagy a lemez merevségéhez képest, hogy a lemezben ébredő hajlítónyomaték elhanyagolása nem jelent számottevő hibát az eredményekben (mivel M_{yV} ezt nem tartalmazza).

Az *Myv* eredményt a program akkor is kiszámolja, ha a felhasználó rugalmas nyírási merevséget definiált a lemez és a borda között, viszont ekkor a program figyelmeztető üzenet ad az eredmény komponens lekérdezésnél:



v_{xz} komponens számításának feltétele

Ha alsó vagy felső bordánál rugalmas nyírási kapcsolatot definiáltunk (**4.9.10 Vonalelemek – Bordaelemek szakasz)** a lemez és a borda között, akkor az igénybevételek között a Vxz fajlagos nyíróerő komponens is megjelenik (merev nyírási merevség esetén a program nem számol ilyen eredmény komponenst).

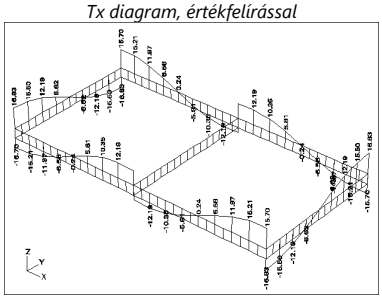
Borda igénybevételeinek ábrázolása

Egyszerre több bordából álló poligont is ábrázolhatunk, ha:

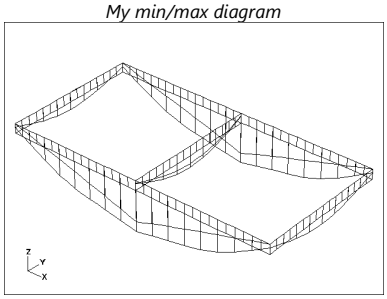
- a lokális x és z tengelyek szögeltérése nem haladja meg az Eredményábrázolási paraméterek / Egyéb beállítások párbeszédablakban megadott maximális értékeket
- az anyaguk azonos.

Bordaigénybevételek különböző típusú ábrázolása:

Tx diagram, értékfelírással



My min/max diagram



Eredmény-táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

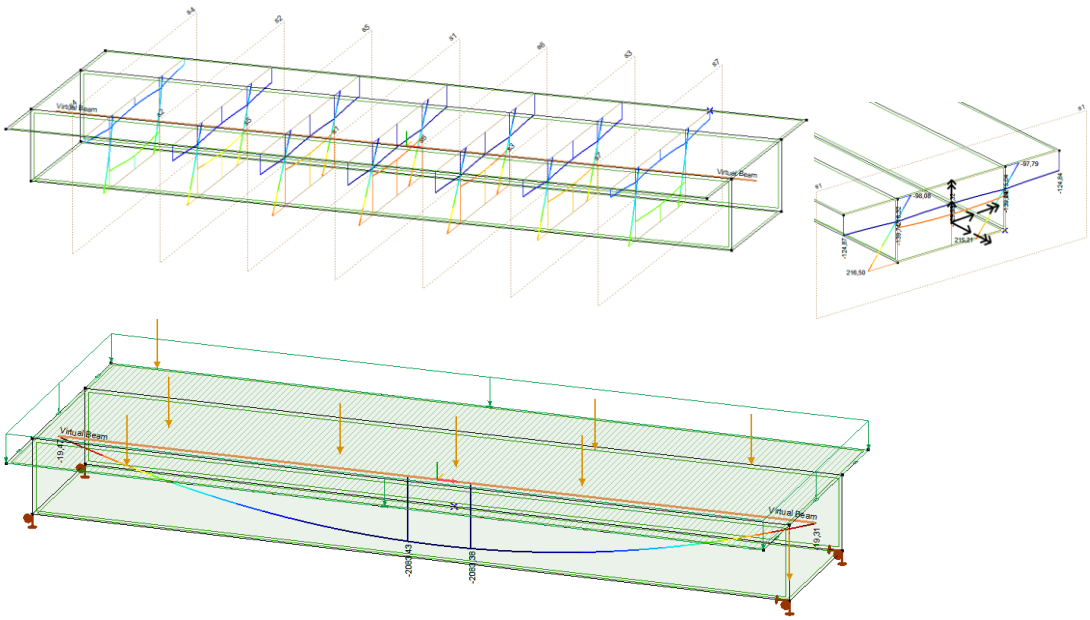
***Potenciális hiba lehetőség** az elem megadásnál*

Az M_{yV} feltételezi a csatlakozó felületelemet. Ha egy borda több tartomány peremén is van, a felhasználónak kell biztosítania, hogy a borda olyan tartományhoz is csatlakozzon, amely felületelemet is biztosít. Ez akkor okozhat gondot, ha egy nyílás csatlakozik az egyik oldalról, és a borda definiálás során csak ez a tartomány került beregisztrálásra. A bordához beregisztrált tartományok az Elemek fülön a bordához megjelenő felugró magyarázatban (hint-ben) fognak látszani. A beregisztrált tartományok a borda definiálása során a látható részletek alapján kerülnek beállításra (azaz, ha csak egy nyílással csatlakozó tartomány látszott részletben a definiálás során a bordához, csak az kerül beregisztrálásra, hiába van esetleg a borda másik oldalán egy másik tartomány is).

6.1.12. Virtuális rúd igénybevételei

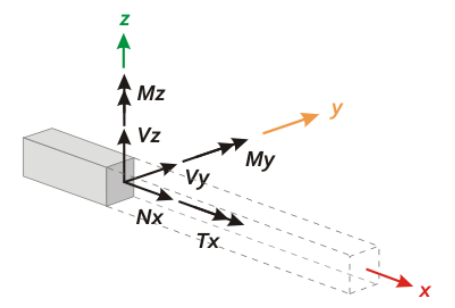
Számítás

A virtuális rúd megadása (**2.16.19 Virtuális rúd**) után a program a rúd irányának ismeretében erre az irányra merőleges metszeteket vesz fel, meghatározza ezek súlypontját, majd ebből a középvonalat. Ezután a középvonalon a geometria és a végeselem-háló sűrűségének függvényében felvett metszeteken adódó felületigénybevételeket a metszet síkjának és a középvonalnak a metszéspontjába redukálja. Az így kapott rúdigénybevétel-jellegű eredményeket a középvonalon ábrázolja.



Igénybevétel-komponensek

A program minden metszetben egy normálerőt és két nyíróerőt *(Nx, Vy, Vz)* egy csavaró- és két hajlító-nyomatékot *(Tx, My, Mz)* határoz meg. A nyomaték diagramok a virtuális rúd húzott oldalán jelennek meg.



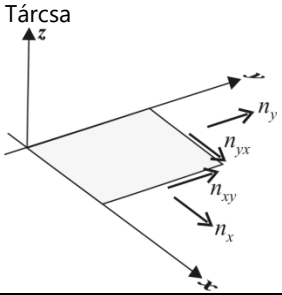
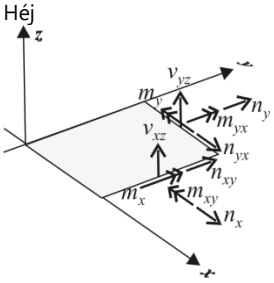
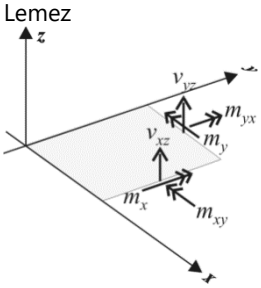
Eredmény táblázatok

Az eredménytáblázatok az igénybevételek mellett tartalmazzák az egyes metszetek súlypontjának globális koordinátáit is. *Lásd...* **6.1.6 Eredménytáblázatok**

6.1.13. Felületelem igénybevételei

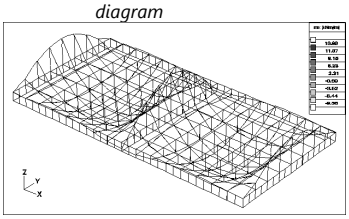
Igénybevételek

Az elemek csomópontjaiban a következő igénybevételek keletkeznek a pozitív előjelnek megfelelően:

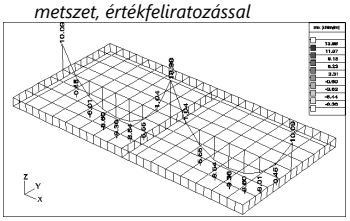
Felületelem	*Jel*	*Felületelem*	*Jel*	*Felületelem*	*Jel*
Tárcsa 	n_x n_y n_{xy}	Héj 	n_x n_y n_{xy} m_x m_y m_{xy} v_{xz} v_{yz}	Lemez 	m_x m_y m_{xy} v_{xz} v_{yz}

Bordázott lemez nyomatékának különböző típusú ábrázolása:

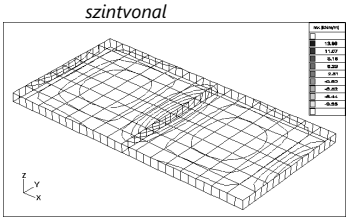
diagram



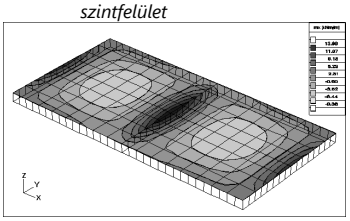
metszet, értékfeliratozással



szintvonal



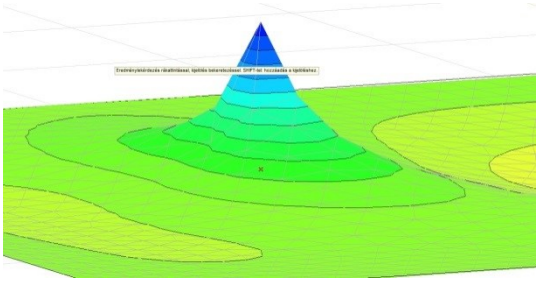
szintfelület



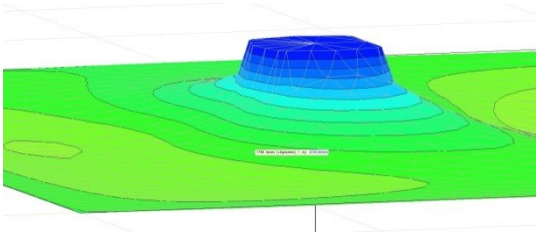
☞ **Felhívjuk a figyelmet, hogy a lemeznyomatékok esetén az x és y index a nyomatékmetszet irányát, ill. vasalási irányt jelenti.**
Tehát mx nyomaték a lemez lokális y tengelye körül forgat, míg az my nyomaték a lokális x tengely körül.
A lemeznyomatékok előjele pozitív, ha az a lemez felső szélén okoz húzást (+lokális z felőli oldal), és negatív, ha a lemez ellentétes szélén okoz húzást.

Igénybevételi csúcsok átlagolása az oszlopok felett

Ha a födémekbe csatlakozó oszlopokat egyszerűen pontszerű megtámasztásnak tekintjük, a támasz helyén igénybevételi csúcsok keletkeznek, melyek a végeselem-módszer természetéből fakadóan a háló sűrítésével növekednek. Valósághűbb modellt kapunk, ha figyelembe vesszük, hogy a támaszok nem pontszerűek. Az oszlopfej keresztmetszetének ismeretében a nyomatéki és membrán igénybevételek kiátlagolhatók az igénybevételi ábra térfogata alapján. A nyíróerőket az oszlop kontúrján belüli pontokon a program nullázza. Ha a hálógeneráláskor bekapcsoltuk az *Oszlop keresztmetszetek hálózása* opciót (**4.12.1.2 Hálógenerálás tartományokra**), a háló már figyelembe vette a csatlakozó oszlop keresztmetszetét.
Ha ezután az *Eredményábrázolási paraméterek* ablakban bekapcsoltuk az *Igénybevételi csúcsok levágása oszlopok felett* opciót, a kapott eredmények a jobb oldali 3D szintvonalas ábrán látható módon alakulnak.



Nyomaték diagram a csúcs levágása nélkül

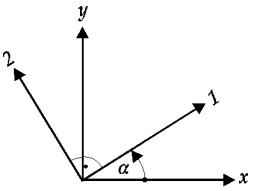


Nyomaték diagram a csúcs levágásával

Eredmény-táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Fő-igénybevételek



Felületelemeknél meghatározásra kerülnek az *n1, n2, illetve m1, m2,* főigénybevételek és azok iránya: *αn,* illetve *αm.*
Az 1-2. főigénybevételekhez tartozó irányok külön lekérdezhetőek az *αn1, αn2, illetve αm1, αm2* eredménykomponensek kiválasztásával.
Emellett a program kiszámolja a *vRz* eredő nyíróerő és annak irányát: *αvRz* eredménykomponens.
Értékeik az alábbiaknak megfelelő előjellel és feltétellel kerülnek kiírásra:

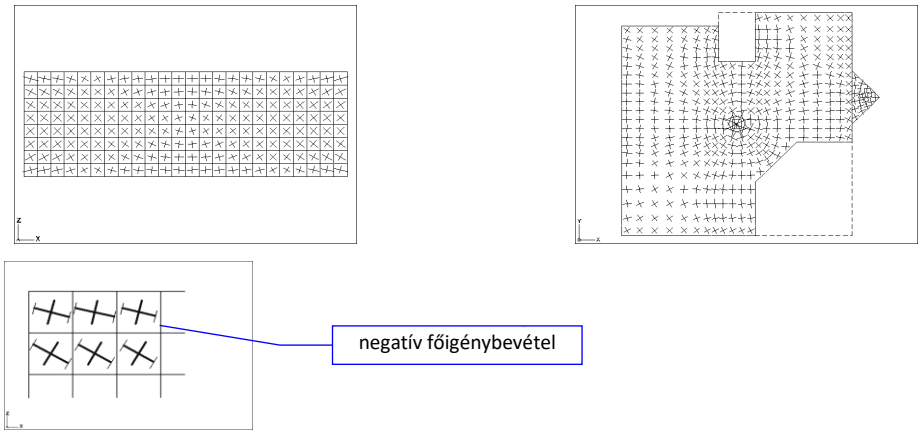
$m_1 \geq m_2,\ n_1 \geq n_2,\ -90° < \alpha \leq +90°$

Az *α* szögértékek a felületelem lokális ***x*** tengelyéhez viszonyítva értendők.

	Héj	
	Tárcsa	*Lemez*
n_1	$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{n_x - n_y}{2}\right)^2 + n_{xy}^2}$	—
n_2	$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{n_x - n_y}{2}\right)^2 + n_{xy}^2}$	—
α_n	$\mathrm{tg}(2\alpha_n) = \frac{2n_{xy}}{n_x - n_y}$	—
m_1	—	$m_1 = \frac{m_x + m_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{m_x - m_y}{2}\right)^2 + m_{xy}^2}$
m_2	—	$m_2 = \frac{m_x + m_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{m_x - m_y}{2}\right)^2 + m_{xy}^2}$
α_m	—	$\mathrm{tg}(2\alpha_m) = \frac{2m_{xy}}{m_x - m_y}$
vRz	—	$vRz = \sqrt{v_{xz}^2 + v_{yz}^2}$
αvRz	—	$\alpha vRz = arctg\left(\frac{v_{yz}}{v_{xz}}\right)$

☞ **Síkbeli alakváltozási állapotú tárcsaelemek esetén $n_z \neq 0$, ugyanakkor nz értéke nem kerül meghatározásra.**

Az igénybevételi értékek megjeleníthetők diagram formában, metszeten, szintvonalakkal vagy szintfelülettel.
Főirányok *(αn, αn1, αn2, illetve αm, αm1, αm2, valamint az αvRz)* diagramos ábrázolása esetén az irányoknak megfelelő vektorok jelennek meg, melyek színezése és hossza az adott irányhoz tartozó főigénybevétel szerint változik. A vektor végét egy-egy merőleges vonal zárja le, ha a főigénybevétel értéke negatív.



Eredmény táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Vasalási igénybevételek

Felületelemeknél meghatározásra kerülnek az nxv, nyv, mxv, myv vasalási (méretezési) normálerők és nyomatékok:

$$nxv = n_x \pm |n_{xy}|, \qquad nyv = n_y \pm |n_{xy}|$$
$$mxv = m_x \pm |m_{xy}|, \qquad myv = m_y \pm |m_{xy}|$$

A vasalási igénybevétel értékek megjeleníthetők diagram formában, metszeten, szintvonalakkal vagy szintfelülettel.

Intenzitásváltozás

A *dnx, dny, dnxy, dmx, dmy, dmxy, dqx, dqy* dimenziótlan eredménykomponensek azt mutatják, egy adott teheresetben vagy kombinációban mennyit változik megfelelő felületigénybevétel a végeselem-háló egy-egy elemén belül. Az elemen belüli maximum és minimum különbségét a program elosztja egy referenciaértékkel, ami a következők valamelyike:

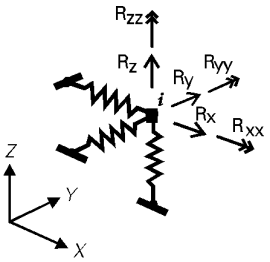
- A tehereset vagy kombináció abszolút értékének maximuma a teljes modellre
- A tehereset vagy kombináció abszolút értékének maximuma a bekapcsolt részletekre
- Egyedi érték

A referenciaérték az *Ábrázolási paraméterek* ablakban választható ki (*lásd...* **6.1 Statika**).

6.1.14. Támaszelem igénybevételei

Támaszelem igénybevételei

Pozitív előjelű elmozdulások pozitív előjelű igénybevételeket keltenek a támaszelemben (normálerő és csavarónyomaték jellegűeket). Például a támaszelem (rugó) hosszabbodása, nyúlása húzást okoz.



Az igénybevételek diagram jellegűen vagy színezett formában ábrázolhatók. Diagramos ábrázolásnál a csomóponti támaszokon a kiválasztott támaszigény-bevétel-komponens vektoros formában látható.

Eredő igénybevételek

Támaszelemeknél meghatározásra kerülnek az $R_{eR}, R_{\theta R}$ eredő támaszerők is:

$$R_{eR} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}, \qquad R_{\theta R} = \sqrt{R_{xx}^2 + R_{yy}^2 + R_{zz}^2}$$

Az *Rxyz* vagy *Rxxyyzz* eredménykomponensek kiválasztása esetén az egyes támaszerő- (vagy nyomaték) komponensek egyidejűleg jelennek meg, a lokális irányokba mutató nyilak formájában.

A vízszintes és függőleges igénybevételek aránya

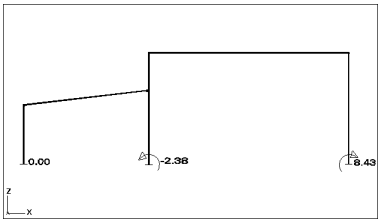
A program a támaszigénybevételekből meghatározza a vízszintes és függőleges igénybevételek arányát tükröző

$$\alpha_R = \frac{1}{R_z}\sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

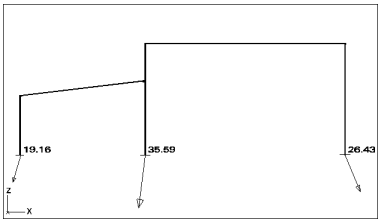
mennyiséget is.

Támaszigénybevételek különböző típusú ábrázolása:

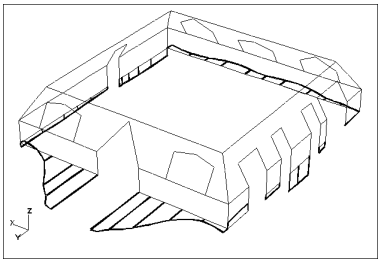
Ryy támasznyomaték



ReR eredő támaszerők



Ry élmenti támaszerő



ReR élmenti eredő támaszerő

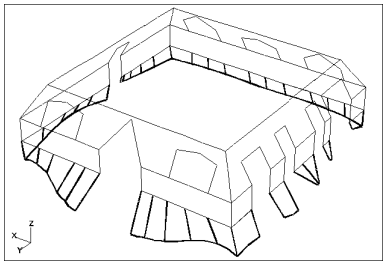
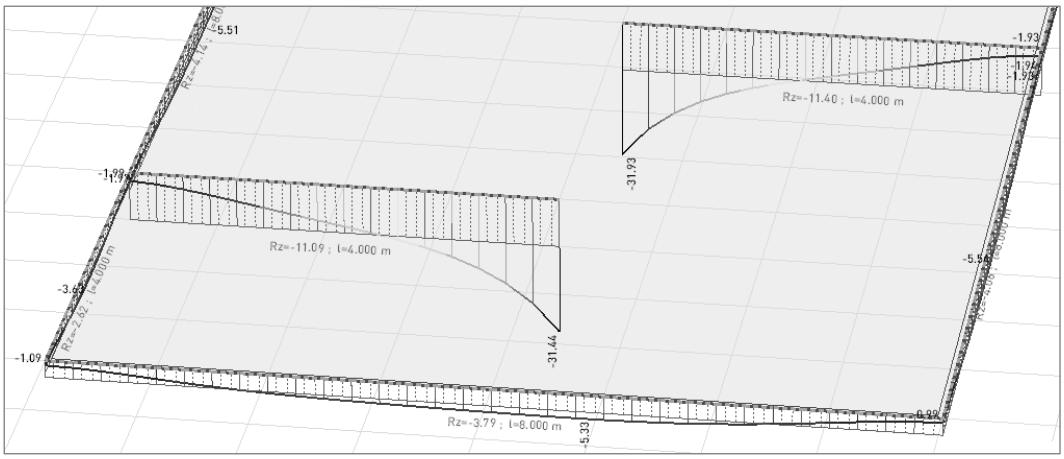


Diagram +átlagértékek

Vonalmenti támaszigénybevételek ábrázolásakor a legördülő listából választható egy speciális megjelenítési mód, mely a diagram mellett az átlagértéket és az átlagolásnál figyelembe vett szakasz hosszát is megjeleníti.



Az *Ábrázolási paraméterek* dialógusablakban (*lásd...* **6.1 Statika**) választható ki, hogy az átlagérték meghatározása) szerkezeti elemenként történjék, vagy az egy vonalba eső elemekre közös átlagértéket határozzon meg a program.

Átlagérték

Felületi támaszigénybevételek ábrázolásakor a legördülő listából választható egy speciális megjelenítési mód, mely az *Rx, Ry* vagy *Rz* felületi támaszerő átlagértékeit jeleníti meg.
Az *Ábrázolási paraméterek* dialógusablakban (*lásd...* **6.1 Statika**) választható ki, hogy az átlagértékszámítás tartományonként történjék, vagy az összes felületi támaszra. Beállítható az is, hogy tartományon belüli a pozitív és negatív régiókra külön átlagértéket határozzon meg a program.

Eredménytáblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

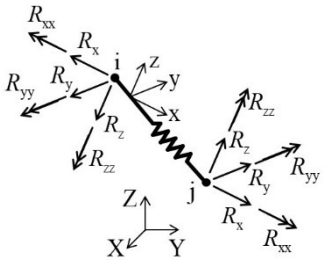
6.1.15. Vonal-vonal kapcsolati elemek és élmenti csuklók igénybevételei

Igénybevételek

A vonal-vonal kapcsolati elemek és élmenti csuklók esetén a program meghatározza az *nx, ny, nz* erőket és *mx, my, mz* nyomatékokat. Ha valamelyik merevségkomponenst minden elemnél nullára állítottuk, a neki megfelelő eredménykomponens is mindenütt nulla lesz, ezért nem jelenik meg sem az eredménykomponensek legördülő listájában, sem az eredmény-táblázatban.

6.1.16. Rugó elemek igénybevételei

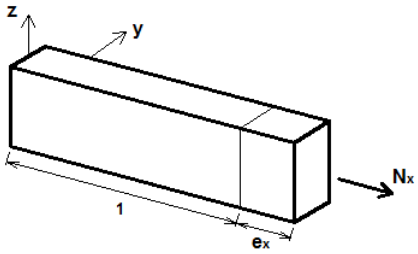
A rugóigénybevételek a rugó lokális koordináta-rendszerében értendők. A pozitív előjelek értelmezése az ábráról leolvasható.

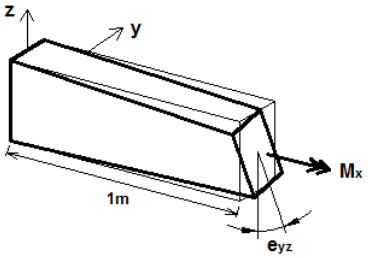


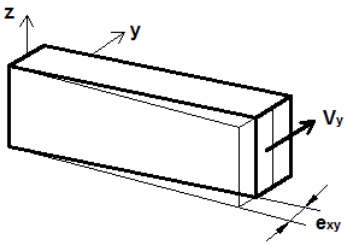
6.1.17. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem alakváltozásai

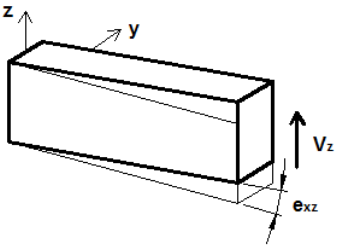
Az alakváltozás-eredmények csak nemlineáris számítás esetén érhetőek el.

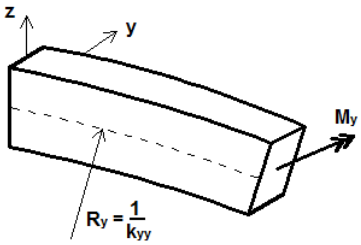
Alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
exx	Fajlagos nyúlás a rúdtengely irányában.
exy	Fajlagos szögtorzulás a lokális xy síkban.
exz	Fajlagos szögtorzulás a lokális xz síkban.
eyz	Fajlagos elcsavarodás a rúdtengely körül.
kyy	Görbület a lokális xy síkban.
kzz	Görbület a lokális xz síkban.

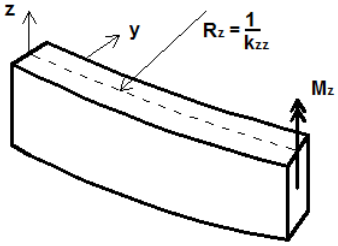












Az egyes elemtípusok esetén a következő alakváltozás-komponensek vannak értelmezve.

Alakváltozás-komponens	*Rácsrúd*	*Rúd*	*Borda*
exx	*exx*	*exx*	*exx*
kyy		*kyy*	*kyy*
kzz		*kzz*	*kzz*
eyz		*eyz*	*eyz*
exy			*exy*
exz			*exz*

6.1.18. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségponti alakváltozásai

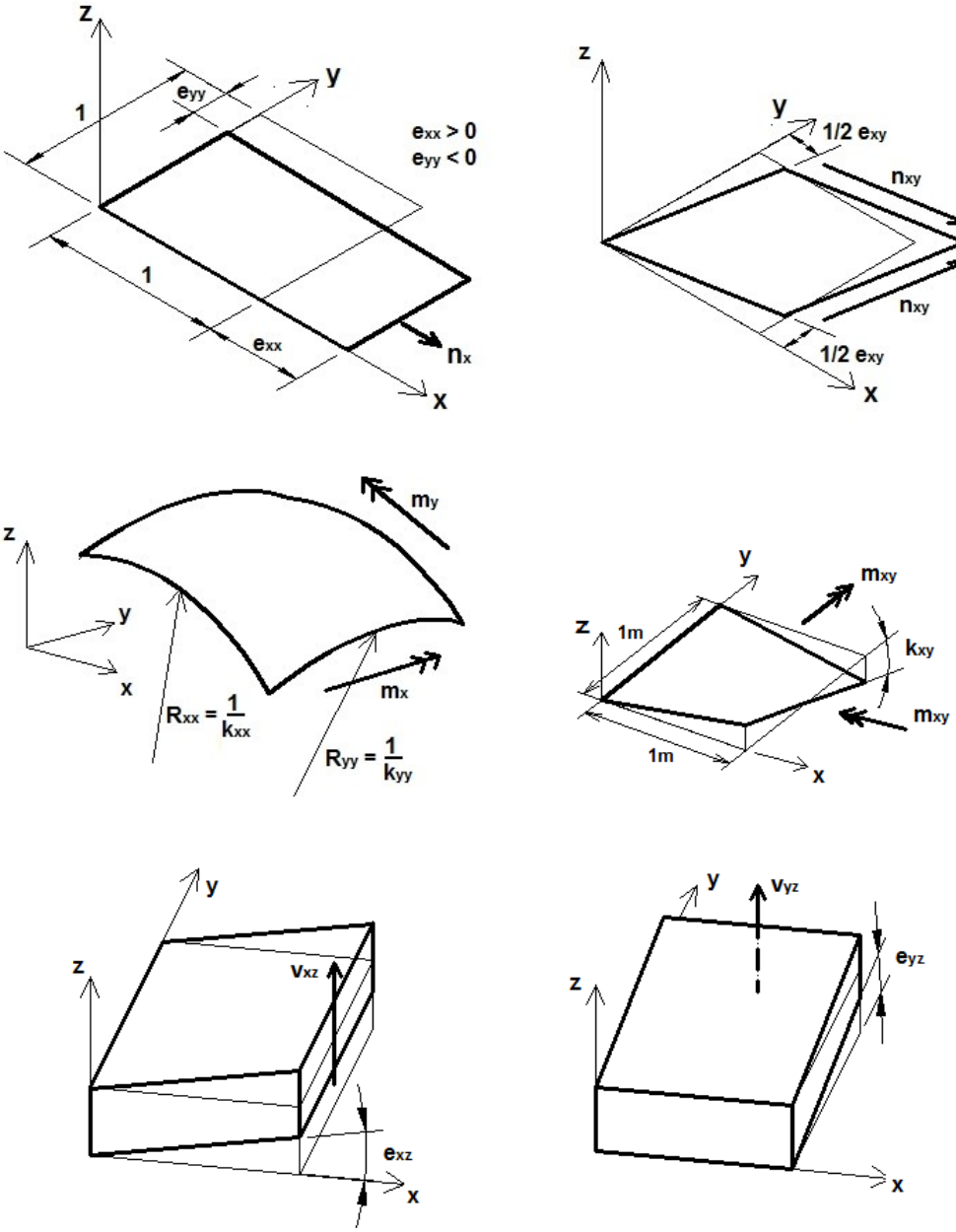
A feszültségponti alakváltozás-eredmények csak nemlineáris számítás esetén érhetőek el. A program az alábbi alakváltozás-komponenseket számítja ki a rácsrudakban és a rudak/bordák minden keresztmetszetének minden feszültségpontjában:

Feszültségponti alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
exx T	Fajlagos nyúlás a rúdtengely irányában. Teljes.
(NLP) exx E	Fajlagos nyúlás a rúdtengely irányában. Rugalmas (elasztikus) komponens.
(NLP) exx P	Fajlagos nyúlás a rúdtengely irányában. Képlékeny (plasztikus) komponens.
(NLP) eeff	Effektív képlékeny alakváltozás.
(NLP) deeff	Effektív képlékeny alakváltozás-növekmény.
(NLE) eeff	Effektív alakváltozás $(NLE)\ e_{eff} = \lvert e_{xx}\ T\rvert$
Jelmagyarázat	(NLE) - nemlineárisan rugalmas anyag (NLP) - képlékeny anyag T - teljes E - rugalmas (elasztikus) P - képlékeny (plasztikus)Effektív képlékeny alakváltozás-növekmény.

6.1.19. Felületelem alakváltozásai

Az alakváltozás eredmények csak nemlineáris számítás esetén érhetőek el.

Alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
exx	Fajlagos nyúlás a lokális x irányában.
eyy	Fajlagos nyúlás a lokális y irányában.
exy	Fajlagos szögtorzulás a lokális xy síkban.
kxx	Görbület a lokális xz síkban.
kyy	Görbület a lokális yz síkban.
kxy	Torzulási görbület.
fzz	Elfordulás a lokális z tengely körül.
exz	Fajlagos szögtorzulás a lokális xz síkban.
eyz	Fajlagos szögtorzulás a lokális yz síkban.
eSz	Eredő fajlagos szögtorzulás az elem síkjára merőlegesen. $e_{Sz} = \sqrt{e_{xz}^2 + e_{yz}^2}$
e1	Maximális főnyúlás a lokális xy síkban.
e2	Minimális főnyúlás a lokális xy síkban.
ae	Főnyúlási irány.
k1	Maximális főgörbület.
k2	Minimális főgörbület.
ak	Főgörbületi irány.



Az egyes elemtípusok esetén a következő alakváltozás-komponensek vannak értelmezve.

Alakváltozás komponens	*Tárcsa*	*Lemez*	*Héj*
exx	*exx*		*exx*
eyy	*eyy*		*eyy*
exy	*exy*		*exy*
fzz	*fzz*		*fzz*
kxx		*kxx*	*kxx*
kyy		*kyy*	*kyy*
kxy		*kxy*	*kxy*
exz		*exz*	*exz*
eyz		*eyz*	*eyz*
eSz		*eSz*	*eSz*
e1	*e1*		*e1*
e2	*e2*		*e2*
ae	*ae*		*ae*
k1		*k1*	*k1*
k2		*k2*	*k2*
ak		*ak*	*ak*

6.1.20. Felületelem feszültségponti alakváltozásai

A feszültségponti alakváltozás-eredmények csak nemlineáris számítás esetén érhetőek el. A program az alábbi alakváltozás-komponenseket számítja ki az elem csomópontjainak felső, középső és alsó szálában:

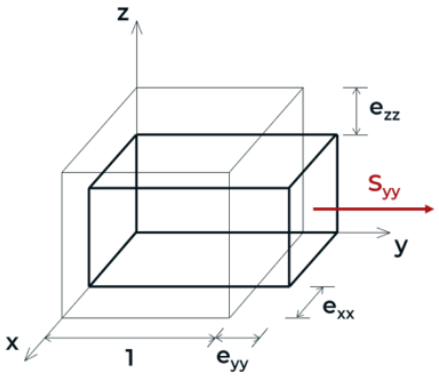
Feszültségponti alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
exx T, (NLP) exx E, (NLP) exx P	Fajlagos nyúlás a lokális x irányában.
eyy T, (NLP) eyy E, (NLP) eyy P	Fajlagos nyúlás a lokális y irányában.
exy T, (NLP) exy E, (NLP) exy P	Fajlagos szögtorzulás a lokális xy síkban.
e1 T, (NLP) e1 E, (NLP) e1 P	1-es főalakváltozás a lokális xy síkban.
e2 T, (NLP) e2 E, (NLP) e2 P	2-es főalakváltozás a lokális xy síkban.
ae T, (NLP) ae E, (NLP) ae P	Az 1-es főalakváltozási irány szöge.
(NLP) eeff	Effektív képlékeny alakváltozás.
(NLP) deeff	Effektív képlékeny alakváltozás-növekmény.
(NLE) eeff	Effektív alakváltozás $e_{eff} = \sqrt{\frac{1}{(1-2\nu)(1+\nu)}\left[(1-\nu)\left(e_{xx}^2+e_{yy}^2+e_{zz}^2\right)+2\nu\left(e_{xx}e_{yy}+e_{xx}e_{zz}+e_{yy}e_{zz}\right)+\frac{1-2\nu}{2}e_{xy}^2\right]}$

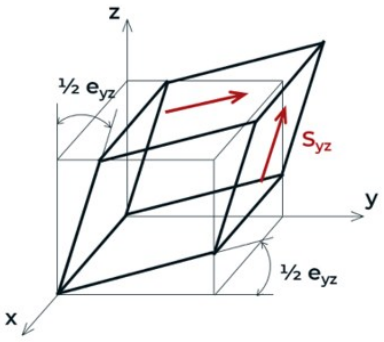
Jelmagyarázat
(NLE) – nemlineárisan rugalmas anyag
(NLP) - képlékeny anyag
T - teljes
E - rugalmas (elasztikus)
P - képlékeny (plasztikus)

6.1.21. Testelem alakváltozásai

Az alakváltozás eredmények lineáris és nemlineáris számítás is elérhetőek.

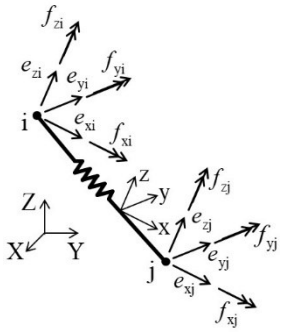
Alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
exx	Fajlagos nyúlás a lokális x irányában.
eyy	Fajlagos nyúlás a lokális y irányában.
ezz	Fajlagos nyúlás a lokális z irányában.
exy	Fajlagos szögtorzulás a lokális xy síkban.
exz	Fajlagos szögtorzulás a lokális xz síkban.
eyz	Fajlagos szögtorzulás a lokális yz síkban.
e1	Maximális főnyúlás.
e2	Középső főnyúlás
e3	Minimális főnyúlás
ae1	Maximális főnyúlás iránya.
ae2	Középső főnyúlás iránya.
ae3	Minimális főnyúlás iránya.
ae	Főnyúlási iránya.





6.1.22. Rugó elemek deformációi

Deformáció-komponens	*Relatív eltolódások a lokális tengelyek irányában*
ex	$e_x = e_{xj} - e_{xi}$
ez	$e_y = e_{yj} - e_{yi}$
ez	$e_z = e_{zj} - e_{zi}$
	Relatív elfordulások a lokális tengelyek körül
fx	$f_x = f_{xj} - f_{xi}$
fy	$f_y = f_{yj} - f_{yi}$
fz	$f_z = f_{zj} - f_{zi}$



6.1.23. Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségei

Rácsrúdelem feszültségei

A rácsrudakban az alábbi feszültségértékeket kapjuk meg: $S_x = N_x/A_x$

Pozitív előjelű feszültség húzást jelent a rácsrúdban. Burkoló és mértékadó eredmény-feliratozásnál a min/max értékek egyidejűleg megjeleníthetők.
Rácsrúd-feszültségek megjelenítése azonos a rácsrúdigénybevétel ábrázolási módjaival (diagram / szintvonal).

Rúdelem / Bordaelem feszültségei

A rúd/borda egy keresztmetszetében az alábbi feszültségértékeket kapjuk:

Normálfeszültség húzás/nyomásból és hajlításból az öblösödési normálfeszültség elhanyagolásával:

$$S_{x,i} = \frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y I_z + M_z I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} z_i - \frac{M_z I_y + M_y I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} y_i$$

ahol y_i , z_i a keresztmetszethez rendelt feszültségszámítási pontok előjeles súlyponti koordinátái. Pozitív előjelű feszültség húzást jelent a keresztmetszetben.

Eredő nyírófeszültség nyírásból és csavarásból (Saint-Venant), az öblösödési nyírófeszültség elhanyagolásával [16, 42]:

Tömör szelvény esetén: $V_i = \sqrt{V_{y,i}^2 + V_{z,i}^2}$, ahol a nyírófeszültség-komponensek:

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial y}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial y}\right)_i - z_i\right]$$

$$V_{z,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial z}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial z}\right)_i + y_i\right]$$

ahol Φ_y és Φ_z az *y* és *z* irányú nyíráshoz tartozó nyírófeszültség függvények, ω pedig az öblösödési függvény.

Vékonyfalú szelvény esetén:

$$V_i = \left| \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial s}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial s}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial s}\right)_i - m_i\right] \right| + \frac{M_x}{I_x} t_i$$

ahol az utolsó két tag a csavarás hatására keletkező nyírófeszültség a zárt tartományokban ébredő nyírófolyamokból, valamint a felhasított szelvénynek megfelelő nyírófeszültségből. m_i a súlypontból a szelvényszakaszhoz húzott merőleges hossza, t_i pedig a szakasz falvastagsága. ω, Φ_y és Φ_z a középvonal mentén értelmezett.

Összehasonlító (Von Mises) feszültség: $S_{o,i} = \sqrt{S_{xi}^2 + 3V_i^2}$

Két vagy több önálló részből álló keresztmetszet esetén V_i és $S_{o,i}$ nem kerül meghatározásra.
Átlagos nyírófeszültség:

$$V_{y,átl} = \frac{V_y}{A_x},\ V_{z,átl} = \frac{V_z}{A_x}$$

Öszvér keresztmetszetű rúdelem / bordaelem feszültségei

Öszvér keresztmetszetű rúd/borda esetén a program a komponensek rugalmassági modulusaival súlyozva számítja a feszültségeket [16, Chapter 1.2]. Az E_{ref} és G_{ref} értékek a külső szelvény anyagának a rugalmassági modulusai.

Normálfeszültség húzás/nyomásból és hajlításból az öblösödési normálfeszültség elhanyagolásával:

$$S_{x,i} = \frac{E_i}{E_{ref}}\left(\frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y I_z + M_z I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} z_i - \frac{M_z I_y + M_y I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} y_i\right)$$

ahol y_i , z_i az i. feszültségszámítási pont előjeles súlyponti koordinátája, E_i pedig a feszültségponthoz tartozó szelvény komponens rugalmassági modulusa.

Eredő nyírófeszültség nyírásból és csavarásból (Saint-Venant), az öblösödési nyírófeszültség elhanyagolásával [16, 42]:

A tömör szelvény komponens feszültségpontjai esetén:

$V_i = \sqrt{V_{y,i}^2 + V_{z,i}^2}$, ahol a nyírófeszültség-komponensek:

$$V_{y,i} = \frac{G_i}{G_{ref}}\left\{\frac{V_y}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial y}\right)_i + \frac{V_z}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial y}\right)_i - z_i\right]\right\}$$

$$V_{z,i} = \frac{G_i}{G_{ref}}\left\{\frac{V_y}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial z}\right)_i + \frac{V_z}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial z}\right)_i + y_i\right]\right\}$$

ahol Φ_y és Φ_z az y és z irányú nyíráshoz tartozó nyírófeszültség függvények, ω az öblösödési függvény, G_i pedig az i. feszültségponthoz tartozó szelvény komponens nyírási modulusa.

A vékonyfalú szelvény komponens feszültségpontjai esetén:

$$V_i = \frac{G_i}{G_{ref}}\left\{\left|\frac{V_y}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial s}\right)_i + \frac{V_z}{A_{xV}}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial s}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial s}\right)_i - m_i\right]\right| + \frac{M_x}{I_x} t_i\right\}$$

ahol az utolsó két tag a csavarás hatására keletkező nyírófeszültség a zárt tartományokban ébredő nyírófolyamokból, valamint a felhasított szelvénynek megfelelő nyírófeszültségből. m_i a súlypontból a szelvényszakaszhoz húzott merőleges hossza, t_i pedig a szakasz falvastagsága. ω, Φ_y és Φ_z a középvonal mentén értelmezett.

Összehasonlító (Von Mises) feszültség: $S_{o,i} = \sqrt{S_{xi}^2 + 3V_i^2}$

☞ **A két szelvénykomponens határán elhelyezkedő feszültségszámítási pontokat a program a vékonyfalú komponenshez tartozónak tekinti.**
Öszvér keresztmetszet esetén a $V_{y,átl}$ és $V_{z,átl}$ átlagos nyírófeszültségek nem kerülnek meghatározásra.

☞ **A rugalmassági modulusokkal súlyozott számítási mód azt feltételezi, hogy az öszvér keresztmetszet komponensei között nincs nyírási kapcsolat. Azonban a szelvény komponensek súlypontjainak egybeesése miatt ennek a normálfeszültség értékére nincs hatása. A nyírófeszültség értékek viszont nyírási kapcsolat esetén mások lennének.**

7 szabadságfokú rúdelem feszültségei

A 7 szabadságfokú rúd esetén a program a gátolt csavarásból származó öblösödési normálfeszültséget és öblösödési nyírófeszültséget is figyelembe veszi [16, 42].

Normálfeszültség húzás/nyomásból, hajlításból és gátolt csavarásból (öblösödésből):

$$S_{x,i} = \frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y I_z + M_z I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} z_i - \frac{M_z I_y + M_y I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2} y_i + \frac{B}{I_\omega}\omega_i$$

ahol y_i , z_i a keresztmetszethez rendelt feszültségszámítási pontok előjeles súlyponti koordinátái, ω_i pedig az öblösödési mérték. Pozitív előjelű feszültség húzást jelent a keresztmetszetben.

Eredő nyírófeszültség nyírásból, szabad csavarásból (Saint-Venant) és gátolt csavarásból (öblösödésből):

Tömör szelvény esetén: $V_i = \sqrt{V_{y,i}^2 + V_{z,i}^2}$, ahol a nyírófeszültség-komponensek:

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial y}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial y}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial y}\right)_i - z_i\right] + \frac{M_w}{I_\omega}\left(\frac{\partial \Phi_\omega}{\partial y}\right)_i$$

$$V_{z,i} = \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial z}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial z}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial z}\right)_i + y_i\right] + \frac{M_w}{I_\omega}\left(\frac{\partial \Phi_\omega}{\partial z}\right)_i$$

ahol Φ_y, Φ_z és Φ_ω az *y* és *z* irányú nyíráshoz, valamint az öblösödéshez tartozó nyírófeszültség függvények.

Vékonyfalú szelvény esetén:

$$V_i = \left| \frac{V_y}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_y}{\partial s}\right)_i + \frac{V_z}{A_x}\left(\frac{\partial \Phi_z}{\partial s}\right)_i + \frac{M_x}{I_x}\left[\left(\frac{\partial \omega}{\partial s}\right)_i - m_i\right] + \frac{M_w}{I_\omega}\left(\frac{\partial \Phi_\omega}{\partial s}\right)_i \right| + \frac{M_x}{I_x} t_i$$

ahol az utolsó három tag a csavarás hatására keletkező nyírófeszültség a zárt tartományokban ébredő nyírófolyamokból, az öblösödésből, valamint a felhasított szelvénynek megfelelő nyírófeszültségből. m_i a súlypontból a szelvényszakaszhoz húzott merőleges hossza, t_i pedig a szakasz falvastagsága. ω, Φ_y, Φ_z és Φ_ω a középvonal mentén értelmezett.

Összehasonlító (Von Mises) feszültség: $S_{o,i} = \sqrt{S_{xi}^2 + 3V_i^2}$

További feszültségkomponensek nemlineáris anyag esetén

NL rugalmas / alakváltozási energián alapuló anyagmodell

Effektív feszültség

Rácsrúd-, rúd- és bordaelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak a normálfeszültségnek van hatása, a nyírófeszültségnek nincs (Irodalomjegyzék [5]):

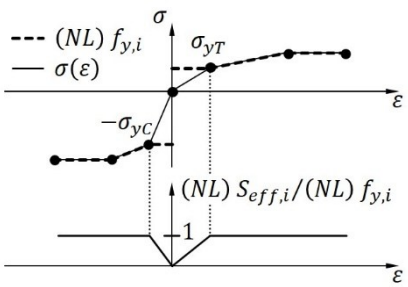
$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{x,i}|$$

Aktuális folyáshatár

A normálfeszültség előjelétől és nagyságától függő arányossági határ (a lineáris anyagviselkedés határa):

$$(NL)\ f_{y,i} = \begin{cases} \sigma(\varepsilon_{eff,i}) & ha \quad S_{x,i} > \sigma_{yT} \\ \sigma_{yT} & ha \quad 0 \le S_{x,i} \le \sigma_{yT} \\ \sigma_{yC} & ha \quad -\sigma_{yC} \le S_{x,i} < 0 \\ |\sigma(-\varepsilon_{eff,i})| & ha \quad S_{x,i} < -\sigma_{yC} \end{cases}$$

ahol σ_{yT} és σ_{yC} az anyag szigma-epszilon diagramjának (*lásd...* **3.1.15 Anyagtár**) az origóhoz legközelebbi pontja a pozitív és a negatív oldalon, $\varepsilon_{eff,i}$ pedig az effektív alakváltozás [(NLE) eeff, *lásd...* **6.1.18 Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségponti alakváltozásai**].



Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

Képlékeny / von Mises anyagmodell

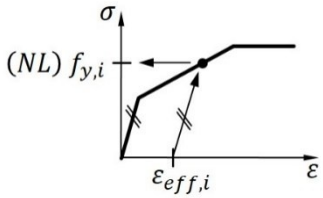
Effektív feszültség

Rácsrúd-, rúd- és bordaelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak a normálfeszültségnek van hatása, a nyírófeszültségnek nincs [5]:

$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{r,x,i}|$$

ahol $S_{r,x,i} = S_{x,i} - B_{x,i}$ a folyási felület középpontjához relatív feszültség. *Lásd...* **3.1.15 Anyagtár**

Aktuális folyáshatár
Az anyag szigma-epszilon diagramjából számított, a keményedés hatását is figyelembe vevő folyáshatár:



ahol $\varepsilon_{eff,i}$ az effektív képlékeny alakváltozás (*(NLP) eeff*, *lásd...* **6.1.18 Rácsrúd-, rúd-, bordaelem feszültségponti alakváltozásai**).

Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

Képlékeny / Bresler-Pister anyagmodell

Effektív feszültség
Rácsrúd-, rúd- és bordaelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak a normálfeszültségnek van hatása, a nyírófeszültségnek nincs [5]:

$$(NL)\ S_{eff,i} = |S_{x,i}|$$

Aktuális folyáshatár
A normálfeszültség előjelétől függő folyáshatár:

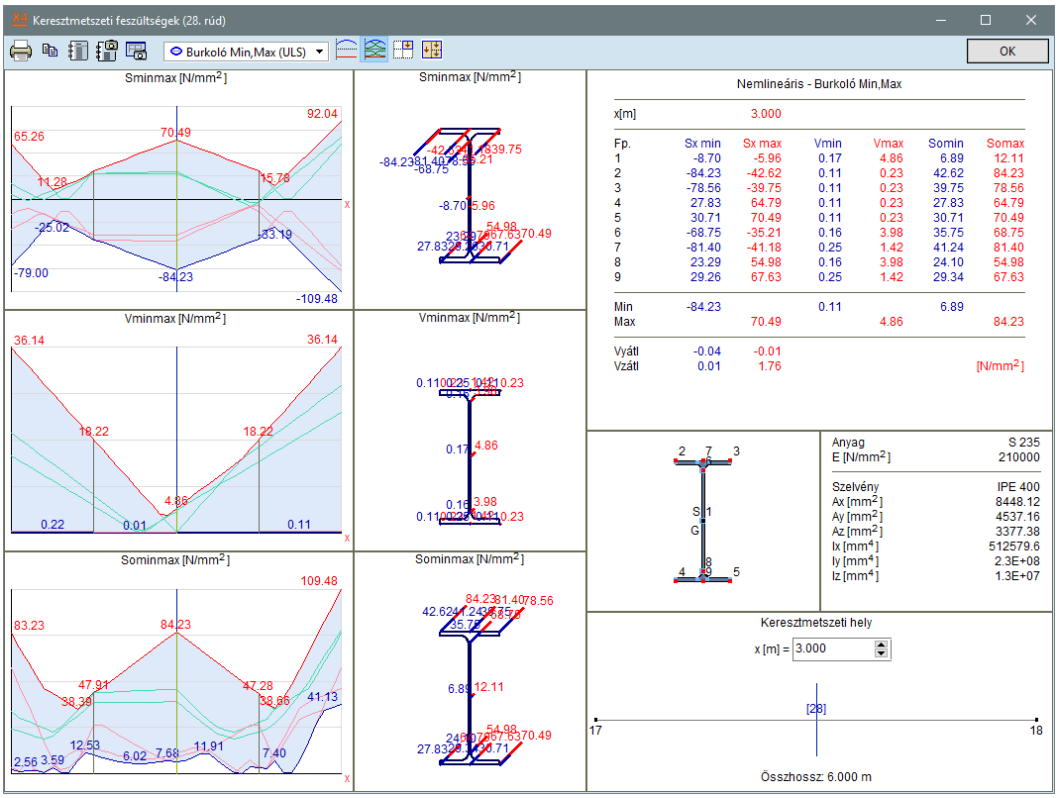
$$(NL)\ f_{y,i} = \begin{cases} \sigma_{yT} & ha \quad S_{x,i} \geq 0 \\ \sigma_{yC} & ha \quad S_{x,i} < 0 \end{cases}$$

ahol σ_{yT} és σ_{yC} az anyag húzó és nyomó folyáshatára (*lásd...* **3.1.15 Anyagtár**).

Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság_i = \frac{(NL)\ S_{eff,i}}{(NL)\ f_{y,i}}$$

A rudak *Sminmax, Vminmax, Sominmax* keresztmetszeti feszültségeinek megjelenítése azonos a rúd-igénybevételek ábrázolási módjaival, de a feszültségek közül a keresztmetszeti minimum/maximum értékeket jeleníti meg a program diagram/szintvonal formában.
A kurzorral egy rúdra rákattintva, a rúd közbenső keresztmetszeteinek feszültségdiagramjai jelennek meg. A baloldalon a minimum/maximum értékek változását láthatjuk rúd tengelye mentén. A diagramok kék mérővonalainak mozgatásával vagy a szerkesztőmező segítségével a lekérdezés pozícióját állíthatjuk. A középső axonometrikus diagramok a feszültségek keresztmetszeten belüli eloszlását mutatják a mérővonallal jelzett pozíciónál.
Egyszerre több rúdból álló rúdpoligont is ábrázolhatunk, ha fennállnak a **6.1.7.2.** pontban leírt, igénybevétel-diagramra vonatkozó feltételek.



Az ablakban bármely tehereset vagy kombináció eredményei lekérdezhetők. Burkoló esetén a burkolót alkotó függvények megjelenítése ki/be kapcsolható.

Eredmény-táblázatok

Bármely keresztmetszet feszültség értékei lekérdezhetők. Tehereset vagy teherkombináció kiválasztása esetén a táblázatokban a rúd összes keresztmetszetében számított érték megjelenik. *Lásd...* **6.1.6 Eredménytáblázatok**

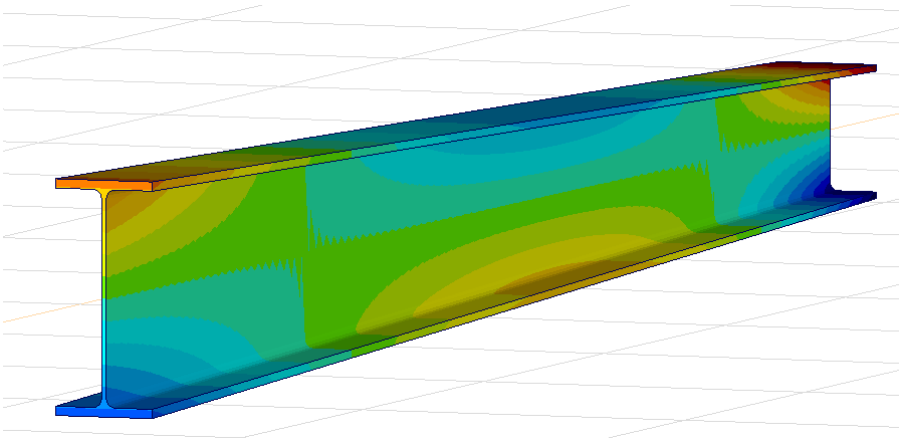
Diagramok beillesztése a dokumentációba

A diagramok név megadásával menthetők és asszociatív módon beilleszthetők a dokumentációba. *Lásd...* **3.6.11 Mentés a rajztárba**

☞ **Burkoló ill. mértékadó teherkombináció kiválasztásánál rúdelemenként csak a megadott min/max komponensek szerinti szélsőértékek jelennek meg. Amennyiben a megtalált szélsőérték csak egy keresztmetszetben fordul elő, úgy az egyidejű feszültségek is láthatók. Ellenkező esetben az egyidejű feszültségek helyén '*' jelenik meg, és a Táv (keresztmetszeti hely) oszlopban az első előfordulás helye látható.**

Eredmény-megjelenítés látványterven

A normálfeszültségek keresztmetszeten belüli eloszlása látványterven is megjeleníthető a *Színezett test-modell* eredménymegjelenítési mód kiválasztásával.



6.1.24. Felületelem feszültségei

Feszültségek

A program az alábbi feszültségkomponenseket számítja ki az elem csomópontjainak felső, középső és alsó szálában:

komponens	tárcsa	lemez	héj
s_{xx}	$s_{xx}=\frac{n_x}{t}$	$s_{xx}=\pm\frac{6}{t^2}m_x$	$s_{xx}=\frac{n_x}{t}\pm\frac{6}{t^2}m_x$
s_{yy}	$s_{yy}=\frac{n_y}{t}$	$s_{yy}=\pm\frac{6}{t^2}m_y$	$s_{yy}=\frac{n_x}{t}\pm\frac{6}{t^2}m_y$
s_{xy}	$s_{xy}=\frac{n_{xy}}{t}$	$s_{xy}=\pm\frac{6}{t^2}m_{xy}$	$s_{xy}=\frac{n_{xy}}{t}\pm\frac{6}{t^2}m_{xy}$
s_{xz}		$s_{xz}=\frac{3v_{xz}}{2t}$	$s_{xz}=\frac{3v_{xz}}{2t}$
s_{yz}		$s_{yz}=\frac{3v_{yz}}{2t}$	$s_{yz}=\frac{3v_{yz}}{2t}$
s_1	$s_1=\frac{s_x+s_y}{2}+\sqrt{\left(\frac{s_x-s_y}{2}\right)^2+s_{xy}^2}$		
s_2	$s_2=\frac{s_x+s_y}{2}-\sqrt{\left(\frac{s_x-s_y}{2}\right)^2+s_{xy}^2}$		
α_s	$\mathrm{tg}(2\alpha_s)=\frac{2s_{xy}}{s_x-s_y}$		

Síkbeli alakváltozási állapotú tárcsaelemek esetén $s_{zz}\neq 0$.
A program s_{zz} értékét a következő képlet szerint számítja: $s_{zz}=v(s_{xx}+s_{yy})$

Összehasonlító feszültség

Felületelemeknél meghatározásra kerül a Von Mises összehasonlító feszültség is, az alábbiak szerint:

$$s_0=\sqrt{0.5\left[(s_{xx}-s_{yy})^2+(s_{yy}-s_{zz})^2+(s_{zz}-s_{xx})^2\right]+3\left(s_{xy}^2+s_{yz}^2+s_{zx}^2\right)}$$

További feszültségkomponensek nemlineáris anyag esetén

NL rugalmas / alakváltozási energián alapuló anyagmodell

Effektív feszültség:

$$(NL)\ s_{eff}=\sqrt{s_{xx}^2+s_{yy}^2+s_{zz}^2-2v\left(s_{xx}s_{yy}+s_{xx}s_{zz}+s_{yy}s_{zz}\right)+2(1+v)s_{xy}^2}$$

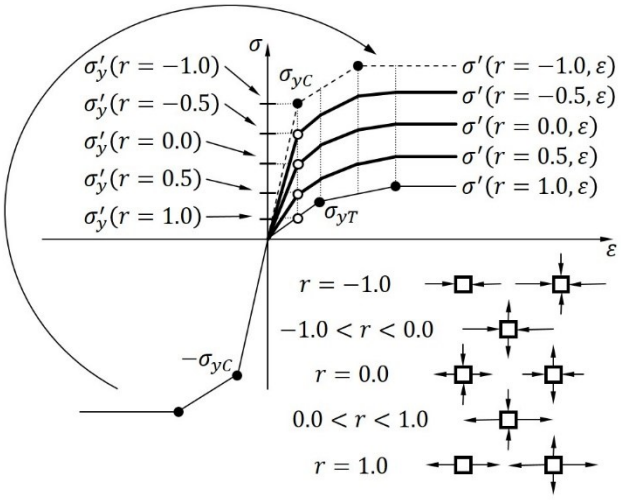
☞ **Felületelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak az s_{xx}, s_{yy} és s_{zz} normálfeszültségnek és az s_{xy} nyírófeszültségnek van hatása, az s_{xz} és s_{yz} nyírófeszültségnek nincs [5].**

Aktuális folyáshatár

Az aktuális, többtengelyű feszültségállapot hatását figyelembe vevő arányossági határ (a lineáris anyagviselkedés határa):

$$(NL)\ f_y=\begin{cases}\sigma_y'(r) & \text{ha}\quad 0\le s_{eff}\le\sigma_y'(r)\\ \sigma'(r,\varepsilon_{eff}) & \text{ha}\quad s_{eff}>\sigma_y'(r)\end{cases}$$

ahol $\sigma'(r,\varepsilon)$ az aktuális többtengelyű feszültségállapotban érvényes, interpolált szigma-epszilon diagram, $\sigma_y'(r)$ ennek az origóhoz legközelebbi pontja, ε_{eff} pedig az effektív alakváltozás [*(NLE) eeff, lásd...* **6.1.20 Felületelem feszültségponti alakváltozásai**].



ahol r a többtengelyű feszültségállapot húzó és nyomó feszültségkomponenseinek aránya:

$$r = \begin{cases} -1 & ha \quad \frac{I_1}{\sigma_{VM}} < -1 \\ \frac{I_1}{\sigma_{VM}} & ha \quad -1 \le \frac{I_1}{\sigma_{VM}} \le 1 \\ 1 & ha \quad \frac{I_1}{\sigma_{VM}} > 1 \end{cases}$$

ahol I_1 a feszültségtenzor első invariánsa, σ_{VM} pedig a von Mises összehasonlító feszültség:

$$I_1 = s_{xx} + s_{yy} + s_{zz}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{0.5\left[\left(s_{xx} - s_{yy}\right)^2 + \left(s_{yy} - s_{zz}\right)^2 + (s_{zz} - s_{xx})^2\right] + 3s_{xy}^2}$$

Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság = \frac{(NL)\ s_{eff}}{(NL)\ f_y}$$

Képlékeny / von Mises anyagmodell

A folyási feltétel alapján számított *effektív feszültség*:

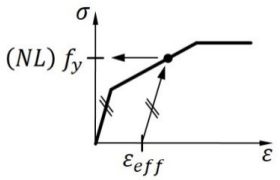
$$(NL)\ S_{eff} = \sqrt{0.5\left[\left(s_{r,xx} - s_{r,yy}\right)^2 + \left(s_{r,yy} - s_{r,zz}\right)^2 + \left(s_{r,zz} - s_{r,xx}\right)^2\right] + 3s_{r,xy}^2}$$

ahol $s_{r,xx} = s_{xx} - b_{xx}$, $s_{r,yy} = s_{yy} - b_{yy}$, $s_{r,zz} = s_{zz} - b_{zz}$ és $s_{r,xy} = s_{xy} - b_{xy}$ a folyási felület középpontjához relatív feszültségek. *Lásd...* **3.1.15 Anyagtár**

☞ **Felületelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak az s_{xx}, s_{yy} és s_{zz} normálfeszültségnek és az s_{xy} nyírófeszültségnek van hatása, az s_{xz} és s_{yz} nyírófeszültségnek nincs [5].**

Aktuális folyáshatár

Az anyag szigma-epszilon diagramjából számított, a keményedés hatását is figyelembe vevő folyáshatár:



ahol ε_{eff} pedig az effektív képlékeny alakváltozás (*NLP*) *eeff*, *Lásd...* **6.1.20 Felületelem feszültségponti alakváltozásai**).

Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság = \frac{(NL)\ s_{eff}}{(NL)\ f_y}$$

Képlékeny / Bresler-Pister anyagmodell

Az *effektív feszültséget* a feszültségállapotot a főfeszültségek terében jellemző $[s_1, s_2, s_3]$ pontnak az origótól vett euklideszi távolságával definiáljuk:

$$(NL)\ s_{eff} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}$$

ahol $[s_1, s_2, s_3]$ az $[s_{xx}, s_{yy}, s_{zz}, s_{xy}]$ feszültségállapot főfeszültségi reprezentációja.

☞ **Felületelem esetén az anyag nemlineáris viselkedésére csak az s_{xx}, s_{yy} és s_{zz} normálfeszültségnek és az s_{xy} nyírófeszültségnek van hatása, az s_{xz} és s_{yz} nyírófeszültségnek nincs. [5]**

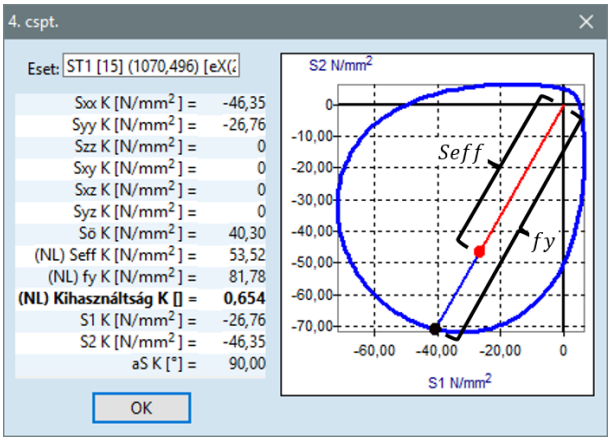
Aktuális folyáshatár
A feszültségállapot által befolyásolt folyáshatár:

$$(NL)\ f_y = \sigma(s_1, s_2, s_3)$$

ahol $\sigma(s_1, s_2, s_3)$ a folyási felületnek az aktuális feszültségállapothoz tartozó pontja (lásd az alábbi ábrát és *lásd...* **3.1.15 Anyagtár**).

Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság = \frac{(NL)\ s_{eff}}{(NL)\ f_y}$$



Feszültségállapot (nemlineáris anyag esetén)

Ez az eredménykomponens a húzott, nyomott és nyírt szerkezetrészek azonosítására szolgál. Az eredménykomponens értéke a *többtengelyűség (stress triaxiality factor)* mérőszámán, vagyis a hidrosztatikus és a deviatorikus feszültségösszetevő arányán alapul:

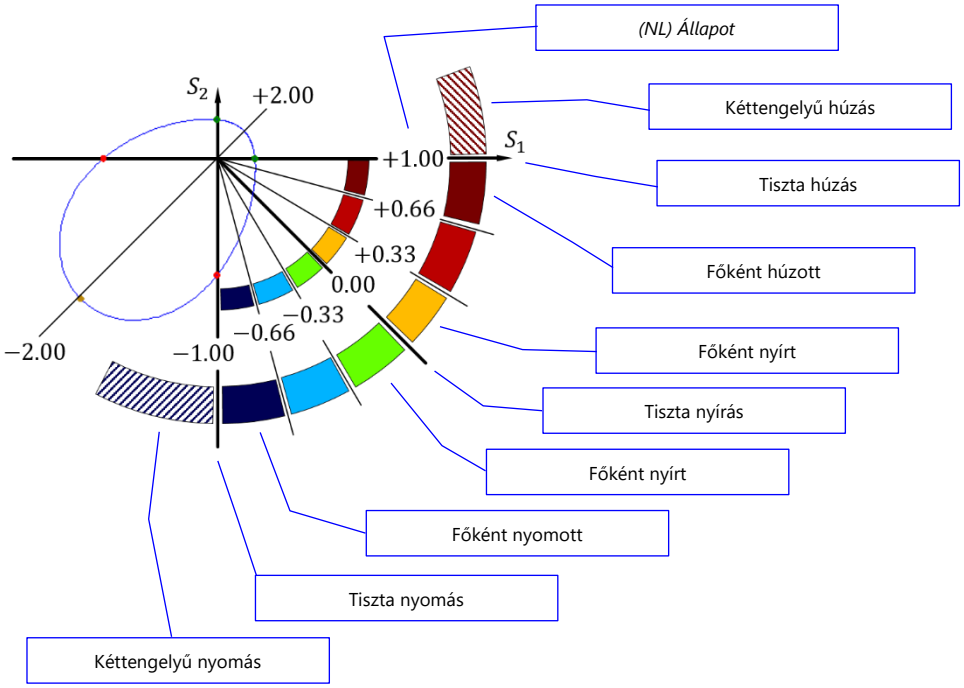
$$(NL)\ Állapot = 3\frac{\sigma_m}{\sigma_{VM}}$$

ahol σ_m a hidrosztatikus összetevőre jellemző középfeszültség, σ_{VM} pedig a von Mises összehasonlító feszültség, ami a deviatorikus összetevőre jellemző:

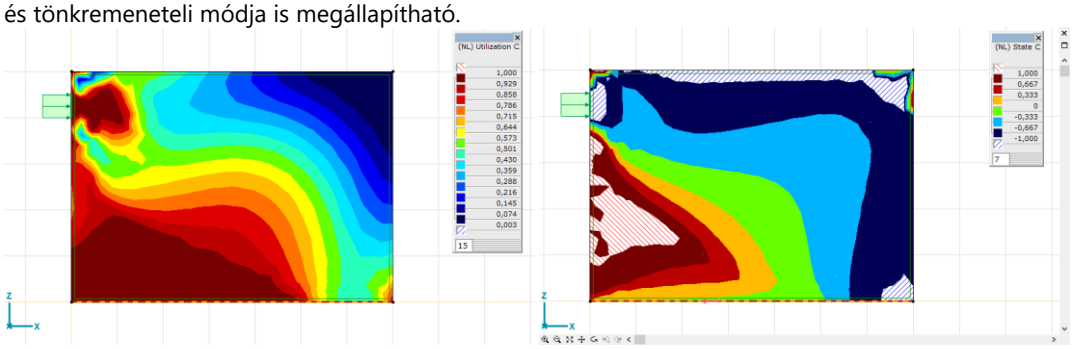
$$\sigma_m = \frac{s_{xx} + s_{yy} + s_{zz}}{3}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{0.5\left[(s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{zz} - s_{xx})^2\right] + 3s_{xy}^2}$$

Az alábbi ábra az s1-s2 főfeszültségek síkjában szemlélteti a lehetséges síkbeli feszültségállapotokat és a hozzájuk tartozó *(NL) Állapot* értéket.



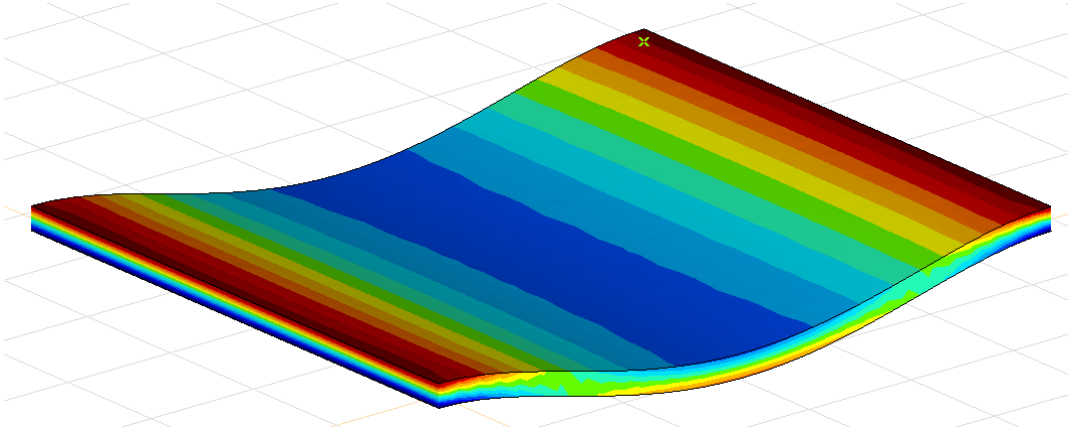
Az (NL) Kihasználtság és az (NL) Állapot együttes használatával a kritikus szerkezetrészek elhelyezkedése és tönkremeneteli módja is megállapítható.



A feszültségértékek megjeleníthetők diagram formában, metszeten, szintvonalakkal, vagy szintfelülettel.

Eredmény-megjelenítés látványterven

A felületfeszültségek alsó és felső értékei látványterven is megjeleníthetőek a *Színezett testmodell* eredménymegjelenítési mód kiválasztásával.



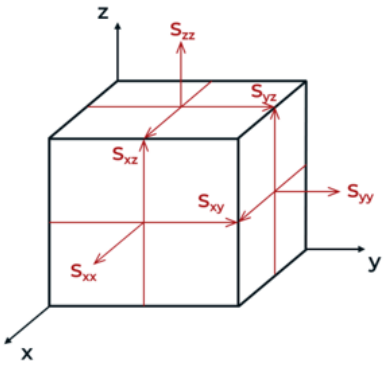
Eredmény-táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

6.1.25. Testelem feszültségei

Feszültségek A program az alábbi feszültségkomponenseket számítja ki a testelem csomópontjaiban:

Alakváltozás-komponens	*Megnevezés*
Sxx	Normálfeszültség a lokális x irányában.
Syy	Normálfeszültség a lokális y irányában.
Szz	Normálfeszültség a lokális z irányában.
Sxy	Nyírófeszültség az xy síkban.
Sxz	Nyírófeszültség az xz síkban.
Syz	Nyírófeszültség az yz síkban.
Seff	Lineáris anyagok esetén ez a Von Mises-feszültség : $S_{eff} = \sqrt{0.5\left[\left(S_{xx} - S_{yy}\right)^2 + \left(S_{yy} - S_{zz}\right)^2 + \left(S_{zz} - S_{xx}\right)^2\right] + 3\left(S_{xy}^2 + S_{xz}^2 + S_{yz}^2\right)}$
S1	Maximális főfeszültség.
S2	Középső főfeszültség.
S3	Minimális főfeszültség.
aS1	Maximális főfeszültség iránya.
aS2	Középső főfeszültség iránya.
aS3	Minimális főfeszültség iránya.
aS	Főfeszültségi irányok.



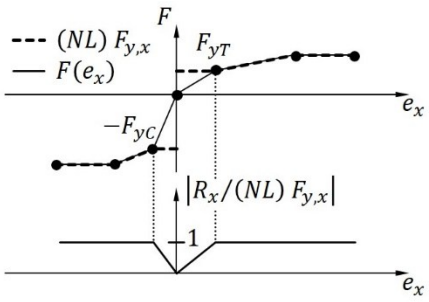
6.1.26. Rugó elemek nemlineáris eredményei

Eltolódás-komponens	Megnevezés
e,x T	relatív eltolódás lokális x irányban
(NLP) e,x E	rugalmas relatív eltolódás lokális x irányban
(NLP) e,x P	képlékeny relatív eltolódás lokális x irányban
(NLP) eeff,x P	effektív képlékeny relatív eltolódás lokális x irányban
(NLP) deeff,x P	effektív képlékeny relatív eltolódás növekmény lokális x irányban (statika) effektív képlékeny relatív eltolódási sebesség lokális x irányban (dinamika)
R,x	rugóerő lokális x irányban
(NL) Fy,x	tényleges határerő lokális x irányban
(NL) Kih.,x	kihasználtság lokális x irányban
...,y	... lokális y irányban
...,z	... lokális z irányban

Elfordulás-komponens	Megnevezés
e,xx T	relatív elfordulás a lokális x tengely körül
(NLP) e,xx E	rugalmas relatív elfordulás a lokális x tengely körül
(NLP) e,xx P	képlékeny relatív elfordulás a lokális x tengely körül
(NLP) eeff,xx P	effektív képlékeny relatív elfordulás a lokális x tengely körül
(NLP) deeff,xx P	effektív képlékeny relatív elfordulás növekmény az x tengely körül (statika) effektív képlékeny relatív elfordulási sebesség az x tengely körül (dinamika)
R,xx	nyomaték a lokális x tengely körül
(NL) My,xx	tényleges határnyomaték a lokális x tengely körül
(NL) Kih.,xx	relatív elfordulási kihasználtság a lokális x tengely körül
...,yy	... a lokális y tengely körül
...,zz	... a lokális z tengely körül

NL rugalmas viselkedés

Tényleges határerő, tényleges határnyomaték



Az igénybevétel előjelétől függő határerő:

$$(NL)\ F_{y,x} = \begin{cases} F_{yT} & ha \quad R_x \geq 0 \\ F_{yC} & ha \quad R_x < 0 \end{cases}$$

ahol F_{yT} és F_{yC} a felhasználó által megadott húzó és nyomó határerő (*lásd...* **3.1.17 Rugókarakterisztika-tár).**

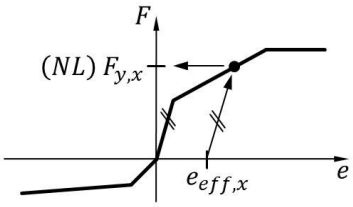
Kihasználtság:

$$(NL)\ Kihasználtság_x = \left| \frac{R_x}{(NL)\ F_{y,x}} \right|$$

Képlékeny viselkedés

Tényleges határerő, tényleges határnyomaték

Az erő-elmozdulás diagramból számított, a keményedés hatását is figyelembe vevő határerő (*lásd...* 3.1.17 Rugókarakterisztika-tár):



ahol, $e_{eff,x}$ az effektív képlékeny deformáció (*(NLP) eeff,x P*).

Kihasználtság:

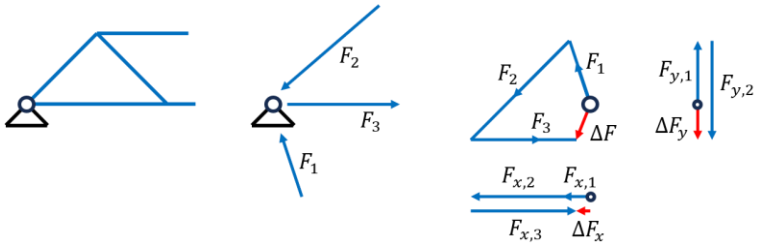
$$(NL)\ Kihasználtság_x = \left|\frac{R_x}{(NL)\ F_{y,x}}\right|$$

6.1.27. Rugó elemek dinamikai eredményei

Eltolódás-komponens	*Megnevezés*
(D) v,x	rugó relatív sebesség lokális x irányban $v_x = v_{xj} - v_{xi}$
R,x	rugóerő lokális x irányban
(D) R,x D	csillapítóerő lokális x irányban
(D) R,x S	összegzett rugó-csillapító erő lokális x irányban $(\mathrm{D})\ \mathrm{R,x\ S} = (\mathrm{D})\ \mathrm{R,x} + (\mathrm{D})\ \mathrm{R,x\ D}$
...,y	... lokális y irányban
...,z	... lokális z irányban
Elfordulás-komponens	*Megnevezés*
(D) v,xx	rugó relatív szögsebesség a lokális x tengely körül $v_{xx} = v_{xxj} - v_{xxi}$
R,xx	rugónyomaték a lokális x tengely körül
(D) R,xx D	csillapítónyomaték a lokális x tengely körül
(D) R,xx S	összegzett rugó-csillapító nyomaték lokális x irányban $(\mathrm{D})\ \mathrm{R,xx\ S} = \mathrm{R,xx} + (\mathrm{D})\ \mathrm{R,xx\ D}$
...,yy	... a lokális y tengely körül
...,zz	... a lokális z tengely körül

6.1.28. Csomóponti egyensúly

Pontos számítás esetén minden csomópontban teljesülne a $\sum \underline{\mathrm{F}}_\mathrm{i} = \underline{0}$ erőegyensúly és a $\sum \underline{\mathrm{M}}_\mathrm{i} = \underline{0}$ nyomatéki egyensúly. Numerikus megoldás – és különösen nemlineáris iteráció – esetén nullvektor helyett egy véges eredő vektor adódik: $\sum \underline{\mathrm{F}}_\mathrm{i} = \Delta\underline{\mathrm{F}}$, $\sum \underline{\mathrm{M}}_\mathrm{i} = \Delta\underline{\mathrm{M}}$.



Az alábbi eredménykomponensekkel a vektorsokszög záródási hibájának abszolút és relatív értékét, valamint ezek globális irányokra vett vetületeit lehet lekérdezni. A relatív értékek a hiba nagyságát, a csomópont igénybevételéhez – a csomópontot támadó összes erő vagy nyomaték abszolútérték összegének feléhez – viszonyítva adják meg.

Az erőegyensúlytól való abszolút eltérés komponensei:

$$\mathrm{DFx} = \left|\sum \mathrm{F_{x,i}}\right|,\ \mathrm{DFy} = \left|\sum \mathrm{F_{y,i}}\right|,\ \mathrm{DFz} = \left|\sum \mathrm{F_{z,i}}\right|$$

Az erőegyensúlytól való abszolút eltérés eredő értéke:

$$\mathrm{DFr} = \left|\sum \underline{\mathrm{F}}_{\mathrm{i}}\right| = \sqrt{\mathrm{DFx}^2 + \mathrm{DFy}^2 + \mathrm{DFz}^2}$$

A komponensenkénti eltérés relatív értéke:

$$dFx = \frac{\left|\sum \mathrm{F_{x,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{x,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DFx}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{x,i}}\right|},\ dFy = \frac{\left|\sum \mathrm{F_{y,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{y,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DFy}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{y,i}}\right|},\ dFz = \frac{\left|\sum \mathrm{F_{z,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{z,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DFz}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{F_{z,i}}\right|}$$

Az relatív eltérés eredő értéke:

$$dFr = \sqrt{\mathrm{dFx}^2 + \mathrm{dFy}^2 + \mathrm{dFz}^2}$$

A nyomatéki egyensúlytól való relatív eltérés komponensei:

$$\mathrm{DMx} = \left|\sum \mathrm{M_{x,i}}\right|,\ \mathrm{DMy} = \left|\sum \mathrm{M_{y,i}}\right|,\ \mathrm{DMz} = \left|\sum \mathrm{M_{z,i}}\right|$$

A nyomatéki egyensúlytól való relatív eltérés eredő értéke:

$$\mathrm{DMr} = \left|\sum \underline{\mathrm{M}}_{\mathrm{i}}\right| = \sqrt{\mathrm{DMx}^2 + \mathrm{DMy}^2 + \mathrm{DMz}^2}$$

A komponensenkénti eltérés relatív értéke:

$$dMx = \frac{\left|\sum \mathrm{M_{x,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{x,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DMx}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{x,i}}\right|},\ dMy = \frac{\left|\sum \mathrm{M_{y,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{y,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DMy}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{y,i}}\right|},\ dMz = \frac{\left|\sum \mathrm{M_{z,i}}\right|}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{z,i}}\right|} = \frac{\mathrm{DMz}}{\frac{1}{2}\sum\left|\mathrm{M_{z,i}}\right|}$$

Az relatív eltérés eredője értéke:

$$dMr = \sqrt{\mathrm{DMx}^2 + \mathrm{DMy}^2 + \mathrm{DMz}^2}$$

Az eredmények a csomóponti támaszoknál már megismert, vektoros formában láthatók. A *DFxyz, DMxyz, dFxyz, dMxyz* eredménykomponensek kiválasztása esetén az egyes erő- vagy nyomaték komponensek egyidejűleg jelennek meg.

Nemlineáris számításban gyakran előfordul, hogy ha egy csomóponthoz kicsi és nagy merevségű elemek is csatlakoznak, vagy az egyes szabadságfokokra csatlakozó merevségek között nagy az eltérés, akkor az egyébként konvergált számítás ellenére sem teljesül az erő vagy nyomaéki egyensúly. Ennek lehetőségét jelentősen növeli, ha az előbbiek mellett az analízist a geometriai nemlinearitás figyelembevételével futtattuk. Kettőnél több csatlakozó elem és ezek általános térbeli elhelyezkedése esetén az egyensúlytól való eltérés a befutó igénybevételek összevetésével már nehezen észrevehető. Ezek az eredménykomponensek viszont közvetlenül az eltérést jelenítik meg.
A relatív komponensek lehetővé teszik, hogy a különböző csomópontokban és különböző szabadságfokokban adódó hibákat egy egységes, százalékos skálán értékeljük. Az abszolút komponensek pedig a beállított erő és nyomaték mértékegységében mutatják az egyensúlytól való eltérést, amelynek nagysága így mérnöki szempontból is könnyen megítélhető.
Az egyedi egyensúlyi hibák csökkentése az alábbi megoldásokkal lehetséges:

1. Az erő konvergencia kritérium bekapcsolásával.
2. Az erő konvergencia kritérium értékének csökkentésével, az alapértelmezett 10^{-3} értékről 10^{-4} vagy 10^{-5} értékre csökkentésével. Ennél nagyobb csökkentés nem javasolt.
3. A nagy csatlakozó merevség csökkentésével. Például lineáris számításban még jól működik az alapértelmezetten extrém nagy, 10^{10} kN/m és 10^{10} kNm/rad merevségű csomóponti támasz. Nemlineáris számításban azonban már problémát okozhat, és az egyensúly pontosabb teljesülése érdekében csökkenteni kell a merevségét, akár 10^{6} kN/m vagy 10^{5} kN/m értékre. Ez a csökkentés túlzottnak tűnhet, de az építőmérnöki gyakorlatban ezek a támaszok még mindig nagyon jó közelítéssel végtelen merevnek tekinthetők. Általánosságban elmondható, hogy meg kell találni azt a kompromisszumos értéket, amely már elég kicsi ahhoz, hogy az egyensúly kellően pontosan teljesüljön, de még kellően nagy ahhoz, hogy a támasz így is végtelen merevnek tekinthető legyen.

6.1.29. Hatásábrák

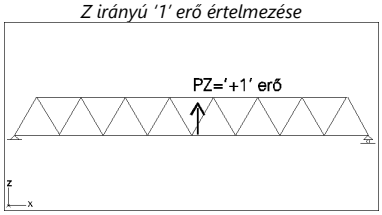
A ‘P_X’, ‘P_Y’, ‘P_Z’ egységerőkhöz számított igénybevételi hatásábrákat kérdezhetjük le grafikus és numerikus formában. Az egységerők a globális koordinátatengelyek pozitív irányaiba mutatnak.
A hatásábraordinátái adják az ordináta helyén működő, ‘+1’ erő által a hatásábrához tartozó keresztmetszetben keletkező igénybevételek értékeit.

Rácsrúdelem

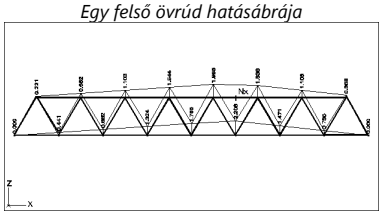
A csomópontra kattintva megjelenik a rácsrúdon előforduló abszolút értékben legnagyobb ordináta.

Rácsrúdhatásábra ábrázolása:

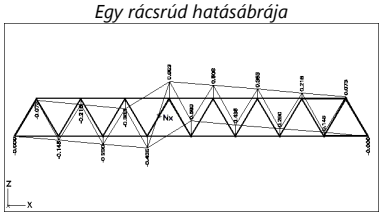
Z irányú '1' erő értelmezése



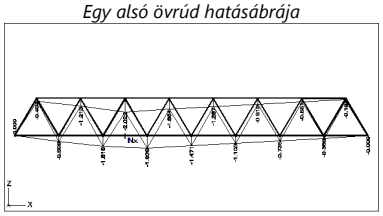
Egy felső övrúd hatásábrája



Egy rácsrúd hatásábrája



Egy alsó övrúd hatásábrája

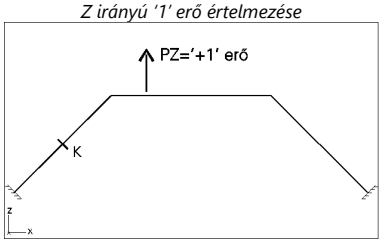


Rúdelem

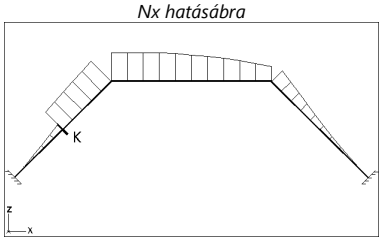
A rúdelemre kattintva a lekérdező ablakban megjelenik a rúdelemen előforduló, abszolút értékben legnagyobb ordináta értéke.

Rúderő- hatásábrák ábrázolása:

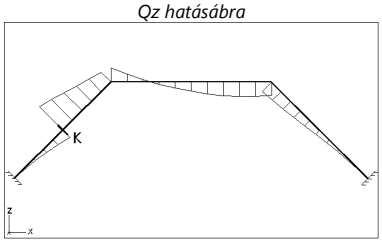
Z irányú '1' erő értelmezése



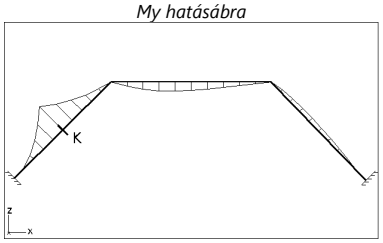
Nx hatásábra



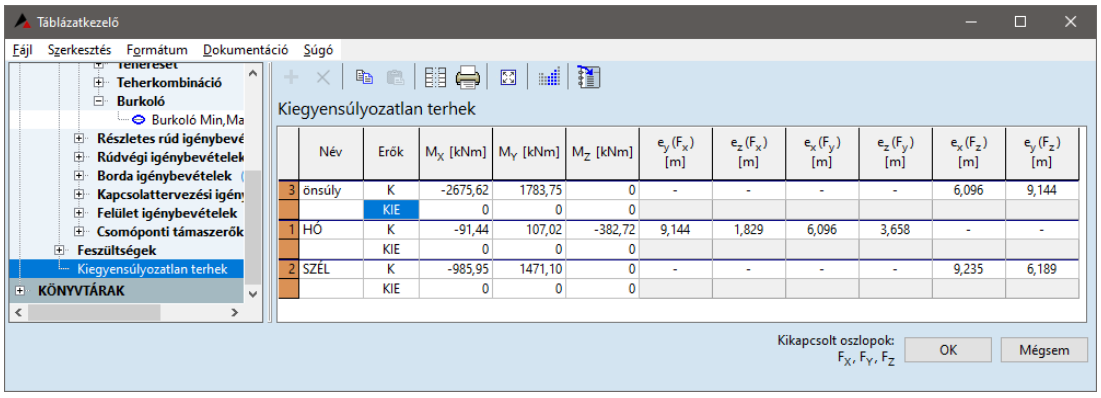
Qz hatásábra



My hatásábra



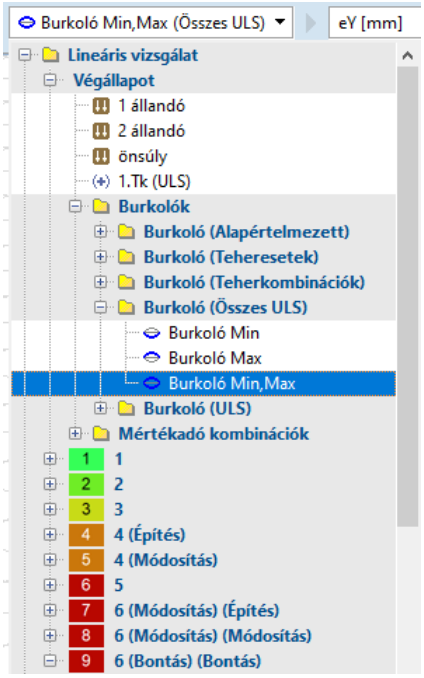
6.1.30. Kiegyensúlyozatlan terhek



Teheresetenként kiszámításra kerül minden külső erő eredőjének valamennyi komponense a globális koordináta-rendszerben, ezek a K jelű sorban jelennek meg. A táblázatban minden teheresethez egy ellenőrző sor tartozik (KIE), mely mutatja a kiegyensúlyozatlan csomópontra jutó terhek eredőit a globális koordináta -rendszerben. Ha az itt látható érték nem 0, akkor a külső erők egy része nem a támaszokat terheli. Ez akkor fordulhat elő, ha egy csomóponti szabadságfokot az erő irányában letiltunk.

☞ **Célszerű az egyensúlyt minden számítás után ellenőrizni.**

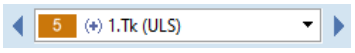
6.1.31. Az építési fázisok eredményei



A statikai számítást építési fázisokra futtatva előáll minden fázis, illetve a végállapot eredménye. A végállapotban természetesen a szerkezetre fokozatosan rákerült állandó szerkezeti terhek is jelen vannak, de ezek hatása az az előző szakaszok eredményeinek lineáris szuperpozícióján keresztül jelentkezik. Az építési fázisokban nem megengedett terhek (földrengés, meteorológiai terhek, stb.) csak a végállapotban hatnak.

Az építési fázisokban ugyanazok az eredménykomponensek állnak rendelkezésre, mint a hagyományos modellekben.

A teheresetek és kombinációk legördülő listájában az egyes fázisok és a végállapot külön kategóriák. Ez az eredménytáblázatokra is igaz (*lásd...* **6.1.6 Eredménytáblázatok**). Az építési szakaszok közötti egyszerű váltást nyilak segítik.



A vizsgált fázissal kapcsolatos információk az információs ablakokban jelennek meg.

Az eredmények érvényessége

Bármely, az eredményeket érvénytelenné tevő módosítás (elemek aktiválása vagy inaktiválása stb.) az adott építési fázis és a rákövetkező valamennyi fázis eredményeit törli. Számításkor ezután választhatjuk a ki nem számolt fázisok futtatását (*lásd...* **5.1.1 Építési fázisok számítása – STG modul**).

axe és stg fájlok

A modelladatok *axs* fájlokban, a számítási eredmények *axe* fájlokban tárolódnak. Építési fázisok számítása esetén a fázisok eredményei *stg1, stg2, stg3, ...* fájlokba kerülnek. Az *axe* fájl a végállapot eredményeit tartalmazza. Az stg fájlok neve: *modellnév.stgN*, ahol *N* az építési fázis sorszáma.

Ha csak a végállapot eredményeit akarjuk megosztani, elegendő az *axs* és *axe* fájlt átadni. Egyes eredményekhez a fázisok eredményeire is szükség lehet (pl. ha a felhasználó új burkolót hoz létre), ilyenkor a fázisok eredményeit újra ki kell számolni.

Tervezési modulok

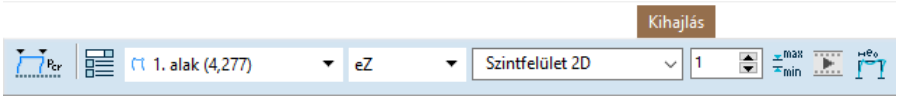
A következő tervezési modulok minden építési fázisban használhatóak:

RC1 Felületvasalás vasbeton szerkezetekre, repedéstágasság-számítás, hosszvasalás tervezése
RC2 Vasbeton oszlopok és gerendák tervezése és ellenőrzése
RC3 Vasbeton lemezek és héjak nyírási vasalása
RC6 Vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízise
SD1 Acél szerkezeti elemek tervezése és ellenőrzése
SD9 Acél keresztmetszetek optimalizálása
TD1 Fa szerkezeti elemek tervezése és ellenőrzése
TD9 Fa keresztmetszetek optimalizálása
CLT CLT tartományok tervezése

A következő tervezési modulok csak az utolsó építési fázisban vagy a végállapotban használhatók:

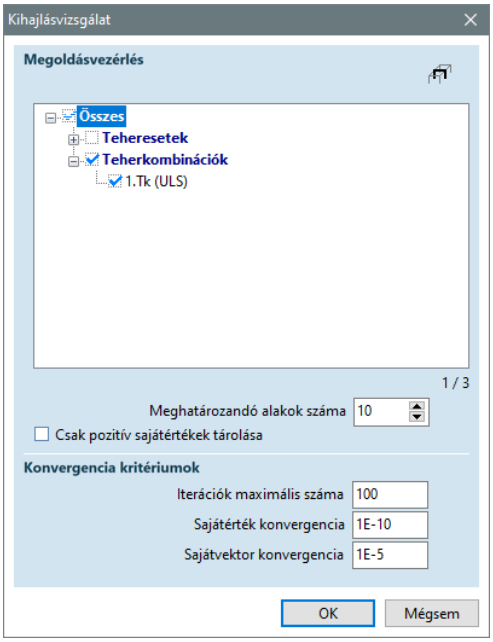
RC3 Átszúródásvizsgálat
RC4 Alapozástervezés
RC5 Vasbeton falmagok és falak méretezése
RC6 Vasbeton oszlopok, gerendák, virtuális rudak feszültséganalízise
MD1 Falazott szerkezetek tervezése

6.2. Kihajlás



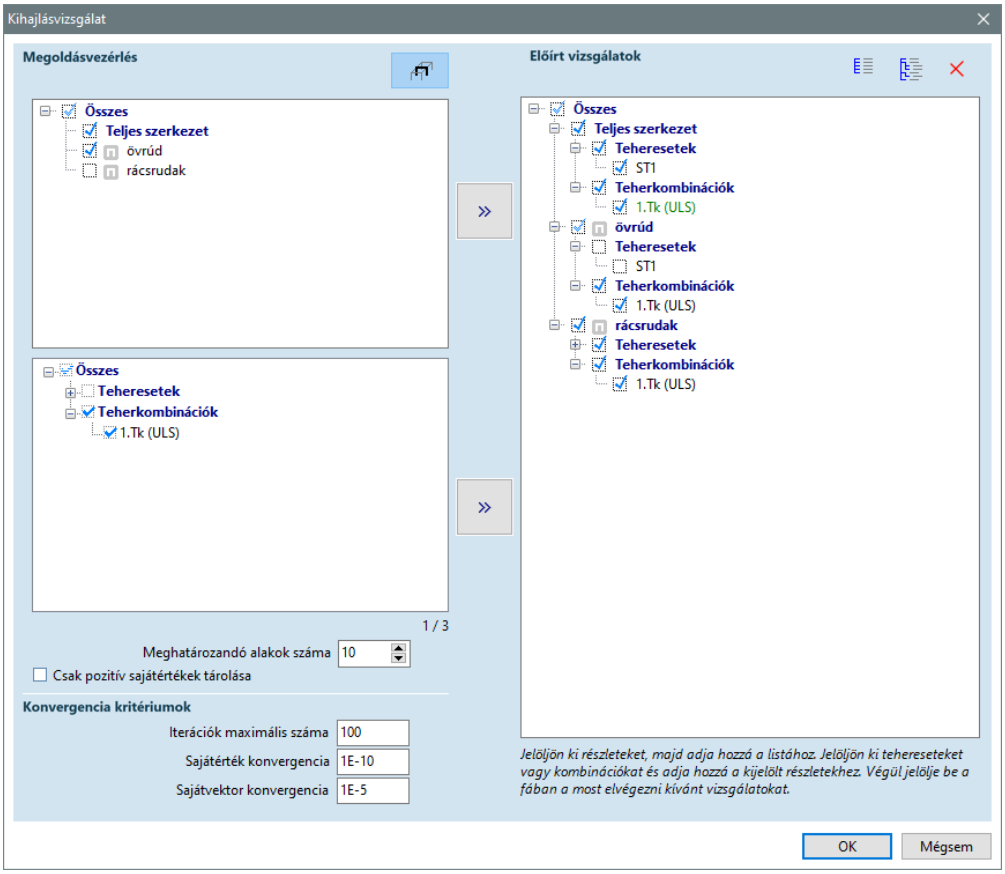
Kihajlásvizsgálat indítása

A kihajlásvizsgálat indításához a bal szélső ikonra kell kattintani. A *Megoldásvezérlés* panelen ki kell jelölni azokat a tehereseteket és teherkombinációkat, amelyekre a sajátértékfeladatot le szeretnénk futtatni. Az ablakban beállíthatók a konvergencia kritériumok és megadható a meghatározandó alakok száma.



Kihajlásvizsgálat alszerkezetekre

Alapértelmezés szerint a program a teljes szerkezeten figyelembe veszi a másodrendű hatásokat, de van mód alszerkezet kihajlásvizsgálatára is. Alszerkezeten itt valamely korábban definiált egyedi részletet (*lásd...* **2.16.17 Részletek)** értünk. Ehhez kattintsunk dialógusablak jobb felső sarokban található gombra, majd válasszuk ki a kívánt részleteket. Ez annyit jelent, hogy a program a másodrendű hatásokat kizárólag ezeken az elemeken veszi figyelembe. A szerkezet többi része eredeti merevségével szerepel, és lényegében ilyenkor csak megtámasztja a kihajló / kiforduló elemeket.



Az *Előírt vizsgálatok* panelen állíthatjuk össze a teljes szerkezetre és részletekre futtatni kívánt kihajlási vizsgálatokat. A bal oldalon bekapcsolt részleteket a lista melletti gomb segítségével adhatjuk hozzá a jobb oldali fastruktúrához. A jobb oldalon kijelölt részletekhez ezután hasonló módon tehereseteket és teherkombinációkat rendelhetünk. A program a jobb oldali fastruktúrában bekapcsolt esetekre oldja meg a sajátértékfeladatot.

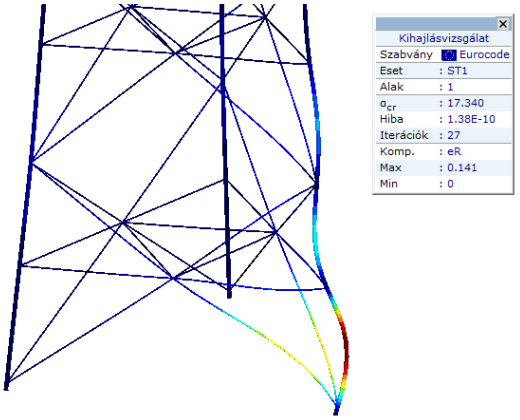
A részletre futtatott kihajlásvizsgálat segítségével nagyméretű, összetett és sok elemet tartalmazó modellek esetében is hatékonyan megtalálhatjuk a vizsgált elemek kihajlási alakját és kritikus teherszorzóit.
Sok esetben előfordul, hogy egy rúd végponti elcsavarodási merevségét a csomópontba befutó többi rúd merevsége adja. A csomópont elfordulásával is létrejövő stabilitásvesztési alakban a megtámasztó, részletben nem szereplő elemek deformációi is megjelenhetnek.

☞ **A részletre futtatott kihajlásvizsgálat alkalmazása és a vizsgált részletbe foglalt elemek kiválasztása nagy körültekintést igényel! Amennyiben a vizsgált részletben nem szereplő elemeken is jelentősek a másodrendű hatások és ezek megtámasztják a részletben vizsgált elemeket, akkor a részletre kapott kihajlási eredmények jelentősen túlbecsülhetik a kritikus teherszorzó értékét.**

A kihajlásvizsgálat eredményei

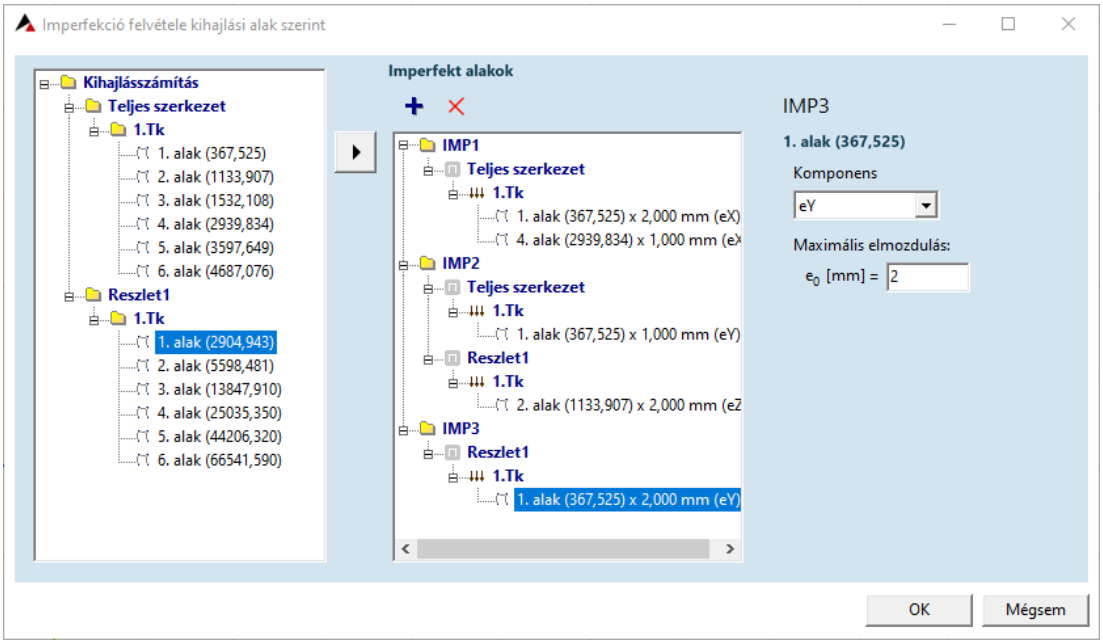
A kihajlási alak grafikus és numerikus formában is ábrázolható.
Az információs ablakban a következő adatok jelennek meg:

α_{cr}	kritikus teherszorzó
Hiba	megoldás relatív hibája
Iteráció	az elvégzett iterációk száma



6.2.1. Kihajlási alakok szerinti imperfekciók összeállítása – IMP modul

A modul lehetőséget nyújt az imperfekciók figyelembevételére imperfekt geometria létrehozása révén, amelyet a felhasználó tetszés szerint a kihajlási alakok skálázásával és szuperponálásával állíthat elő. A tökéletlenségből származó másodrendű hatások imperfekt geometriával futtatott, geometriailag nemlineáris analízissel vehetők figyelembe.



A bal oldali listában találhatók a kihajlásvizsgálat futtatásából származó sajátalakok, a középső listában pedig az összeállított imperfekciók. Az egyes imperfekt alakokhoz, valamint a bennük szereplő kihajlási alakokhoz rendelt paraméterek az ablak jobb oldalán állíthatók.



Új imperfekció létrehozása.



Imperfekciók vagy elemeik törlése. Többszörös kijelölés esetén minden kijelölt elem törlődik. Imperfekt alak, részlet vagy tehereset mappa törlése esetén minden hozzá tartozó almappa és kihajlási alak törlődik.



A hozzáadás gomb segítségével a bal oldali listában kijelölt kihajlási alakokat hozzáadhatjuk a középső listában kijelölt imperfekt alakokhoz. Több kihajlás alak is kijelölhető. Ha kihajlási teheresetet jelölünk ki, akkor a hozzá tartozó összes alak másolódik. A középső listában több imperfekció vagy azok elemei is kijelölhetők. Ekkor a kijelölt kihajlási alakok minden, kijelöléssel érintett imperfekcióhoz hozzáadódnak. A hozzáadott kihajlási alakok automatikusan tehereset mappákba szerveződnek, csoportosításuk vagy a sorrend változtatása nem lehetséges. Ha van olyan kijelölt kihajlási alak, ami már szerepel a cél imperfekcióban, akkor az nem adódik hozzá újra.

☞ **A kijelölt kihajlási alakokat átmozgathatjuk az egérrel is. A kihajlási alakok ahhoz az imperfekcióhoz adódnak hozzá, ami fölött elengedjük a bal egérgombot.**

Komponens, Maximális elmozdulás

Az imperfekció előállításához ki kell választani egy elmozdulási vagy elfordulási komponenst vagy eredőt, ami alapján a kihajlási alakok skálázása végbemegy. A skálázás és a szuperpozíció a következő képletek szerint történik: A skálázó elmozdulás vagy elfordulás minden kihajlási alakhoz külön megadható. Minden kihajlási alak úgy skálázódik, hogy a kiválasztott komponens irányában létrejövő legnagyobb deformáció abszolút értéke megegyezzen a skálázó érték abszolút értékével. A skálázó érték előjelével szabályozható, hogy az imperfekcióhoz adódó alak deformációinak iránya azonos vagy ellentétes legyen a kihajlási alakban létrejöttekkel.

$$IMP = \sum_{(i)} c_i \cdot \eta_{cr,i}$$

ahol *IMP* az összeállított imperfekt alak, $\eta_{cr,i}$ az *i.* kihajlási alak, c_i pedig az *i.* kihajlási alak szorzója:

$$c_i = \frac{e_{0,i}}{|\eta_{cr,i}|_{max}}$$

ahol $e_{0,i}$ a skálázó elmozdulás vagy elfordulás,
$|\eta_{cr,i}|_{max}$ pedig az *i.* kihajlási alakban, a beállított komponens irányában kialakuló legnagyobb deformáció abszolút értéke.

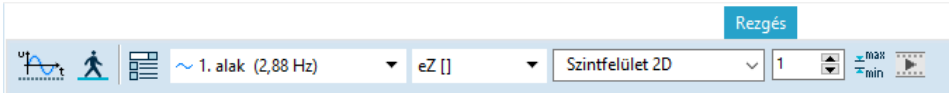
☞ **A skálázó komponens és deformáció értéke többszörös kijelölés esetén csoportosan is beállítható.**

Az összeállított imperfekt alakok a kihajlás fül legördülő listájának végére is bekerülnek, így a főablakban grafikusan is megjeleníthetők.
Az imperfekciók létrehozásával és törlésével párhuzamosan a hozzájuk tartozó teheresetek is automatikusan létrejönnek és törlődnek, de a teheresetek menüben a felhasználó által is szerkeszthetők. (*Lásd...* **4.10.28 Kihajlási alakok szerinti imperfekciók**)

Ha a modell változása miatt egy imperfekt alakban szereplő kihajlási teheresethez tartozó eredmények törlődnek, az összeállított imperfekt alak nem törlődik, csak érvénytelenné válik. A kihajlás számítást újra lefuttatva a program az imperfekt alakot is újra generálja az új kihajlási eredmények alapján.

☞ **Az újra generált imperfekt alakokat ellenőrizni kell, mert a modell megváltozása miatt a kihajlási alakok sorrendje megváltozhatott, korábbi alakok eltűnhettek, illetve új alakok is megjelenhettek.**

6.3. Rezgés

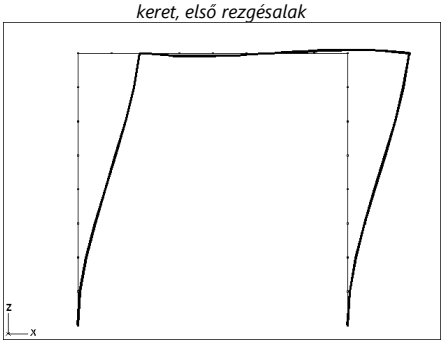


Rezgésvizsgálat eredményei

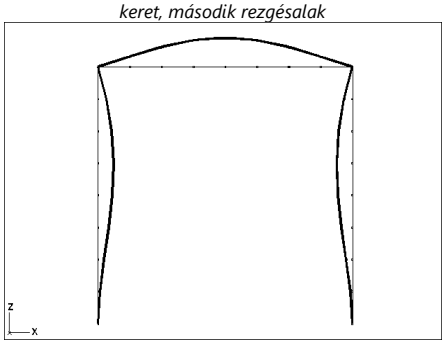
Választhatunk a számított rezgésalakok közül, majd ezeket grafikusan és numerikusan ábrázolhatjuk. A rezgésalakok tömeg szerint normalizáltak.

Rezgésalakok ábrázolása

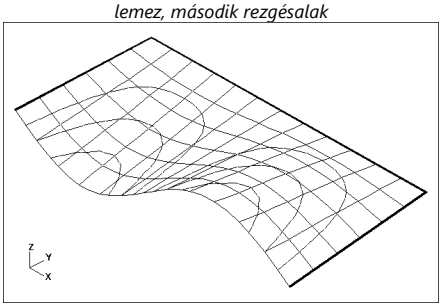
keret, első rezgésalak



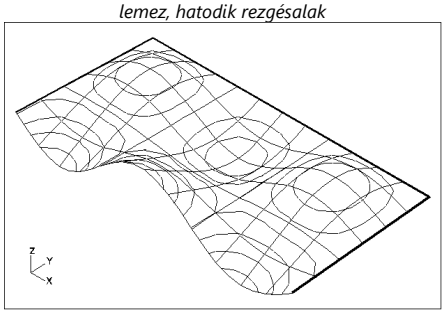
keret, második rezgésalak



lemez, második rezgésalak



lemez, hatodik rezgésalak



Az információs ablakban a következő adatok jelennek meg:

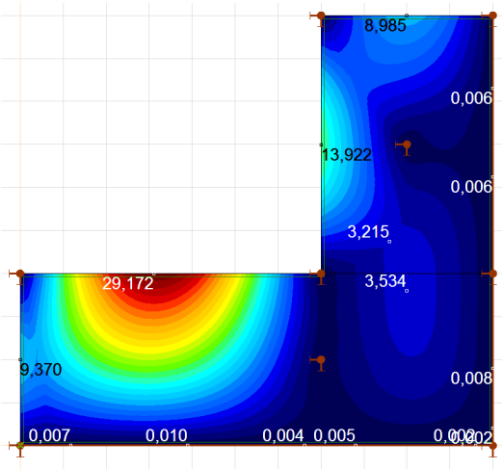
f:	frekvencia [Hz]
ω:	körfrekvencia [1/s]
T:	periódusidő [s]
S.é.:	sajátérték
Hiba:	a megoldás relatív hibája
Iterációk száma:	a megoldáskor végrehajtott iterációk száma

☞ **A vizsgálat egyszerre egy teheresetre vagy teherkombinációra végezhető el, de a program tárolja az összes vizsgálat eredményét.**

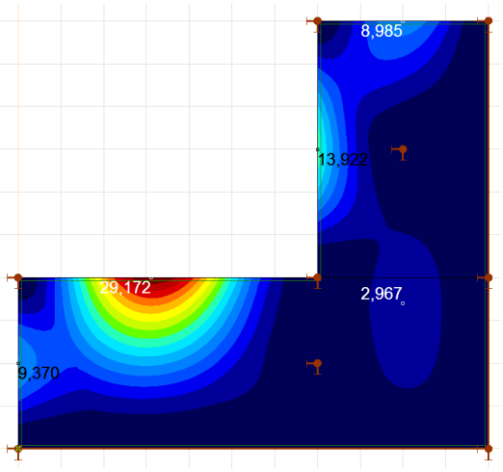
Rezgés válaszfaktor ábrázolása

Az eredménykomponensek közül a rezgéseredmények alatt közvetlenül kiválasztható az adott teher-esethez tartozó, különböző módszerekkel kiszámolt rezgés válaszfaktor *(R öngerj., R. ált., R extr.)*

Födém általános gerjesztése (R ált.)



Födém gerjesztése a vizsgált csomópontokon (R öngerj.)



Az információs ablakban a következő adatok jelennek meg:

Tervezési eljárás:	*CCIP-016*, vagy *SCI P354*
ξ:	csillapítás [%]
N, L:	lépésszám [-] (*CCIP-016*), gyalogos útvonal hossza [m] (*SCI P354*)
m:	a gyalogos tömege [kg]
$f_{p,min}$, $f_{p,max}$	Lépésfrekvencia minimális és maximális értéke födémen (*CCIP-016*, *SCI P354*), lépcsőn (*SCI P354*) [Hz]

Eredmény-táblázatok

Lásd... **6.1.6 Eredménytáblázatok**

Megmozgatott tömeg

A rezgésalakok és a tömegek alapján a program meghatározza minden rezgésalakhoz X, Y és Z irányban a megmozgatott tömeget az alábbiak szerint.

Rúdszerkezet esetén:

$$M_{mod} = \mu \int_l \delta^2(x) \cdot dl$$

Felületszerkezet esetén:

$$M_{mod} = \mu \int_A \delta^2(x,y) \cdot dA$$

ahol:

μ – a fajlagos tömeg

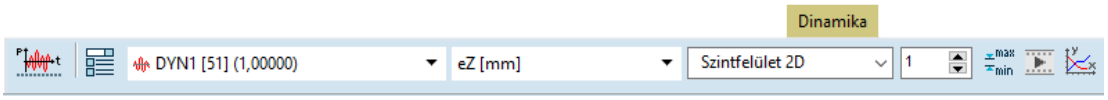
δ – a normalizált rezgés ordináta az adott irányban

Az egyes rezgésalakokhoz meghatározott megmozgatott tömeg értékek a Táblázatkezelőben a rezgés eredmények között, a *Megmozgatott tömegek* táblázatban találhatók.

A számításból kapott megmozgatott tömeg és a hozzátartozó frekvencia segítségével vizsgálhatók a könnyűszerkezetes födémek dinamikai válaszai az emberi lépések hatására, így ellenőrizhető a megfelelő komfort érzet a szerkezet üzemi állapotában. Az Eurocode kevés támpontot ad ezen vizsgálathoz, így egy EU kutatási program keretében kidolgozták OS-RMS90 eljárást, mellyel a fenti ellenőrzés elvégezhető. További információ található az alábbi pdf fájlban:

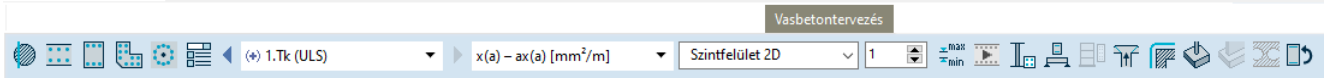
http://www.stahlbau.stb.rwth-aachen.de/projekte/2007/HIVOSS/docs/Guideline_Floors_EN02.pdf

6.4. Dinamika



Ezen az oldalon a kiszámított dinamikai eredményeket jeleníthetjük meg.
A beállítási lehetőségek, a lekérdezési lehetőségek és megjelenítési módok megegyeznek a Statika részben leírtakkal (**6.1 Statika**).

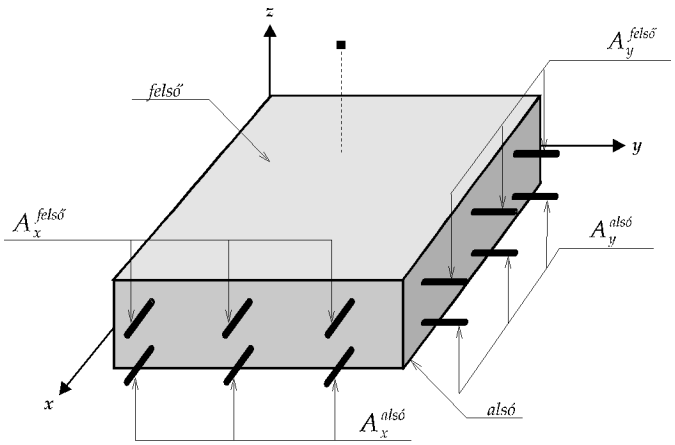
6.5. Vasbetontervezés



6.5.1. Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul

A felületszerkezetek vasalása során figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Vasalási irányoknak a tárcsa- lemez-, illetve héjelem lokális koordináta-rendszerének ***x***, ***y*** irányait tekintjük. Eurocode 2 esetén a méretezési (vasalási) nyomaték, illetve normálerő párokat a **kötött irányú optimalizált vasalástervezés** alapján állapítjuk meg.



Ábrázolható eredménykomponensek

mxv, myv, nxv, nyv méretezési igénybevételek

ax(a),	*x* irányú számított alsó vasalás
az(a),	*y* irányú számított alsó vasalás
ax(f),	*x* irányú számított felső vasalás
ay(f),	*y* irányú számított felső vasalás
sx(a)	x irányban szükséges alsó vastávolság
sy(a)	y irányban szükséges alsó vastávolság
sx(f)	x irányban szükséges felső vastávolság
sy(f)	y irányban szükséges felső vastávolság
x(a)	*x* irányú tényleges vasalás alul
y(a)	*y* irányú tényleges vasalás alul
x(f)	*x* irányú tényleges vasalás felül
y(f)	*y* irányú tényleges vasalás felül
x(a)–ax(a)	*x* irányú vasalási különbözet alul
y(a)–ay(a)	*y* irányú vasalási különbözet alul
x(f)–ax(f)	*x* irányú vasalási különbözet felül
y(f)–ay(f)	*y* irányú vasalási különbözet felül
vEd	eredő fajlagos nyíróerő
avEd	az eredő fajlagos nyíróerő iránya (x tengellyel bezárt szöge)
vRd,c	a beton nyírási ellenállása
vRd,max	a nyírási vasalással rendelkező keresztmetszet maximális nyírási teherbírása

vEd/vRd,max	a beton keresztmetszet nyírási kihasználtsága
vSz–vRd,c	a felületre merőleges eredő nyíróerő és a nyírási ellenállás különbsége
wk(a)	repedéstágasság az alsó vasalás tengelyében
wk(f)	repedéstágasság a felső vasalás tengelyében
wk2(a)	repedéstágasság a lemez alsó szélén
wk2(f)	repedéstágasság a lemez felső szélén
wR(a)	repedéskép a lemez alsó felén
wR(f)	repedéskép a lemez felső felén
mRd x(a)	a vasalt keresztmetszet nyomatéki teherbírása (N = 0), x irányban, alul
mRd x(f)	a vasalt keresztmetszet nyomatéki teherbírása (N = 0), x irányban, felül
mRd y(a)	a vasalt keresztmetszet nyomatéki teherbírása (N = 0), y irányban, alul
mRd y(f)	a vasalt keresztmetszet nyomatéki teherbírása (N = 0), y irányban, felül
nRd x(+)	a vasalt keresztmetszet húzó normálerő teherbírása (M = 0), x irányban, alul
nRd x(-)	a vasalt keresztmetszet nyomó normálerő teherbírása (M = 0), x irányban, felül
nRd y(+)	a vasalt keresztmetszet húzó normálerő teherbírása (M = 0), y irányban, alul
nRd y(-)	a vasalt keresztmetszet nyomó normálerő teherbírása (M = 0), y irányban, felül
Kihasználtság x	a vasbeton keresztmetszet kihasználtsága x irányban
Kihasználtság y	a vasbeton keresztmetszet kihasználtsága y irányban
Max.kihasználtság	a vasbeton keresztmetszet nagyobb kihasználtsága

Eredmény–komponensek ábrázolása látványterven

Az alsó és felső eredménykomponensek egyidejűleg is megjeleníthetőek a látványterven, ha a Színezett testmodell eredménymegjelenítési módot választjuk.

Vasalási paraméterek



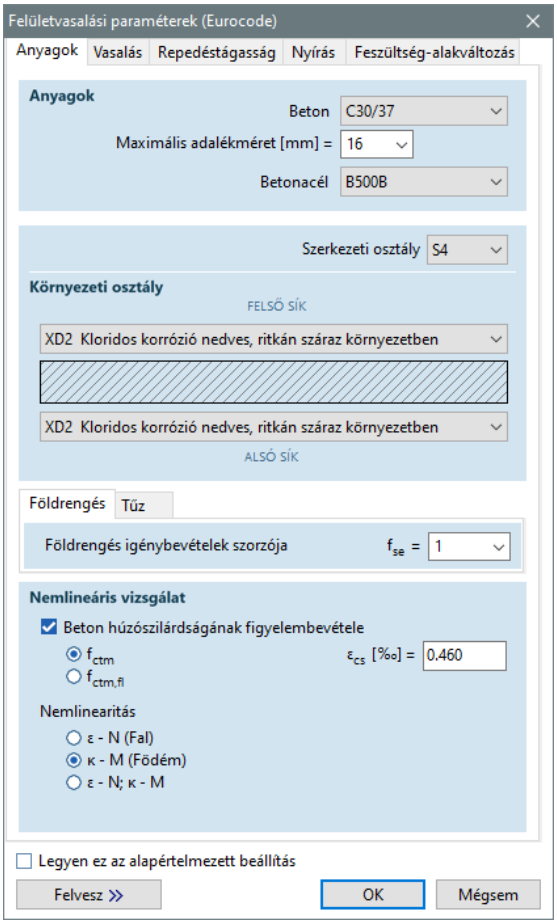
Vasalásszámításhoz a következő vasalási paramétereket kell hozzárendelni a felületekhez:

Anyagok

A beton és a betonacél anyagminősége

Maximális adalékméret

Minimális vastávolság számításakor valamennyi szabvány esetén figyelembe veszi a program az itt megadott értéket. A svájci szabvány (SIA) alkalmazásakor a minimális betonfedés számításakor is szerepet játszik.



Környezeti osztály

A program a környezeti osztály és a szerkezeti besorolás figyelembevételével meghatározza az engedélyezett legkisebb betonfedés értékét. Lehetőség van az így kiszámított betonfedés alapul vételével a betonacél pozíciók automatikus meghatározására.

Azon környezeti osztályok esetén, amelyekre az Eurocode szabvány nem ad ajánlott értéket a $c_{min,dur}$ értékére, azoknál a program nemzeti szabványok ajánlásaira hagyatkozik.

Földrengés

A földrengés igénybevételek szorzójával kapcsolatban *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**

Tűz Vasbeton tartományok tűzállósági méretezésével kapcsolatban bővebb információ egy későbbi fejezetben található (**6.5.14.2 Vasbeton felületszerkezetek tűzállósági méretezése – RC8-S modul**)

Nemlineáris vizsgálat Vasbeton felületek nemlineáris számítása (*lásd...* **6.5.6 Vasbeton felületek nemlineáris számítása**) során figyelembe vett bizonyos paraméterek a felhasználó által állíthatók:

- beton húzószilárdságának figyelembevétele;
- húzószilárdság/hajlító-húzó szilárdság figyelembevétele a húzott oldalon;
- zsugorodási alakváltozás;
- nemlinearitás figyelembevétele domináns viselkedés szerint (fal, födém, héj).

Ez a funkció a következő tartomány típusokra érhető el (*lásd...* **4.9.6 Tartomány**): normál, sűrűbordás, kompozit bordás, trapézlemezes.
Trapézlemezes tartományra abban az esetben, ha a *Vasalás* fülön *A trapézlemez csak zsaluzat* opció van kiválasztva. Ekkor a program a kizárólag trapézlemez feletti betonlemezzel számol.

☞ **Fal esetén a hajlítási-, födém esetén a tárcsaigénybevételek rugalmas elven számítódnak.**

A nemlineáris viselkedés figyelembevételének célja nemlineáris statikai számítás során az elemek deformációinak pontosabb számítása a szerkezet használhatósági határállapotban történő igazolásához, tekintettel a vasbeton keresztmetszet nemlineáris viselkedésére (pl. keresztmetszet berepedése). A számítás alkalmazása nem ajánlott szerkezetek teherbírásának igazolásához. Fontos megjegyeznünk továbbá, hogy a beépített anyagmodellek nem veszik figyelembe az acélbetétek, illetve a beton (vasalás kialakításától is függő) szilárdságának alternáló teher hatására bekövetkező degradációját, az acélbetétek kihajlását és a beton morzsolódását. Ebből kifolyólag a számítás alkalmazása nem ajánlott szeizmikus méretezés során használatos nemlineáris eltolóvizsgálat (Pushover vizsgálat; *lásd...* **4.10.26 Pushover terhek – SE2 modul** kiváltására.

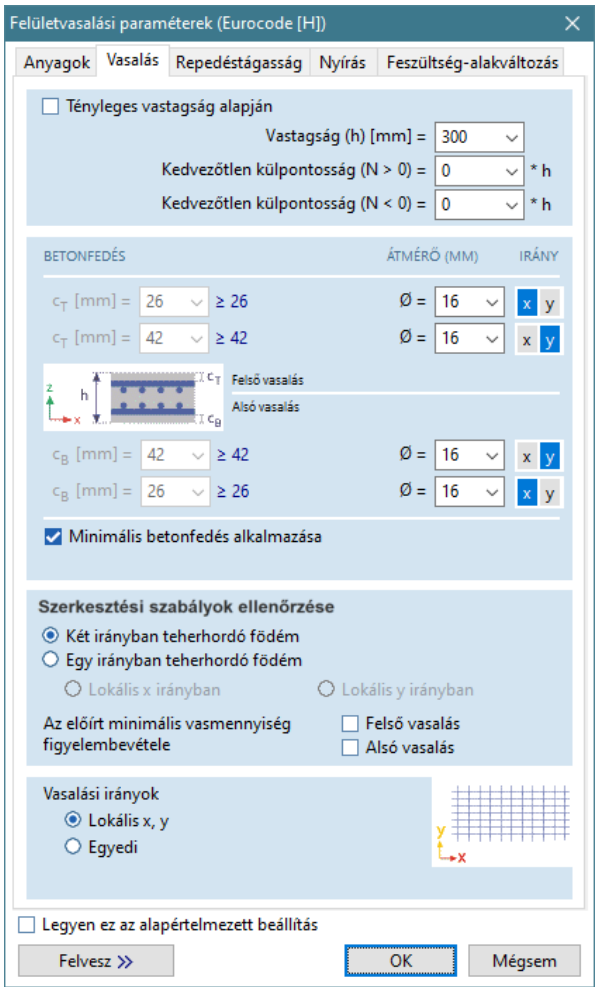
Vasalás A vasalás megadásához a födém alsó és felső részén is a vasalási rétegek betonfedéseit és vasátmérőit kell definiálni, valamint be kell állítanunk az elsődleges vasalási irányt, azaz, hogy melyik irányú vasalás lesz a külső (beton széléhez közelebbi). A program a külső és belső vasak elhelyezését a betonfedés alapján határozza meg.

Betonfedés alatt a beton széle és a külső betonacél széle közti távolságát értjük.

Tényleges vastagság alapján: Bekapcsolásakor a modellben megadott, állandó vagy változó lemezvastagsággal számol a program.

Vastagság: h a számításnál figyelembe vett teljes vastagság, mely eltérhet a korábban megadott lemezvastagságtól.

Kedvezőtlen külpontosság: Eurocode 2 esetén a *h* vastagság függvényében megadott külpontosság-növekményt a program oly módon adja hozzá a normálerő-nyomaték értékpárból számított külpontossághoz, hogy annak értékét növelje.



Betonfedés A külső és belső (elsődleges és másodlagos) vasalási réteg c_T és c_B betonfedését vagy a programmal számíttatjuk (bekapcsolva a *Minimális betonfedés alkalmazása* opciót), vagy kézzel adhatjuk meg.

Átmérő A kétirányú, alsó és felső vasalás átmérői adhatóak meg.

Minimális betonfedés alkalmazása

A program meghatározza az alsó és felső vasaláson a minimális betonfedést a beállított szerkezeti osztály és környezeti osztályok alapján az alkalmazott szabvány szerint.

Előírt minimális vasmennyiség figyelembevétele

A program meghatározza az alsó és/vagy felső síkban a minimális vasmennyiséget az alkalmazott szabvány szerint. Ha a vasalás számításból ennél a vasmennyiségnél kisebb érték adódna, akkor a minimális vasmennyiség értékével ezt felülírja.

Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Ezen a panelen beállíthatjuk a födém teherhordási irányát a minimális vasmennyiségek, illetve a minimális és maximális vastávolságok meghatározásához tekintettel a kiválasztott szabvány szerkesztési szabályaira. A program a számított vasalás osztástávolságát csak abban az esetben igazítja a vastávolságra vonatkozó szabályozásokhoz, ha az *Ábrázolási paraméterek / Egyéb beállítások* ablakban *A vastávolságokra vonatkozó szerkesztési szabályok figyelembevétele* be van kapcsolva (ebben az ablakban a számított vaskiosztásra beállíthatunk kerekítési lépcsőt is).
Kérhetjük a szabvány szerinti minimális vasmennyiség figyelembevételét is az alsó és felső vasalásra egyaránt.
A fenti, vasalásra vonatkozó szabályozásokról a szabványok eltérően rendelkeznek, értékükről az alkalmazott szabvány vagy az érintett nemzeti melléklet ad tájékoztatást.

Vasalási irányok

A felület szükséges vasalása számítható egyedi, illetve a felület lokális *x/y* tengelyeivel párhuzamos vasalási irányok felvételével. Amennyiben egyedi vasalási irányokat választunk az *x/y* jelölés helyett a *ξ/η* jelölést használjuk a vasalási irányok azonosítására. Az *α* szög a *ξ* vasalási irány és a felület lokális *x* tengelye által bezárt szöget, míg *β* szög a két vasalási irány által bezárt szöget jelöli.
Egyedi vasalási irányok segítségével megadható tetszőleges irányú (-360° < *α* < 360°) ortogonális vasalás, illetve ortogonálistól eltérő vasalás (*β* ≠ 90°). Egyedi irányokkal rendelkező vasalásra gyakran hivatkozunk a kézikönyvben és a programban ferde vasalásként. A két vasalási irány közötti szög *(β)* nem lehet kisebb 45°-nál, illetve nem lehet nagyobb 135°-nál.

☞ **Amennyiben a modellben található olyan felület, amelyhez ferde vasalást rendeltünk, akkor a program számos pontján a vasalásra vonatkozó feliratok megváltoznak és x/y jelölés helyett a ξ/η jelölést használjuk. Például ax(a) jelölés aξ(a)-ra (amennyiben az összes felület ferdén vasalt), vagy a(x/ξ)(a)-ra (amennyiben vannak ferdén és lokális x/y irányban vasalt felületek is) változik.**

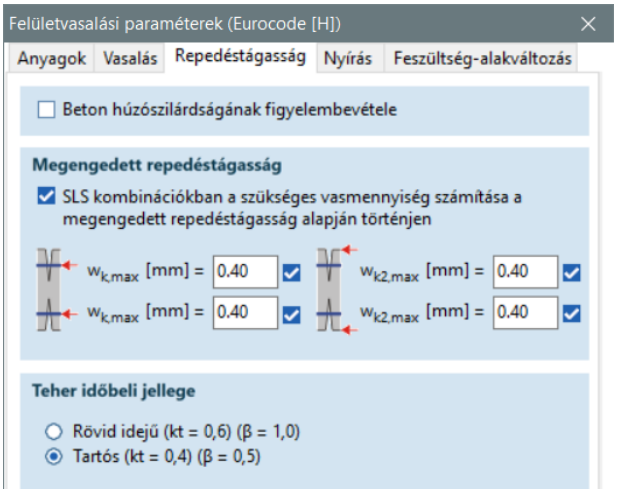
☞ **Airdeck és üreges felületelemek esetében ferde vasalás nem számítható. Amennyiben a kiválasztott tartományok között szerepel Airdeck, vagy üreges tartomány, akkor a vasalási irányok panel nem látható az ablakban.**

Repedéstágasság

Beton húzószilárdságának figyelembe vétele: Bekapcsolt esetben a program nem számol repedéstágasságot, ha a betonban keletkező feszültség nem éri el a beton húzó határfeszültségét.

Megengedett repedéstágasság. Bekapcsolható, hogy a szükséges vasmennyiséget az SLS kombinációkban a megengedett repedéstágassság alapján számolja a program. Ennek értéke megadható a betonacél tengelyvonalában *($w_{k,max}$)* és a beton szélső szálában *($w_{k2,max}$)* is. Az egyes korlátozások külön-külön ki- vagy bekapcsolhatóak.

A repedéstágasság számításához beállíthatjuk a *kt* tényező értékét, mely a teher tartósságától függő érték.



Feszültség-alakváltozás

A feszültséganalízis során figyelembe vett paraméterek ismertetése a **6.5.18.2 Vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízise** bekezdésben található.

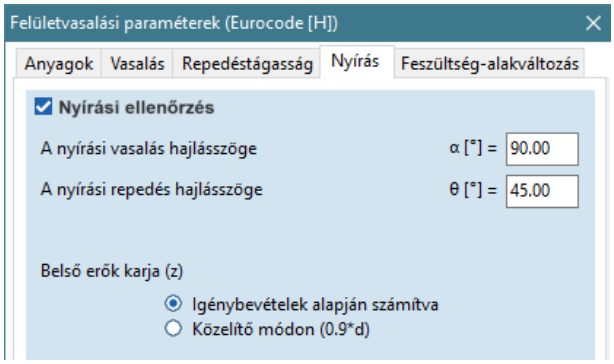
Szükséges vasalás számítása megengedett repedéstágasság alapján

A szükséges vasmennyiséget a program SLS teherkombinációban a felhasználó által megadott, megengedett repedéstágasság alapján számítja.
Ha az alkalmazott vasalás megválasztása során igazodunk a vasalási paraméterek között beállított vasátmérő és betonfedés értékekhez, a számított repedéstágasság a megengedett értéket nem haladja meg.

Tehereset, illetve egyedi teherkombináció esetén a program mind teherbírás, mind repedéstágasság alapján kiszámítja a szükséges vasmennyiségeket és megjelenített eredmény a két számítás burkolója lesz. Automatikus mértékadó kombináció-generálás (*lásd...* **6.1 Statika**) esetén a program mind teherbírás (ULS kombinációkra), mind repedéstágasság alapján (a program a szabvány által előírt SLS kombinációval számol) kiszámítja a szükséges vasmennyiségeket és megjelenített eredmény a két számítás burkolója lesz.

Nyírás

Nyírási ellenállás számításánál (*lásd...* **6.5.8 Nyírási ellenállás és vasalás számítás lemezekhez, héjakhoz**) $V_{Rd,max}$ számításához beállíthatjuk a nyírási vasalás-, illetve a nyírási repedés hajlásszögét.
A nyírási ellenőrzés a panel bal felső sarkában található jelölőnégyzettel kikapcsolható.



Tartományok számított vasmennyiségei

A tartományokhoz rendelt vasalási paraméterekből számított fajlagos vasmennyiségek alapján a program összegzi a szükséges vasmennyiséget, melynek eredménye a *Táblázatkezelő*ben, a *Tartományok számított vasmennyiségei* táblázatban megtalálhatóak. Vasmennyiség-kimutatás kérhető teheresetekre, teherkombinációkra és azok burkolójára, illetve mértékadó kombinációkra. A táblázat szerkezeti elem típusok (födém, fal, egyéb szerkezet), beton és betonacél típusa szerint rendezhető, az egyes oszlopokban a tartományok szerinti részletes anyagkimutatás (terület, beton m^3, fajlagos és összes vasmennyiség). A megjegyzés rovat tájékoztat arról, ha valamely tartománynál van nem bevasalható terület, illetve, ha a modellben szereplő tartomány vastagságától eltérő szerkezeti vastagság van beállítva a vasalási paramétereknél. A kivonatban a tartományok összegzett minimum és maximum vasmennyiségei szerepelnek.
Ha van bekapcsolt részlet vagy kijelölt tartomány, a táblázat a szokott módon csak a részletben szereplő vagy kijelölt tartományokat sorolja fel.

☞ **A számított vasmennyiségek alapján összegzett vasmennyiség nem tartalmazza a betonacélok toldásából, lehorgonyzásából és járulékos segédvasalásból, ill. távtartókból eredő többlet vasmennyiséget!**

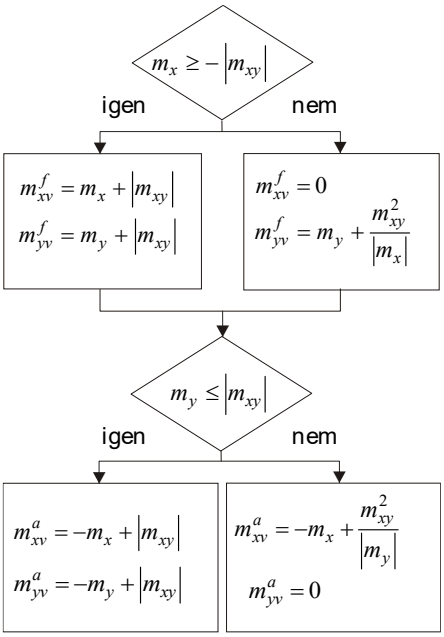
Az összes és fajlagos vasmennyiségek értelmezésénél az alábbiak veendők figyelembe:

Bordás és kompozit bordás (beton anyagú) födémeknél a vasmennyiség számítás csak a lemezrészbe eső vasalást tartalmazza, a bordákét nem. Logikai bordát alkalmazva a betontérfogat tartalmazza a bordák térfogatát is, tényleges bordát alkalmazva a betontérfogat csak a lemez vastagságát veszi figyelembe.
Trapézlemezes födémnél a tényleges vastagságot alkalmazva a táblázatban szereplő beton térfogat tartalmazza a bordákba eső betont is, akkor is, ha a számításban csak zsaluként van a trapézlemez figyelembe véve.
Ha a vasalási paramétereknél egyedi vastagságot adunk meg, úgy a vasmennyiség számításban szereplő adatokat (betontérfogat, fajlagos vasmennyiség) a program az egyedi lemezvastagság alapján határozza meg, hagyományos tömör, síklemez födém módjára. Ez alól kivételt képez a trapézlemezes födém, ott az egyedi vastagság a trapézlemezes födém teljes beton szerkezeti vastagságát jelenti, a betontérfogat is e szerint számítódik.

6.5.1.1. Ortogonális x/y vasalás számítása Eurocode 2 szerint

Lemez

Ha az m_x, m_y, m_{xy}igénybevételek adottak egy pontban, akkor a méretezési nyomatékok az alábbiak:
A tartalék nyomaték optimumának meghatározása: $\substack{\Delta m_2=0 \\ \Delta m_1=\min!}$ $m_x \geq m_y$



A program kiszámítja a keresztmetszet szükséges húzott ill. nyomott vasmennyiségeit.

Eredmény

Eredményként egy pontban a következő értékeket kapjuk: *ax(a), ax(f), ay(a), ay(f)*
Ezek a számított *a*lsó és *f*első vasmennyiség értékei *x* és *y* irányban.

Hibaüzenet

"A keresztmetszet nem vasalható be" hibajelzést kapunk az alábbi esetekben.

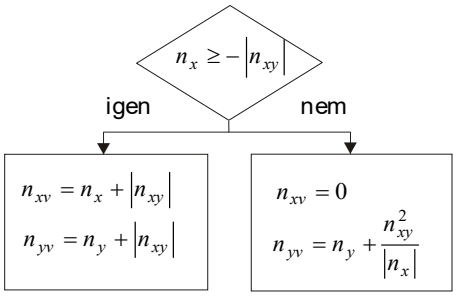
Amennyiben x vagy y irányban a felső és alsó vasalás összege meghaladja a megengedett maximális vasalás értékét. A maximális vasalás határértéke a szabványválasztó ablakban állítható a *Vasbeton* fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

Eredmény-táblázatok

Jelölések a táblázatban:
(-) nyomott vasalás
??? a keresztmetszet azon irányban nem vasalható be
A húzott vasalást a program külön szimbólummal nem jelzi.

Tárcsa

Vasalásszámítás csak síkbeli feszültségállapotú tárcsákhoz kérhető.
Ha *nx, ny, nxy igénybevételek* adottak egy pontban, akkor a méretezési normálerők az alábbiak:
A tartalék normálerő optimumának meghatározása: $\substack{\Delta n_2=0 \\ \Delta n=\min!}$ $n_y \geq n_x$



A program kiszámítja a keresztmetszet szükséges húzott, ill. nyomott vasmennyiségeit. Nyomott vasmennyiséget csak azon pontokban kapunk, amelyekben a méretezési nyomóerő nagyobb, mint a beton nyomási határteherbírása.

Eredmény

Eredményként egy pontban a következő értékeket kapjuk: *ax(a), ax(f), ay(a), ay(f)*

Hibaüzenet

"A keresztmetszet nem vasalható be" hibajelzést kapunk az alábbi esetekben.

Amennyiben x vagy y irányban a felső és alsó vasalás összege meghaladja a megengedett maximális vasalás értékét. A maximális vasalás határértéke a szabványválasztó ablakban állítható a Vasbeton fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

Eredmény-táblázatok

Jelölések a táblázatban:
(-) nyomott vasalás
??? a keresztmetszet azon irányban nem vasalható be
A húzott vasalást a program külön szimbólummal nem jelzi.

Héj

Ha *nx, ny, nxy, mx, my, mxy* igénybevételek adottak egy pontban, akkor a méretezési normálerők és nyomatékok a tartalék normálerő-optimum, illetve a tartalék nyomaték-optimum alapján kerülnek meghatározásra, a lemez és a tárcsa vasalásánál leírtak szerint.
A program kiszámítja a keresztmetszet szükséges húzott ill. nyomott vasmennyiségeit.

Eredmény

Eredményként egy pontban a következő értékeket kapjuk: *ax(a), ax(f), ay(a), ay(f)*

x irányban a teljes vasalás: $A_x = ax(a) + ax(f)$
y irányban a teljes vasalás: $A_y = ay(a) + ay(f)$

Hibaüzenet

"A keresztmetszet nem vasalható be" hibajelzést kapunk a következő esetben.

$$A_s^{alsó} + A_s^{felső} > A_{smax},$$

A maximális vashányadot a választott szabvány szerint határozza meg a szoftver. Eurocode szabványok esetén ez a szabvány paraméterek között állítható.

Eredmény-táblázatok

Jelölések a táblázatban:
(-) nyomott vasalás
??? a keresztmetszet azon irányban nem vasalható be

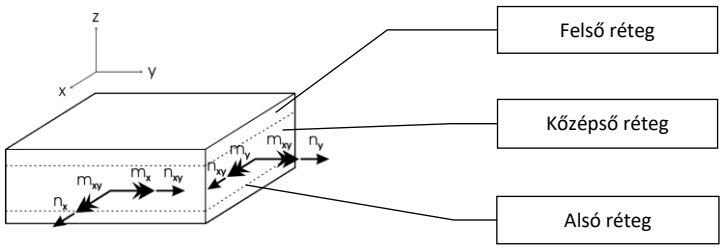
A húzott vasalást a program külön szimbólummal nem jelzi.

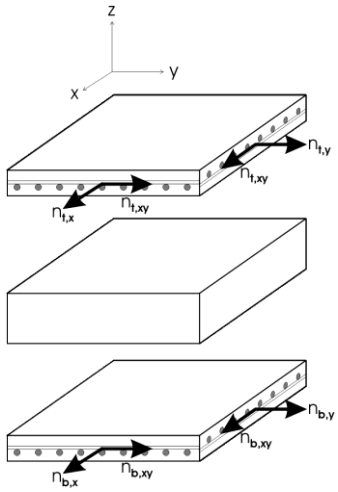
6.5.1.2. Ortogonális x/y vasalás számítása SIA 262 szerint

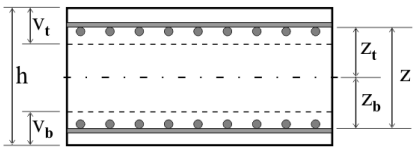
Lemez, Tárcsa, Héj

A lemez, tárcsa és héj vasalás számítás a „három réteg" eljárás szerint történik.
A belső erők adottak a merőleges vasalási irányokban: n_x, n_y, n_{xy}, m_x, m_y, m_{xy}.

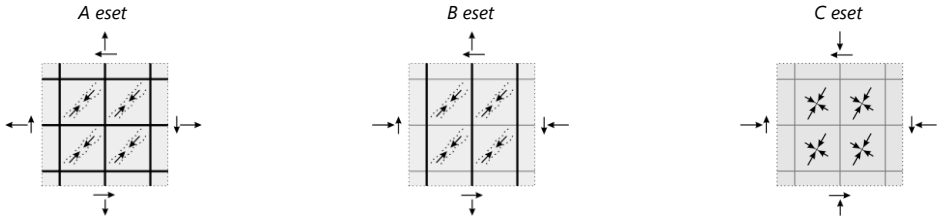
A felület három rétegre van bontva. A program meghatározza az alsó és felső rétegekre képzett membránerőket, majd ezek alapján számítja a méretezési erőket és a szükséges felső, illetve alsó vasalást a felületelem adott pontjában.







A program az alábbi három alapesetnek megfelelően a szükséges vasmennyiség kiszámítása mellett ellenőrzi a betonzónákat nyírásra és nyomásra is.



Hibaüzenet

"A keresztmetszet nem vasalható be" hibajelzést kapunk a következő esetekben.

Ha a nyomott betonzóna nyírásra nem felel meg.

Ha a nyomott betonban a nyomási főfeszültség nagyobb mint f_{cd}.

$A_s^{alsó} + A_s^{felső} > 0{,}04 \cdot A_c$, ahol A_c a beton keresztmetszet területe

Eredmény-táblázatok

Jelölések a táblázatban:

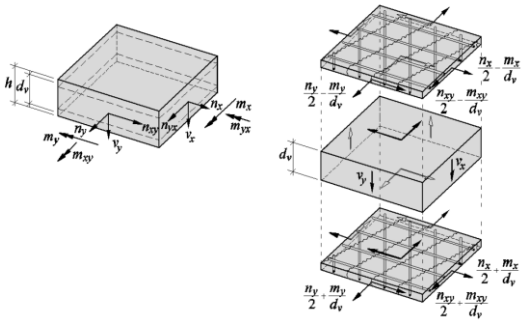
(-) nyomott vasalás

??? a keresztmetszet azon irányban nem vasalható be

A húzott vasalást a program külön szimbólummal nem jelzi.

6.5.1.3. Ferde vasalás számítása Eurocode 2 és SIA 262 szerint

A ferde vasalás jelenthet a tartomány/felület lokális rendszerével nem egybeeső rendszerű (azaz elforgatott) ortogonális vasalást, illetve jelenthet olyan vasalást, amelynek vasalási irányai nem merőlegesek. Természetesen a felsorolt két eset bármilyen kombinációja elképzelhető és némi megkötést leszámítva meg is adható a programban. Az α szög a ξ vasalási irány és a felület lokális x tengelye által bezárt szöget, míg β szög a két vasalási irány által bezárt szöget jelöli.



Ferde vasalás esetében a vasmennyiségek számításakor egy háromhéjú szendvicsmodellt alkalmazunk. A vasmennyiségeket Peter Marti és Hans Seelhofer cikkében ismertetett módszer szerint számoljuk *(H. Seelhofer & P. Marti: Dimensioning of skewly reinforced concrete plates)*. Tárcsa, lemez, illetve héj esetében ugyanazt a modellt alkalmazzuk.

Forrás: *H. Seelhofer & P. Marti: Dimensioning of skewly reinforced concrete plates*

Számítás

A felső, illetve az alsó réteget, mint 2D síkbeli feszültségállapotú tárcsát méretezzük. A tárcsaerőket a felső és alsó rétegben a következők szerint számítjuk. A felbontás előtt az *x/y* rendszerben értelmezett igénybevételek áttranszformáljuk egy olyan ortogonális *x'/y'* rendszerbe, ahol *x'* megegyezik a *ξ* iránnyal.

Alsó réteg:

$$n^a_{x'} = \frac{n_{x'}}{2} - \frac{m_{x'}}{d_v} \qquad n^a_{y'} = \frac{n_{y'}}{2} - \frac{m_{y'}}{d_v} \qquad n^a_{x'y'} = \frac{n_{x'y'}}{2} - \frac{m_{x'y'}}{d_v}$$

Felső réteg:

$$n^f_{x'} = \frac{n_{x'}}{2} + \frac{m_{x'}}{d_v} \qquad n^f_{y'} = \frac{n_{y'}}{2} + \frac{m_{y'}}{d_v} \qquad n^f_{x'y'} = \frac{n_{x'y'}}{2} + \frac{m_{x'y'}}{d_v}$$

Az optimális vasmennyiség eléréséhez a rétegvastagságokat optimalizáljuk. A rétegvastagságok minimális értéke 5 mm, míg a maximális értéke *H/2* (tárcsa jellegű viselkedés esetén, ahol H a felület vastagsága), vagy $\xi_{c0}d$ (lemezszerű viselkedés esetén, ahol *d* a hasznos magasság).

A d_v erőkart a következőképpen határozzuk meg.

$$d_v = min\left(d_a - \frac{t_f}{2}, d_f - \frac{t_a}{2}\right)$$

A képletben t_a, illetve t_f az alsó, illetve a felső réteg vastagságát jelöli, míg d_v a nyomaték felbontásához használt erőkar.
A d_a az alsó, míg d_f a felső vasaláshoz tartozó hasznos magasság a felületelem átellenes oldalától mérve. A hasznos magasság számításánál a ξ és η irányú vasak vaspozícióinak átlagával számolunk.
Az alsó és felső rétegben a feszültségeket a következő módon számítjuk:

Alsó réteg:

$$\sigma_{x'}^a = \frac{n_{x'}^a}{t_a} \qquad \sigma_{y'}^a = \frac{n_{y'}^a}{t_a} \qquad \tau_{x'y'}^a = \frac{n_{x'y'}^a}{t_a}$$

Felső réteg:

$$\sigma_{x'}^f = \frac{n_{x'}^f}{t_f} \qquad \sigma_{y'}^f = \frac{n_{y'}^f}{t_f} \qquad \tau_{x'y'}^f = \frac{n_{x'y'}^f}{t_f}$$

A feszültségeket ezután mindkét rétegben ξ-η rendszerbe transzformáljuk (σ_ξ, σ_η, $\tau_{\xi\eta}$) *(Forrás: H. Seelhofer & P. Marti: Dimensioning of skewly reinforced concrete plates):*

$$\sigma_\xi = \sigma_{x'} \sin\beta + \sigma_{y'} \cos\beta \cot\beta - 2\tau_{x'y'} \cos\beta$$
$$\sigma_\eta = \frac{\sigma_{y'}}{\sin\beta}$$
$$\tau_{\xi\eta} = \tau_{\eta\xi} = \tau_{x'y'} - \sigma_{y'} \cot\beta$$

A szükséges acélmennyiség számítása a következőképpen történik *(k=1):*

$$\rho_\xi = \frac{\frac{\sigma_\xi}{\sin\beta} + k\left|\frac{\tau_{\xi\eta}}{\sin\beta}\right|}{f_y} \qquad \rho_\eta = \frac{\frac{\sigma_\eta}{\sin\beta} + \frac{1}{k}\left|\frac{\tau_{\xi\eta}}{\sin\beta}\right|}{f_y}$$

$$A_{s,\xi} = \rho_\xi t B \qquad A_{s,\eta} = \rho_\eta t B$$

A nyomott beton rácsrúd ellenőrzése az EN 1992-1-1 F melléklete, illetve Seelhofer és Marti cikkében található képlet szerint történik:

$$(\rho_\eta + \rho_\xi) f_y \le \nu f_{cd} + \sigma_{x'} + \sigma_{y'}$$

Amennyiben a ferde beton rácsrúd nem felel meg, akkor növeljük, illetve amennyiben a ferde beton rácsrúd kihasználtsága kicsi, akkor csökkentjük a réteg vastagságát. Abban az esetben, ha a réteg vastagsága eléri a maximális értéket, azonban a beton rácsrúd így sem felel meg, akkor nyomott vasalást tervezünk be.

Hibaüzenet

"A keresztmetszet nem vasalható be" hibajelzést kapunk a következő esetekben:

- Amennyiben a beton rácsrúd még nyomott vasalás betervezése mellett sem feleltethető meg
- ξ vagy η irányban az alsó és felső vasalás mennyisége meghaladja a maximális vasmennyiséget. A maximális vasalás határértéke a szabványválasztó ablakban állítható a Vasbeton fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány****).**

Eredmény

Eredményként egy pontban a következő értékeket kapjuk: *αξa, αξf, αηa, αηf*

Eredmény-táblázatok

Jelölések a táblázatban:

(-) nyomott vasalás
??? a keresztmetszet azon irányban nem vasalható be

A húzott vasalást a program külön szimbólummal nem jelzi.

6.5.1.4. Trapézlemezes födémek vasalásának számítása Eurocode és SIA szabványok szerint

A trapézlemezes födémek vasalása során figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Trapézelemezes tartományokat a tartomány ablakban lehet létrehozni. Az ablak alsó részében ki lehet választani a trapézlemezes födémet alkotó beton és acél anyagokat, illetve meg lehet adni a bordák irányát és a födém keresztmetszetének geometriáját (*lásd...* **4.9.6.5 Trapézlemezes födém tartomány****).**
A trapézlemezes födém geometriájának meg kell felelnie a szerkesztési szabályoknak. A program a legfontosabb szerkesztési szabályokat ellenőrzi (Eurocode 4 9.2. fejezet; SIA 264 7.2. fejezet) és figyelmeztet amennyiben szükséges változtatni a geometrián.

☞ **A programban alkalmazott számítási módszerek csak duktilis nyírási kapcsolat esetén alkalmazhatók.**

☞ **A programban csak olyan trapézlemezes tartományok vizsgálhatók, melyeknél a beton kitöltés be van kapcsolva.**

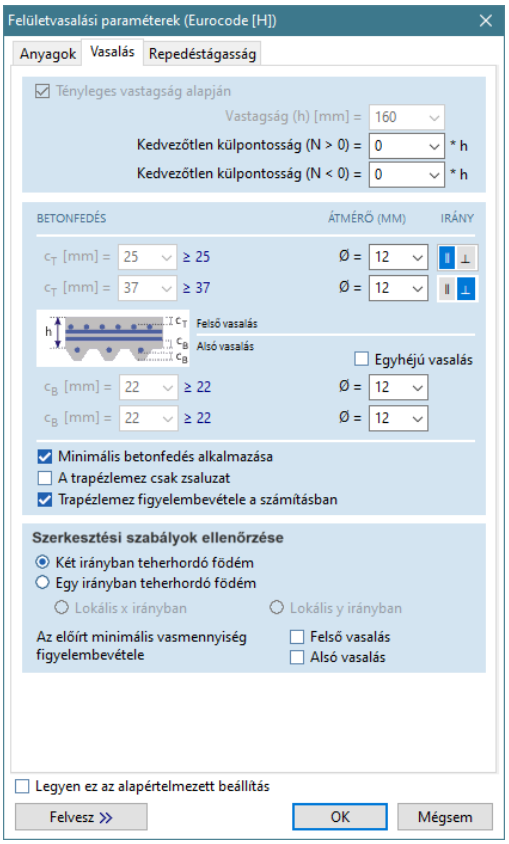
A program segítségével teherbírási határállapotban a szükséges hajlítási vasalás határozható meg. Nyírási vasalást, illetve nyírási ellenállást a program nem számol. Továbbá, amennyiben jelentős nagyságú kis felületen megoszló teher terheli a födémet, az átszúródás ellenőrzéséről gondoskodni kell. Trapézlemezes födémek átszúródásának ellenőrzése egyelőre a programban csak abban az esetben érhető el, ha a trapézlemezt csak zsaluzatnak tekintjük.

☞ **A trapézlemez építési állapotban való igazolásáról külön gondoskodni kell, a program a trapézlemez megfelelőségét építési állapotban nem ellenőrzi. Figyelembe kell venni a friss beton súlyát és az ideiglenes megtámasztásokat.**

Vasalási paraméterek

Trapézlemezes födémek esetében a vasalási paraméterek ablak tartalma a korábbiakhoz képest kissé megváltozik. A legfontosabb különbség a normál födémekhez képest, hogy trapézlemezes födémhez nem *x/y* irányú, hanem bordával párhuzamos és arra merőleges vasalási paramétereket definiálhatunk. Alul a bordába kerül a bordával párhuzamos vasalás. A főirány csak a felső vasalás esetén állítható. A bordára merőleges alsó vasalás betonfedését nem a födém aljától, hanem a trapézlemez felső síkjától kell definiálni. A *Vasalás* panelen található rajz mutatja a födém keresztmetszetét és segít a betonfedések értelmezésében.
Mivel az ablakban bordára merőleges és azzal párhuzamos vasalás definiálható, ezért eltérő bordairányokkal rendelkező trapézlemezes tartományok vasalási paraméterei, illetve trapézlemezes tartomány és más típusú tartomány vasalási paraméterei szintén nem adhatóak meg együtt.
A következő számításokat trapézlemezes födém esetében nem támogatja a program (kivéve, ha *A trapézlemez csak zsaluzat* opciót választjuk), ezért ezek paraméterei nem jelennek meg:

- nyírási vizsgálat,
- ferde vasalás,
- nemlineáris számítás a vasalás és a berepedés figyelembevételével.



Egyhéjú vasalás

Az *Egyhéjú vasalás* kapcsolóval beállíthatjuk, hogy felső betonlemezbe egy- vagy kéthéjú vasalás kerüljön. Amennyiben a kapcsolót bekapcsoljuk, nem definiálható bordára merőleges alsó vasalás.

Trapézlemez figyelembevétele a számításban

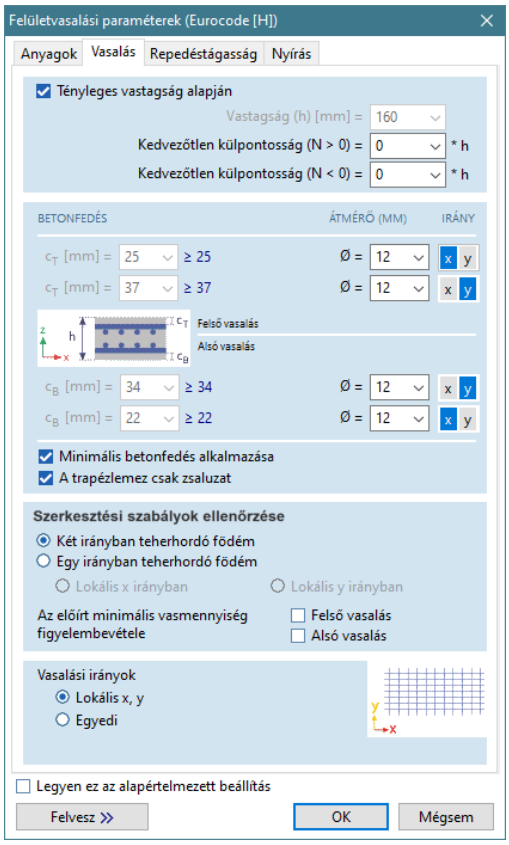
A *Trapézlemez figyelembevétele a számításban* kapcsolóval szabályozhatjuk, hogy a vasalás számítása során a program az egyensúlyi egyenletekben figyelembe vegye-e a trapézlemezt. Amennyiben a kapcsolót kikapcsoljuk, a figyelembe vett beton keresztmetszet továbbra is bordákat tartalmaz és követi a trapézlemez geometriáját, kizárólag az acél trapézlemezt hagyja figyelmen kívül a program.

A trapézlemez csak zsaluzat

A trapézlemez csak zsaluzat opció választása esetén a program a födémet egy *h* magasságú normál födémnek tekinti, a trapézlemez és a bordák elhanyagolásával. Ebben az esetben *x/y* irányú, normál kéthéjú vasaláshoz tartozó vasalási paraméterek adhatók meg.

Átszúródási vizsgálat (**6.5.15 Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul**), nyírási ellenőrzés (**6.5.8 Nyírási ellenállás és vasalás számítás lemezekhez, héjakhoz**), ferde vasalás számítása (**6.5.1.3 Ferde vasalás számítása Eurocode 2 és SIA 262 szerint**) és a födém nemlineáris analízise a vasalás és a berepedés figyelembevételével (**6.5.6 Vasbeton felületek nemlineáris számítása**) csak abban az esetben érhető el, ha *A trapézlemez csak zsaluzat* opció be van kapcsolva. Ilyen esetben a fent felsorolt vizsgálatokban egy *h* magasságú lemezzel számol a program a trapézlemez és a bordák elhanyagolásával.

A paraméterek megadásához ilyenkor a vasalási paraméterek ablakon a ferde vasaláshoz és a nemlineáris paraméterekhez tartozó panel, illetve a *Nyírás* fül is láthatóvá válik.



Repedéstágasság

A *Repedéstágasság* fülön trapézlemezes födémek esetén nem adható meg előírt repedéstágasság. A program *A trapézlemez csak zsaluzat* opciótól függetlenül csak felső repedéstágasságot számol. A számítás leírása részletesen egy későbbi pontban található (*lásd...* **6.5.7 Repedéstágasság számítása**). Alapesetben a program a bordákkal párhuzamos és azokra merőleges repedéstágassági értékeket számít, *A trapézlemez csak zsaluzat* opció bekapcsolása esetén viszont általános irányú, a főfeszültségi irányoknak megfelelően számított repedéstágassági értékeket.

Hajlítási vasalás számítása

A hajlítási vasalás számítása során a program nem veszi figyelembe n_x, n_y és n_{xy} membránerőket. Trapézlemezes födémeket túlnyomó többségben egyirányban teherviselő szerkezetnek terveznek, membránerők jelenléte nem jellemző az erőjátékra, ezek általában a helytelen modellezés révén jönnek létre. A támaszok megfelelő modellezésére ennek megfelelően külön figyelmet kell fordítani megfelelő merevségekkel rendelkező vonalmenti támaszok alkalmazásával, vagy élmenti csuklók közbeiktatásával.

A vasalás számítása alapvetően eltérő a bordákkal párhuzamosan és a bordákra merőlegesen.

Bordákra merőlegesen

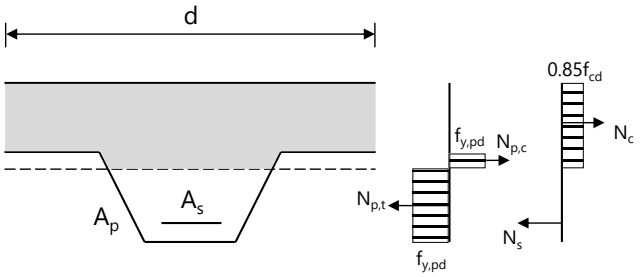
Bordákra merőlegesen a számítás menete megegyezik a normál felületszerkezetek esetén elvégzett számítással (*lásd...* **6.5.1.1 Ortogonális x/y vasalás számítása Eurocode 2 szerint** és **6.5.1.2 Ortogonális x/y vasalás számítása SIA 262 szerint**). A vasalási igénybevételeket is a normál felületszerkezeteknél alkalmazott módon számítjuk az ortotróp szerkezeten számított m_x, m_y és m_{xy} nyomatékokból.

Egyhéjú vasalás esetén bizonyos pontokban, ahol jelentős a csavarónyomaték a modellezésből kifolyólag, alsó és felső tervezési nyomaték is adódik. Ebben az esetben az egyhéjú vasalást mindkét oldalról számítjuk és a nagyobb értéket jelenítjük meg. Ilyen esetekben, amennyiben az egyhéjú vasalás a felső betonövben közel helyezkedik el a betonöv alsó vagy felső síkjához, nem bevasalható hibaüzenetet kaphatunk.

Bordákkal párhuzamosan (alul húzott)

Bordákkal párhuzamosan a számítás alapja egy *d* szélességű szakasz. A program számol a bordák irányában a súlypont eltolódásával és transzformálja a közös súlypontba az igénybevételeket. A trapézlemezben, betonban és a vasalásban a feszültségeket a képlékeny semleges tengely helyzete alapján számítja a program. Amennyiben a semleges tengely a trapézlemezbe metsz, akkor egyik része nyomott, a másik húzott lesz. Nyomott trapézlemez esetén a lemezkarcsúságok függvényében effektív keresztmetszettel számol a program.

Az alkalmazott modellt a következő ábra szemlélteti:



Az egyensúlyt leíró vetületi és nyomatéki egyenletek:

$$0.85 f_{cd} A_c = A_s f_{y,d} + \left(A_{p,t} - A_{p,c}\right) f_{yp,d}$$

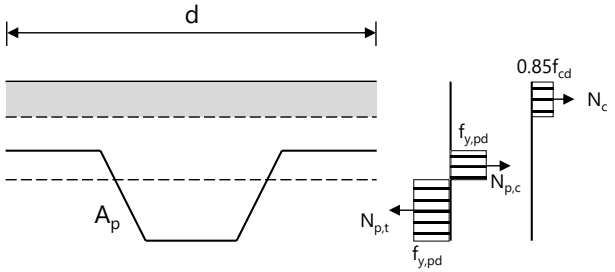
$$M_{pl,Rd} = A_s f_{y,d} \left(z_s - \frac{x_c}{2}\right) + A_{p,t} f_{yp,d} \left(z_{p,t} - \frac{x_c}{2}\right) - A_{p,c} f_{yp,d} \left(z_{p,c} - \frac{x_c}{2}\right)$$

Amennyiben nyomott vasalás is szükséges, akkor az egyenletek kiegészülnek a megfelelő tagokkal.

A számítás lépései:

- Meghatározzuk a vasalás nélküli trapézlemezes födém nyomatéki ellenállását. Amennyiben az így számított ellenállás meghaladja a nyomaték tervezési értékét, akkor vasalásra nincs szükség és az algoritmus kilép.
- Amennyiben szükség van vasalásra, mert vasalás nélkül $M_{pl,Rd} < M_{Ed}$, akkor összehasonlítjuk a nyomott betonzóna magasságát x_{c0} értékkel.
    - $x_c < x_{c0}$: Kiszámítjuk azt a nyomatéki ellenállást, amely x_{c0} nyomott betonzóna magassághoz tartozik, azaz amikor a húzott vasalás még képlékeny állapotban van.
        - $M_{Ed} < M_{pl,0,Rd}$: Elegendő csak húzott vasalást alkalmazni. Iterációval meghatározzuk a semleges tengely helyét, majd a vetületi egyenletből meghatározzuk a szükséges húzott vasalást.
        - $M_{Ed} > M_{pl,0,Rd}$: Szükséges nyomott vasalás is, melyet a fennmaradó kiegyensúlyozatlan $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$ nyomaték alapján határozunk meg. A húzott vasalást $x_c = x_{c0}$ nyomott betonzóna magasság mellett vetületi egyenletből határozzuk meg.
    - $x_c > x_{c0}$: Iteratív módon először nyomott vasalást helyezünk a betonba, egészen addig amíg $M_{pl,Rd} > M_{Ed}$, vagy $x_c = x_{c0}$. Előbbi feltétel teljesülése esetén nem szükséges további vasalás. Utóbbi esetben a $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$ nyomatékra még további húzott vasalást helyezünk el. A nyomott vasalást $x_c = x_{c0}$ nyomott betonzóna magasság mellett vetületi egyenletből határozzuk meg.

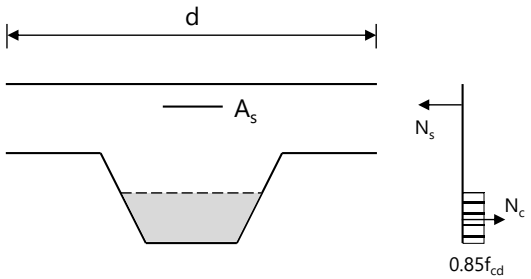
A kapcsolat nyírási hatékonysági tényezőjét *(η)* a semleges tengely meghatározásakor, illetve húzott / nyomott vasalás számításakor a vetületi egyenletben kell figyelembe vennünk.
η < 1 esetben lényegében két semleges tengely lesz. Ezeket oly módon határozza meg a program, hogy a semleges tengely számítása során két vetületi egyenletet vesz figyelembe. Először a trapézlemezben ébredő erőket szorozza η tényezővel, hogy megkapjuk a betonra és a benne található vasalásra vonatkozó semleges tengelyt. Ezt követően a vetületi egyenlet újbóli felírása során a betonban és a vasalásban ébredő erőket csökkenti η tényezővel, hogy megkapjuk a trapézlemezre vonatkozó semleges tengelyt.



Amennyiben a vasalási paramétereknél a trapézlemez figyelembevételét kikapcsoljuk, akkor a program az egyensúlyi egyenletekben a trapézlemezt figyelmen kívül hagyja.

Bordákkal párhuzamosan (felül húzott)

Felül húzott esetben a program figyelmen kívül hagyja a trapézlemezt. Az alkalmazott modell a következő ábrán látható.



Az egyensúlyt leíró vetületi és nyomatéki egyenletek:

$$0.85 f_{cd} A_c = A_s f_{y,d}$$

$$M_{pl,Rd} = A_s f_{y,d} \left(z_s - \frac{x_c}{2} \right)$$

Amennyiben nyomott vasalás is szükséges, akkor az egyenletek kiegészülnek a megfelelő tagokkal.

A számítás lépései:

- Meghatározzuk x_{c0} nyomott betonzóna magasságát, amelyből meghatározzuk $M_{pl,0,Rd}$ nyomatékot.
  - $M_{Ed} < M_{pl,0,Rd}$: Iteratív módon meghatározzuk a nyomott betonzóna magasságot, majd a vetületi egyenletből meghatározzuk a szükséges húzott vasalást.
  - $M_{Ed} > M_{pl,0,Rd}$: Szükséges nyomott vasalás is, melyet a fennmaradó kiegyensúlyozatlan $\Delta M = M_{Ed} - M_{pl,0,Rd}$ nyomaték alapján határozunk meg. A húzott vasalást $x_c = x_{c0}$ nyomott betonzóna magasság mellett vetületi egyenletből határozzuk meg.

Megjegyzés

☞ **A számítás végeztével a számított vasmennyiségeket a program átváltja 1 méter szélességű szakaszra, azaz a bemutatott vasmennyiségek a födém 1 méter szélességű szakaszára vonatkoznak.**

☞ **A bordákkal párhuzamos, alsó számított vasmennyiség eredménykomponens választása esetén a program kiírja a bordába elhelyezendő szükséges vasmennyiséget is arra az elemre, amely felett az egér áll.**

6.5.2. Alkalmazott vasalás

Alkalmazott vasalás hozzárendelése tartományokhoz, felületelemekhez



A felhasználó a felületelemekhez hozzárendelheti a ténylegesen alkalmazott vasalást. Az alkalmazott vasalás hozzárendelése után a program kiszámítja a lemezek, tárcsák, héjak repedéstágasságát és a repedés irányát. Emellett az alkalmazott vasalás figyelembevételével elvégezhető a vasbeton lemez nemlineáris lehajlás számítása.
Első lépésben az elemekhez hozzá kell rendelni a felületvasalásnál leírt anyagi és vasalási paramétereket, majd meg kell adni a tényleges alsó és felső vasalást.

A tényleges vasalást kétféleképpen adhatjuk meg:
1.) előre kijelöljük azokat a felületelemeket és tartományokat melyekhez a vasalást hozzá akarjuk rendelni, az ikonra kattintunk és megadjuk a kívánt vasalást.
2.) nem jelölünk ki semmit, csak a gombra kattintunk: ekkor hálófüggetlen vasalást adhatunk meg. Előbb állítjuk össze a vaskiosztást, majd téglalap, ferde téglalap vagy tetszőleges poligon alakú vasalási tartományokat rajzolunk, vagy a vaskiosztást meglévő tartományokhoz rendelhetjük.

Vaskimutatás

Az alkalmazott vasalásról készült kimutatás megtekinthető a *Táblázatkezelő*ben a *Súlyelemzés* pont alatt. Vasátmérő szerinti bontásban leolvasható többek közt a vasak összhossza, össztömege, a bevasalt betonfelület és betontérfogat. A felületvasaláson túl a gerendák és oszlopok vasmennyiségeit is összegzi.

Vaskimutatás

Elem	Típus	Ø	Σ L [m]	m* [kg/m]	Σ m [kg]	Σ A_c [m^2]	Σ V_c [m^3]	Σ m/Σ V_c [kg/m^3]
1	Födém	Ø16	6399.988	1.578	10101.334	160.000	32.000	316
2	Gerenda	Ø12	100.000	0.888	88.781	---	1.800	49
3		Ø16	160.000	1.578	252.534	---	2.880	88
4	Oszlop	Ø16	72.000	1.578	113.640	---	1.620	70
			6731.988		**10556.290**	**160.000**	**38.300**	**276**

6.5.2.1. Vasalás felületekre és tartományokra

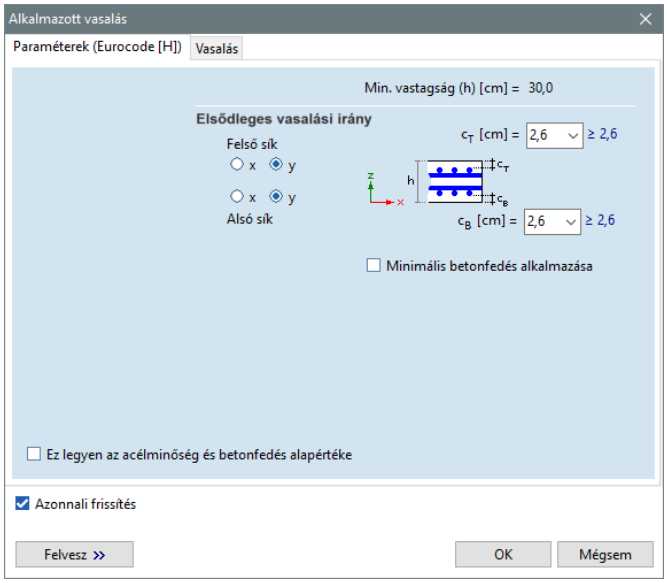


Első lépésben kijelöljük azokat a felületelemeket és tartományokat melyekre a vasalást kívánjuk elhelyezni. Ezt követően az Alkalmazott vasalás ikonra kattintunk és a felugró ablakban beállítjuk a vasalási paramétereket és a vaskiosztást a megfelelő irányokban, síkokban az alábbiak szerint.

Paraméterek - Elsődleges vasalási irány

A *Paraméterek* beállításánál megadhatjuk az elsődleges vasalási irányokat, a betonfedés nagyságát.
A betonfedést manuálisan is beállíthatjuk vagy a *Minimális betonfedés alkalmazását* választjuk.
Az alkalmazott betonfedés és az elsődleges vasalási irányok eltérhetnek a szükséges vasmennyiség számításához felhasznált értékektől, viszont az itt beállított értékek nem írják felül a korábban megadott vasalási paraméterek értékeit, így a szükséges vasmennyiség újraszámítása sem automatikus.

Lásd... ***6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul***

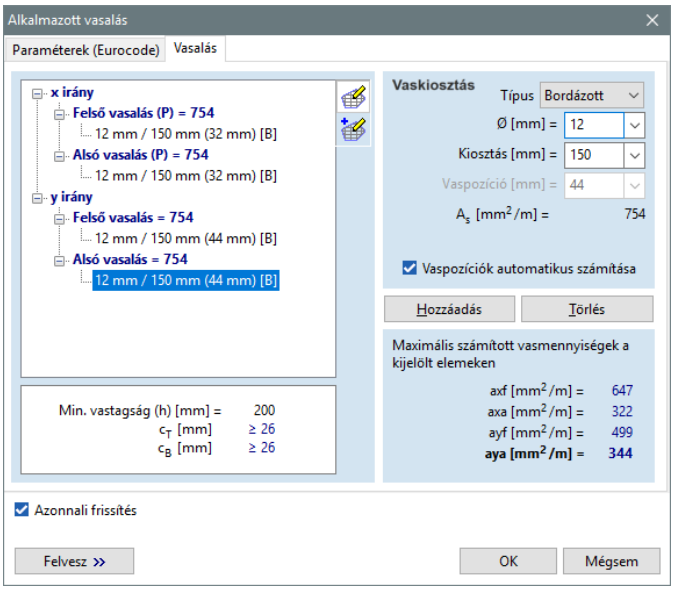


Minimális vastagság

A minimális vastagság nem a kijelölt elemek legkisebb elemvastagságát mutatja, hanem a felületvasalási paraméterek között megadott vastagság minimumát.

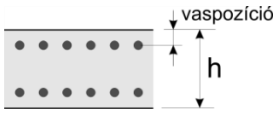
Vasalás kiosztás

A vaskiosztás paraméterei a *Vasalás* oldalon adhatók meg.



Az alkalmazandó vasalást a Vaskiosztás mezőben állíthatjuk be, majd a vasalást a *Hozzáadás* gombra kattintva rendelhetjük hozzá a bal oldali fában kijelölt vasalási irányhoz, annak alsó vagy felső síkjához. Ezt követően a megadott vasalás a bal oldali fában megjelenik. Ha egy vaskiosztásra ráállunk, a jobb oldali *Vaskiosztás* szerkesztőmezőkben átírhatjuk a vaskiosztás paramétereit. Ezek a változások azonnal megjelennek a fában.
Ha olyan tartományokat választottunk ki, melyekre már korábban megadtunk alkalmazott vasalást, akkor ezek a vasalások a fában már megjelennek. Ezeket tetszés szerint módosíthatjuk, törölhetjük vagy további vaskiosztást rendelhetünk az adott irányokhoz. Ha a kijelölt felületelemeken eltérő vasalást adtunk meg korábban, úgy a program a fában az adott vasalási irányoknál „vegyes" megjegyzést jelenít meg. Ekkor a meglévőket törölni nem tudjuk, csak további vasalást tudunk hozzárendelni.
A vaspozíciót manuálisan is beállíthatjuk, de lehetőségünk van a vaspozíciók automatikus számítására is. Ekkor a program a paraméterek fülön megadott betonfedés, vasalási irányok és az alkalmazott acélbetét átmérők figyelembevételével határozza meg a betonacélok pozícióját.

☞ **Vaspozíció alatt a beton keresztmetszet széle és a betonacél tengelyvonalának távolságát értjük.**



Maximális számított vasmennyiségek a kijelölt elemeken

Ebben a csoportban a kijelölt elemekre vonatkozóan, a különböző irányokban számított szükséges vasmennyiségek maximális értékét láthatjuk, melyet a program a *Vasalási paraméterek*ben megadott alapadatok alapján számolt.
Ha az alkalmazott vasalás megadása során változtatunk a vasalási irányokon, átmérőn vagy a betonfedésen, az nem eredményezi a szükséges vasalás automatikus újraszámítását.
A minimális felületvastagság nem a kijelölt felületelemek minimális vastagságát tünteti fel, hanem a felületvasalási paraméterek között megadott *h* vastagságérték minimumát! A c_T és c_B értékei a szabvány szerint számított minimális betonfedést mutatják.

Az eszköztár ikonjai:



Felülírás

Ebben az üzemmódban a megadott vaskiosztás felülírja a korábbit.



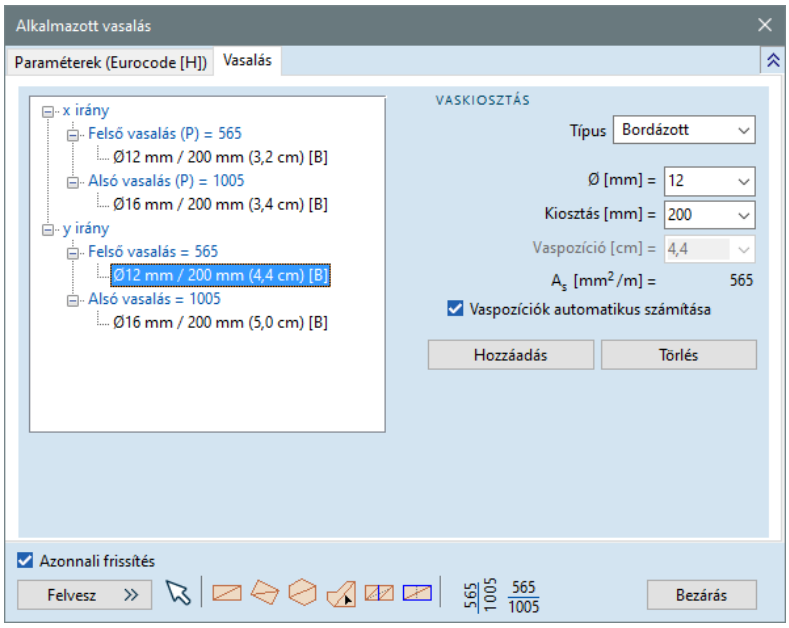
Hozzáadás

Ebben az üzemmódban a megadott vaskiosztás hozzáadódik a korábbihoz.

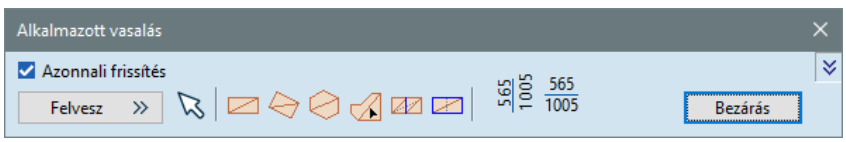
☞ **Trapézlemezes födémek más típusú födémekkel együtt nem jelölhetőek ki. Ha a modellben trapézlemezes és más típusú födémek is megtalálhatók, akkor választanunk kell, hogy hagyományos vagy trapézlemezes födémbe kívánunk vasalást definiálni. Ha a kijelölt trapézlemezes födémek paraméterei eltérnek, akkor referencia födémet kell választani, melynek paraméterei alapján a program a vasak pozíciót számolja. Trapézlemezes födémek esetén az ablak feliratai eltérőek, mivel ebben az esetben nem x és y irányokban, hanem bordával párhuzamosan és arra merőlegesen definiálunk vasalást.**

6.5.2.2. Hálófüggetlen vasalás megadása

A hálófüggetlen vasalás megadásakor előbb állítjuk össze a vaskiosztást, majd téglalap, ferde téglalap vagy tetszőleges poligon alakú vasalási tartományokat rajzolunk.
Illetve a vaskiosztást tartományokhoz is hozzárendelhetjük.
A vaskiosztás megadása az előző szakaszban leírtakhoz hasonlóan történik.



Az ablak palettaként működik. A jobb felső sarokban található ikonnal összecsukható, így nem takarja le a főablakot. A megadott vasmennyiségeket szimbólumok jelzik. A függőleges vonal mentén az y irányú felső ill. alsó vasmennyiség, a vízszintes vonal mentén az x irányú felső ill. alsó vasmennyiség olvasható le.



Az eszköztár ikonjai:

A kijelölő ikon segítségével meglévő tartományokat/vasalási tartományokat jelölhetünk ki, melyekre a vasalást meg kívánjuk adni vagy módosítani szeretnénk. Ha ezeken az elemeken már volt korábban vasalás megadva, úgy azok a fában automatikusan megjelennek.

Téglalap alakú vasalási tartomány rajzolása.

Ferde téglalap alakú vasalási tartomány rajzolása.

Poligon alakú vasalási tartomány rajzolása.

A megadott vaskiosztás a téglalap / ferde téglalap / poligon alakú vasalási tartományoknak csak a felület-elemekre vagy tartományokra eső részein érvényesül.

Tartományt lefedő vasalás megadása. Tartományra kattintva azonnal rákerül a megadott vaskiosztás.

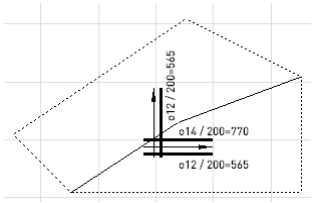
Tartományt lefedő vasalásnál az eszköztáron is megjelenik a *Felülírás / Hozzáadás* opció.

Vasalási tartományok felosztása. Először ki kell jelölni a felosztandó vasalási tartományokat, majd kattintani a felosztó egyenes két pontjára. A kijelölt vasalási tartományok helyére az elmetszésükkel kapott tartományok kerülnek.

Vasalási tartományok egyesítése. Ki kell jelölni az egyesítendő vasalási tartományokat. A poligonok egyesítésével kapott alakzat lesz az új vasalási tartomány.

A vasalási tartományokat a kurzor érzékeli. Rájuk kattintva módosíthatjuk őket (a **[Shift]** lenyomása mellett több tartományt is kijelölhetünk, majd valamelyik kijelölt vasalási tartományra kattintva egyszerre módosíthatjuk őket, hasonlóan ahogy az elemek, hálófüggetlen terhek esetében is).

A hálófüggetlen vasalási tartományt szaggatott barna körvonal jelzi. A tartomány közepén megjelennek az *x (ξ)* és *y (η)* irányú alsó és felső vas-mennyiségek is, a szimbólumot folytonos barna vonal köti össze a tartomány két csúcspontjával.



Azonnali frissítés A háttérben lévő rajzot a vasalás megváltoztatásakor azonnal frissíti.

6.5.3. Vasbeton felületszerkezetek alkalmazott vasalásának ellenőrzése

A program képes ellenőrizni a vasbeton felületszerkezetek alkalmazott vasalásának kihasználtságát. A *Vasalási különbözet* eredménykomponens csak a szükséges és alkalmazott vasalás különbözetét adja meg vasalási rétegenként, a kihasználtság meghatározása viszont a keresztmetszet teherbírása alapján történik. A funkció az Eurocode (kivéve a német szabvány) és NTC szabványok esetén érhető el.

☞ **A kihasználtság számítás normál-, üreges-, bordás-, trapézlemezes vasbeton szerkezetű, ortogonális vasalású tartományokra (tárcsa, lemez, héj) végezhető el lineáris, nemlineáris vagy dinamikai eredmények figyelembevételével.**

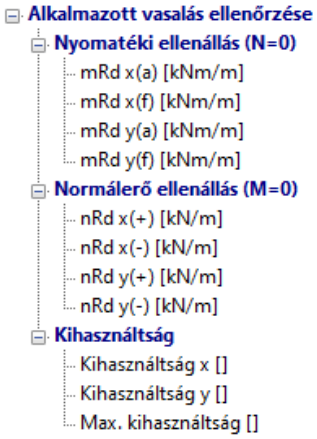
☞ **Ferde vasalással rendelkező tartományokra kihasználtság nem számítható!**

☞ **A számítás tűz teheresetet tartalmazó kombinációkat is figyelembe tud venni.**

A kihasználtság számításhoz nem kell további paramétereket megadni, mert a számítás az alkalmazott vasalásnál az ott megadott paramétereket (pl. betontakarás, vasátmérő) veszi alapul, szükséges vasalásnál pedig a tartományhoz rendelt vasalási paramétereket.
Ezért a kétféle eredmény összevetésének csak azonos vagy közel azonos paraméterek mellett van értelme.

Eredmény-komponensek Az *Alkalmazott vasalás ellenőrzése* komponenscsoport csak akkor jelenik meg, ha van olyan, alkalmazott vasalással rendelkező tartomány a modellben, melyre a számítás elvégezhető (ld. fenti kritériumok).

A kapott eredmények 3 csoportra oszthatók:



Nyomatéki ellenállás (N=0):

A vasalt keresztmetszet nyomatéki teherbírását adja meg irányonként zérus normálerő mellett, lokális *x* és *y* irányokban; alul *(a)* és felül *(f)* húzó hajlítóigénybevétel mellett.

Normálerő ellenállás (M=0):

A vasalt keresztmetszet normálerő teherbírását – húzó (+) és nyomó (–), adja meg lokális *x* és *y* irányokokban zérus hajlítónyomaték mellett.

Kihasználtság:

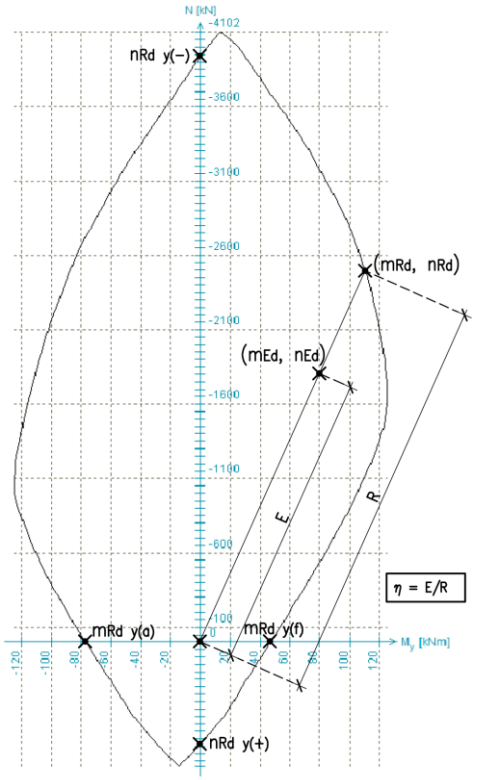
A program a kihasználtságot lokális *x* és *y* irányban adja meg, a *Max. kihasználtság*, a kettő közül a nagyobbik érték.

Eredmény-komponensek számítása

A program a háttérben előállítja a vasalt keresztmetszetekhez tartozó közelítő, linearizált hagymagörbéjét (a görbe adott osztássűrűséggel kiszámolja a hagymagörbe pontjait, a határpontok között lineáris összekötést feltételez). A hagymagörbét két külön főirányra (lokális *x* és *y* irányok) határozza meg a program.

A hagymagörbe meghatározásánál a betonacél esetén rugalmas-képlékeny összefüggést, a beton esetén „téglalap alakú diagramot" (ld. Eurocode szabvány) alkalmaz a program. Ez a modell megegyezik a vasmennyiség számításnál alkalmazott anyagmodellel.

Nyomatéki és normálerő teherbírás, kihasználtság



A nyomatéki és normálerő teherbírás az így meghatározott hagymagörbe határpontjai $N = 0$ (nyomatéki teherbírásnál) illetve $M = 0$ (normálerő teherbírásnál) feltételezésével.

A teherbíráshoz tartozó igénybevétel pontot (m_{Rd}, n_{Rd}) az origóból induló, tervezési igénybevétel pontjára (m_{Ed}, n_{Ed}) illesztett félegyenes metszi ki a hagymagörbén (konstans külpontosságot feltételezünk).

A kihasználtságot az origóból induló tervezési igénybevétel pontra (m_{Ed}, n_{Ed}) és teherbírási határpontra (m_{Rd}, n_{Rd}) illesztett szakaszok hosszának az aránya adja.

☞ **A kihasználtság csak a statikai igénybevételek alapján határozható meg, további kezdeti- és másodrendű külpontosságot nem lehet megadni/figyelembe venni.**
A lokális *x* és *y* irányú igénybevételek interakcióját a hagymagörbe nem tudja figyelembe venni.
A számítás figyelembe veszi a kombináció típusát (SLS, ULS, ...), mely a teherbírási görbében a biztonsági tényezők figyelembevételénél jelentkezik.

Eredmény-megjelenítés, táblázat

Az eredmények megjeleníthetők minden, felületekre alkalmazható eredmény megjelenítési módban illetve metszetszakaszon is. Az eredmények kivonata táblázatos formában is lekérdezhetőek.

6.5.4. Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás)



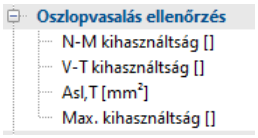
Az oszlopvasalási paramétereket az alábbi szerkesztőablakban adhatjuk meg. A szerkesztés során a már korábban ismertetett szerkesztőbillentyűket használhatjuk. *Lásd részletesen...* **2.5 Billentyűzet és egérkezelés, kurzor** fejezetben. A *Vasalás megadása* lapon választható ki a keresztmetszet, itt állíthatók be a beton és az acélbetét anyagparaméterei, az oszlop kihajlási hosszai és itt helyezhetők el a keresztmetszetben az acélbetétek. Az oszlopvasalás paraméterei végeselemenként különbözhetnek. Ha nem teljes szerkezeti elemeket akarunk kijelölni, kapcsoljuk be a *Beállítások / Alapbeállítások / Szerkesztés / Vonal végeselemek is kijelölhetőek* opciót.

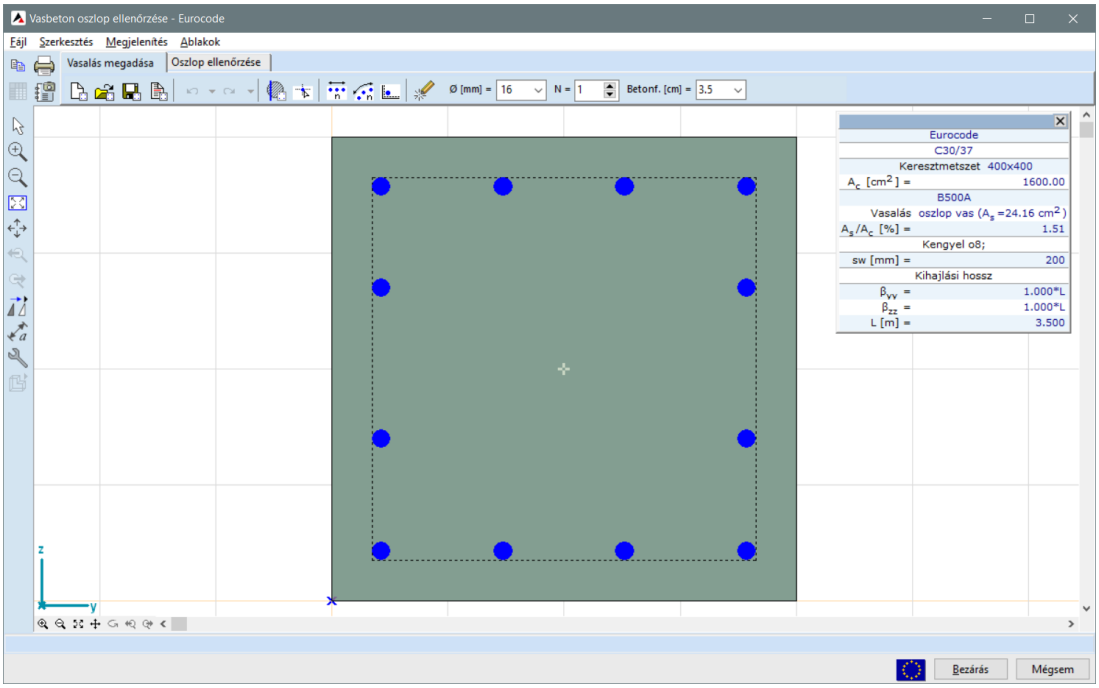
Az *Oszlop ellenőrzése* lapra váltva a program automatikusan elvégzi a határigénybevételi felület számítását. *Lásd részletesen...* **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul**

☞ **A programban az oszlopvasalás paraméterek ablak kéttengelyű hajlításra igénybe vett vasbeton rúdelemek alkalmazott vasalásának megadására szolgál. Vízszintes, gerendaként funkcionáló elemekre is definiálhatók oszlopvasalási paraméterek.**

Oszlopok csoportos méretezése

Több kijelölt oszlophoz egyszerre hozzárendelhetők az oszlopvasalási paraméterek. Ha *Oszlopvasalás-ellenőrzés* eredménykomponenst választunk ki a legördülő fából, a program elvégzi minden olyan elem ellenőrzését, melyhez már hozzárendeltünk vasalást de az ellenőrzés még nem futott le rá.





Ábra mentése



Az ábra mentése képtárba

Paraméterek



Új vasalási paraméterek megadása

Betöltés



Egy új betonkeresztmetszet és/vagy vasalás betöltése a modellhez definiált keresztmetszetek közül.

☞ **Csak grafikus adatokkal rendelkező vastag falú szelvény tölthető be!**

Mentés



Vasalás mentése adott névvel. Az így elmentett vasalás bármely keresztmetszethez betölthető.



A definiált oszlopvasalások listája. A lista elemei rendezhetőek és a kijelölt elemek törölhetőek a listából.

Vasalás megadása

A *Vasalás megadása* eszköztáron a következő eszközök találhatók:

Paraméterek



Többek között a teherbírási felület számításához, illetve a nyírási és csavarási ellenőrzés elvégzéséhez szükséges paraméterek adhatók meg a következő ablakban.

A kihajlási paraméterek segítségével meghatározott kedvezőtlen külpontosság-növekményeket a program az igénybevétel-ellenőrző táblázatban megjeleníti. Szabályozható, hogy a szabvány által előírt külpontosság-növekményeket mely irányokban helyezze rá a program az oszlopra, illetve szabályozható a másodrendű excentricitás figyelembevétele is. Az ablak alsó részén beállítható, hogy a program összegezze a két főirányban számított másodrendű külpontosságokat.

A bekapcsolt irányokhoz megadható a β_{yy} ill. β_{zz} kihajlási hossz szorzó. A figyelembe veendő kihajlási alakot a kihajlási hossz szorzó mellett adhatjuk meg. A kihajlási hossz meghatározásához figyelembe vett oszlophossz is módosítható.

Az ellenőrzés során figyelembe vett anyagminőség eltérhet az oszlop definiálása során beállítottól. Ez egyszerű és gyors ellenőrzési lehetőséget teremt az előre tervezett betonminőségtől eltérő szilárdságú betonból készülő oszlopoknál a statikai számítás újra futtatása nélkül (lényegében azt a feltételezést tesszük, hogy az oszlop merevségének kismértékű megváltozása nem hat vissza az igénybevételekre). ϕ_{ef} az ún. hatékony kúszási tényező az EN 1992-1-1 szabvány 5.8.4. pontja szerint, melyet az oszlop Eurocode szerinti méretezésekor használunk.

Nemlineáris analízissel összefüggésben (*lásd...* **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata**) megadható, hogy a kijelölt oszlopok esetében a program számoljon-e húzószilárdsággal (húzószilárdsággal, illetve hajlító-húzó szilárdsággal), illetve, hogy milyen mértékű zsugorodási alakváltozást vegyen figyelembe.

Az oszlopra definiálható konstans, vagy három szakaszban (alsó, középső és felső szakasz) változó kengyelkiosztás is, eltérő kengyelátmérőkkel. Az alsó és középső szakasz esetében aktív x/L érték az adott szakasz oszlop aljától mért relatív (0-1.0) távolságát jelöli. Az oszlopra teljes magasságban egységesen határozható meg az y/z irányú figyelembe veendő kengyelszárak száma, illetve a nyírási repedés hajlásszöge. Kör keresztmetszetű oszlopoknál alkalmazhatunk spirálkengyelt is.

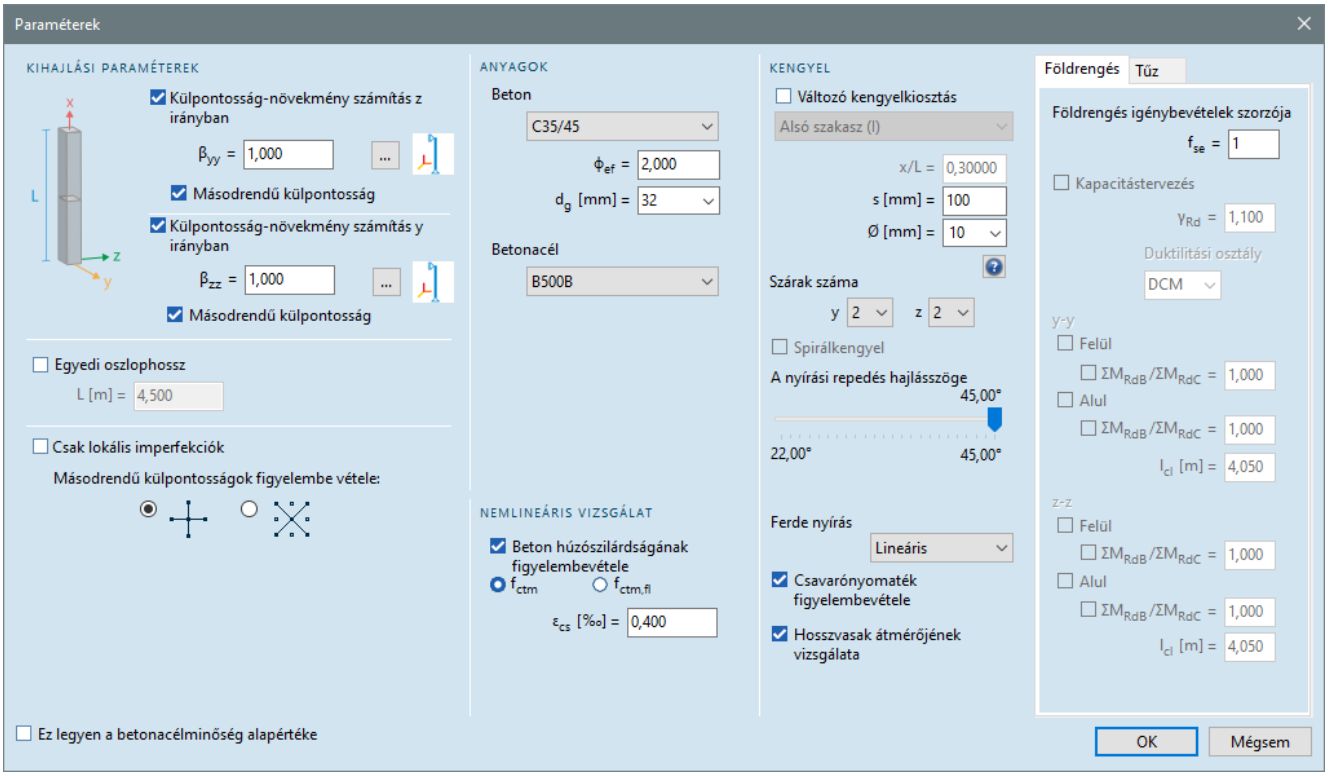
A ferde nyírás ellenőrzéséhez kikapcsolhatjuk a ferde nyírás ellenőrzését, vagy beállíthatjuk, hogy a program lineáris, vagy négyzetes összegzést alkalmazzon téglalap keresztmetszetnél a különböző irányú nyírási kihasználtságok összegzésénél.

Lásd részletesen... **6.5.10.4 Vasbeton oszlop ellenőrzése nyírásra és csavarásra** fejezetben.

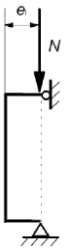
A *Csavarónyomaték figyelembevétele* kapcsoló ki-/bekapcsolásával szabályozhatjuk, hogy a számítás figyelembe vegye-e a méretezés során a statikai számításból származó csavarónyomatékot.

Földrengési hatással szembeni méretezés esetén, disszipatív és duktilis szerkezet tervezésekor (DCM és DCH duktilitási osztályok) gondoskodni kell az oszlop rideg nyírási töréssel szembeni biztonságáról (EN 1998-1). A tervezési nyíróerőt ilyenkor a kapacitástervezési szabállyal összhangban, az oszlop egyensúlya alapján határozzuk meg a szeizmikus terhelésből kialakuló képlékeny csuklóknak megfelelő $M_{i,d}$ végnyomatékokból (ahol i = 1, 2 az oszlop végkeresztmetszeteit jelöli) (*lásd...* **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul**)**.** A paraméterek között megadható a biztonsági tényező, a duktilitási osztály, az oszlop szabad hossza mindkét irányban (szabad hossz: az oszlop azon végkeresztmetszeteinek távolsága, ahol a képlékeny csuklók kialakulására kell számítani), illetve egy adott csomópontba csatlakozó gerendák és oszlopok nyomatéki ellenállásainak aránya.

Vasbeton oszlopok tűzállósági méretezésével kapcsolatban bővebb információ egy későbbi fejezetben található (**6.5.14 Vasbeton szerkezetek tűzállósági méretezése – RC8 modul**).

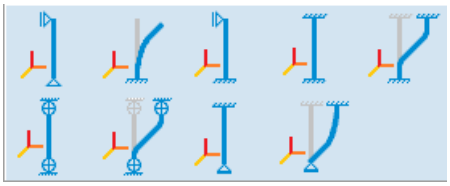


Amennyiben helyettesítő teher segítségével a ferdeséget már figyelembe vettük, a *Csak lokális imperfekciók* bekapcsolásával elérhető, hogy a program ne vegye figyelembe a merevítetlen szerkezet oszlopának ferdeségét, mint geometriai imperfekciót, csak egy konstans méreteltérést (*lásd...* **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul**).



Kihajlási alak

A másodrendű külpontosságokat az itt kiválasztott alak szerint veszi fel a program (*lásd...* **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul**). A leggyakrabban előforduló merevített és merevítetlen kihajlási alakokból választhatunk. Kihajlási alak választása esetén a kihajlási hossz szorzó is megváltozik, de az érték felülírható.



☞ **A megadott kihajlási alakok és kihajlási hosszak az elem lokális y, illetve lokális z tengelye körüli kihajláshoz kapcsolódnak. Ennek megfelelően, a karcsúság és a külpontosság-növekmények számításakor (*lásd...* 6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul) a lokális y, illetve lokális z tengelyre vonatkozó inerciát veszi figyelembe a program.**

Acélbetét adott pontra / Betonfedésre

A szálkeresztet a kívánt pontra mozgatva valamely parancsgomb lenyomásával adott átmérőjű acélbetét helyezhető el az adott koordinátára. Ha a kurzor a keresztmetszet sarokpontját vagy oldalélét azonosítja, a vasalás automatikusan a beállított betonfedésnek megfelelő pozícióra kerül.

Kiosztás

A két megadott pont közötti szakaszt *N* db egyenlő részre osztva *N+1* db acélbetétet helyez el egyenletes kiosztással.

Kiosztás körív

A kör középpontjának, valamint az ív kezdő- és végpontjának megadása után a körívet *N* db egyenlő részre osztva *N+1* db acélbetétet helyez el egyenletes kiosztással.

Ha az ív kezdő és végpontjával egy teljes kört határozunk meg, úgy a program N db vasat helyez el egyenletesen kiosztva.

Vasalás elhelyezése a sarkokba



A keresztmetszet pozitív és negatív sarkaiba helyez el megadott átmérőjű vasakat – amennyiben nem ütköznek meglévő vasakkal. A program 5°-nál nagyobb szöget bezáró egyenesek találkozását tekinti saroknak. Kör (vagy körívet tartalmazó) keresztmetszeteknél a funkció nem aktív.

Acélbetétek ütközése, nem megfelelő vastávolság

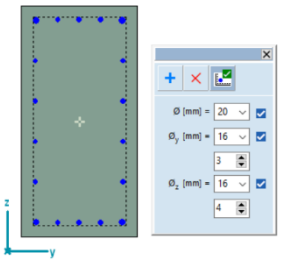
A vasalás manuális elhelyezése során a program az ütköző vasakat pirossal jeleníti meg és azok lerakását nem engedélyezi.
Ha két vas távolsága nem felel meg a szerkesztési szabályoknak, akkor a *vas elhelyezése közben* a problémás vas narancssárga színnel jelenik meg. Ez a funkció csak a vaselhelyezést segíti, nem gátolja a túl közel eső vasak elhelyezését.

Vasalási séma elhelyezése

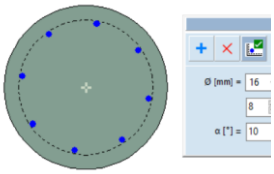


A *Vasalási séma elhelyezése* funkció lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy egyszerű betonacél kiosztásokat rendeljen hozzá téglalap és kör keresztmetszetekhez.

Téglalap keresztmetszet esetén a sarok és oldalsó betonacélok átmérője eltérhet. A vasalási kép tengelyszimmetrikus: az egymással párhuzamos oldalakon levő vasak darabszáma azonos. Az oldalsó vasakat a program egyenközűen osztja ki a sarokvasak között.



Kör keresztmetszet esetén beállítható a betonacélok átmérője és száma (minimum 6 darab) és a kiosztás kezdőszöge.





A *Vasalás hozzáadása* eszköz additív: a meglévő vasalási elrendezés megtartásával további betonacélokat adhatunk a keresztmetszethez el a beállított vaselrendezés alapján.

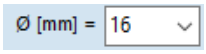


A *Vasalás törlése* funkcióval a megadott összes vasalás törlésre kerül.



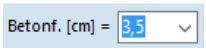
A Vaspozíciók ellenőrzése gomb lenyomott állapotában a vasak hozzáadásakor a vastávolságok ellenőrzése automatikus. Ha a vaspozíciók nem felelnek meg a szerkesztési szabályoknak, a program figyelmeztetést ad. Ez az ellenőrzés a gomb felengedésével kikapcsolható, de a betonacélok ütközése ekkor sem megengedett.

Átmérő

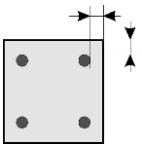


Az acélbetét átmérőjének megadása, ill. módosítása.
Módosításhoz jelölje ki a módosítandó acélbetéteket, majd a legördülő listából válassza ki vagy írja be a mezőbe az új átmérőt.

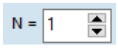
Betonfedés



Az acélbetétek elhelyezésekor figyelembe vett betonfedés megadása, illetve módosítása.



N (osztásszám)



Az acélbetétek kiosztás szerinti elhelyezésekor figyelembe vett osztásszám

Geometriai transzformációk

Eltol 

A kijelölt acélbetéteket eltolással, adott ismétlési számmal másolja vagy elmozgatja.

Forgat 

A kijelölt acélbetéteket forgatással, adott ismétlési számmal másolja vagy elmozgatja.

Tükröz 

A kijelölt acélbetéteket tükrözéssel másolja vagy elmozgatja.

Az acélbetét helyzetének módosítása az alábbi lépésekben történhet:

1. A kurzorral álljunk rá az acélbetét középpontjára.
2. Az bal gomb lenyomva tartása mellett húzzuk el az acélbetétet.
3. Helyezzük át az acélbetétet az új pozícióra, vagy írjuk be az új koordinátákat a koordináta-palettán, majd nyomjunk meg egy parancsgombot.

Alkalmazott vasalás megjelenítése

Ha drótváz nézetben bekapcsoltuk a modellen a keresztmetszetek vázlatrajzát (*Megjelenítés / Szimbólumok / Grafikus szimbólumok / Szelvény alak, lásd...* **2.16.21 Megjelenítés**), akkor alkalmazott vasalás megadása után a keresztmetszet vasalása is láthatóvá válik. *Lásd...* **6.5.12 Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás)**

Nemlineáris vizsgálat

Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris számítása (*lásd részletesen...* **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata**) során figyelembe vett bizonyos paraméterek a felhasználó által állíthatók:

- beton húzószilárdságának figyelembevétele;
- húzószilárdság/hajlító-húzó szilárdság figyelembevétele a húzott oldalon;
- zsugorodási alakváltozás.

Fajlagos normálerő szeizmikus tervezési állapotban

Szeizmikus tervezési állapotban a vasbeton elemek duktilitása többek között függ az elemben ébredő normálerő előjelétől és mértékétől. Normálerőnek kitett szerkezeti elemekben ezért a normálerő szintjét korlátozni kell. Ennek ellenőrzését segíti az eredménykomponensként lekérdezhető és grafikusan megjeleníthető, $A_c f_{cd}$-re normalizált normálerő.

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

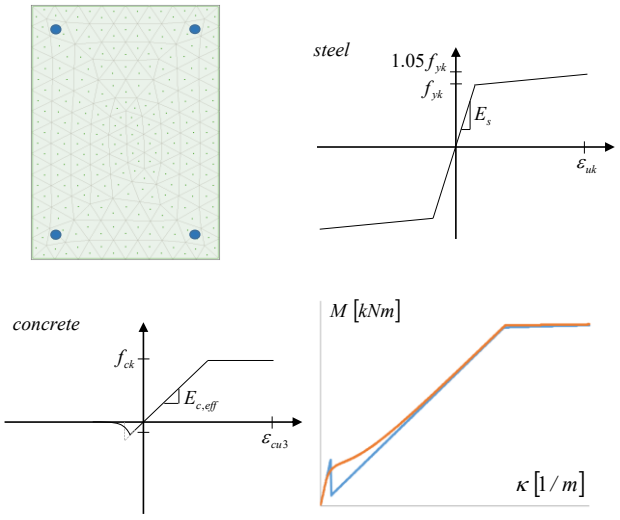
Az értékelésnél fontos figyelembe venni, hogy a nyomás pozitív. Húzás esetén negatív érték jelenik meg, amely természetesen csak tájékoztató jellegű, ugyanis nagy húzóerőt a beton nem tud felvenni. Húzóerő jelenlétére figyelmeztető üzenet is felhívja a felhasználó figyelmét. Ezt az eredménykomponenst a szoftver csak szeizmikus teheresetre, szeizmikus teherkombinációra (a kombináció típusa számít), vagy ilyet tartalmazó burkolóra, illetve szeizmikus mértékadó kombinációra számítja ki.

☞ **A normalizált axiális erőt a szoftver minden betonból készült rúd-, rácsrúd- és borda szerkezeti elemre kiszámítja a szerkezeti elem paraméterei között megadott keresztmetszet és beton anyag figyelembevételével. Amennyiben az elem alkalmazott oszlopvasalással rendelkezik, akkor a számításnál a program az alkalmazott vasalásnál megadott anyagot és keresztmetszetet veszi figyelembe.**

6.5.5. Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata

Vasbeton oszlop és gerendaelemek vasalásának figyelemebvételével futatott nemlineáris statikai számításához (*lásd...* **5.1 Statika**) a számítás indítása előtt kapcsoljuk be a *Vasalás figyelembevétele/Alkalmazott vasalás* opciót. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

A program a Gauss-pontokban, az y és z lokális tengelyekhez tartozó görbületek és a középvonal megnyúlása alapján, a szerkezetet alkotó anyagok nemlineáris viselkedését figyelembe véve számítja az alakváltozásokkal kompatibilis igénybevételeket. Az igénybevételek integrálása numerikusan, ún. fiber modell segítségével történik. A vasbeton keresztmetszetet a program háromszög alakú véges méretű elemekre osztja fel; a beton-, illetve acélszálakban a feszültség a súlypontnál leolvasott alakváltozás alapján az alábbi anyagmodellek alkalmazásával történik. Az Eurocode 2 és SIA szabványok alkalmazásakor az anyagmodellekben csupán az ábrán feltüntetett paraméterek értékeiben van különbség, az anyagmodell felépítésében nem.



A konvergenciaproblémák elkerülése érdekében, az I. és II. feszültségállapotok közötti lágyabb átmenetet biztosító módosított húzott oldali betonviselkedés került beépítésre. A verifikációs vizsgálatok szerint az így meghatározott elmozdulások kis hibával (<5%) közelítik a szabványos összefügésekkel meghatározható elmozdulásokat.
A betonban ébredő húzófeszültségeket az alábbi összefüggés segítéségével számítja a program, melynek alapja az EN 1992-1-1 szabvány 7.4.3. fejezetében javasolt közelítés:

$$\sigma = E\varepsilon(1-\zeta)$$

$$\zeta = \min\left[\max\left[1-\alpha\beta\left(\frac{f_t}{E\varepsilon}\right)^{\gamma};0\right];1\right]$$

Az α és γ tényezők értékeit egy paraméteres vizsgálat keretén belül határoztuk meg a vashányad, illetve a beton és az acél merevségi arányának függvényében. Erre azért volt szükség, hogy a programmal számított lehajlások a lehető legjobban megközelítsék az EN 1992-1-1 szabvány 7.4.3. pontja szerint számítható lehajlási értékeket.

☞ **A fenti képletben szereplő β tényező a teher tartósságát veszi figyelembe. Tartós terhelés esetén értéke 0.5, míg rövid idejű terhelés esetén értéke 1-re veendő fel a szabvány ajánlása szerint. Kúszást figyelembe vevő nemlineáris számítás esetében a program a β értékét 0.5-re veszi fel. Kúszás hatását figyelmen kívül hagyó számítás esetére a szabványválasztó ablakban állítható be, hogy a program β=0.5, vagy 1-gyel számoljon** (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

Kúszás és zsugorodás

Kúszás, illetve zsugorodás figyelembevétele nemlineáris statikai analízis indításakor (*lásd...* **5.1 Statika**) kérhető. A kúszás minden elem esetében azonosan a beton rugalmassági modulusának értékét befolyásolja. A zsugorodás hatásának számítása során a megadott zsugorodási alakváltozás alapján, továbbá a vasalás kialakításától függően számított zsugorodási görbület hozzáadódik a számított alakváltozásokhoz.

☞ **Az oszlop- és gerendavasalás figyelembevételének célja nemlineáris statikai számítás során az elemek deformációinak pontosabb számítása a szerkezet használhatósági határállapotban történő igazolásához, a vasbeton keresztmetszet nemlineáris viselkedésére tekintettel (pl. keresztmetszet berepedése). Az itt leírt modell nem ajánlott vasbeton rúdelemek anyagi nemlinearitásának figyelembevételére szerkezetek teherbírásának igazolása során. Fontos megjegyeznünk továbbá, hogy a beépített anyagmodellek nem veszik figyelembe az acélbetétek, illetve a beton (vasalás kialakításától is függő) szilárdságának alternáló teher hatására bekövetkező degradációját, az acélbetétek kihajlását és a beton morzsolódását. Ebből kifolyólag a számítás alkalmazása nem ajánlott szeizmikus méretezés során használatos nemlineáris eltolóvizsgálat (Pushover vizsgálat;** *lásd...* **4.10.26 Pushover terhek – SE2 modul kiváltására**.

☞ **A számítás nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher paramétereket, azaz nem veszi figyelembe a keresztmetszetben a hőmérséklet eloszlását, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének csökkenését magas hőmérsékleten.**

☞ **Öszvér keresztmetszeteknél a nemlineáris viselkedést nem veszi figyelembe a program. Kúszás hatásának figyelembevételéhez a keresztmetszet létrehozásakor olyan betonanyagot kell a keresztmetszethez rendelni, amelynek rugalmassági modulusa már tartalmazza a kúszás hatását.**

Az oszlop- és gerendavasalás figyelembevételével végzett nemlineáris számítás befejeztével a következő, egy adott elemre vonatkozó figyelmeztető üzenetek fordulhatnak elő:

1. *„X. növekmény, Y. rúd/borda: A normálerő túllépte a nyomó/húzó teherbírást."* – a normálerő túllépte a szilárdsági alapon számított központos nyomó/húzó teherbírás tervezési értékét;
2. *„X. növekmény, Y. rúd/borda: A hajlítónyomaték elérte a nyomatéki teherbírást"* – az üzenetben hivatkozott teherlépcsőben, az elem valamely keresztmetszetében a hajlítónyomaték megközelíti/meghaladja a keresztmetszet nyomatéki teherbírását;
3. *„X. növekmény, Y. rúd/borda: Az elem gyengén vasalt."* – a húzott oldali vasalás keresztmetszete nem éri el az Eurocode 2 szabvány által javasolt minimális értéket, melynek következtében az elem rideg viselkedésére kell számítani a hirtelen és nagymértékű berepedés miatt, ami konvergenciaproblémákhoz vezethet.
4. *„X. növekmény, Y. rúd/borda: A nyúlás meghaladja az alakváltozás megengedett mértékét."* – az alakváltozás vagy az acél tengelyében vagy a nyomott szélső szálban meghaladja a megengedett határértéket.

A hibaüzenetek célja az alkalmazott vasalás beállítása során esetlegesen elkövetett hibák kiszűrése.

6.5.6. Vasbeton felületek nemlineáris számítása

A lineáris statikai számításnál a lemezek lehajlását a rugalmas elmélet szerint kapjuk meg. A valóságban a vasbeton lemezek nemlineárisan rugalmas módon viselkednek. Itt két ellentétes hatás érvényesül. Egyrészt az alkalmazott vasalás merevségnövelő hatása, másrészt a berepedés okozta merevség-csökkenés. E két hatás pontos nyomon követését végzi a program a nemlineáris számítás során, alkalmazott-, vagy mértékadó igénybevételekre számított vasalás figyelembevételével (*lásd...* **5.1 Statika**).

Vasbeton felületelemek anyagi nemlinearitásának figyelembevétele (keresztmetszet berepedésének, vasalás hatásának figyelembevétele) az ebben a pontban bemutatott modell segítségével a szerkezet deformációinak számítására alkalmazható használati határállapotban. Az itt leírt modell nem ajánlott vasbeton felületelemek anyagi nemlinearitásának figyelembevételére szerkezetek teherbírásának igazolása során. Fontos megjegyeznünk továbbá, hogy a beépített anyagmodellek nem veszik figyelembe az acélbetétek, illetve a beton (vasalás kialakításától is függő) szilárdságának alternáló teher hatására bekövetkező degradációját, az acélbetétek kihajlását és a beton morzsolódását. Ebből kifolyólag a számítás alkalmazása nem ajánlott szeizmikus méretezés során használatos nemlineáris eltolóvizsgálat (Pushover vizsgálat: *lásd...* **4.10.26 Pushover terhek – SE2 modul**) kiváltására.

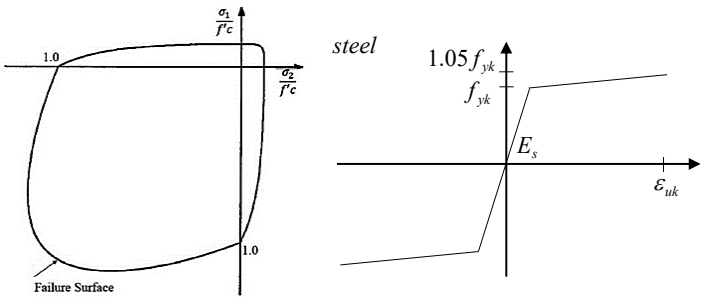
Szabványok

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Számítás

Nemlinearitás ε-N; κ -M

A program a Gauss-pontokban, a κ_x, κ_y és κ_{xy} görbületek és a középfelület ε_x, ε_y és ε_{xy} megnyúlásai alapján, a szerkezetet alkotó anyagok nemlineáris viselkedését figyelembe véve számítja az alakváltozásokkal kompatibilis igénybevételeket. Az igénybevételek integrálása numerikusan, ún. fiber modell segítségével történik. A vasbeton felület egységnyi széles keresztmetszetét a program véges méretű sávokra osztja fel; a beton-, illetve acélszálakban a feszültség a súlypontnál leolvasott alakváltozás alapján a betonban 2D, míg az acélban 1D anyagmodell segítségével történik.



A konvergenciaproblémák elkerülése érdekében, az I. és II. feszültségállapotok közötti lágyabb átmenetet biztosító módosított húzott oldali betonviselkedés került beépítésre. Az egyes szabványok alkalmazásakor az anyagmodellekben csupán a paraméterek értékeiben van különbség, az anyagmodell felépítésében nem.

Nemlinearitás ε-N (Fal)

Ebben az esetben nemlinearitást kizárólag a középfelület megnyúlásai és a metszeterők között vesz figyelembe a program. A nyomatékok a görbületekből rugalmas úton számítódnak, a megnyúlások és metszeterők figyelembevétele nélkül.

Nemlinearitás κ –M (Födém)

Ebben az esetben nemlinearitást kizárólag a középfelület görbületei és a nyomatékok között vesz figyelembe a program. A metszeterők a középfelület megnyúlásaiból, az M_{xy} csavarási nyomaték a κ_{xy} görbületből rugalmas úton számítódnak. A nyomatékok integrálása a két lokális főirányban (x, y) egymástól függetlenül történik a normálerő figyelembevételével. Az egyensúlyi helyzet megkeresése iteratív módon történik.

☞ **Olyan födémek esetében, amelyeknél jelentős szerepe van a csavarási teherviselésnek, kizárólag κx-Mx és κy-My hajlítási viselkedésben figyelembe vett nemlineáris számítás alábecsülheti a lehajlást. Ilyen esetekben javasoljuk a legelsőként tárgyalt, összetett modell alkalmazását, amely a hat alakváltozás-komponens és a hozzájuk tartozó igénybevételek vonatkozásában képes kezelni a nemlineáris viselkedést.**
A κ-M nemlineáris modell esetében, a lehajlás minél pontosabb közelítése céljából a merevségi mátrixban a csavarási teherviselési tagot egy csökkentett értékkel vesszük figyelembe, amennyiben az adott pontban a felület mindkét főirányban megrepedt. Jelentős (50%) berepedés elérése után az eredeti csavarási merevség 15%-val számolunk. A két állapot között lineárisan interpolált értéket használunk.

☞ **Azon födémek esetében, amelyeknél a lokális x, illetve y iránytól eltérő ferde vasalást adtunk meg (***lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul) a berepedés és a vasalás hatását nem veszi figyelembe a program a nemlineáris számítás során.**

☞ **A számítás nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher paramétereket, azaz nem veszi figyelembe a keresztmetszetben a hőmérséklet eloszlását, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének csökkenését magas hőmérsékleten.**

Minimális vasmennyiség

Vasbeton felületek nemlinearitásának figyelembevétele nemlineáris statikai analízis indításakor (*lásd...* **5.1 Statika**) kérhető alkalmazott-, vagy mértékadó igénybevételekre számított vasalásra. A vasalás mennyiségére a számítás különösen érzékeny. A konvergenciaproblémák elkerülése érdekében alkalmazott vasalás esetén a program figyelembe veszi a minimális vasmennyiséget minden olyan helyen és irányban (felül vagy alul), ahol a rá merőleges irányban van alkalmazott vasalás, de a kérdéses irányban nincs vasalás definiálva. Általános tapasztalat, hogy alkalmazott vasalás esetén a számítás konvergenciája jobb. Számított vasalás esetén, mivel a szabványok általában úgyis megkövetelik, jobb konvergencia érdekében állítsuk be az *Az előírt minimális vasmennyiség figyelembevétele* opciót (*lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**).

Elemek vasbeton oszlop kontúrján belül

Amennyiben a hálógeneráláskor be volt kapcsolva a háló oszlopfejekhez illesztése, akkor a vasbeton oszlop kontúrjain belül elhelyezkedő végeselemek egyértelműen azonosíthatók és nem lógnak túl az oszlop kontúrján. A számítás konvergenciájának javítása érdekében ebben az esetben az oszlop kontúrján belüli elemek nemlinearitását nem veszi figyelembe a program.

Kúszás és zsugorodás

Kúszás, illetve zsugorodás figyelembevétele nemlineáris statikai analízis indításakor (*lásd...* **5.1 Statika**) kérhető. A kúszás minden elem esetében azonosan a beton rugalmassági modulusának értékét befolyásolja. A zsugorodás hatását csak a hajlítási viselkedésben vesszük figyelembe:

Nemlinearitás ε-N; κ -M

A megadott (*lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**) zsugorodási alakváltozás alapján két (x és y) irányban, a vasalás kialakításától és a berepedéstől függően számított, zsugorodási görbület hozzáadódik a számított alakváltozásokhoz. Ebből az következik, hogy egy nem terhelt felületelem esetében is keletkezik lehajlás.

Nemlinearitás ε-N (Fal)

A falak vasalása jellemzően szimmetrikus, a zsugorodási görbületet falak esetében nem vesszük figyelembe.

Nemlinearitás κ –M (Födém)

Ebben az esetben a megadott zsugorodási alakváltozás alapján két (x és y irányban), a vasalás kialakításától és a berepedéstől függően számított zsugorodási, görbület hozzáadódik a számított alakváltozásokhoz.

Hibaüzenetek

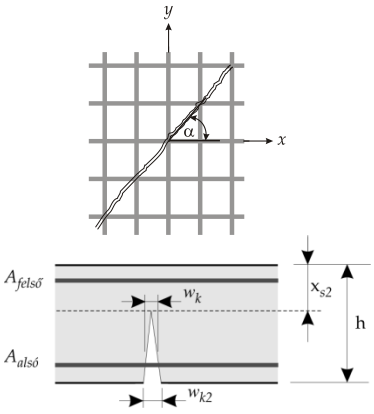
„A normálerő túllépi a teherbírást." – *a normálerő túllépte a szilárdsági alapon számított központos nyomó/húzó teherbírás tervezési értékét;*
„A nyúlás meghaladja az alakváltozás megengedett mértékét." – az alakváltozás vagy az acél tengelyében vagy a nyomott szélső szálban meghaladja a megengedett határértéket.

A hibaüzenetek célja a felhasználó tájékoztatása, az alkalmazott vasalás beállítása során esetlegesen elkövetett hibák kiszűrése.

6.5.7. Repedéstágasság számítása

A tárcsa- lemez- és héjelemek repedéstágasság- számításánál figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Vasalási irányoknak a tárcsa- lemez- illetve héj elem lokális koordináta-rendszerének ***x***, ***y*** irányait, vagy ferde vasalás esetén a ***ξ*** és ***η*** irányokat tekintjük. A program megjeleníti a repedések szintfelületes térképét, repedésképet rajzol a modellre és megadja a repedések irányszögét.
Paraméterek beállítását lásd a **6.5.2 Alkalmazott vasalás** fejezetben.



Eredmények

Az eredménytáblázatban a felület-igénybevételek mellett az alábbi adatokat kapjuk. A repedéstágasság számítását a program által számított szükséges vasalásra is el lehet végezni, de mivel ilyenkor a födémbe kerülő tényleges vasalás még nem ismert, a kapott értékek becslésének tekinthetők. A szükséges vasalásra számított repedéstágasságokat egy * jelöli az eredménykomponens neve mögött *(wk*, wk2*)*.

Az eredménytáblázatban a felület-igénybevételek mellett az alábbi adatokat kapjuk. A repedéstágasság számítását a program által számított szükséges vasalásra is el lehet végezni, de mivel ilyenkor a födémbe kerülő tényleges vasalás még nem ismert, a kapott értékek becslésének tekinthetők. A szükséges vasalásra számított repedéstágasságokat egy * jelöli az eredménykomponens neve mögött *(wk*, wk2*)*.

w_k :	repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában
w_{k2} :	repedéstágasság a beton szélsőszálában
x_{s2} :	a semleges tengely távolsága a nyomott beton szélsőszálától
σ_{s2} :	betonacél- feszültség
wR:	a repedés irányszöge a lokális ***x*** tengelyhez képest
At(x/ξ):	tényleges ***x*** (ferde vasalás esetén ***ξ***) irányú alsó és felső vasalás
At(y/η):	tényleges ***y*** (ferde vasalás esetén ***η***) irányú alsó és felső vasalás

☞ **A program figyelmeztető üzenetet ad, ha a betonacélban számított feszültség nagyobb a folyási feszültségnél.**

☞ **Tűzállósági méretezés során (tűz teheresetet tartalmazó kombináció a vizsgált elemre vonatkozó tűzteher paraméterekkel + vasalási paramétereknél aktivált tűzállósági méretezés) a program repedéstágasságot nem számol.**

6.5.7.1. Számítás Eurocode 2 szerint

$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$, *ahol*

$s_{r,max}$	a maximális repedéstávolság.
ε_{sm}	a betonacél alakváltozása.
ε_{cm}	a beton alakváltozása két repedés között.

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_{s2} - \frac{k_t f_{ctm}}{\rho_{\rho,eff}}\left(1 + \frac{E_s}{E_{cm}}\rho_{\rho,eff}\right)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_{s2}}{E_s}$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_4 \cdot k_1 k_2 \frac{\overline{\Phi}}{\rho_{\rho,eff}} \text{ (illetve } s_{r,max} = \frac{\sigma_{s2}\phi}{3.6 f_{ct,eff}} \text{ DIN EN 1992-1-1 esetén)}$$

ahol

$\overline{\Phi}$	az átlagos betonacél átmérő
c	a betonfedés
k_1	a betonacél felületétől (bordázott/sima) függő tényező
k_2	az excentrikus húzás jellegétől függő tényező
k_3	tényező, értéke általában 3,4-re vehető fel
k_4	tényező, értéke általában 0,425-re vehető fel

A k_3 és k_4 tényezők értékei a szabványválasztó ablakban állíthatók a Vasbeton fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

k_t a teher tartósságától függő tényező

rövid idejű terhelés esetén	$k_t = 0{,}6$
hosszú idejű (tartós) terhelés esetén	$k_t = 0{,}4$

$\rho_{\rho eff} = A_s/A_{c,eff}$ az effektív vashányad.

Amennyiben sima felületű acélbetétek vannak, illetve, ha a bordázott betonacélok átlagos távolsága nagyobb mint $5 \cdot (c + \overline{\Phi}/2)$, akkor $s_{r,max} = 1{,}3 \cdot (h - x_2)$.

A program figyelembe veszi, ha a repedés iránya nem merőleges valamely vasalási irányra, valamint számítja annak szögét a lokális x tengelyhez képest.

6.5.8. Nyírási ellenállás és vasalás számítás lemezekhez, héjakhoz – RC3 modul

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.
A program meghatározza a nyírási vasalás nélküli vasbeton lemez, illetve héj nyírási ellenállását, ha szükséges akkor a fajlagos nyírási vasalást *(a_{sw})*, továbbá számítja nyírási vasalással rendelkező lemez egységnyi hosszú szakaszára hárítható, a nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális nyíróerőt. Emellett számítja a lemezre merőleges eredő nyíróerő értékét, az eredő nyíróerő főirányát (ϕ), az eredő nyíróerő és a nyírási ellenállás különbségét, valamint az eredő nyíróerő és a maximális nyíróerő hányadosát.
Nyírási ellenállás és vasalás számítása a következő tartomány típusokra érhető el (*lásd...* **4.9.6 Tartomány**):

- normál,
- sűrűbordás,
- kompozit bordás,
- trapézlemezes (ha a *csak zsaluzat* opció van kiválasztva a vasalási paraméterek között),
- tartomány egyedi merevségi mátrixszal,
- AIRDECK speciális, könnyített födém.

☞ **Esetenként eltérő szabályok miatt a jelen pontban bemutatott számítás alapján történő igazolás nem helyettesítheti az átszúródásvizsgálatot, az átszúródási tönkremenetellel szembeni biztonságot külön is igazolni szükséges!**

$v_{Ed} = \sqrt{v_{xz}^2 + v_{yz}^2}$ az eredő nyíróerő,
ahol v_{xz}, illetve v_{yz} az *x* és *y* normálisú síkban ébredő nyíróerő komponensek.

$\phi = \arctan(v_{yz}/v_{xz})$ a felület normálisának a szöge, amiben a q_{Rz} eredő nyíróerő hat (eredménykomponensként külön lekérdezhető).
$d = (d_x + d_y)/2$ az átlagos hatékony magasság.
Ortogonális x/y vasalás esetén:
$\rho_l = \rho_x \cos^2\phi + \rho_y \sin^2\phi$ a hosszirányú vasalás vashányada.
ρ_x és ρ_y a húzott vasakból számított vashányadok az *x,* illetve *y* vasalási irányokban.

Ferde vasalás esetén:
$\rho_l = \rho_\xi \cos^2(\phi - \alpha) + \rho_\eta \cos^2[\beta - (\phi - \alpha)]$ a hosszirányú vasalás vashányada.
ρ_ξ és ρ_η a húzott vasakból számított vashányadok az ξ illetve η vasalási irányokban.
(*Lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**)

$\rho_l = \rho_x \cos^2\phi + \rho_y \sin^2\phi$ a hosszirányú vasalás vashányada.
ρ_x és ρ_ya húzott vasakból számított vashányadok az *x,* illetve *y* vasalási irányokban.

☞ **A nyírási ellenállás számítás a felületekhez rendelt alkalmazott vasalás figyelembe vételével történik.**

☞ **Tűzállósági méretezés során (tűz teheresetet tartalmazó kombináció a vizsgált elemre vonatkozó tűzteher paraméterekkel + vasalási paramétereknél aktivált tűzállósági méretezés) a program nyírási ellenállást és szükséges fajlagos nyírási vasalást nem számol.**

6.5.8.1. Számítás Eurocode 2 szerint

Nyírási ellenállás:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \cdot \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] \cdot d \geq \left(v_{min} + k_1 \sigma_{cp}\right) \cdot d$$

ahol

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c}, \qquad k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2{,}0, \qquad k_1 = 0{,}15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \le 0{,}2\, f_{cd}, \qquad v_{min} = 0{,}035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

N_{Ed} a V_{Ed} síkjára merőleges normálerő a héjban. N_{Ed} előjele nyomás esetén pozitív.
A vashányad $\rho_l \le 0{,}02$.

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

ahol

$$\nu_1 = \nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$$

$$\alpha_{cw} = 1{,}0 \leftarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$\alpha_{cw} = \left(1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) \leftarrow 0 < \sigma_{cp} \le 0{,}25 f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 1{,}25 \leftarrow 0{,}25 f_{cd} < \sigma_{cp} \le 0{,}5 f_{cd}$$

$$\alpha_{cw} = 2{,}5\left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) \leftarrow 0{,}5 f_{cd} < \sigma_{cp} \le f_{cd}$$

z a belső erők karja

z belső erők karjának számítása

A belső erők karját a program a felhasználó beállításától függően (*lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**) kétféle módon határozhatja meg:

- igénybevételekből, egy háromrétegű szendvicsmodell egyensúlya alapján;
- közelítően: $z = 0.9d$

szükséges fajlagos nyírási vasalás

Amennyiben v_{Ed} meghaladja $V_{Rd,c}$ értékét, akkor a nyírási teherbírás biztosításához nyírási vasalásra van szükség. A szükséges fajlagos (pl. [mm²/m²]) nyírási vasalást a program az alábbiak szerint számítja. Abban az esetben, ha v_{Ed} meghaladja $V_{Rd,max}$ értékét, akkor a lemez/héj nyírásra nem vasalható, ekkor a program hibaüzenetet küld.

$$a_{sw} = \frac{v_{Ed}}{z f_{ywd} 1m[(\cot\theta + \cot\alpha)\sin\alpha]}$$

A $V_{Rd,c}, V_{Rd,max}$ nyírási ellenállások, valamint a $V_{Ed} - V_{Rd,c}$ és $V_{Ed}/V_{Rd,max}$ eredménykomponensek szintvonalas és szintfelületes megjelenítéssel is ábrázolható.

6.5.8.2. Számítás SIA 262 szerint

Nyírási ellenállás:

$$V_{Rdc} = k_d \tau_{cd} d$$

ahol $\tau_{cd} = 0{,}3\sqrt{f_{ck}}/\gamma_c$; $k_d = 1/(1 + \varepsilon_v d k_g)$; $k_g = \frac{48}{16 + D_{max} \cdot min\left\{1; \left(\frac{60}{f_{ck}}\right)^2\right\}} \ge 1{,}2$;

A felhasználó beállításától függően (*lásd...* **6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**) az ε_v paramétert a program az alábbiak szerint számítja:

$$\varepsilon_v = 1{,}5\frac{f_{yd}}{E_s} \quad \text{vagy} \quad \varepsilon_v = \frac{m_d}{m_{Rd}}\frac{f_{yd}}{E_s}.$$

Ha a V_{Ed} eredő nyíróerő síkja nem párhuzamos valamelyik vasalási iránnyal, akkor a ε_v értéket $1/(\cos^4\phi + \sin^4\phi)$ arányban megnöveljük.

$$V_{Rd,max} = z k_c f_{cd} (\cos\alpha + \cot\beta \sin\alpha)\sin\alpha$$

ahol

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_x + 0{,}001)\cot^2\alpha$$

z a belső erők karja

Szükséges fajlagos nyírási vasalás

Amennyiben v_{Ed} meghaladja $V_{Rd,c}$ értékét, akkor a nyírási teherbírás biztosításához nyírási vasalásra van szükség. A szükséges fajlagos (pl. [mm²/m²]) nyírási vasalást a program az alábbiak szerint számítja. Abban az esetben, ha v_{Ed} meghaladja $V_{Rd,max}$ értékét, akkor a lemez/héj nyírásra nem vasalható, ekkor a program hibaüzenetet küld.

$$a_{sw} = \frac{v_{Ed}}{z f_{yd} 1m[(\cot\alpha + \cot\beta)\sin\beta]}$$

A $V_{Rd,c}, V_{Rd,max}$ nyírási ellenállások, valamint a $V_{Ed} - V_{Rd,c}$ és $V_{Ed}/V_{Rd,max}$ eredménykomponensek szintvonalas és szintfelületes megjelenítéssel is ábrázolható.

6.5.9. Átszúródási paraméterek csoportos megadása

Oszlopok átszúródási paramétereinek csoportos megadása

Lásd...

6.5.15.1.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint

6.5.15.2.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata SIA 262 szerint

Falvégek, falsarkok átszúródási paramétereinek csoportos megadása

Lásd...

6.5.15.1.2 Falvégek és falsarkok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint

6.5.15.2.2 Falvég/falsarok átszúródásvizsgálat SIA 262 szerint

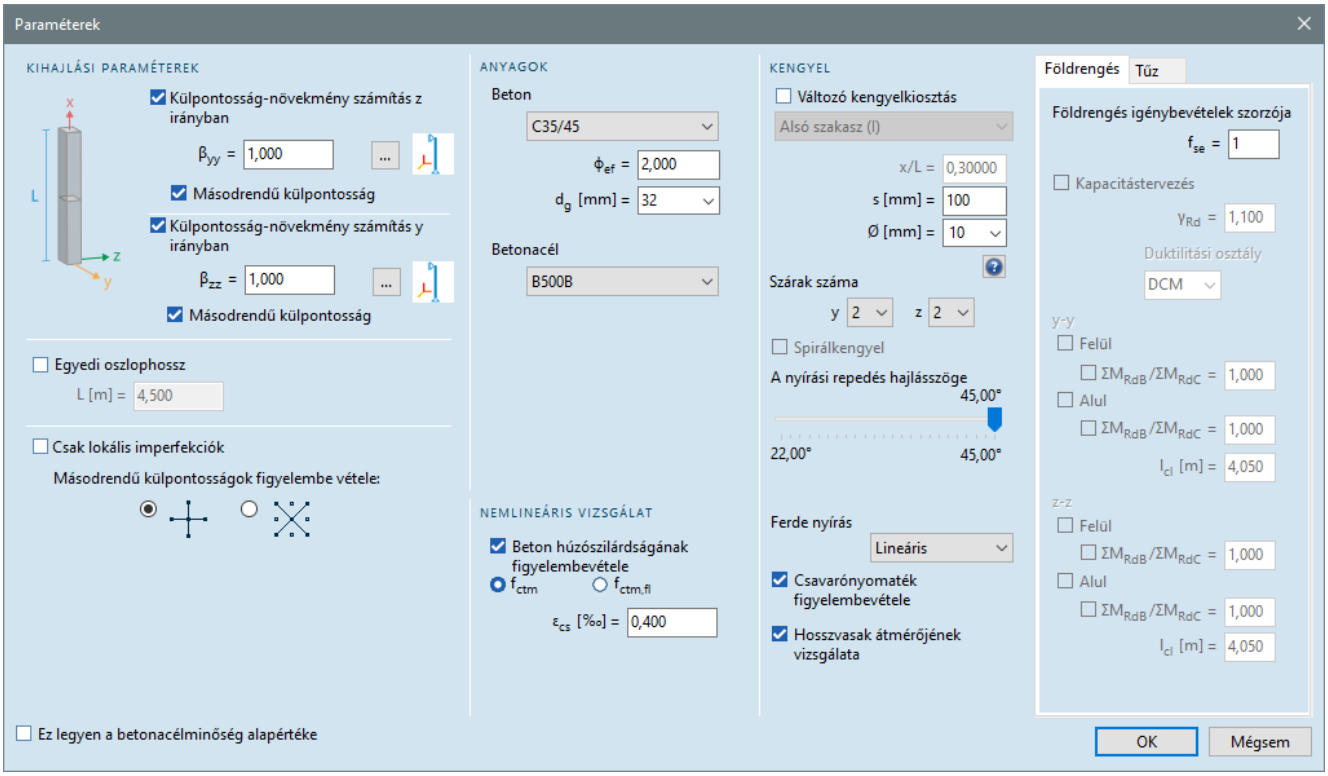
A kijelölt oszlopokhoz, oszlopparaméterekből számolt csomóponti támaszokhoz, falvégek és falsarkok kijelölt csomópontjaihoz átszúródásvizsgálati paraméterek rendelhetők. Ha átszúródásvizsgálati eredménykomponenst választunk ki a legördülő fából (*Lásd...* **6.5.15.3 Átszúródásvizsgálat eredményei a modelltérben**), a program elvégzi minden olyan elem átszúródásvizsgálatát, melyhez már hozzárendeltünk átszúródási paramétereket, de a vizsgálat még nem futott le rá.

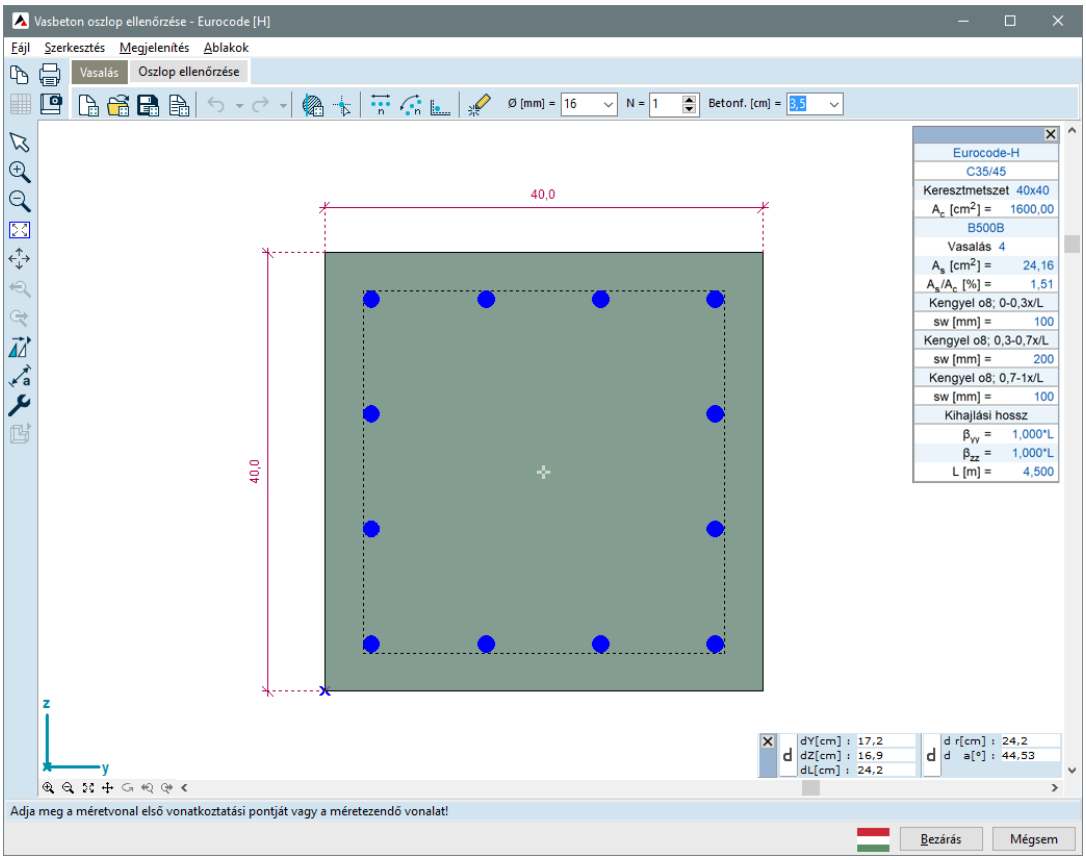
6.5.10. Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Vasalás megadása

Az oszlopvasalási paramétereket az alábbi szerkesztőablakban adhatjuk meg. *Lásd részletesen...* **6.5.4 Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás)** fejezetben.

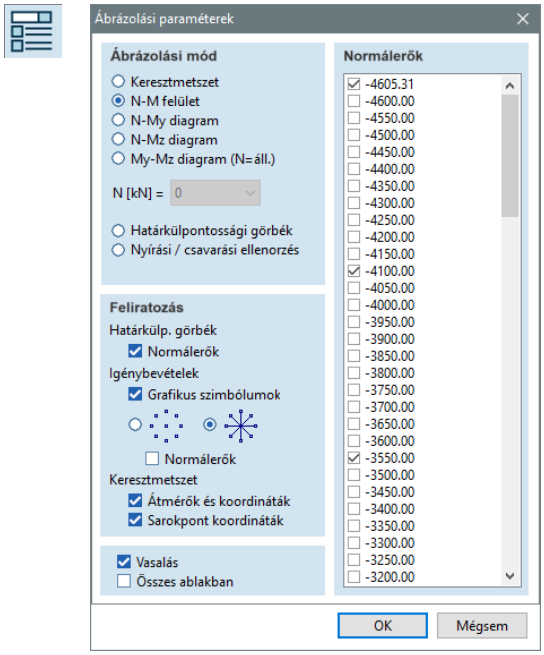




Oszlop ellenőrzése

Az *Oszlopellenőrzés*re kattintva a program a keresztmetszeti adatok és vasalási paraméterek alapján elvégzi az oszlop ellenőrzését külpontos nyomással/húzással, nyíróerőkkel, illetve csavarónyomatékokkal szemben. Meghatározza a határigénybevételi felületet, illetve a megadott kihajlási paraméterek figyelembevételével meghatározza a kijelölt rudak igénybevételeihez, illetve a táblázatban megadott tetszőleges N_x, M_{ya}, M_{za}, M_{yf}, M_{zf} értékekhez tartozó külpontosság-növekményeket. A külpontosság-növekményből kiszámolja az $N_{x,\,Ed}$, $M_{y,\,Ed}$, $M_{z,\,Ed}$ tervezési igénybevételeket, majd ellenőrzi, hogy ezek a határigénybevételi felületen belülre esnek-e. Nyírási ellenőrzés során a program meghatározza a beton és a kengyelezés nyírási ellenállását és a keresztmetszet maximális nyírási teherbírását, amely a nyomott beton rácsrúd kimerüléséhez tartozik. Csavarónyomatékkal szembeni ellenőrzéskor számítja a beton csavarási ellenállását és a keresztmetszet maximális csavarási teherbírását, amely a nyomott beton rácsrúd kimerüléséhez tartozik. A kihasználtság meghatározása során a program a nyíró erők és a csavarónyomatékok együttes hatásával is számol.

Az eredményábrázolás módja a következő dialógus ablakban állítható be.

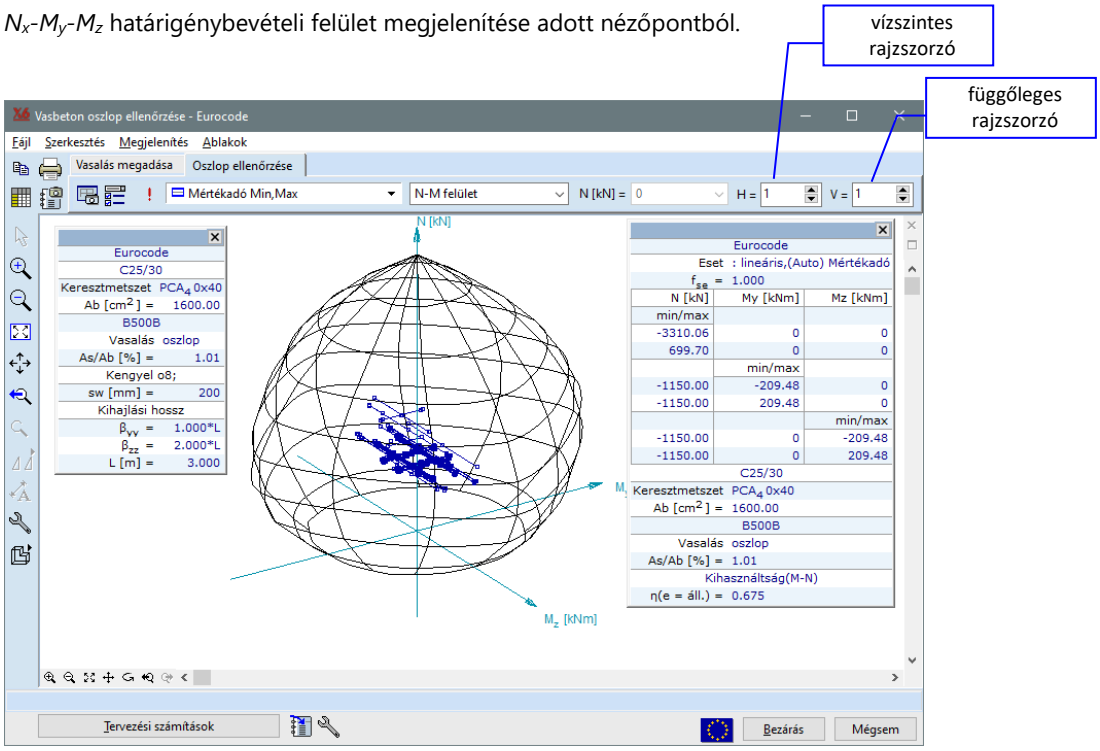


Kiválaszthatók az *N-M, N-My, N-Mz* diagramokon és határkülpontossági görbéken megjeleníteni kívánt normálerő-szintek.
Ha kérjük az igénybevételek grafikus megjelenítését, a diagramokon szerepelni fognak a kijelölt rúdelemek igénybevételei (illetve a táblázatban megadott értékek) alapján számított tervezési értékek pontjai. A pontokhoz tartozó normálerők feliratozása ki/be kapcsolható.

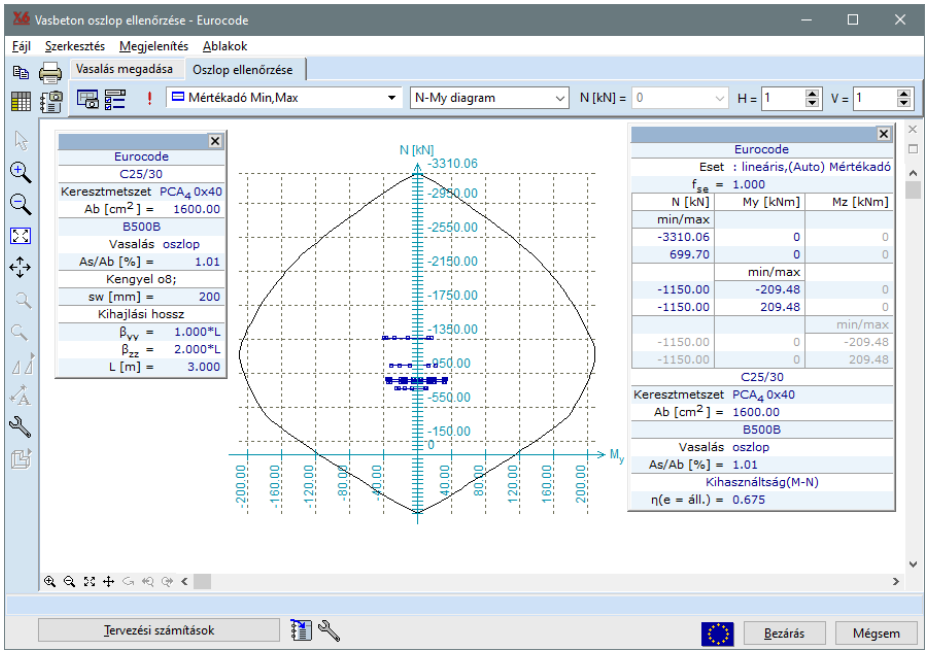
Az alkalmazott szimbólumok:

kék szín: az adott $N_{x,\,Ed}$-$M_{y,\,Ed}$ -$M_{z,Ed}$ értékek a határigénybevételi felületen belül vannak.
piros szín: az adott $N_{x,Ed}$-$M_{y,Ed}$-$M_{z,Ed}$ értékek a határigénybevételi felületen kívül vannak.

N-M felület N_x-M_y-M_z határigénybevételi felület megjelenítése adott nézőpontból.

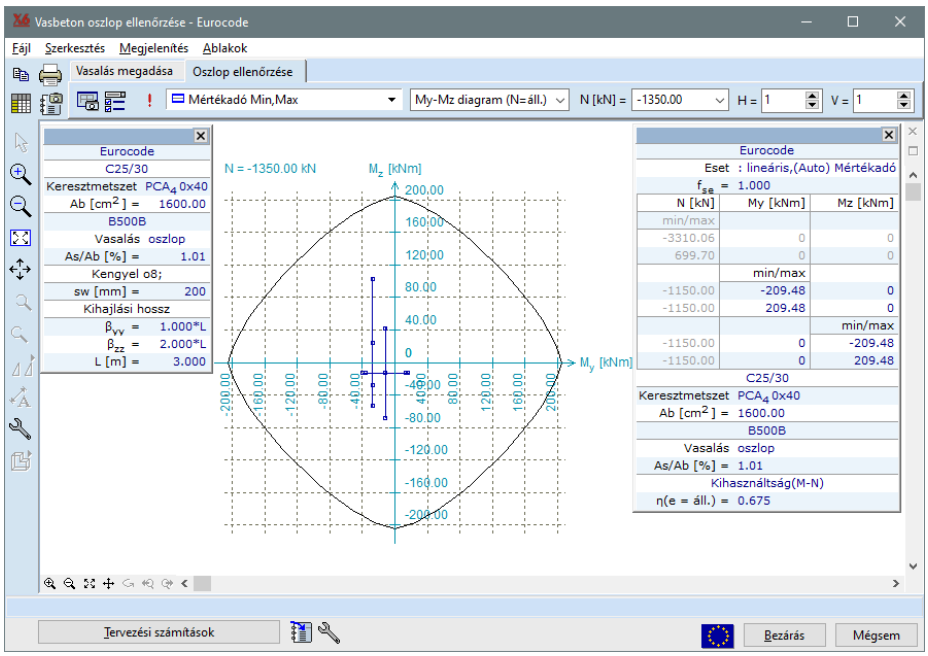


N-M diagram N_x-M_y vagy N_x-M_z diagram megjelenítése az $M_z = 0$ illetve az $M_y = 0$ síkban.

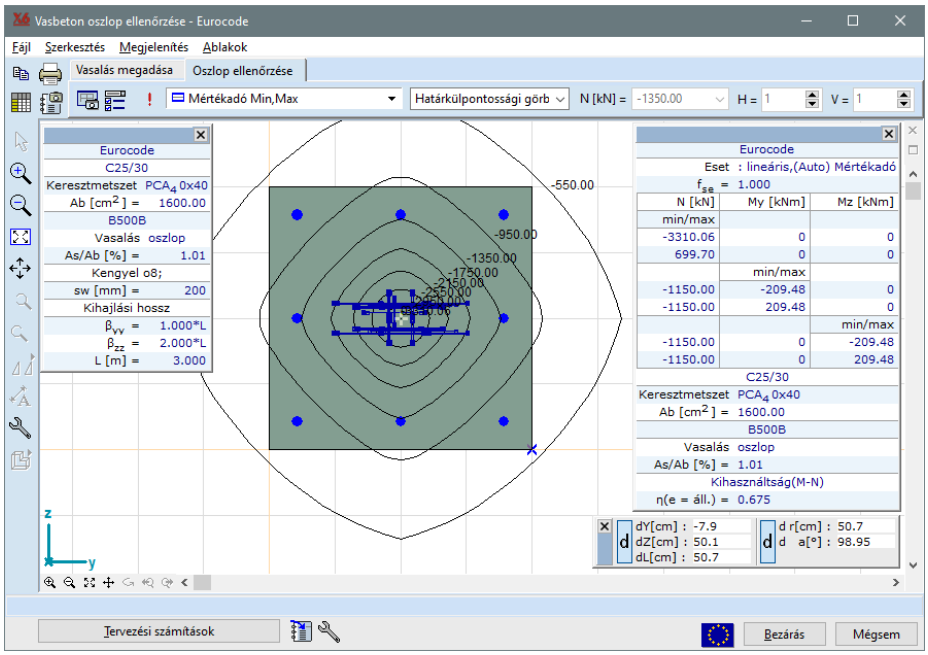


Szimmetriatengelyekkel rendelkező keresztmetszeteknél használható.

My-Mz diagram Adott N normálerőhöz tartozó M_y -M_z diagram megjelenítése

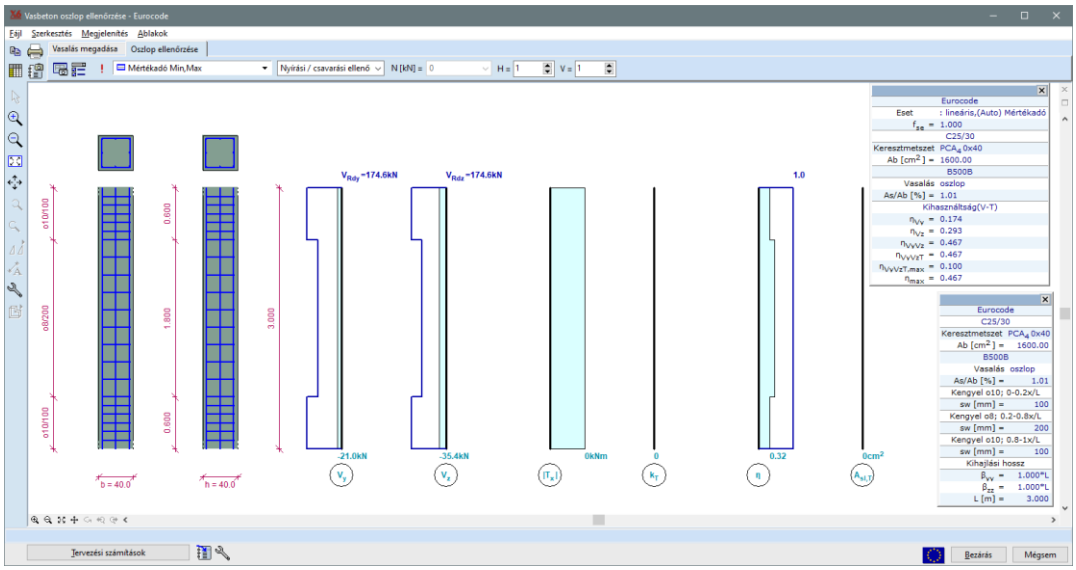


Határkülpontossági görbék



Az $M_{y,Rd,i}/N_i$ és az $M_{z,Rd,i}/N_i$ értékpárokból számított határkülpontossági görbék megjelenítése.

Nyírási/csavarási ellenőrzés



Az ablakban a következő ábrákat és diagramokat jeleníti meg a program:

a) az oszlop vasalási rajzát,
b) a V_y és V_z igénybevételi ábrákat a nyírási ellenállás értékekkel (kék vonal – az értékek nem tartalmazzák a csavarás hatását) együtt,
c) a T_x csavarónyomatéki ábrát a csavarási ellenállás értékekkel (kék vonal) együtt,
d) k_T tényező (kengyelezés kihasználtsága csavarásra) az oszlop hossza mentén,
e) η maximális kihasználtságot az oszlop hossza mentén,
f) $A_{sl,T}$ tiszta csavarás miatti többlet hosszirányú acélmennyiség értékét az oszlop hossza mentén.

A számítás csak téglalap és kör keresztmetszetű oszlopok esetén elérhető.

Mértékadó, illetve burkoló eredmények lekérdezése esetén csak a mértékadó kihasználtságot eredményező kombinációhoz tartozó eredmények láthatók, mert a nagyszámú eredmény megjelenítése megnehezítené az ábrák értelmezését. Részletes, minden kombinációra kiterjedő eredményeket a program csak táblázatos formában jeleníti meg.

A program a számítás gyorsaságának növelése érdekében az oszlopot szakaszokra bontja. Új szakaszt ott vesz fel, ahol valamelyik igénybevétel-komponensnek szélsőértéke van, ahol a kengyelkiosztás megváltozik, illetve ahol a V_y, V_z, vagy T_x igénybevételi ábrában ugrás, vagy törés van. A k_T, η és $A_{sl,T}$

eredménykomponensek esetében az ábrára az adott szakasz két végpontjában számított maximális értékeket rajzoljuk fel.
Lásd részletesen... **6.5.10.4 Vasbeton oszlop ellenőrzése nyírásra és csavarásra** fejezetben.

☞ **Amennyiben az ábrákon a kurzort az oszlop tengelyét reprezentáló fekete vonal fölé visszük, az adott keresztmetszetre vonatkozó részeredményeket kérdezhetünk le.**

Speciális elrendezések

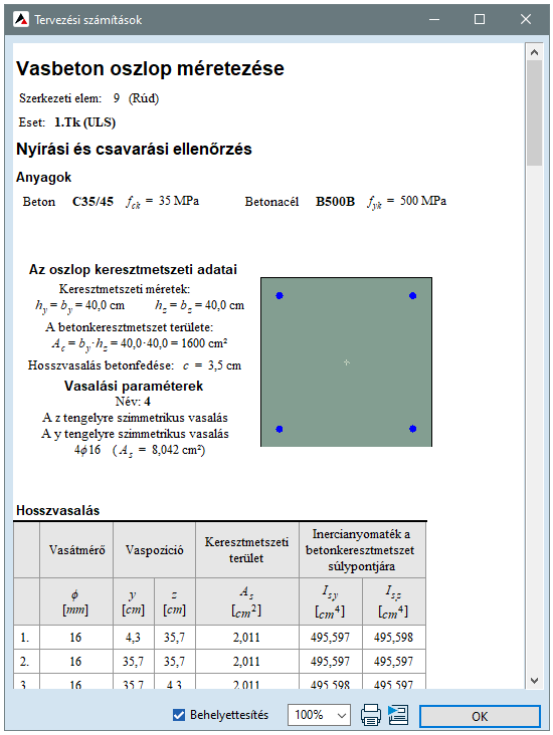
A *Vasbeton oszlop ellenőrzése* ablakban, az *Ablakok* menüpont alatt a *Speciális elrendezések* funkcióival eltérő elrendezésű ablakfelosztásokat lehet beállítani. Az egyes elrendezésekhez automatikusan beállított ábrázolási módok is tartoznak (melyeket utána a felhasználó tetszőlegesen testre szabhat). Ez a funkció segítséget nyújt az ablakok gyors elrendezéséhez és az eredmények könnyű áttekintéséhez.

Tervezési számítások

A *Tervezési számítások* gombra kattintva megtekinthetőek és kinyomtathatóak a szabvány által előírt méretezési számítások. A gomb csak akkor látható, ha már elvégeztük az oszlop ellenőrzését és vannak méretezési eredmények. A szabvány hivatkozott fejezetei a szövegben kék színnel jelennek meg.



A *Tervezési számítások* gomb melletti ikonra kattintva beállíthatjuk a számítási képletekben alkalmazott erő és hossz mértékegységeket, tizedes jegyek számát. Továbbá kérhetünk részletesebb dokumentációt is, amely a legszükségesebbeken kívül további számítási részleteket is tartalmaz.
Elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.





Tervezési számítások hozzáadása a jelenlegi dokumentációhoz
A jelenlegi dokumentáció a *Táblázatkezelő Dokumentáció/Jelenlegi dokumentáció* menüpontjában választható ki. Lásd **2.9 Táblázatok**

Kihasználtságok táblázatos formában

A számított kihasználtságok táblázatos formában is elérhetők. Amennyiben *N-M felület, N-My diagram, N-Mz diagram, My-Mz diagram,* vagy *Határkülpontossági görbék* aktív ábrázolási mód esetén kattintunk a táblázat ikonra, akkor a program az oszlop külpontos nyomással/húzással szembeni kihasználtságait gyűjti táblázatba. Nyírási/csavarási ellenőrzés ábrázolási mód kiválasztása esetén a nyírási és csavarási kihasználtságokat adja meg a program táblázatos formában
A kihasználtságok mellett a program táblázatba gyűjti a kijelölt rúdelemek maximális normálerőit, nyomatékait, nyíróerőit és csavarónyomatékait az oszlop alsó és felső végén, valamint az ezekkel egyidejű igénybevételeket és a számított külpontosság növekményeket. Megjeleníthetőek az aktuális normálerőhöz tartozó $My_{Rd,min}$, $My_{Rd,max}$, $Mz_{Rd,min}$, $Mz_{Rd,max}$ nyomaték határértékek is.

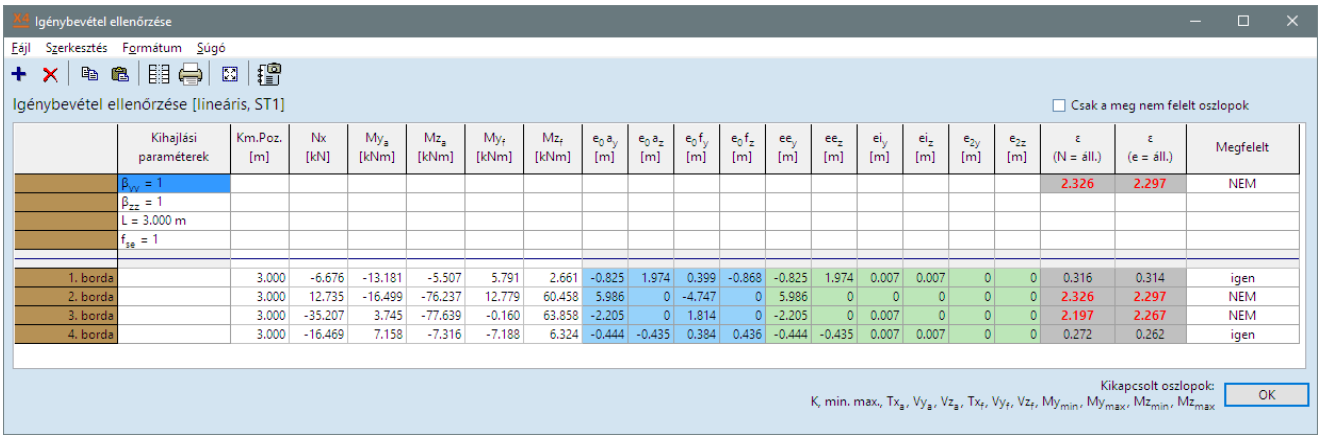
Kihasználtságok

A számított kihasználtságok táblázatos formában is elérhetők. Amennyiben *N-M felület, N-My diagram, N-Mz diagram, My-Mz diagram,* vagy *Határkülpontossági görbék* aktív ábrázolási mód esetén kattintunk a táblázat ikonra, akkor a program az oszlop külpontos nyomással/húzással szembeni kihasz-

náltságait gyűjti táblázatba. Nyírási/csavarási ellenőrzés ábrázolási mód kiválasztása esetén a nyírási és csavarási kihasználtságokat adja meg a program táblázatos formában

Kihasználtságok – külpontos nyomás/húzás

A program kétféle értelemben vett kihasználtságot is számít. Az első, *ε (N = áll.)* a nyomatéki kihasználtság: ez az *My-Mz* diagramon a tervezési igénybevételi pontok origótól mért távolságának és az origóból ugyanezeken a pontokon át húzott félegyenes és a diagram metszéspontja origótól mért távolságának hányadosa. A második, *ε (e = áll.)* az állandó külpontosság melletti kihasználtság: ez a tervezési igénybevételi pontok *N-My-Mz* térben az origótól mért távolságának és az origóból kiinduló félegyenesnek a határigénybevételi felülettel adódó döféspontja távolságának hányadosa.
A program felismeri, ha egy elem mentén nyomatéki szélsőérték van és szélsőérték + 1 darabra osztja a vizsgált elemet (*Lásd részletesen...* **6.5.10.1 Mértékadó külpontosságok számítása**). Ennek megfelelő számú sor látható egy-egy elem mellett a táblázatban.
Minden így felvett vizsgált szakasz esetében három keresztmetszetet vizsgálunk: 1) alsó; 2) közbenső; 3) felső.
A táblázatban látható világoszöld tartományban a három keresztmetszet közül azon keresztmetszetben számolt külpontosság-összetevők láthatóak, melyek összegezve maximális mértékadó külpontosságot eredményeznek a vizsgált szakaszra.

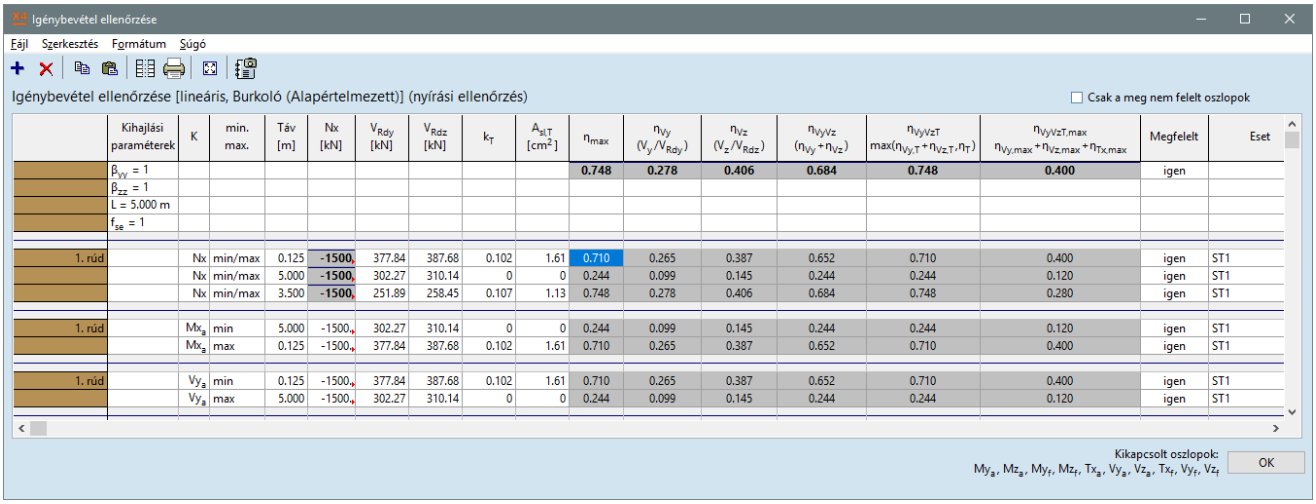


Kihasználtságok – nyírás/csavarás

A program többféle kihasználtságot is megjelenít a táblázatban:

- η_{Vy}: Lokális *y* tengellyel párhuzamos nyírási kihasználtság a csavarás hatásának figyelembevétele nélkül.
- η_{Vz}: Lokális *z* tengellyel párhuzamos nyírási kihasználtság a csavarás hatásának figyelembevétele nélkül.
- η_{VyVz}: Összegzett nyírási kihasználtság a csavarás hatásának figyelembevétele nélkül.
- η_{VyVzT}: Összegzett nyírási és csavarási kihasználtság.
- $\eta_{VyVzT,max}$: Ferde nyomott beton rácsrúd összegzett nyírási és csavarási kihasználtsága.
- η_{max}: A fent felsorolt kihasználtságok közül adja meg a maximális kihasználtságot.

A kihasználtságok mellett a program a táblázatban megjeleníti a lokális *y* és *z* tengellyel párhuzamos nyírási ellenállásokat, a kengyelek nyírási ellenállását csavarás miatti csökkentését és a tiszta csavarás felvételéhez szükséges többlet vasmennyiséget.
Lásd részletesen... **6.5.10.4 Vasbeton oszlop ellenőrzése nyírásra és csavarásra** fejezetben.



A program mind behálózott, mind hálózás nélküli elem esetében képes megkeresni a nyomatéki szélsőértékeket és eszerint felosztani az elemet. A rúd behálózása azonban pontosabb számítást eredményez, mert ebben az esetben a szélsőérték helye pontosabban határozható meg.

Felhasználói igénybevételek hozzáadása a táblázathoz

Új adatsor hozzáadása: A gombra kattintva egyedi igénybevétel értékeket rendelhetünk az oszlophoz, melyre a program elvégzi a méretezést. A táblázat OK gombbal való bezárása után a méretezési eredmények között a megadott igénybevételekre elvégzett számítások eredményei is láthatók grafikus formában. A megadott igénybevételeket a program elmenti és az adott oszlop méretezése során a későbbiekben is figyelembe veszi.

Kijelölt adatsorok törlése a táblázatból

Felhasználói igénybevételeke beillesztése a vágólapról

A táblázatba a vágólapról is beilleszthetünk igénybevétel adatsorokat. Amennyiben a *Beillesztés a táblázat végére* opciót választjuk, akkor a beilleszteni kívánt táblázatnak, az igénybevételek számával egyező, összesen 11 oszlopból kell állnia (N_x, M_{ya}, M_{za}, M_{yf}, M_{zf}, T_{xa}, V_{ya}, V_{za}, T_{xf}, V_{yf}, V_{zf}). Felülírás esetén a táblázatban akkora területet kell pontosan kijelölni, melynek mérete megegyezik a vágólapról beilleszteni kívánt táblázattal.

Csak a meg nem felelt oszlopok

Az opció bekapcsolása esetén a táblázat csak a meg nem felelt oszlopok adatait mutatja.

Eredmény-komponensek

Amennyiben vannak oszlopvasalással rendelkező oszlopok a modellben és van elérhető eredmény amire az ellenőrzést el lehet végezni (lineáris statika, nem lineáris statika, dinamika), akkor a *Vasbeton-tervezés* fül alatt elérhetővé válnak új eredménykomponensek, amelyekkel a definiált vasbeton oszlopok kihasználtságai jeleníthetőek meg:

- N-M kihasználtság,
- V-T kihasználtság,
- $A_{sl,T}$ (tiszta csavarás miatti szükséges többlet hosszirányú acélmennyiség),
- Max. kihasználtság (az N-M kihasználtság, illetve a V-T kihasználtság közül a maximum).

Összefoglaló táblázatok

A modellben található vasbeton oszlopok méretezési eredményeiről összefoglaló táblázatok érhetők el a táblázatkezelőben (*lásd...* **3.2.10 Táblázatkezelő**), ahol egyszerre az összes oszlop eredményeit megjeleníti a program.

6.5.10.1. Mértékadó külpontosságok számítása

Koncepció

Számos szakirodalomban megtalálható egyszerű, zárt alakú összegzések a mértékadó maximális külpontosság meghatározására nehezen adaptálhatók általános esetre, továbbá alkalmazásukkal sokszor nem, vagy nehezen követhető az az eset, amikor az oszlopon közbenső teher is hat.
A programban alkalmazott számítás alapja ezért egy általános koncepció, mely szerint mértékadó az oszlop bármely keresztmetszete lehet, illetve a keresztmetszetekben figyelembe veendő külpontosságok értéke három különböző nyomatékábra összegeként áll elő (EN 1992-1-1 5.8.8.2):

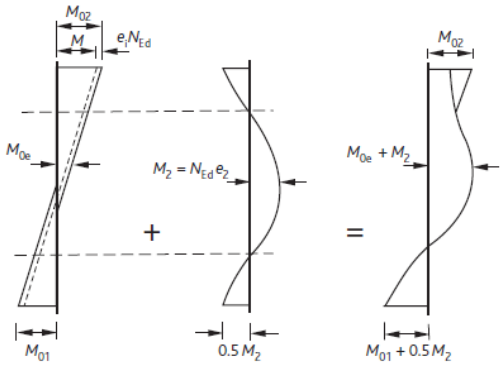
$$M_{Ed} = M_0 + M_i + M_2$$

ahol

M_0 az elsőrendű nyomaték

M_i a méreteltérések (imperfekciók) okozta nyomaték

M_2 a másodrendű nyomaték



(*A. J. Bond et al., How to Design Concrete Structures using Eurocode 2. UK, 2006*)

E koncepció alapján bármilyen peremfeltétellel rendelkező oszlop számítása komolyabb ellentmondás nélkül felépíthető, amennyiben **minden keresztmetszetben** meg tudjuk határozni és összegezni tudjuk a különböző forrásból származó nyomatékokat.

Elsőrendű nyomaték

A program felismeri, ha egy elem mentén nyomatéki szélsőérték van és szélsőérték + 1 darabra osztja a vizsgált elemet. A nyomatéki szélsőértékek közötti elsőrendű nyomatékok interpolálással számítódnak.

Amennyiben nincs nyomatéki szélsőérték és a maximális nyomatékok az elemvégeken találhatók, akkor a program nem osztja fel kisebb szakaszokra az oszlopot, a vizsgált szakasz maga az oszlop.

Méreteltérések okozta nyomaték

A méreteltérésekből (építési pontatlanság, kezdeti görbeség) származó nyomatékokat a program merevített elemek esetében minden keresztmetszetben, konstans értékkel veszi figyelembe, ugyanis:

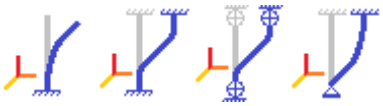
- elképzelhető, hogy a szerkezetet úgy építik meg, hogy az egymás feletti oszlopok tengelyei nem esnek egybe, ekkor szükséges a teljes hossz mentén ennek a külpontosságnak a figyelembevétele;
- amennyiben a rúd lokális görbeséggel rendelkezik befogott-befogott esetben ugyanazon $N \cdot e_i$ nyomaték a rúdvégeken is megjelenik a külpontosságból, mint a rúd közepén, csak ellentétes előjellel.

Merevített elemek kihajlási alakjai



Számos szabvány eltérő méreteltéréseket ad meg merevítetlen elemek esetében. Merevítetlen elemek esetében (amennyiben a szabvány erről rendelkezik), a befogástól számított kezdeti görbeséget figyelembe véve, háromszög alakú nyomatékábrát feltételezünk.

Merevítetlen elemek kihajlási alakjai:



Csak lokális imperfekciók kapcsoló bekapcsolása (merevítetlen elemek vizsgálatánál) esetén a program nem veszi figyelembe a merevítetlen szerkezet oszlopának ferdeségét, mint geometriai imperfekciót, csupán egy konstans méreteltérést. Ekkor a figyelembe vett kihajlási hossz maximális értéke az elem hossza (β=1).

Másodrendű nyomaték

A másodrendű nyomatékok felvétele szabványtól függően történhet a kihajlott alaknak megfelelően, vagy az elsőrendű nyomatékok felszorzásával. Első esetben a szabvány a maximális külpontosság értékét adja meg a kihajlási hossz függvényében (Eurocode elnevezés: névleges görbületen alapuló módszer), a második esetben az tervezési normálerő és az Euler kritikus erő viszonya alapján szorozzuk fel az elsőrendű nyomatékokat (Eurocode elnevezés: névleges merevségen alapuló módszer).

Névleges görbület alapján

A másodrendű nyomatékokat a **szögfüggvény és a vizsgált keresztmetszet helye alapján számítjuk**, melyhez szükséges megadni a megtámasztási viszonyokhoz tartozó kihajlási alakot a paraméterek megadására szolgáló ablakban *Lásd részletesen...* **6.5.4 Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás)** fejezetben.

A nyomatékábrák függvényei:



1) $e_2 = \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



2) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{2L}\right) e_{2,0}$



3) $e_2 = \cos\left(\frac{3\pi x}{2L}\right) e_{2,0}$



4) $e_2 = \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



5) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



6) $e_2 = \left[1 - \frac{\beta - 0.5}{0.5}\right] \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) e_{2,0} - \left[1 - \frac{1-\beta}{0.5}\right] \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



7) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) e_{2,0}$



8) $e_2 = \cos\left(\frac{3\pi x}{2L} + \frac{\pi}{2}\right) e_{2,0}$



9) $e_2 = \cos\left(\frac{\pi x}{2L} + \frac{\pi}{2}\right) e_{2,0}$

$e_{2,0}$ itt a szabvány szerint számítható maximális külpontosság-amplitúdót jelöli. Mivel a kihajlás a vizsgált tengely körül mindkét irányban megtörténhet, ezért e_2 pozitív és negatív értéket is felvehet minden keresztmetszetben.

Névleges merevség alapján

Ebben az esetben nincs szükség a meggörbült alakra, az elsőrendű- és az imperfekciós nyomatékábra összegét szorozzuk fel egy tényező segítségével. Például az EN 1992-1-1 szabvány holland és dán nemzeti mellékletei ennek a módszernek az alkalmazását írják elő.

Maximális amplitúdó

Előfordulhat, hogy a vizsgálandó keresztmetszetek közül egyik sem ott helyezkedik el, ahol a feltételezett kihajlott alak alapján a másodrendű külpontosság maximális (pl. 3. kihajlási alak). Annak érdekében, hogy mindenképpen a mértékadó külpontosságra végezzük el a számításokat a következő módosítást vezettük be a számítás során:

- megkeressük a maximális amplitúdó helyét, melynél kiszámítjuk mindhárom külpontossági értéket. Amennyiben ezen külpontosságok összege meghaladja a vizsgált legközelebbi keresztmetszetben számított külpontosságot, akkor az itteni értékeket felülírjuk és a továbbiakban ezekkel a külpontosságokkal végezzük a számításokat és ezek kerülnek a táblázatba is.

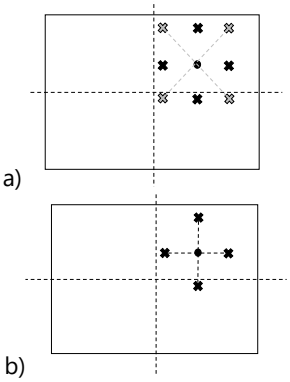
Minimális külpontosság

Egyes szabványok megkövetelnek egy minimálisan figyelembe veendő külpontosságot. Amennyiben egy vizsgált keresztmetszetben a kezdeti-, a méreteltérések okozta és a másodrendű külpontosságok összege nem éri el a minimális külpontosság értéket, akkor a méreteltérések okozta külpontosságot megnöveljük a minimális külpontosság biztosítása érdekében.

Ferde hajlítás

Vasbeton oszlopot általában ferde külpontos nyomásra kell ellenőrizni, a külpontosság-növekményeket a legkedvezőtlenebb irányba kell figyelembe venni. Ennek megfelelően összegezzük az elsőrendű és a méreteltérések okozta nyomatékokat. Ezen külpontosságokhoz adódnak hozzá mindkét irányban a másodrendű külpontosságok +/- előjellel. A különböző irányokban számított másodrendű külpontosság-növekmények hatását beállítástól függően (**6.5.4 Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás)**)

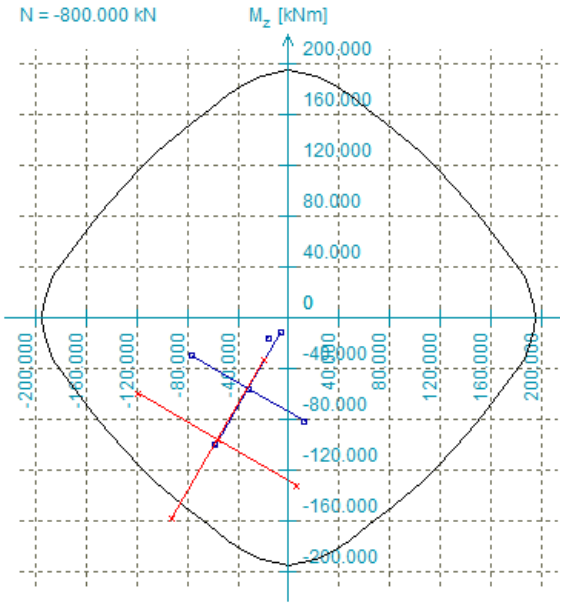
összegezhetjük (a), vagy irányonként külön-külön is figyelem bevehetjük (b) (A. W. Beeby, R. S. Narayanan (2009): *Designer's guide to Eurocode 2: Design of concrete structures*).



☞ **Megjegyzés: Jelen pontban (6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul) található illusztrációk elkészítése során a (b) eset szerint, külön-külön, egymástól függetlenül vettük figyelembe a különböző irányú másodrendű külpontosságokat. Az (a) eset, azaz a másodrendű külpontosságok hatásának együttes figyelembevétele esetén természetesen a bemutatottól eltérő a külpontosságok megjelenítése az ábrákon.**

Kétszeresen szimmetrikus oszlopok

Különleges esetet képviselnek a gyakorlatban sokszor előforduló jellemzően kör- és négyzetszelvényű oszlopok, melyeknek jellemzően a vasalása is többé kevésbé szimmetrikus. Ha mind a keresztmeszetre, mind a vasalásra teljesül, hogy *Iy = Iz,* továbbá a megtámasztási viszonyok is szimmetrikusak, akkor a mértékadó külpontosságokat nem a főirányokban mérjük fel, hanem a kihajlás szerint mértékadó keresztmetszetben ébredő elsőrendű nyomatékok eredőjének megfelelően.



6.5.10.2. Ellenőrzés Eurocode 2 szerint (külpontos nyomás és húzás)

A **tervezési nyomaték**ok az egyes hajlítási irányokban $M_d = N_d \cdot e_d$

ahol N_d az oszlopban ébredő normálerő és $e_d = e_e + e_i + e_2$ a mértékadó külpontosság az adott hajlítási irányban. Minimális külpontosság: max(20 mm, h/30).

e_e **kezdeti külpontosság az elsőrendű igénybevételekből**.

- vizsgált szakasz alsó és felső keresztmetszete:

$$e_e = M_I / N_d$$

- közbenső keresztmetszet esetén (helyettesítő külpontosság):

$$e_e = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \text{ és } |e_a| \geq |e_b|,$$

ahol e_a és e_b a vizsgált szakasz két végén lévő kezdeti külpontosság.

e_i **a kezdeti pontatlanságokból adódó növekmény (imperfekció)**

$e_i = \alpha_h \Theta_0 \frac{l_0}{2}$, ahol $l0$ kihajlási hossz, $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ és $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$, ahol l a hálózati hossz.
Θ_0 – nemzeti melléklet szerint

e_2 **a másodrendű külpontosság növekmény**

Másodrendű külpontosság számítása szükséges, amennyiben $\lambda \geq \lambda_{lim} = 20\frac{ABC}{\sqrt{n}}$ ahol $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$,

ahol $A = \frac{1}{1+0.2\varphi_{ef}}$, $B = \sqrt{1+2\omega}$, $\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$, C a szabvány ablakban megadható konstans

☞ **λ_{lim} számítása egyes Nemzeti Alkalmazási Dokumentumok szerint eltér (pl. az német és olasz szabályozás szerint)!**

DIN EN 1992-1-1 esetén: $n < 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = \frac{16}{\sqrt{n}}; n > 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = 25.0$

Olasz szabvány esetén: $\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{n}}$

Norvég szabvány esetén: $\lambda_n = \sqrt{\frac{n}{1+k_a\omega}} \geq \lambda_{n,lim} = 13A_\varphi$

e_2 meghatározása történhet névleges görbület, vagy névleges merevség módszerével. Egyes nemzeti mellékletek kötelezően előírják, hogy melyik módszert kell alkalmaznunk, azonban vannak nemzeti mellékletek amelyek szerint (az alapszabványhoz hasonlóan) a tervező mindkét módszer közül választhat. Amennyiben mindkét módszer használható, akkor a program a névleges görbület módszerét alkalmazza.

Névleges görbület alapján

(nemzeti melléklettől függően)

$$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_0^2}{c}$$

ahol $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{f_{yd}}{E_s \cdot 0.45 \cdot d}$,
$8 \leq c \leq \pi^2$ nyomatékeloszlás alapján
$K_r = \min\left\{\frac{N_u' - N_{Ed}}{N_u' - N_{bal}}; 1.0\right\}$, $K_\varphi = \max\{1 + \beta\varphi_{ef}; 1.0\}$,
$\beta = 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$, ahol f_{ck} N/mm²-ben szerepel
$d' = \frac{h}{2} + i_s$, ahol i_s a betonacélok inerciasugara

Névleges merevség alapján

(nemzeti melléklettől függően)

$$e_2 = (e_e + e_i)\left[1 + \frac{\beta}{N_B/N_d - 1}\right],$$

ahol $\beta = \frac{\pi^2}{c_0}$

N_B a névleges merevségen alapuló kihajlási erő
$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$ a névleges merevség, ahol
E_{cd} a beton rugalmassági modulusának tervezési értéke 5.8.6. (3) szerint
I_c a betonkeresztmetszet inercianyomatéka
E_s a vasalás rugalmassági modulusának tervezési értéke
I_s a vasalás inercianyomatéka a betonkeresztmetszet súlypontjára
K_c a repedezettség, a kúszás stb. hatását figyelembe vevő tényező, lásd 5.8.7.2. (2), (3)
K_s a vasalás szerepét figyelembe vevő tényező, lásd 5.8.7.2. (2), (3)

A program meghatározza a külpontosság növekményeket mindkét hajlítási irányban, majd az alábbi tervezési szituációkat vizsgálja mindhárom keresztmetszetben:

$\lambda_y/\lambda_z \leq 2$ és $\lambda_z/\lambda_y \leq 2$, különben

illetve

$\frac{e_{dy}/b_{eq}}{e_{dz}/h_{eq}} \leq 0{,}2$ vagy $\frac{e_{dz}/h_{eq}}{e_{dy}/b_{eq}} \leq 0{,}2$ *

ha $e_{dy}/b_{eq} > e_{dz}/h_{eq}$

$$M_{dy,1} = 0$$
$$M_{dz,1} = -N_d\left(e_{ey} + e_{iy} \pm e_{2y}\right)$$

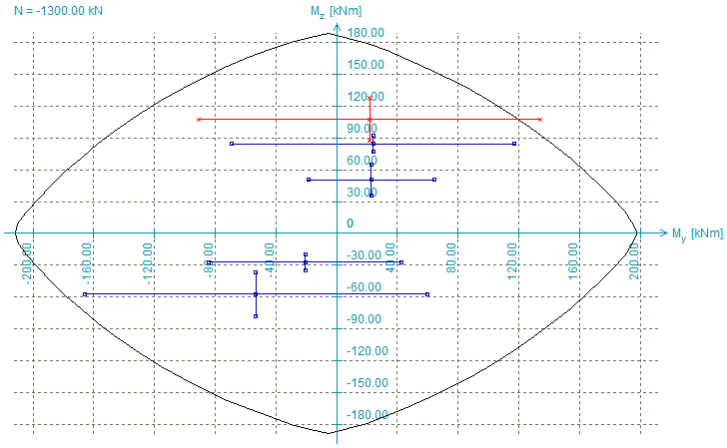
különben

$$M_{dy,2} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$$
$$M_{dz,2} = 0$$

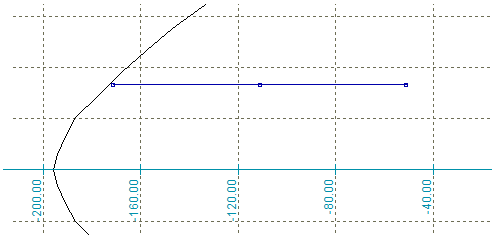
$$M_{dy,1} = N_d(e_{ez} + e_{iz})$$
$$M_{dz,1} = -N_d\left(e_{ey} + e_{iy} \pm e_{2y}\right)$$
$$M_{dy,2} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$$
$$M_{dz,2} = -N_d\left(e_{ey} + e_{iy}\right)$$

* kivéve DIN EN 1992-1-1 NA

A program ellenőrzi, hogy az így kapott tervezési igénybevételek (M_{dy}, M_{dz}, N_d) a határigénybevételi felületen belül helyezkednek-e el. Ha valamely tervezési szituációban ez nem teljesül, akkor az oszlop az adott keresztmetszettel és vasalással nem felel meg.

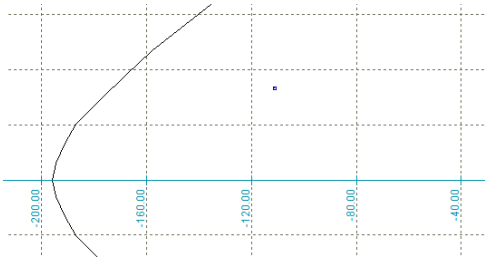


A következő esetek fordulhatnak még elő:



Lehetséges okok:

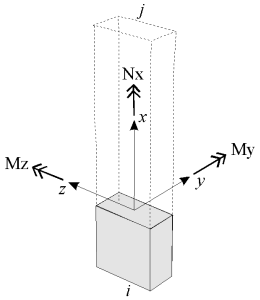
- az egyik tengely körüli kihajláshoz tartozó karcsúság kisebb, mint λ_{lim}
- csuklós támasznál, vagy szabad végnél a másodrendű nyomaték és így a másodrendű külpontosság is zérus
- ferdehajlításnál síkbeli független vizsgálat kritériumai teljesülnek és csak a mértékadó eset látható az ábrán
- a másodrendű külpontosság-növekmény figyelembevétele ki van kapcsolva az egyik irányban.



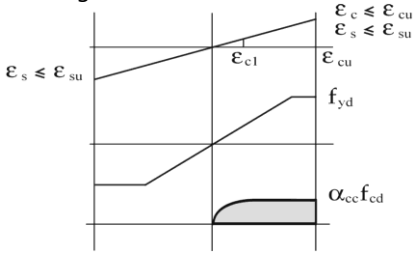
Lehetséges okok:

- mindkét tengely körüli kihajláshoz tartozó karcsúság kisebb, mint λ_{lim}
- csuklós támasznál, vagy szabad végnél a másodrendű nyomaték és így a másodrendű külpontosság is zérus
- a másodrendű külpontosság-növekmény figyelembevétele ki van kapcsolva mindkét irányban.

Az *N-M_R* diagramokon, ill. a határkülpontossági görbeseregen az ezekhez a tervezési igénybevételekhez tartozó pontok jelennek meg.
A táblázat tetszőleges igénybevétel értékekkel bővíthető. Az értékek az *N-M_R* diagramokon és a határkülpontossági görbéken megjeleníthetők.
Az igénybevételek előjeleit a mellékelt ábra szemlélteti.
A számítás a következő feltevéseket alkalmazza:



σ, ε diagramok:



- A kengyeltáv 1/15-nél vékonyabb vasakat nyomásra nem veszi figyelembe a program.

6.5.10.3. Ellenőrzés SIA 262 szerint (külpontos nyomás és húzás)

A tervezési nyomatékok az egyes hajlítási irányokban: $M_d = N_d \cdot e_d$ ahol:
N_d az oszlopban ébredő normálerő és
$e_d = e_{1d} + e_{0d} + e_{2d}$ a mértékadó külpontosság az adott hajlítási irányban.

e_{0d} : **a kezdeti pontatlanságokból adódó növekmény (imperfekció).**

$$e_{0d} = \max\left\{\alpha_i \frac{l_{cr}}{2}; \frac{d}{30}\right\}$$

ahol $\frac{1}{200} \geq \alpha_i = \frac{0.01}{\sqrt{l}} \geq \frac{1}{300}$

l_{cr} a kihajlási hossz, *d* a keresztmetszet hasznos magassága.

e_{1d} : **kezdeti külpontosság az elsőrendű igénybevételekből,**

- vizsgált szakasz alsó és felső keresztmetszete:

$$e_{1d} = M_I / N_d$$

- közbenső keresztmetszet esetén (helyettesítő külpontosság):

$$e_{1d} = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \text{ és } |e_a| \geq |e_b|,$$

ahol e_a és e_b a vizsgált szakasz két végén lévő kezdeti külpontosság.

e_{2d} : **másodrendű külpontosság növekmény**

$$e_{2d} = \chi_d l_{cr}^2 / \pi^2$$

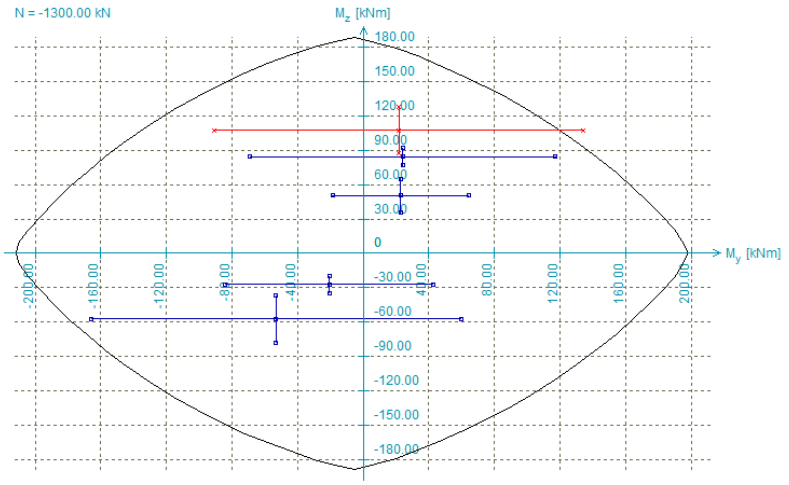
ahol $\chi_d = \frac{2 f_{yd}}{E_s (d - d')}$

A program meghatározza a külpontosság növekményeket mindkét hajlítási irányban, majd az alábbi tervezési szituációkat vizsgálja mindhárom keresztmetszetben:

$$M_{dy,1} = N_d(e_{1z} + e_{0z})$$
$$M_{dz,1} = -N_d(e_{1y} + e_{0y} \pm e_{2y})$$
$$M_{dy,2} = N_d(e_{1z} + e_{0z} \pm e_{2z})$$
$$M_{dz,2} = -N_d(e_{1y} + e_{0y})$$

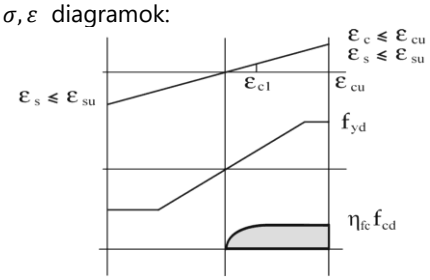
A program ellenőrzi, hogy az így kapott tervezési igénybevételek (M_{dy}, M_{dz}, N_d) a határigénybevételi felületen belül helyezkednek-e el. Ha valamely tervezési szituációban ez nem teljesül, akkor az oszlop az adott keresztmetszettel és vasalással nem felel meg.

Az N-M_R diagramokon, ill. a határkülpontossági görbeseregen az ezekhez a tervezési igénybevételekhez tartozó pontok jelennek meg. A táblázat tetszőleges igénybevétel értékekkel bővíthető. Az értékek az N-MR diagramokon és a határkülpontossági görbéken megjeleníthetők. Az igénybevételek előjeleit a mellékelt ábra szemlélteti:



A számítás a következő feltevéseket alkalmazza:

σ, ε diagramok:



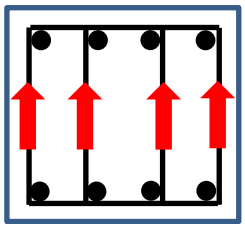
A hosszvasakat nyomásra nem veszi figyelembe a program, ha az alábbi feltételek valamelyike teljesül:

∅	< 8
s	> 15 ∅
s	> a_{min}
s	> 300 mm

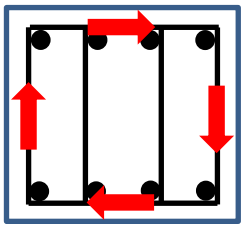
6.5.10.4. Vasbeton oszlop ellenőrzése nyírásra és csavarásra

Kengyelek nyírási ellenállásának csökkentése a csavarás miatt (k_T)

Szabványok és tervezési útmutatók szerint a kengyelezés ellenállása nem vehető egyszerre figyelembe nyíró, illetve csavaró igénybevételekkel szemben. Ennek megfelelően a számítás során a program meghatározza a kengyelszárak kihasználtságát tiszta csavarónyomatékra és a kengyelezés teherbírását nyírással szemben ennek a kihasználtságnak megfelelően csökkentett értékkel ($1-k_T$) veszi számításba a η_{VyVzT} összegzett nyírási és csavarási kihasználtság számításakor. Ez az eljárás lényegében úgy magyarázható, hogy a kengyelezés k_T része ellensúlyozza a csavaró igénybevételt, míg ($1-k_T$) része dolgozik nyíró igénybevételekkel szemben. Ez a szétválasztás azért lehetséges, mert mind nyíróerőket, mind csavarónyomatékot a keresztmetszetben ébredő nyírófeszültségek egyensúlyozzák. A kengyelszárakban nyírás és csavarás esetén fellépő, egyensúlyozó erők:



V_z nyíróerő



T_x csavarónyomaték

Amennyiben a kengyelszárak csavarási kihasználtsága eléri, vagy meghaladja az 1-et, akkor a kengyelezés nyírás felvételére nem képes. Ebben az esetben η_{VyVzT} kihasználtság nem számítható, amelyet a kihasználtsági érték helyett ***???*** szimbólum jelöl.

A csavarás hatásával csak abban az esetben számol a program, amennyiben a csavarónyomaték számottevően csökkenti a vasalás nyírási teherbírását ($k_T > 0{,}01$), vagy a csavarónyomaték meghaladja a beton csavarási ellenállásának 1%-át, illetve amennyiben a következő reláció teljesül:

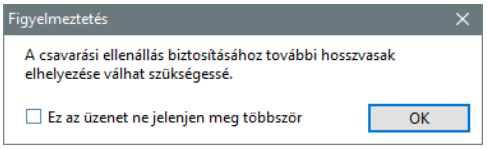
$$\frac{V_{y,E}}{V_{y,R,c}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,c}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,c}} > 1$$

ahol $V_{y,R,c}$, $V_{z,R,c}$ és $T_{x,R,c}$ jelölik a beton nyírási teherbírását a lokális y és z tengelyekkel párhuzamosan, illetve a beton csavarási ellenállását. Különben $k_T=0$ értékkel számol a program.

Tiszta csavarás miatti többlet hosszirányú acélmennyiség ($A_{sl,T}$)

Egy vasbeton rúd esetében, amennyiben a csavarási vasalás elhelyezése szükséges, a rúd ellenállását a kengyelezés, illetve a hosszvasalás csavarási ellenállása határozza meg. A teherbírást felülről korlátozza a nyomott beton rácsrúd teherbírása.
Csavarással szemben betervezett hosszvasalást körben, egyenletesen kiosztva kell elhelyezni. A hajlításra betervezett hosszvasalást csavarással szemben nem szabad figyelembe venni. Az oszlopvasalás definiálása során hajlítással szembeni hosszvasalás adható meg. Mivel általában a csavarás nem mértékadó, annak érdekében, hogy ne kelljen külön hajlítási és csavarási hosszvasalást definiálni a vasalás megadása során, a program a csavarási hosszvasalást nem ellenőrzi, hanem egy csavarási hosszvas többletet ad meg, amennyiben a csavarás jelentős.

☞ **Csavarási hosszvasalás szükségességére egy figyelmeztető üzenet hívja fel a felhasználó figyelmét. Ez az üzenet ne jelenjen meg többször opció kiválasztásával a Vasbetonoszlop ellenőrzés ablak bezárásáig az üzenet nem jelenik meg többször.**



Összegzett nyírási kihasználtság a csavarás hatása nélkül (η_{VyVz})

Téglalap keresztmetszetű oszlop esetén:

$$\eta_{VyVz} = \frac{V_{y,E}}{V_{y,R}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R}} \leq 1 \text{ (lineáris összegzés)}$$

$$\eta_{VyVz} = \sqrt{\left(\frac{V_{y,E}}{V_{y,R}}\right)^2 + \left(\frac{V_{z,E}}{V_{z,R}}\right)^2} \leq 1 \text{ (négyzetes összegzés)}$$

ahol $V_{y,E}$ és $V_{z,E}$ jelölik a terhekből számított nyíróerők a lokális y és z tengelyekkel párhuzamosan, míg $V_{y,R}$ és $V_{z,R}$ jelölik a paraméterekből és a megadott kengyelkiosztásból számított nyírási ellenállást a lokális y és z tengelyekkel párhuzamosan.

Kör keresztmetszetű oszlop esetén a program kiszámítja a V_y és V_z nyíróerők eredőjét és összeveti az eredő irányában számított nyírási ellenállással:

$$\eta_{VyVz} = \frac{\sqrt{V_{y,E}^2 + V_{z,E}^2}}{V_R} \leq 1$$

Összegzett nyírási és csavarási kihasználtság (η_{VyVzT})

Összegzett nyírási és csavarási kihasználtság számítása esetén a η_{VyVz} kihasználtság számításához hasonló módon járunk el, azonban a $V_{y,R}$, $V_{z,R}$ és V_R számításakor a külső kengyelszárak teherbírását egy (1-k_T) szorzóval csökkentjük.
A csavarás hatásával csak abban az esetben számol a program, amennyiben a csavarónyomaték számottevően csökkenti a vasalás nyírási teherbírását (kT > 0,01), vagy a csavarónyomaték meghaladja a beton csavarási ellenállásának 1%-át, illetve amennyiben a következő reláció teljesül:

$$\frac{V_{y,E}}{V_{y,R,c}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,c}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,c}} > 1$$

Nyomott beton rácsrúd összetett kihasználtsága ($\eta_{VyVzT,max}$)

Mind nyírás, mind csavarás esetében a keresztmetszet maximálisan elérhető nyírási, illetve csavarási ellenállása nem lehet nagyobb a nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó teherbírási szintnél. Abban az esetben, amikor nyíróerők és csavarónyomatékok együttesen terhelik vasbeton rudat, együttes hatásukat a nyomott beton rácsrúd kihasználtságában figyelembe kell venni.

Téglalap keresztmetszetű oszlop esetén:

$$\eta_{VyVzT,max} = \frac{V_{y,E}}{V_{y,R,max}} + \frac{V_{z,E}}{V_{z,R,max}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,max}} \leq 1$$

Kör keresztmetszetű oszlop esetén a program kiszámítja a V_y és V_z nyíróerők eredőjét és összeveti az eredő irányában számított maximális nyírási ellenállással:

$$\eta_{VyVzT,max} = \frac{\sqrt{V_{y,E}^2 + V_{z,E}^2}}{V_{R,max}} + \frac{T_{x,E}}{T_{x,R,max}} \leq 1$$

Amennyiben a $\eta_{VyVzT,max}$ kihasználtság meghaladja az 1,0-t, akkor az oszlop ellenállása csak a betonminőség megváltoztatásával, vagy a keresztmetszet méretének növelésével lehetséges.

Kör keresztmetszetű oszlop nyírási ellenállásának számítása

Kör keresztmetszetű vasbeton oszlopok nyírási teherbírásának meghatározása lényegében megegyezik a téglalap keresztmetszetű oszlopok esetében elvégzett számítással, csupán néhány kisebb részletben különbözik tőle. A számítás kidolgozása során John Orr *Shear Capacity of Circular Concrete Sections* című munkáját vettük alapul.

a) A beton nyírási ellenállásának ($V_{y/z,R,c}$), illetve a beton nyomott rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális nyírási ellenállásnak ($V_{y/z,R,max}$) a számításához szükséges ismernünk a keresztmetszet szélességét. Kör keresztmetszet esetén ezt 0,8D-re vesszük fel, ahol D a keresztmetszet átmérője.

b) Kör alakú kengyel teherbírásának számításakor figyelembe kell vennünk a kengyel iránytörését a keresztmetszet magassága mentén. Ezt egy csökkentő tényező (λ_1) segítségével tehetjük meg, ugyanis az iránytörés révén az acél vonalvezetése eltér a nyíróerő irányától és a hatékonysága a keresztmetszet közepétől távolodva csökken. A csökkentő tényezőt a következő módon számítja a program [Turmo et. al (2008): *Shear truss analogy for concrete members of solid and hollow circular cross sections*] [J. Orr (2009): *Shear Capacity of Circular Concrete Sections*], ahol z_0 a húzott acélok súlypontjának távolsága a keresztmetszet súlypontjától, z a belső erők karja és r_s a kengyel súlyvonalának távolsága a keresztmetszet súlypontjától:

$$\lambda_1 = \int_0^1 \sqrt{1 - ((z_0 - zX)/r_s)^2}\, dX$$

c) Kör alakú keresztmetszetű oszlopoknál lehetőség van spirál kengyel megadására. Spirál kengyel teherbírásának számításakor a λ_1 csökkentő tényezőn túl egy másik csökkentő tényezőt (λ_2) is figyelembe kell vennünk, ugyanis a spirál vonalvezetése révén a kengyelezés hosszanti metszetet vizsgálva nem párhuzamos a nyíróerővel. A csökkentő tényezőt a következő módon számítja a program [I. Feltham (2004): *Shear in reinforced concrete piles and circular columns]*, ahol p a menetemelkedés:

$$\lambda_2 = \left(\left(\frac{p}{2\pi r_s}\right)^2 + 1\right)^{-0.5}$$

Belső erők karja

Nyírási teherbírás számításánál fontos ismernünk a belső erők karját (z – a húzott acélok és a nyomott betonzóna súlypontjának távolsága). Gerendák esetében általában a 0,9d értéket alkalmazzák, ahol d a hasznos magasságot jelöli. Nyomóerő jelenléte esetén azonban már nem élhetünk ezzel a közelítéssel. A program a belső erők karját az adott normálerő szinten automatikusan számítja.

☞ **A program vizsgálja a szabványban található szerkesztési szabályok teljesülését a minimális / maximális hajlítási vashányadra, a maximális kengyeltávolságra és a minimális kengyelátmérőre vonatkozóan. Amennyiben a megadott vasalás ezen szerkesztési szabályok valamelyikét nem teljesíti, akkor a program figyelmeztetést küld közvetlenül a számítás elvégzése után, illetve az információs ablakban is megjeleníti. A paraméterek megadása során a maximális kengyeltávolságra és a minimális kengyelátmérőre vonatkozó szerkesztési szabályok teljesüléséről a gombra kattintva ad tájékoztatást a program.**

6.5.10.5. Nyírási és csavarási ellenállások számítása Eurocode 2 szerint

Nyírási ellenállás

$$V_{Rd} = Min\left[Max\left[V_{Rd,c}, V_{Rd,s}\right], V_{Rd,max}\right]$$

ahol $V_{Rd,c}$ a beton nyírási ellenállása, $V_{Rd,s}$ a kengyel nyírási ellenállása, $V_{Rd,max}$ a nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális nyírási ellenállás.

Beton nyírási ellenállása

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}\right]b_w d \geq \left(v_{min} + k_1\sigma_{cp}\right)b_w d$$

ahol:

- ρ_{sl} a húzott vashányad,
- b_w a keresztmetszet húzott részének legkisebb szélessége (kör km. 0,8D),
- d a hasznos magasság,
- σ_{cp} a betonban ébredő nyomófeszültség normálerő, vagy feszítés hatására (a nyomás pozitív) $<0{,}2f_{cd}$,
- $C_{Rd,c}$, v_{min} és k_1 Nemzeti Alkalmazás Dokumentumban (NAD) szabályozott paraméterek; értékük a Szabvány ablakban beállítható a Vasbeton fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány).**

Kengyel nyírási ellenállása

Téglalap keresztmetszetű oszlop esetén:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

Kör keresztmetszetű oszlop esetén:

$$V_{Rd,s} = \lambda_1\lambda_2 \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

a fenti képletekben:

- A_{sw} a nyírási vasalás keresztmetszeti területe,
- s a kengyelek egymástól mért távolsága, illetve a menetemelkedés spirál kengyel esetén,
- z a belső erők karja,
- f_{ywd} a nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke,
- θ a nyírási repedés szöge,
- λ_1 kengyel hatékonyságát csökkentő tényező,
- λ_2 spirálkengyel esetén alkalmazott csökkentő tényező.

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó nyírási ellenállás

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

ahol:

- α_{cw} a nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező,
- ν_1 a berepedt betonra vonatkozó szilárdsági csökkentő tényező,
- α a nyírási vasalás és rúd tengelye által bezárt szög (kengyel esetén 90°).

Beton csavarási ellenállása

$$T_{Rd,c} = 2A_k f_{ctd} t_{ef}$$

ahol:

- A_k a csatlakozó falak középvonalai által bezárt terület,
- t_{ef} az egyenértékű falvastagság.

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó csavarási ellenállás

A nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális csavarási ellenállást a következők szerint számítja a program:

$$T_{Rd,max} = 2\nu\alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef} \sin\theta\cos\theta$$

k_T számítása

$$k_T = \frac{T_{Ed} s}{2 A_{sw} A_k f_{ywd} \cot\theta}$$

ahol:

- T_{Ed} tervezési csavarónyomaték,
- A_{sw} csavarásra dolgozó kengyel egy szárának keresztmetszeti területe.

$A_{sl,T}$ számítása

$$A_{sl,T} = \frac{T_{Ed} u_k \cot\theta}{2 A_k f_{yd}}$$

ahol:

- u_k az A_k terület kerülete.

6.5.10.6. Nyírási és csavarási ellenállások számítása SIA 262 szerint

Kengyel nyírási ellenállása

Téglalap keresztmetszetű oszlop esetén:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot\alpha$$

Kör keresztmetszetű oszlop esetén:

$$V_{Rd,s} = \lambda_1 \lambda_2 \frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot\alpha$$

a fenti képletekben:

- A_{sw} a nyírási vasalás keresztmetszeti területe,
- s a kengyelek egymástól mért távolsága, illetve a menetemelkedés spirál kengyel esetén,
- z a belső erők karja,
- f_{yd} a nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke,
- α a nyírási repedés szöge,
- λ_1 kengyel hatékonyságát csökkentő tényező,
- λ_2 spirálkengyel esetén alkalmazott csökkentő tényező.

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó nyírási ellenállás

$$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin\alpha \cos\alpha$$
$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_1 + 0.001) \cot^2\alpha$$

ahol:

- k_c a berepedt betonra vonatkozó szilárdsági csökkentő tényező.

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó csavarási ellenállás

A nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális csavarási ellenállást a következők szerint számítja a program:

$$T_{Rd,max} = 2 k_c f_{cd} A_k t_k \sin\theta \cos\theta$$

k_T számítása

$$k_T = \frac{T_{Ed} s}{2 A_{sw} A_k f_{yd} \cot\theta}$$

ahol:

- T_{Ed} tervezési csavarónyomaték,
- A_{sw} csavarásra dolgozó kengyel egy szárának keresztmetszeti területe.

$A_{sl,T}$ számítása

$$A_{sl,T} = \frac{T_{Ed} u_k \cot\theta}{2 A_k f_{yd}}$$

ahol:

- u_k az A_k terület kerülete.

6.5.10.7. Kapacitástervezés: tervezési nyíróerő földrengési szituációban Eurocode és SIA szerint

Földrengési hatással szembeni méretezés esetén, disszipatív és duktilis szerkezet tervezésekor (DCM és DCH duktilitási osztályok) gondoskodni kell az oszlop rideg nyírási töréssel szembeni biztonságáról (EN 1998-1). A tervezési nyíróerőt ilyenkor a kapacitástervezési szabállyal összhangban, az oszlop egyensúlya alapján határozzuk meg a szeizmikus terhelésből kialakuló képlékeny csuklóknak megfelelő $M_{i,d}$ végnyomatékokból.

$M_{i,d}$ számítása

Az $M_{i,d}$ végnyomatékokat a következőképpen számítjuk:

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} min\left\{1; \frac{\sum M_{RB}}{\sum M_{RC}}\right\}$$

ahol:

- i = 1, 2 az oszlop végkeresztmetszeteit jelöli,
- γ_{Rd} az acél felkeményedése és a körbe abroncsolás teherbírás növelő hatása miatti biztonsági tényező,
- $M_{Rc,i}$ a nyomatéki ellenállás tervezési értéke az oszlop i-edik végén, a vizsgált irányú szeizmikus hatásból keletkező szeizmikus hajlítónyomatékkal azonos irányban;
- ΣM_{RB} és ΣM_{RC} a csomópontba becsatlakozó oszlopok, illetve gerendák nyomatéki ellenállása tervezési értékének összege

V_{Ed} számítása

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} + V_{Ed,EQ}$$

ahol:

- $V_{Ed,0}$ jelöli az önsúly és hasznos terhekből származó nyíróerőt,
- $V_{Ed,EQ}$ a szeizmikus hatásból származó nyíróerő.

Képlékeny csukló alul és felül

$$V_{Ed,EQ} = \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l_{cl}}$$

ahol:

- l_{cl} az oszlop szabad hossza (az oszlop azon végkeresztmetszeteinek távolsága, ahol a képlékeny csuklók kialakulására kell számítani), amelyet mindkét irányban külön-külön az oszlopvasalási paraméterek megadására szolgáló ablakban lehet definiálni. Alapméretezett értékként az elméleti hossz 90%-át veszi fel a program.

Képlékeny csukló felül

Amennyiben az oszlop alján nem kell képlékeny csukló kialakulására számítani (például csuklós, vagy közel csuklós megtámasztás miatt) az oszlopvasalási paraméterek megadására szolgáló ablakban beállíthatjuk, hogy a program csak az oszlop tetején számoljon képlékeny csukló kialakulásával. Amennyiben azonban az oszlop alján is ébred nyomaték, akkor azt a nyíróerő számításánál figyelembe kell venni, mégpedig az oszlop tetején található képlékeny csukló kialakulásához tartozó teherszinten.

$$V_{Ed,EQ} = \frac{\left(M_{1,Ed,0} + x \cdot M_{1,Ed,EQ}\right) + M_{2,d}}{l_{cl}}$$

ahol:

- $M_{1,Ed,0}$ jelöli az önsúly és hasznos terhekből származó nyomatékot az oszlop alján,
- $M_{1,Ed,EQ}$ a szeizmikus hatásból származó nyomaték az oszlop alján,
- x egy szorzó tényező a földrengési hatásból származó nyomatékhoz, amely ahhoz a teherszinthez tartozik, amikor a teljes nyomaték az oszlop tetején eléri a képlékeny csukló képlékenyedéséhez szükséges nyomatékot.

Képlékeny csukló alul

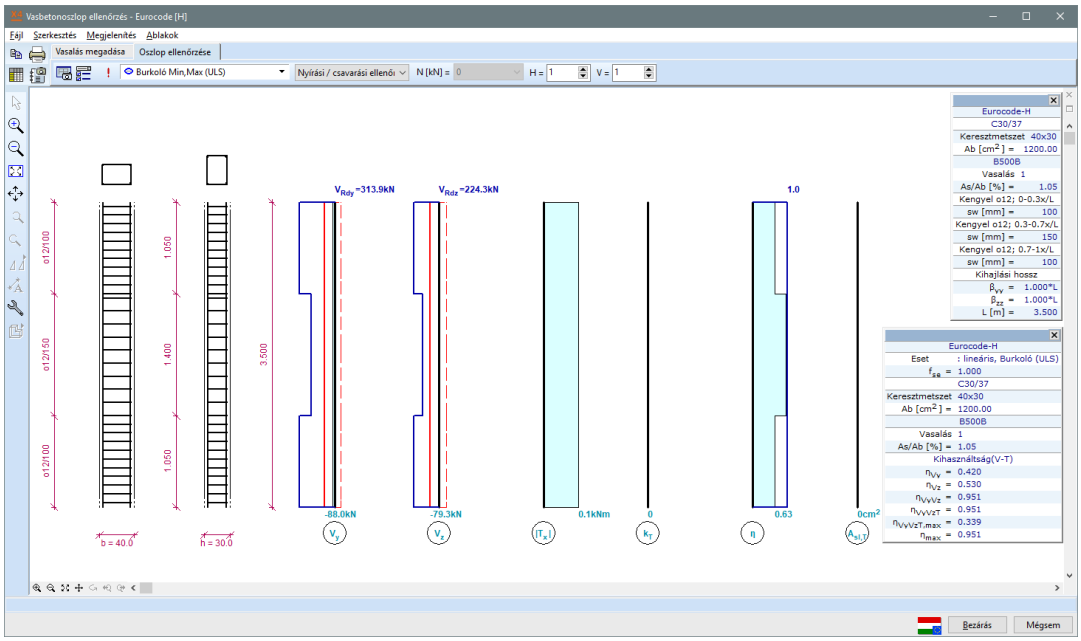
$$V_{Ed,EQ} = \frac{M_{1,d} + \left(M_{2,Ed,0} + x \cdot M_{2,Ed,EQ}\right)}{l_{cl}}$$

ahol:

- $M_{2,Ed,0}$ jelöli az önsúly és hasznos terhekből származó nyomatékot az oszlop tetején,
- $M_{2,Ed,EQ}$ a szeizmikus hatásból származó nyomaték az oszlop tetején,
- x egy szorzó tényező a földrengési hatásból származó nyomatékhoz, amely ahhoz a teherszinthez tartozik, amikor a teljes nyomaték az oszlop alján eléri a képlékeny csukló képlékenyedéséhez szükséges nyomatékot.

☞ **Amennyiben egy keresztmetszetben a modális válaszspektrum-analízis alapján számított nyíróerő nagyobb, mint a képlékeny csuklók teherbírásából számított nyíróerő, akkor a $V_{Ed,EQ}$ földrengési nyíróerőt felülírja a program a modális válaszspektrum-analízis alapján számított értékkel.**

Eredmények ábrázolása



A szeizmikus terhelésből kialakuló képlékeny csuklóknak megfelelő $M_{i,d}$ végnyomatékokból számított tervezési nyíróerőt csak olyan esetekben számítja a program, amennyiben a kiválasztott teherkombinációban van földrengés tehereset, vagy a kiválasztott Mértékadó/Burkoló tartalmaz földrengési teheresetet is magában foglaló teherkombinációt. Az y és z irányokban külön-külön veszi figyelembe a program a kapacitástervezési nyíróerőt.
Képlékeny csuklót tartalmazó oszlopnál a földrengésből származó (amely a következő két érték közül a maximum: modális válaszspektrum-analízis alapján számított nyíróerő, képlékeny csuklók teherbírásából számított nyíróerő) nyíróerő és az önsúly és hasznos terhekből származó nyíróerő összegét a program a V_y és V_z diagramokon egy vékony szaggatott és egy vastag folytonos piros vonallal jeleníti meg. Mivel a földrengési hatásnak előre nem ismert az iránya, ezért a földrengési hatásból származó nyíróerőt mind pozitív, mind pedig negatív előjellel fel kell mérni. A vastag piros vonal az abszolút értékben nagyobb értéket reprezentálja.

☞ **A program vizsgálja a szabványban található szerkesztési szabályok teljesülését a minimális/maximális hajlítási vashányadra, a maximális kengyeltávolságra és a minimális kengyelátmérőre vonatkozóan. Amennyiben a megadott vasalás ezen szerkesztési szabályok valamelyikét nem teljesíti, akkor a program figyelmeztetést küld közvetlenül a számítás elvégzése után, illetve az információs ablakban is megjeleníti. A paraméterek megadása során a maximális kengyeltávolságra és a minimális kengyelátmérőre vonatkozó szerkesztési szabályok teljesüléséről a gombra kattintva ad tájékoztatást a program). Képlékeny csuklót tartalmazó oszlopok további, szabványspecifikus szerkesztési szabályainak (pl. anyagminőségek, maximális fajlagos normálerő, stb.) teljesülését a felhasználónak kell vizsgálnia.**

6.5.11. Öszvér keresztmetszetű oszlop ellenőrzése – RC2 modul

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Öszvér keresztmetszet definiálásának lépéseit a **3.1.16.1 Grafikus szelvényszerkesztő** fejezet mutatja be. A szabványos méretezési eljárás a következő feltételeket teljesítő öszvér keresztmetszetekre alkalmazható, ennek megfelelően öszvér oszlopként csak azon elemek méretezhetők a programban, amelyek a következő feltételeket teljesítik:

- az acél szelvény anyagának S235 és S460 minőségek között kell lennie;
- a beton osztályának C20/25 és C50/60 között kell lennie;
- az oszlop elkülönített és egy olyan keretszerkezet része mely szintén öszvér vagy acél elemekből áll;
- kétszeresen szimmetrikus (és nem változó) keresztmetszet.

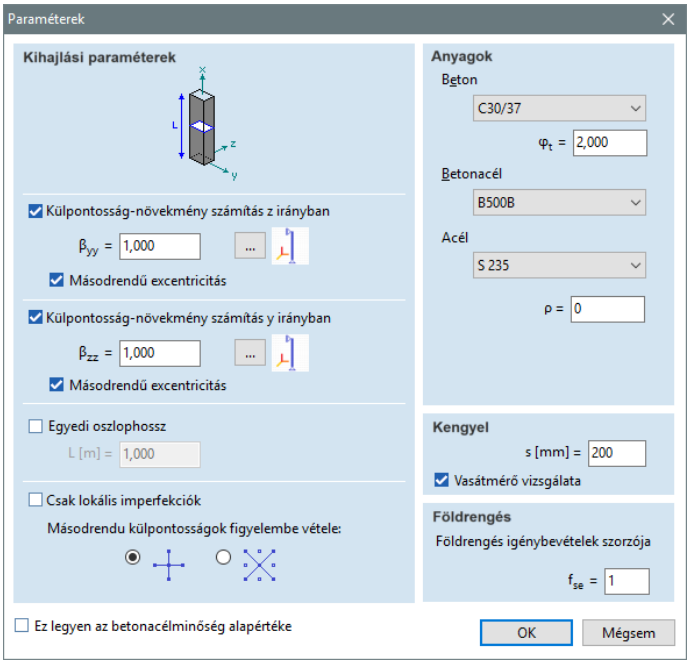
Felhívjuk a figyelmet, hogy mind az Eurocode, mind a SIA szabvány további feltételeket is szab a méretezési eljárás alkalmazhatóságára vonatkozóan. Ezen kritériumoknak teljesülését a felhasználónak kell ellenőriznie. A program a következő esetekben küld figyelmeztetést:

- amennyiben az acél szelvény vagy a beton anyagminősége nem esik a vizsgálható tartományba;
- amennyiben a lemezhorpadás hatását nem lehet figyelmen kívül hagyni (a számítás a lemezhorpadás hatását nem veszi figyelembe);
- amennyiben a δ (acél hozzájárulás a teherbíráshoz) tényező kívül esik a vizsgálható tartományon;

Öszvér keresztmetszetű oszlopok ellenőrzésének lépései a programban megegyeznek egy hagyományos vasbeton oszlop ellenőrzésének lépéseivel. Ebből kifolyólag az alapvető lépéseket nem ismertetjük újból, az eltérésekre azonban minden esetben kitérünk.

Paraméterek



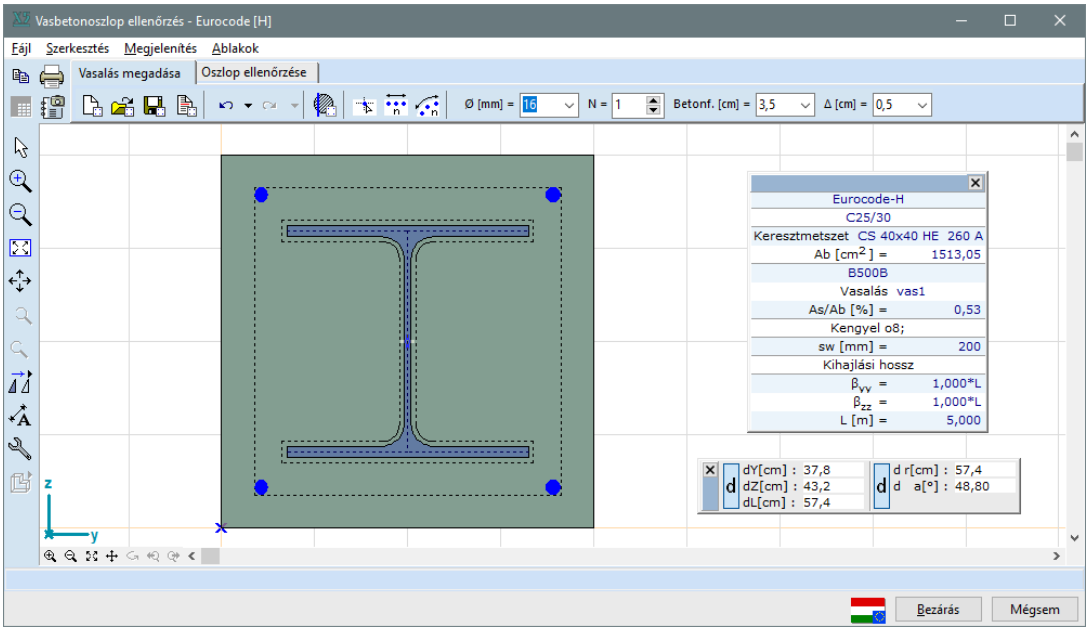


A fent bemutatott ablak szolgál a tervezési paraméterek megadására. A vasbeton oszlopnál már bemutatott paramétereken (lásd a két hivatkozott fejezet) kívül megadható még a belső acél szelvény anyagminősége, illetve a nyíróerő hatását figyelembe vevő tényező (ρ). A ρ tényezőt abban az esetben kell alkalmazni, amennyiben az acél szelvényre jutó nyíróerő ($V_{a,Ed}$) meghaladja az acél szelvény nyírási ellenállásának ($V_{pl,a,Rd}$) 50%-át. A ρ tényező segítségével a belső acél szelvény gerincében figyelembe vehető folyáshatárt csökkentjük és a következő értéken vesszük figyelembe:

$$(1-\rho)\cdot f_{yd}$$

Vasalás megadása

Az oszlopvasalási paramétereket az alábbi szerkesztőablakban adhatjuk meg ugyanolyan módon, ahogy a vasbeton oszlop esetében már bemutattuk. Öszvér keresztmetszetek esetében nem csak külső betonfedést, hanem az acél szelvényhez tartozó betonfedést (Δ) is megadhatunk.



Oszlop ellenőrzése

Az *Oszlop ellenőrzése* fülre kattintva a program a keresztmetszeti adatok és vasalási paraméterek alapján elvégzi az oszlop ellenőrzését külpontos nyomással/húzással szemben. A számítás részleteit a következő alpontokban foglaljuk össze. Az eredmények grafikus és táblázatos megjelenítésével kapcsolatban visszautalunk a **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul** fejezetre.

☞ **Öszvér oszlopok tűzállósági méretezése a programban nem támogatott.**

6.5.11.1. Kihasználtságok számítása EC4 és SIA szerint

Az oszlop kihasználtságát egytengelyű y-, illetve z tengely körüli hajlítás esetén a program a következőképpen számítja:

$$\eta_y = \frac{M_{y,Ed}}{\alpha_{M,y} M_{y,N,Rd}} \leq 1.0$$

$$\eta_z = \frac{M_{z,Ed}}{\alpha_{M,z} M_{z,N,Rd}} \leq 1.0$$

ahol

- $M_{y,N,Rd}$ és $M_{z,N,Rd}$ jelöli a teherbírási vonalról leolvasható, síkbeli nyomatéki ellenállásokat a normálerő figyelembevételével,
- $\alpha_{M,y}$ és $\alpha_{M,z}$ szabvány szerinti módosító tényezők (S235 – S355 esetén α_M=0.9; S420 – S440 esetén α_M=0.8).

A teherbírási vonalakat csak y-, illetve z tengely körüli hajlítás esetére állítjuk elő. Ferde hajlítást a program következőképpen ellenőrzi:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,N,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,N,Rd}} \leq 1.0$$

☞ **Előfordulhat, hogy az info ablakban vagy a táblázatban a kihasználtság helyett ??? szimbólum jelenik meg. Ez a szimbólum azt jelenti, hogy az oszlop kihasználtsága nem számítható, mely legtöbb esetben akkor fordul elő, ha a tervezési normálerő meghaladja a keresztmetszet nyomó/húzó határerejét. Ekkor a szabványos, nyomatékon alapuló kihasználtság már nem számítható.**

Tervezési nyomatékok

Az $M_{y,Ed}$ és $M_{z,Ed}$ nyomatékok tartalmazzák az elsőrendű nyomatékokat, az imperfekció hatását és a másodrendű nyomatékot is. A másodrendű nyomatékokat a program úgy veszi számításba, hogy az elsőrendű és imperfekciós nyomatékot is tartalmazó nyomatékot és k tényezővel szorozza:

$$k = \frac{\beta}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,eff}}} \geq 1.0$$

ahol

- β a nyomatéki ábra alakját figyelembe vevő tényező,
- $N_{cr,eff}$ az Euler kritikus erő, melyet a kúszás hatását is figyelembe véve következőképpen számítunk.

$$N_{cr,eff} = \frac{\pi^2 (EI)_{eff,II}}{L_{cr}^2}$$

$$(EI)_{eff,II} = 0.9 \cdot \left(E_a I_a + E_s I_s + 0.5 \cdot E_{cm} \frac{1}{1 + \varphi_t} I_c \right)$$

ahol

- $E_a I_a$ az acél szelvény hajlítási merevsége,
- $E_s I_s$ a vasalás hajlítási merevsége,
- E_{cm}, φ és I_c a beton rugalmassági modulusának várható értéke, a kúszási tényező és a beton keresztmetszet inerciája Euler kritikus erő, melyet a kúszás hatását is figyelembe véve e következőképpen számítunk.

6.5.12. Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás)



A modellben előforduló beton anyagú rúd és borda elemekhez anélkül is hozzárendelhetünk gerendavasalási paramétereket, sőt alkalmazott vasalást is, hogy elvégeznénk a vasalás tervezését és ellenőrzését. A gerendavasalás paraméterei végeselemenként különbözhetnek. Ha nem teljes szerkezeti elemeket akarunk kijelölni, kapcsoljuk be a *Beállítások / Alapbeállítások / Szerkesztés / Vonal végeselemek is kijelölhetőek* opciót.

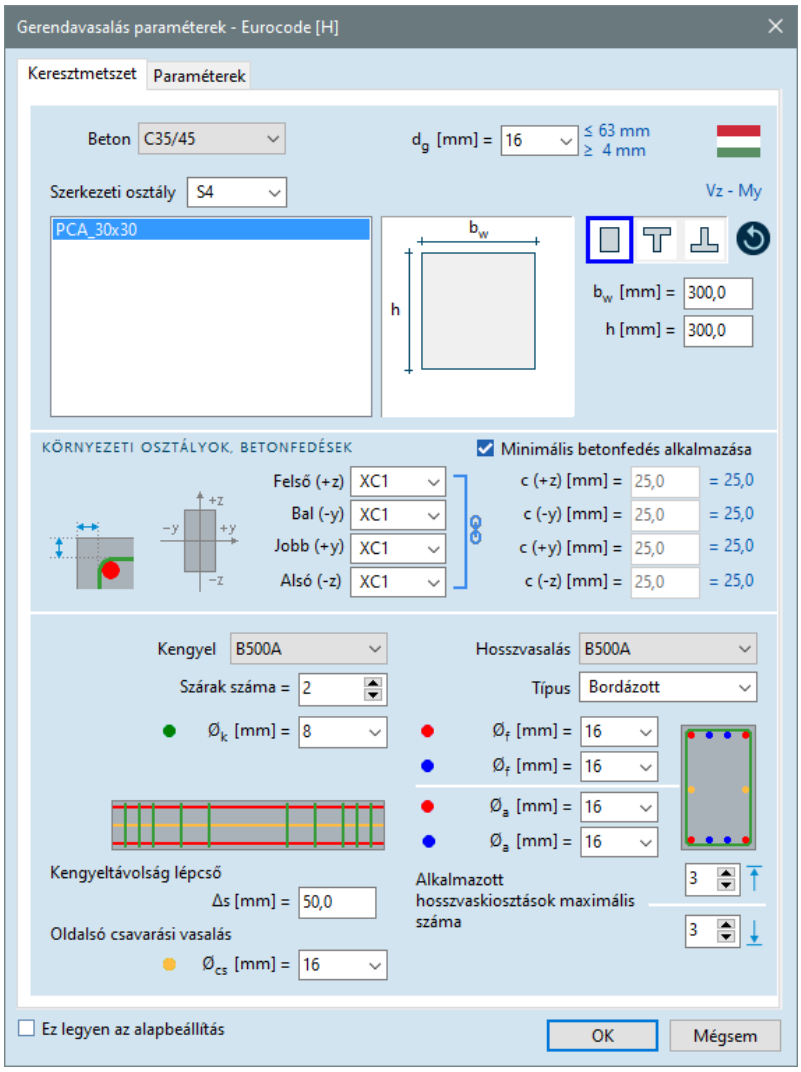
☞ **A programban a gerendavasalás paraméterek ablak döntően egytengelyű hajlításra igénybe vett vasbeton rúdelemek alkalmazott vasalásának megadására szolgál. Függőleges elemekre is definiálható gerendavasalási paraméter.**

Gerenda tervezése (szükséges vasalás meghatározása és ellenőrzése) során *(lásd...* **6.5.13 Gerendavasalás számítás – RC2 modul)** a program az itt beállított paraméterekkel dolgozik.

Gerendák csoportos méretezése

Több kijelölt gerendához egyidejűleg hozzárendelhetőek vasalási paraméterek. Ha valamelyik *Számított gerendavasalás* vagy *Alkalmazott gerendavasalás* eredménykomponenst választjuk ki a legördülő fából (**6.5.13.6 A gerendavasalás globális eredménykomponensei)**, a gerendák méretezési számításai automatikusan lefutnak valamennyi gerendára, ahol ez szükséges.

Keresztmetszet

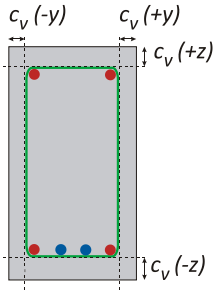


A program felkínálja a kijelölt gerendák eredeti keresztmetszeti méreteit és tulajdonságait, ezeket szükség esetén módosíthatjuk. A módosítás azonban nem jelenti az igénybevételek automatikus újraszámítását, ezért csak indokolt esetben javasolt.
Módosíthatjuk a betonkeresztmetszet anyagát, megadhatjuk a szerkezeti osztályt és az adalékanyag legnagyobb szemcseméretét *(D_{max})*.

☞ **Módosítás esetén az igénybevételek pontos meghatározásához végezze el ismét a számítást a módosított keresztmetszeti adatokkal!**

Környezeti osztályok, betonfedések

A keresztmetszet mind a négy oldalához *(+z, -y, +y, -z)* megadhatjuk a környezeti osztályokat, illetve az alkalmazandó c_v betonfedéseket.
Betonfedésként a beton széle és a kengyel széle közti távolságot kell megadni.
A sorok jobb szélén a környezeti osztályokból és egyéb paraméterekből számított, a szabvány által előírt minimális betonfedés látható. A *Minimális betonfedés alkalmazása* mindenütt a számított értéket állítja be. A környezeti osztályoktól jobbra látható összefogó kapocsra kattintva rögzíthetjük, hogy minden oldalon ugyanaz a környezeti osztály szerepeljen.



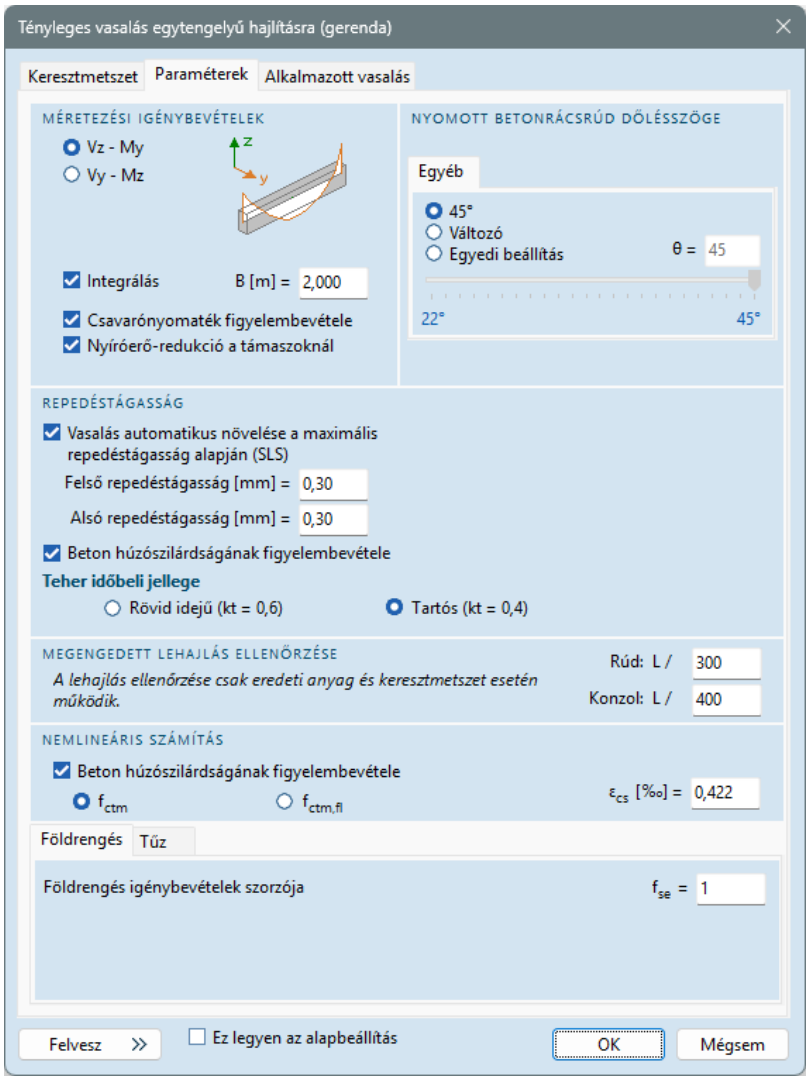
Vasalási paraméterek

Bal oldalon az ábrán zölddel jelölt kengyel és a sárgával jelölt csavarási vas, jobbra a pirossal jelölt sarokvasak és a kékkel jelölt többi hosszvas jellemzőit (anyagát, átmérőjét, stb.) adhatjuk meg. $Ø_f$ a felső, $Ø_a$ az alsó, $Ø_{cs}$ az oldalsó csavarási vas átmérőjét jelenti. A kengyelek és hosszvasak alapértelmezett acélminőségét az ablakban megadott értékre állíthatjuk az *Ez legyen a hosszvasalás és a kengyel acélminőségének alapértéke* bekapcsolásával.

☞ **A következő paramétereket a program csak a gerenda vasalásának tervezésekor használja, azok figyelembevételével osztja ki a hosszvasakat és a kengyeleket.**

A Kengyeltávolság lépcső mezővel beállítható, hogy a kengyelek távolsága mely érték egész számú többszöröse legyen.
Az *Alkalmazott hosszvaskiosztások maximális száma* szabja meg, hogy a program a gerenda mentén hányféle vaskiosztást alkalmazzon (a burkoló nyomatéki ábra változásának követése a vaskiosztással; külön érték adható meg a felső és az alsó vasakra).

Paraméterek



A számított vasalás tervezéséhez és ellenőrzéséhez szükséges paraméterek.

Méretezési igénybevételek

A gerenda méretezési síkjának beállítása.
A *Nyíróerő-redukció a támaszoknál* kapcsoló hatására a szabvány szerint redukálja a méretezési nyíróerőt.
A *Csavarónyomaték figyelembevétele* kapcsoló ki-/bekapcsolásával szabályozhatjuk, hogy a számítás figyelembe vegye-e a méretezés során a statikai számításból származó csavarónyomatékot.
(Lásd az EN 1992-1-1, 6.3.1. fejezet (2) bekezdését)
Lemezhez kapcsolódó bordák esetén az *Integrálás* kapcsolóval szabályozhatjuk, hogy a vasbeton gerenda igénybevételeit a bordaelemekből olvassa ki a program, vagy a háttérben egy virtuális sáv objektummal integrálja a kapcsolódó lemez igénybevételeit is a felhasználó által megadott B szélességen belül (Az integrálási szélesség összesen B méretű, azaz a gerenda tengelyétől jobbra és balra B/2). Integrálás esetén a szoftver tud számolni a gerendában ébredő normálerővel is. Ellenkező esetben a bordaelemekben ébredő normálerő nem használható a méretezéshez, ugyanis nem tartalmazza a lemezben ébredő normálfeszültségek hatását.

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge

Az EN 1992-1-1 (Eurocode 2) megengedi a nyomott betonrácsrúd θ dőlésszögének megválasztását.
A 6.2.3 (2) pont szerint: $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2{,}5$.
A SIA 262 4.3.3.3.2 szerint: $25° \leq \alpha \leq 45°$
Lapos dőlés (meredek repedés) esetén a repedés kevés kengyelt metsz, a nyírási vas kedvezőtlen, a nyomott beton rácsrúd kedvező helyzetbe kerül. Meredekebb dőlés (lapos repedés) esetén a repedés sok kengyelt metsz, a nyírási vas kedvező, a nyomott beton rácsrúd kedvezőtlen helyzetbe kerül.

A program változó dőlésű betonrácsrúd esetén (második lehetőség) a minimális nyírási vasra optimalizálja a dőlésszöget. Nem elhanyagolható húzóerő és csavarás esetén a dőlésszöget 45°-ra ajánlott állítani.

Repedéstágasság

A repedéstágasságot a kiszámított hosszvasalás alapján határozzuk meg.
A *Vasalás automatikus növelése a maximális repedéstágasság alapján* jelölőnégyzet bekapcsolása esetén megadhatunk egy maximális repedéstágasságot, amihez a program meghatározza a szükséges hosszvasalást. Ebben az esetben a program a húzott betonacélok számát legfeljebb $A_s < A_{smax}$ értékig növeli, amíg a számított repedéstágasság a határérték alá nem süllyed.

A *Beton húzószilárdságának figyelembevétele* jelölőnégyzet alkalmazása esetén repedéstágasság csak akkor jelenik meg, ha a betonban keletkező húzófeszültség meghaladja a beton húzószilárdságát.
A Teher időbeli jellegét tükrözi a k_t teher tartósságától függő tényező, melynek értéke rövid idejű terhelés esetén 0,6, hosszú idejű (tartós) terhelés esetén 0,4.

Megengedett lehajlás ellenőrzése

A program a megengedett lehajlást is ellenőrzi a rúdra, illetve konzolra beállítható feltételeknek megfelelően. *L* a gerenda hosszát jelöli. **A lehajlás ellenőrzését a program csak akkor végzi el, ha nem változtatunk a lineáris statikai számításban beállított eredeti anyagminőségen és keresztmetszeten.**

A földrengés igénybevételek szorzójával kapcsolatban *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**

Kapacitástervezés

Beállítható, hogy a gerendák a modellben elsőrendű, vagy másodrendű szeizmikus elemek, azaz földrengési hatással szemben méretezni kívánjuk-e őket. Csak abban az esetben definiálhatók képlékeny csuklók a gerenda végeire (**6.5.13.1 Gerendavasalás tervezés lépései**), amennyiben a gerenda földrengési hatásra méretezett gerenda. Kiválasztható a gerenda duktilitási osztálya is (M – DCM, H – DCH), amely a maximális kengyeltávolság megállapításában játszik szerepet. Nyírási teherbírás számításakor H duktilitási osztály esetén a program 45°-os nyírási repedéssel számol (EN 1998-1).

Fajlagos normálerő szeizmikus tervezési állapotban

Szeizmikus tervezési állapotban a vasbeton elemek duktilitása többek között függ az elemben ébredő normálerő előjelétől és mértékétől. Normálerőnek kitett szerkezeti elemekben ezért a normálerő szintjét korlátozni kell. Ennek ellenőrzését segíti az eredménykomponensként lekérdezhető és grafikusan megjeleníthető, $A_c f_{cd}$-re normalizált normálerő.

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

Az értékelésnél fontos figyelembe venni, hogy a nyomás pozitív. Húzás esetén negatív érték jelenik meg, amely természetesen csak tájékoztató jellegű, ugyanis nagy húzóerőt a beton nem tud felvenni. Húzóerő jelenlétére figyelmeztető üzenet is felhívja a felhasználó figyelmét. Ezt az eredménykomponenst a szoftver csak szeizmikus teheresetre, szeizmikus teherkombinációra (a kombináció típusa számít), vagy ilyet tartalmazó burkolóra, illetve szeizmikus mértékadó kombinációra számítja ki.

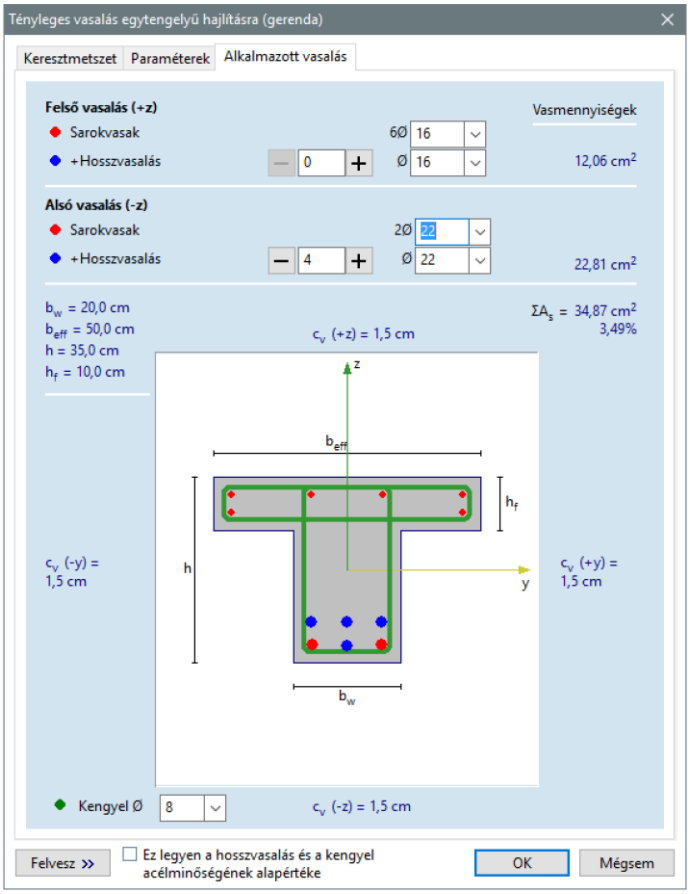
Tűzállósági méretezés

Vasbeton gerendák tűzállósági méretezésével kapcsolatban bővebb információ egy későbbi fejezetben található (*lásd...* **6.5.14 Vasbeton szerkezetek tűzállósági méretezése – RC8 modul**).

Alkalmazott vasalás



Itt adható meg az az alkalmazott (konstans) vasalás, amit a program a nemlineáris lehajlás számításakor figyelembe vesz. A szükséges számú sarokvas mindenképp bekerül a keresztmetszetbe, de az átmérőjük beállítható, ahogy a kengyeleké is. A megadott számú és átmérőjű hosszvas elhelyezését a program automatikusan végzi.
Az ablak tájékoztat a sarok- és hosszvasak alapján számolt teljes vasmennyiségről és a vashányadról. Ha a vashányad a maximális vashányad fölé emelkedik, az érték pirossá válik.
A maximális vashányadot a választott szabvány szerint határozza meg a szoftver. Eurocode szabványok esetén ez a szabvány paraméterek között állítható.

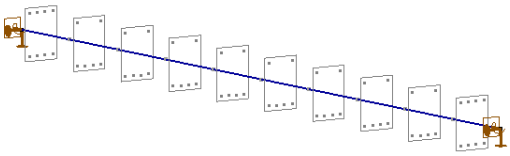


Felvesz

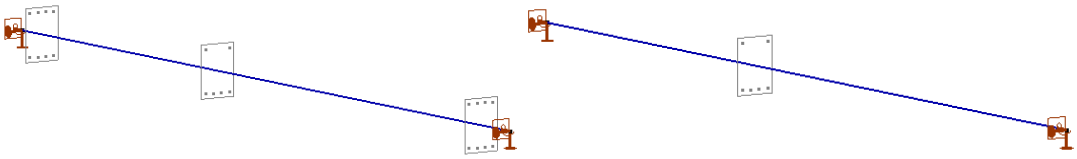
A *Felvesz* gombra kattintva felvehetők egy másik gerendához megadott méretezési paraméterek.

Alkalmazott vasalás megjelenítése

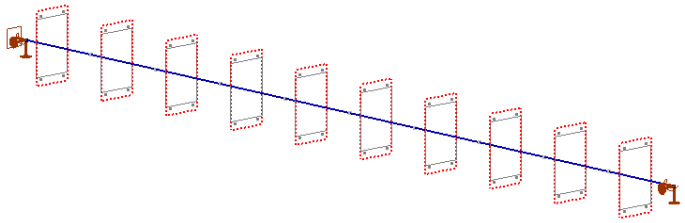
Ha drótváz nézetben bekapcsoltuk a modellen a keresztmetszetek vázlatrajzát (*Megjelenítés / Szimbólumok / Grafikus szimbólumok / Szelvény alak, lásd...* **2.16.21 Megjelenítés**), akkor alkalmazott vasalás megadása után a keresztmetszet vasalása is láthatóvá válik.



Amennyiben egy vonalelemre hálót generálunk (*lásd...* **4.12.1.1 Hálógenerálás vonalelemekre**), az egyes végeselemekre külön is definiálható alkalmazott vasalás a *Beállítások / Alapbeállítások / Szerkesztés / Vonal végeselemek is kijelölhetőek* opció bekapcsolása után. Az elem mentén különböző vasalás definiálása esetén a hálózat rajzának kikapcsolása után az elem végein, illetve közepén alkalmazott vasalás jelenik meg. Konstans vasalás esetén a hálózat rajzának kikapcsolása után egy vasalási rajz jelenik meg.



A gerendavasalási paraméterek megadása során lehetőség van a keresztmetszet változtatására is. Amennyiben a végeselemhez rendelt szelvény nem egyezik meg a gerendavasalási paraméterek ablakban megadott szelvénnyel, akkor az eredeti szelvény változatlan módon, a módosított paraméterekkel megadott keresztmetszet piros pontvonallal kerül ábrázolásra. Ilyen esetekben az eredmények pontosításához az eredeti szelvény paramétereinek frissítése és az analízis újra futtatása szükséges.



Nemlineáris vizsgálat

Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris számítása (*lásd részletesen...* **6.5.5 Vasbeton oszlop- és gerendaelemek nemlineáris vizsgálata**) során figyelembe vett bizonyos paraméterek a felhasználó által állíthatók:

- beton húzószilárdságának figyelembevétele;
- húzószilárdság/hajlító-húzó szilárdság figyelembevétele a húzott oldalon;
- zsugorodási alakváltozás.

6.5.13. Gerendavasalás számítás – RC2 modul

Szabványok

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

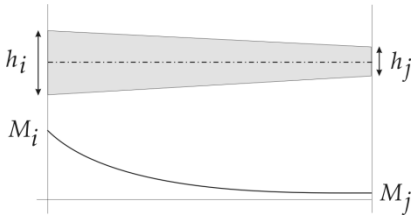
☞ **Gerendának tekintjük azokat a szerkezeti elemeket, amelyeknek egyik irányú mérete lényegesen nagyobb a másik kettőnél, és normálerő nem, vagy csak elhanyagolható mértékben terheli.**

A programmodul téglalap keresztmetszetű és fejlemezes, konstans vagy változó keresztmetszetű gerendák, bordák (alul- és felülbordás lemezek) vasalástervezésére alkalmas szimmetriasíkban történő hajlítás és nem számottevő normálerő esetén. A vizsgált részen a gerenda azonos anyagú. A számított hosszanti alsó és felső vasalás azonos anyagú (a kengyeleknek lehet a hosszvasalástól eltérő anyaga).

Gerendavasalás paraméterek

Gerenda tervezése (szükséges vasalás meghatározása és ellenőrzése) során a program a Gerendavasalás paraméterek ablakban beállítható értékekkel dolgozik (**6.5.12 Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás)**).
A változó keresztmetszet okozta nyíróerő növekményt (csökkenést) a program a figyelembe veszi. Ha a tartó hossztengelye mentén haladva a tartó magassága és a nyomaték azonos értelemben változik, akkor a nyírási teherbírás nő, ellenkező esetben csökken.

Változó keresztmetszet



Ha a $|h_i - h_j| \cdot |M_i - M_j|$ szorzat pozitív, akkor csökken a nyíróerő.
A program a nyíróerőt a $\Delta V = 2A_s f_{yd} \sin\alpha$ értékkel módosítja, ahol A_s a számított húzott hosszvasalás keresztmetszeti területe, α a tartó szélső szála és a tartó hossztengelye által bezárt szög.

A program feltételezi, hogy a hosszvasalás a tartó szélső szálával párhuzamos.

☞ **A program csak az itt leírt vizsgálatokat végzi el, minden más, a szabványban előírt vizsgálatokat a felhasználónak kell elvégeznie.**
A modul nem vizsgálja a ferde hajlítás, az összetett igénybevétel hatását, a gerendák kifordulását, valamint az erőbevezetés helyén a tengelyre merőleges nagy nyomófeszültség hatását.
Nem alkalmas a modul a rövid konzolok vasalásának tervezésére.

Tervezési számítások

A *Tervezési számítások* gombra kattintva megtekinthetőek és kinyomtathatóak a szabvány által előírt részletes számítások. Amennyiben a *Tervezés*, vagy a *Számított gerendavasalás* fülön állunk, akkor a program a számított szükséges vasalással számol, az *Alkalmazott gerendavasalás* fülön a felhasználó által megadott vasalással. A szabvány hivatkozott fejezetei a szövegben kék színnel jelennek meg.
Elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.

6.5.13.1. Gerendavasalás tervezés lépései

Gerendavasalás tervezése

A tervezés két lépésből áll:

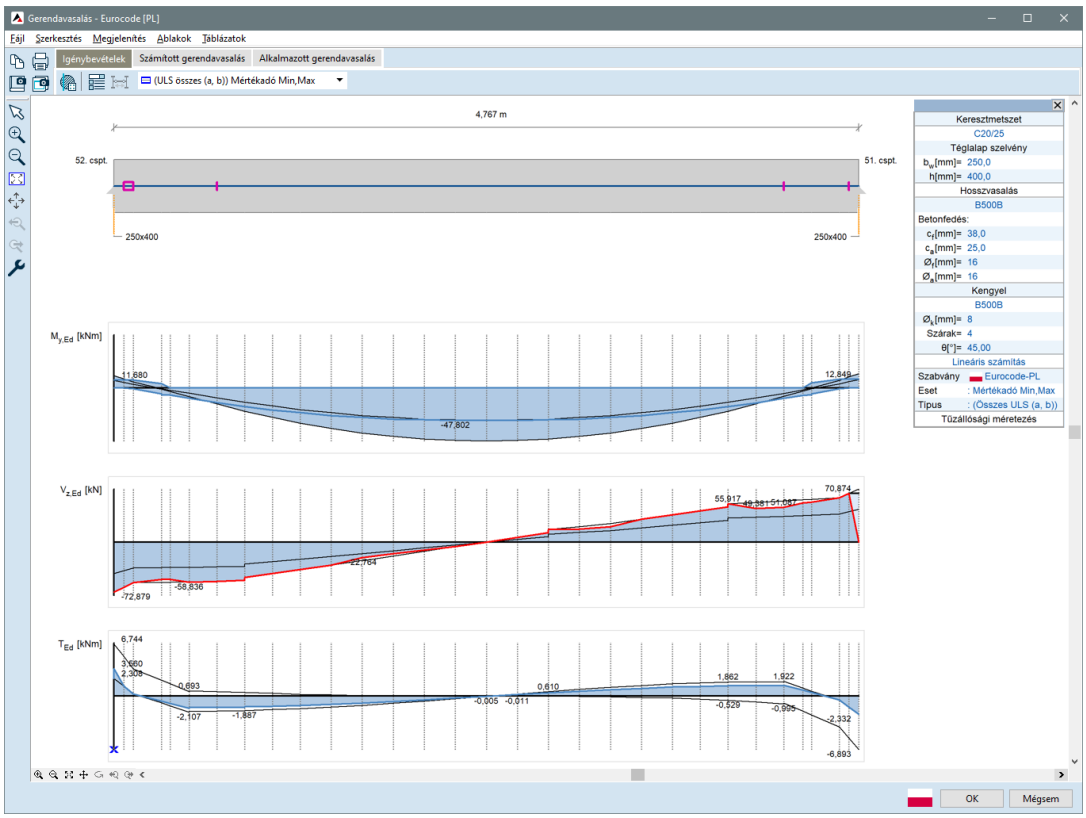
1.) Hosszvasalás tervezése *My* vagy *Mz* nyomatékra
2.) Nyírási kengyelek távolságának kiszámítása *Vz* vagy *Vy* nyíróerőre és *Tx* csavaró-nyomatékra.

A nyomatéki vasalás számításánál a normálerőt elhanyagoljuk, számottevő normálerő esetén az oszlopvasalás-ellenőrző modul használatát ajánljuk.

A hajlítást és a nyírást/csavarást külön vizsgáljuk, de a nyírási teherbírás számításánál figyelembe vesszük a keresztmetszetben számított húzott hosszvasalás keresztmetszeti területét (EC2, DIN1045-1, SIA262). A hosszanti vasalásban a ferde repedések okozta húzóerő növekményt a nyomatéki ábra elcsúsztatásával vesszük figyelembe.

A következő diagramok megjelenítésére van lehetőség: Tervezési nyomaték *(My_{Ed})*, alulra, illetve felülre számított vasmennyiség *(A_s)*, tervezési nyíróerő *(Vz)*, kengyeltávolság *(s_w)*, tervezési csavarónyomaték *(Tx)*, oldalsó csavarási vasalás *(A_{sl})*.

Igénybevételek



Hosszvasalás hajlításból

A program a szükséges hosszvasalás meghatározásánál a hasznos magasság megállapításánál figyelembe veszi a beállított hosszvas átmérőt.
A vasalási diagramon a húzott vasmennyiség kék, a nyomott vasmennyiség piros, a szerkesztési szabályokban megadott minimális húzott és nyomott vasmennyiség szürke színnel jelenik meg.

Kengyeltáv

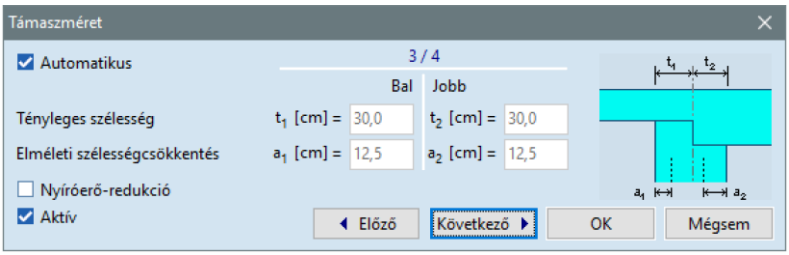
Fekete vonal jelöli a maximális kengyeltávot, kék vonal a számított, míg a szürke vonal a szerkesztési szabályokból adódó értéket mutatja.

Hosszvasalás csavarásból

A vasalási diagramon a hosszvasalás lila színnel jelenik meg.
Ezt a vasmennyiséget a program a „Számított gerendavasalás" lapon az alsó és felső számított hajlítási hosszvasaláshoz adja hozzá, figyelembevéve az EN 1992-1-1 6.3.2 fejezet (3) bekezdés utolsó mondatát (*„A hosszirányú vasalást általában egyenletesen kell elosztani a z_i oldal hossza mentén, de az kisebb keresztmetszetek esetén az oldalhosszak végeiben koncentráltan is elhelyezhető."*) valamint a 9.2.3. fejezet (4) bekezdését (*„A hosszirányú acélbetéteket úgy kell elhelyezni, hogy legalább egy acélbetét kerüljön mindegyik sarokba, a többi pedig egyenletesen legyen elosztva a kengyelek belső kerülete mentén egymástól legfeljebb 350 mm távolságban."*)

Támaszok módosítása

A program a lehetséges támaszelemeket (oszlopok, falak, csatlakozó gerendák, csomóponti támaszok) automatikusan felismeri, de a tervezőnek lehetősége van ezeket módosítani.
A támasz szimbólumra kattintva a következő dialógusablak jelenik meg.



A dialógus ablakban a következő paramétereket szabályozhatjuk:

Automatikus

A jelölőnégyzet bekapcsolásával a támasz méretei a modell alapján automatikusan lesznek meghatározva. Kikapcsolt esetben a *Tényleges szélesség* és *Elméleti szélességcsökkentés* adatokat kell megadni. Itt beállítható a támasz tengelyvonalától balra, illetve jobbra mért szakasz, melyet a számítás során figyelmen kívül hagyunk (a_1 és a_2 értéke nem azonos a támaszfelfekvéssel!). Az igénybevételeket lineárisan interpoláljuk a szakasz szélei között.

Nyíróerő redukció

A *Nyíróerő-redukció* kapcsoló hatására a szabvány szerint redukáljuk a méretezési nyíróerőt a támasz felett.

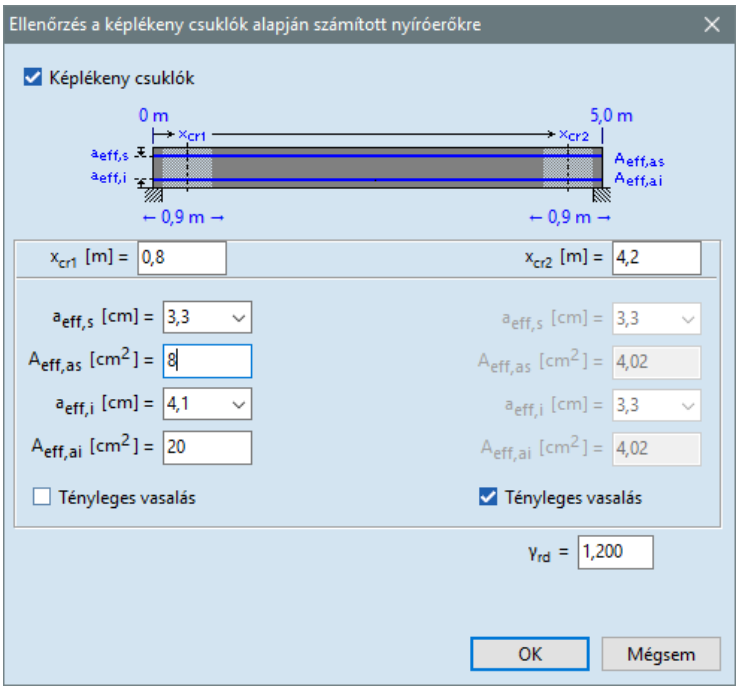
Aktív

Kikapcsolt esetben nem vesszük figyelembe a támaszt a méretezés során.

Képlékeny csuklók definiálása



Földrengési hatással szembeni méretezés esetén, disszipatív és duktilis szerkezet tervezésekor (DCM és DCH duktilitási osztályok) gondoskodni kell a gerenda rideg nyírási töréssel szembeni biztonságáról (EN 1998-1). A tervezési nyíróerőt ilyenkor a kapacitástervezési szabállyal összhangban, a keresztirányú erőkből és a gerenda egyensúlya alapján számított nyíróerőből határozza meg a program, tekintettel a szeizmikus terhelésből kialakuló képlékeny csuklóknak megfelelő Mi,d végnyomatékokra (ahol i = 1, 2 a gerenda végkeresztmetszeteit jelöli). A paraméterek között megadható a képlékeny csuklók távolsága és vasalása, illetve a biztonsági tényező. A *Tényleges vasalás* feliratú kapcsoló bekapcsolásával a vasalási jellemzőket a képlékeny csuklóhoz a program automatikusan felveszi a beállított alkalmazott vasalás alapján (**6.5.13.3 Alkalmazott gerendavasalás módosítása és ellenőrzése**). A képlékeny csuklók alatt látható hossz az ún. kritikus tartomány, amelyen a megfelelő duktilitás eléréséhez szükséges szigorúbb szerkesztési szabályok teljesülését vizsgálja a program.



A kapacitástervezés során, földrengési szituációban (amennyiben a választott teherkombinációban szerepel földrengés tehereset) a tervezési nyíróerőt az alábbiak szerint számítja a program.

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} + V_{Ed,EQ}$$

ahol:

- $V_{Ed,0}$ jelöli az önsúly és hasznos terhekből származó nyíróerőt,
- $V_{Ed,EQ}$ a szeizmikus hatásból származó nyíróerő.

$$V_{Ed,EQ} = \gamma_{Rd} \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l}$$

ahol:

- l a képlékeny csuklók távolsága ($x_{cr2} - x_{cr1}$).

Mivel a földrengési hatásnak előre nem ismert az iránya, ezért a földrengési hatásból származó nyíróerőt mind pozitív, mind pedig negatív előjellel figyelembe veszi a program.

☞ **Amennyiben egy keresztmetszetben a modális válaszspektrum-analízis alapján számított nyíróerő nagyobb, mint a képlékeny csuklók teherbírásából számított nyíróerő, akkor a *VEd,EQ* földrengési nyíróerőt felülírja a program a modális válaszspektrum-analízis alapján számított értékkel.**

☞ **A program vizsgálja a szabványban található szerkesztési szabályok teljesülését a maximális kengyeltávolságra vonatkozóan és eszerint számítja ki a szükséges kengyelkiosztást. Képlékeny csuklót tartalmazó gerendák további, szabványspecifikus szerkesztési szabályainak (pl. anyagminőségek, keresztmetszeti méret, vashányad, kengyelátmérő) teljesülését a felhasználónak kell vizsgálnia.**

6.5.13.2. Számított gerendavasalás ellenőrzése

Számított gerendavasalás

A *Számított gerendavasalás* fülön diagramokon láthatjuk az általunk választott mennyiségeket. Az alábbi eredményeket tudjuk megjeleníteni:
Számított vasalás *(A_s)* (mely hajlítónyomatéki vasaláson túl tartalmazza a kerület alsó és felső részére számított csavarási hosszvasalást is), oldalsó csavarási vasalás *(A_{sL})*, repedéstágasság *(w_k)*, kengyeltávolság *(s_w)*, határnyomaték *(My_{Rd})*, határnyíróerő *(Vz_{Rd})*, csavarási ellenállás *(Tz_{Rd})*, hajlítónyomatéki kihasználtság *(My_{Ed}/My_{Rd})*, nyírási kihasználtság *(Vz_{Ed}/Vz_{Rd})*, csavarási kihasználtság *(Tz_{Ed}/Tz_{Rd})*, relatív lehajlás *($e_{z,rel}$)*, abszolút lehajlás *($e_{z,abs}$)*.



Teherbírási határállapotok (ULS)

Tiszta hajlítás

A program a számított és kiosztott vasalás alapján kiszámítja a hajlítónyomatéki teherbírást (M_{Rd}). A program jelenlegi verziója a gerenda hajlításánál a normálerőt nem veszi figyelembe, számottevő

normálerő esetén javasoljuk a vasbeton oszlop modul használatát. A program megjeleníti a hajlítónyomatéki kihasználtság $\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)$ diagramját is.

Nyírás

A program kiszámolja a keresztmetszetek nyírási teherbírását:
- a beton nyírási teherbírását nyírási vasalás nélkül (csak Eurocode-nál!)
- a ferde nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális nyírási teherbírást
- a kiszámított kengyelezés teherbírását ($V_{Rd,s}$).

A tervezési nyíróerő és a fentiek szerinti nyírási teherbírás alapján a program megjeleníti a nyírási kihasználtság $\left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}\right)$ diagramját is.

Nyírás és csavarás

A program kiszámolja a keresztmetszetek nyírási-csavarási teherbírását:

- a keresztmetszet nyírási és csavarási teherbírását méretezett nyírási-csavarási vasalás nélkül (csak Eurocode-nál!)
- a keresztmetszet maximális nyírási és csavarási teherbírását a nyomott zónák morzsolódása alapján, valamint
- a kengyelezés nyírási $\left(V_{Rd,s}\right)$ és csavarási $\left(T_{Rd,s}\right)$ teherbírását, a kengyel keresztmetszetet az alábbiak szerint megosztva a nyírás és a csavarás között:

A teljes kengyelkeresztmetszetből (A_{sw}) csavarásra figyelembe vett részt $\left(A_{sw,T}\right)$ a csavarónyomatékból (T_{Ed}) számított nyíróerő (V_{Edi}) és a nyíróerő (V_{Ed}) arányából számítja az alábbiak szerint:

$A_{sw,T} = \frac{V_{Ed,i}}{V_{Ed,i}+V_{Ed}} \cdot A_{sw}$, ahol:
A_{sw} egy kengyelszár keresztmetszeti területe
$V_{Edi} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} \cdot z$ csavarásból származó nyíróerő
V_{Ed}: nyíróerő tervezési értéke

A program csak a külső kengyelszárakat veszi figyelembe csavarásra.

Használhatósági határállapotok (SLS)

Repedéstágasság

Az ellenőrzés fülre kattintva a program a **kijelölt teherkombináció alapján** számított alsó és felső vasalás, valamint megadott elsődleges betonacélátmérők alapján meghatározza a betonacél kiosztást alul és felül a szabványos legkisebb betonacél-távolságot figyelembe véve.
Amennyiben egy sorban nem férnek el az acélbetétek, a program kettő, vagy több sorban is elhelyez vasakat úgy, hogy legalább két betonacél (a kengyelszár mellé) kerüljön egy sorba.
A program a fejlemez részbe akkor tesz betonacélt, ha a gerincszélességben nem fér el, de legfeljebb egy sorban és legfeljebb a betonacélok felét.

A program a kijelölt SLS teherkombinációkra számít repedéstágasságot. Ha a kijelölt teherkombinációk között nincs SLS kombináció, akkor az összes kijelölt teherkombinációra.

A program az így elhelyezett betonacélokkal (a nyomott oldalival nyomottként) számítja ki a keresztmetszeti adatokat és az adott keresztmetszetben fellépő, a kijelölt teherkombináció(k) közül a legnagyobb nyomatéki igénybevétel alapján a repedéstágasságot.
Figyeljünk arra, hogyha csak SLS teherkombinációt jelölünk ki, akkor az ehhez számított vasalás alapján történik a repedéstágasság számítása, mely így nagyobb lehet, mint a mértékadó, vagy burkoló teherkombinációból származó vasalás alapján számított repedéstágasság.

Vasalás tervezés repedéstágasságra

Ha megadjuk a repedéstágasság megengedett legnagyobb értékét a párbeszéd ablakban, akkor a program addig növeli a húzott oldali betonacélok számát, amíg a számított repedéstágasság a határérték alá nem süllyed, a betonacélok keresztmetszeti területe azonban legfeljebb az alkalmazott szabvány szerinti maximális érték (a betonkeresztmetszet 4–9%-a) lehet ($A_s \leq A_{s,max}$).

Lehajlás

A lehajlást a program a következő - a biztonság javára tett - közelítő módszerrel számítja:

A program kiszámolja a mezőnyomatéki maximumok helyén és az elméleti támasz-széleken a ζ eloszlási tényezőket, melyeket a támasz szélektől a nyomatéki nullpontig, illetve a mezőben a nyomatéki nullpontok között állandónak tekintünk. A lineáris számításból adódó (abszolút) lehajlást a program redukálja a támaszelmozdulásokkal.

A tartó egy pontjának közelítő lehajlása: $e = e_I(1-\zeta) + e_{II}\zeta$, ahol $\zeta = 1 - \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^2$

e_I közelítő, számított lehajlás (alkalmazott vasalással, repedésmentes állapot): $e_I = e_0 \cdot I_I/I_b$

e_{II} közelítő, számított lehajlás (alkalmazott vasalással, berepedt keresztmetszet): $e_{II} = e_0 \cdot I_{II}/I_b$

e_0 a lineáris számításból a beton effektív rugalmassági modulusával és a támaszelmozdulások figyelembevételével korrigált lehajlás: $e_0 = e_{lin} \cdot E_{cm}/E_{ceff}$

☞ ***Megjegyzés:*** **Mivel a program ebben az ablakban nem hajt végre új analízist, csak becsüli a lehajlásokat a rugalmas eredményekből, az itt számított lehajlások összetettebb szerkezetek/terhelési feltételek esetében jelentősen eltérhetnek az alkalmazott vasalás figyelembevételével végrehajtott nemlineáris analízis – azaz a pontosabb számítás – eredményeitől.**

Eredmények megjelenítése



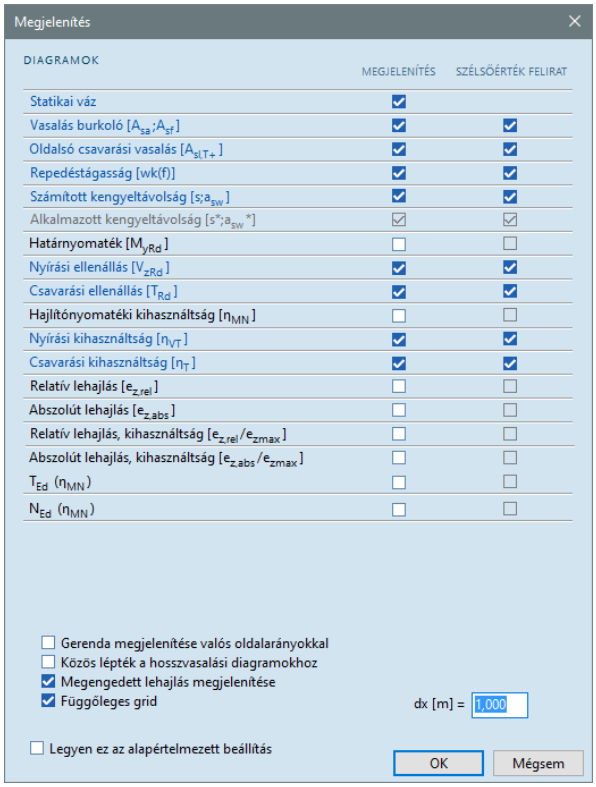
Itt állítható be, hogy a grafikon milyen alkotóelemekből épüljön fel, milyen mennyiségeket jelenítsen meg, és ezek közül melyeket feliratozza.

Gerenda megjelenítése valós oldalarányokkal: a *Statikai váz* diagramon szabályozza, hogy sematikus gerenda-rajz jelenjen meg vagy a valós oldalarányokat tükröző ábra.

Közös lépték a hosszvasalási diagramokhoz: a hajlítási hosszvasalás és az oldalsó csavarási hosszvasalás diagramhoz állít be közös léptéket.

Megengedett lehajlás megjelenítése: a lehajlás diagramra berajzolja a megengedett értéket is

Függőleges grid: ki/bekapcsolja a függőleges osztóvonalakat



Táblázat (ULS)



A részeredményeket keresztmetszetenként táblázat tartalmazza.

A táblázatban minden keresztmetszethez két sor tartozik, mely tartalmazza a felső, illetve alsó vasmennyiségeket (kiosztás és keresztmetszeti terület), az (ULS) igénybevételeket, illetve különböző részeredményeket.

Kérhető rövidített kivonat is, mely ezeket az értékeket csak a jellegzetes pontokon tartalmazza.

A táblázat vaselrendezés oszlopában szögletes zárójelek között a fejlemeznyúlványba helyezett betonacélok száma, míg kerek zárójelek között a gerincbe (a kengyelszárak között) tervezett soronkénti betonacélok száma található.

Táblázat (SLS)



Hasonló táblázatokban jelennek meg az (SLS) igénybevételekkel együtt a repedéstágasság és lehajlás értékei.

A program a felső oldalon húzást okozó (max) nyomatékból számítja a felső oldali repedéstágasságot, az alsó oldalon húzást okozó (min) nyomatékból az alsó oldali repedéstágasságot. Ha a nyomaték nem okoz húzást az adott oldalon (negatív max vagy pozitív min nyomaték) akkor 0 nyomatékkal számol a program. Ekkor 0 érték szerepel a táblázatban, zárójelben pedig a tényleges nyomaték látható.

☞ **A kétféle (ULS/SLS) táblázatban csak akkor szerepelnek eltérő igénybevételek, ha a vasalást burkoló vagy mértékadó igénybevételekre kértük. Teheresetek vagy egyedi teherkombinációk esetén a számítás ugyanazokra az igénybevételekre történik.**

6.5.13.3. Alkalmazott gerendavasalás módosítása és ellenőrzése

Alkalmazott gerendavasalás módosítása

Az *Alkalmazott gerendavasalás* fülön a gerenda hosszvasalását és a gerenda mentén alkalmazott kengyeltávolságokat módosíthatjuk.
Módosítás után a gerendavasalás eredmények automatikusan újra számolódnak, ha a menüben a *Megjelenítés / Automatikus újraszámolás* funkciót bekapcsoljuk. Ha ez lassítja a munkát (például, ha nagyon sok mértékadó kombinációra végig kell vizsgálni a gerendát), a funkció kikapcsolható, ekkor alul megjelenik egy *Számítás* gomb, annak lenyomásával hajtható végre az újraszámítás.



Mindent kijelöl (Ctrl+A)
Az összes végeselemet kijelöli.



A számított vasalás átvétele.
A teljes gerenda mentén a kiválasztott teheresethez vagy teherkombinációhoz tartozó számított vasalás alapján állítja be az alkalmazott hosszvasalást, vagy kengyeltávolságot.

A következő két gombbal választhatunk a hosszvasalás vagy a kengyeltávolság megadása közt.

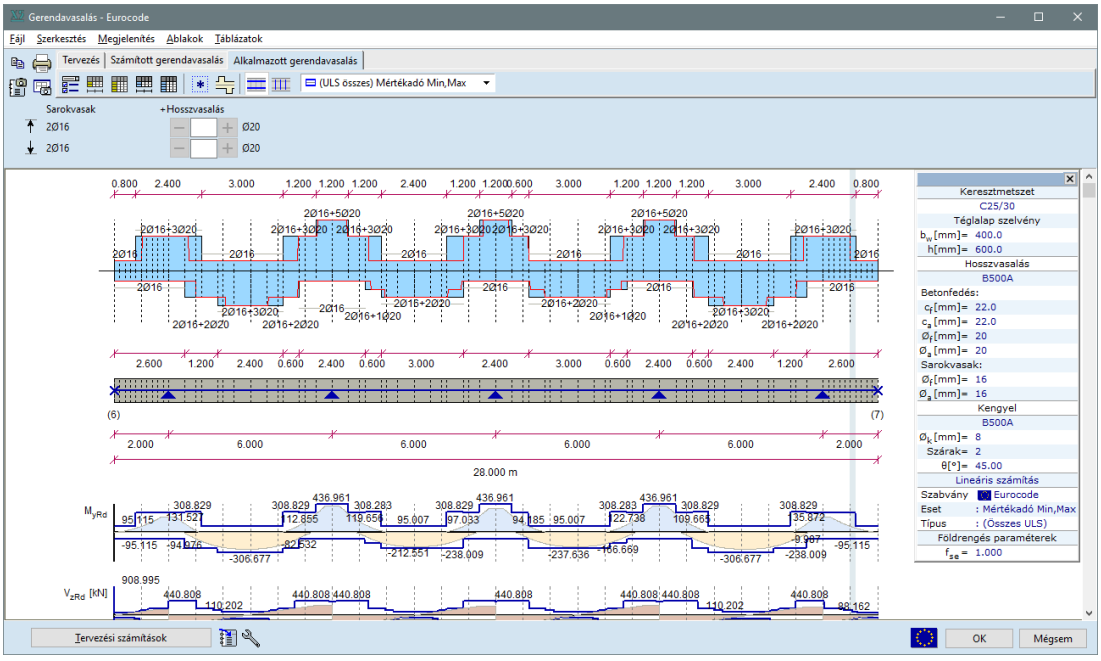
 *Hosszvasalás*  *Kengyeltávolság*



Hosszvasalás
Ha ez a gomb van benyomott állapotban, az alkalmazott hosszvasalást adhatjuk meg.
Végeselemeket kijelölni vagy a kijelölést törölni kattintással vagy húzással lehet. Hozzáadás a kijelöléshez a Shift gomb lenyomásával. Az alsó ill. felső sarok- és hosszvasak átmérője a gerendavasalási paraméterek közt megadott, rögzített érték. A szerkesztőmezőkben a kijelölt elemekre megadott felső, illetve alsó hosszvasak száma látható és átírható, az értékek a – és + gombokkal is csökkenthetők/növelhetők.
Az alkalmazott vasalás világoskék színnel kitöltött diagramján az épp kiválasztott tehereset / teherkombináció szerint számított felső és alsó vasmennyiségeket piros vonal jelzi (ezek megegyezik az A_s diagramokkal).

Alkalmazott gerendavasalás ellenőrzése

A program diagramokon ábrázolja az általunk választott mennyiségeket, ugyanúgy, mint az előző pontban, de itt a megadott alkalmazott vasalást ellenőrzi.
A táblázatok ugyanazok, de az alkalmazott vasalás szerinti értékeket jelenítik meg.



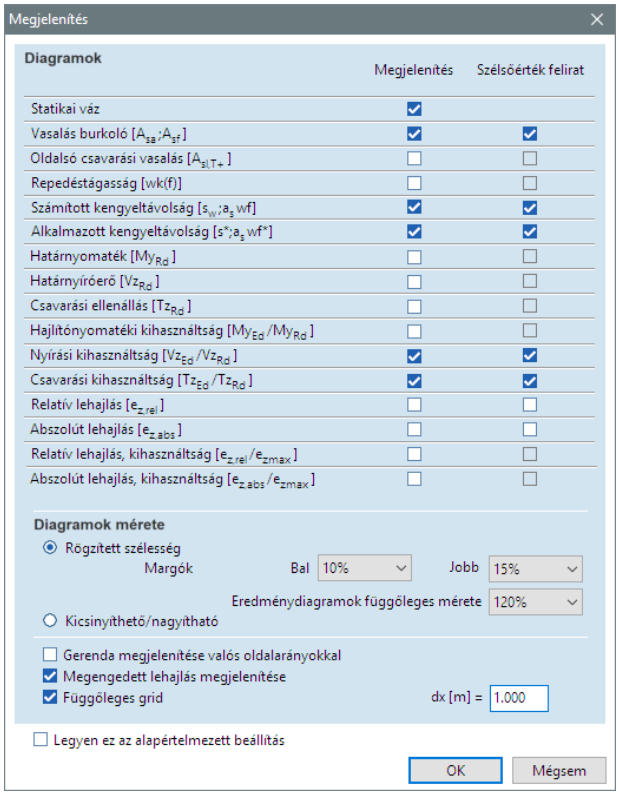
Eredmények megjelenítése



Itt állítható be, hogy a grafikon milyen alkotóelemekből épüljön fel, milyen mennyiségeket jelenítsen meg, és ezek közül melyeket feliratozza.
Az *Alkalmazott gerendavasalás* fülön megjelenő egyedi beállítások:

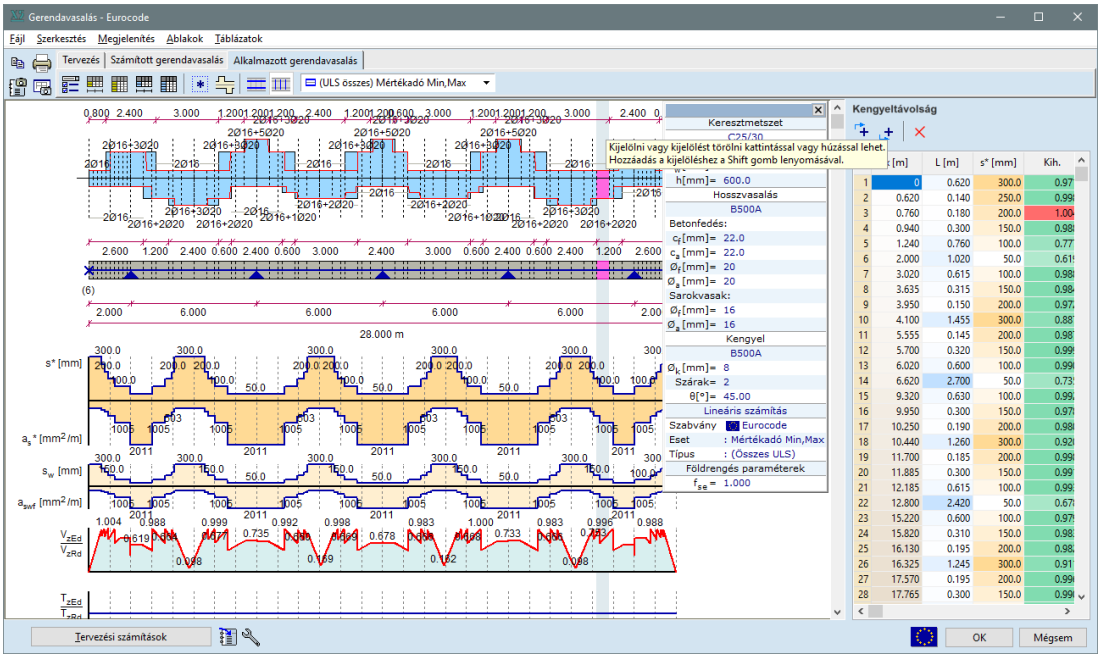
Margók. Beállítható a diagramok bal és jobb oldali margója a teljes ablakszélesség százalékában. Ezzel helyet hagyhatunk az info ablaknak.

Eredménydiagramok függőleges mérete. Az eredménydiagramok függőleges méretét lehet 100% és 300% között állítani. Ugyanez az érték a gerendavasalás ablakban is állítható az egérgörgő segítségével.





Kengyeltávolság
Ha ez a gomb van benyomott állapotban, az alkalmazott kengyeltávolságot adhatjuk meg.
A diagramok közé legfelülre bekerül az alkalmazott kengyeltávolság *(s*)* és a kengyelek abból számított fajlagos vasmennyisége *(a_s*)*, jobboldalt pedig egy szerkeszthető táblázatban megjelenik a gerenda mentén alkalmazott, szakaszonként állandó kengyeltávolság. A táblázat oszlopai az egyes szakaszok *x* kezdőpontját, *L* hosszát, a kengyeltávolság *s** értékét és a kengyelek kihasználtságát mutatják (a kihasználtságok értékei 1 alatt zöld, afölött piros háttérrel jelennek meg).



A kengyeltávolság szerkesztése

A számított vasalás átvétele gomb lenyomása után a táblázatba bekerülnek a számított kengyeltávolságok. A lista a következő módokon szerkeszthető:



Új sor beszúrása az aktuális sor elé
Az aktuális szakasz előtti szakaszt megfelezve új szakaszt hoz létre. A kengyeltávolságok változatlanok maradnak, de módosíthatóak.



Új sor beszúrása az aktuális sor után
Az aktuális szakaszt megfelezve új szakaszt hoz létre. A kengyeltávolságok változatlanok maradnak, de módosíthatóak.



Kijelölt adatsorok törlése
A kijelölt szakaszok törlése után a megelőző szakasz a törölt résszel meghosszabbodik.

Cellák szerkesztése

Egy szakasz kezdőpontja, tehát az *x* értéke az előző és a következő *x* érték közé eső bármilyen értékre módosítható, ekkor a módosított és az őt megelőző szakasz hossza értelemszerűen (egymás rovására) megváltozik. A megengedett határokon kívüli *x* értéket a táblázat nem fogad el.

Egy szakasz hossza, tehát L értéke is csökkenthető-növelhető, de a szakasz végpontja nem tolható a következő szakasz végpontján túl. A módosított és a következő szakasz hossza értelemszerűen (egymás rovására) megváltozik.

6.5.13.4. Gerenda tervezése Eurocode szerint

Eurocode 2

EN 1992-1-1

Jelölések, anyagok, biztonsági tényezők

f_{cd} a beton nyomószilárdságának tervezési értéke

f_{ctd} a beton húzószilárdságának tervezési értéke

α = 0. 8-1.0 (nemzeti melléklet szerint)
a tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező.

α_{ct} a tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező.

γ_c = 1,2 – 1,5
a beton terhelési állapottól függő biztonsági tényezője (2.4.2.4. (1))

f_{yd} az acél folyási határának tervezési értéke

ε_{su} betonacél határnyúlása

E_s (= 200 kN/mm^2), a betonacél rugalmassági modulusa

γ_s = 1,15; az betonacél terhelési állapottól függő biztonsági tényezője (2.4.2.4. (1))

Nyírási-csavarási vasalás tervezése

A méretezés a tervezett nyírási teherbírás az alábbi értékén alapul:

$V_{Rd,c}$ a nyírási teherbírás tervezési értéke nyírási vasalás nélkül

$V_{Rd,max}$ a ferde nyomott betonrudak teherbírásának tervezési értéke

$V_{Rd,s}$ a nyírási teherbírás tervezési értéke nyírási vasalással

$T_{Rd,c}$ a csavarási teherbírás tervezési értéke vasalás nélkül

$T_{Rd,max}$ a ferde nyomott betonrudak teherbírásának tervezési értéke

Alapesetben a program a ferde repedés szögét 45°-osnak feltételezve számolja ki a nyírási-csavarási vasalást.

A program ellenőrzi, hogy – a ferde repedés szögét 45°-osnak feltételezve – a ferde nyomott betonrudak teherbírása megfelel-e a nyírási-csavarási igénybevételnek:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1,$$

ahol:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta}; \quad T_{Rd,max} = 2\nu\alpha_{cw} f_{ctd} t_{efi} A_k \sin\theta \cos\theta$$

Ha megfelel a keresztmetszet, akkor a megvizsgálja, hogy szükség van-e nyírási-csavarási vasalásra a következő összefüggés alapján:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 1,$$

a nyírási teherbírás tervezési értéke nyírási vasalás nélkül

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \varrho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d$$

és a csavarási teherbírás tervezési értéke vasalás nélkül

$$T_{Rd,c} = 2 f_{ctd} t_{efi} A_k$$

Ha szükséges nyírási-csavarási vasalás, akkor

$$\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cot\theta$$

Ez alapján a csavarási hosszvasak mennyisége:

$$A_{sl} = \frac{T_{Ed} u_k}{2A_k f_{yd} \tan\theta}$$

a nyírási-csavarási kengyelek távolsága a $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$ és $V_{Rd,s} \geq V_{Ed} + V_{Edi}$ összefüggésekből

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed} + V_{Edi}} z f_{ywd} \cot\theta$$

A változó dőlésű rácsrúd módszer alkalmazásával jelentős nyírásivasalás- megtakarítás érhető el akkor, ha a nyomott betonrudak teherbírási tartalékkal bírnak, azaz

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \ll 1$$

A nyírási repedés szögét változtatva, a nyomott betonrudak teherbírás szempontjából kedvezőtlenebb, a nyírási acélbetétek pedig kedvezőbb helyzetbe kerülnek, ezáltal kevesebb nyírási vasalásra van szükség. A tényleges megtakarítást a szerkesztési szabályok erősen befolyásolják.
Ha a felhasználó a változó dőlésű rácsrúd módszert választja, akkor a program – a vasalásszámítás előtt – a nyírási repedés szögét úgy határozza meg 21,8° (ctgΘ=*2,5*) és 45° (ctgΘ=1) között, hogy a ferde nyomott betonrudak kihasználtsága a maximális, de legfeljebb 100% legyen.
A repedés szögét apró lépésenként addig növeli, míg nem teljesül, hogy

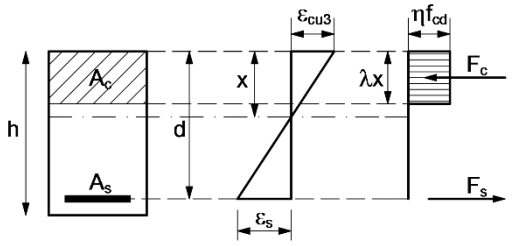
$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

☞ **Nem felel meg a keresztmetszet, ha a mértékadó nyíróerő nagyobb, mint a nyomott betonrudak által felvehető nyíróerő, azaz**

$$\mathbf{\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} > 1}$$

Gerenda hosszvasalása

A gerenda vasalásának tervezése során III. feszültségállapotot feltételezünk: a húzott betonacélok megfolynak ($\sigma_s = f_{yd}$), és a nyomott betonzóna törési határállapotba kerül. A nyomott betonzónában téglalap alakú feszültségeloszlással számolunk (EC2 3.1.7. (3)).



A program nyomott vasalást tervez, amennyiben a nyomott betonzóna magassága meghaladná, azt a határmagasságot, amely mellett a húzott betonacélokban még folyást feltételezhetünk.

A tervezett nyomott betonacélok esetén a kengyeltávolság az adott gerenda szakaszon nem lehet nagyobb, mint a nyomott betonacélok átmérőjének 15-szöröse.

Repedéstágasság számítása

A program a repedéstágasságot a kézikönyv **6.5.7.1** fejezete szerinti összefüggés alapján számítja.

Figyelembe vett szerkesztési szabályok (a magyar nemzeti melléklet vonatkozó szabályaival)

Minimális acél-keresztmetszeti terület 9.2.1.1. (1)	$A_{s,\min} = 0{,}26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$ de legalább $0{,}0013 \cdot b_t d$
Maximális acél-keresztmetszeti terület 9.2.1.1. (3)	$A_{s,max} = 0{,}04 \cdot A_c$
Méretezés részleges befogásból származó hajlítónyomatékra 9.2.1.2. (1)	$M_{Ed} = \beta_1 M_{Ed,max,mező}$ $\beta_1 = 0{,}15$

Az alsó vasalás lehorgonyzása a tartóvégi támasznál (végigvezetett hosszvasalás) 9.2.1.4. (1)	$A_s = \beta_2 A_{s,max,mező}$ $\beta_2 = 0{,}25$
A minimális nyírási acélhányad 9.2.2. (5)	$\rho_{\mathrm{w,min}} = \max\left(\frac{0{,}08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}}; 0{,}001\right)$ ha $b_w > h$, akkor $\rho_{\mathrm{w,min}} = \max\left\{\frac{0{,}08 \cdot f_{ck}}{f_{yk}} \cdot \frac{0{,}0007 + \frac{0{,}0003h}{b_w}}{0{,}001}; 0{,}0007 + 0{,}0003h/b_w\right\}$
A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága 9.2.2. (6)	$s_{l,max} \leq \begin{cases} 0{,}75 \cdot d(1 + cot \propto) \\ 1{,}5 b_w \\ 300\ mm \end{cases}$
Kengyeltávolság nyomott betonacélnál 9.5.3. (3) MEGJEGYZÉS első bekezdése	$s_{cl,tmax} \leq 15\phi_{\mathrm{c,min}}$ ahol $\phi_{\mathrm{c,min}}$ a legkisebb hosszirányú nyomott acélbetét átmérője
A csavarási kengyelek hosszirányú távolsága 9.2.3. (3)	$s_{l,max} \leq \begin{cases} u/8 \\ b_w \\ h \end{cases}$
A hosszirányú csavarási acélbetétek egymástól való legnagyobb távolsága 9.2.3. (4)	$\leq 350\ mm$
Betonacélok közötti távolság	$\geq \max\{20\ \mathrm{mm}; k_1 \cdot \phi; D_{max} + k_2\}$, ahol $k_1 = 1; k_2 = 5\ mm$

6.5.13.5. Gerenda tervezése a svájci szabvány (SIA 262) szerint

SIA 262

Jelölések, anyagminőségek, biztonsági tényezők

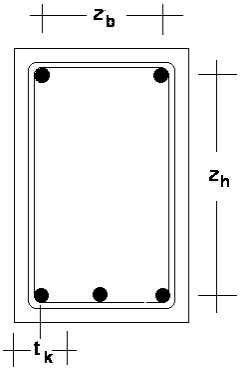
f_{cd}	a beton nyomószilárdságának tervezési értéke
f_{ct}	a beton húzószilárdságának tervezési értéke
γ_c	= 1.5, a beton biztonsági tényezője
f_{yd}	az acél folyási határának tervezési értéke
ε_{su}	betonacél határnyúlása
E_s	(= 200 kN/mm^2) A betonacél rugalmassági modulusa
γ_s	= 1.15, az acél biztonsági tényezője:
k_c	a hosszanti vasalással szöget bezáró beton főfeszültség határfeszültséget csökkentő hatása

Nyírási-csavarási vasalás tervezése

A méretezés a tervezett nyírási teherbírás három értékén alapul:

V_{Rd}	Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet által felvehető nyíróerő tervezési értéke
$V_{Rd,c}$	A nyírási ellenállás felső korlátja (a feltételezett nyomott betonrudak tönkremenetele nélkül felvehető legnagyobb nyíróerő tervezési értéke)
$V_{Rd,s}$	a nyírási vasalással rendelkező keresztmetszet által felvehető nyíróerő tervezési értéke

A nyírási ellenállás felső korlátja: $V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin\alpha \cos\alpha$



Nyírási kengyelek által meghatározott nyírási határerő: $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot\alpha$

Kengyeltávolság: $s = \frac{A_{sw}}{V_d} z f_{yd}\, cot\, \alpha$

Nyírásból a hosszvasalásra jutó erő: $F_{td} = V_{Rd} \cot\alpha$ melynek felét a nyomott, felét a húzott övre kell hárítani.

A növekmény: $\Delta A_{sl} = V_{Rd} \cot\alpha / f_{yd}$

Csavarásból származó nyíróerő: $V_{d,i} = \frac{T_d}{2A_k} z_i$ alapján

függőleges szél mentén: $V_{d,h} = T_d / 2z_b$

vízszintes szél mentén: $V_{d,b} = T_d / 2z_h$

Megfelel a betonkeresztmetszet, ha $\frac{V_d}{V_{Rd,c}} + \frac{V_{di}}{V_{Rd,ci}} \leq 1$, ahol

$V_{Rd,ci} = t_k z_h k_c f_{cd} \sin\alpha \cos\alpha$

A csavarási kengyeltávolság: $s = A_{sw} \frac{2 z_h z_b}{T_d} f_{yd} \cot\alpha$

A csavarási hosszvas:

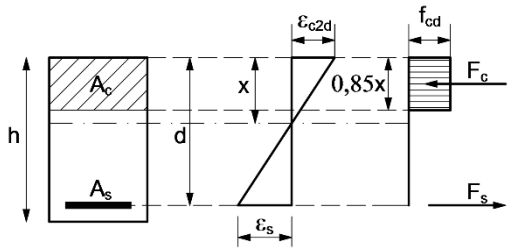
$$A_{slT} = \frac{\sum V_{d,i} \cot\alpha}{f_{yd}} = \frac{\frac{T_d}{z_h z_b}(z_h + z_b)\cot\alpha}{f_{yd}}$$

A csavarási hosszvasakat egyenletesen kell elosztani a keresztmetszet kerülete mentén.

A nyírásból és a csavarásból a kengyeltávolság: $\boldsymbol{s_w = 1 / \frac{1}{s_{wV}} + \frac{1}{s_{wT}}}$

Gerenda hosszvasalása

A gerenda vasalásának tervezése során III. feszültségállapotot feltételezünk: a húzott betonacélok megfolynak ($\sigma_s = f_{sd}$), és a nyomott betonzóna törési határállapotba kerül. A nyomott betonzónában téglalap alakú feszültségeloszlással számolunk (SIA262 4.2.1.4).



A program nyomott vasalást tervez, amennyiben a nyomott betonzóna magassága meghaladná, azt a határmagasságot, amely mellett a húzott betonacélokban még folyást feltételezhetünk.

A tervezett nyomott betonacélok esetén a kengyeltávolság az adott gerenda szakaszon nem lehet nagyobb, mint a nyomott betonacélok átmérőjének 15-szöröse.

Figyelembe vett szerkesztési szabályok

Minimális acél-keresztmetszeti terület (EN 1992-1-1 9.2.1.1. (1) alapján)	$A_{s,\min} = 0{,}26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$ de legalább $0{,}0013 \cdot b_t d$
Maximális acél-keresztmetszeti terület (EN 1992-1-1 9.2.1.1. (2) alapján)	$0{,}04 \cdot A_c$
Kengyeltávolság, a nyírási vashányadot (model code) is figyelembe véve	$s_{max} = min\left\{\begin{matrix}\frac{A_{sw} \cdot n_w \cdot f_{yk}}{0{,}2 \cdot b_w f_{ctm} \sin\alpha} \\ 25 \cdot \phi \\ 400\ mm\end{matrix}\right\}$ ha van méretezett nyomott oldali vasalás, akkor a kengyeltávolság nem lehet nagyobb a nyomott vas átmérőjének 15-szörösénél sem.
Betonacélok közötti távolság	$\geq \max\{20\text{ mm}; \phi; D_{max} + 5\text{ mm}\}$

Figyelmeztetések, hibaüzenetek

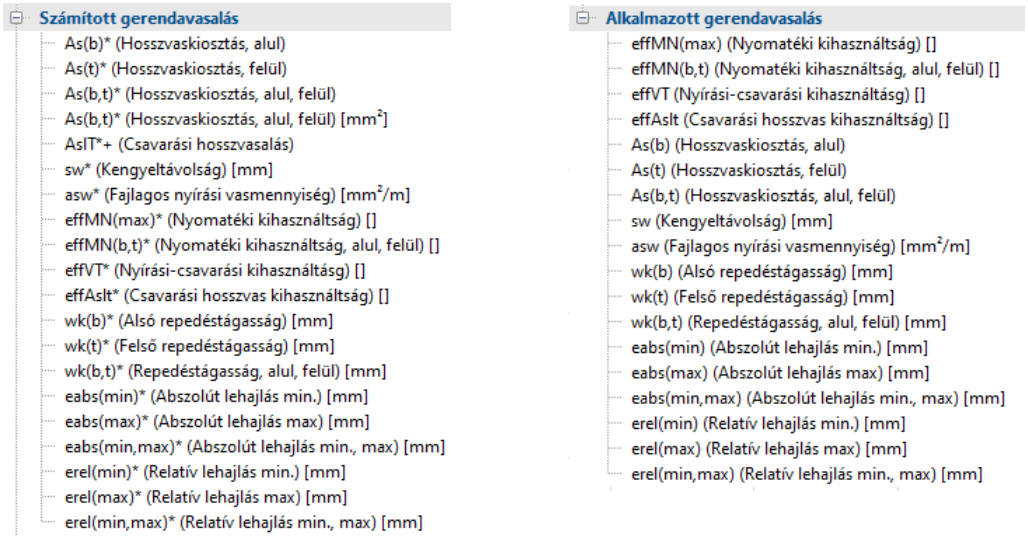
Üzenet **A keresztmetszet nem felel meg nyírásra/csavarásra**

Esemény Ha a betonkeresztmetszet kihasználtsága 1-nél nagyobb

Megoldás Növeljük meg a betonkeresztmetszetet, vagy/és a betonminőséget.

6.5.13.6. A gerendavasalás globális eredménykomponensei

Az egyedileg vagy csoportosan méretezett gerendák számítási eredményeiből a program a következő globális eredménykomponenseket képes a modellen megjeleníteni:



6.5.14. Vasbeton szerkezetek tűzállósági méretezése – RC8 modulok

Vasbeton szerkezetek Eurocode 2 és SIA 262 szabványok szerinti tűzhatásra való méretezését vasbeton gerendákhoz és oszlopokhoz az RC8-B, vasbeton tárcsákhoz, lemezekhez és héjakhoz az RC8-S modulokkal végezhetjük el. A tűzállósági méretezés a normál hőmérsékletű vasbeton méretezésre épül, ezért **az RC8-B modul használatához az RC2 modul, míg az RC8-S modul használatához RC1 modul szükséges**. Ennek megfelelően ebben a fejezetben a tűzhatásra való méretezésből csak azokat a részeket, szabályokat és eljárásokat ismertetjük, melyek eltérnek vagy nem találhatók meg a hagyományos méretezést tárgyaló szabványfejezetekben.

Tűzhatással szembeni méretezés csak tűz teheresetet tartalmazó teherkombinációra végezhető (**4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**) és csak abban az esetben ha a vizsgált elemre ebben a teheresetben tűzhatást definiáltunk (**4.10.34 Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul, 4.10.35 Tűzhatás beton tartományokon – RC8-S modul**). Abban az esetben, ha a kijelölt szerkezeti elem végeselemeire eltérő tűzhatás-paramétereket adtunk meg, a program nem tudja elvégezni a méretezést és hibaüzenettel tér vissza. Ezen kívül a paraméterek között aktiválni kell a tűzállósági méretezést (lásd lejjebb).

Szabványok

A számítás Eurocode 2 és SIA 262 szerint végezhető. A támogatott Eurocode nemzeti mellékletek felsorolását a tehermegadással foglalkozó korábbi fejezet tartalmazza (**4.10.34 Tűzhatás beton vonalelemeken – RC8-B modul, 4.10.35 Tűzhatás beton tartományokon – RC8-S modul**).

Elemszintű vizsgálat

A méretezés részleteinek tárgyalása előtt fontos megemlíteni, hogy az EN 1992-1-2 szabvány megkülönbözteti egy szerkezeti elem vizsgálatát, a szerkezet egy részének vizsgálatát és a teljes szerkezet vizsgálatát. Egyszerűsége okán egy szerkezeti elem vizsgálata egyelőre a legelterjedtebb igazolási forma a mérnökök körében, ugyanis a szerkezet egy részének vagy a teljes szerkezetnek a vizsgálata rendszerint nemlineáris numerikus modellt és nemlineáris statikai analízist igényel.

Egy szerkezeti elem vizsgálata esetén a szabvány számos engedményt tesz, amely egyszerűsíti a számítást:

- a belső erők hasonlóan számíthatók, mint normál hőmérséklet esetén, lineáris statikai analízis segítségével;
- csak a keresztmetszeten belüli, változó hőmérsékletből származó alakváltozásokat kell tekintetbe venni, a hosszirányú vagy síkbeli hőtágulásokat figyelmen kívül lehet hagyni (EN 1992-1-2);
- a peremfeltételeket a tűzhatás teljes időtartama alatt változatlannak lehet tekinteni.

Az RC8-B és RC8-S modulokkal végrehajtott méretezés egyes szerkezeti elemek vizsgálatát végzi. A tűzhatások és a méretezési paraméterek megadásakor az EN1992-1-2 előírásaival összhangban mérlegelni kell, hogy a kijelölt szerkezet/elem vizsgálható-e különálló szerkezeti elemként.

Ha tekintettel vagyunk a peremfeltételekre, az EN1992-1-2 2.4.3 pontjában leírtakra és figyelembe vesszük a tűzhatást mint hőmérséklet-változási terhet, akkor a modul bizonyos esetekben szerkezeti részek vizsgálatára is lehetőséget nyújt.

Méretezés alapja

A tűzállósági méretezés alapját az EN 1992-1-2 szabványban ismertetett az ún. egyszerűsített számítási módszerek jelentik. Ezek elemszintű méretezéssel kombinálva lehetővé teszik szerkezeteink szabványos és paraméteres tűzhatásra való ellenőrzését.
Az alkalmazott egyszerűsített számítási módszer az ún. 500°C-os izotermák módszere, mely során az 500°C hőmérsékletet meghaladó hőmérsékletű beton részeket károsodott zónáknak tekintjük és figyelmen kívül hagyjuk a keresztmetszeti ellenállás számításakor. A nem károsodott beton magot normál hőmérsékletre megadott szilárdságával és merevségével vesszük figyelembe. A betonacélok merevségét és szilárdságát csökkentjük a hőmérsékletük alapján.
A beton és acél anyagok hőmérséklettől függő merevségi és szilárdsági jellemzőit a szoftver az Eurocode 2 és SIA 262 szabványok előírásai szerint veszi fel.

6.5.14.1. Vasbeton oszlopok és gerendák tűzállósági méretezése – RC8-B modul

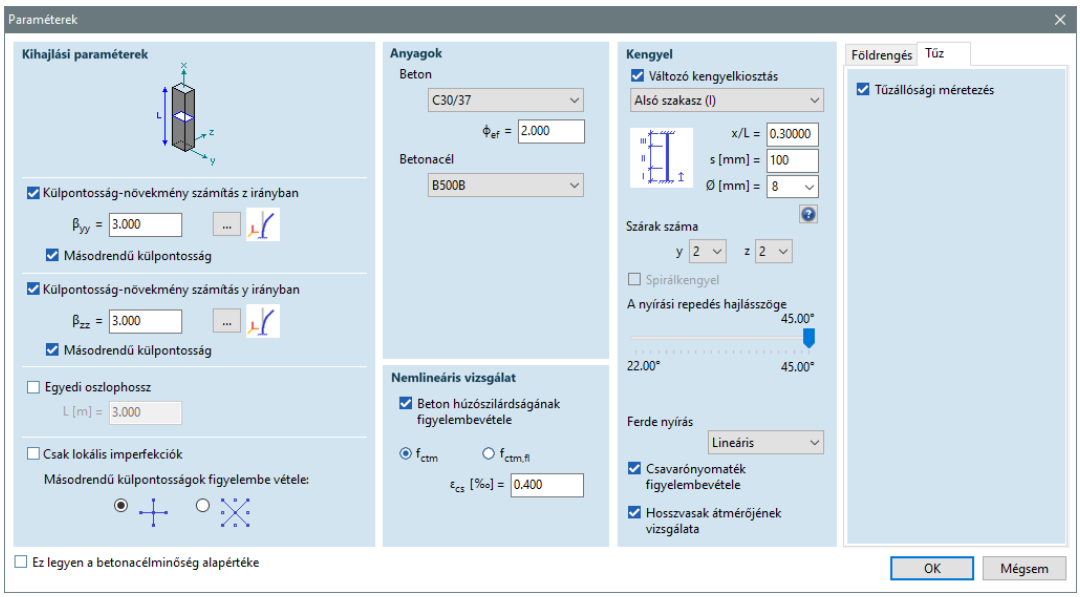
Lehetséges hibaüzenetek

A bevezetőben említett feltételek teljesülése esetén is tekintetbe kell venni a következőket.
Vasbeton oszlop tűzállósági méretezése csak az eredeti szelvényre végezhető. Mivel oszlopok esetében elő kell állítani az *N-M* felületet, s ehhez szükség van a parciális tényezőkre, ezért hibához vezet, ha vegyes tervezési helyzetekhez tartozó kombinációkat tartalmazó mértékadó vagy burkoló esetet választunk ki (pl. tartós tervezési helyzet és rendkívüli tervezési helyzet).
Ezekben az esetekben a program törli a tehereseteket tartalmazó kombinációkat a listából és a fennmaradó kombinációkra elvégzi a méretezést.
A tűzállósági méretezést az acél és fa méretezési elemekhez hasonlóan vasbeton oszlopok és vasbeton gerendák esetén is aktiválni kell a tervezési paramétereket megadó ablakban. A program figyelmeztet, ha tűzterhet tartalmazó kombinációra végeznénk el a méretezést és az elemre van tűzteher definiálva, de a tűzállósági méretezést elfelejtettük bekapcsolni.
Vasbeton gerenda esetén a tűzállósági méretezés nem végezhető el, ha

- felülbordás gerendaként méretezzük a gerendát (felülbordás gerendához tűzteher jelenleg nem adható meg),
- alulbordás gerendaként méretezzük a gerendát, de a tűzteher paramétereknél a kitettség beállításakor nem az alulbordás gerendát választottuk,
- alulbordás, vagy felülbordás gerendaként méretezzük a gerendát, és a méretezési igénybevételeknél *Vy-Mz* esetet állítottunk be.

Egyes országokban az EN 1992-1-2 szabvány nemzeti melléklete nem engedélyezi a szabvány D mellékletének alkalmazását. Mivel a programban található nyírási és csavarási méretezés ezen alapul, ilyenkor nyírási és csavarási méretezés nem végezhető, erről figyelmeztető üzenet tájékoztat.

Vasbeton oszlopok méretezése



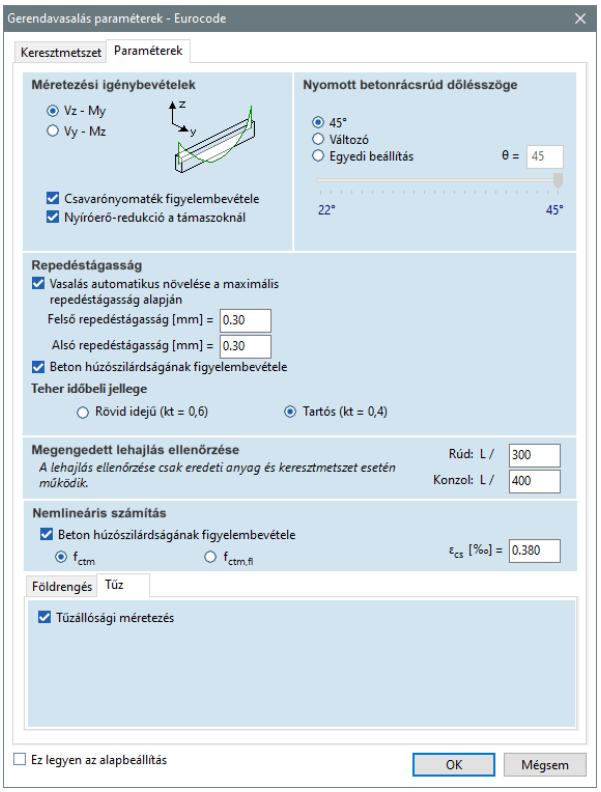
Ellenőrzés külpontos nyomásra és húzásra

- Az N_x-M_y-M_z teherbírási felület számításánál a szoftver figyelembe veszi az EN 1992-1-2 B mellékletének előírásait.
- A külpontosság-növekményeket a program változatlanul az EN 1992-1-1 5. fejezete alapján számítja, de tekintetbe veszi a károsodott betonrészek elhagyásával létrejövő csökkentett keresztmetszet teherbírását és merevségét. A számítás tekintetbe veszi a vasak csökkentett szilárdsági jellemzőit is.

Ellenőrzés nyírásra és csavarásra

- A nyírási ellenőrzés során a szoftver figyelembe veszi az EN 1992-1-2 D mellékletének előírásait. Ha a nemzeti melléklet a D melléklet előírásait nem támogatja, nyírási és csavarási ellenőrzés nem hajtható végre.
- A szoftver az ellenőrzés során figyelembe veszi a kengyelek hőmérséklet függvényében lecsökkent szilárdságát.
- A vasalás nélküli beton nyírási és csavarási ellenállását az ellenőrzés során elhanyagoljuk ($V_{Rd,c}$ = 0 és $T_{Rd,c}$ = 0).

Vasbeton gerendák méretezése



Hajlítási vasalás tervezése és ellenőrzése

- A hajlítási vasalás számítás, illetve ellenőrzése során a szoftver figyelembe veszi az EN 1992-1-2 B mellékletének előírásait.
- A számítás alapját a korábbi pontokban bemutatott egyensúlyi egyenletek képezik, melyeket a károsodott betonrészek elhagyásával létrejövő csökkentett keresztmetszetnek megfelelően írunk fel. A számítás a vasak pozíciója alapján tekintetbe veszi a vasalás csökkentett szilárdsági jellemzőit.

Nyírási és csavarási vasalás tervezése és ellenőrzése

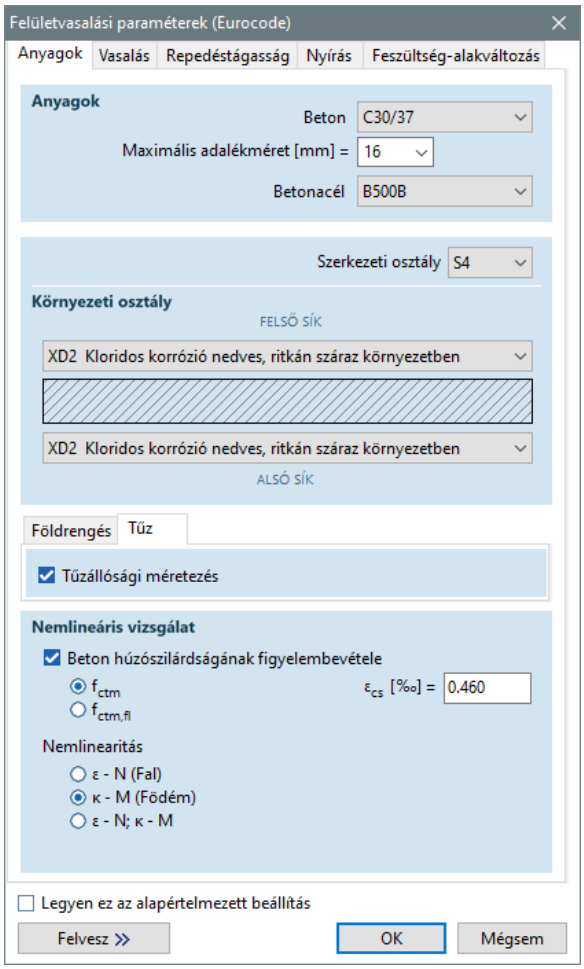
- A nyírási ellenőrzés során a szoftver figyelembe veszi az EN 1992-1-2 D mellékletének előírásait. Ha a nemzeti melléklet a D melléklet előírásait nem támogatja, nyírási és csavarási ellenőrzés nem hajtható végre.
- A szoftver az ellenőrzés során figyelembe veszi a kengyelek hőmérséklet függvényében lecsökkent szilárdságát.
- A vasalás nélküli beton nyírási és csavarási ellenállását az ellenőrzés során elhanyagoljuk ($V_{Rd,c}$ = 0 és $T_{Rd,c}$ = 0).

6.5.14.2. Vasbeton felületszerkezetek tűzállósági méretezése – RC8-S modul

Lehetséges hibaüzenetek

A tűzállósági méretezést vasbeton felületszerkezetek számításánál is aktiválni kell a tervezési paramétereket megadó ablakban. A program jelzi, ha tűzterhet tartalmazó kombinációra végeznénk a méretezést és az elemen van tűzteher, de a tűzállósági méretezést elfelejtettük bekapcsolni. A program hibaüzenetet küld, ha a kiválasztott kombináció vagy a mértékadónál figyelembe vett tehercsoport több olyan tűz teheresetet is tartalmaz, amelyekben a kiválasztott elemre egyszerre több tűzteher paraméter van definiálva.

Vasbeton felületszerkezetek méretezése



Az RC8-S modullal meghatározható a vasbeton felületszerkezetek szükséges vasalása (**6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul**) az EN 1992-1-2 B mellékletének előírásai szerint figyelembe véve a tűzállósági méretezésre vonatkozó szabályokat is, különös tekintettel a csökkent betonkeresztmetszetre, valamint az acélok csökkentett szilárdsági és merevségi paramétereire. A program vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízisénél (**6.5.18.2 Vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízise**), valamint az alkalmazott vasalás kihasználtságának számításánál (**6.5.3 Vasbeton felületszerkezetek alkalmazott vasalásának ellenőrzése**) is figyelembe veszi a tűzállósági méretezést, valamint a módosított keresztmetszeti és anyagi jellemzőket.
A következő esetekben a program nem veszi figyelembe a tűzterhet a számításokban:

- A program nem számol repedéstágasságot, nyírási ellenállást, valamint fajlagos nyírási vashányadot tüzes kombinációban olyan elemekre, amelyekre tűzterhet definiáltunk és aktiváltuk a tűzállósági méretezést.
- Vasbeton felületek nemlineáris számítása nem számol a tűzteher hatásával.
- Az átszúródásvizsgálat nem számol a tűzteher hatásával.
- Vasbeton falak és falmagok méretezése során a program nem veszi figyelembe a tűzterhet a számításokban.

6.5.15. Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul

Szabványok

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.



A szoftverrel a következő átszúródási szituációk vizsgálhatók:

- oszlop és vasbeton födémlemez, illetve oszlop és alaplemez kapcsolat átszúródása,
- falvég és vasbeton födémlemez vagy alaplemez, illetve falsarok és vasbeton födémlemez vagy alaplemez kapcsolat átszúródása.

Az oszlopot csomóponti támasz is helyettesítheti, ha annak merevségét oszlopparaméterek megadásával számítottuk ki (**4.9.14.1.1 Támaszmerevségek számítása oszlopparaméterekből**). **A falat vonalmenti támasz is helyettesítheti, ha annak** merevségét falparaméterek megadásával számítottuk ki (**4.9.15.1.1 Támaszmerevségek számítása falparaméterek alapján**).

Különleges esetként a programban vizsgálható az az eset, amikor az oszlophoz egy vagy két gerenda kapcsolódik. A falvég/falsarok átszúródási számítás használatát javasoljuk, amely a födémben elhelyezkedő bordák kontúrjait is figyelembe véve képes felvenni az átszúródási vonalat. A hagyományos oszlop-átszúródási számítás a gerendák elhanyagolásával alulméretezéshez vezethet! Az átszúródási ellenőrzéstől függetlenül gerendákat nyírásra méretezni, illetve ellenőrizni kell!

A program a falvég és falsarok átszúródásnál azt is kezeli, ha a falvég, vagy a falsarok oszlophoz kapcsolódik. Az átszúródási vonal felvételekor a szoftver figyelembe veszi az oszlop kontúrját is.



Ha az oszlophoz átszúródás szempontjából figyelembevehető fal és/vagy gerenda, vagy szögben találkozó, sarkot képező falak, gerendák csatlakoznak, akkor használja *Falvég / Falsarok-átszúródást*: **6.5.15.1.2 Falvégek és falsarkok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint.**
Falvég / falsarok-átszúródásának vizsgálatához a csomópontot, oszlop átszúródásvizsgálatához az oszlopot kell kijelölni. Ha csak a csomópontot/oszlopot jelöljük ki, akkor az átszúródási csomóponthoz kapcsolódó valamennyi tartományra megtörténik az átszúródásvizsgálat. Az átszúródási csomóponttal / oszloppal egyidejűleg kijelölve az értintett elemeket, szűkíteni tudjuk a vizsgálatban résztvevő elemek körét (tartományok, falak, bordák).

A program megvizsgálja, hogy az átszúródási erő hatására

- tönkremennek-e a nyomott ferde beton rácsrudak,
- szükséges-e átszúródási vasalás.

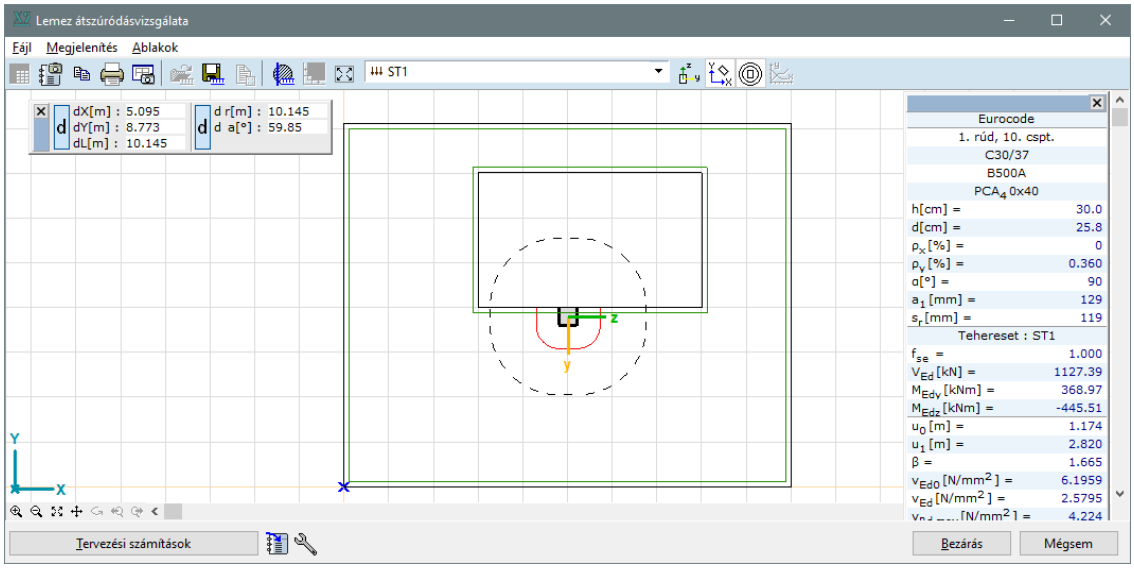
Amennyiben szükséges átszúródási vasalás, a program meghatározza a szükséges vasmennyiséget.
Átszúródási vizsgálat és vasalás tervezése a következő tartomány típusokra érhető el (*lásd...* **4.9.6 Tartomány**):

- normál,
- sűrűbordás,
- kompozit bordás,
- trapézlemezes (ha a *csak zsaluzat* opció van kiválasztva a vasalási paraméterek között),
- tartomány egyedi merevségi mátrixszal,
- AIRDECK speciális, könnyített födém.

☞ **Az átszúródásvizsgálat nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher paramétereket, tehát a hőmérséklet eloszlását, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének magas hőmérsékleten bekövetkező csökkenését.**

Lemez pereme és nyílások

A program a számításhoz a kijelölt oszlop, vagy falvég/falsarok *6d* átmérőjű környezete által érintett tartományokat és azok nyílásait olvassa be. Az átszúródási kerület meghatározása szempontjából fontos, hogy egy nyílás közelében található oszlop átszúródási kerületének számításakor a nyílást tényleges nyílásként, vagy mérete esetleg relatív elhelyezkedése folytán inkább a lemez peremeként kezeljük. A program alapvetően azon nyílások szélét tekinti lemezperemnek, amelyek esetében az első átszúródási kerület (*2d*) kireped. Ellenkező esetben a program az áttörést egyszerű nyílásnak tekinti.



Vashányad és vasalási irányok

A vashányad (ρ_{lx}, ρ_{ly}) megadására többéle lehetőség van a programban. Az *Alkalmazott* és *Számított vasalás* opciók kiválasztása esetén a program automatikusan számítja a vashányadot, Egyedi vashányad megjelölése esetén manuálisan állíthatók be az értékek.

Amennyiben a vizsgált oszlop, falvég, vagy falsarok 6d átmérőjű környezetében több, eltérő lokális rendszerrel, vagy eltérő vasalási iránnyal rendelkező tartomány is található, akkor a program figyelmeztetést küld. Az eltérő lokális rendszer, illetve eltérő vasalási irányok a figyelembe veendő vashányad és membránfeszültségek számítása miatt jelent problémát, ugyanis ezek a mennyiségek befolyásolják a számított átszúródási teherbírást. Eltérő vasalási irányok esetén a figyelembe veendő vashányadot egyedi értékként a felhasználónak kell megadnia.

6.5.15.1. Átszúródásvizsgálat Eurocode szerint

6.5.15.1.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint

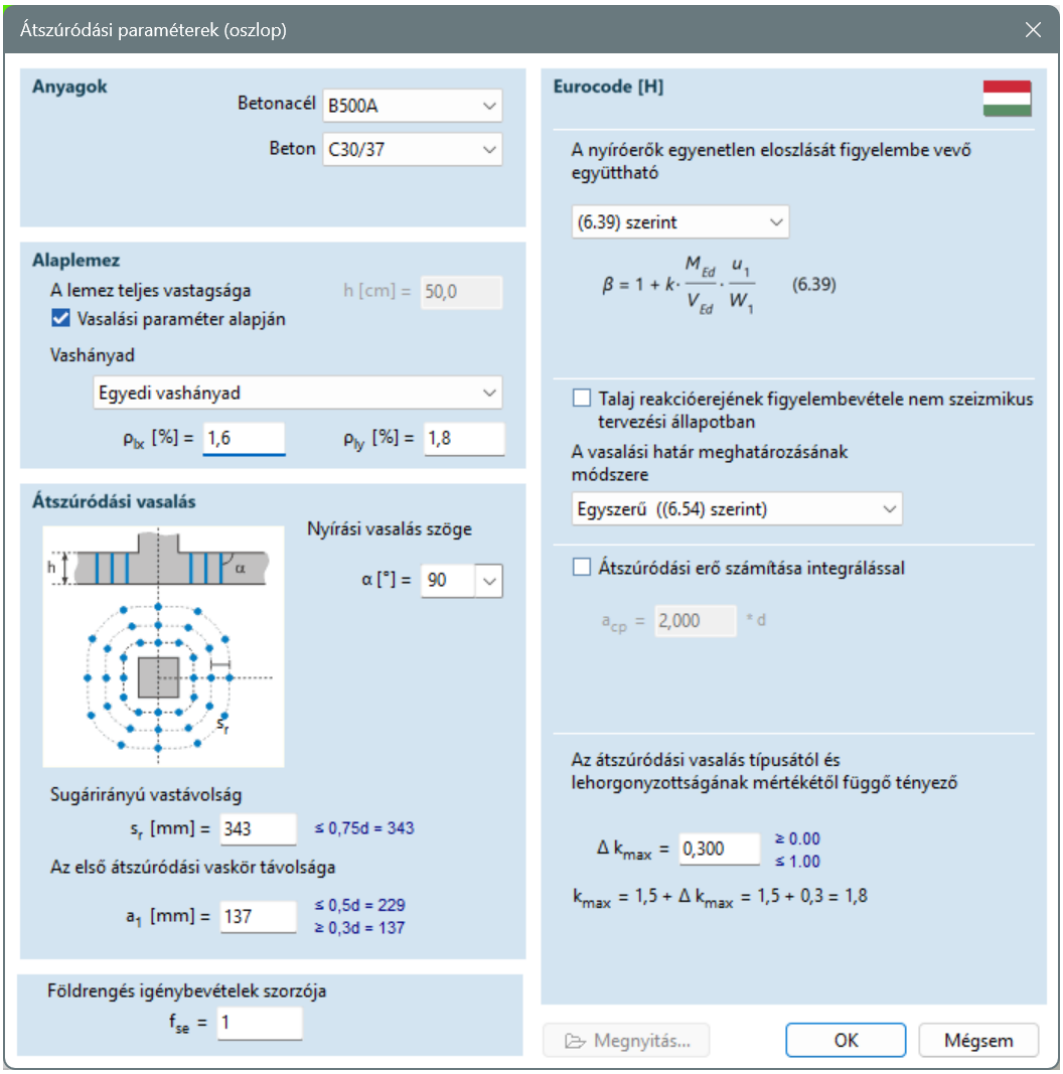


A program az oszlop kontúrja és a hasznos lemezvastagság alapján meghatározza a kritikus átszúródási határvonalat, figyelembe véve a hasznos lemezvastagság hatszorosán belül lévő lemez-széleket és födémlyukakat. A konkáv oszlopkontúrok esetén a program a konvex kontúrral számol.

Az átszúródás számító ikon megnyomása után jelölje ki a vizsgálandó oszlopot vagy egy olyan számított csomóponti támaszt, melynek merevségét oszlop-paraméterek megadásával határozta meg

Ezután a következő paraméterablak jelenik meg:

Átszúródási paraméterek



Anyagok

Beton, Betonacél A modellben a lemezhez rendelt anyagok, melyek itt megváltoztathatók.

Födém

A lemez teljes vastagsága (h) A modellben a lemez vastagsága, melyet a felhasználó itt megváltoztathat, ha a *Vasalási paraméter alapján* kapcsoló ki van kapcsolva.
Az program az információs ablakban (*Lemez átszúródás vizsgálata* ablakban) segítségként megadja a méretezhető minimális lemezvastagságot ($h_{min,1}$), valamint a nyírási átszúródási vasalás nélküli minimális lemezvastagságot ($h_{min,2}$).

Vashányad ρ_{lx} és ρ_{ly} a födémben az *x* illetve *y* irányú tapadásos húzott acélbetétekhez tartozó vashányad (hossz-vasalás). Ezeket az oszlopszélesség és annak mindkét oldalán 3*d* távolságnak megfelelő lemezszélesség figyelembevételével kell meghatározni (EN 1992-1-1 6.4.4 (1).
Kiválasztható, hogy a program az alkalmazott vagy számított vasalásból meghatározott vashányaddal számoljon, vagy megadható egyedi érték.

Átszúródási vasalás

Nyírási vasalás szöge Az nyírási vasalás födémlemez síkjával bezárt szöge (45˚ és 90˚)

Sugárirányú vastávolság Az nyírási vasak sugárirányú távolsága, azaz a vasalási körök egymástól való távolsága.
Az **OK** gomb akkor lesz aktív, amikor az $s_r \leq 0.75 \cdot d$ feltétel teljesül. (9.4.3. (1))

Első átszúródási vaskör távolsága Az első vasalási kör távolsága a konvex oszlopszéltől

A földrengés-igénybevételek szorzója

Hatásáról bővebben olvashat a **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul** fejezetben.

A nyíróerők egyenetlen eloszlását figyelembe vevő együttható (β) meghatározása

Számított (6.4.3. (3) (6.39))	$1 + k\frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$	
Az oszlop helyzete szerinti közelítő érték* (6.4.3. (6))	Belső oszlop	1,15
	Szélső oszlop	1,4
	Sarokoszlop	1,5
Egyedi	a felhasználó által megadható	

*A megadott közelítő értékek akkor alkalmazhatók, ha a szerkezet vízszintes terhekkel szembeni teherbírását nem az oszlop-lemez kapcsolat merevségéből adódó kerethatás biztosítja, és a szomszédos támaszközök hosszai nem térnek el egymástól 25%-nál nagyobb mértékben.

Talaj reakcióerejének figyelembevétele

Bekapcsolása esetén a program az átszúródási erő kiszámításánál figyelembe veszi a talaj vasalási körön belüli területen fellépő reakcióerejét. A hatás az oszloptól távolodva nő, ami vasalandó terület csökkenésében mutatkozik. Vasalási körönként adódó értékei „Az átszúródásvizsgálat eredménye" ablakban megtekinthetők.
A program elvégzi az EN 1992-1-1 6.4.4. (2) bekezdése szerint az átszúródási teherbírás ellenőrzését az oszlop szélétől 2d távolságon belüli átszúródási kerületek mentén.

A vasalási határ meghatározása

Azt az u_{out} átszúródási vonalat, ahol nyírási vasalásra már nincs szükség, vagy az EN 1992-1-1 6.4.5 (4) szerinti (6.54) képlettel lehet meghatározni, vagy az alábbi két módszer valamelyikével:

Végeselem feszültségösszegzéssel
Az u_{out} -hoz tartozó átszúróerőt a nyírófeszültségek átszúródási vonal mentén történő összegzésével kapjuk.

Nyíróerő-csökkentés a födém önsúlyával
A támasz átszúróerejének csökkentése a födém átszúródási kerület belsejébe eső részének önsúlyával.

☞ **A fenti módszerek elsősorban speciális geometriák (födémnyílások és lemezszélek) esetén alkalmazhatók, ahol az átszúródási vonal hossza a támasztól távolodva nem nő jelentős mértékben, ezért u_{out} a (6.54) képlettel nem határozható meg, vagy irreális eredményt szolgáltat.**

Átszúródási erő számítása integrálással

Az átszúródási erőt alapesetben a program a kapcsolódó oszlopokban ébredő normálerők különbségeként számítja. Az átszúródási paraméterek között azonban beállítható, hogy az átszúródási erőt a program a kapcsolódó tartományokban ébredő nyíróerők integrálásával számítsa. Az integrálási vonal pozíciója az ablakon beállítható. Alapértelmezés szerinti értéke a az oszlop konvex kontúrjától számított *2d*.

☞ **Alaplemez esetében az átszúródási erőt a program a kontúrtól 0.5d távolságban is meghatározza ($V_{Ed,0}$) és ezt az értéket használja a ferde nyomott beton rudak teherbírásának ellenőrzése során.**

Az átszúródási paraméterek megadása után megjelennek az átszúródási vonalak. A program a födémlyukakat és a lemezszéleket vizsgálva határozza meg az átszúródási vonalak figyelembe vehető szakaszait és számítja ki az átszúródási vonalak hosszát.
A folyamatos vonallal rajzolt szakaszokon van szükség vasalásra. A program ezeken feltünteti a vonalszakaszokra eső átszúródási vasalás keresztmetszeti területét. Az információs ablakban a kritikus átszúródási vasalás keresztmetszeti területe jelenik meg.
A program a kritikus átszúródási vonal hosszánál feltételezi, hogy az egy körben elhelyezkedő vasak nem kerülnek egymástól a szerkesztési szabályokban megadott (általában *2d*) értéknél távolabb. Ezt a feltételt a felhasználónak kell biztosítania (például kisebb átmérőjű vasalás választásával vagy további vasak elhelyezésével).

Megnyitás... Lementett paraméterkonfiguráció visszatöltése.

A számítás menete

A program az alábbi összefüggések alapján számolja ki a szükséges (átszúródási) vasalást:
Az oszlop-lemezkapcsolat megfelel átszúródásra, ha a fajlagos nyíróerő nem nagyobb a ferde nyomott beton rudak teherbírásának tervezési értékénél valamint a nyírási (átszúródási) vasalás alapján számított teherbírás tervezési értékénél: $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$ és $v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$.

v_{Ed} a nyírófeszültség tervezési értéke
$v_{Rd,max}$ a ferde nyomott beton rudak teherbírásának tervezési értéke
$v_{Rd,cs}$ az átszúródási teherbírás tervezési értéke nyírási (átszúródási) vasalás esetén

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

ahol a külpontos igénybevételből származó feszültségnövekményt a β tényezővel vesszük figyelembe.

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{w_1}$$

A szabvány a keresztmetszet szélétől $2d$ távolságra feltételezi a kritikus vonalkeresztmetszetet. A program a lemezszéleket és lyukakat figyelembe véve számítja ki a kritikus átszúródási vonal hosszát és statikai nyomatékát.
Méretezett nyírási vasalás nélküli oszlop-lemez kapcsolat átszúródási teherbírásának tervezési értéke:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$$
$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} \quad (\rho_1 = \sqrt{\rho_{l\xi} \rho_{l\eta}} \quad \text{ferde vasalás esetén})$$

Ha $v_{Ed} > v_{Rd,c}$, akkor a program a

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot \frac{A_{sw} f_{ywd,ef}}{u_1 d} \sin \alpha \leq k_{max} \cdot v_{Rd,c}$$

összefüggések alapján kiszámolja a kritikus átszúródási kerület mentén szükséges nyírási vasalás mennyiségét. Ha $v_{Ed} > k_{max} \cdot v_{Rd,c}$, akkor az adott peremfeltételek mellett nem fog megfelelni átszúródásra a kapcsolat.
A program a szabvány (6.53) összefüggése szerint meghatározza azt az *u_out* átszúródási kerületet, amely mentén méretezett átszúródási vasalásra már nincs szükség.

Alaplemez és bekapcsolt talajreakció esetén – figyelembevéve a vizsgált átszúródási kerületen belüli talajnyomás kedvező hatását – a program iterációval határozza meg az *u_out* átszúródási kerületet.

Ezt követően a program kiszámolja az *u_out* átszúródási kerület *a_out* távolságát az *A_load* terhelt felület szélétől, majd a szabvány 6.4.5 (4) pontja szerint meghatározza a vasalási kerületek számát.

Mértékadó teherkombináció vagy tehereset

Ha az átszúródási kerület mentén az átszúródási nyírási teherbírás tervezési értéke nem elegendő ($v_{Ed} > v_{Rd,max}$), akkor a mértékadó eset az, ahol a $v_{Ed}/v_{Rd,max}$ a legnagyobb. Egyébként ha átszúródási nyírási vasalásra nincs szükség ($v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$), a mértékadó eset az, ahol $v_{Ed}/v_{Rd,c}$ a legnagyobb. Ha az átszúródási nyírási vasalás nem felel meg ($v_{Ed} > v_{Rd,cs}$), akkor a mértékadó eset az, ahol $v_{Ed}/v_{Rd,cs}$ a legnagyobb. Minden más esetben az a mértékadó eset, ahol a nyírási vasalás keresztmetszeti területe (A_{sw}) maximális.
Az infoablakban a mértékadó eredménykomponens **vastagon** jelenik meg.

Ha a vasalási kör födémlyukak, illetve peremek miatt több szakaszra esik szét, akkor szakaszonként tünteti fel a szükséges vasmennyiséget.
Az ábrán piros színnel jelenik meg a kritikus átszúródási vonal, fekete színnel a tényleges vasalási körök vonalai. Vékony szaggatott vonal jelöli az oszlopszéltől a hasznos lemezvastagság hatszorosára lévő pontokat. Vékony kék szaggatott vonallal jelenik meg az az átszúródási vonal, ahol már nincs szükség átszúródási vasalásra. Ez egyben azon „gombafej" határa, mely az információs ablakban megjelenő $h_{min,2}$ lemezvastagság esetén vasalás nélkül is megfelel.

Vastag kék szaggatott vonallal jelenik meg az a határvonal, amelyen belül a mértékadó fajlagos átszúródási erő túllépi a beton nyomóhatárfeszültségéből számított felső értéket, a megadott lemezvastagság vasalva sem felel meg átszúródásra. Ez a vonal annak a „gombafejnek" a határa, mely $h_{min,1}$ lemezvastagság esetén vasalással már méretezhető.
Az átszúródási teherbírást lemezvastagság, betonminőséget (a kihasználtsági hányados arányában), vagy az oszlop keresztmetszet növelésével fokozhatjuk.

Kép mentése rajztárba

Előzőleg lementett átszúródási paraméterek betöltése listából

Jelenlegi átszúródási paraméterek mentése a megadott névvel. Az itt tárolt paraméterek a dialógusablak *Betöltés...* gombjára kattintva visszatölthetők.



Átszúródási paraméterek megjelenítése, módosítása a paraméter ablakban



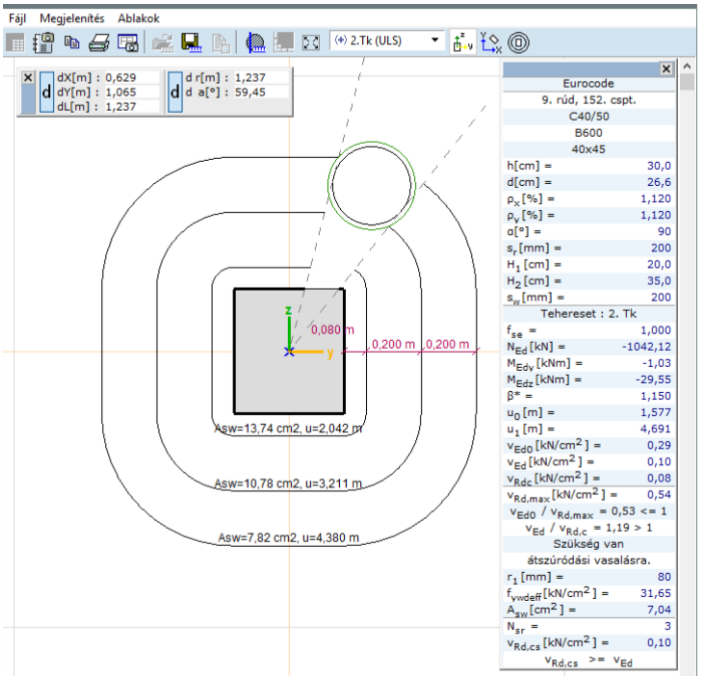
Az elméleti lemezszél kiterjesztése, úgy, hogy az oszlop teljes keresztmetszete a lemezkontúron belülre kerüljön.



Hatására a vizsgált oszlop és környezete az ablakot kitöltve jelenik meg.

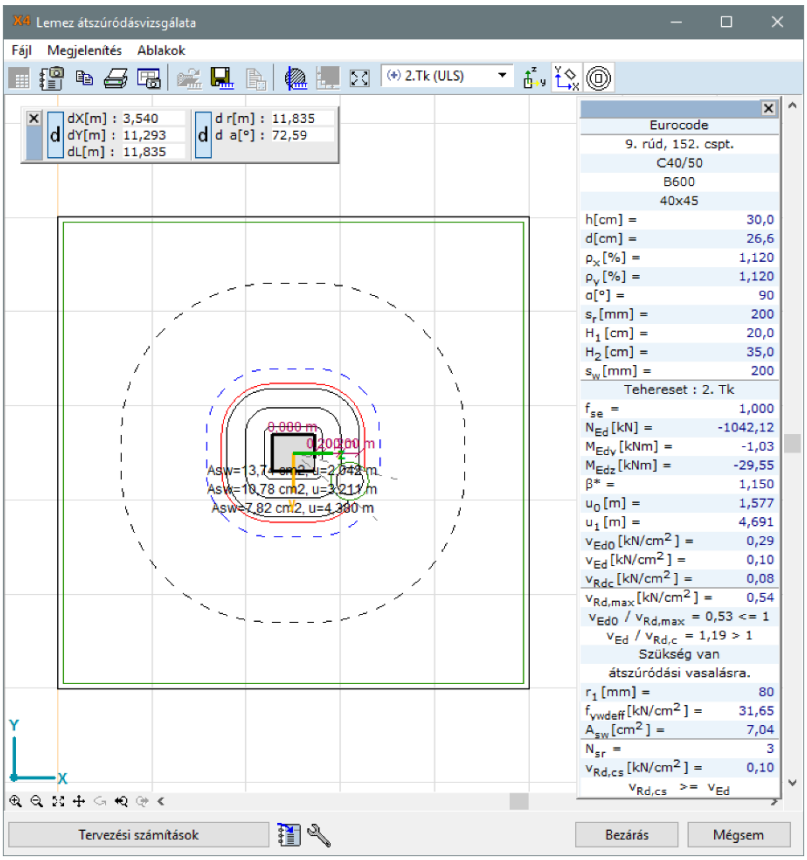


Megjelenítés az oszlop lokális koordináta rendszerében





Megjelenítés a globális koordináta rendszerben





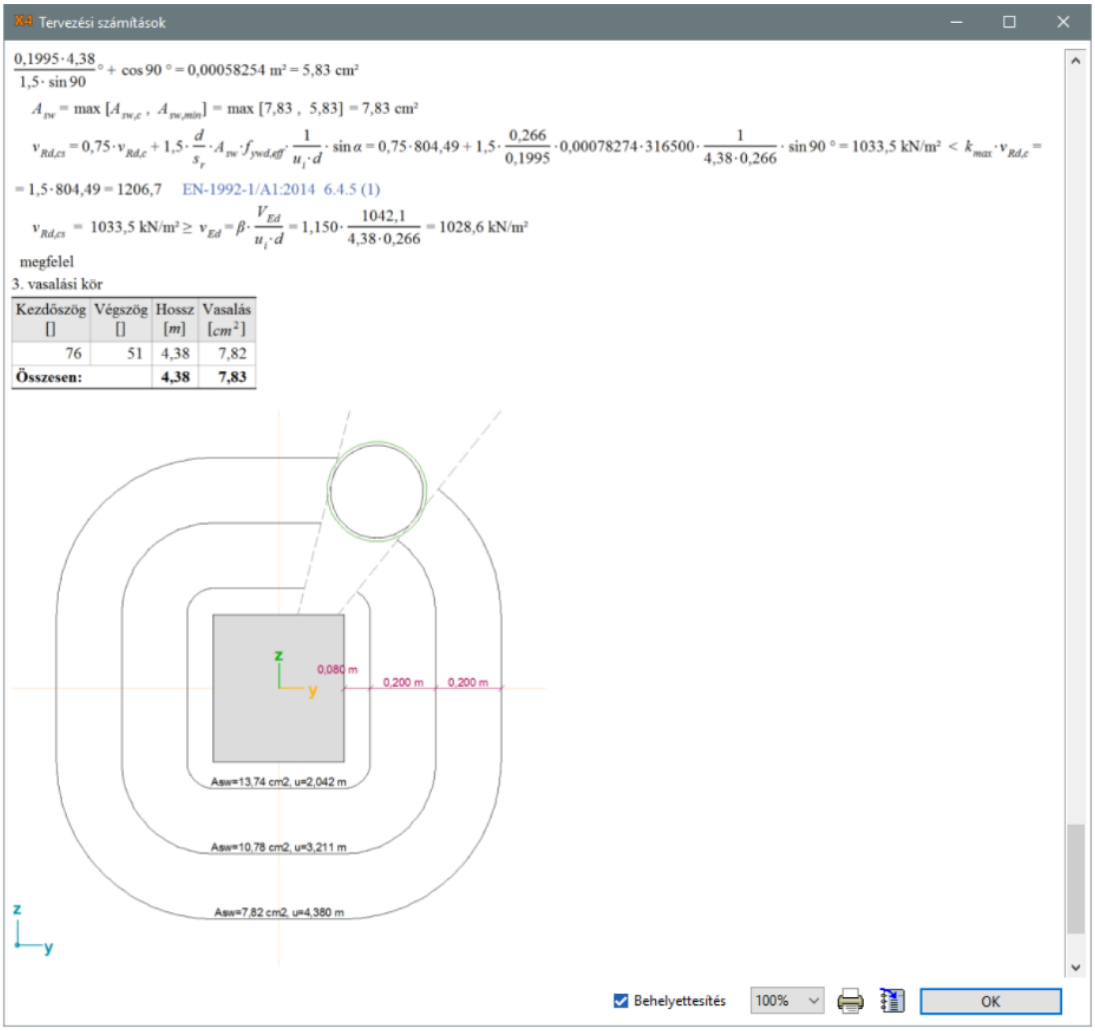
Az vasalási körök megjelenítésének ki/bekapcsolására szolgál.

Tervezési számítások

A *Tervezési számítások* gombra kattintva megtekinthetőek és kinyomtathatóak a szabvány által előírt méretezési számítások. A gomb csak akkor látható, ha már elvégeztük az oszlop ellenőrzését és vannak méretezési eredmények. A szabvány hivatkozott fejezetei a szövegben kék színnel jelennek meg.



A *Tervezési számítások* gomb melletti ikonra kattintva beállíthatjuk a számítási képletekben alkalmazott erő és hossz mértékegységeket, tizedes jegyek számát. Továbbá kérhetünk részletesebb dokumentációt is, amely a legszükségesebbeken kívül további számítási részleteket is tartalmaz.
Itt elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.



Az információs ablakban a szabvány, az elemazonosító, az anyagminőségek után az alábbiak szerepelnek

h	lemezvastagság
d	hasznos lemezvastagság
ρ_{lx}, ρ_{ly}	a hosszvasalás vashányadai
α	a nyírási vasalás födémlemez síkjával bezárt szöge
a_1	az első vasalási kör távolsága a konvex oszlopszéltől
s_r	vasalási körök távolsága
f_{se}	földrengésből származó igénybevételek szorzója
V_{Ed}	átszúródási erő tervezési értéke
$V_{Ed,0}$	átszúródási erő tervezési értéke az oszlop konvex kontúrjától 0.5d távolságra integrálva (alaplemez esetén)
M_{Edy}, M_{Edz}	nyomaték tervezési értéke
u_0	átszúródási vonal hossza az oszlop kerületén
u_1	átszúródási vonal hossza a kritikus (2d) körön
ß*	külpontossági tényező
$v_{Ed,0}$	nyírófeszültség az u_0 vonalon
v_{Ed}	nyírófeszültség az u_1 vonalon
$v_{Rd,max}$	figyelembe vehető legnagyobb átszúródási teherbírás tervezési értéke
$v_{Rd,c}$	méretezett átszúródási vasalást nem tartalmazó lemez átszúródási teherbírásának tervezési értéke
$v_{Ed,0}/v_{Rd,max}$	kihasználtsági hányados az u0 vonalon
$v_{Ed}/v_{Rd,c}$	kihasználtsági hányados (beton húzás)
$f_{ywd,ef}$	húzófeszültség az átszúródási vasalásban
A_{sw}	az átszúródási vasalás keresztmetszeti területe a kritikus vasalási körön
$v_{Rd,cs}$	méretezett átszúródási vasalással ellátott lemez átszúródási teherbírásának tervezési értéke,
$v_{Ed}/v_{Rd,cs}$	kihasználtsági hányados (átszúródási vasalással ellátott lemez)
N_{sr}	a vasalási körök száma
$h_{min,1}$	legkisebb vasalható födémvastagság
$h_{min,2}$	legkisebb átszúródási vasalás nélküli födémvastagság

Eurocode-H	
1. rúd, 6. cspt.	
C35/45	
B500A	
40x40	
h[cm] =	30,0
d[cm] =	25,8
ρ_{lx}[%] =	0,836
ρ_{ly}[%] =	0,932
α[°] =	90,00
a_1[mm] =	129
s_r[mm] =	171
Tehereset : ST1	
f_{se} =	1,000
V_{Ed}[kN] =	1359,11
M_{Edy}[kNm] =	9,93
M_{Edz}[kNm] =	-56,60
u_0[m] =	1,600
u_1[m] =	4,840
β =	1,052
v_{Ed0}[MPa] =	3,4635
v_{Ed}[MPa] =	1,145
$v_{Rd,max}$[MPa] =	4,816
v_{Ed0} / $v_{Rd,max}$ =	0,719 ≤ 1
$v_{Rd,c}$[MPa] =	0,70616
v_{Ed} / $v_{Rd,c}$ =	1,621 > 1
Szükség van átszúródási vasalásra.	
$f_{ywd,ef}$[MPa] =	314,5
A_{sw}[cm²] =	**10,80**
$v_{Rd,cs}$[MPa] =	1,145
v_{Ed} / $v_{Rd,cs}$ =	1,000 ≤ 1
N_{sr} =	4
$h_{min,1}$[cm] =	23,0
$h_{min,2}$[cm] =	43,0

6.5.15.1.2 Falvégek és falsarkok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint

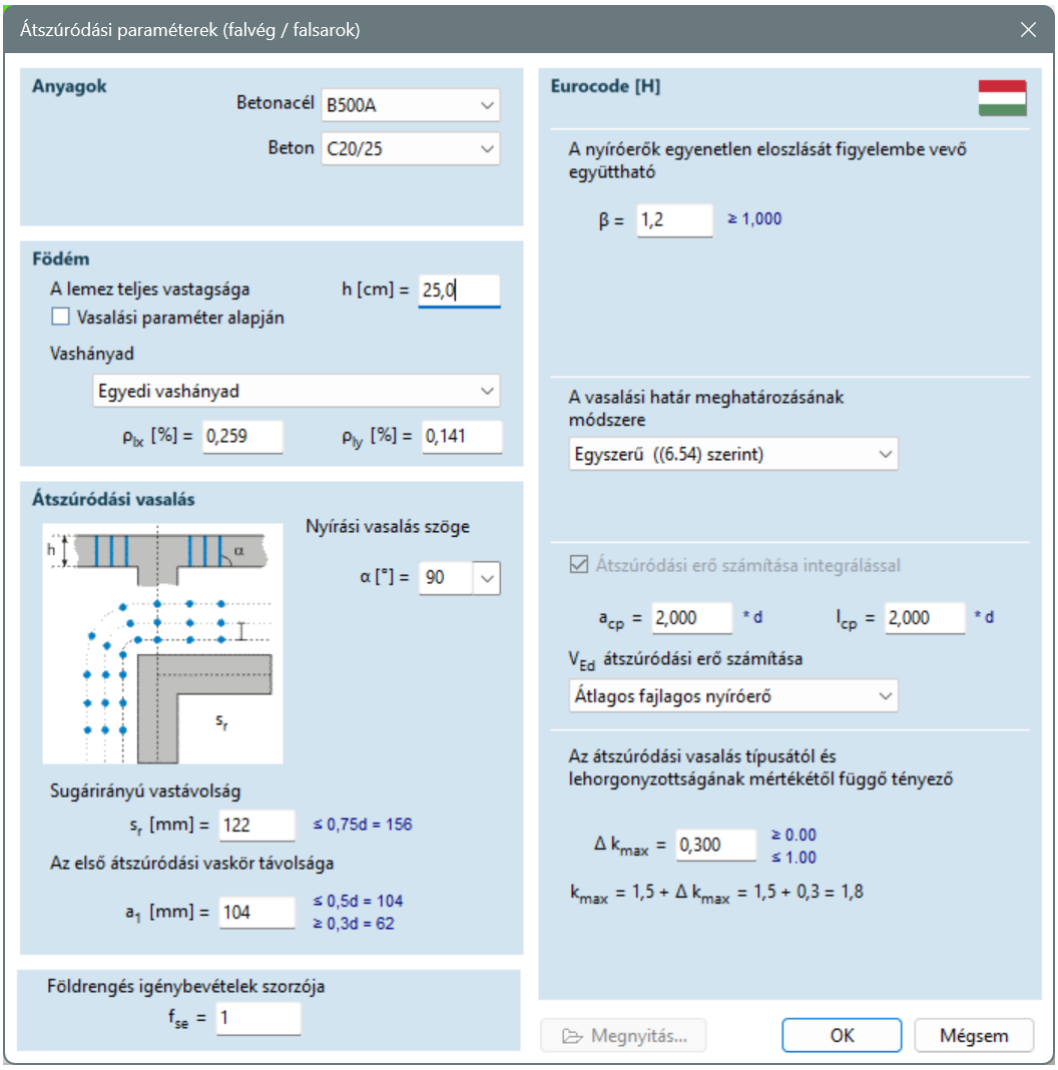


A program segítségével falvégek, illetve falsarkok átszúródási ellenállása vizsgálható, illetve meghatározható a szükséges átszúródási vasalás. A számítás a falak relatív helyzete alapján előállítja az átszúródási vonalakat, a hasznos lemezvastagság alapján meghatározza a kritikus átszúródási határvonalat. A program figyelembe veszi a hasznos lemezvastagság hatszorosán belül lévő lemezszéleket és födémlyukakat.

A fenti ikonra való kattintás után jelölje ki azt a csomópontot, amely a vizsgált falvégnél/falsaroknál helyezkedik el. A program automatikusan azonosítja a csomópontba befutó falakat. A falakat a modellben reprezentálhatja függőleges tartomány, vagy keresztmetszettel rendelkező, számított vonalmenti támasz melynek merevségét falparaméterek megadásával határozta meg (*lásd*... **4.9.15 Vonalmenti támasz**). A program állandó vastagságú, illetve állandó excentricitású falak átszúródási vizsgálatát tudja elvégezni.

Helyes kijelölés után az alábbi ablak nyílik meg, melyben az átszúródási paraméterek adhatóak meg.

Átszúródási paraméterek



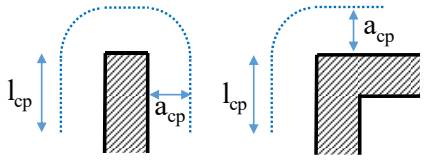
A fenti ablakban beállítható legtöbb paramétert az oszlop átszúródás vizsgálatánál ismertetett módon veszi figyelembe a számítás *(lásd...* **6.5.15.1.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint**), ezért ezen a paraméterek (pl. anyag, lemezvastagság, vashányad, stb.) ismertetését jelen pontban nem ismételjük meg.

Igénybevételek számítása

Falvégek, illetve falsarkok esetében az átszúródási erőt legtöbbször a következő két módszer valamelyikével határozzák meg:

- vonalmenti támaszerő integrálásával egy adott hosszon;
- a lemez metszetében ébredő nyíróerő integrálásával a falvég/falsarok körül elhelyezkedő vonal mentén.

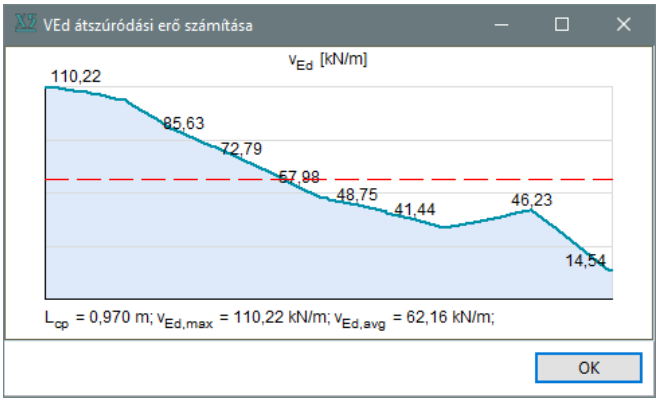
A program a második módszert alkalmazza.



Az átszúródási erő meghatározásához használt vonal a_{cp} és l_{cp} paraméterei szabadon beállíthatók. A program ezen vonal mentén létrehoz egy metszetszakasz-láncot, melynek segítségével kiolvassa a lemezben ébredő nyíróerőket. Az így számított nyíróerőkből az átszúródási erőt a következőkben bemutatott módon integrálja.

☞ **Alaplemez esetében az átszúródási erőt a program a fal kontúrjától *0.5d* távolságban is meghatározza ($V_{Ed,0}$) és ezt az értéket használja a ferde nyomott beton rudak teherbírásának ellenőrzése során.**

Az integrálási segédvonalon leolvasott nyíróerők eloszlását mutató grafikon megjelenítése:



Az acp és lcp paraméterek megadásával definiált vonal egy segédvonal, amelyet az átszúródási erő integrálásához használunk és nem tekintjük átszúródási vonalnak. Az átszúródási vonal felvételét a program szabványos előírások alapján végzi (*lásd...* **Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint** **és** **Oszlopok átszúródásának vizsgálata SIA 262 szerint**).

V_{Ed} átszúródási erő számítása

Maximális fajlagos nyíróerő alapján:

$$V_{Ed} = v_{Ed,max} \cdot L$$

ahol

$v_{Ed,max}$ a vonalon leolvasott maximális érték;
L az integrálási vonal hossza.

Átlagos fajlagos nyíróerő alapján:

$$V_{Ed} = v_{Ed,avg} \cdot L$$

ahol

$v_{Ed,avg}$ átlagos nyíróerő a vonalon leolvasott értékekből számítva;

A v_{Ed} fajlagos nyíróerőt a következő módon számítjuk:

$$v_{Ed} = \sqrt{v_{xz}^2 + v_{yz}^2}$$

Talaj reakcióerejének figyelembevétele

Alaplemez átszúródási ellenőrzése esetén a talaj reakcióerejét az átszúródási erőből falvég/falsarok átszúródás esetén a program nem vonja le. Ennek elsődleges oka, hogy falvég/falsarok átszúródás esetében az átszúródási vonal nem zárt, ebből kifolyólag nem vehető fel egyértelműen az a terület, amelyen integrált reakcióerővel csökkenthető az átszúródási erő. Továbbá, mivel az átszúródási erő integrálása jellemzően a fal kontúrjától 2d távolságra történik, ezért a talaj reakcióerejének egy jelentős része már eleve nem szerepel az átszúródási erőben.

Grafikus felület és az eredmények megjelenítése

A grafikus felületen található beállítási lehetőségeket és funkciókat az oszlopok átszúródásával foglalkozó pont (*lásd...* **6.5.15.1.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint**) részletesen bemutatja. A számítási eredményeket a program egy segédablakban, illetve a *Lemez átszúródásvizsgálata* ablakban grafikusan is ábrázolja. Amennyiben átszúródási vasalás szükséges, akkor a vasmennyiségeket a vasalási körökre feliratozza. A számítás részletei megtekinthetők a *Tervezési számítások* gombra kattintva. A csavarkulcs-ikonra kattintva a beállítások között elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.
A tervezési számítások, illetve a generált ábrák a rajztárba és ezen keresztül a dokumentációba mentehetők.

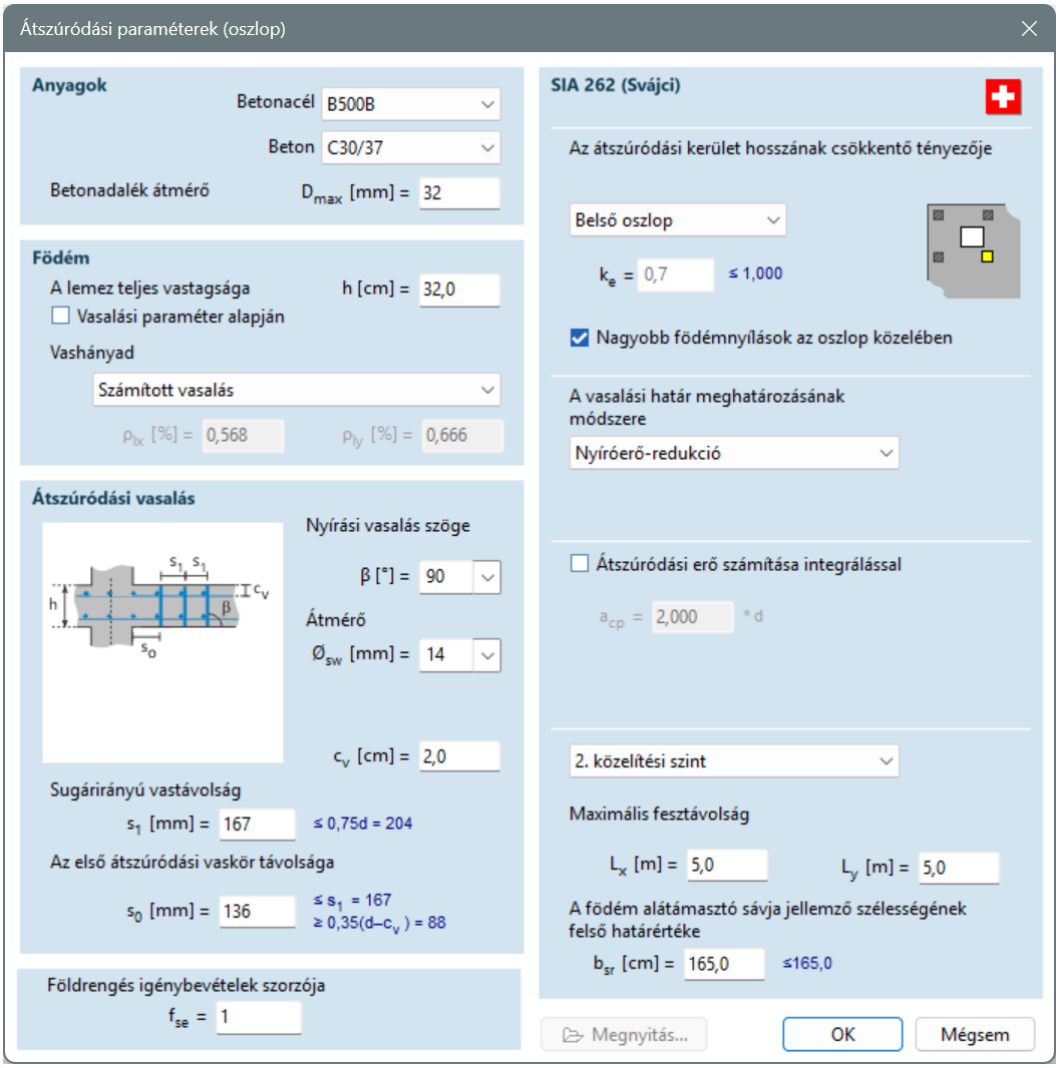
6.5.15.2. Átszúródásvizsgálat SIA 262 szerint

6.5.15.2.1 Oszlopok átszúródásának vizsgálata SIA 262 szerint



Az átszúródás számító ikon megnyomása után jelölje ki a vizsgálandó oszlopot vagy egy olyan számított csomóponti támaszt, melynek merevségét oszlop-paraméterek megadásával határozta meg

Átszúródási paraméterek



Anyagok

Beton, Betonacél A modellben a lemezhez rendelt anyagok, melyek itt megváltoztathatók.

Betonadalék átmérő A legnagyobb betonadalék átmérő (D_{max}) a (37) összefüggésben szereplő k_g imeghatározásához.

Födém

A lemez teljes vastagsága (h) A modellben a lemez vastagsága, melyet a felhasználó itt megváltoztathat, amennyiben a *Vasalási paraméter alapján* kapcsoló ki van kapcsolva.

Vashányad ρ_{lx} és ρ_{ly} a födémben az *x* illetve *y* irányú tapadásos húzott acélbetétekhez tartozó vashányad (hossz–vasalás). Megadására többéle lehetőség van a programban. Az *Alkalmazott vasalás* és *Számított vasalás* opciók kiválasztása esetén a program automatikusan számítja a vashányadot, Egyedi vashányad megjelölése esetén manuálisan állíthatóak be az értékek.

Átszúródási vasalás

β Az átszúródási vasalás lemezközépsíkkal bezárt szöge

$\varnothing_{sw}$ Az alkalmazott átszúródási vas átmérője

c_v Az átszúródási vasalás betonfedése a nyomott oldalon

s_1 A vasalási kerületek közötti sugárirányú távolság

s_0 az első vasalási kerület sugárirányú távolsága a támasz konvex szélétől

Az átszúródási kerület hosszának csökkentő tényezője k_e

Választható, hogy a program a k_e tényezőt a 4.3.6.2.4. bekezdésben szereplő (57) képlet szerint kiszámított értékkel, vagy az oszlop pozíciójától függően a 4.3.6.2.5. bekezdés szerinti közelítő értékkel vegye figyelembe.

A vasalási határ meghatározása

Az u_{out} átszúródási vonalat, ahol nyírási vasalásra már nincs szükség, a 4.3.6.3.1 bekezdésben szereplő (58) képlet átrendezésével határozhatjuk meg: $u_{out} = \frac{V_d}{k_r \tau_{cd} d_v}$,

vagy az alábbi két módszer valamelyikével:

Végeselem feszültségösszegzéssel

Az u_{out} -hoz tartozó átszúróerőt a nyírófeszültségek átszúródási vonal mentén történő összegzésével kapjuk.

Nyíróerő-csökkentés a födém önsúlyával

A támasz átszúróerejének csökkentése a födém átszúródási kerület belsejébe eső részének önsúlyával.

☞ **A két utóbbi módszer elsősorban speciális geometriák (födémnyílások és lemezszélek) esetén alkalmazható, ahol az átszúródási vonal hossza a támasztól távolodva nem nő jelentős mértékben, ezért u_{out} az (58) képlettel nem határozható meg, vagy irreális eredményt szolgáltat.**

Átszúródási erő számítása integrálással

Az átszúródási erőt alapesetben a program a kapcsolódó oszlopokban ébredő normálerők különbségeként számítja. Az átszúródási paraméterek között azonban beállítható, hogy az átszúródási erőt a program a kapcsolódó tartományokban ébredő nyíróerők integrálásával számítsa. Az integrálási vonal pozíciója az ablakon beállítható. Alapértelmezés szerinti értéke a az oszlop konvex kontúrjától számított *2d*.

☞ **Alaplemez esetében az átszúródási erőt a program a kontúrtól 0.5d távolságban is meghatározza ($V_{Ed,0}$) és ezt az értéket használja a ferde nyomott beton rudak teherbírásának ellenőrzése során.**

Közelítési szint

A modell bonyolultságától függően kiválasztható a lemezelfordulás (Plattenrotation) számítás közelítési szintje a szabvány (SIA 262) 4.3.6.4.2 bekezdése szerint. A programban 1-es és 2-es közelítési szint választható.

L_x, L_y Az oszlopok közötti távolság

b_{sr} Az oszlopsáv reprezentatív szélességének felső határa a födém széléhez képest keresztirányban (4.3.6.4.6. pont), sarokra vagy lemezszélre eső oszlopoknál.

Az átszúródási erő számítása

Az átszúródási erő számítása történhet a kapcsolódó oszlopokban ébredő normálerők alapján, vagy integrálással *(lásd...* **Oszlopok átszúródásának vizsgálata Eurocode szerint**).

A számítás menete

A program először meghatározza a szabvány szerinti, a támasz konvex szélétől $0{,}5d_v$ távolságra (4.3.6.2.2) lévő átszúródási kerületet, ahol az átszúródást ellenőrizni kell. A program kiszámolja a ferde nyomott beton rácsrudak teherbírását a következő összefüggés alapján (4.3.6.5.8 (70)):

$$V_{Rd,max} = 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

Amennyiben $V_d > V_{Rd,max}$, akkor a nyomott beton rácsrudak tönkre mennék, a kapcsolat a megadott geometriával és betonminőséggel nem felel meg.

Meghatározza a kapcsolat átszúródási vasalás nélküli teherbírását a $V_{Rd,c} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$ képlet szerint (4.3.6.3.1 (57)). Amennyiben $V_d \leq V_{Rd,c}$, akkor nincs szükség átszúródási vasalásra, ellenkező esetben a program számítja az átszúródási vasalásra háruló nyíróerőt (4.3.6.5.2 (65) és 4.3.6.5.3 (66)).

A program az átszúródási vasalás ellenállásának $V_{Rd,s} = \Sigma A_{sw} \cdot k_e \cdot \sigma_{sd} \cdot sin\beta$ képlet alapján kiszámolja a szükséges átszúródási vasalást:

$$\Sigma A_{sw} = \frac{V_d}{k_e \cdot \sigma_{sd} \cdot sin\beta},$$

ahol az átszúródási vasalás tervezési feszültsége: $\sigma_{sd} = \frac{E_s \cdot \psi}{6} \cdot \left(1 + \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot \frac{d}{\phi_{sw}}\right) \leq f_{yd}$

ahol $\psi = 1{,}5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}}\right)^{3/2}$

Az így kiszámolt vasalást a szabvány szerint a támasz (konvex) szélétől mért $0{,}35d_v$és $d_v$távolság között kell elhelyezni. A megadott tervezési paraméterek alapján meghatározza a program, hogy ezen zónában

kiszámított vasmennyiség hány vasalási körön helyezhető el. Egy körön szükséges vasmennyiség (A_{sw}) a ΣA_{sw} és a körök számának hányadosa. A_{sw} vasmennyiséget ezután a d_v-n kívül is minden körön elhelyezi a program egészen amíg szükséges.
A külpontos igénybevételből származó feszültségnövekményt a k_e tényezővel vesszük figyelembe.

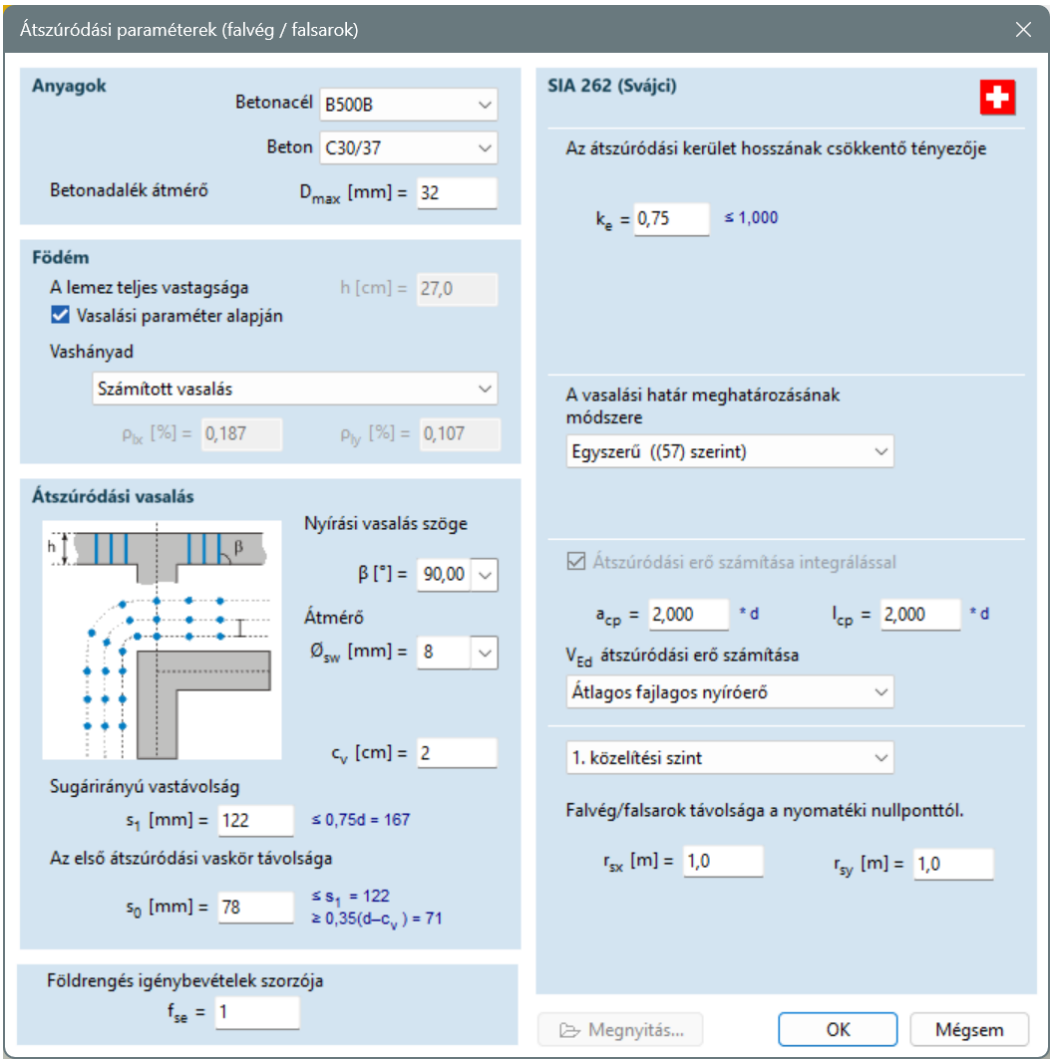
Az információs ablakban a szabvány, az elemazonosító, az anyagminőségek után az alábbiak szerepelnek:

h	lemezvastagság
d	hasznos lemezvastagság
ρ_{lx}, ρl_y	a hosszirányú vasalás vashányadai
β	a nyírási vasalás födémlemez síkjával bezárt szöge
s_0	az első vasalási kör távolsága a támasz konvex szélétől
s_1	a vasalási körök közötti távolság
$\varnothing_{sw}$	átszúródási vas átmérője
d_v	hasznos magasság
l_x l_y	oszlopok közötti távolság
f_{se}	földrengésből származó igénybevételek szorzója
V_d	függőleges erő tervezési értéke
$V_{d,0}$	átszúródási erő tervezési értéke az oszlop konvex kontúrjától *0.5d* távolságra integrálva (alaplemez esetén)
M_{dy},M_{dz}	nyomaték tervezési értéke
k_e	az átszúródási kerület hosszának csökkentő tényezője
u	átszúródási vonal hossza
u'	átszúródási vonal hatékony hossza ($u' = k_e \cdot u$)
$V_{Rd,max}$	a ferde nyomott beton rácsrudak átszúródási ellenállásának tervezési értéke
$V_{Rd,c}$	a födémlemez átszúródási ellenállásának tervezési értéke átszúródási vasalás nélkül
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	kihasználtsági hányados a ferde nyomott betonrudakra
$V_{Ed}/V_{Rd,c}$	kihasználtsági hányados átszúródási vasalás nélkül
$V_{d,s}$	átszúródási vasalásra háruló átszúródási erő
σ_{sd}	húzófeszültség tervezési értéke az átszúródási vasalásban
ΣA_{sw}	szükséges átszúródási vasalás, melyet a támasz szélétől $0.35d_v$és d_v közötti távolságon kell elhelyezni
A_{sw}	egy átszúródási körön szükséges átszúródási vasalás
$V_{Rd,s}$	az átszúródási vasalás ellenállásának tervezési értéke
N_{sr}	a vasalási körök száma

SIA 26x (Svájci)	
1. rúd, 6. cspt.	
C35/45	
B500B	
40x40	
h[cm] =	32,0
d[cm] =	27,2
ρ_{lx}[%] =	0,568
ρ_{ly}[%] =	0,666
β[°] =	90,00
s_0[mm] =	136
s_1[mm] =	167
Ø[mm] =	14
d_v[cm] =	25,2
l_x[m] =	5,0
l_y[m] =	5,0
Tehereset : ST1	
f_{se} =	1,000
V_d[kN] =	1213,93
M_y[kNm] =	-20,84
M_z[kNm] =	-60,05
u[m] =	2,391
k_e =	0,900
u'=k_e·u[m] =	2,152
$V_{Rd,c}$[kN] =	648,73
$V_{Rd,max}$[kN] =	1297,45
V_d / $V_{Rd,max}$ = 0,936 ≤ 1	
V_d / $V_{Rd,c}$ = 1,871 > 1	
Szükség van átszúródási vasalásra.	
$V_{d,s}$[kN] =	606,96
σ_{sd}[MPa] =	426,59
Σ A_{sw}[cm²] =	**15,81**
A_{sw}[cm²] =	15,81
$V_{Rd,s}$[kN] =	606,99
N_{sr} =	2
$h_{min,1}$[cm] =	31,5
$h_{min,2}$[cm] =	38,7

6.5.15.2.2 Falvég/falsarok átszúródásvizsgálat SIA 262 szerint

A program az átszúródási erőt az Eurocode szabványnál ismertetett módon határozza meg. Eltérés, hogy SIA szabvány esetén nem alkalmazunk β tényezőt. A szabvány szerinti k_e tényező megadható az alábbi paraméterablakban.
A falvég/falsarok átszúródás gombra kattintva, a falsarok, vagy falvég csomópontját kijelölve az alábbi – az oszlop átszúródás vizsgálathoz hasonló paraméterablak jelenik meg, kiegészítve az átszúródási erő meghatározásához szükséges paraméterekkel, melyek az Eurocode szabvány szerinti méretezést ismertető részben már bemutatásra kerültek.



Az átszúródási vizsgálatot a program oszlop átszúródása részen ismertetett módon végzi tekintettel az átszúródási vonal felvételére vonatkozó eltérő szabályokra. *Lásd...* **Oszlopok átszúródásának vizsgálata SIA 262 szerint**

6.5.15.3. Átszúródásvizsgálat eredményei a modelltérben

Eredmény-komponensek

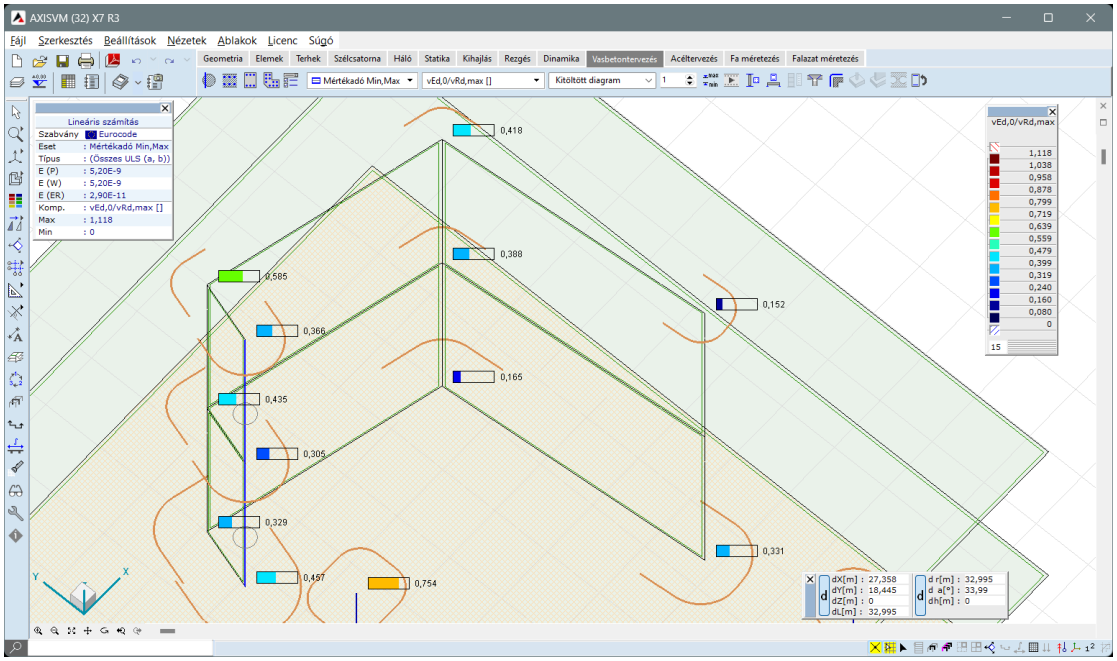
Amennyiben már vannak átszúródási paraméterekkel ellátott oszlopok, támaszok, falsarkok, vagy falvégek a modellben, illetve van elérhető eredmény, amire az ellenőrzést el lehet végezni (lineáris statika, nem-lineáris statika, dinamika), akkor *Vasbetontervezés* fül alatt elérhetővé válnak új eredménykomponensek, amelyekkel az átszúródásvizsgálat eredményei egyszerűen és áttekinthető formában lekérdezhetők az összes elemre.

Eurocode

- V_{Ed} – átszúródási erő tervezési értéke
- u_1 – átszúródási vonal hossza a kritikus 2d körön
- v_{Ed} – nyírófeszültség az u_1 körön
- $v_{Rd,c}$ – méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó lemez átszúródási teherbírásának tervezési értéke
- $v_{Ed,0}$ – nyírófeszültség az u_0 körön
- $v_{Rd,max}$ – a figyelembe vehető legnagyobb átszúródási teherbírás tervezési értéke
- $v_{Ed}/v_{Rd,c}$ – kihasználtság
- $v_{Ed,0}/v_{Rd,max}$ – kihasználtság
- A_{sw} – az átszúródási vasalás keresztmetszeti területe a kritikus vasalási körön
- $v_{Rd,cs}$ – méretezett átszúródási vasalással ellátott lemez átszúródási teherbírásának tervezési értéke
- $v_{Ed}/v_{Rd,cs}$ – kihasználtság

SIA

- V_d – átszúródási erő tervezési értéke
- u – átszúródási vonal hossza
- k_e – az átszúródási vonal hosszának csökkentő tényezője
- u' – átszúródási vonal hatékony hossza
- $V_{Rd,c}$ – méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó lemez átszúródási teherbírásának tervezési értéke
- $V_{Rd,max}$ – a ferde nyomott beton rácsrudak ellenállásának tervezési értéke
- $V_d/V_{Rd,c}$ – kihasználtság
- $V_d/V_{Rd,max}$ – kihasználtság
- A_{sw} – egy átszúródási körön szükséges átszúródási vasalás keresztmetszeti területe
- $V_{Rd,s}$ – átszúródási vasalás ellenállásának tervezési értéke
- $V_d/V_{Rd,s}$ – kihasználtság



Összefoglaló táblázatok

A modellben található oszlopok, támaszok, falvégek és falsarkok méretezési eredményeiről összefoglaló táblázatok érhetők el a táblázatkezelőben (*lásd...* **3.2.10 Táblázatkezelő**) ahol a többi eredménykomponenshez hasonlóan egy táblázatban kérdezhetjük le az összes elem eredményeit és menthetjük őket a dokumentációba.

6.5.16. Alapozás tervezése EuroCode és SIA szerint – RC4 modul

6.5.16.1. Pontalapok tervezése



Itt a téglalap (négyzet) vagy kör alapterületű lemez, lépcsős lemez, illetve kiékelt (csonkagúla, csonkakúp alakú) alaptestek alaprajzi méretének és a szükséges vasalás mennyiségének meghatározása (tervezés), illetve az alaptest elcsúszásának és átszúródásának ellenőrzése, a teher külpontosságának ellenőrzése, az alaptest stabilitásvizsgálata végezhető el Eurocode és SIA szerint. Meghatározza az alaptest süllyedését is.

Az alaptest méretei

Az alaptest egyes geometriai méreteit megadhatjuk, de ezek meghatározását a programra is bízhatjuk (ilyenkor csak felső határt kell megadnunk). A program a talaj és az igénybevételek alapján iteratív módszerrel meghatározza az alaptest szükséges méretét. Ezután ellenőrzi a tényleges alapméret alapján a teheresetekhez és -kombinációkhoz tartozó tényleges központosan nyomott A' területet, meghatározza az igénybevétel és a teherbírás tervezési értékét, a süllyedést (teheresetekre, illetve használhatósági határállapot [SLS] szerinti teherkombinációkra), a kihasználtságot és az esetleg szükséges nyírási vasalást. A program ellenőrzi az alap helyzeti állékonyságát is.
Ha az alaptest nagyobb számított oldalmérete meghaladná a vastagság 20-szorosát, a program a méret további növelése helyett hibaüzenetet küld.
A lépcső mérete természetesen nem haladhatja meg az alaplemez méretét.

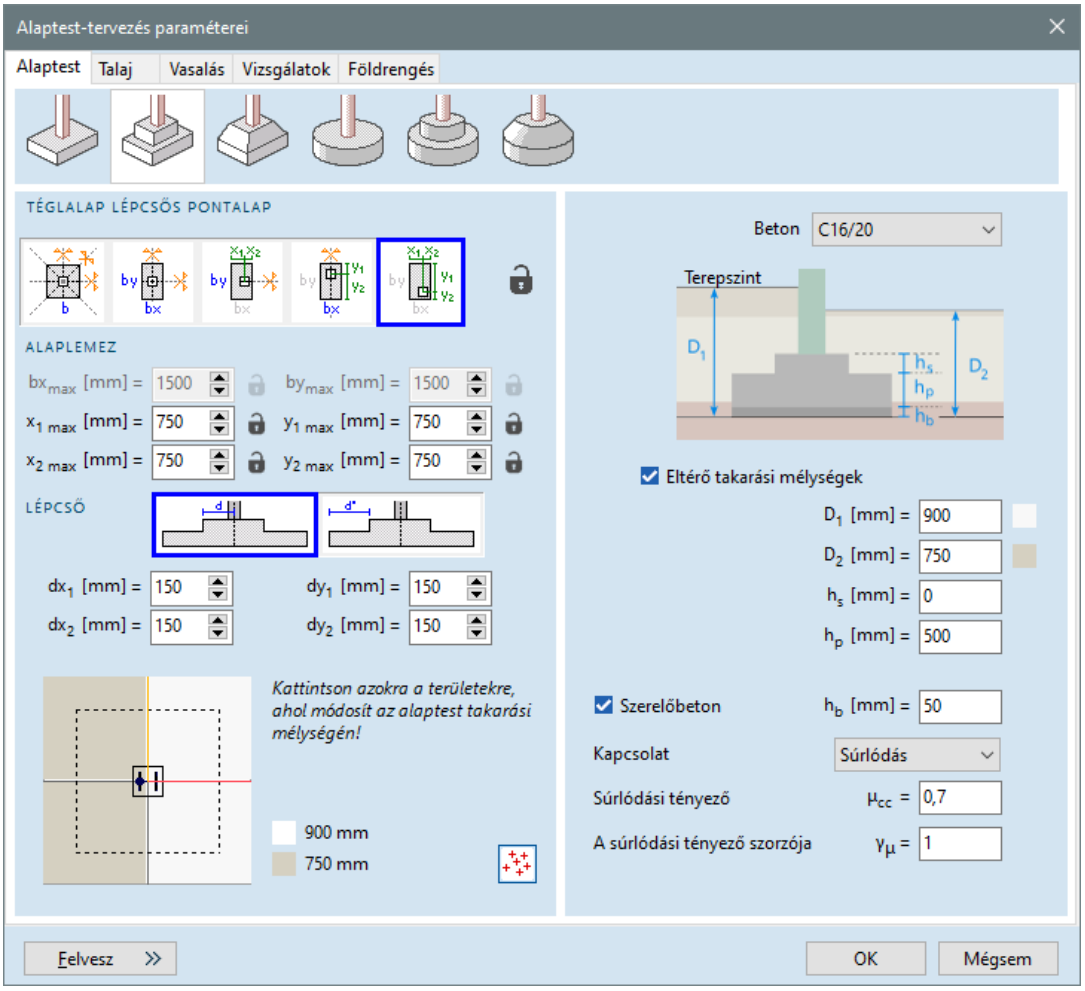
☞ **Az alapozás számításhoz használt koordinátarendszer a támaszelem koordinátarendszere, a külpontosságokat azonban az alapfelület középpontjától számítjuk.**

Az alaptest-tervezés paraméterei



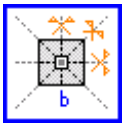
Alaptest

Az Alaptest fülön kiválaszthatjuk az alaptest típusát (téglalap vagy kör alaprajzú lemez-, lépcsős, kiékelt, csonka gúla, illetve csonka kúp alakú alap), majd megadhatjuk annak geometriai jellemzőit, a betonminőséget, illetve a talplemez és a szerelőbeton közti súrlódási együtthatót és annak szorzóját.

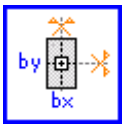


Az alaptest megadható jellemzői:

Az alaptest szimmetriája négyzetes vagy téglalap, illetve kör alakú alaptest esetén:



négyzetes alaptest
b a négyzet oldala,
az oszlop a négyzet középpontjában csatlakozik
b értékét vagy felső határát kell megadni



téglalap alakú alaptest
bx és *by* a téglalap oldalai,
az oszlop a téglalap középpontjában csatlakozik
bx és *by* értékét vagy felső határát kell megadni



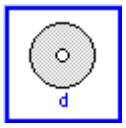
téglalap alakú, egyszeresen excentrikus alaptest
az oszlop az *x* irányban excentrikusan, *y* irányban központosan csatlakozik,
x_1 és x_2 az oszloptengely *x* irányban mért távolsága az alaptest széleitől
x_1, x_2 és *by* értékét vagy felső határát kell megadni



téglalap alakú, egyszeresen excentrikus alaptest
az oszlop az *y* irányban excentrikusan, *x* irányban központosan csatlakozik,
y_1 és y_2 az oszloptengely *y* irányban mért távolsága az alaptest széleitől
y_1, y_2 és *bx* értékét vagy felső határát kell megadni



téglalap alakú, kétszeresen excentrikus alaptest
az oszlop *x* és *y* irányban is excentrikusan csatlakozik,
x_1 és x_2 az oszloptengely *x* irányban mért távolsága az alaptest széleitől,
y_1 és y_2 az oszloptengely *y* irányban mért távolsága az alaptest széleitől
x_1, x_2, y_1, y_2 értékét vagy felső határát kell megadni



kör alakú alaptest
az oszlop a körlemez középpontjába csatlakozik,
d_p a kör alaplemez átmérője
d_p értékét vagy felső határát ($d_{p,max}$) kell megadni



Ha a mező melletti lakat ikon benyomott állapotban van, a beírt érték rögzített (ellenőrzés). Ha nincs benyomva (a lakat nyitva van), a beírt érték a program számára megadott felső határ (tervezés).
A nagy lakat (*Adott méretű alaptest ellenőrzése*) zárolásakor minden érték rögzül és a zárolás csak a nagy lakat kinyitásával oldható fel.

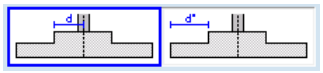


Tervezés:

Ha az alaptest minden bekapcsolt vizsgálatra megfelel, és a nagy lakat nyitva, akkor a program elkezdi optimalizálni az alaptest alapfelületének méretét úgy, hogy a bekapcsolt geotechnikai vizsgálatok mindegyikére megfeleljen. A talajtörés és a külpontosság vizsgálat mindig megtörténik, de a külpontosságra tervezést kikapcsolhatjuk, akkor is, ha a vezérlakat nyitva.

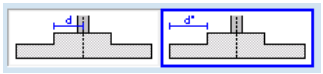
Lépcsős és csonkagúla alaptestek

A lépcső méretét kétféleképpen lehet megadni.



dx_1 és dx_2 a lépcső vagy csonkagúla felső lapja széleinek *x* irányban mért távolsága az **oszloptengelytől**, dy_1 és dy_2 ugyanez *y* irányban.

Köralapnál: d_s a lépcsős alaptest lépcsőjének (henger) vagy a csonkakúp felső lapjának átmérője. A $d_s/2$ értéket (a sugarat) kell megadni.



dx^*_1 és dx^*_2 a lépcső vagy csonkagúla felső lapja széleinek *x* irányban mért távolsága **az alaptest szélétől**, dy^*_1 és dy^*_2 ugyanez *y* irányban.

Köralapnál: d_s a lépcsős alaptest lépcsőjének (henger) vagy a csonkakúp felső lapjának átmérője, a $d_s/2' = (d_p - d_s) / 2$ értéket kell megadni.

Az első esetben a lépcső vagy a csonkagúla / csonkakúp mérete rögzített. A második esetben a lépcső vagy csonkagúla / csonkakúp mérete együtt nő, vagy csökken az alaptest méretével.

Az alaptest további paraméterei:

Beton az alaptest anyaga

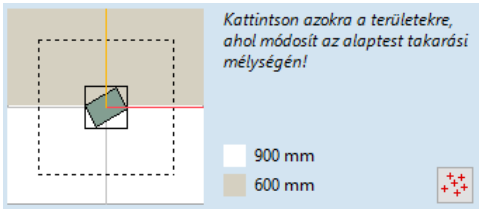
Eltérő takarási mélységek

Az alaptest takarási mélysége két eltérő érték is lehet (D_1, D_2). Ezeket az alaptest felülnézeti diagramjára kattintva pontalapok esetén síknegyedkhez, sávalapok esetén oldalakhoz lehet rendelni.
A program mindig a D_1 értéket tekinti a talajszinttől számított takarási mélységnek, a rétegrendet eszerint veszi figyelembe. Ha $D_2 > D_1$, a program legfelső réteget terjeszti ki.
A talajtörési ellenállást a kisebb takarási mélység alapján számoljuk, D = min (D_1, D_2)
Mivel a visszatöltés térfogata a takarási mélység függvénye, eltérő értékek esetén szimmetrikus alaptestre is excentrikus önsúly kerül.

D or D_1 Takarási mélység (az alaptest alja és a talajszint közti távolság)
D_2 Takarási mélység a kiválasztott síknegyedekben vagy oldalon
D a földtakarás (az alapsíknak, azaz a szerelőbeton aljának a talajszinttől számított mélysége)
h_s lépcsős alap esetében a lépcső, csonkagúla alap esetén a csonkagúla magassága
h_p az alaplemez vastagsága
h_b a szerelőbeton vastagsága
μ_{cc} súrlódási tényező az alaplemez és a szerelőbeton között
γ_μ a súrlódási tényező parciális tényezője

A Földrengés-igénybevételek szorzója hatásáról *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**

Baloldalon a beviteli mezők alatt az alaptest és az oszlop méretarányos felülnézeti képe látható. A rögzített értékeket folytonos, a maximumokat szaggatott vonal ábrázolja.
A figyelembe vett igénybevételek az eredeti excentricitásuknak megfelelő pontokon piros keresztekként jelennek meg.



Ez a megjelenítés csak tájékoztató jellegű, mert a tényleges excentricitás számításánál a program az alaptest és a visszatöltés önsúlyát is figyelembe veszi, ami a külpontosságot csökkenti.
Ha az *Eltérő takarási mélységek* opciót bekapcsoljuk, az oszlop körüli terület negyedekre osztva jelenik meg. A negyedekre kattintva az adott negyedben megváltozik a takarási mélység. Így eltérő takarás állítható be akár a felső/alsó, akár a bal/jobb oldalra. Az irányok a támasz lokális *x* és *y* iránya szerint (piros és sárga tengelyek) értendők.



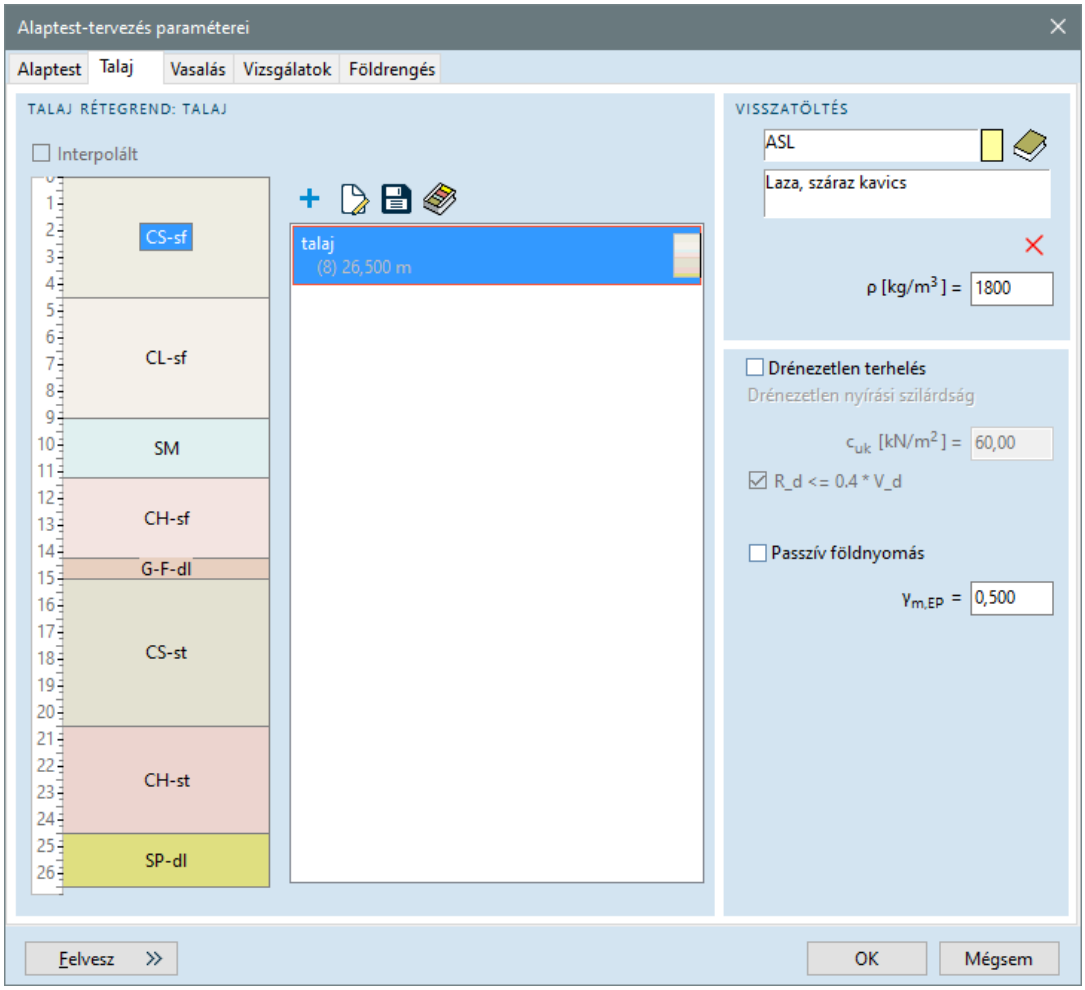
Az *Összes támaszigénybevétel megjelenítése* gomb benyomott állapotában a felülnézeti kép úgy skálázódik, hogy valamennyi igénybevétel látható legyen, míg felengedett állapotában csak az alaptest befoglaló négyzetének belsejébe eső pontok látszanak.
A támaszigénybevétel az alaptest tetején működik, az alaptest, a szerelőbeton – ha van – és a visszatöltés súlya, mint hatás ebben még nem szerepel.

Talaj

Az *Talaj* fülön megadhatjuk a talaj rétegrendjét, a visszatöltés anyagát, és még néhány talaj jellemzőt.

Talaj rétegrend

Választhatunk a modellben korábban megadott talaj rétegrendek listájából, vagy a modellfüggetlen rétegrend-könyvtárból (**6.5.16.4 Talaj** rétegrend-könyvtár), a betöltött rétegrendet szerkeszthetjük vagy új rétegrendet is megadhatunk (**6.5.16.3 Talajrétegrend-szerkesztő**).
Ha adtunk meg a modellben fúrásmintákat, az *Interpolált* kapcsolóval beállítható, hogy a támasz alatti rétegrendet a program a fúrásminták alapján felépített rétegmodellből nyerje. Ha egyszerre méretezünk több alaptestet, interpolált esetben előfordulhat, hogy a program az egyes alaptestek alatt eltérő rétegrenddel számol.



Új rétegrend létrehozása
Elindul a *Talajrétegrend-szerkesztő*, az ott felépített rétegrendet felvehetjük a modellben tárolt talaj rétegrendek közé.

Rétegrend szerkesztése
A *Talajrétegrend-szerkesztő*vel (**6.5.16.3 Talajrétegrend-szerkesztő**) módosíthatjuk a kijelölt rétegrendet (akár csak a nevét is). A meglévő rétegrendet felülírhatjuk, de új rétegrendként is hozzáadhatjuk a listához.

Rétegrend mentése könyvtárba
A kijelölt rétegrend bekerül a modellfüggetlen *Rétegrend-könyvtár*ba. Ha van már ilyen néven könyvtári rétegrend, a név után írt (1), (2), ... stb. különbözteti meg az új könyvtári elemet a régitől.

Rétegrend-könyvtár
Minden modellből elérhető talaj-rétegrend adatbázis. Egyszerre több rétegrend is kijelölhető, és a modellbe importálható. Ha az valamelyik néven van már modellben megadott, a könyvtáritól eltérő rétegrend, a név után írt (1), (2), ... stb. különbözteti meg az új rétegrendet a régitől.

A modellben felvett rétegrendek törlése a *Táblázatkezelő*ben a *Talaj rétegrendek* táblázatban lehetséges. Rétegrendek törlése Winkler-rugók, illetve alaptestek törlését eredményezheti, ezért a táblázatban a használatban lévő rétegrendek neve vastagon jelenik meg, törlésükkor pedig figyelmeztető üzenet jelenik meg.

Visszatöltés Itt adható meg az alaptest fölé visszatöltött talaj minősége.

Kiválasztásra itt is használhatjuk a talaj-adatbázist.

Drénezetlen terhelés

Drénezetlen terheléskor a pórusvíz nem tud eltávozni, a talaj teljesen telített. Ebben az esetben a talaj c_{uk} nyírási szilárdságának értéke konstans, ami kísérleti úton meghatározható. Az opció kiválasztása esetén ezt az értéket kell megadnunk.

Passzív földnyomás

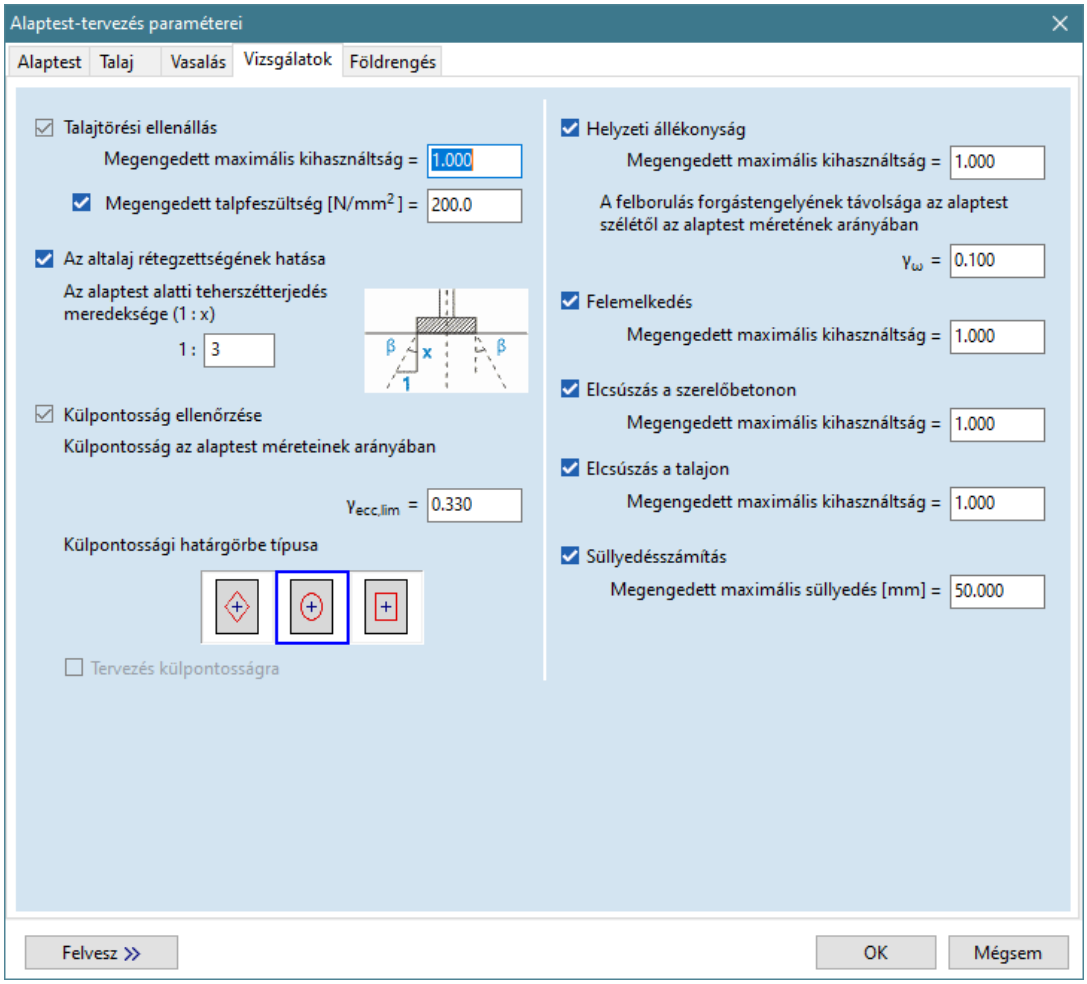
Bekapcsolt esetben a program az elcsúszási ellenállást a passzív földnyomás figyelembevételével megnöveli. Az aktív földnyomás a vízszintes igénybevételeket növeli – kisebb mértékben. Ezeket a hatásokat általában – a biztonság javára – elhanyagolják, alkalmazása körültekintést kíván.
A $\gamma_{m,EP}$ paraméter a passzív földnyomás mobilizálódási tényezője.

Vasalás

Az *Vasalás* fülön bekapcsolhatjuk a vaskiosztások meghatározását. Ehhez meg kell adnunk az alkalmazni kívánt betonacél minőségét, az alsó és felső vasak irányát, átmérőjét illetve a hozzájuk tartozó betonfedéseket.
Meg kell adni a *Betonacélt*, a c_T és c_B felső és alsó betonfedést. Az *Átmérő* és az *Irány* felrat alatti két sorban a felső vasalást adjuk meg, (az első sor a külső, a második a belső vasalás), az alsó két sorban az alsó vasalást adjuk meg (a harmadik sor a belső, a negyedik a külső vasalás). Az elrendezést a lokális *x-z* síkú ábrán ellenőrizhetjük.
Az *Átszúródási vasalás* számítása csak egyszerű lemezalap esetén elérhető. A paraméterek magyarázatát *lásd...* **6.5.15 Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul**



Vizsgálatok



Talajtörés vizsgálata

A program a megadott paraméterek alapján az EN 1997-1 D. melléklete szerint meghatározza a talajtörési ellenállást.
Drénezett viszonyok esetén:

$$R_{V,d} = \left(c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma\right) \cdot A'$$

Drénezetlen viszonyok esetén:

$$R_{V,d} = \left((\pi + 2)c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q\right) \cdot A'$$

Megengedett talpfeszültség

A program az igénybevételekből származó talpfeszültséget összeveti az itt megadott *Megengedett talpfeszültség*-gel.

Rétegzett altalaj vizsgálata

Ha az alapozási sík alatt több különböző tulajdonságú talaj van, mértékadó lehet egy alsó, kisebb teherbírású talajréteg. A program – a felhasználó által megadott mélységi teherszétterjedés meredekséggel számolva – meghatározza a vizsgált talajréteg tetején ébredő feszültségből és az egyes talajréteg tetején számított teherbírásból számított kihasználtságot az alábbi összefüggések alapján:

$$q_{E,d,i} = \frac{V_d}{A_i'} + (q_i' - q')$$

ahol:

$A_i' = B_i' \cdot L_i'$

ahol: $B_i' = B' + 2 \cdot Cot\beta \cdot (|z_i| - D)$ és $L_i' = L' + 2 \cdot Cot\beta \cdot (|z_i| - D)$

$|z_i| - D$: az alaptest alja és a vizsgált talajréteg teteje közötti távolság

Tervezés esetén iterációval addig változtatja az alaptest méretét, amíg a talajtörésre számított kihasználtság a megengedett kihasználtság alá nem csökken.

$$\lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_{V,d}} \leq \lambda_{R,v,lim}$$

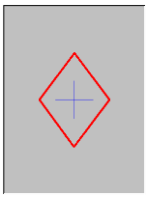
A program az iterációk során csak a felhasználó által megadott maximális alaptestméretig növeli az alaptestméreteit, így tervezés esetén is előfordulhat, hogy nem felel meg az alaptest a megadott maximális méretekkel.
Ha az alaptest számított mérete nagyobb, mint a lemezvastagság tízszerese, a program figyelmeztetést küld.

Külpontosság vizsgálata

A program meghatározza a teherkombináció külpontosságát, a külpontosságból a külpontossági faktort (γ_{ecc}) és összeveti a megengedett külpontossági faktorral ($\gamma_{ecc,lim}$).

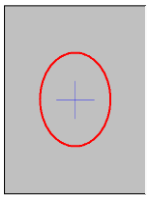
Téglalap alaprajzú alaptesteknél $\gamma_{ecc} = 0{,}5$ esetén a határgörbe befoglaló téglalapja a $b_x/2$ és $b_y/2$ méretű téglalap, a külpontossági faktor a *Külpontossági határgörbe típusa* szerint a következő összefüggés alapján számítódik.

Lineáris (rombusz),



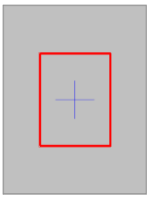
$$\gamma_{ecc} = \left|\frac{e_x}{b_x}\right| + \left|\frac{e_y}{b_y}\right|$$

Kvadratikus (ellipszis)



$$\gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2}$$

Forgástengely (téglalap)



$$\gamma_{ecc} = \max\left(\frac{|e_x|}{b_x}; \frac{|e_y|}{b_y}\right)$$

Kör alaprajzú alaptesteknél a külpontossági határgörbe kör, a külpontossági faktor:
$\gamma_{ecc} = e / r$, ahol $r = d_p / 2$

Tervezés külpontosságra

A program addig növeli az alaptest méretét, ameddig a ($\gamma_{ecc} \leq \gamma_{ecc,lim}$) feltétel nem teljesül.

Helyzeti állékonyság vizsgálata

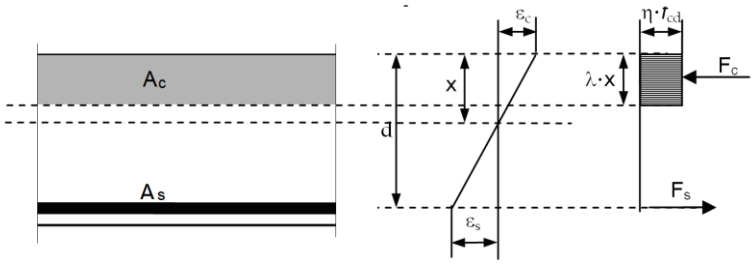
A program az alap szélétől meghatározott távolságra lévő felborulási forgástengelyekre kiszámítja a hatások nyomatékát és külön összegzi a stabilizáló és destabilizáló nyomatékokat, majd a $\Delta_{EQU} = \left|\frac{M_{dst}}{M_{stb}}\right| \leq \Delta_{EQU,lim}$ összefüggés alapján vizsgálja a megfelelősséget.

Felemelkedés vizsgálata

Ha az alaptestre felfelé ható (húzó)erő működik, a program megvizsgálja, hogy az alaptest súlya (stabilizáló hatás) ellensúlyozza-e az alaptestre ható (húzó)erőt (destabilizáló hatás), azaz: $G_{dst} \leq \mathrm{G_{stb}}$

Alaplemez hajlítási vasalásának számítása

A program, ha megadjuk a betonfedéseket és a vasátmérőket, meghatározza a szükséges alsó és felső vasmennyiségeket *x* és *y* irányban a következő ábra szerint.
A program a minimálisan szükséges vasmennyiséget figyelembe veszi.

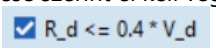


A vasátmérő ismeretében megadja a szükséges kiosztásokat.
Figyelmeztetések, hibaüzenetek:
A program figyelmeztet, ha nyomott vas szükséges, illetve, ha a vasmennyiség nagyobb a megengedettnél ($A_s > A_{smax}$).

Az alaptest (vagy a szerelőbeton) elcsúszása a talajon

A program ellenőrzi, hogy az alaptestre ható vízszintes erő által nem következik-e be elcsúszási törés az alapfelületen (az alaptest és a talaj között) az alábbi összefüggések alapján:

$$H_d \leq R_{d,Hs} + R_{p,d}$$

Az elcsúszással szembeni ellenállás:
Drénezett viszonyok esetén: $R_{d,Hs} = V_d tan\delta_d$
Az alaptest és a talaj közötti súrlódási szög tervezési értéke helyben betonozott alaptestek esetében egyenlőnek vehető a kritikus állapothoz tartozó súrlódási szög tervezési értékével: $\delta_d = \varphi_{cv,d}$
Drénezetlen viszonyok esetén: $R_{d,Hs} = A' c_{u,d}$ és $R_{d,Hs} \leq 0{,}4 V_d$*
*Ha víz vagy levegő juthat a drénezetlen agyag és az alaptest érintkezési felületéhez, akkor az EN 1997-1 6.5.3. (12)P bekezdése szerint el kell végezni ezt az ellenőrzést is, melyhez
be kell kapcsolni a 

kapcsolót.

Az alaptest elcsúszása a szerelőbetonon

A program ellenőrzi az alaptest elcsúszását a szerelőbetonon a következő összefüggés alapján:

$$H_d \leq R_{d,Hb} + R_{p,d}$$

Az elcsúszással szembeni ellenállás:

$$R_{d,Hb} = V_d \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu}$$

ahol μ_{cc} a beton és beton közötti súrlódási tényező, γ_μ a súrlódási tényező parciális tényezője.

EC7 szerint

Eurocode 7 lehetőséget biztosít többféle tervezési megközelítésre (DA, design approach). Ezek az igénybevételekre, anyagjellemzőkre, illetve határfeszültségekre alkalmazott biztonsági tényezők kombinációi. Az igénybevételekre alkalmazott szorzók rendszereit A1, A2, az anyagjellemzőkre alkalmazott szorzók rendszereit M1, M2, a határfeszültségekre alkalmazott szorzók rendszereit R1, R2, R3 néven azonosítják. (ld. Eurocode 7, Annex A) Az egyes tervezési megközelítések ezeket a rendszereket kombinálják egymással.

Tervezési megközelítés		*teher*	*igénybevételek*	*anyagjellemzők*	*határfeszültségek*
DA1	*1. kombináció*	*ULS*	*A1*	*M1*	*R1*
	2. kombináció	*SLS*	*A2*	*M2*	*R1*
DA2		*ULS*	*A1*	*M1*	*R2*
DA3		*SLS*	*A2*	*M2*	*R3*

A program az ULS esetekre az A1+M1+R1 (DA1/1) és az A1+M1+R2 (DA 2) vizsgálatot, az SLS esetekre az A2+M2+R1 (DA1/2) és az A2+M2+R3 (DA3) vizsgálatot végzi el, azaz minden igénybevételre két eredményt számít.
Ha a méretezést nem a mértékadó kombinációra, hanem valamilyen kézzel előírt teherkombinációra végezzük el, ne felejtsük el beállítani a kombináció ULS vagy SLS jellegét, különben az alaptest túlméreteződhet.

Átszúródás vizsgálata

A program az oszlop kerületén ellenőrzi az alaptestet a nyírási ellenállás maximális értékére ($v_{Rd,max}$), a kritikus átszúródási vonalon meghatározza a szükséges vasalást.

A program figyelembe veszi a talajreakciót: a központosan nyomott területen (A) létrejövő talajreakció kritikus vonalon belüli részével csökkenti az átszúródási igénybevételt.
A lemez akkor felel meg átszúródásra, ha $v_{Ed} \leq v_{Rd}$
Nyírási vasalás nélkül $v_{Rd} = \min \begin{Bmatrix} v_{Rd,c} \\ v_{Rd,max} \end{Bmatrix}$, nyírási vasalással $v_{Rd} = \min \begin{Bmatrix} v_{Rd,cs} \\ v_{Rd,max} \end{Bmatrix}$

Figyelmeztetések, hibaüzenetek:

Ha $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$, akkor nem szükséges nyírási vasalás.
Ha $v_{Rd,max} > v_{Ed} > v_{Rd,c}$, akkor szükséges nyírási vasalás.
Ha $v_{Ed} > v_{Rd,max}$, akkor az alaplemez nem felel meg átszúródásra. Növelni kell a lemezvastagságot vagy az oszlop méretét.

Ha az alaptestre lépcső vagy csonka gúla kerül, azok méretét a program az átszúródás figyelembevételével határozza meg, ezért ilyenkor átszúródási kihasználtságot nem ad meg.

Az alaptest süllyedésének meghatározása

A program a terhelés hatására a talajrétegekben keletkező többletfeszültségből kiszámítja a rétegek összenyomódását.
A terhelésből származó feszültség *z* mélységben az alaptest központosan nyomott téglalap karakterisztikus pontja alatt a következő összefüggések alapján (*Boussinesq-Steinbrenner* nyomán):

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

$$\sigma_z = \frac{\sigma_0}{2\pi}\left\{\arctan\left[\frac{b}{z}\cdot\frac{a(a^2+b^2)-2az(R-z)}{(a^2+b^2)(R-z)-z(R-z)^2}\right]+\frac{bz}{b^2+z^2}\cdot\frac{a(R^2+z^2)}{(a^2+z^2)R}\right\}$$

ahol
a karakterisztikus pont a terhelőfelület középtengelyétől *0,37 B*'-re és *0,37 L*'-re van.
a és *b* a téglalap alakú terhelőfelület-rész (4 db) oldalhossza és szélessége az alábbi táblázat szerint

	a	*b*
I.	*(0,5 - 0,37) · L'*	*(0,5 - 0,37) · B'*
II.	*(0,5 + 0,37) · L'*	*(0,5 - 0,37) · B'*
III.	*(0,5 + 0,37) · L'*	*(0,5 + 0,37) · B'*
IV.	*(0,5 - 0,37) · L'*	*(0,5 + 0,37) · B'*

Amennyiben $a < b$, a két érték felcserélődik.
σ_0 az alapozási síkon a terhelésből (beleértve az alaptest és a visszatöltés súlyát) számított talajfeszültség csökkentve az alapozási sík feletti talajrétegek (a kiemelt talaj) súlyából származó talajfeszültséggel,
végül $R = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$.

Ez a feszültségszámítás homogén féltérre vonatkozik. Több különböző talajréteg esetén helyettesítő talajrétegvastagságok számításával „homogenizálni" kell.

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{oed,i}}{E_{oed,ref}}\right)^{1/3}$$

ahol
$h_{i,eq}$ az *i.* talajréteg helyettesítő vastagsága,
h_i az *i.* talajréteg vastagsága
$E_{oed,ref}$ a referencia talajréteg összenyomódási modulusa
$E_{oed,i}$ az *i.* talajréteg összenyomódási modulusa

A program ezért a felhasználó által megadott talajrétegeket 10 cm-enként további alrétegekre bontja. Az alrétegek alján kiszámítja a talaj súlyából adódó feszültségeket, valamint a terhelésből számított többletfeszültségeket. Az alrétegek összenyomódását az alábbi összefüggés alapján határozza meg a program:

$$\Delta h_i = h_i \frac{\sigma_{ai}}{E_{oed,i}};\ \ \sigma_{ai} = \frac{\sigma_{i-1} + \sigma_i}{2}$$

Itt
σ_{ai} az *i.* alrétegben számított terhelésből származó többletfeszültség átlaga
σ_{i-1} az *i.* alréteg tetején számított terhelésből származó többletfeszültség
σ_i az *i.* alréteg alján számított terhelésből származó többletfeszültség
$E_{oed,i}$ az *i.* alréteg összenyomódási modulusa

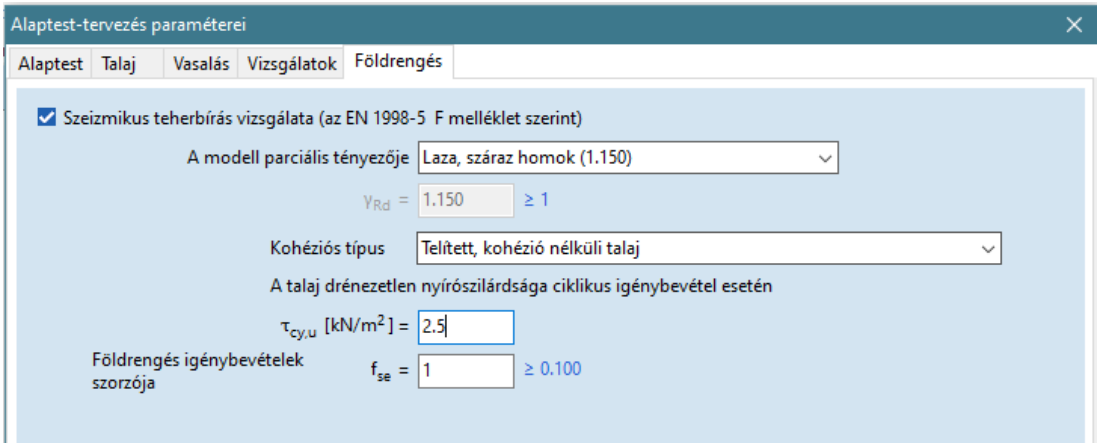
Az adott mélységben várható süllyedést az adott mélység feletti rétegek összenyomódásainak összegzésével számítja a program:

$$s_m = \sum_{i=0}^{m} \Delta h_i$$

A program kiszámítja a határmélységet a $\sigma = 0.2 \cdot \sigma_{ob}$ feltétel alapján, azaz ahol a terhelésből számított többletfeszültség a talaj súlyából számított feszültség 20%-a alá esik.
Ha a megadott talajrétegekben nem éri el a határmélységet, akkor a megadott legalsó talajréteg alján számított süllyedést kapjuk alsó becslésként, úgy, hogy kiszámítjuk a terhelésből számított többletfeszültség és a talaj súlyából számított feszültség arányát.
Ha az alaptest alján a terhelésből származó többletfeszültség kisebb, mint a talaj önsúlyából származó feszültség, akkor a program nem számol süllyedést.
A program terhelési esetenként kiszámolt süllyedések közül kiválasztja a legnagyobbat és ahhoz ábrázolja a talaj súlyából és a terhelésből számított feszültségfüggvényeket, valamint a süllyedés függvényét. A süllyedésfüggvény a vizsgált mélység feletti rétegek összenyomódásának értéke.

Szeizmikus kombinációk figyelembevétele

Ha a modellben elvégeztük a rezgésvizsgálatot, majd megadtunk földrengés terheket, elvégezhető az alaptest földrengésvizsgálata. Ehhez a következő paramétereket kell megadnunk:



A program az EN 1998-5 F melléklete szerint ellenőrzi az alap szeizmikus teherbírását. Fokozott figyelemmel járjunk el az adatok, különösen a ciklikus drénezetlen nyírószilárdság ($\tau_{cy,u}$) megadásánál. Lásd bővebben: Richard P. Ray: *Geotechnikai kézikönyv földrengésre való méretezéshez* (Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozat, Budapest, 2014)

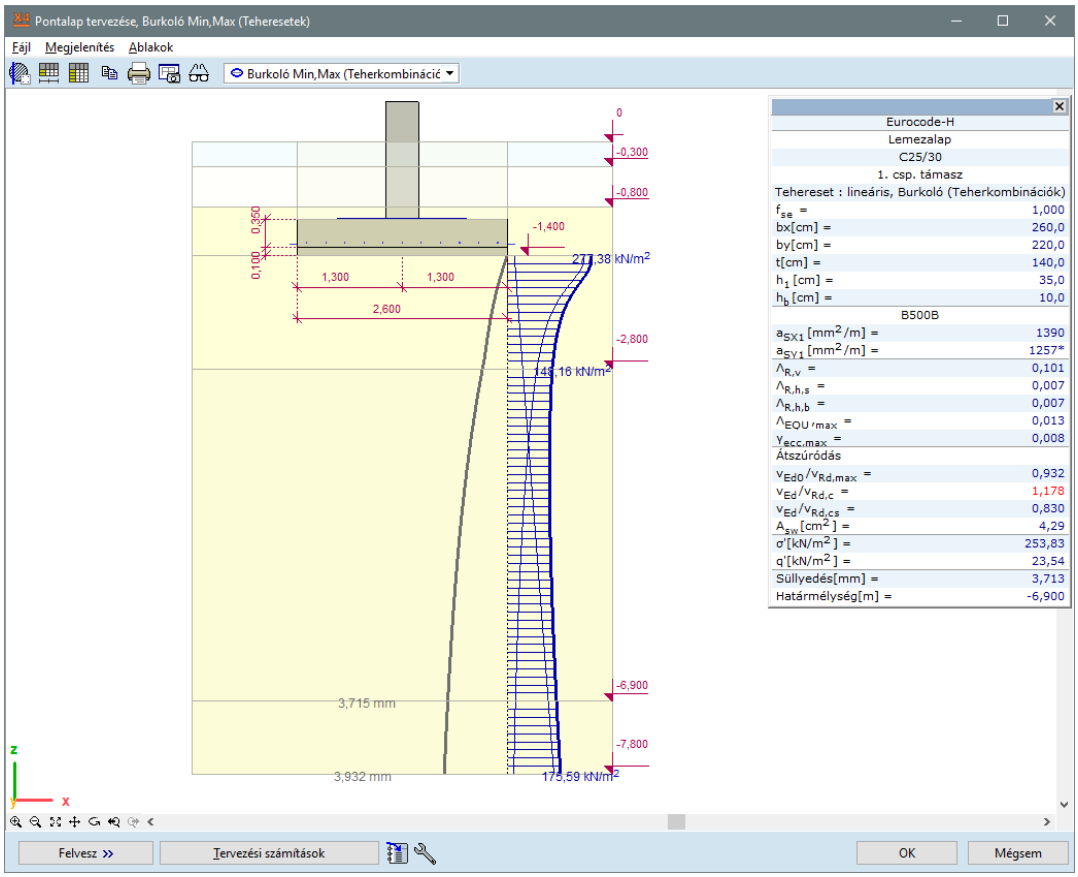
SIA szerint

A program a geotechnikai vizsgálatokat az EN 1997-1 szerint végzi, a SIA szerinti biztonsági tényezőkkel. A szerkezeti vizsgálatokat a SIA262 szerint végzi, az átszúródás vizsgálatot a **6.5.15 Vasbeton lemez átszúródásvizsgálata – RC3 modul** szerint.

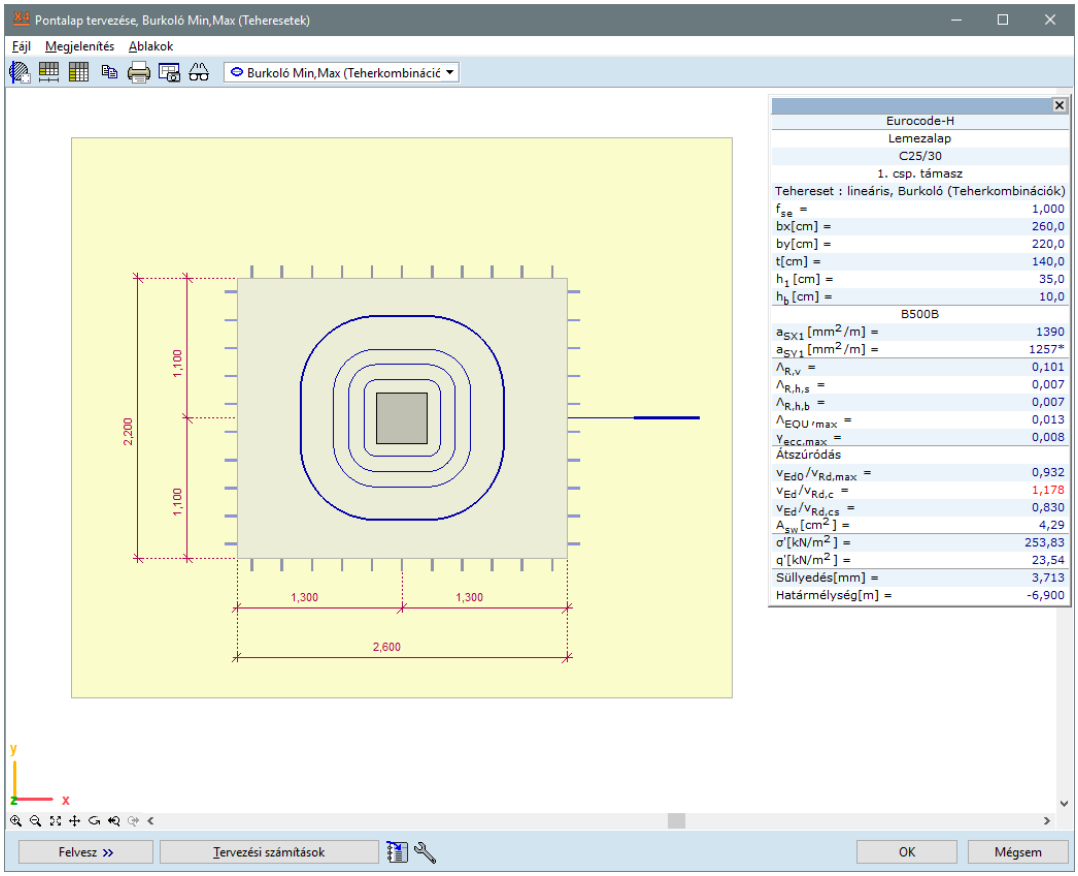
Eredmények

A paraméterek megadása után a program ábrázolja a kiszámított alaptestet, a talajrétegeket, a vasalási köröket, és automatikusan elhelyez kottákat is. Az ábra az AXISVM főablakában ismert módon kicsinyíthető, nagyítható, eltolható, forgatható.

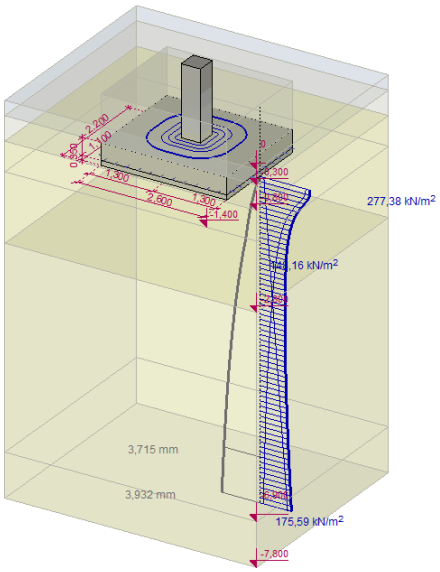
Alaptest oldalnézete süllyedési diagrammal



Alaptest felülnézete átszúródási vasalás görbékkel



Bekapcsolhatjuk az alap süllyedésének ábrázolását is. Ekkor a vastag kék diagramon a teljes talajfeszültség jelenik meg a mélység függvényében. Vékony vonallal kirajzolódik a terhelésből, illetve a talaj súlyából származó feszültség is (az előbbi csökken a mélységgel, az utóbbi nő). A vonalkázás a süllyedés számításához használt alrétegeket jelöli. A szürke vonallal rajzolt diagram az adott talajmélységig számított összes süllyedés (a süllyedésfüggvény).



Az info ablakban feltüntetett süllyedés a süllyedésfüggvény értéke a határmélységben (ahol a terhelésből eredő többletfeszültség a talaj súlyából származó feszültségnek már csak 10%-a).

Ha a terhelésből eredő többletfeszültség a megadott rétegrend legalsó pontján még nagyobb, mint a talaj súlyából származó feszültség 10%-a, a határmélység nem állapítható meg, mert nem ismerjük a talaj további szerkezetét. Az info ablakban ilyenkor – alsó becslésként – a süllyedésfüggvénynek a rétegrend alján számított értéke jelenik meg: *>érték* formában.

A becslés pontosítása érdekében ilyenkor a talaj rétegrendjét nagyobb mélységig meg kell adni.

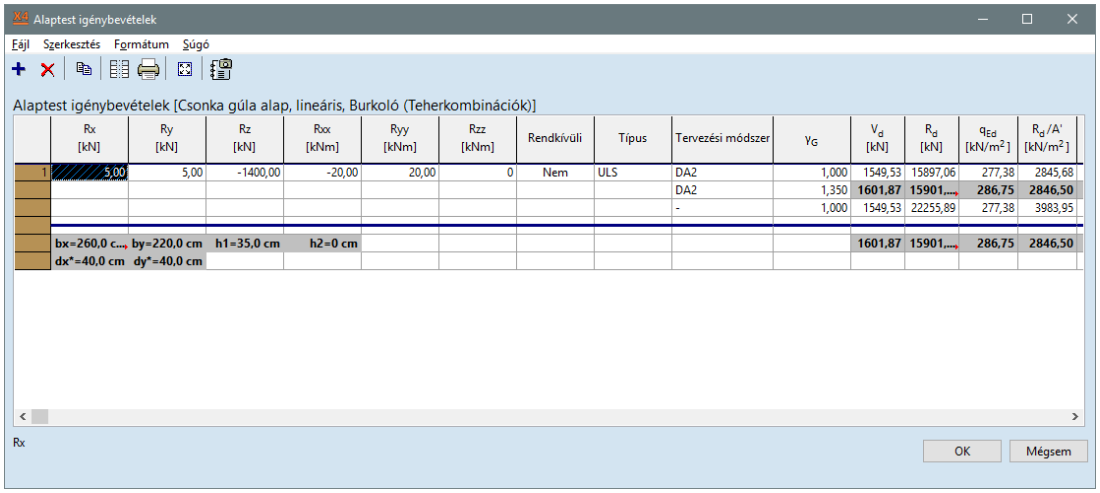
Alaptest igénybevételek



A táblázat a kijelölt csomóponti támaszok igénybevételeit, és az ezekből számított legfontosabb eredményeket tünteti fel az egyes teheresetekben, majd meghatározza ezek burkolóját, illetve feltünteti az alaptest méretezés eredményeként adódó geometriai jellemzőket.
Mivel a támasz-igénybevételek mindig a támasz rendszerében adódnak, az alaptest tervezésekor használt *x* és *y* irányok a támasz lokális rendszerének *x* és *y* irányával esnek egybe. Globális irányú támaszoknál ezek megegyeznek a globális X és Y irányokkal.

Jelölések:

$R_x, R_y, R_z,$ R_{xx}, R_{yy}, R_{zz}	a csomóponti támasz igénybevételei
Típus	ha a méretezés felhasználó által megadott teherkombinációra történik, itt látható, hogy ULS vagy SLS típusú a kombináció
Tervezési módszer	EN 1997-1 2.4.7.3.4. szakasza szerint
γ_G	a szerelőbeton, az alaptest és visszatöltés súlyának parciális tényezője
V_d	függőleges erő tervezési értéke az alapsíkon (a szerelőbeton, az alaptest és a visszatöltés súlyának figyelembevételével)
R_d	talajtörési ellenállás tervezési értéke
q_{Ed}	a talajfeszültség tervezési értéke (V_d/A')
R_d/A'	fajlagos a talajtörési ellenállás tervezési értéke
$\Lambda_{R,u}$	kihasználtság talajtörésre (V_d/R_d)
$\Lambda_{R,h,s}$	kihasználtság elcsúszásra (a talaj és az alaptest alja között)
$\Lambda_{R,h,b}$	kihasználtság elcsúszásra a szerelőbeton teteje és az alaplemez alja között
a_{sx1}	fajlagos vasmennyiség alul, x irányban
a_{sy1}	fajlagos vasmennyiség alul, y irányban
a_{sx2}	fajlagos vasmennyiség felül, x irányban
a_{sy2}	fajlagos vasmennyiség felül, y irányban
$v_{Ed0}/v_{Rd,max}$	átszúródási teherbírás felső korlátja szerinti kihasználtság
$v_{Ed}/v_{Rd,c}$	Méretezett átszúródási vasalás nélküli alaplemez átszúródási ellenállása szerinti kihasználtság
$v_{Ed}/v_{Rd,cs}$	Méretezett átszúródási vasalással ellátott alaplemez átszúródási ellenállása szerinti kihasználtság
Süllyedés	ha a rétegrend még nem érte el a határmélységet, értéke előtt > jelet látunk
Tehereset	

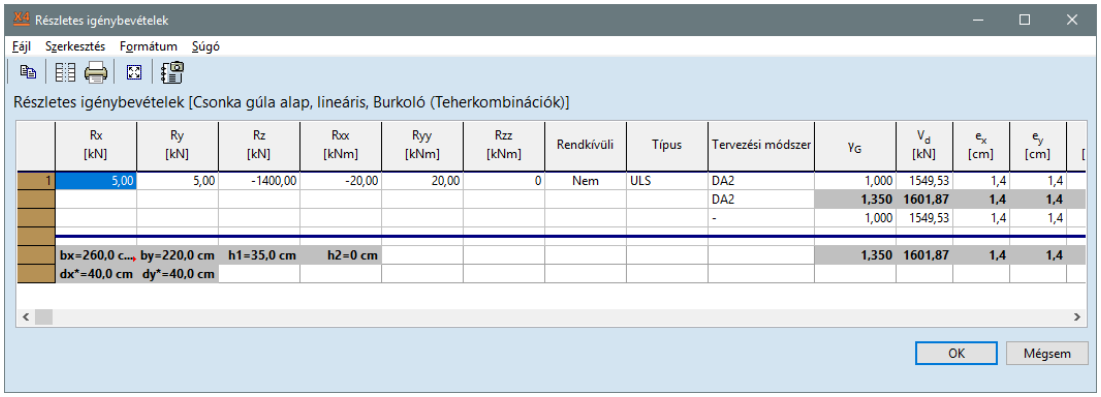


Részletes igénybevételek

A táblázat az Alaptest igénybevételek táblázatban szereplő adatokon túl a következő mennyiségeket tünteti fel minden igénybevételhez:

V_d	függőleges erő tervezési értéke az alapsíkon (a szerelőbeton, az alaptest és a visszatöltés súlyának figyelembevételével)
e_x, e_y	a teher külpontossága x ill. y irányban
B'	hatékony alapszélesség
L'	hatékony alaphossz
A'	hatékony alapfelület tervezési értéke
R_d	talajtörési ellenállás tervezési értéke
q_{Ed}	a talajfeszültség tervezési értéke (V_d/A')
R_d/A'	a fajlagos talajtörési ellenállás tervezési értéke
$\Lambda_{R,V}$	kihasználtság talajtörésre (V_d/R_d)
$\Lambda_{R,V,max}$	kihasználtság talajtörésre (az altalaj rétegzettségének hatása)
H_d	vízszintes terhelés tervezési értéke
$R_{d,H,s}$	csúszási ellenállás tervezési értéke a talaj és az alaptest között
$\Lambda_{R,h,s}$	kihasználtság elcsúszásra (a talaj és az alaptest alja között)
$R_{d,H,b}$	csúszási ellenállás tervezési értéke a szerelőbeton teteje és az alaplemez alja között
$\Lambda_{R,h,b}$	kihasználtság elcsúszásra a szerelőbeton teteje és az alaplemez alja között
γ_{ecc}	külpontossági faktor
M_{dst}	destabilizáló nyomaték
M_{stb}	stabilizáló nyomaték
Λ_{EQU}	stabilitási kihasználtság
V_{dst}	az állékonyságcsökkentő, állandó és esetleges, függőleges hatások kombinációjának tervezési értéke
G_{stb}	az állékonyságnövelő állandó függőleges hatások tervezési értéke
Λ_{UPL}	kihasználtság felemelkedésre
a_{sx1}	fajlagos vasmennyiség alul x irányban
a_{sy1}	fajlagos vasmennyiség alul y irányban
a_{sx2}	fajlagos vasmennyiség felül x irányban
a_{sy2}	fajlagos vasmennyiség felül y irányban
Vasak x_a	x irányú vasak alul
Vasak x_f	x irányú vasak felül
Vasak y_a	y irányú vasak alul
Vasak y_f	y irányú vasak felül
ΔV_{ed}	a vizsgált átszúródási kerületen belül működő, felfelé irányuló erő, vagyis a felfelé ható altalajnyomás és az alaptest súlyának különbsége.
u_0	a terhelt felület kerületének hossza
u_1	a legkisebb átszúródási kerület
v_{Ed0}	nyírófeszültség az oszlop (u_0) kerületén
v_{Ed}	nyírófeszültség az u_1 átszúródási kerületen

$v_{Rd,max}$	Az oszlop környezetében az átszúródási teherbírás felső korlátja
$v_{Rd,c}$	Méretezett átszúródási vasalás nélküli alaplemez átszúródási ellenállása
$v_{Rd,cs}$	Méretezett átszúródási vasalással ellátott alaplemez átszúródási ellenállása
A_{sw}	egy vasalási körön elhelyezett átszúródási vasalás keresztmetszeti területe
Feszültségarány	a terhelésből eredő többletfeszültség és a talaj súlyából eredő feszültség hányadosa
Határmélység	az a mélység, ahol a feszültségarány eléri a 0,2 (20%) értéket (ha a rétegrend még nem érte el a határmélységet, értéke előtt > jelet látunk)
Tehereset	



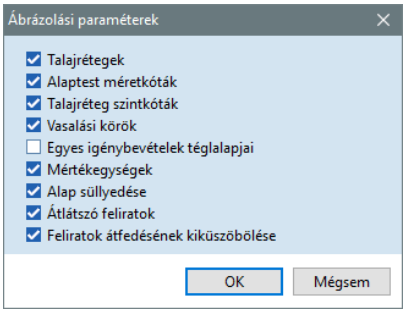
Az ablakban látható ábra másolása vágólapra.

Az ablakban látható ábra nyomtatása.

Ábra mentése képtárba

Megjelenítés beállításai

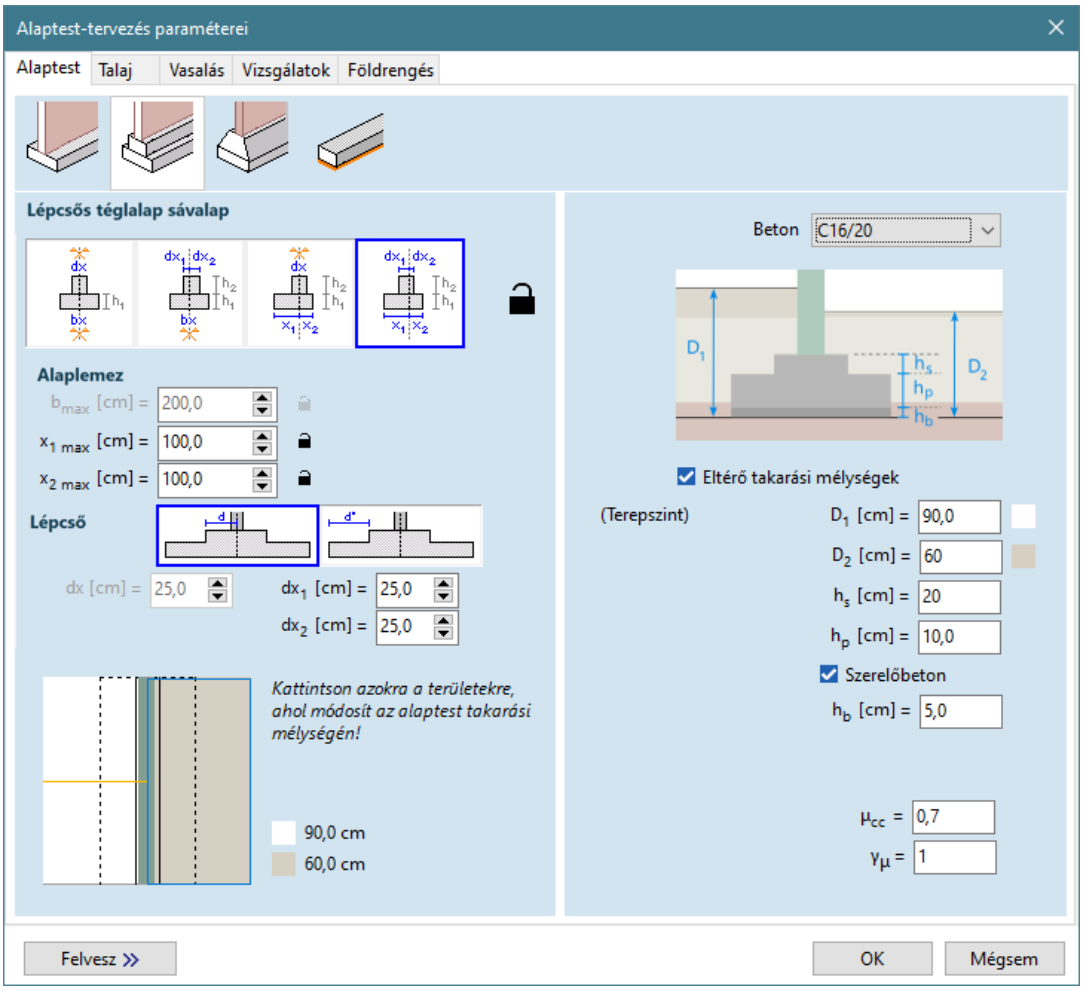
A dialógusablakon megjelenő rajzelemek ki/bekapcsolhatóak.



Kóták és méretvonalak beállításai

6.5.16.2. Sávalapok tervezése

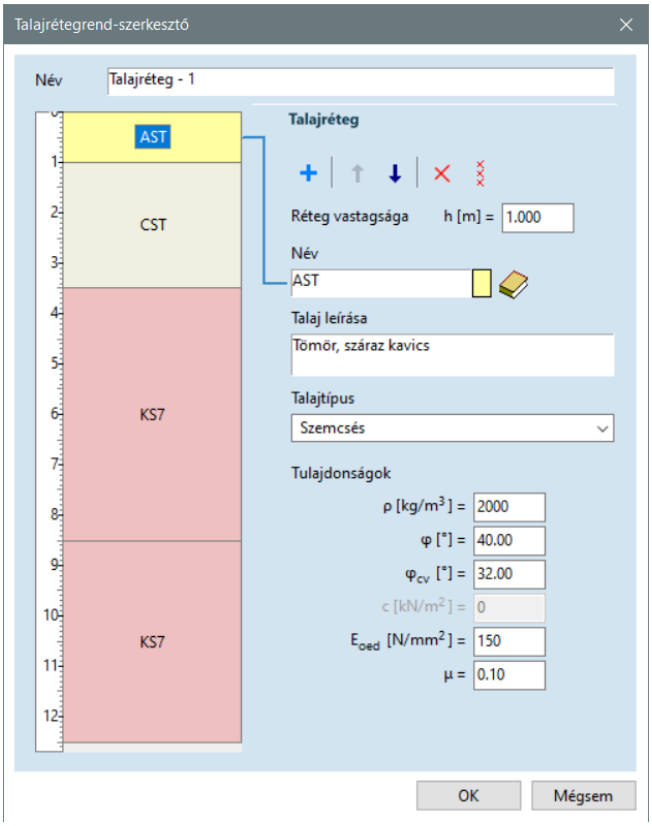
Ebben a programrészben lemez, lépcsős vagy kiékelt sávalaptestek alaprajzi méretének (lemez és lépcsősalap esetén) és a szükséges hajlítási vasalás mennyiségének meghatározása (tervezés), illetve az alaptest elcsúszásának, a teher külpontosságának ellenőrzése, valamint az alaptest stabilitásvizsgálata végezhető el Eurocode és SIA szerint.
A program meghatározza az alaptest süllyedését is.
A sávalap tervezése a pontalapéhoz hasonló módon történik, azzal a különbséggel, hogy a sávalap keresztmetszetének a geometriáját kell megadni a dialógusábrán látható paraméterek segítségével.
A talaj rétegrendjének megadásakor, ha már definiáltunk fúrásmintákat (**4.9.3 Fúrásminták megadása (SOIL modul)**), a pontalapokhoz hasonlóan mód van *Interpolált* rétegrend kiválasztására. Ilyenkor a sávalap mentén változhat a talaj viselkedése. A program ezért a különféle vizsgálatokban az alap mentén adódó kihasználtságok maximális értékét írja ki.



Ha az *Eltérő takarási mélységek* opciót bekapcsoljuk, a sávalap két oldalra osztja a területet. A bal vagy jobb oldalra kattintva módosíthatjuk a takarási mélységet. A bal vagy jobb oldalt a támasz helyi y iránya azonosítja (sárga tengely az ábrán).

6.5.16.3. Talajrétegrend-szerkesztő

A dialógus új rétegrend szerkesztését vagy már létező rétegrend módosítását teszi lehetővé.



A *Név* mezőben a rétegrend nevét adhatjuk meg. Ha a modell (vagy a modellfüggetlen rétegrend-könyvtár) valamelyik létező rétegrendjét szerkesztjük, kilépéskor választhatunk, hogy új rétegrendet hozunk létre a modellben (vagy a könyvtárban), vagy módosítjuk a rétegrendet.
A baloldali ábrán kattintva kijelölhetjük a szerkesztendő réteget (a fel-le billentyűkkel is mozoghatunk). A kijelölt talajréteg paramétereit a jobb oldalon módosíthatjuk.



Talajréteg hozzáadása
A rétegrend alján beállított vastagsággal és paraméterekkel új réteget hoz létre, melyet a nyilakkal fel-le mozgathatunk.



Mozgatás felfelé
A réteget a felette lévő réteg fölé viszi.



Mozgatás lefelé
A réteget az alatta lévő réteg alá viszi.



Réteg törlése
A kijelölt réteget eltávolítja a rétegrendből.



Összes törlése
A teljes rétegrendet törli.

A talajréteg tulajdonságai

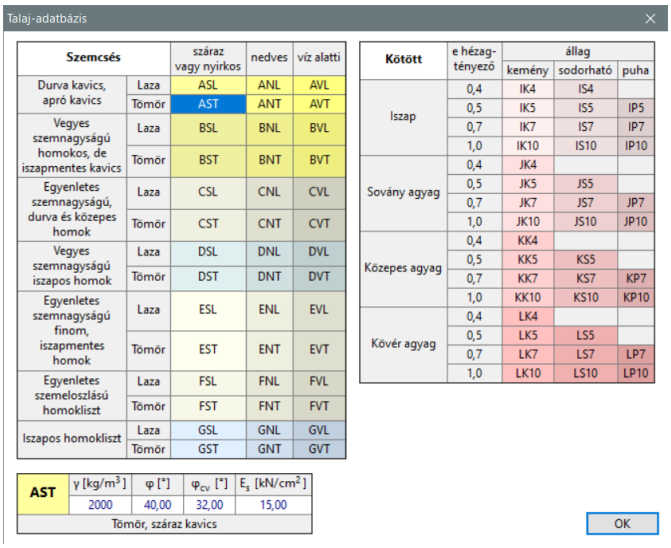
Megadható a *Réteg vastagsága (h),* a réteg (rövid) neve, a réteg ábrázolására használt szín (a színt jelölő téglalapra kattintva módosítható), illetve a talaj hosszabb, szöveges leírása. A rétegrend-ábrán mindig a talaj rövid neve jelenik meg.

Talaj-adatbázis



A *Talaj-adatbázis* ikonra kattintva a megjelenő táblázat valamelyik cellájára kattintva kiválaszthatunk egy anyagot. Ennek tulajdonságai az ablak alján megjelenő táblázatban jelennek meg.

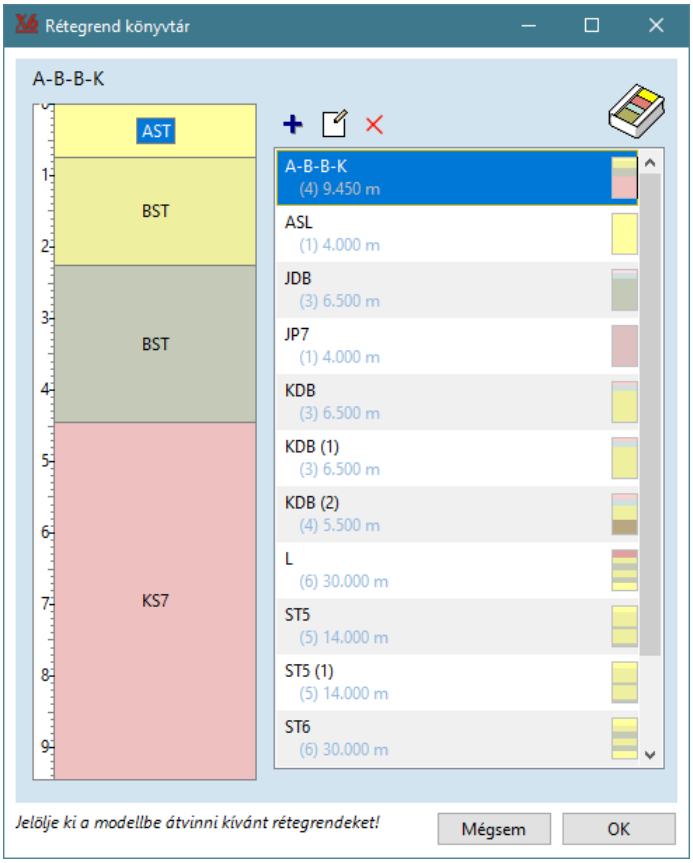
Az *OK* gomb lenyomására vagy a cellára duplán kattintva a választott anyag jellemzői beíródnak a szerkesztőmezőkbe.



A talajok figyelembe vett jellemzői a következők:

Talajtípus	szemcsés vagy kötött
γ [kg/m3]	sűrűség
φ [°]	a talaj belső súrlódási szöge
φ cv [°]	a kritikus állapothoz tartozó súrlódási szög (az elcsúszás vizsgálatához)
c [kN/m2]	kohézió
E_{oed}	összenyomódási modulus

6.5.16.4. Talaj rétegrend-könyvtár



A *Rétegrend-könyvtár*ba mentett rétegrendek bármelyik modellből elérhetőek.
A listában ábécérendben jelennek meg a rétegrendek. A név alatt zárójelben a rétegek számát, majd a rétegrend összvastagságát látjuk, jobb oldalt pedig a rétegrend előnézeti képét.

A listában egynél több rétegrend is kijelölhető a szokásos módon (Ctrl + kattintás hozzáadja a kijelöléshez a listaelemet, Shift + kattintás a kijelölt elemtől kezdve mindent kijelöl).



Új rétegrend létrehozása
Elindul a *Talajrétegrend-szerkesztő*, az ott felépített rétegrend bekerül a könyvtárba.



Rétegrend szerkesztése
A *Talajrétegrend-szerkesztő*vel módosíthatjuk a kijelölt rétegrendet (akár csak a nevét is). A meglévő rétegrendet felülírhatjuk, de új rétegrendként is hozzáadhatjuk a listához.



A kijelölt rétegrendek törlése
Az ikonra kattintva a kijelölt elemek törlődnek a könyvtárból.

6.5.17. Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul



Az RC5 modul lehetőséget teremt vasbeton falak vasalásának megadására és a vasalás ellenőrzésére összetett igénybevételekre.
A programban falvasalás csak virtuális rúdhoz, illetve virtuális sávhoz rendelhető (*lásd...* **2.16.19 Virtuális rúd**). A bal oldalon látható ikonra, vagy egy virtuális rúdra/sávra kattintva definiálhatunk, illetve ellenőrizhetünk falvasalásokat. Az ikon csak akkor aktív, ha a modellben van vasbeton tartomány, van virtuális sáv vagy virtuális rúd a modellben, illetve van elérhető eredmény, amire az ellenőrzést el lehet végezni (lineáris statika, nemlineáris statika, dinamika). Az ikonra kattintás után a már jól ismert kijelölő folyamat indul el (*lásd...* **2.16.1 Kijelölés**), ahol virtuális rudat/sávot jelölhetünk ki (egyszerre csak egyet). Amennyiben valamilyen okból nem megfelelő a kijelölés vagy a virtuális rúd/sáv, amire kattintottunk nem vizsgálható, akkor azt a program figyelmeztető üzenettel jelzi. A következő esetekben hibás a kijelölés:

- A felhasználó nem jelölt ki egy virtuális rudat, vagy virtuális sávot sem.
- A felhasználó egyszerre több virtuális rudat/sávot is kijelölt.
- A kijelölt virtuális rúdnak/sávnak van olyan régiója, ami nem beton anyagú.
- A kijelölt virtuális rúd/sáv nem folytonos.
- A kijelölt virtuális rúd/sáv keresztmetszete nem támogatott (pl. változó keresztmetszetű).
- A kijelölt virtuális rúd/sáv nem függőleges (A függőlegeshez képest legfeljebb 15° eltérés megengedett).
- A kijelölt virtuális rúdhoz/sávhoz automatikus szelvény van beállítva és valamelyik tartományhoz olyan borda kapcsolódik, amely nem beton anyagú

Kattintás és sikeres kijelölés esetén a következő ablak nyílik meg, amelyen a szintek és a vasalás megadását, továbbá a méretezést tudjuk elvégezni. Összesen három fül található az ablakon: 1) Virtuális rudak; 2) Virtuális sávok; 3) Összegzett kihasználtság.
Virtuális rudak használatával és virtuális rudakra definiált falvasalással elsősorban több falból álló falmagok vizsgálhatók. A virtuális rúd segítségével kiintegrált igénybevételekre ekkor az ellenőrzést azzal a feltételezéssel végezzük el, hogy a keresztmetszetek a terhelés után is síkok maradnak.

Ez a feltételezés nagy kiterjedésű, zömök, főként nyírt falak esetében, illetve gátolt csavarásra érzékeny falmagok esetében jelentős csavarónyomaték jelenléte mellett legtöbbször nem teljesül.
A modul lehetőséget biztosít falszakaszok (virtuális sávok) vagy több falból álló falmagok (virtuális rúd) ellenőrzésére külpontos N-M igénybevételekre. Virtuális sávok esetén a falszakaszok nyírásvizsgálata is elvégezhető. A nyírási kihasználtság a virtuális sáv N-M kihasználtságával nem összegezhető, a több sávból álló összetett falmagok esetén csak a sávok különálló nyírásvizsgálatára van lehetőség.
Külpontos (N-M) igénybevételek esetén az ellenőrzést lényegében úgy hajtjuk végre, mint egy vasbeton oszlopnál, előállítjuk a keresztmetszet N_x-M_y-M_z határfelületét, azaz az ún. hagymafelületet, és ellenőrizzük, hogy az igénybevételek alkotta pontok a határfelületen belül, vagy kívül helyezkednek-e el. Virtuális rudak esetében a falvasalás definiálása során nem lehet megadni kihajlási hosszat. Ennek oka, hogy szerkezeti szinten megvannak a módszerek pl. az EN 1992-1-1 szabványban a **méret-eltérések** és a **másodrendű hatások** figyelembevételére (PL: helyettesítő terhek alkalmazása). **Falmagok esetén (virtuális rúdra definiált falvasalás esetén) a számítás feltételezi, hogy az igénybevételek ezeket a hatásokat már tartalmazzák.**

Virtuális sávok segítségével falszakaszok ellenőrzését tudjuk elvégezni tekintettel a szintek közötti, gyenge tengelyre merőleges irányú stabilitásvesztés lehetőségére. A program meghatározza az imperfekciós és másodrendű hatásból származó külpontosságokat a gyenge tengelyre merőlegesen, azonban ezek a külpontosságok kizárólag egy adott szintre vonatkoznak, például két födém között. **A szerkezeti szintű imperfekció hatását és a másodrendű hatást továbbra is az igénybevételek tartalmazzák**. Amint erre korábban felhívtuk a figyelmet, ez például helyettesítő terhek alkalmazása révén lehetséges. Falmagokhoz hasonlóan az ellenőrzéshez itt is előállítjuk a keresztmetszet N_x-M_y-M_z határfelületét és vizsgáljuk, hogy a gyenge tengelyre merőleges méreteltérésekkel és másodrendű hatásokkal megnövelt igénybevételek által meghatározott pontok a határfelületen belül helyezkednek-e el.

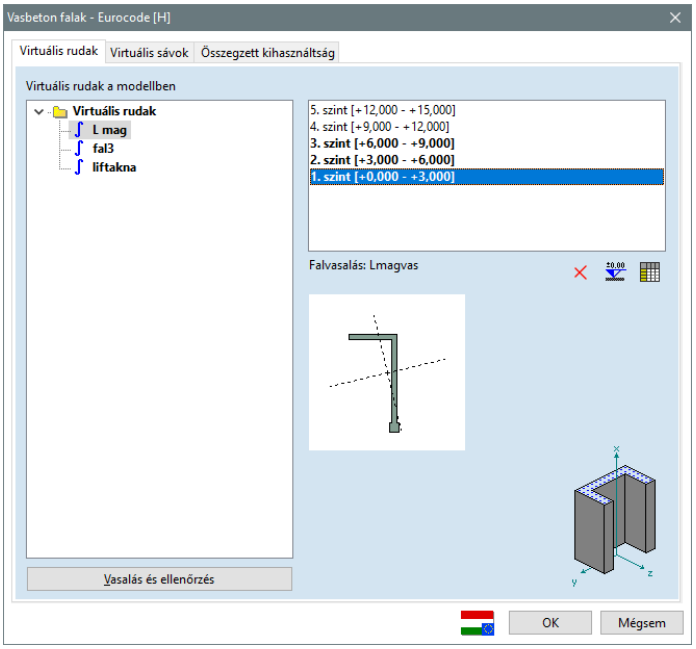
Az összegzett kihasználtság fülön virtuális rudakon és virtuális sávokon számolt kihasználtságokat összegezhetjük/kombinálhatjuk. Erre például azért lehet szükség, mert egy falmag külpontos nyomással szembeni kihasználtságának számítása során nem vesszük figyelembe annak lehetőségét, hogy a legjobban nyomott falszakasz stabilitásvesztése miatt a kérdéses fal csak egy redukált igénybevétel felvételére képes. Például egy vasbeton falmag esetében hozzárendelhetünk egy virtuális rudat és vasalást a teljes falmaghoz, amelyre számítunk egy kihasználtsági értéket. Ezek után definiálhatunk virtuális sávokat a vasbeton falmag különböző falszakaszaira és meghatározhatjuk a falszakaszok kihasználtságát tekintettel a stabilitásvesztés lehetőségére. Amennyiben szükséges, a falmagra számolt kihasználtsági értékeket összegezhetjük az egyes falszakaszokra számított eredményekkel.

☞ **Gátolt csavarásra érzékeny falmagok és jelentős csavarás esetén a keresztmeszet öblösödik, azaz nem marad sík a terhelés után. Ebben az esetben javasolt a falmag egyes falszakaszainak vizsgálata külön-külön, ugyanis a teljes keresztmetszet nem vizsgálható egyben.**

Virtuális rudak

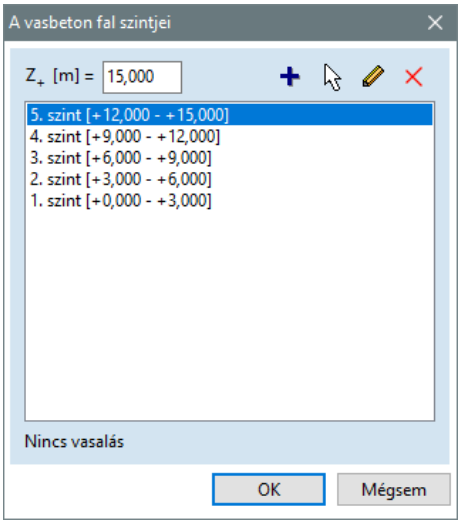
Virtuális rudak a modellben

A baloldali listában a modellben található virtuális rudak láthatók. Amennyiben a virtuális rúdhoz már tartoznak falvasalási szintek (és esetleg már tényleges falvasalás is), akkor a virtuális rúd neve vastagon szedve látható. A felsorolt, vastagon szedett virtuális rudak egyikére kattintva a virtuális rúdhoz definiált szintek töltődnek be a jobboldali listába. A falvasalási szintek közül azok láthatóak vastagon szedve a listában, amelyekhez tényleges falvasalás is tartozik.



Amennyiben egy olyan virtuális rúdra kattintunk, amelyhez nem tartoznak sem falvasalási szintek, sem tényleges falvasalás, akkor a jobboldali lista üres marad és az alatta található három gomb közül csak a középső marad aktív, melyre kattintva hozhatjuk létre, törölhetjük és módosíthatjuk a virtuális rúdhoz tartozó falvasalási szinteket.

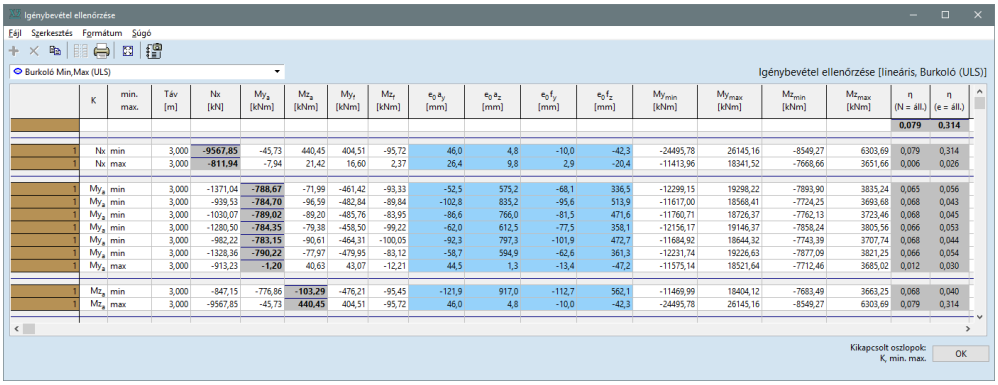
Mielőtt tényleges falvasalást rendelnénk egy virtuális rúdhoz/sávhoz, azelőtt szinteket kell definiálnunk. Szintekre elsősorban azért van szükség, hogy olyan vasalást rendelhessünk a falhoz, amely képes követni az igénybevételek változását. A szinteket a baloldalt látható gombra kattintás után szerkeszthetjük / adhatjuk meg. Nem adható meg olyan szint, melynek nincs metszéspontja a virtuális rúd redukálási tengelyével. Amennyiben voltak előre definiált szintek (*lásd...* **3.3.4 Szintek**) a modellben, akkor a program megkeresi és feltölti a lehetséges falvasalási szinteket. A falvasalási szinteknek nem kell megegyezniük a modellszinten definiált szintekkel.



A meglévő szintek törölhetőek (törlés ikon), módosíthatóak (ceruza ikon), új szintek is létrehozhatóak (+ és nyíl ikonok). A szintadatok a virtuális rúddal / sávval párhuzamosan tárolódnak el. Ha végeztünk a szintek definiálásával, akkor a virtuális rudat a *Vasbeton falak* ablak *Virtuális rudak* fül alatt már vastagon szedve láthatjuk, továbbá a modelltérben is kirajzolja a program az üres falkeresztmetszetet.

Falvasalást a virtuális rúd egy szintjéről a baloldalon látható gombra kattintva törölhetünk. A gomb csak akkor aktív, ha tényleges falvasalást is rendeltünk a szinthez (lásd lejjebb).

A táblázat ikonra kattintva a vasbeton fal kiválasztott szintjének eredményei közvetlenül nyithatóak meg táblázatos formában. A gomb csak akkor aktív, ha tényleges falvasalást is rendeltünk a szinthez (lásd lejjebb).



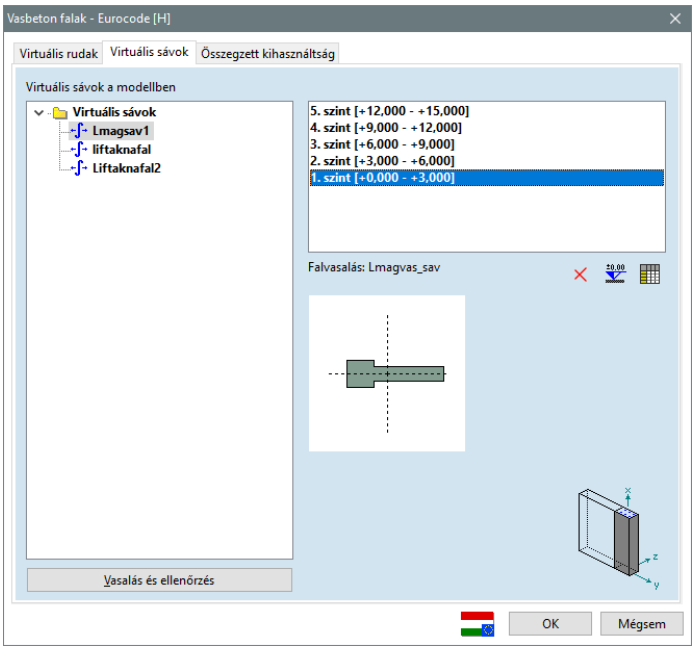
Vasalás és ellenőrzés

A *Vasalás és ellenőrzés* gombra kattintva (vagy a szintre duplán kattintva) rendelhetünk tényleges vasalást a kiválasztott szinthez és ellenőrizhetjük is beállított vasalást (*lásd...* **6.5.17.1 Falvasalás megadása**).

☞ **A *Vasalás és ellenőrzése* gombra kattintás mellett az ellenőrző ablak felugrik a szintre való dupla kattintás hatására is.**

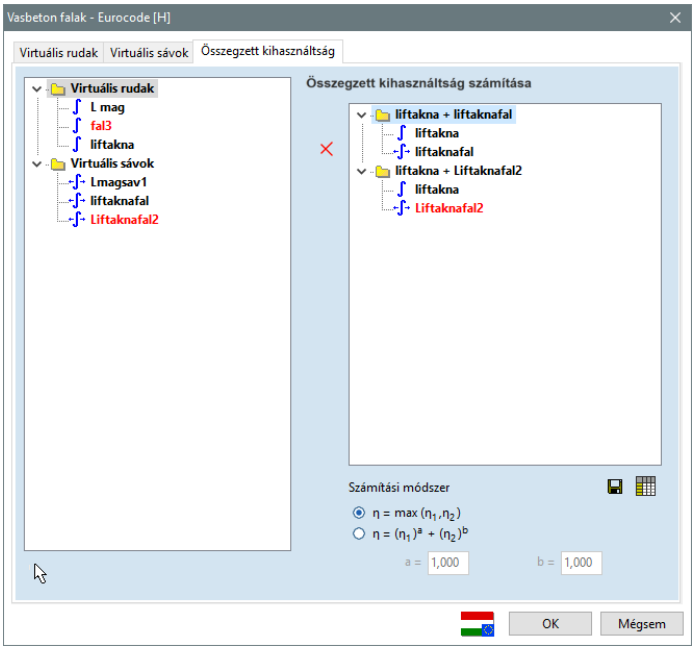
Virtuális sávok

A *Virtuális sávok* fülön található komponensek működése megegyezik a *Virtuális rudak* oldalon található komponensek működésével, csak ebben az esetben virtuális rudak helyett virtuális sávokkal dolgozhatunk, amelyekkel falszakaszokat, illetve falvégeket modellezhetünk.



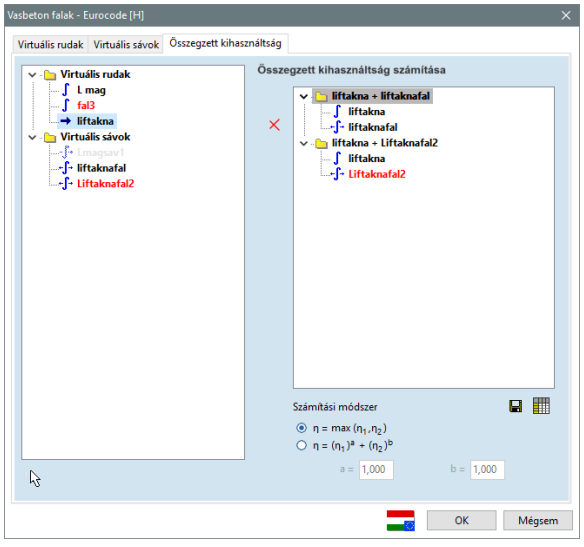
Összegzett kihasználtság

Az összegzett kihasználtság fül arra szolgál, hogy összegzett kihasználtság lekérdezéséhez szükséges virtuális rúd – virtuális sáv párosításokat hozzunk létre, módosítsunk, vagy töröljünk a modellből.



Virtuális rudak és sávok a modellben

A baloldali listában kizárólag olyan virtuális rudak és virtuális sávok láthatók, amelyekhez már rendeltünk falvasalási szinteket és esetleg még tényleges falvasalást is. Az olyan virtuális rudak/sávok nevét, amelyekhez még nem rendeltünk tényleges falvasalást, pirossal jeleníti meg a program, arra figyelmeztetve, hogy az összegzett kihasználtság nem határozható meg minden szinthez.
A lista támogatja a többszörös kijelölést, mely a *Ctrl* gomb lenyomva tartásával érhető el. Virtuális rúd + virtuális sáv párosítás felvételéhez jelöljünk ki egy virtuális rudat és egy vele kompatibilis (a virtuális rúd egy vagy több tartományára definiált) virtuális sávot. A kompatibilitást vizsgálja a program és a virtuális rúd kijelölése után a virtuális rúddal nem kompatibilis virtuális sávokat szürkítve jeleníti meg a listában.



☞ **Egy virtuális rúdra definiált falvasalást akkor tekintünk kompatibilisnek egy virtuális sávra definiált falvasalással, amennyiben a szintek száma és szinthatárok megegyeznek.**

Összegzett kihasználtság számítása

Az ablak jobb oldalán található *Összegzett kihasználtság számítása* felirat alatt található listában láthatóak azok a már elmentett virtuális rúd + virtuális sáv párosítások, melyekre a program számítja az összegzett kihasználtságot.



Új párosítás hozzáadásához az ábrán látható gombra kell kattintani, mely hatására a baloldali listában kijelölt két elem egy párosítást alkotva hozzáadódik a jobboldali listához. A párosítás neve a virtuális rúd és a virtuális sáv nevéből képződik. A gomb csak abban az esetben látható, ha a baloldali listában pontosan egy darab virtuális rúd és vele kompatibilis egy darab virtuális sáv van kijelölve. Hiányos, vagy érvénytelen kijelölés esetén a gomb nem látható.



Az alábbi gombra kattintva törölhetünk párosítást a listából, ehhez azonban a párosítás nevére kell kattintani a kiválasztáshoz.



A virtuális rúd + virtuális sáv párosításhoz megadhatunk összegzési szabályt, amely alapján a program számítja az összegzett kihasználtságot. Két összegzési szabály közül választhatunk:

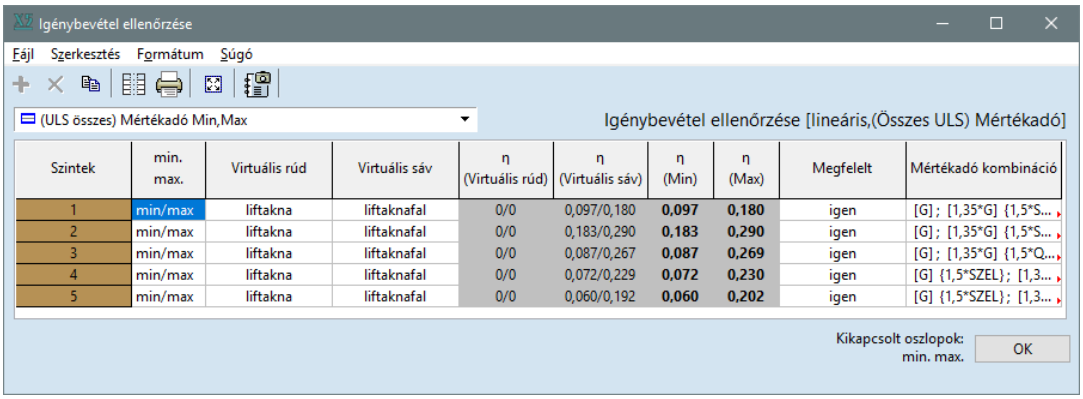
$$\eta = \max(\eta_1, \eta_2) \qquad (1)$$

$$\eta = \eta_1^a + \eta_2^b \qquad (2)$$

Egy új párosítás létrehozásakor a program minden esetben az (1)-es jelű összegzési szabályt állítja be. Az összegzési szabály módosításához először a jobboldali listában ki kell választanunk a kérdéses virtuális rúd + virtuális sáv párosítást és az összegzési szabály beállítása után elmenteni azt a mentés gombra kattintva.



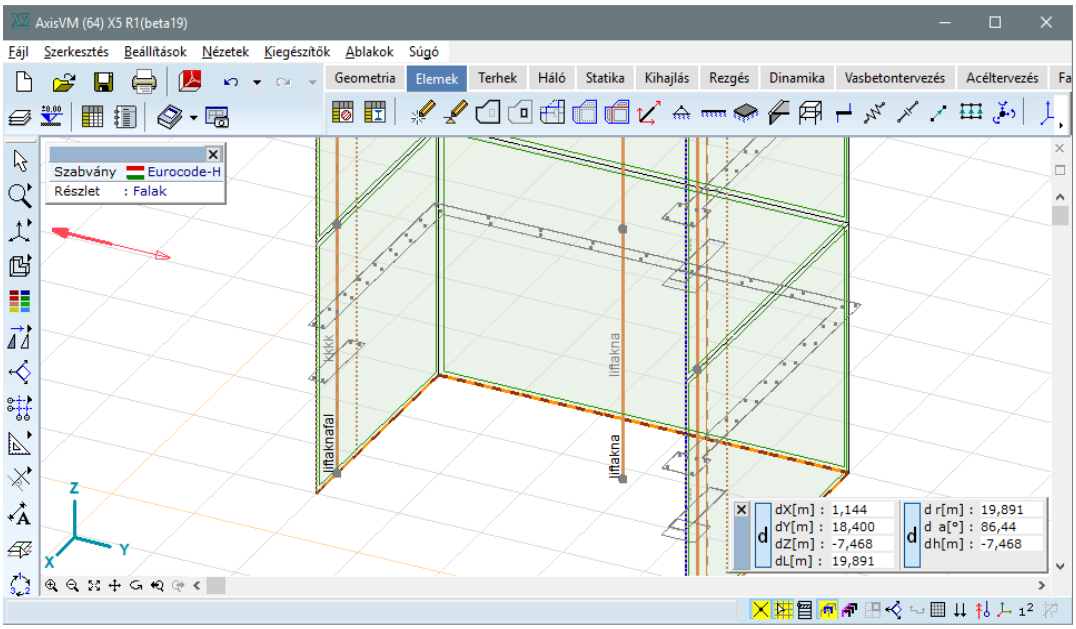
A táblázat ikonra kattintva a kiválasztott virtuális rúd + virtuális sáv párosítás összegzett kihasználtság eredményei közvetlenül nyithatóak meg táblázatos formában. Először a párosítás nevére kell kattintani a kiválasztáshoz, csak ezután válik aktívvá az eredmények lekérdezését lehetővé tevő gomb.



Szintek	min. max.	Virtuális rúd	Virtuális sáv	η (Virtuális rúd)	η (Virtuális sáv)	η (Min)	η (Max)	Megfelelt	Mértékadó kombináció
1	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,097/0,180	**0,097**	**0,180**	igen	[G] ; [1,35*G] {1,5*S...
2	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,183/0,290	**0,183**	**0,290**	igen	[G] ; [1,35*G] {1,5*S...
3	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,087/0,267	**0,087**	**0,269**	igen	[G] ; [1,35*G] {1,5*Q...
4	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,072/0,229	**0,072**	**0,230**	igen	[G] {1,5*SZEL} ; [1,3...
5	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,060/0,192	**0,060**	**0,202**	igen	[G] {1,5*SZEL} ; [1,3...

Ábrázolás

Amennyiben már vannak falvasalási szintek és tényleges falvasalás rendelve egy virtuális rúdhoz, illetve virtuális sávhoz, akkor a modelltérben program megjeleníti a szintek határait, a figyelembe vett keresztmetszetet és berajzolja a vasalást. A szinthez rendelt tényleges vasalás nevét a szinthatárok közé feliratozza a program. Amennyiben nincs még tényleges falvasalás rendelve az adott szinthez, akkor a név helyett --- szimbólum jelenik meg.



☞ **Falvasalás megadásával virtuális, valójában nem létező elemekhez (virtuális rúd és virtuális sáv) rendelünk vasalást annak érdekében, hogy a kiintegrált igénybevételekre a megadott vasalást ellenőrizni tudjuk. A virtuális sávoknál megadott integrálási sávszélességeknek, vagy akár a falvasalás felvételénél definiált szinteknek nem szükséges tartományok határaihoz, vagy végeselem hálóhoz illeszkedniük. Ennek következtében felületekhez rendelt vasalási paraméterektől (*lásd...* 6.5.1 Vasalási paraméterek felületekhez és felületvasalás számítása – RC1 modul), illetve alkalmazott vasalásoktól (lásd... 6.5.2 Alkalmazott vasalás) a falvasalásnál megadott paraméterek és vasalások teljesen függetlenek. Emiatt előfordulhatnak olyan esetek, hogy a két különböző módon megadott vasalás között ütközés vagy ellentmondás van. A vaskimutatás táblázatban (*lásd...* 3.2.13 Súlyelemzés) csak a felületvasalásként definiált alkalmazott vasalások jelennek meg, a tényleges falvasalás nem.**

6.5.17.1. Falvasalás megadása

Vasalás és ellenőrzés

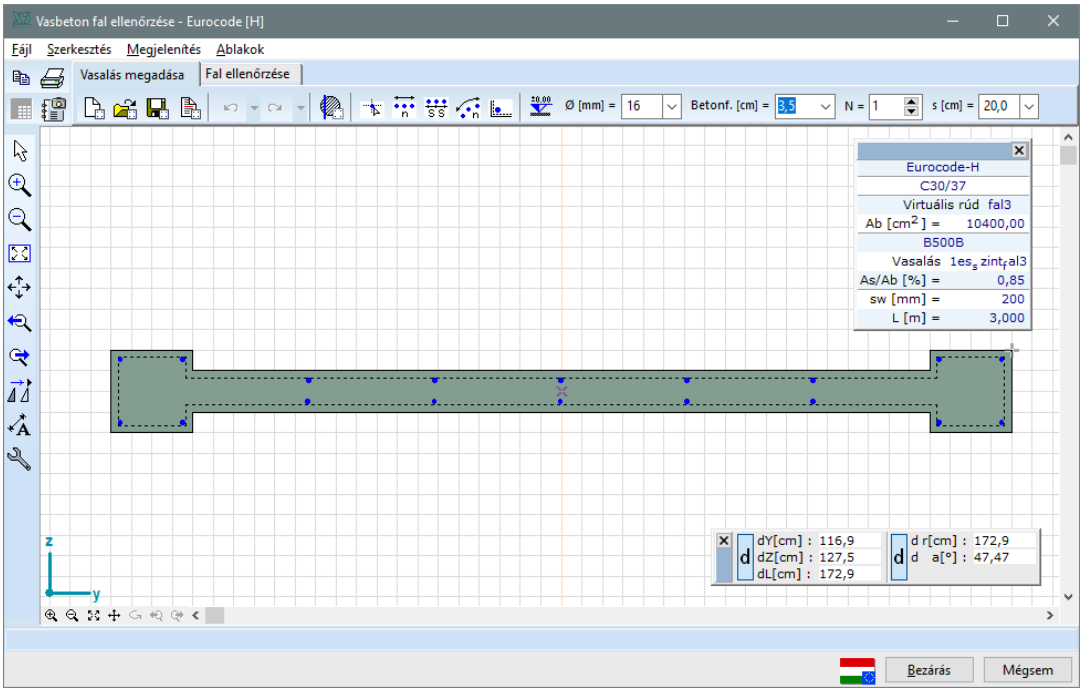
A falvasalási paramétereket és a tényleges vasalást az alábbi szerkesztőablakban (*Vasbeton fal ellenőrzése* ablak) adhatjuk meg. A szerkesztőablak a *Virtuális rudak* és *Virtuális sávok* lapokon található *Vasalás és ellenőrzés* gombra kattintva érhető el. Működését és felépítését tekintve az innen elérhető ablakok/opciók és folyamatok a vasbeton oszlopnál megismertekhez hasonlóan épülnek fel. A *Vasalás megadása* lapon állíthatók be a beton és az acélbetét anyaga, virtuális sávra definiált vasalás esetén a falsíkra merőleges stabilitásvesztéshez tartozó kihajlási hossz és itt helyezhetők el a keresztmetszetben az acélbetétek.

Keresztmetszet

A szerkesztő ablakban, illetve a modelltérben a virtuális rúdról, illetve virtuális sávról felvett keresztmetszet látható. A virtuális rúdnál/sávnál választhatunk automatikus keresztmetszetet (ekkor az elmetszett elemekből próbál a program felépíteni egy keresztmetszetet), vagy hozzárendelhetünk egy előre definiált keresztmetszetet. Vasalást csak a virtuális rúdnál/sávnál megadott keresztmetszethez rendelhetünk, attól nem térhetünk el.

Lokális rendszer

A lokális rendszerek a számítás során fontos szerepet játszanak. Mivel a feszültségekből integrált belső erők mindig illeszkednek a virtuális rúd/virtuális sáv lokális rendszeréhez, ezért a méretezést is csak ennek megfelelően végezhetjük el. Ennek megfelelően a keresztmetszeteket is úgy kezeljük, és úgy vasalhatjuk a *Vasbeton fal ellenőrzése* ablakban, hogy a keresztmetszet orientációja illeszkedik a virtuális rúd/sáv lokális rendszeréhez.



Ábra mentése Az ábra mentése képtárba.

Paraméterek Új vasalás és vasalási paraméterek megadása.

Betöltés Vasalás betöltése a korábban létrehozott és elmentett vasalások közül.

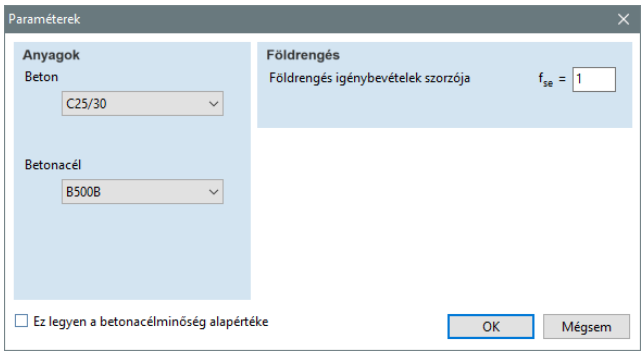
Mentés Vasalás mentése adott névvel.

A definiált falvasalások listája. A lista elemei átnevezhetőek, illetve a kijelölt elemek törölhetőek a listából.

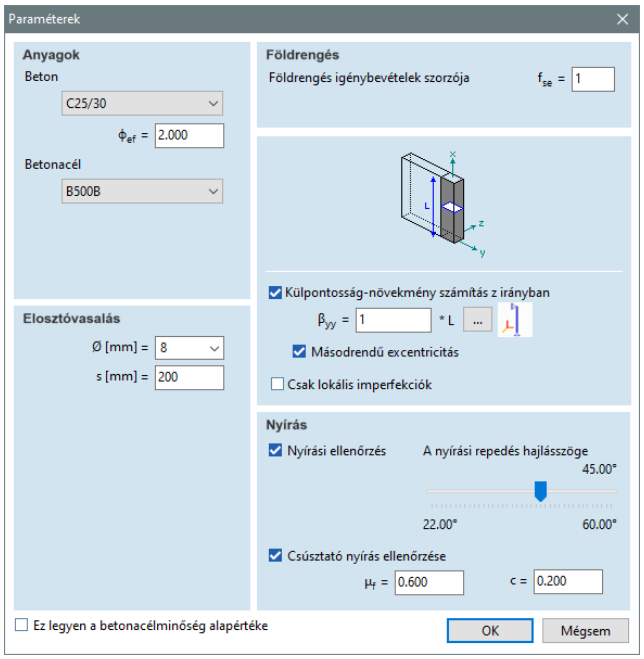
Paraméterek A teherbírási felület számításához szükséges paraméterek adhatók meg a következő ablakban.
A kihajlási paraméterek segítségével meghatározott kedvezőtlen külpontosság-növekményeket a program az igénybevétel-ellenőrző táblázatban megjeleníti.
Virtuális sáv esetén megadható a falra merőleges irányhoz tartozó $\beta_{yy\ kihajlási}$ hossz szorzó. A figyelembe veendő kihajlási alakot a kihajlási hossz szorzó mellett adhatjuk meg. A kihajlási hosszat a kihajlási hossz szorzó és a falmagasság szorzataként számítja a program.
Az ellenőrzés során figyelembe vett anyagminőség eltérhet a virtuális rúdhoz/sávhoz tartozó tartományok definiálása során beállítottól. Ez egyszerű és gyors ellenőrzési lehetőséget teremt az előre tervezett betonminőségtől eltérő szilárdságú betonból készülő falaknál a statikai számítás újra futtatása nélkül (lényegében azt feltételezzük, hogy a merevség kismértékű megváltozása nem hat vissza az igénybevételekre). ϕ_{ef} az ún. hatékony kúszási tényező az EN 1992-1-1 szabvány 5.8.4. pontja szerint, melyet az Eurocode szerinti méretezésekor használunk.

A fentieken felül, a virtuális sávok esetén beállítható az alkalmazandó elosztóvasalás átmérője és kiosztás, illetve kérhetünk nyírásvizsgálatot virtuális sávok esetében. A keresztmetszet nyírási ellenőrzésén felül kérhető a *Csúsztató nyírás ellenőrzése* is. A nyírási ellenőrzéshez megadható a nyírási repedés hajlásszöge. A csúsztató nyírás vizsgálatához két paraméter beállítására van lehetőség: Súrlódási ellenállás *(μ_f)* és a Csatlakozó felületektől függő érdességi tényező *(c)*.

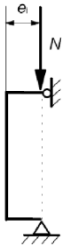
Virtuális rúd esetén



Virtuális sáv esetén

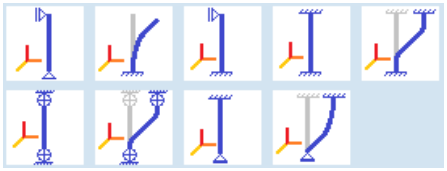


Amennyiben helyettesítő teher segítségével a ferdeséget már figyelembe vettük, a *Csak lokális imperfekciók* bekapcsolásával elérhető, hogy a program ne vegye figyelembe a merevítetlen szerkezet falának síkra merőleges ferdeségét, mint geometriai imperfekciót, csak egy konstans méreteltérést (*lásd...* **6.5.17.2 Falvasalás ellenőrzése**).



Kihajlási alak

A másodrendű külpontosságokat az itt kiválasztott alak szerint veszi fel a program (*lásd...* **6.5.17.2 Falvasalás ellenőrzése**). A leggyakrabban előforduló merevített és merevítetlen kihajlási alakokból választhatunk. Kihajlási alak választása esetén a kihajlási hossz szorzó is megváltozik, de az érték felülírható.



Acélbetét adott pontra / Betonfedésre



A szálkeresztet a kívánt pontra mozgatva valamely parancsgomb lenyomásával adott átmérőjű acélbetét helyezhető el az adott koordinátára. Ha a kurzor a keresztmetszet sarokpontját vagy oldalélét azonosítja, a vasalás automatikusan a beállított betonfedésnek megfelelő pozícióra kerül.

Kiosztás



A két megadott pont közötti szakaszt *N* db egyenlő részre osztva *N+1* db acélbetétet helyez el egyenletes kiosztással.

Kiosztás s vastávolság figyelembevételével



A két megadott pont közötti szakaszon acélbetéteket helyez el tekintettel a beállított *s* vastávolságra. Amennyiben a megadott szakasz hossza nem egész számú többszöröse az *s* vastávolságnak, akkor a sorban az utolsó és az utolsó előtti acélbetétek közötti távolság *s* értékénél kisebb lesz.

Kiosztás köríven



A kör középpontjának, valamint az ív kezdő- és végpontjának megadása után a körívet *N* db egyenlő részre osztva *N+1* db acélbetétet helyez el egyenletes kiosztással.

Ha az ív kezdő és végpontjával egy teljes kört határozunk meg, úgy a program N db vasat helyez el egyenletesen kiosztva.

Vasalás elhelyezése a sarkokba



A keresztmetszet pozitív és negatív sarkaiba helyez el megadott átmérőjű vasakat, amennyiben nem ütközik meglévő vassal. A program 5°-nál nagyobb szöget bezáró egyenesek találkozását tekinti saroknak.

Acélbetétek ütközése, nem megfelelő vastávolság

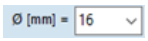
A vasalás manuális elhelyezése során a program az ütköző vasakat pirossal jeleníti meg és azok lerakását nem engedélyezi.
Ha két vas távolsága nem felel meg a szerkesztési szabályoknak, akkor a *vas elhelyezése közben* a problémás vas narancssárga színnel jelenik meg. Ez a funkció csak a vaselhelyezést segíti, nem gátolja a túl közel eső vasak elhelyezését.

Szint kiválasztása



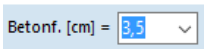
Az alábbi ikonra kattintva válthatunk a szintek között.

Átmérő

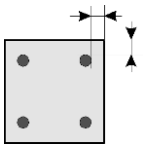


Az acélbetét átmérőjének megadása, ill. módosítása.
Módosításhoz jelölje ki a módosítandó acélbetéteket, majd a legördülő listából válassza ki vagy írja be a mezőbe az új átmérőt.

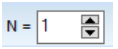
Betonfedés



Az acélbetétek elhelyezésekor figyelembe vett betonfedés megadása, illetve módosítása.

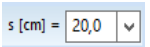


N (osztásszám)



Az acélbetétek kiosztás szerinti elhelyezésekor figyelembe vett osztásszám

s (vastávolság)



Az acélbetétek kiosztásánál figyelembe vett vastávolság.

Geometriai transzformációk

Eltol  A kijelölt acélbetéteket eltolással, adott ismétlési számmal másolja vagy elmozgatja.

Forgat  A kijelölt acélbetéteket forgatással, adott ismétlési számmal másolja vagy elmozgatja.

Tükröz  A kijelölt acélbetéteket tükrözéssel másolja vagy elmozgatja.

6.5.17.2. Falvasalás ellenőrzése külpontos nyomásra és húzásra

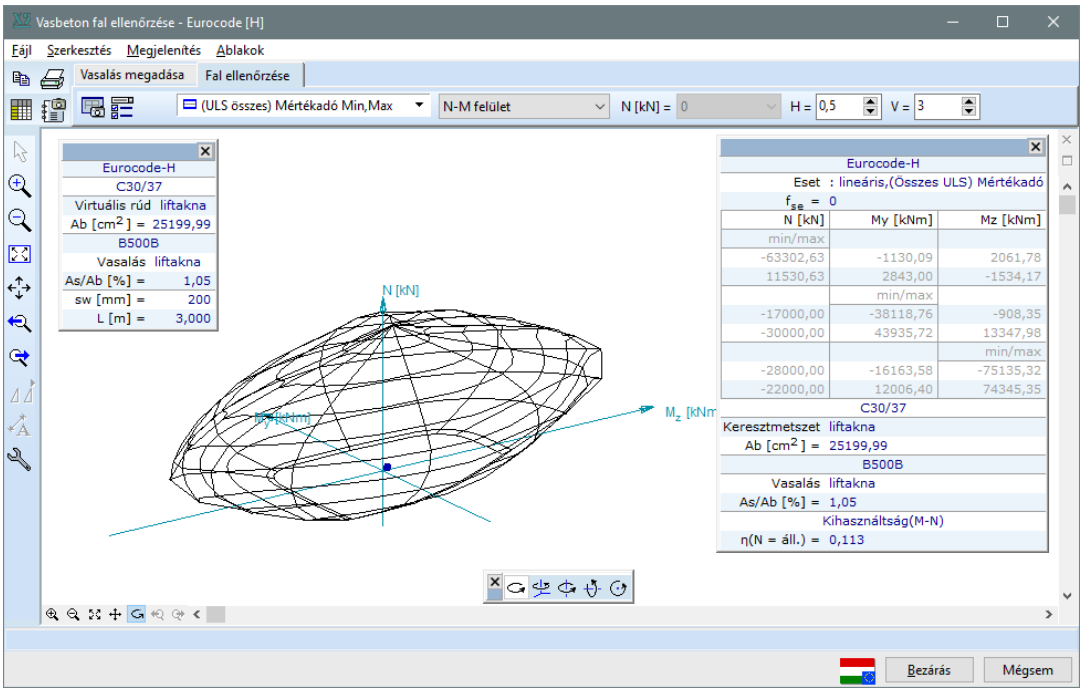
Falvasalás ellenőrzése

A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Vasalás megadása

A falvasalási paramétereket az alábbi szerkesztőablakban adhatjuk meg. *Lásd részletesen...* **6.5.17.1 Falvasalás megadása** fejezetben.

☞ **A számítás nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher parmétereket, azaz nem veszi figyelembe a hőmérséklet eloszlását a keresztmetszetben, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének magas hőmérsékleten bekövetkező csökkenését.**



Fal ellenőrzése

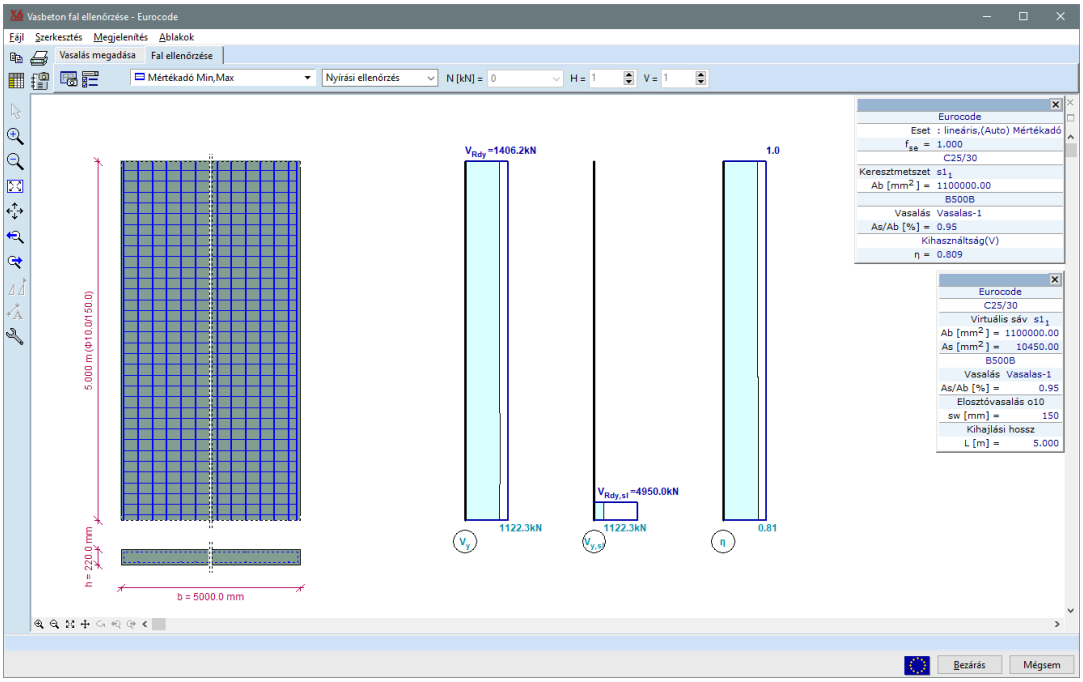
A *Fal ellenőrzése* fülre kattintva a program a keresztmetszeti adatok és vasalási paraméterek alapján elvégzi az ellenőrzést külpontos nyomásra/húzásra, illetve virtuális sávok esetén a nyírási ellenőrzést (ha az ellenőrzés a sáv vasalási paramétereinél be van kapcsolva). A vizsgálat típusa és eredményeinek megjelenítése a kiválasztott eredményábrázolástól függ, a működés hasonló a vasbeton oszlopok vizsgálatához.
Külpontos húzás/nyomás esetén meghatározza a határigénybevételi felületet, illetve virtuális sáv esetén a megadott kihajlási paraméterek figyelembevételével meghatározza a kijelölt rudak igénybevételeihez, illetve a táblázatban megadott tetszőleges N_x, M_{ya}, M_{za}, M_{yf}, M_{zf} értékekhez tartozó külpontosság-növekményeket. A külpontosság-növekményből kiszámolja az $N_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$ tervezési igénybevételeket (virtuális rúd esetében ezek megegyeznek a feszültségekből integrált, bemenő igénybevételekkel), majd ellenőrzi, hogy ezek a határigénybevételi felületen belülre, vagy kívülre esnek-e. A vizsgálat jellege és az ellenőrzés menete nagy hasonlóságot és több ponton egyezést mutat az oszlopok vizsgálata során elvégzett számításokkal. Ennek következtében a vonatkozó beállítási és ábrázolási lehetőségek többnyire megegyeznek az oszlop vizsgálatánál leírtakkal, ezért bizonyos részleteket jelen fejezet nem ismétel meg. *Lásd részletesen...* **6.5.10 Oszlopvasalás ellenőrzése – RC2 modul**

A *Nyírási ellenőrzés* csak virtuális sávok esetén elérhető, ha a vasalási paramétereknél a vizsgálat aktív. A modul a nyírási vizsgálatot csak a fal síkjában ható nyíróerőkre végzi el.
Az ablakban a következő ábrákat és diagramokat jeleníti meg a program:

a) a fal oldalnézetét és vasalási rajzát (szélesebb falak esetén csak fal két vége van megjelenítve, a fal középső része nincs)
b) a V_y igénybevételi ábra a nyírási ellenállás értékekkel (kék vonal)
c) a fal alján a mértékadó nyíróerőt (a V_y igénybevételi ábrát alapul véve) a csúsztató nyírási ellenállás értékkel (kék vonal)
d) az η maximális kihasználtságot a fal magassága mentén.

☞ **Bordás falak nyírás vizsgálata esetén a program a nyírási ellenállás meghatározásánál csak a sávhoz kapcsolódó tartomány vastagságát és az abban elhelyezett vasalást veszi figyelembe.**

Nyírási ellenőrzés eredménye



Igénybevételek

A vizsgálat alapját a virtuális rúd segítségével kiintegrált igénybevételek alkotják. Az igénybevételek a virtuális rúd lokális rendszerében értelmezendők.

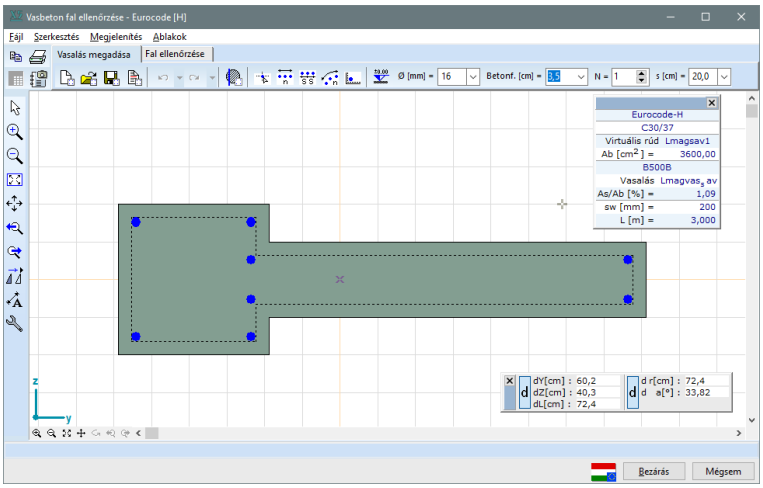
6.5.17.2.1 Mértékadó külpontosságok számítása

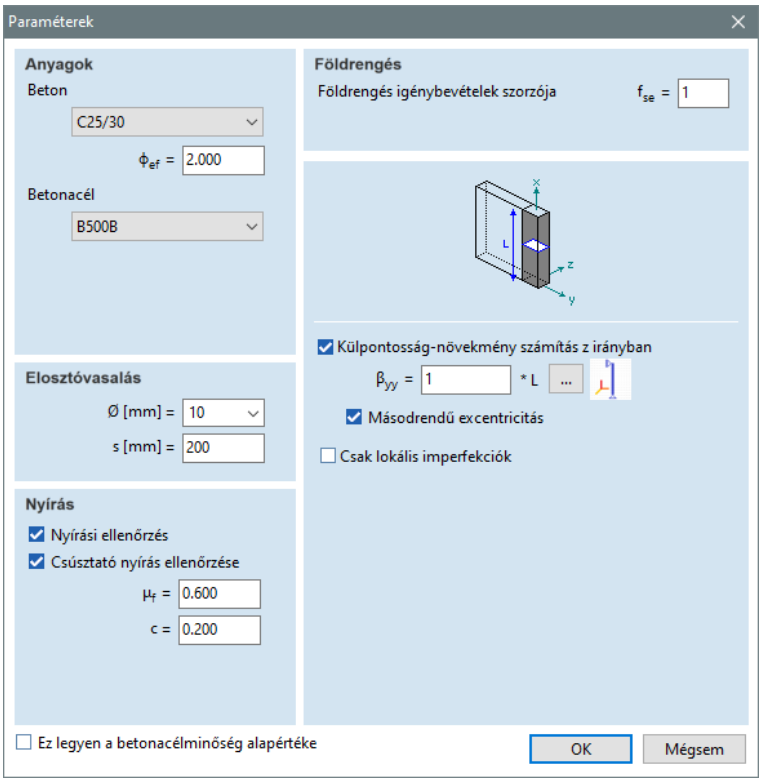
A vizsgált szintre vonatkozó külpontosság-növekményeket a program csak virtuális sávokra definiált falvasalások ellenőrzésekor számít. Ezek a külpontosság-növekmények szintközi görbeség/ferdeség (imperfekció) és a szintek között kialakuló másodrendű hatást tartalmazzák. Virtuális sávokra definiált falvasalások esetén a mértékadó külpontosságokat a program az elsőrendű külpontosságok (virtuális sávok igénybevételeiből számított külpontosságok) és a külpontosság-növekmények összegeként számítja.

Virtuális rudakra definiált falvasalással elsősorban több falból álló falmagok vizsgálhatók. Szerkezeti szinten a szabványok meghatározzák, hogy az imperfekciók (ferdeség) és a másodrendű hatások közelítően, vagy pontosabb módszerekkel milyen módon vehetőek figyelembe (pl. helyettesítő vízszintes terhek, geometriailag nemlineáris számítás). Ezeket a hatásokat a vonatkozó szabályok betartásával szerkezeti szinten kell figyelembe venni és általában nem alkalmazhatóak az elsősorban elemszintű vizsgálatra kifejlesztett képletek. Ebből kifolyólag a számítás feltételezi, hogy a virtuális rúd segítségével integrált igénybevételek tartalmazzák a ferdeség hatását és a másodrendű hatásokat.

Virtuális sávra definiált falvasalás esetében a számítás alapelvei megegyeznek a vasbeton oszlopnál ismertetett elvekkel azzal a különbséggel, hogy falak esetében a külpontosság-növekményeket csak egy irányban, a gyenge tengelyre merőlegesen mérjük fel. További információkért *lásd részletesen...* **6.5.10.1 Mértékadó külpontosságok számítása**

☞ **Virtuális sávokra definiált falvasalások vizsgálatakor feltételezzük, hogy a virtuális sáv lokális *z* tengelye merőleges a falsíkra. Ennek következtében feltételezzük a számítás során, hogy a gyenge tengely az *y* tengely. A paraméterek között ennek megfelelően a *z* irányban, azaz az *y* tengely körüli kihajlási hosszat adhatjuk meg. A vizsgálat megkezdése előtt a lokális koordinátarendszer állását ellenőrizni kell!**





6.5.17.2.2 Ellenőrzés az Eurocode 2 szerint külpontos húzásra és nyomásra

A tervezési nyomaték $M_d = N_d \cdot e_d$

ahol N_d a virtuális rúd/sáv feszültségeiből integrált normálerő. Virtuális rúd esetében, illetve virtuális sáv esetén a fal síkjával párhuzamosan $e_d = e_e$, míg virtuális sáv esetében a fal síkjára merőlegesen (gyenge tengely körül) $e_d = e_e + e_i + e_2$ a mértékadó külpontosság. Minimális külpontosság virtuális sáv esetében a fal síkjára merőlegesen: $max\left(20mm, \frac{h}{30}\right)$.

e_e kezdeti külpontosság az igénybevételekből.

- vizsgált szakasz alsó és felső keresztmetszete: $e_e = M/N_d$
- közbenső keresztmetszet esetén (helyettesítő külpontosság):

$$e_e = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \text{ és } |e_a| \geq |e_b|,$$

ahol e_a és e_b a vizsgált szakasz két végén lévő kezdeti külpontosság.

e_i a kezdeti pontatlanságokból adódó növekmény (imperfekció) virtuális sávra definiált falvasalás esetén a falsíkra merőlegesen (gyenge tengely körül)

$e_i = \alpha_h \Theta_0 \frac{l_0}{2}$, ahol l_0 kihajlási hossz, $\alpha_h = 2/\sqrt{l}$ és $\frac{2}{3} \le \alpha_h \le 1$, ahol l a szintmagasság.

Θ_0 – nemzeti melléklet szerint

e_2 a másodrendű külpontosság növekmény virtuális sávra definiált falvasalás esetén a falsíkra merőlegesen (gyenge tengely körül)

Másodrendű külpontosság számítása szükséges, amennyiben $\lambda \ge \lambda_{lim} = 20 \frac{ABC}{\sqrt{n}}$ ahol $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$,

ahol $A = \frac{1}{1+0.2\varphi_{ef}}$, $B = \sqrt{1+2\omega}$, $\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$, C szabvány ablakban megadható konstans

☞ **λ_{lim} számítása egyes Nemzeti Alkalmazási Dokumentumok szerint eltér (pl. az német és olasz szabályozás szerint)!**

DIN EN 1992-1-1 esetén: $n < 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = \frac{16}{\sqrt{n}}; n > 0.41 \rightarrow \lambda_{lim} = 25.0$

Olasz szabvány esetén: $\lambda_{lim} = 15.4 \frac{C}{\sqrt{n}}$

Norvég szabvány esetén: $\lambda_n = \sqrt{\frac{n}{1+k_a \omega}} \ge \lambda_{n,lim} = 13 A_\varphi$

e_2 meghatározása történhet névleges görbület, vagy névleges merevség módszerével. Egyes nemzeti mellékletek kötelezően előírják, hogy melyik módszert kell alkalmaznunk, azonban vannak nemzeti mellékletek amelyek szerint (az alapszabványhoz hasonlóan) a tervező mindkét módszer közül választhat. Amennyiben mindkét módszer használható, akkor a program a névleges görbület módszerét alkalmazza.

Névleges görbület alapján (nemzeti melléklettől függően)

$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_0^2}{c}$

ahol $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{f_{yd}}{E_s \cdot 0.45 \cdot d}$,

$8 \le c \le \pi^2$ nyomatékeloszlás alapján

$K_r = \min\left\{\frac{N_u' - N_{Ed}}{N_u' - N_{bal}}; 1.0\right\}$, $K_\varphi = \max\{1 + \beta\varphi_{ef}; 1.0\}$,

$\beta = 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$, ahol f_{ck} N/mm²-ben szerepel

$d' = \frac{h}{2} + i_s$, ahol i_s a betonacélok inerciasugara

Névleges merevség alapján (nemzeti melléklettől függően)

$e_2 = (e_e + e_i)\left[1 + \frac{\beta}{N_B/N_d - 1}\right]$,

ahol $\beta = \frac{\pi^2}{c}$

N_B a névleges merevségen alapuló kihajlási erő

$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$ a névleges merevség, ahol

E_{cd} a beton rugalmassági modulusának tervezési értéke 5.8.6. (3) szerint

I_c a betonkeresztmetszet inercianyomatéka

E_s a vasalás rugalmassági modulusának tervezési értéke

I_s a vasalás inercianyomatéka a betonkeresztmetszet súlypontjára

K_c a repedezettség, a kúszás stb. hatását figyelembe vevő tényező, lásd 5.8.7.2. (2), (3)

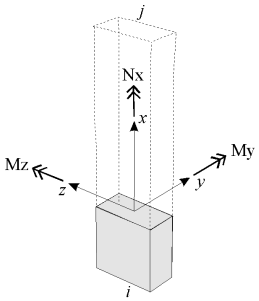
K_s a vasalás szerepét figyelembe vevő tényező, lásd 5.8.7.2. (2), (3)

A program meghatározza a külpontosság növekményeket mindkét hajlítási irányban, majd az alábbi tervezési szituációkat vizsgálja mindhárom keresztmetszetben:

Virtuális rúd esetén	Virtuális sáv esetén
$M_{dy} = N_d e_{ez}$	$M_{dy} = N_d(e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$
$M_{dz} = -N_d e_{ey}$	$M_{dz} = -N_d e_{ey}$

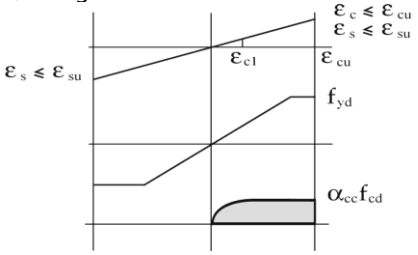
A program ellenőrzi, hogy az így kapott tervezési igénybevételek (M_{dy}, M_{dz}, N_d) a határigénybevételi felületen belül helyezkednek-e el. Ha valamely tervezési szituációban ez nem teljesül, akkor a fal az adott keresztmetszettel és vasalással nem felel meg.

Az *N-M_R* diagramokon, ill. a határkülpontossági görbeseregen az ezekhez a tervezési igénybevételekhez tartozó pontok jelennek meg.
A táblázat tetszőleges igénybevétel értékekkel bővíthető. Az értékek az *N-M_R* diagramokon és a határkülpontossági görbéken megjeleníthetők.
Az igénybevételek előjeleit a mellékelt ábra szemlélteti.



Anyagmodellek

σ, ε diagramok:



6.5.17.2.3 Ellenőrzés SIA 262 szerint külpontos húzásra és nyomásra

A tervezési nyomaték az egyes hajlítási irányokban: $M_d = N_d \cdot e_d$
ahol N_d a virtuális rúd/sáv feszültségeiből integrált normálerő. Virtuális rúd esetében, illetve virtuális sáv esetén a fal síkjával párhuzamosan $e_d = e_{0d}$, míg virtuáls sáv esetében a fal síkjára merőlegesen (gyenge tengely körül) $e_d = e_{0d} + e_{1d} + e_{2d}$ a mértékadó külpontosság.

e_{0d} : a kezdeti pontatlanságokból adódó növekmény (imperfekció) virtuális sávra definiált falvasalás esetén a falsíkra merőlegesen (gyenge tengely körül)

$$e_{0d} = \max\left\{\alpha_i \frac{l_{cr}}{2}; \frac{d}{30}\right\}, \text{ ahol } \frac{1}{200} \geq \alpha_i = \frac{0.01}{\sqrt{l}} \geq \frac{1}{300}$$

l a szintmagasság, l_{cr} a kihajlási hossz, d a keresztmetszet hasznos magassága.

e_{1d} : kezdeti külpontosság az elsőrendű igénybevételekből virtuális sávra definiált falvasalás esetén a falsíkra merőlegesen (gyenge tengely körül)

- vizsgált szakasz alsó és felső keresztmetszete:
$$e_{1d} = M_I / N_d$$
- közbenső keresztmetszet esetén (helyettesítő külpontosság):
$$e_{1d} = \max\begin{Bmatrix} 0.6 \cdot e_a + 0.4 \cdot e_b \\ 0.4 \cdot e_a \end{Bmatrix} \text{ és } |e_a| \geq |e_b|,$$

ahol e_a és e_b a vizsgált szakasz két végén lévő kezdeti külpontosság.

e_{2d} : másodrendű külpontosság növekmény.

$$e_{2d} = \chi_d l_{cr}^2 / \pi^2$$

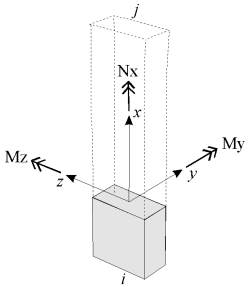
ahol $\chi_d = \frac{2 f_{yd}}{E_s (d - d')}$

A program meghatározza a külpontosság növekményeket mindkét hajlítási irányban, majd az alábbi tervezési szituációkat vizsgálja mindhárom keresztmetszetben:

Virtuális rúd esetén	Virtuális sáv esetén
$M_{dy} = N_d e_{ez}$	$M_{dy} = N_d (e_{ez} + e_{iz} \pm e_{2z})$
$M_{dz} = -N_d e_{ey}$	$M_{dz} = -N_d e_{ey}$

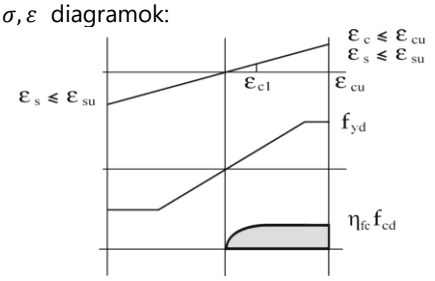
A program ellenőrzi, hogy az így kapott tervezési igénybevételek (M_{dy}, M_{dz}, N_d) a határigénybevételi felületen belül helyezkednek-e el. Ha valamely tervezési szituációban ez nem teljesül, akkor az oszlop az adott keresztmetszettel és vasalással nem felel meg.

Az N-M_R diagramokon, ill. a határkülpontossági görbeseregen az ezekhez a tervezési igénybevételekhez tartozó pontok jelennek meg. A táblázat tetszőleges igénybevétel értékekkel bővíthető. Az értékek az N-M_R diagramokon és a határkülpontossági görbéken megjeleníthetők. Az igénybevételek előjeleit a jobboldali ábra szemlélteti:



Anyagmodellek

σ, ε diagramok:



6.5.17.3. Vasbeton falak ellenőrzése nyírásra

Általános elvek, alkalmazási korlátok

Virtuális sávok esetén a modul lehetőséget biztosít a falak nyírásvizsgálatára és a nyírási kihasználtság megállapítására. A nyírási kihasználtság a sáv *N-M* kihasználtságával nem összegezhető, a több sávból álló összetett falmagok esetén csak a sávok különálló nyírásvizsgálatára van lehetőség.
A számítás feltételezi, hogy mind a fővasalás és az elosztóvasalás is megfelelően le van horgonyozva.

A nyírási vizsgálat két részből tevődik össze:

1. A modul kiszámítja a beton keresztmetszet és a hozzá rendelt vasalás nyírási ellenállását a paraméterek közt megadott hajlásszögű repedési kép feltételezésével.
   Bordával rendelkező tartományok vizsgálatánál a program csak a tartomány keresztmetszetét veszi figyelembe a nyírási ellenállás meghatározásánál, a borda keresztmetszettel és a tartomány keresztmetszetén kívül elhelyezett vasalással nem számol.
   A vizsgálat olyan falakra alkalmazható, melynél érvényesnek tekinthető a megadott hajlásszögű repedéskép.
2. Kérhető a szintek aljához tartozó a csúsztató nyírási ellenállás meghatározása is. A csúsztató nyírási vizsgálat a falak alján történik, a fal alján figyelembe veendő igénybevételi értékek alapján.

A nyírási kihasználtság a virtuális sáv szintjére vonatkozóan a fenti két nyírási vizsgálat maximumából adódik. Ha a csúsztató nyírási vizsgálat nem aktív, úgy az első vizsgálatból származó kihasználtság egyben a maximális kihasználtság is.

Belső erők karja

Nyírási teherbírás számításánál fontos ismernünk a belső erők karját (z – a húzott acélok és a nyomott betonzóna súlypontjának távolsága). Gerendák esetében általában a 0,9d értéket alkalmazzák, ahol d a hasznos magasságot jelöli. Nyomóerő jelenléte esetén azonban már nem élhetünk ezzel a közelítéssel. A program a belső erők karját az adott normálerő szinten automatikusan számítja.

☞ **A számítás nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher paramétereket, azaz nem veszi figyelembe a hőmérséklet eloszlását a keresztmetszetben, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének magas hőmérsékleten bekövetkező csökkenését.**

6.5.17.3.1 Nyírási és csúsztató nyírási ellenállás számítása Eurocode 2 szerint

Nyírási ellenállás

$$V_{Rd} = \min(\max(V_{Rd,c}, V_{Rd,s}), V_{Rd,max})$$

ahol $V_{Rd,c}$ a beton nyírási ellenállása, $V_{Rd,s}$ az elosztó vasalás nyírási ellenállása, $V_{Rd,max}$ a nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó maximális nyírási ellenállás.

Beton nyírási ellenállása

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_{sl} f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}\right] b_w d \geq \left(v_{min} + k_1 \sigma_{cp}\right) b_w d$$

ahol:

ρ_{sl} a húzott vashányad,
b_w a keresztmetszet húzott részének legkisebb szélessége (kör km. 0,8D),
d a hasznos magasság,
σ_{cp} a beton nyomófeszültség normálerő, vagy feszítés hatására (a nyomás pozitív) < 0,2 fcd,
$C_{Rd,c}$, v_{min} és k_1 a Nemzeti Alkalmazás Dokumentumban (NAD) szabályozott paraméterek; értékük a *Szabvány* ablakban beállítható a *Vasbeton* fül alatt (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

Elosztó vasalás nyírási ellenállása

Téglalap keresztmetszet alapján:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$$

ahol:

A_{sw} a nyírási vasalás keresztmetszeti területe,
s az elosztó vasalás egymástól mért távolsága,
z a belső erők karja,
f_{ywd} a nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke,
θ a nyírási repedés paraméterek közt megadott szöge

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó nyírási ellenállás

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

ahol:

α_{cw} a nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező,
ν_1 a berepedt betonra vonatkozó szilárdsági csökkentő tényező,
α a nyírási vasalás (elosztó vasalás) és rúd tengelye által bezárt szög: 90°.

Csúsztató nyírási ellenállás

A vizsgálat az Eurocode 1992-1-1 szabvány 6.2.5 fejezete alapján történik, az alábbi paraméterek és összefüggések figyelembevételével. A csúsztató nyírási teherbírás a fal alján:

$$V_{Rd,sl} = A_w \left[c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin\alpha + \cos\alpha)\right] \leq 0.5 \nu f_{cd}$$

a fenti képletben:

A_w a virtuális sávhoz kapcsolódó tartomány keresztmetszeti területe (a tartományhoz kapcsolódó bordák nélkül),
c és μ a csatlakozó felületektől függő érdességi tényezők,
f_{ctd} a beton húzószilárdságának tervezési értéke,
σ_n a csatlakozási felületre merőlegesen működő, nyíróerővel egyidejű legkisebb külső normálerő által okozott, egységnyi felületre jutó feszültség, amely nyomás esetén pozitív és $\sigma_n < 0.6 f_{cd}$, húzás esetén pedig negatív. Ha a σ_n húzófeszültség, akkor a $c f_{ctd}$ értéke zérus. A csatlakozási felület a virtuális sávhoz rendelt teljes falkeresztmetszet, beleértve a sávhoz tartozó bordák keresztmetszetét is.
ρ $= A_{s0}/A_i$, ahol A_{s0} a csatlakozási felületet keresztező, mindkét oldalon megfelelően lehorgonyzott vasalás,
A_i a csatlakozási felület területe, beleértve a virtuális sáv tartományához kapcsolódó bordák keresztmetszeti területét és azok vasalását.
f_{yd} a betonacél folyáshatárának tervezési értéke,
α = 90° (függőleges irányú fővasalás)
ν szilárdsági csökkentőtényező

6.5.17.3.2 Nyírási és csúsztató nyírási ellenállások számítása SIA 262 szerint

Elosztó vasalás nyírási ellenállása

Téglalap keresztmetszet alapján:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot \alpha$$

a fenti képletekben:

A_{sw} a nyírási vasalás keresztmetszeti területe,

s az elosztó vasalás egymástól mért távolsága,

z a belső erők karja,

f_{yd} a nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke,

α a nyírási repedés paraméterek közt megadott szöge

Nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó nyírási ellenállás

$$V_{Rd,c} = b_w z k_c f_{cd} \sin \alpha \cos \alpha$$
$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_1 + 0.001) \cot^2 \alpha$$

ahol:

k_c a berepedt betonra vonatkozó szilárdsági csökkentő tényező.

Csúsztató nyírási ellenállás

A vizsgálat a SIA 262 szabvány 4.3.4.3.2 szakasza alapján történik, az alábbi paraméterek és összefüggések figyelembevételével.

A csúsztató nyírási teherbírás a fal alján:

$$V_{Rd,sl} = b_w \cdot z(k_{c\tau} \tau_{cd} - k_{c\sigma} \sigma_d) \leq 0.3 f_{cd}$$

ahol:

b_w a virtuális sávhoz kapcsolódó tartomány keresztmetszeti szélessége (fal vastagsága), a tartományhoz kapcsolódó bordák nélkül,

z belső erők karja (tartomány keresztmetszetét figyelembe véve, a kapcsolódó bordák nélkül),

$k_{c\tau}$, $k_{c\sigma}$ a csatlakozó felületektől függő érdességi tényezők,

τ_{cd} a beton nyírószilárdságának tervezési értéke,

f_{cd} a beton nyomószilárdságának tervezési értéke,

σ_d a csatlakozási felületen működő normálfeszültség, mely az alábbi képlet alapján kerül kiszámításra:

$$\sigma_d = \frac{-|V_d| \cot \alpha}{z \cdot b_w} + \frac{N_d}{l_w b_w}$$

ahol:

N_d a keresztmetszeten működő normálerő tervezési értéke, mely nyomóerő esetén negatív,

V_d a keresztmetszeten működő nyíróerő tervezési értéke,

α a nyomott zóna hajlásszöge,

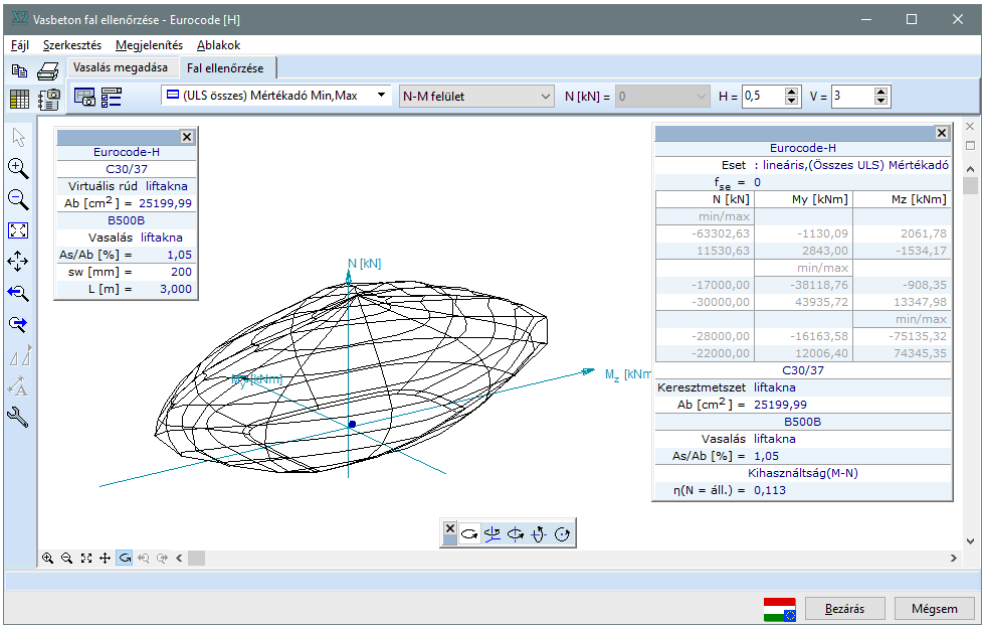
z belső erők karja (tartomány keresztmetszetét figyelembe véve, a kapcsolódó bordák nélkül),

l_w a fal hossza (virtuális sáv hossza).

6.5.17.4. Eredmények

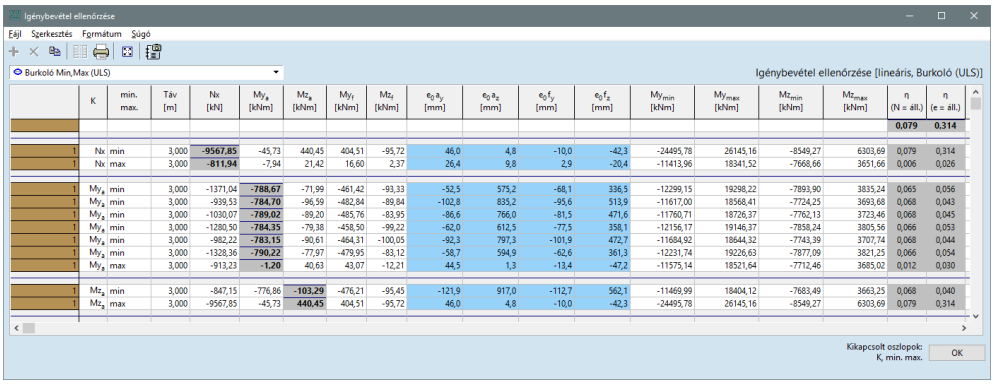
A falvasalás ellenőrző számítás eredményei számos módon hozzáférhetők és megjeleníthetőek a programban, az alábbi bekezdésekben ezeket az opciókat mutatjuk be.

Ábrák



Kép mentése rajztárba ikonra kattintva az ellenőrzés során megjelenített ábrákat (N_x-M_y-M_z határigénybevételi felület, N_x-M_y diagram, N_x-M_z diagram, M_y-M_z diagramok, Határkülpontossági görbék és Nyírási ellenőrzés) menthetjük el a rajztárba. A rajztárból az ábrák a dokumentációba is illeszthetők. *Lásd részletesebben...* **3.6.10 Rajztár**

Táblázatok



Az eredménytáblázatok elérhetőek a *Vasbeton fal ellenőrzése* ablakból, illetve közvetlenül a *Vasbeton falak* ablakból is.

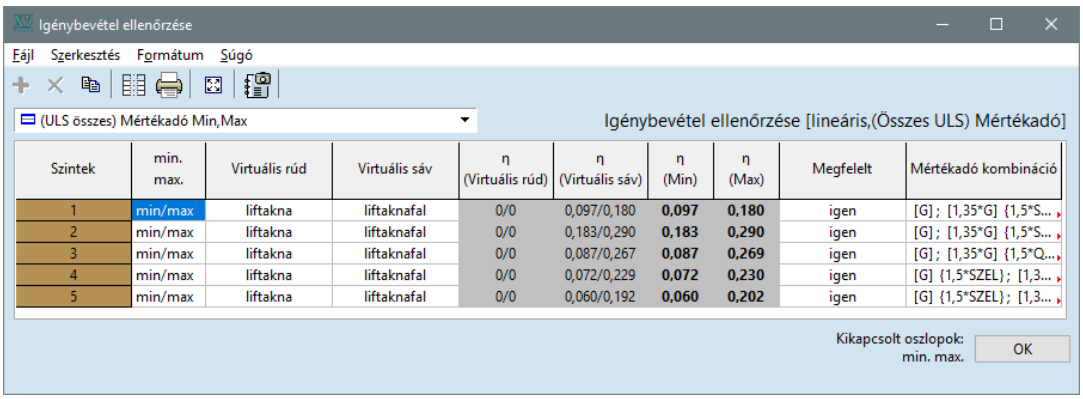
Amennyiben *N-M* felület, *N-My* diagram, *N-Mz* diagram, *My-Mz* diagram, vagy *Határkülpontossági görbék* aktív ábrázolási mód esetén kattintunk a táblázat ikonra, akkor program a fal (virtuális sáv / virtuális rúd) külpontos nyomással/húzással szembeni kihasználtságait gyűjti táblázatba. *Nyírási ellenőrzés* ábrázolási mód kiválasztása esetén a nyírási kihasználtságokat látjuk táblázatos formában (nyírási ellenőrzés csak a virtuális sávok esetén lehetséges).

A táblázat szerkeszthető, ha a *Vasbeton fal ellenőrzése* ablakból nyitjuk meg. Ilyenkor ki-, illetve bekapcsolhatóak egyes oszlopok és új sort adhatunk hozzá a táblázathoz, amelyre a program szintén lefuttatja a méretezést. A *Vasbeton falak* ablakból megnyitott táblázat nem szerkeszthető/módosítható, ugyanis ekkor kizárólag arra szolgál, hogy az eredmények minél gyorsabban és egyszerűbben hozzáférhetőek legyenek. Ebben az esetben azonban aktívvá válik egy legördülő menü, melyben kiválaszthatjuk a vizsgálandó teheresetet, kombinációt, burkolót, vagy mértékadót.

Összegzett kihasználtságokat bemutató táblázat kizárólag a *Vasbeton falak* ablakból érhető el. A táblázatban minden szintre látható a virtuális rúdra, mint falmagra számított kihasználtság, a virtuális sávra, mint egy falszakaszra számított N-M kihasználtság és a felhasználó által megadott összegzési szabállyal kiértékelt összegzett N-M kihasználtság.

☞ **Az összegzett kihasználtság csak a külpontos nyomás/húzás vizsgálatból származó igénybevételeket tartalmazza, az egyes virtuális sávok kihasználtságainak eredményeit nem veszi figyelembe!**

Ha a számítás során valamilyen hiba lépett fel, vagy az adott szinten a kihasználtság tényleges vasalás hiányában nem értékelhető ki, akkor a számérték helyén ??? három kérdőjel látható. Amennyiben a kihasználtság értéke meghaladja az 1-et, akkor a kihasználtsági értéket pirossal írja ki a program.



Szintek	min. max.	Virtuális rúd	Virtuális sáv	η (Virtuális rúd)	η (Virtuális sáv)	η (Min)	η (Max)	Megfelelt	Mértékadó kombináció
1	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,097/0,180	**0,097**	**0,180**	igen	[G]; [1,35*G] {1,5*S...
2	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,183/0,290	**0,183**	**0,290**	igen	[G]; [1,35*G] {1,5*S...
3	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,087/0,267	**0,087**	**0,269**	igen	[G]; [1,35*G] {1,5*Q...
4	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,072/0,229	**0,072**	**0,230**	igen	[G] {1,5*SZEL}; [1,3...
5	min/max	liftakna	liftaknafal	0/0	0,060/0,192	**0,060**	**0,202**	igen	[G] {1,5*SZEL}; [1,3...

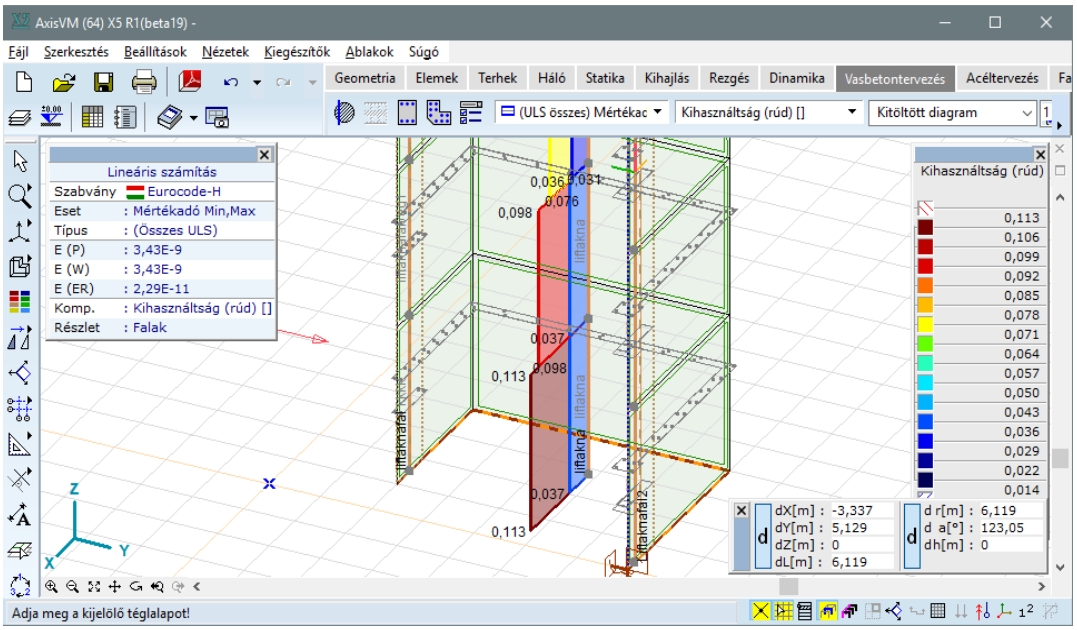
Eredmény-komponensek

Amennyiben már vannak falvasalási szintek és tényleges falvasalás rendelve egy virtuális rúdhoz, illetve virtuális sávhoz, illetve van elérhető eredmény, amire az ellenőrzést el lehet végezni (lineáris statika, nem lineáris statika, dinamika), akkor *Vasbetontervezés* fül alatt elérhetővé válnak új eredmény-komponensek, amelyekkel a definiált vasbeton falak kihasználtságai jeleníthetőek meg:

- *Kihasználtság (rúd)* – amennyiben van virtuális rúdhoz rendelt vasalás a modellben,
- *Kihasználtság (sáv)* – amennyiben van virtuális sávhoz rendelt vasalás a modellben,
- *Összegzett kihasználtság* – amennyiben van összegzett kihasználtság számításhoz szükséges párosítás megadva a *Vasbeton falak* ablakban.
- *Nyírási (V) kihasználtság (sáv)* - amennyiben van virtuális sávhoz rendelt vasalás a modellben és a nyírás vizsgálat is be van kapcsolva a virtuális sávnál.

Az összegzett kihasználtság eredményeket a program a párosításban szereplő virtuális sávra rajzolja fel.

☞ **Az összegzett kihasználtság nem veszi figyelembe az egyes virtuális sávok nyírási vizsgálatának eredményét!**



Összefoglaló táblázatok

A modellben található vasbeton falak méretezési eredményeiről összefoglaló táblázatok érhetők el a táblázatkezelőben (*lásd...* **3.2.10 Táblázatkezelő**), ahol egyszerre az összes fal eredményeit megjeleníti a program szintekre lebontva.

6.5.18. Vasbeton szerkezetek feszültséganalízise – RC6 modul

Használati állapotban vagy feszített tartók esetében a betonban ébredő nyomófeszültségeket korlátozni kell, továbbá sok esetben szükség lehet a betonacél és a beton feszültségeinek/alakváltozásainak ismeretére (pl. fáradásvizsgálat). Az RC6 modullal vasbeton gerendák, oszlopok, felületszerkezetek és virtuális rudak feszültséganalízisét végezhetjük el megadott igénybevételekre az alkalmazott vasalás, a beton berepedésének és az anyagok nemlineáris viselkedésének figyelembevételével. A modul segítségével a feszültségek és alakváltozások mellett meghatározható a repedéstágasság is általános keresztmetszetre és igénybevételre.
A számítás célja megadott igénybevételekre meghatározni a görbületeket és megnyúlást. Mivel ez a feladat nem folytonos és nem lineáris, az igénybevételeknek megfelelő alakváltozások meghatározásához iteráció szükséges.

☞ **Gerenda és oszlop elemek vizsgálatához az RC6 modul mellett az RC2 modul is szükséges az alkalmazott vasalás megadásához. 6.5.4 Oszlopvasalás megadása (kéttengelyű hajlítás) és 6.5.12 Gerendavasalás megadása (egytengelyű hajlítás).**

☞ **Felületszerkezetek feszültséganalíziséhez az RC6 mellett az RC1 modul is szükséges. A modullal csak normál (tömör), sűrűbordás, kompozit bordás, egyedi merevségi mátrixú vasbeton felületszerkezetek vizsgálatára van lehetőség.**

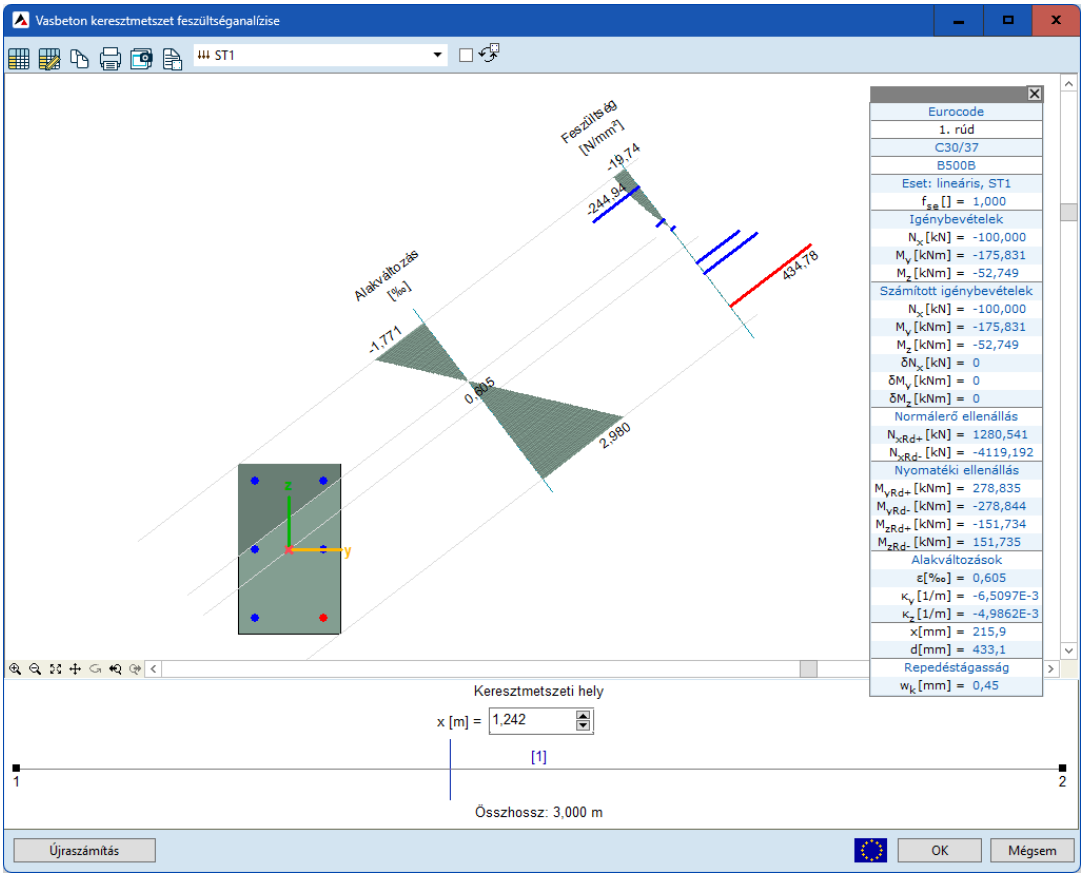
6.5.18.1. Vasbeton keresztmetszet feszültséganalízise



A bal oldalon látható ikonra kattintva jelölhetünk ki vasbeton szerkezeti elemeket, melyekre a programmal elvégezhetjük a feszültséganalízist. Egyszerre csak *egy* vasbeton gerenda/oszlop vagy virtuális sáv/rúd vizsgálható. Az ikon csak akkor aktív, ha van a modellben oszlop vagy gerenda alkalmazott vasalással rendelkező vasbeton szerkezeti elem (rúd, borda, rácsrúd) vagy csak beton tartományokból és bordákból álló virtuális sáv/rúd. Az ikonra kattintás után a kijelölő folyamat indul el (*lásd…* **2.16.1 Kijelölés**). Ha a kívánt elem nem vizsgálható, akkor azt a program figyelmeztető üzenettel jelzi. A következő esetekben nem megfelelő a kijelölés:

- Nincs kijelölve egyetlen szerkezeti elem sem.
- A kijelölt elem anyaga nem beton vagy nem rendelkezik alkalmazott vasalással.
- Több elem is ki van jelölve egyszerre.
- A kijelölt elem öszvér keresztmetszetű.

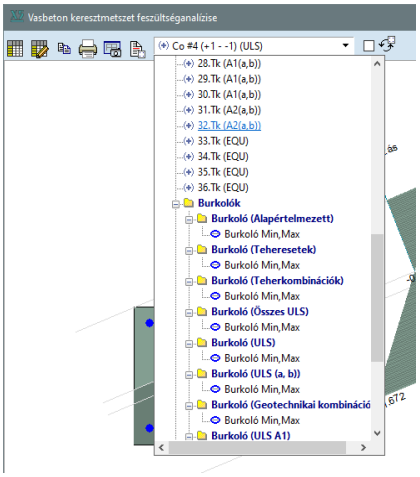
Megfelelő kijelölés esetén a következő ablak nyílik meg, amelyben a kijelölt szerkezeti elem tetszőleges keresztmetszetére végezhetjük el a vizsgálatot.



Tehereset, kombináció, burkoló és mértékadó teherkombináció

A legördülő listából kiválasztható valamely

- tehereset, teherkombináció
- nemlineáris számítás közbenső lépése
- burkoló
- mértékadó teherkombináció



Keresztmetszet pozíciója

A feszültséganalízist az elem hossza mentén bármely keresztmetszetben elvégezhetjük, a program a megadott keresztmetszethez tartozó igénybevételeket olvassa be.



Eredménytáblázat - *lásd...* **6.5.18.1.3 Eredmények**



Eredménytáblázat (felhasználói igénybevételek) - *lásd...* **6.5.18.1.3 Eredmények**



Az ablakban látható ábra másolása vágólapra.



Az ablakban látható ábra nyomtatása.



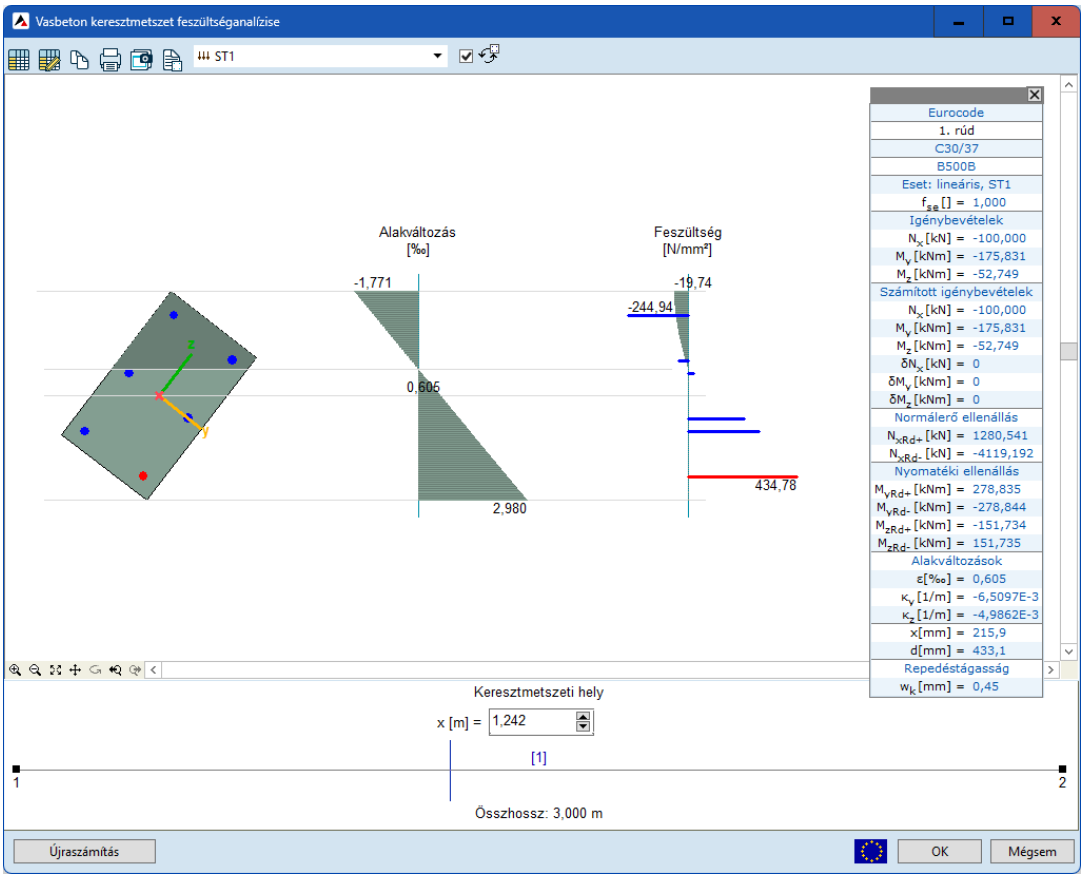
Az ablakban látható ábra mentése a rajztárba - *lásd...* **3.6.10 Rajztár, 3.6.11 Mentés a rajztárba**



Feszültséganalízis paramétereinek megadása - *lásd...* **6.5.18.1.1 Feszültséganalízis paraméterek**



A feszültséganalízis eredményei ábrázolhatók a keresztmetszet elforgatásával, mely megkönnyíti az alakváltozás és feszültség eredmények értelmezését.



Újraszámítás

Előfordulhat, hogy a beépített heurisztikus algoritmus nem találja meg az egyensúlyi állapotot, vagy a pontossága nem kielégítő. Ebben az esetben az *Újraszámítás* gomb megnyomásával újra futtathatjuk a feszültséganalízist.

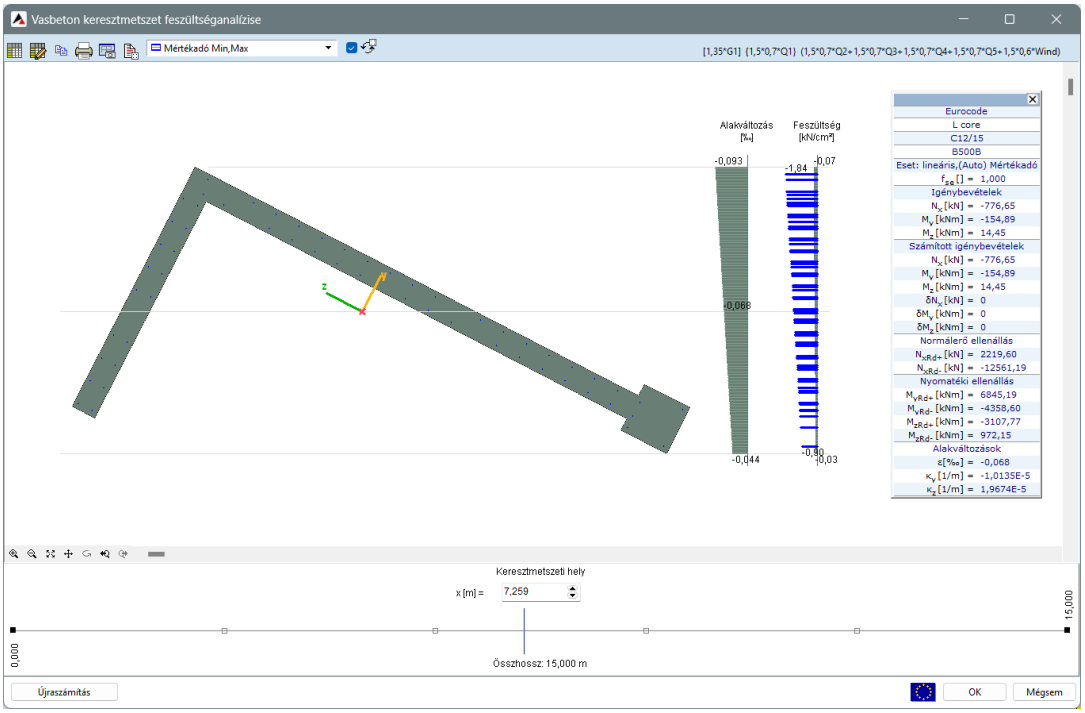
Virtuális sávok és rudak vizsgálata

Virtuális rudak és sávok feszültséganalízise során vasalással még nem rendelkező, vagy falvasalással ellátott virtuális rudakat és sávokat vizsgálhatunk (*lásd...* **6.5.17 Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul**).

Vasbeton falak és falmagok esetén nincs lehetőség az RC5 modulban beállított vasalás, illetve szinthatárok módosítására. Amennyiben erre lenne szükség, akkor ezeket a módosításokat RC5 modullal tudjuk végrehajtani. A szoftver a keresztmetszeti hely felirat alatt kis négyzetekkel jelzi a szinthatárokat és a pozíció megadásával a virtuális sáv/rúd bármely keresztmetszetén vizsgálhatjuk az igénybevételekből kialakuló feszültségeket.

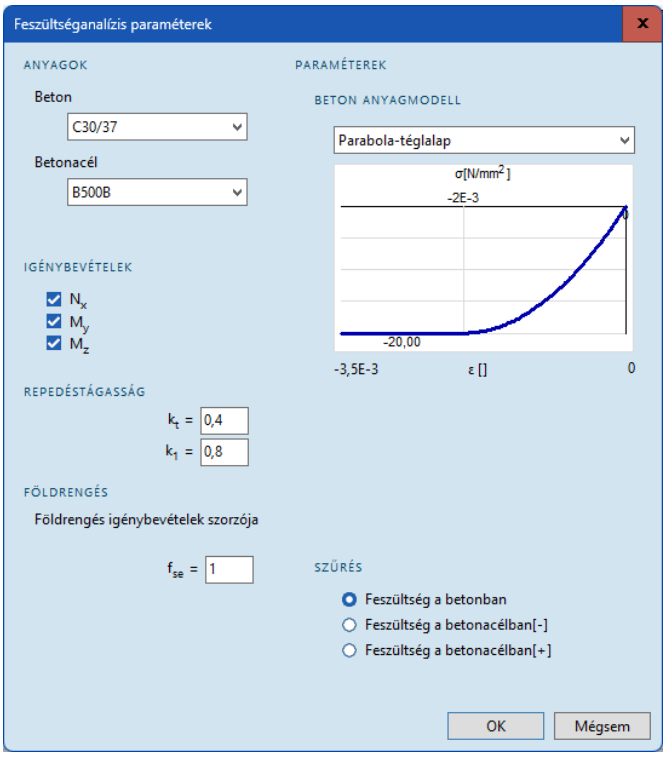


Egyéb esetekben, amennyiben nem falvasalással rendelkező virtuális rudat vagy sávot jelöltünk ki, akkor vasalás hiányában először egy vasalás megadó ablak jelenik meg. Az ablak működése megegyezik a falvasalás megadásánál leírt működéssel, ahol egy szint falvasalását ugyanilyen ablakban adhatjuk meg (*lásd...* **6.5.17 Vasbeton falak és falmagok méretezése összetett igénybevételekre – RC5 modul**).
A *Virtuális rúd tényleges vasalásának megadása* ablakon a *Bezárás* gombra kattintva nyílik meg a *Vasbeton keresztmetszet feszültséganalízise* ablak. Amennyiben korábban már rendeltünk tényleges vasalást a virtuális rúdhoz, akkor egyből a feszültséganalízis eredményeit bemutató ablak jelenik meg a korábban megadott vasalással.
A vasbeton oszlopok és gerendák vizsgálatához képest az ablak kiegészül három gombbal a *Keresztmetszeti hely* felirat alatt. A baloldali gombbal a vizsgált virtuális rudat, illetve sávot több azonos vasalású szakaszra tudjuk osztani. A szakaszhatárokat a szakasz létrehozása után az egérrel, a szakaszhatárt jelölő négyzet megfogásával és arrébb húzásával is tudjuk módosítani. A középső gombbal azt a szakaszt tudjuk törölni, ahol az aktuális pozíciót jelző függőleges vonal található. A jobb oldali gombbal módosítani tudjuk az adott szakasz vasalását.



6.5.18.1.1 Feszültséganalízis paraméterek

A feszültséganalízis során figyelembe vett számítási paraméterek a következő ablakban adhatók meg.



Anyagok

Megadható a beton és betonacél minősége. A figyelembe vett anyagminőség eltérhet az alkalmazott vasalás definiálásakor megadott anyagminőségektől.

Igénybevételek

Beállítható, hogy a feszültséganalízis mely igénybevétel-komponenseket vegye figyelembe. Legalább az egy komponensnek bekapcsolva kell lennie.

Repedéstágasság

A repedéstágasság számításához szükséges tényezők adhatók meg.

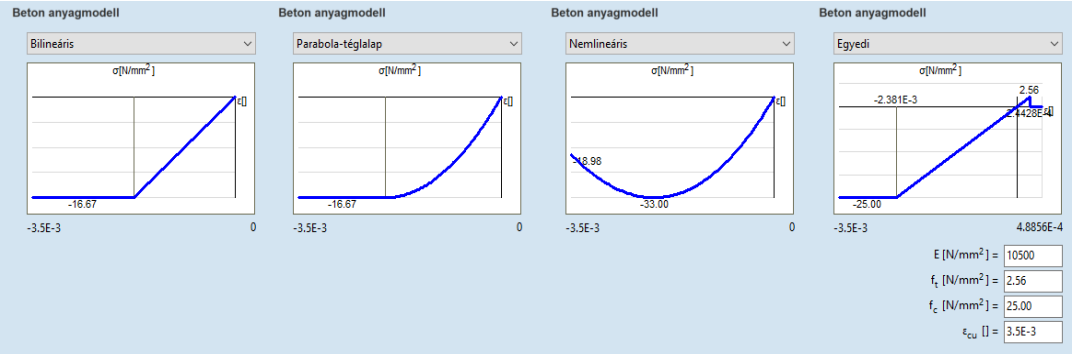
Földrengés

A földrengés igénybevételek szorzójával kapcsolatban *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul.**

Beton anyagmodell

A megadott lehetőségek közül kiválasztható a beton nemlineáris viselkedését leíró beton anyagmodell. Eurocode és SIA szabványok esetén eltérő anyagmodellek választhatók az analízishez.

EC



Bilineáris

EN 1992-1-1 3.1.7. (2) pontja szerinti bilineáris anyagmodell

$$\sigma = f_{cd} \text{ ha } \varepsilon < -\varepsilon_{c3}$$

$$\sigma = f_{cd}\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c3}} \text{ ha } 0 \geq \varepsilon \geq -\varepsilon_{c3}$$

Parabola-téglalap

EN 1992-1-1 3.1.7. (1) pontja szerinti parabolikus anyagmodell

$$\sigma = f_{cd} \text{ ha } \varepsilon < -\varepsilon_{c2}$$

$$\sigma = f_{cd}\left[1-\left(1-\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c2}}\right)^{n}\right] \text{ ha } 0 \geq \varepsilon \geq -\varepsilon_{c2}$$

Nemlineáris

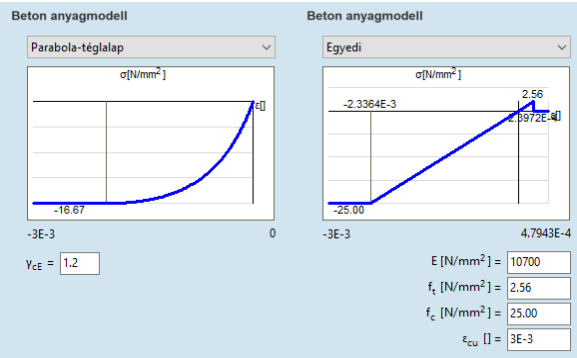
EN 1992-1-1 3.1.5. (1) pontja szerinti nemlineáris anyagmodell

$$\frac{\sigma}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}$$

Egyedi

A felhasználó által tetszőlegesen megadható anyagmodell, amely figyelembe tudja venni a beton húzószilárdságát, illetve a kúszást a rugalmassági modulus megadásával.

SIA



Parabola-téglalap

SIA 262 4.2.1.6. pontja szerinti anyagmodell

$$\frac{\sigma_c}{f_{cd}} = \frac{k_\sigma \zeta - \zeta^2}{1 + (k_\sigma - 2)\zeta}$$

☞ **Az Eurocode, illetve a SIA szabvány a bilineáris, parabola és nemlineáris anyagmodelleket keresztmetszetek tervezéséhez adja meg, ezért használhatósági határállapotok vizsgálatakor ezen modellek kezdeti szakaszai nem minden esetben egyeztethetőek össze a kézi számításokban feltételezett beton rugalmassági modulus értékekkel. Egyedi modell alkalmazásakor a beton rugalmassági modulusának értéke megadható. Húzószilárdság vagy kúszás hatásának figyelembevételéhez is javasolt az Egyedi modell használata.**

☞ **A betonacél viselkedésének modellezése bilineáris anyagmodellel történik.**

Eredmények szűrése

Amennyiben a *Vasbeton keresztmetszet feszültséganalízise* ablakban burkoló vagy mértékadó teherkombináció van kiválasztva, akkor a program az analízist számos kombinációra elvégzi és csak a mértékadó eredményeket ábrázolja. Az összes eredmény megtekinthető az eredménytáblázatban. A szűrés pontban beállítható, hogy a modul a megjelenített mértékadó esetet milyen szempontok alapján válassza ki (legnagyobb betonfeszültség, maximális acélfeszültség).

6.5.18.1.2 Feszültséganalízis

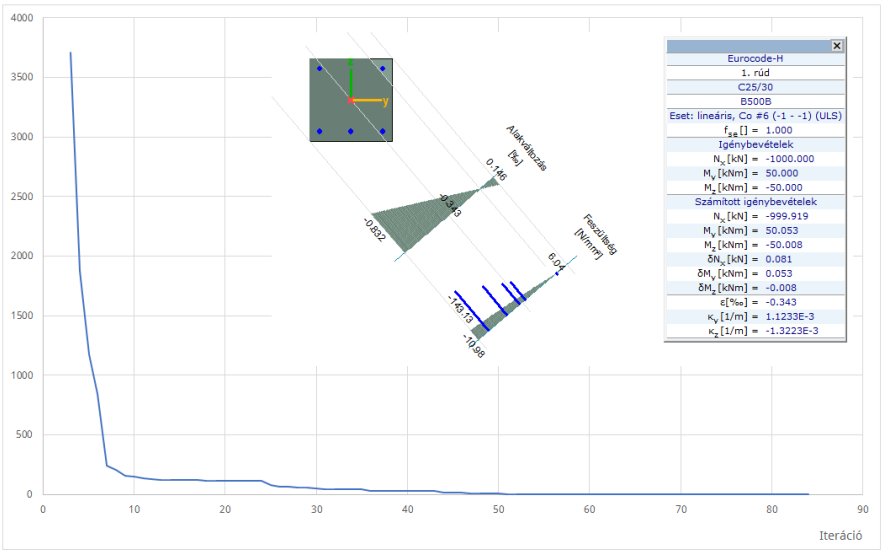
A feszültséganalízis a megadott igénybevételekre határoz meg egy egyensúlyi helyzetet a nemlineáris anyagtulajdonságok figyelembevételével. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

☞ **Az RC6 modul burkoló és mértékadó kombináció esetén kihasználja a több szálú futtatás előnyeit, ezért ajánlott ennek a funkciónak a bekapcsolása.** *(Beállítások / Alapbeállítások / Számítás)*

☞ **A számítás nem veszi figyelembe az elemekhez rendelt tűzteher paramétereket, azaz nem veszi figyelembe a hőmérséklet eloszlását a keresztmetszetben, a beton és a betonacélok szilárdságának, illetve merevségének magas hőmérsékleten bekövetkező csökkenését.**

Iteráció

Mivel a feladat nemlineáris és nem folytonos, ezért iteratív módon, a feladat jellegzetességeit kezelni képes kereső algoritmussal található meg az egyensúlyi helyzet. Az RC6 modulba egy genetikus algoritmus alapú heurisztikus algoritmus került beépítésre.



☞ **Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy a heurisztikus algoritmus nem talál megoldást, vagy a talált egyensúlyi állapothoz tartozó számított igénybevételek jelentősen eltérnek a bemenő igénybevételektől (az elfogadott eltérés maximum 1%, illetve 1 kN a normálerőben és 1 kNm a nyomatékokban). Ilyen esetekben a feszültséganalízist meg kell ismételni az *Újraszámítás* gomb segítségével.**

Integrálás

A program az y és z lokális tengelyekhez tartozó görbületek és a középvonal megnyúlása alapján ún. fiber modell segítségével integrálja az alakváltozásokkal kompatibilis igénybevételeket. Az alkalmazott nemlineáris beton és betonacél anyagmodellek több jellemzője is változtatható.

6.5.18.1.3 Eredmények

Eredmények

A program a feszültséganalízis eredményeit az ábra mellett látható info panelen is megjeleníti. A számítás során fellépő hibákról a program a feszültséganalízis lefutása után közvetlenül, illetve az eredménytáblázatban tájékoztat. Lehetséges hibák:

- Az algoritmus nem talált egyensúlyi állapotot, a feszültséganalízist meg kell ismételni.
- Az igénybevételek által meghatározott pont a keresztmetszet teherbírási felületén kívülre esik.

Burkoló és mértékadó

Burkoló, illetve mértékadó kombináció esetén az ábrán és az info panelen a mértékadó (legnagyobb nyomófeszültség a betonban, legnagyobb acélfeszültség) tehereset / teherkombináció eredményei jelennek meg. Az eredmények szempontjából mértékadó tehereset / teherkombináció neve az ablak jobb felső sarkában jelenik meg.

Információs ablak

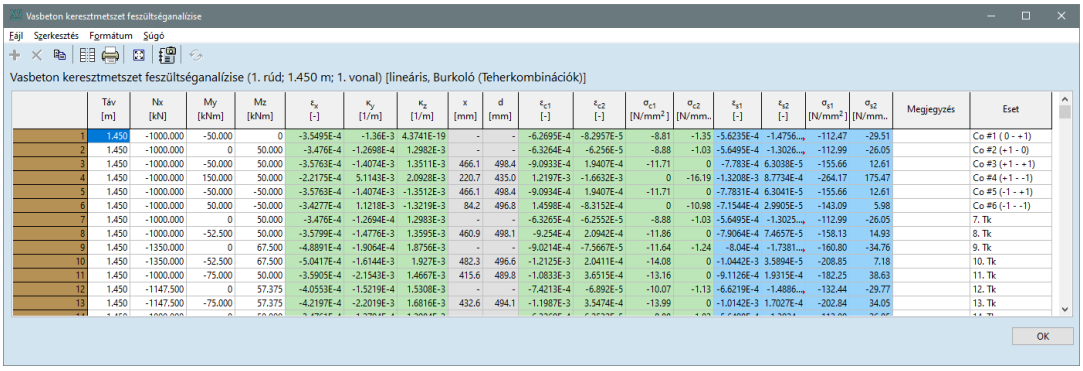
f_{se} – földrengésből származó igénybevételek szorzója
N_x – normálerő
M_y – hajlítónyomaték
M_z – hajlítónyomaték
N_x – normálerő (számított)
M_y – hajlítónyomaték (számított)
M_z – hajlítónyomaték (számított)
δN_x – normálerő számított és eredeti értéke közötti eltérés
δM_y – hajlítónyomaték számított és eredeti értéke közötti eltérés
δM_z – hajlítónyomaték számított és eredeti értéke közötti eltérés
N_{xRd+} – a keresztmetszet húzási ellenállásának tervezési értéke
N_{xRd-} – a keresztmetszet nyomási ellenállásának tervezési értéke
M_{yRd+} – a hajlítási ellenállás tervezési értéke N_x normálerő mellett
M_{yRd-} – a hajlítási ellenállás tervezési értéke N_x normálerő mellett
M_{zRd+} – a hajlítási ellenállás tervezési értéke N_x normálerő mellett
M_{zRd-} – a hajlítási ellenállás tervezési értéke N_x normálerő mellett
ε – fajlagos alakváltozás a semleges tengelyben
κ_y – görbület (*y* tengely)
κ_z – görbület (*z* tengely)
x – nyomott betonzóna magassága
d – hasznos magasság

Eurocode	
wall	
C12/15	
B500B	
Eset: lineáris, Wind	
f_{se} [] =	1,000
Igénybevételek	
N_x [kN] =	1,73
M_y [kNm] =	-0,38
M_z [kNm] =	17,01
Számított igénybevételek	
N_x [kN] =	1,73
M_y [kNm] =	-0,38
M_z [kNm] =	17,01
δN_x [kN] =	0
δM_y [kNm] =	0
δM_z [kNm] =	0
Normálerő ellenállás	
N_{xRd+} [kN] =	409,77
N_{xRd-} [kN] =	-8689,45
Nyomatéki ellenállás	
M_{yRd+} [kNm] =	68,56
M_{yRd-} [kNm] =	-68,67
M_{zRd+} [kNm] =	-847,34
M_{zRd-} [kNm] =	847,33
Alakváltozások	
ε[‰] =	0,027
κ_y [1/m] =	-2,3016E-5
κ_z [1/m] =	1,4319E-5
x[cm] =	35,3
d[cm] =	233,9

Eredménytáblázat



A táblázat ikonra kattintva a feszültséganalízis eredményei közvetlenül nyithatóak meg táblázatos formában.





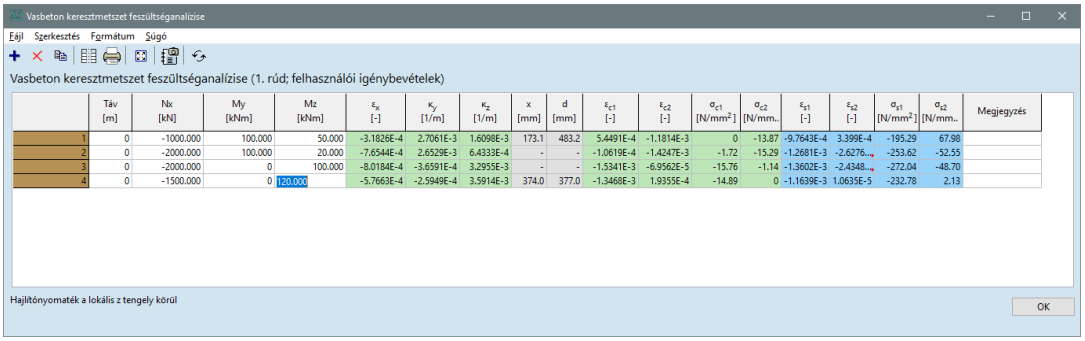
A *Felhasználói igénybevételek* táblázatban az elemhez új adatsorok hozzáadásával tetszőleges felhasználói igénybevételek hozzárendelhetők és menthetők (*lásd...* **2.9 Táblázatok**). Az így megadott igénybevételekre elvégzett feszültséganalízis eredmények csak táblázatos formában tekinthetők meg. Csak itt elérhető funkciók az eszköztáron:



Új adatsor hozzáadása

Felhasználó által megadott adatsor törlése

Újraszámítás



6.5.18.2. Vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízise

Feszültséganalízis

A felületszerkezetek esetén a feszültséganalízis alapelvei és működése a vonalelemeknél (gerenda, oszlop) ismertetetthez hasonló, itt csak a főbb tulajdonságokat és lényegi eltéréseket ismertetjük.

Vizsgált felületszerkezetek

A modullal az alábbi felületszerkezet típusok vizsgálhatók:

- normál (tömör) vasbeton lemez
- sűrűbordás vasbeton lemez
- kompozit bordás vasbeton lemez
- egyedi merevségi mátrixú vasbeton lemez

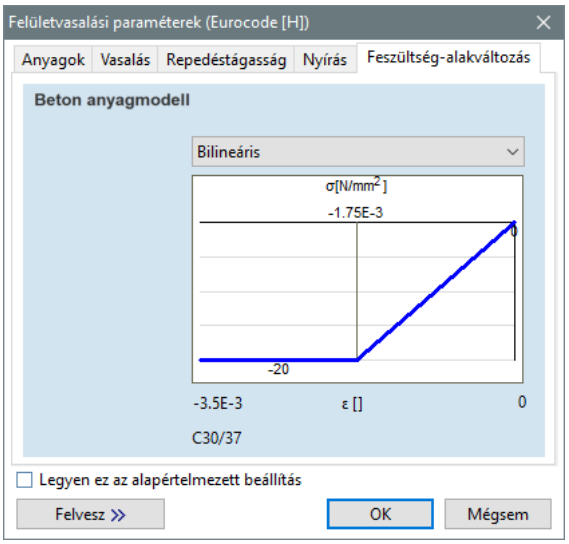
☞ **Trapézlemezes, Airdeck és üreges födém típusokra a feszültséganalízis nem végezhető el.**

☞ **Az analízis csak „hagyományos" lokális x-y irányú alkalmazott vasalással rendelkező felületszerkezetekre végezhető el. Egyedi vasalású felületszerkezetek nem vizsgálhatóak.**

Paraméterek

A feszültséganalízis során figyelembe vett beton anyagmodell a *Felületvasalási paraméterek* ablakban, a *Feszültség-alakváltozás* fülön adható meg. A számítási modell alapjául az *Anyagok* fülön beállított beton anyagminőséget veszi figyelembe a program.

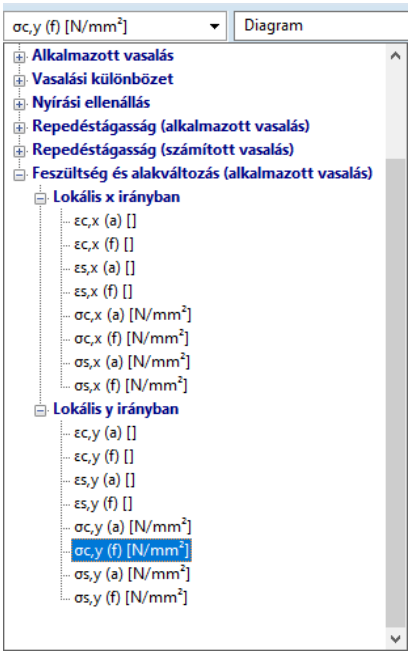
Az alkalmazható betonmodellek ismertetését ld. a **6.5.18.1.1 Feszültséganalízis paraméterek** bekezdésben.



Eredmény-komponensek

A vasbeton felületszerkezetek feszültséganalízis eredményeit a Vasbetontervezés fülön, a *Feszültség és alakváltozás (alkalmazott vasalás)* eredmény csoport komponensei kiválasztásával lehet megtekinteni. A program minden esetben az aktuális modelltérben megjelenített modellre (részletre) számítja ki az eredményeket. A számítás az időigényes iterációs eljárás miatt számottevő időt igényelhet, mely erősen függ a számítandó végeselemek számától. Nagyobb modellek esetén ezért javasoljuk a modell részletekre történő felosztását és vizsgálatát, ezzel a teljes számítás időben szakaszolható.

Az eredménykomponens csoport csak akkor aktív, ha van a modellben olyan alkalmazott vasalással rendelkező felületszerkezet, melyre az analízis elvégezhető.



Lokális *x* és *y* irányokban az alábbi eredményeket lehet megjeleníteni:

Alakváltozás

εc (a) - beton alakváltozása a keresztmetszet alsó, szélső szálában
εc (f) - beton alakváltozása a keresztmetszet felső, szélső szálában
εs (a) - betonacél alakváltozása az alsó **vasak súlyponti tengelyében számítva**
εs (f) - betonacél alakváltozása a felső **vasak súlyponti tengelyében számítva**

Feszültség

σc (a) - beton feszültség a keresztmetszet alsó, szélső szálában
σc (f) - beton feszültség a keresztmetszet felső, szélső szálában
σs (a) - betonacél feszültség az alsó **vasak súlyponti tengelyében számítva**
σs (f) - betonacél feszültség a felső **vasak súlyponti tengelyében számítva**

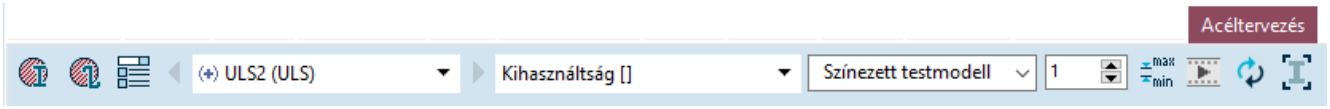
Az eredmények megjeleníthetők a felületszerkezeteknél megszokott ábrázolási módokban, illetve az eredmények metszetszakaszokra is lekérdezhetőek.

Eredménytáblázat



A *Táblázatkezelő*ben a felület szerkezetek, illetve azokra illesztett metszetszakaszok eredményei táblázatos formában lekérhetők.

6.6. Acéltervezés



A program moduljai acél rúdelemekre a következő méretezési eljárásokat kínálják:

SD1 – Melegen hengerelt és hegesztett szelvények ellenőrzése
6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul

SD3 – Hidegen-alakított, vékonyfalú szelvények ellenőrzése
6.6.2 Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul

SD8 – Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra
6.6.3 Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra Eurocode 3 szerint – SD8 modul

SD9 – Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása
6.6.1.4 Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása – SD9 modul

6.6.1. Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul

Acélszerkezetek vizsgálata

Acél rúdelemek ellenőrzését a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes végrehajtani. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

A modul alkalmazható:

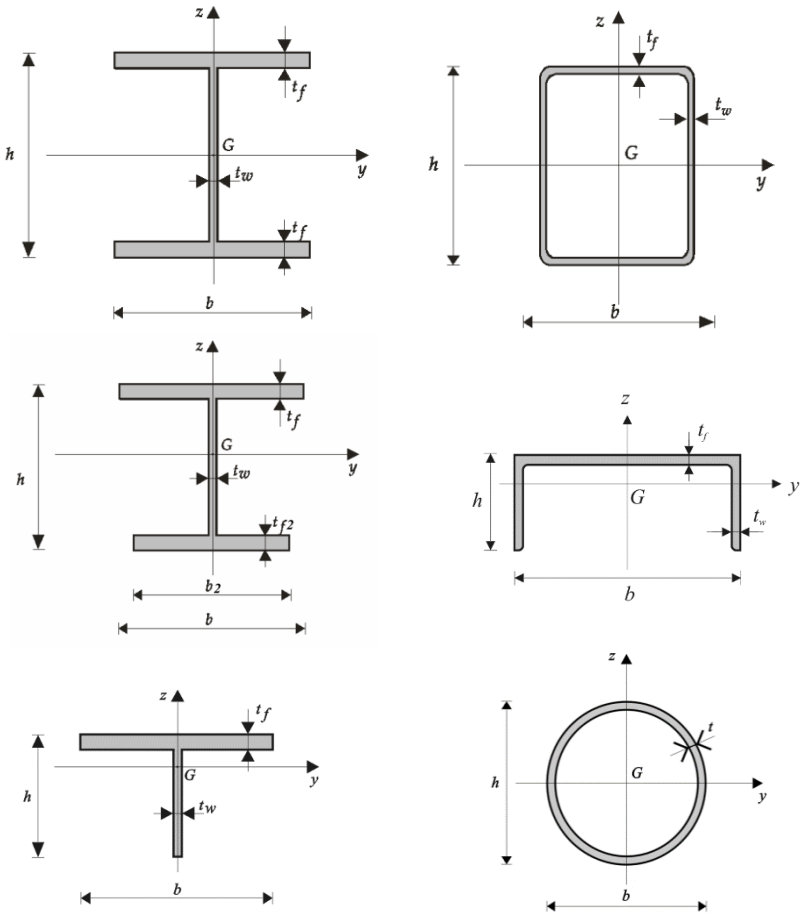
a) hengerelt I szelvényekre
b) hegesztett I szelvényekre
c) zárt téglalapszelvényekre
d) csőszelvényekre
e) egyszeresen szimmetrikus I szelvényekre
f) T szelvényekre
g) tömör téglalapszelvényekre
h) tömör kör keresztmetszetű szelvényekre.
i) tetszőleges keresztmetszetű szelvényekre, **korlátozottan**.

A modul a 4. keresztmetszeti osztályú elemek közül (kétszeresen szimmetrikus és gyenge tengelyre szimmetrikus) I, T és a zárt téglalapszelvényeket (beleértve a dobozszelvényt) méretezi. A tiszta hajlítás és nyomás eseteihez tartozó effektív keresztmetszetek jellemzőit számítja ki, majd ezekből meghatározza az ellenállásokat. Ezek a keresztmetszeti jellemzők megtalálhatóak a *Táblázatkezelő*ben, az *Acéltervezés*en belül a *Tervezési ellenállások* táblázatban, illetve a rúdra kattintva, az előugró ablakban is megjelennek.

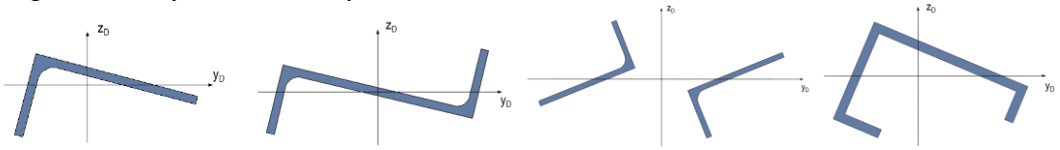
A_{eff}: a tiszta nyomásra hatékony (effektív) keresztmetszet területe
$e_{N,y}$: a normálerőre hatékony keresztmetszet súlypontjának z tengely irányú eltolódása az eredeti keresztmetszet súlypontjához képest (akkor nulla, ha az eredeti keresztmetszet az y tengelyre szimmetrikus). Előjelének megfelelő $\Delta My = N \cdot e_{N,y}$ nyomatékot okoz az adott keresztmetszetben.
$W_{eff,min}$ a megfelelő tengely körüli tiszta hajlításra hatékony (effektív) keresztmetszetben ébredő legnagyobb feszültségű szélső szálhoz tartozó rugalmas keresztmetszeti modulus.
$W_{eff,(+),min}$ azon keresztmetszetekre vonatkozik, ahol a nyomaték pozitív értéket vesz fel,
$W_{eff,(-),min}$ pedig ott, ahol a nyomaték negatív.

Fontos megjegyezni, hogy ezeket a keresztmetszeti jellemzőket akkor számítja ki a program, ha a rúdelem negyedik szelvényosztályba esik. Lehet, hogy a keresztmetszetre nem hat olyan igénybevétel, ami horpadáshoz vezet, de a jellemzőket ekkor is megtaláljuk a táblázatban. Változó keresztmetszetű 4. osztályba sorolható méretezési elemeket csak akkor számol a program, ha a szelvényt alkotó nem téglalap panelek α szöge nem nagyobb, mint 10° (EN 1993-1-5: 2.3).
A keresztmetszetek feltételezetten nem tartalmaznak gyengítéseket (lyukakat) és 40 mm-nél vastagabb alkotólemezeket. Feltételezzük, hogy a keresztmetszet állandó vagy lineárisan változó. Továbbá feltételezzük, hogy az egyszeresen szimmetrikus szelvények a szimmetria síkjukban terheltek, vagyis a hajlítási sík és a szimmetria sík egybeesik. Az általános keresztmetszetű (szimmetriasíkkal nem rendelkező) rudak, rácsrudak esetén csak a szilárdsági vizsgálatok vannak elvégezve, és csak a normálerő figyelembevételével a síkbeli ill. elcsavarodó kihajlás van ellenőrizve.

☞ **A program csak az itt felsorolt vizsgálatokat végzi el. Minden más, a szabványban előírt vizsgálatot a felhasználónak kell elvégezni (például, de nem korlátozódva ezekre: csavarás hatása, keresztirányú erők, kapcsolatok, stb.).**



Olyan szelvényeknél, ahol a keresztmetszeti főirányok nem esnek egybe a lokális y-z tengelyekkel, a program a főirányokra illeszkedő y_D-z_D tervezési koordinátarendszerben végzi el a méretezést.

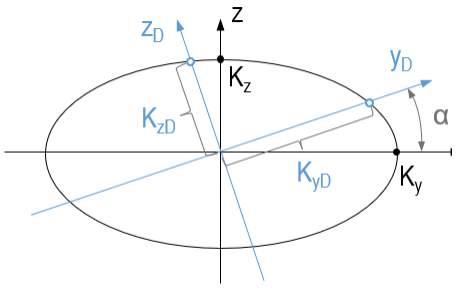


A méretezési tengelyekhez tartozó K_{y_D} és K_{z_D} kihajlási hossz szorzók a lokális tengelyekhez tartozó K_y és K_z értékekre illesztett ellipszis mentén interpolálva adódnak:

$$t = \operatorname{arctg}\left(\frac{K_y}{K_z}\operatorname{tg}\,\alpha\right)$$

$$K_{y_D} = \sqrt{\left(K_y \cos t\right)^2 + \left(K_z \sin t\right)^2}$$

$$K_{z_D} = \sqrt{\left(K_y \sin t\right)^2 + \left(K_z \cos t\right)^2}$$



Keresztmetszeti osztályok

A program az EN 1993-1-1, 5.2 Táblázata alapján végzi a keresztmetszetek osztályba sorolását. Ha lehetséges, a tényleges igénybevétel-eloszlás, tehát a normálerő és a hajlítás együttes figyelembe vételével történik az osztályzás. Az osztályozást az elem mentén több keresztmetszetben elvégzi, majd az elemet a legmagasabb adódó osztályba sorolja. Ha egy méretezési elemen nincs nyomófeszültség, akkor automatikusan első osztályba kerül. Burkoló és mértékadó számítás esetén az osztályba sorolás minden kombinációban külön megtörténik, az abban érvényes igénybevételeloszlás alapján.

A program meghatározza az igénybevételek által keltett rugalmas feszültségeloszlást a 3. és 4. osztályú szelvények számításakor, illetve a képlékeny feszültségeloszlást az 1. és 2. osztályú szelvények számításakor, a nyomás, a kéttengelyű nyomaték és a bimoment bármely kombinációjára. A 4. osztályú keresztmetszetek esetében az osztályozást egy iteratív eljárással végzi, amely figyelembe veszi a súlypont elmozdulását.

Kölcsönhatási vizsgálatok

Az acélszerkezeti modul a következő kölcsönhatási vizsgálatokat végzi:

Normálerő-Hajlítás-Nyírás [N-M-V]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8)
Nyomás-Hajlítás-Kihajlás (síkbeli vagy elcsavarodó) [N-M-Kihajl.]	(EN 1993-1-1, 6.3.3)
Normálerő-Hajlítás-Kifordulás [N-M-Kiford.]	(EN 1993-1-1, 6.3.3)
Nyírás /y [Vy]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Nyírás /z [Vz]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Gerinc Nyírás-Hajlítás-Normálerő [Vw-M-N]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8)

Keresztmetszeti ellenállások

A vizsgálatok kifejezéseiben a legtöbbször használt ún. keresztmetszeti ellenállások a következők:

Képlékeny ellenállás [Npl,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.4)
Központos nyomásra effektív keresztmetszet ellenállása [Neff,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.4)
Rugalmas nyírási ellenállás /y tengely [Vel,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Rugalmas nyírási ellenállás /z tengely [Vel,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Képlékeny nyírási ellenállás /y tengely [Vpl,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Képlékeny nyírási ellenállás /z tengely [Vpl,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6)
Nyírási horpadási ellenállás [Vb,Rd]	(EN 1993-1-5, 5.2-3)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /yy [Mel,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /zz [Mel,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /yy [Mpl,y, Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /zz [Mpl,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
y tengely körüli hajlításra effektív keresztmetszet nyomatéki ellenállása [Meff,y, Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
z tengely körüli hajlításra effektív keresztmetszet nyomatéki ellenállása [Meff,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.5)
Min. kihajlási ellenállás (síkbeli vagy elcsavarodó) [Nb,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.3.1)
Maximális (a legkisebb kritikus erőhöz tartozó) karcsúság [Lmax]	
Kifordulási ellenállás [Mb,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.3.2, ENV 1993-1-1, F1.2 függelék)

Ezeket a program információtartalmuk miatt kiegészítő eredményként szolgáltatja. A vizsgálatok legtöbb esetben ún. kölcsönhatási formulával vannak kifejezve. A képletekben szereplő változók ismertetését és azok kifejezéseit, valamint a részletes alkalmazási körülményeket a szabvány tartalmazza.

A továbbiakban $N_{Rk} = f_y A$; $M_{y,Rk} = f_y W_y$ és $M_{z,Rk} = f_y W_z$,
ahol
$W_y = W_{pl,y}$ és $W_z = W_{pl,z}$ az 1. és 2. keresztmetszeti osztály esetén,
$W_y = W_{el,y}$ és $W_z = W_{el,z}$ a 3. keresztmetszeti osztály esetén, illetve
$W_y = W_{eff,y}$ és $W_z = W_{eff,z}$ a 4. keresztmetszeti osztály esetén.

Normálerő-Hajlítás-Nyírás

A tervezési normálerő mint igénybevétel lehet húzás vagy nyomás. Az ellenőrzés az EN 1993-1-1, 6.2.1 (7) alapján történik.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_0}} \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, y tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.
$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,z}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, z tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.

Magas nyíróerő hatása
Ha a nyíróerő tervezési értéke meghaladja a nyírási ellenállás 50%-át, a nyírási hatás figyelembevétele az alábbiak szerinti.
1. és 2. keresztmetszeti osztályok esetén a képlékeny nyomatéki ellenállás csökken az EN 1993-1-1, 6.2.8 szerint.
3. és 4. keresztmetszeti osztályok esetén, a fenti képlet helyett az EN 1993-1-1 6.2.1 (5) általános érvényű, konzervatív, feszültség alapú képlete szolgál az ellenőrzés alapjául.

Ezt I, T és C alakú, illetve zárt téglalap-, cső- valamint dobozszelvényekre végzi el a program. Tömör kör- és téglalapszelvények, L alakú, és egyéb szelvények esetén a program a nyomaték és normálerő interakciójának vizsgálatakor nem veszi figyelembe a magas nyíróerő hatását, ezért azt a felhasználónak külön ellenőriznie kell.

☞ **A program 4. keresztmetszeti osztály esetén végzi el a normálerő-nyírás-hajlítás-csavarás interakciós vizsgálatot, és az effektív keresztmetszet alapján számol von Mises feszültséget.**

Képlékeny ellenőrzés

Kétszeresen szimmetrikus I alakú, zárt téglalap-, cső- valamint dobozszelvények teherbírás ellenőrzése az 1. és 2. keresztmetszeti osztályok esetén az EN 1993-1-1 6.2.10 alapján történik. Ennek során a nyírás és a normálerő hatása alapján csökken a képlékeny nyomatéki ellenállás. A tiszta normálerő és tiszta nyíróerő ellenőrzések mellett a következő feltétel teljesülését ellenőrzi a modul:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \leq 1;\ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \leq 1$$

ahol $M_{N,y,Rd}$, $M_{N,z,Rd}$: normálerő és nyírás hatása alapján csökkentett képlékeny nyomatéki ellenállások (EN 1993-1-1 6.2.8. és 6.2.9.1). Cső szelvények esetén a csökkentett nyomatéki ellenállás az alábbiak szerint történik:

$$M_{N,y,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} - 1\right)^2$$

$$M_{N,z,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,y,Rd}} - 1\right)^2$$

Egyidejűleg előforduló, kéttengelyű hajlítónyomaték esetén az EN 1993-1-1 6.2.9.1. (6) feltétel alapján történik az ellenőrzés:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

Kétszeresen és egyszeresen szimmetrikus I, valamint C szelvényű 7 szabadságfokú rúdelem (*lásd...* **4.9.10.3 7 szabadságfokú rúdelem**) esetén a képletek kiegészülnek a gátolt csavarásból származó övhajlítás (bimoment) hatását kifejező taggal [41; 3.1.1 és 3.1.2]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_0}} + \frac{M_{w,Ed}}{M_{f,Rk}/\gamma_{M_0}} \leq 1$$

$$\frac{M_{w,Ed}}{M_{N,f,Rd}} \leq 1$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} + \frac{M_{w,Ed}}{M_{N,f,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

ahol $M_{f,Rk}$ és $M_{N,f,Rd}$ a gyengébb öv nyomatéki ellenállása, $M_{w,Ed}$ pedig az öveket hajlító, a B_{Ed} bimoment igénybevételből származó többlet nyomaték:

$$M_{w,Ed} = \frac{B_{Ed}}{h - \frac{t_f}{2} - \frac{t_{f_2}}{2}}$$

Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

A vizsgálat az EN 1993-1-1, 6.3.3 bekezdés (6.61) és (6.62) képletek szerint:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \leq 1$$

$$(\chi_{LT} = 1.0)$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, y tengelyre asszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.

$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,z}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, z tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.

Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

A kifordulási ellenállás meghatározásakor feltételezzük, hogy a keresztmetszet állandó, a lokális ***z*** tengelyre szimmetrikus, és a szimmetria síkban terhelt, vagyis a hajlítási sík és a szimmetria sík egybeesik kivétel a C/U szelvények méretezése, lásd alább). A. A kifordulási határerő meghatározásakor, k értéke (ENV 1993-1-1, F1.2) egyenlő K_z értékével. A „gyenge" tengely a ***z*** tengely kell legyen.
A vizsgálat az EN 1993-1-1, 6.3.3 bekezdés (6.61) és (6.62) képletek szerint:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \le 1$$
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} \le 1$$

ahol $\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$ ami csak 4. keresztmetszeti osztályú, y tengelyre asszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.
$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,z}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, z tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.
χ_{LT} meghatározása az EN 1993-1-1 6.3.2.2 illetve a 6.3.2.3. alapján történik.
A $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ interakciós szorzók meghatározása alapbeállítással az EN 1993-1-1, B mellékletének 2. eljárás alapján történik (B.1 és B.2 táblázat). Az A mellékletben részletezett 1. eljárás szerinti méretezést a Szabvány ablakban lehet beállítani.
A C_{my}, C_{mz}, C_{mLT} egyenértékű nyomatéki faktorok a B.3 táblázatban szerepelnek. A megtámasztási pontok közötti nyomatéki ábra szakasz kiválasztása a kihajlási hossz alapján történik.

- $K > 1$ esetén a nyomatéki ábrát a méretezett elemnél hosszabb szakaszon kellene figyelembe venni, ezért a program a legkonzervatívabb $C_{mz} = 1$ értéket alkalmazza.
- $0.5 < K \le 1$ esetben a program a méretezett elem nyomatéki ábrája alapján számol.
- $K < 0.5$ esetben feltételezhető, hogy van legalább egy köztes megtámasztás. Ilyenkor a nyomatéki ábrának a minimum és a maximum helye körüli, kihajlási hossznyi szakaszát veszi figyelembe a program. A kettő közül a nagyobb értékű lesz a nyomatéki faktor.
- $K = 0.5$ esetben az előző két eset közül a legnagyobb C_m értéket alkalmazza a program.

Húzott-hajlított esetben a vizsgálat az ún. hatékony nyomatékokra történik (ENV 1993-1-1, 5.5.3).

U és C szelvények kifordulási ellenőrzését *Snijder és tsi*. által javasolt módszer alapján végezzük (*Design rules for lateral torsional buckling of channel sections subject to web loading*, Stahlbau, Vol. 77, 2008). Az eljárás feltételezi, hogy a teher a gerinccel párhuzamos és a gerinc síkjában hat. Az eljárást olyan UPE szelvényű elemekre dolgozták ki, melyek hossz-magasság aránya 15 és 40 közötti.
A stabilitási interakciós képlet szimmetriasíkjában terhelt elemek méretezésére lett kidolgozva. A C és U szelvényekre kapott eredmény csak tájékoztató jellegű.

☞ **Figyelem: a program korábbi kiadásával ellentétben a C/U szelvényű elemek kifordulási méretezését mindig a gerinc síkjában működő teherre végzi el a program, nem pedig a szimmetriatengelyben ható hajlításra.**

Kétszeresen és egyszeresen szimmetrikus I, valamint C szelvényű 7 szabadságfokú rúdelem esetén az interakciós formula az EN 1993-6 A mellékletének (A.1) képlete szerint a gátolt csavarásból származó övhajlítás (bimoment) hatását is tartalmazza [41]:

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M_1}} + C_{mz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M_1}} + k_{wLT}k_{zwLT}k_{\alpha LT}\frac{M_{w,Ed}}{M_{f,Rk}/\gamma_{M_1}} \le 1$$

Nyírás /y

A kielégítendő feltétel az EN 1993-1-1, 6.2.6 pontban található.

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} \le 1$$

Rugalmas eset:

$$V_{c,y,Rd} = \frac{I \cdot t}{S}\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

A rugalmas esetben támogatott szelvénytípusokat lásd alább a táblázatban

Rugalmas esetben nem támogatott szelvénytípusok, vagy képlékeny ellenőrzés esetén:

$$V_{c,y,Rd} = A_v\frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

Nyírás /z A kielégítendő feltételek az EN 1993-1-1, 6.2.6 pontban találhatók.

$$\frac{V_{z,Ed}}{\min(V_{c,z,Rd}, V_{b,Rd})} \leq 1$$

$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd}$: A keresztmetszet nyírási horpadási ellenállásának számításában csak a gerinc ellenállása van figyelembe véve.

Rugalmas eset:

$$V_{c,z,Rd} = \frac{I \cdot t}{S} \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

A rugalmas esetben támogatott szelvénytípusokat lásd alább a táblázatban

Rugalmas esetben nem támogatott szelvénytípusok, vagy képlékeny ellenőrzés esetén:

$$V_{c,z,Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M_0}}$$

☞ **2L, 2U, 2I és 4L szelvények rugalmas/képlékeny nyírási keresztmetszete a rész-szelvény nyírási keresztmetszetének kétszerese/négyszerese. Ez a konzervatív becslés feltételezi, hogy az összetevők egymással szorosan érintkeznek**

☞ **Tetszőleges szelvény nyírási keresztmetszeti területe nem határozható meg képlettel. A program a szelvénytábla szerinti *Ay, Az*-vel számol.**

Nyírás-Hajlítás-Normálerő Gerinccel rendelkező keresztmetszetek (I, és zárt téglalap) esetén, ezt az interakciós vizsgálatot a nyírás /z irányban történő vizsgálat kiegészítéseként végezi el a program az (EN 1993-1-5 7.1) szerint.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \cdot \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1$$

ahol $M_{f,Rd}$ az öv nyomatéki ellenállása.
Magas nyíróerő, illetve magas normálerő esetén pedig az EN 1993-1-1 6.2.8, 6.2.9 figyelembevételével egészül ki a számítás.

Alapvető méretezett szelvénytípusok

Szelvénytípus		*N-M-V Fesz.*	*N-M Kih.*	*N-M Kifordulás*	*Vy*	*Vz*	*Vw-M-N*	*Effektív kmt.*
I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Egyszeresen szimm. I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
T		✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
Zártszelvény		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Doboz		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cső		✓	✓	✓	✓	✓		-
L		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
L egyenlőszárú		✓	✓	*csak ha a szimmetriasíkban hajlított + Mcr megadandó*	✓	✓	-	✓
U		✓	✓	*közelítő módszer*	✓	✓	-	✓
C		✓	✓	*közelítő módszer*	✓	✓	-	✓
Tömör kör		✓	✓	✓	✓	✓		
Tömör négyzet, tömör téglalap		✓	✓	✓	✓	✓	-	-

Kettős szelvénytípusok (*)

Szelvénytípus		N-M-V Fesz.	N-M Kih.	N-M Kifordulás	V_y	V_z	V_w-M-N	Effektív Kmt.
2I		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
2I ha a=0 → Doboz		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2L		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
2L ha a=0 → T		✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
2U nyitott][		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
2U nyitott][ha a=0 → I		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2U zárt []		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
2U zárt [] ha a=0 → Zártszelvény		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2LX		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
4X		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
4X ha $a=a_1=0$ → X		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓

Egyéb szelvénytípusok

Szelvénytípus		N-M-V Fesz.	N-M Kih.	N-M-Kifordulás	V_y	V_z	V_w-M-N	Effektív kmt.
Z		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
Aszimmetrikus Z		-						
J		-						
Aszimmetrikus C		-						
S		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
X		✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
HSQ		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
HSQA		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
SFB		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SFBA		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
IFB		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Körív		✓	✓	-	✓	✓	-	-
Félkör		✓	✓	-	✓	✓	-	
Szabályos sokszög		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
Kiékelt I (***)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Szelvénytípus		*N-M-V Fesz.*	*N-M Kih.*	*N-M-Kifordulás*	V_y	V_z	V_w-*M-N*	*Effektív kmt.*
Mindkét irányban kiékelt I (***)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Összetett/Egyéb (**)		✓	✓	-	✓	✓	-	-

(*) Kettős szelvénytípusok esetén, a program feltételezi, hogy a két elem között megfelelően kialakított folytonos kapcsolat van, és a kihajlási ellenőrzést ennek megfelelően végzi el (EN 1993-1-1 6.4.4: Szorosan kapcsolt elemek). Ha a két szelvény között a távolság nulla, akkor egy helyettesítő I, T, X vagy zártszelvénnyel számol. A kapcsolatot a felhasználónak ellenőriznie kell.

(**) Csak akkor méretezi a program, ha a szelvény főirányai egybeesnek a lokális koordinátatengelyekkel

(***) A program a keresztmetszet teljes magasságával számol, a közbenső övek merevítő hatását nem veszi figyelembe

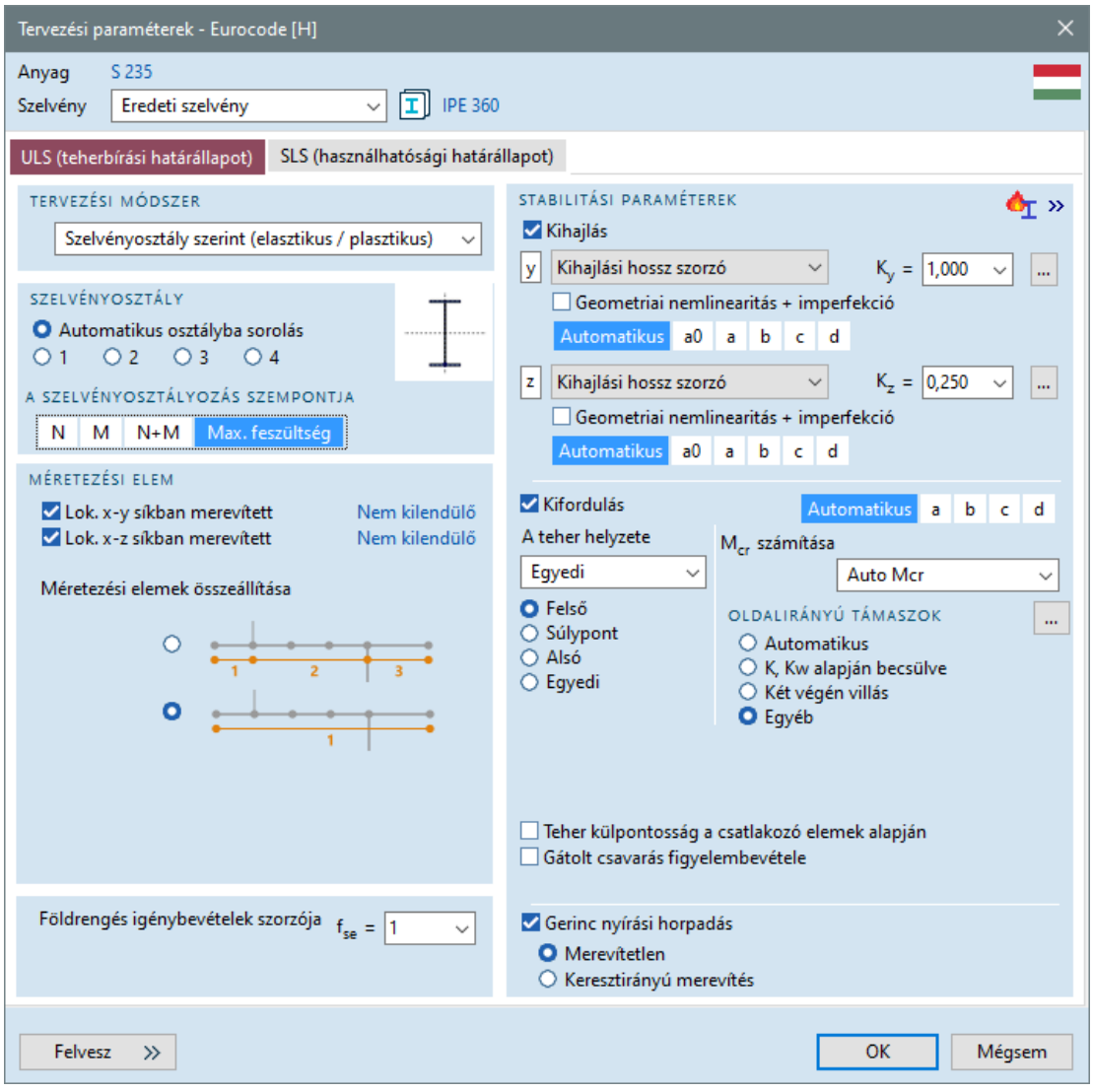
☞ **Ha a gyártás típusa egyedi, akkor a szelvény nem méretezhető.**

6.6.1.1. ULS tervezési paraméterek

Tervezési paraméterek megadása

Az EC3 szerinti méretezés végrehajtásához a *Tervezési paraméterek* dialógus ablakban az *ULS (teherbírási határállapot)* fülön következő paraméterek értékeit kell a kijelölt szerkezeti elemekhez megadni:

ULS (teherbírási határállapot)



Szelvény

A méretezéshez itt lehet megadni a statikai számításhoz használt *eredeti* szelvény mérettől eltérő szelvényt. Ha itt az eredetitől eltérő szelvényméretet választunk, akkor a méretezés az eredeti igénybevételekkel, de a módosított szelvénnyel fut le. Tűzhatásra való méretezés esetén sem számolja újra a program az anyagjellemzőkkel kapcsolatos csökkentő tényezőket (*lásd...***6.6.3 Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra Eurocode 3 szerint – SD8 modul**). Az eredmények megjelenítésekor a módosított szelvényt a neve mellett lévő csillag (*) különbözteti meg az eredeti szelvénytől. A legördülő menüben a szelvénytáblázatba korábban betöltött szelvények közül lehet választani.



Az ikonra kattintva további szelvényeket lehet betölteni a szelvénytárból vagy parametrikusan definiálva. Az ikontól jobbra az eredeti szelvényméretek neve olvasható.



A főablakban a *Szelvények cseréje* ikonra kattintva a program a modellben is lecseréli az eredeti szelvényt a *Tervezési paraméterek* ablakban megadott szelvényre.

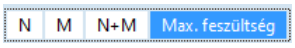
Tervezési módszer

Szelvényosztály szerint: rugalmas és képlékeny méretezési módszerek egyaránt megengedettek, a szerkezeti elem keresztmetszeti osztályától függően.
Rugalmas méretezés: a program a méretezési elemek ellenőrzése során mindig rugalmas méretezési módszereket alkalmaz. Az ellenállások rugalmas keresztmetszeti jellemzők alapján kerülnek meghatározásra; 4. keresztmetszeti osztály esetén pedig az effektív keresztmetszeti jellemzőket veszi figyelembe a program.

Szelvényosztály

Automatikus osztályba sorolás esetén a kialakult feszültségszintek alapján a program automatikusan besorolja a szelvényt a megfelelő osztályba.

Szelvényosztályozás Szempontja



A szelvényosztályozás szempontja az automatikus osztályozás során a figyelembe vett igénybevételeket szabályozza. *N:* csak nyomás; *M:* csak hajlítónyomatékok; *N+M:* nyomás és hajlítónyomatékok; *Max. feszültség:* maximális feszültségű keresztmetszet.

Méretezési elem

Ha egy méretezési elemnél a lokális x-y és/vagy x-z síkban kilengő kihajlási mód alakul ki, akkor abban a síkban a merevítést ki kell kapcsolni. Ez a számítás során hatással van az automatikus kihajlási hossz számítására, illetve a kifordulásnál az Auto Mcr automatikusan felismert oldalirányú támaszaira. Ezen túl befolyásolja a stabilitási interakciós vizsgálat C_{my} illetve C_{mz} segédtényezőit is (Eurocode 3 Annex B: Method 2: Table B.3).

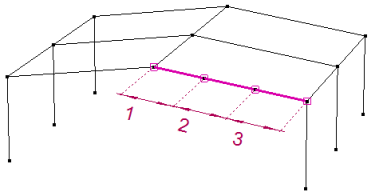
Méretezési elemek összeállítása

A program a szerkezetanalízis végrehajtása előtt a modell kijelölt elemei alapján méretezési elemeket hoz létre. A méretezési elemek végeselemekből épülnek fel. Egy méretezési elemhez csak azonos típusú (rácsrúd, rúd vagy borda), azonos anyaggal és azonos lokális koordináta rendszerrel rendelkező végeselemek tartozhatnak. A keresztmetszet és az excentricitás végig állandó, vagy végig folytonosan (lineárisan) változó kell legyen a hossz mentén. Emellett a méretezési elemet alkotó végeselemeknek egy egyenesre kell esniük.

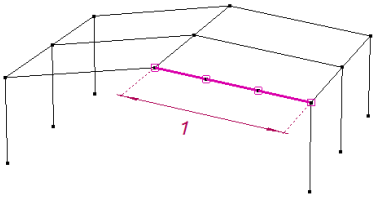
☞ **Az acél méretezési elemek nem azonosak a szerkezeti elemekkel** (*lásd...* **3.2.14 Szerkezeti elemek összeállítása**).

A méretezési elemeket a program automatikusan állítja össze. A modell felbontásához a felhasználó két lehetőség közül választhat:

A csatlakozó vonalelemek, felületelemek és támaszelemek több méretezési elemre bontják a kijelölt rudakat.



A kijelölt rudak egy méretezési elemet alkotnak, melyre a csatlakozó egyéb elemek nincsenek hatással.

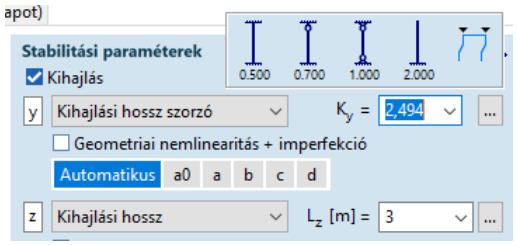


A Földrengés-igénybevételek szorzója hatásáról *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**

Stabilitási paraméterek

A program a következő stabilitási ellenőrzéseket végzi el: kihajlás, kifordulás és nyírási horpadás. Mindhárom vizsgálat ki-, bekapcsolható a nevük előtt található pipával. Ha szemlélet alapján eldönthető, hogy nem lesz pl. kifordulási tönkremenetel, akkor a számítás kikapcsolása után a kifordulási ellenőrzést a program nem végzi el, és a paramétereket feleslegesen nem kell definiálni.

6.6.1.1.1 Kihajlás



Az ***y*** és ***z*** tengelyek körüli, a rúd *x-z*, illetve *x-y* síkjában értelmezett kihajlási ellenállás számításához ismernünk kell a méretezési elem megtámasztási viszonyait. Ezek háromféleképpen adhatóak meg: *Kihajlási hossz szorzó, Kihajlási hossz* és *Automatikus*. A kihajlási hossz szorzó és a kihajlási hossz a ... gombra kattintva átvehető a kihajlásszámítással kapott alakokból is.

Kihajlási hossz szorzó

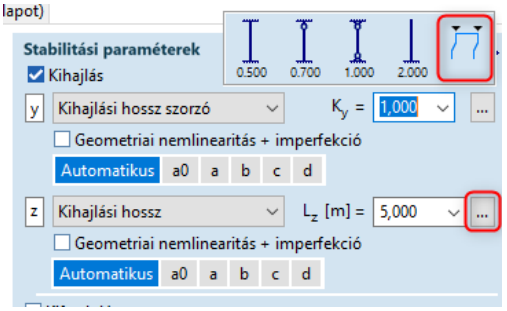
K_y, K_z *kihajlási hossz szorzók* (befogási tényezők). Ebben az esetben fontos fokozott figyelmet fordítani a méretezési elem hosszára. Amennyiben a kijelölt elembe csatlakozó egyéb elemek elválasztják egymástól a szerkezeti elemeket (lásd *Méretezési elemek összeállítása*), előfordulhat, hogy egy méretezés céljából kiválasztott elem több méretezési elemre esik szét. A megadott befogási tényezők a méretezési elemek hosszára, nem pedig a kijelölt elem hosszára vonatkoznak!
Amennyiben a modellen lefutott a kihajlásszámítás (**6.2 Kihajlás**) akkor az AXISVM képes a kihajlási alakból kihajlási hossz szorzót számítani.

Kihajlási hossz

L_y, L_z *kihajlási hosszak*. Ekkor a méretezési elem hosszától függetlenül kezelhető a kihajlási hossz, ami összetett szerkezetek esetén sokszor átláthatóbb méretezést tesz lehetővé.

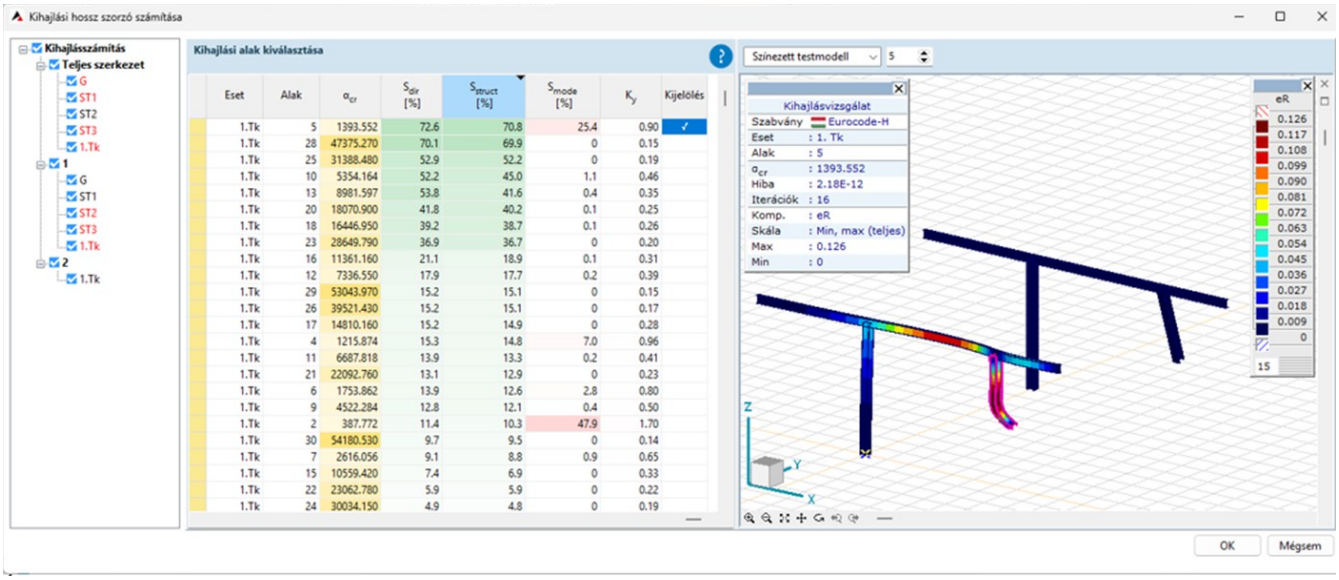
Kihajlási alak választása





A kihajlásszámítás eredmények alapján a kihajlási hossz szorzó és a kihajlási hossz is megadható. Az S_{dir}, S_{struct}, S_{mode} érzékenységi tényezők segítenek a releváns eset kiválasztásában.
A megjelenő ablaknak három része van. A bal oldalon azok a tehresetek és teherkombinációk láthatóak egy fa struktúrában, amire a program végrehajtotta a kihajlásvizsgálatot.
Pirossal jelennek meg azok a teheresetek / kombinációk, ahol a számított α_{cr} kritikus teherszorzók maximuma nem érte el a 25-öt.
Ilyenkor előfordulhat, hogy az eredmények hiányosak, mert a számított alakok száma túl kicsi, vagy túl sok hasonló (esetleg lokális) kihajlási alak jött létre.
Ha a tehereset / kombináció kihajlási eredményeit az X7-es vagy korábbi verziókban számították ki, **narancssárga** színnel jelenik meg. A korábbi verziók nem számolták ki az alakok érzékenységi tényezőit, ezért ezekre ilyenkor nem támaszkodhatunk.
Jobb oldalon az első vagy a választott kihajlási alak látható. A kihajlási alakot a *Kijelölés* oszlopban lehet kiválasztani, mellette a többi oszlop:

Eset	Tehereset vagy teherkombináció
Alak	Kihajlási alak sorszáma
α_{cr}	Kritikus teherszorzó
S_{dir}	Irány érzékenységi tényező
S_{struct}	Szerkezeti érzékenységi tényező
S_{mode}	Kihajlási alak érzékenységi tényező
Ky / Ly	Kihajlási hossz szorzó / Kihajlási hossz
Kijelölés	A megfelelő sornál kattintva kijelölődik a kihajlási alak



Hogyan válasszuk ki a megfelelő kihajlási alakot?

A S_{mode} tényező nagy értéke megmutatja, hogy melyik alakokat érdemes megnézni. Egyszerű esetben ezek közül a legkisebb sajátértékű alak lesz megfelelő. Az S_{dir} és S_{struct} csökkent értéke arra figyelmeztet, hogy nem tiszta, lokális kihajlás történik.
A kiválasztáshoz az alakokat minden esetben szemrevételezéssel is ellenőrizni kell!

Használhatósági korlátok

A számítás csak egy kiválasztott méretezési elemre alkalmazható, csoportos kijelölés esetén nem. Az érzékenységi tényezők számításához előzetesen kihajlásvizsgálatot kell futtatni.

☞ **Korábbi vezióval futtatott kihajlásvizsgálat eredménye alapján a program nem számol érzékenységi tényezőket, csak a Ky / Ly értékeket adja meg az Euler formula szerint.**

Érzékenységi tényezők

Irány érzékenységi tényező

$$S_{dir} = \frac{W_{e,d,i}}{W_{e,i}}$$

Megmutatja, hogy a *méretezési elem* deformációs energiájának hányad része származik az adott tengely körüli kihajlásból. Az adott tengely körüli tiszta kihajlás esetén értéke 100%. Csökkent értéke ellenkező síkú kihajlás vagy elcsavarodás jelenlétére utal. Utóbbi esetben a vizsgált síkbeli elmozdulás kifordításhoz is tartozhat.

Szerkezeti érzékenységi tényező

$$S_{struct} = \frac{W_{e,d,i}}{W_{tot,i}}$$

Megmutatja, hogy *a teljes szerkezet* deformációs energiájának hányad része származik a méretezési elem adott tengely körüli kihajlásából. A méretezési elem lokális kihajlása esetén értéke 100%. Csökkent értéke arra utal, hogy a stabilitásvesztésben nem vagy nem csak a kijelölt méretezési elem játszik szerepet.

Kihajlási érzékenységi tényező

$$S_{mode} = \frac{W_{e,d,i}}{\sum_{(i+)} W_{e,d,i}}$$

A méretezési elem adott kihajlási alakhoz tartozó deformációs energiájának és a kiszámolt pozitív sajátértékű alakokra összegzett energia hányadosa. Nagy értéke jelzi azokat a kihajlási alakokat, amelyekben a méretezési elem deformációja az adott kihajlási tengely körül jelentős. Legfőképpen ez az érték mutatja meg, hogy melyik kihajlási alakokat érdemes átnézni.

Matemetikai függelék

Alakváltozási energiák

A teljes szerkezet rugalmas alakváltozási energiája az *i.* kihajlási alakban: $W_{tot,i} = \boldsymbol{u}_i^T \boldsymbol{K} \boldsymbol{u}_i$

A méretezési elem rugalmas alakváltozási energiája az *i.* kihajlási alakban: $W_{e,i} = \boldsymbol{u}_{e,i}^T \boldsymbol{K}_e \boldsymbol{u}_{e,i}$

A méretezési elemnek az adott tengely körüli kihajlásból származó rugalmas alakváltozási energiája az *i.* kihajlási alakban: $W_{e,d,i} = \boldsymbol{u}_{e,i}^T \boldsymbol{K}_{e,d} \boldsymbol{u}_{e,i}$

Jelölések:
Indexek

i	A kihajlási alak sorszáma.
e	A vizsgált méretezési elemhez tartozó mennyiség.
$d = \{y, z\}$	Az adott (*y* vagy *z*) tengely körüli kihajláshoz tartozó mennyiség.

Vektorok

$\boldsymbol{u}_i$	A teljes szerkezet elmozdulásvektora az i. kihajlási alakban.
$\boldsymbol{u}_{e,i}$	A méretezési elem elmozdulásvektora az i. kihajlási alakban.

Mátrixok

$\boldsymbol{K}$	A teljes szerkezet rugalmas merevségi mátrixa.
$\boldsymbol{K}_e$	A méretezési elem rugalmas merevségi mátrixa.
$\boldsymbol{K}_{e,d}$	A méretezési elem „redukált" rugalmas merevségi mátrixa, amely csak az adott kihajlási síkhoz tartozó eltolódási és elfordulási tagokat tartalmazza.

Automatikus

Automatikus számítás. Ebben az esetben a kiválasztott elem kihajlási hosszát a modellben rendelkezésre álló geometriai adatok és igénybevételek alapján automatikusan számolja a program. A számításhoz a szerkezetet ún. szerkezeti láncokra bontjuk. Az azonos szerkezeti láncban található elemek egymást erősítik és a kritikus igénybevételi szinten együtt veszítik el a stabilitásukat. A szerkezeti láncok alkotóelemeinek kihajlási hosszát a többi elem megtámasztó hatásának figyelembevételével számolja a program.

Ehhez az *Európai Acélszövetség* által ajánlott eljárás *(ECCS TC8: Rules for Member Stability in EN 1993-1-1: Background documentation and design guidelines)* egy továbbfejlesztett változatát használja fel.

Az eljárást egyszerű keretek függőleges oszlopainak jellemzésére dolgozták ki. Az AXISVM-ben szereplő továbbfejlesztett eljárás tetszőleges irányú rúdelemek által alkotott tartószerkezet jellemzésére alkalmas, de egyedi, speciális szerkezeti kialakítás esetén az automatikus számítás hibája számottevő lehet.

Ezért ilyen esetekben javasolt a számított kihajlási hosszak szemrevételezése és annak vizsgálata, hogy a mérnöki szemlélet alapján várható tartományba esnek-e. Összetett szerkezetek esetén javasolt a kritikus teherszorzó vizsgálata sajátérték feladat megoldásával (*Kihajlás* fül), vagy geometriai imperfekciót és anyagi nemlinearitást tartalmazó modellen végrehajtott másodrendű analízis segítségével.

A kihajlási hosszt nagymértékben befolyásolja, hogy a vizsgált szerkezetei elem a kihajlás irányában kilengő kihajlási móddal jellemezhető-e. Ezt az *x-z* és *y-z* síkban merevített szerkezeti elem beállítással adhatjuk meg. Fontos felismerni, hogy egy kilengő portálkeret oszlopai kilengő módban hajlanak ki, de gerendája (a saját *x-z* síkjában) már nem, hiszen az oszlopok mindkét végén megtámasztják.

A program minden rúdelem hatását figyelembe veszi az automatikus kihajlási hossz számításakor. Ezért azok az elemek is hatással lesznek az eredményre, melyekre még nincsenek megadva a tervezési paraméterek, illetve azok az elemek is, melyek nem acél anyagból készülnek. Ezen elemek esetén a biztonság javára tett közelítésként az oszlopokat kilengőnek, a gerendákat merevítettnek (nem kilengőnek) tekinti a program.

A számítást végző algoritmus az elemek között figyelembe veszi a csuklós, merev és félmerev kapcsolatot is, nemlineáris kapcsolati viselkedés esetén a kapcsolat kezdeti merevségével számol.

A kényszerek közül a csomóponti támaszok és a csomóponti szabadságfokok hatását veszi figyelembe az algoritmus. A csomóponti szabadságfokok korlátozásából adódóan síkbeli modellek síkra merőleges kihajlási hosszának számításakor nagyon kis befogási tényezők adódhatnak. Ez nem hiba, hanem a végeselemek végpontjaiban korlátozott mozgások következménye. Síkbeli modellek esetén a síkra merőleges kihajlás pontos számítása érdekében javasolt a kihajlási hossz kézi beállítása, vagy a megtámasztási viszonyok pontos modellezése és nem a szabadságfokok korlátozása.

A vizsgált tartó elemeinek kihajlási hosszára jelentős hatással van a tartóra ható igénybevételek eloszlása. Mivel ez teheresetenként, teherkombinációnként változik, az automatikus számításból adódó befogási tényezők is teheresetfüggőek!

Korlátok:
Az automatikus számító eljárás jelenlegi verziója kizárólag rúdelemekből (rácsrúd, rúd vagy borda) álló tartószerkezet stabilitásvesztéséhez tartozó kritikus teherszorzót képes számolni. A rúdelemeket szakaszonként *állandó* keresztmetszetűnek tételezi fel, ezért változó keresztmetszetű rudakra egyelőre nem futtatható automatikus számítás. Nem kezeli egyéb szerkezeti elemek (pl. lemezek, rugók, merev testek) hatását a tartó viselkedésére. A kényszerek közül nem veszi figyelembe a vonalmenti és felületi támaszokat.
A számítás részleteiről a *Súgó* menüpontban található *AutoNcr segédlet* nyújt bővebb tájékoztatást.

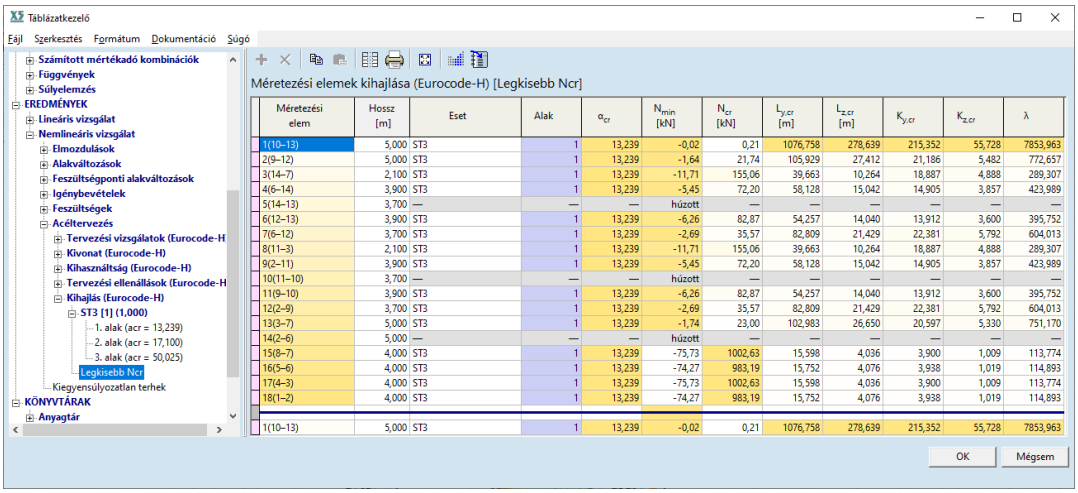
☞ **A program által számított kihajlási hossz szorzók (Ky és Kz) eredményként megjeleníthetőek és feliratozhatóak, ha az Acéltervezés fülön az Ellenállások közül a Ky vagy Kz eredménykomponenst választjuk ki.**

Automatikus | a0 | a | b | c | d

Az *y* és *z* tengely körül kihajlási görbét a program automatikusan határozza meg, de lehetőség van ennek manuális beállítására is.

Geometriai nemlinearitás + imperfekció
Amennyiben az igénybevételek már tartalmazzák a másodrendű hatásokat (tehát imperfekt geometriát definiáltunk vagy imperfekciós terhet adtunk meg másodrendű, geometriailag nemlineáris analízis esetén) elegendő a keresztmetszet szilárdsági ellenőrzése. A jelölőnégyzetre kattintással a kihajlásvizsgálat ennek megfelelően $\chi_x = 1$ és/vagy $\chi_y = 1$ értékekkel fut le, kihajlási görbe nem választható.

Kihajlási táblázatok



Méretezési elem	Hossz [m]	Eset	Alak	α_{cr}	N_{min} [kN]	N_{cr} [kN]	$L_{y,cr}$ [m]	$L_{z,cr}$ [m]	$K_{y,cr}$	$K_{z,cr}$	λ
1(10–13)	5,000	ST3	1	13,239	-0,02	0,21	1076,758	278,639	215,352	55,728	7853,963
2(9–12)	5,000	ST3	1	13,239	-1,64	21,74	105,929	27,412	21,186	5,482	772,657
3(14–7)	2,100	ST3	1	13,239	-11,71	155,06	39,663	10,264	18,887	4,888	289,307
4(6–14)	3,900	ST3	1	13,239	-5,45	72,20	58,128	15,042	14,905	3,857	423,989
5(14–13)	3,700	—	—	—	húzott	—	—	—	—	—	—
6(12–13)	3,900	ST3	1	13,239	-6,26	82,87	54,257	14,040	13,912	3,600	395,752
7(6–12)	3,700	ST3	1	13,239	-2,69	35,57	82,809	21,429	22,381	5,792	604,013
8(11–3)	2,100	ST3	1	13,239	-11,71	155,06	39,663	10,264	18,887	4,888	289,307
9(2–11)	3,900	ST3	1	13,239	-5,45	72,20	58,128	15,042	14,905	3,857	423,989
10(11–10)	3,700	—	—	—	húzott	—	—	—	—	—	—
11(9–10)	3,900	ST3	1	13,239	-6,26	82,87	54,257	14,040	13,912	3,600	395,752
12(2–9)	3,700	ST3	1	13,239	-2,69	35,57	82,809	21,429	22,381	5,792	604,013
13(3–7)	5,000	ST3	1	13,239	-1,74	23,00	102,983	26,650	20,597	5,330	751,170
14(2–6)	5,000	—	—	—	húzott	—	—	—	—	—	—
15(8–7)	4,000	ST3	1	13,239	-75,73	1002,63	15,598	4,036	3,900	1,009	113,774
16(5–6)	4,000	ST3	1	13,239	-74,27	983,19	15,752	4,076	3,938	1,019	114,893
17(4–3)	4,000	ST3	1	13,239	-75,73	1002,63	15,598	4,036	3,900	1,009	113,774
18(1–2)	4,000	ST3	1	13,239	-74,27	983,19	15,752	4,076	3,938	1,019	114,893
1(10–13)	5,000	ST3	1	13,239	-0,02	0,21	1076,758	278,639	215,352	55,728	7853,963

Ha végeztünk kihajlásvizsgálatot, minden pozitív sajátértékű kihajlási alakhoz megjeleníthetőek a méretezési elemek kihajlásai adatai. A nemlineáris számításokhoz tartozó táblázatok csak kikapcsolt geometriai nemlinearitás és egységnyi teherszorzó esetén jelennek meg. A *Legkisebb Ncr* táblázatban a legkisebb kritikus erő (Ncr) értékét jelenítjük meg méretezési elemenként a hozzá tartozó kihajlási paraméterekkel. Ha az elem nem volt méretezhető, a táblázat megfelelő sorában annak oka is kiolvasható – hasonlóan a *Kihasználtság* táblázathoz.

A kritikus erő az Euler-képlet alapján adódik:

$$\boldsymbol{N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^{\,2}} = N_{min} * \alpha_{cr}}$$

A helyettesítő Euler rúd kihajlási hossza a befogási viszonyoktól függő kihajlási hossz szorzó és a méretezési elem hosszának szorzataként áll elő: $\boldsymbol{L_{cr} = K_{cr} * L}$

α_{cr}	Kritikus teherparaméter
N_{min}	A legkisebb normálerő a méretezési elem mentén
N_{cr}	Kritikus erő
$L_{y,cr}$	Kihajlási hossz *z* irányú kihajlásra (az *y* tengely körül)
$L_{z,cr}$	Kihajlási hossz *y* irányú kihajlásra (a *z* tengely körül)
$K_{y,cr}$	Kihajlási hossz szorzó az *y* tengely körül
$K_{z,cr}$	Kihajlási hossz szorzó az *z* tengely körül
λ	Karcsúság

6.6.1.1.2 Kifordulás

Kω: az öblösödés gátlására utaló tényező, amely 0,5 – 1,0 közötti értéket vehet fel:

- ha az öblösödés nem gátolt, értéke 1,0.
- ha az öblösödés a gerenda mindkét végén gátolt, értéke 0,5.
- ha az öblösödés a gerenda egyik végén gátolt, értéke 0,7.

Lásd részletesen: ENV 1993-1-1, F1 függelék.
z_a*:* a teher támadáspontjának koordinátája a súlyponthoz képest, és ennek megfelelően előjeles mennyiség. A teher helyzetének megadására két lehetőség közül választhatunk: megadott és egyedi. Ha a tehernél megadottra állítjuk az excentricitást, akkor rúdon megoszló, valamint a rúdon koncentrált terhek a teher fülön megadott külpontossággal, míg a csomóponti terhek a súlypontban lesznek figyelembe véve. Egyedi beállítás esetén a választógombokkal megadható (felső, súlypont, alsó vagy egyedi) beállítás szerint lesznek excentrikusak.

A kifordulásvizsgálatnál feltételezzük, hogy az elem *z* lokális tengelye a szimmetria síkba esik, valamint a kifordulást előidéző terhek e tengely irányában hatnak.

Mcr (kritikus nyomaték) számítása

A kifordulás számításához szükséges rugalmas kifordulási kritikus nyomatékot (M_{cr}) a program két különböző módszerrel tudja meghatározni:

1.) Képlettel:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)^2} - \left(C_2 z_g - C_3 z_j\right)\right]$$

A képlet paramétereinek értelmezése több szakirodalomban is megtalálható, valamint az ENV 1993-1-1, F1.2 függeléke tartalmazza.
A C_1, C_2, C_3 paraméterek a nyomatéki ábra alakjától és a k tényezőktől függő értékek.
A C_1 tényező megadását bizonyos esetekben automatikusan tudja számítani a program. Ehhez a legördülő menüből a C1 Lopez formula lehetőséget kell kiválasztani.
A következő esetekben nem lehet ezt a lehetőséget alkalmazni:
konzol,
$k > 1$

$\boldsymbol{C_2}$ értéket akkor kell megadni, amikor a szerkezeti elemre közvetlenül hat teher, amelynek támadáspontja nem esik egybe a keresztmetszet nyírási középpontjával. Egyszeresen szimmetrikus szelvény esetén $\boldsymbol{C_3}$ értékét is meg kell adni. A C paraméterek például az ENV 1993-1-1, F1.2 táblázatai alapján vehetők fel.

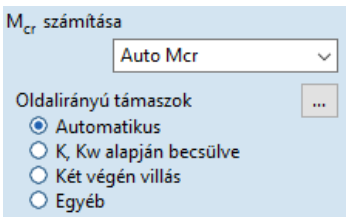
A holland szabvány nemzeti mellékletben (lásd **3.3.7 Szabvány**) megadott módszer szerint is van lehetőség az M_{cr} számítására, amihez a C_1 és C_2 együtthatókat a tartó nyomatéki ábrája és a tartóra közvetlenül ható erők alapján a melléklet táblázatai és eljárásai szerint veszi fel a program konzervatív módon (*Számított C1, C2 (NL NAD)*). Mivel van olyan teherelrendezés, amit a szabvány nem fed le vagy automatizáltan nem lehet egyik kategóriába sem besorolni, ezért a felhasználó is megadhatja a C_1, C_2 értékeket (*Felhasználó által megadott C1, C2 (NL NAD)).*

2.) Az AutoMcr módszerrel:
Az AutoMcr módszer minden egyes méretezett rúdelem elkülönítésével, egy végeselemes almodell létrehozásával közvetlenül az M_{cr} nyomatékokat számolja. A program terhelési kombinációnként határozza meg az M_{cr} értékeket. A C_1, C_2, C_3 paraméterek megadása így szükségtelenné válik, azonban a futásidő kissé megnő. Ezzel a módszerrel jól közelíthető a változó keresztmetszetű szerkezeti elemek és a konzolok kifordulása is.
A végeselemes almodell egy olyan, minimum 30 végeselemből álló rúdelem, melynek a kifordulás szempontjából lényeges négy szabadságfoka csomópontonként a következő:

v	oldalirányú vagyis lokális y tengely irányú eltolódás,
θ_x	rúdtengely vagyis lokális x tengely körüli elfordulás,
θ_z	gyenge tengely, vagyis lokális z tengely körüli elfordulás,
w	öblösödés.

A rúdelem teljes merevségét egy lineáris és egy nemlineáris geometriai részből felépítve, majd a terheket külpontossággal figyelembe véve egy sajátértékfeladatra vezeti vissza a problémát.
A módszer szimmetriasíkjukban hajlított prizmatikus elemek esetére lett kifejlesztve. Változó keresztmetszetű elemek kifordulása jól közelíthető, ennek érdekében a program az almodellben kellő végeselemszámot definiál.
A számítás elvi alapja megtalálható az LTBeam program leírását tartalmazó szakirodalomban: Yvan Galea: *Moment critique de deversement elastique de poutres flechies presentation du logiciel ltbeam,* CTICM, 2003.

6.6.1.1.3 Oldalirányú támaszok



Az AutoMcr módszer használatakor a program alapbeállítás mellett az elkülönítés során az almodell megtámasztásait automatikusan megkeresi. Az *Automatikus* opció mellett választható lehetőségek:

k, kw alapján becsülve: az oldalirányú támaszok pozícióját közelítően számolja a program;
két végén villás támasz
egyéb: a felhasználó által megadott/szerkesztett támaszok.

A megtámasztások merevségkomponensei az almodell lokális tengelye szerinti indexeléssel:

$$S, R_y, R_{xx}, R_{zz}, R_w.$$

Automatikus számítás esetén a program a következő módon ismeri fel a megtámasztásokat:

modellbeli támasz: a korábban definiált támaszokból átveszi a program az R_y, R_{xx} és R_{zz}merevségkomponenseket. Az AutoMcr által használt negyedik megtámasztási komponens az öblösödési merevség; ez alapbeállítással mindig $R_w = 0$. A program át tudja venni a rúdelemekhez beállított nyírási mező merevségét (S). A burkolat megtámasztó hatása manuálisan a táblázatban is megadható.

csatlakozó elemek: a méretezett rúdelemhez csatlakozó vonal- és lemezelemek bizonyos mértékű megtámasztást jelentenek kifordulás ellen. A becsült értékekkel kapcsolatban *lásd… Súgó / AutoMcr segédlet*

Az automatikusan felismert támaszok merevségére a méretezett elem merevítettsége *(Kilendülő / Nem kilendülő)* szintén hatással van. Ha pl. az adott síkban kilendülő egy keretgerenda, akkor az azt megtámasztó szelemenek csak R_{xx} támaszmerevséget biztosítanak, R_y-t nem.
Korlátok: Az almodell nem veszi figyelembe a csomóponti szabadságfok beállításokat.

Amennyiben nincs elegendő megtámasztás, kifordulásra instabil lesz az almodell. Az instabilitás elkerülése végett a következőknek teljesülnie kell:

- legalább egy pontban van R_y támasz, és ezen túl egy másik ponban van R_y vagy R_{zz};
- legalább egy pontban csavarásra meg van támasztva *(R_{xx})*.

Ha az első feltétel teljesül, akkor a program **alapbeállításokkal** fut le: mindkét végén villás megtámasztással, vagyis R_y és R_{xx} a végpontokban merev. Ez közelítőleg megfelel annak az esetnek, amikor az ENV képletben $k = k_w = 1$ értékekkel számolunk. Konzol esetén az alapbeállítás az, hogy csak az egyik végére tesz merev R_y, R_{xx} és R_{zz} támaszokat.

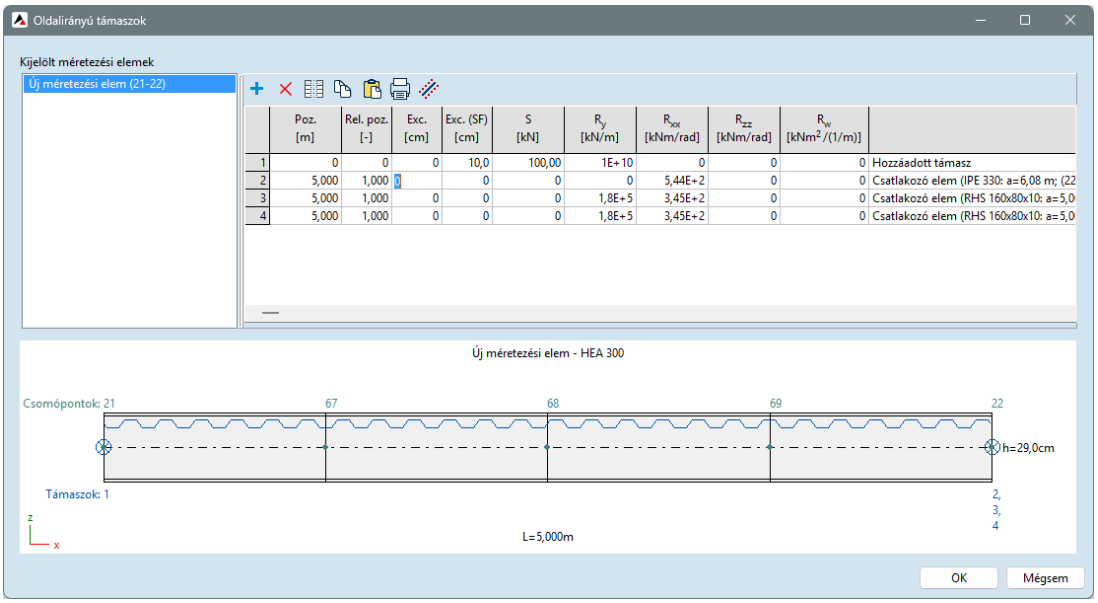
Ha csak a második feltétel nem teljesül, vagyis egy elemre nem volt csavarási támasz *(R_{xx})* definiálva, akkor a program az egyik végpontba betesz egy R_{xx} nagy merevségű támaszt, így nem tud az almodell merevtest-szerűen elcsavarodni.



A megtámasztások az *Oldalirányú támaszok* melletti … gombra kattintva szerkeszthetőek. A megjelenő ablakban a kijelölt méretezési elemek kifordulási megtámasztásai táblázatos formában jelennek meg.
A táblázat sorai a bal oldali listában éppen kijelölt elem egyes támaszait tartalmazzák.
Szerkeszthető mezők:

- a támasz pozíciója a hossz mentén (poz.);
- a támasz külpontossága a magasság mentén a súlyponthoz képest, előjelesen;
- merevségkomponensek.

Az utolsó oszlop a támasz definiálására utal. A program által felismert támasztípusok: *modellbeli, csatlakozó elem* vagy *korrigált* (a fent részletezett egyszerű alapbeállítások, vagy kiegészítő R_{xx} támasz esetén).
A felhasználó által definiált vagy módosított támaszok típusa: *hozzáadott támasz*.



A táblázatban – a könnyebb adatmegadás érdekében – megjelennek azok a *csatlakozó elemek* is, melyek 15°-nál nagyobb szöget zárnak be a méretezett elem tengelyeivel, amennyiben a csatlakozó elem irányvektorának van a méretezett elem *y* tengelyébe eső komponense. Tehát pl. egy vízszintes gerenda esetén a függőleges oszlop nem jelenik meg a táblázatban.
A táblázat egyes mezőibe nem csak számokat, hanem paraméteres értékeket is meg lehet adni a következő módon:

- pozíció: a méretezési elem hosszának függvényében, pl. *L/2* vagy *2*L/3*
- külpontosság: a méretezési elem adott pontjában vett szelvénymagasság függvényében, pl. *h/2* vagy *–2*h/3*
- merevségek: *m* jelöli a 10^{10} merevséget;
- csatlakozó elemek merevségei: a csatlakozó elem hossza *(a)* és merevsége *(E*I$_y$)* függvényében, pl. *6*EI/a*.

Új támaszok definiálására vagy a meglévők szerkesztésére további segítséget jelent, ha a listában egy elemre, vagy egy adott támaszra jobb egérgombbal kattint, és a megjelenő menüből választ.

A pontszerű támaszok adott pozícióhoz kötődnek, a nyírási mező merevsége azonban két szomszédos pozíció közötti szakaszhoz rendelt folytatólagos megtámasztásként értelmezendő. Ennek megfelelően az utolsó sorban a nyírási mező merevségének megadására nincs szükség.

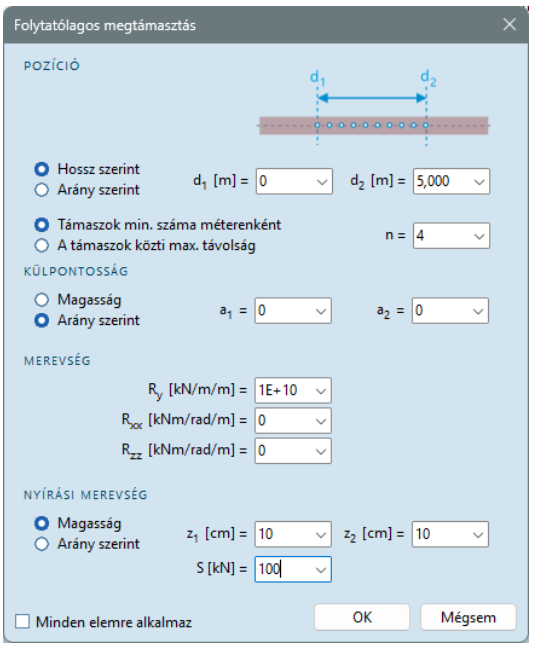
Fontos, hogy ha módosítja *a „Szerkezeti elemek összeállítása"* beállítást a *Tervezési paraméterek* ablakban, és az változást idéz elő a szerkezeti láncok összeállításánál, akkor a kijelölt méretezési elemek minden korábban elmentett megtámasztási beállítása törlődik és újra számítódik. Ennek akkor van jelentősége, ha korábban az *Oldalirányú támaszok* ablakban módosította a program által számított megtámasztásokat.



Folytatólagos megtámasztás
A méretezett elemhez csatlakozó lemez (pl. fém tetőpanel) megtámasztó hatását folytatólagos támaszként lehet figyelembe venni.

Az ablakban meg lehet adni a támasz helyzetét, külpontosságát és merevségi jellemzőit. A *Minden elemre alkalmaz* bekapcsolásával a folytatólagos támasz minden kijelölt acél méretezési elemhez hozzáadódik. Egyébként csak az *Oldalirányú támaszok* ablakban kijelölt elemhez adódik hozzá.

A folytatólagos megtámasztást a program különálló támaszokká alakítja át. A támaszok sűrűsége megadható (Támaszok min. száma méterenként, *n*). A különálló támaszok merevsége a lemez szélén fele akkora, mint a lemez közepén lévő támaszok.



Teher külpontosság a csatalkozó elemek alapján

Az Auto Mcr eljárás megkeresi a csatlakozó elemeket és a nyíróerő változása alapján meghatározza ezen elemekről átadódó teher nagyságát. Amennyiben a csatlakozó elemek külpontosan kapcsolódnak, akkor a program kiolvassa a külpontosság mértékét a másodrendű hatások számítása céljából. A teher helyzetének egyedi beállítása esetén a felhasználó által megadott helyzetben számol az elemre átadódó terhekkel. Amennyiben ez az opció ki van kapcsolva, a program nem fogja figyelembe venni a másodlagos elemekről átadódó terhek másodrendű hatását.

A megtámasztási merevségek megfelelő felvételében és az Auto Mcr módszer megértéséhez és pontos használatához segítséget nyújt a *Súgó* menüben található *Auto Mcr segédlet.*

A teher helyzete

Z_a: a teher támadáspontjának távolsága a súlyponthoz képest, és ennek megfelelően előjeles mennyiség. Egyedi érték megadása esetén ennek a távolságnak és a szelvény teljes magasságának az arányát kell megadni. A súlypont és a szélső szálak választógombok segítségével is megadhatók.

A kifordulási görbét a program automatikusan határozza meg, de lehetőség van ennek manuális beállítására is.



Gerinc nyírási horpadása

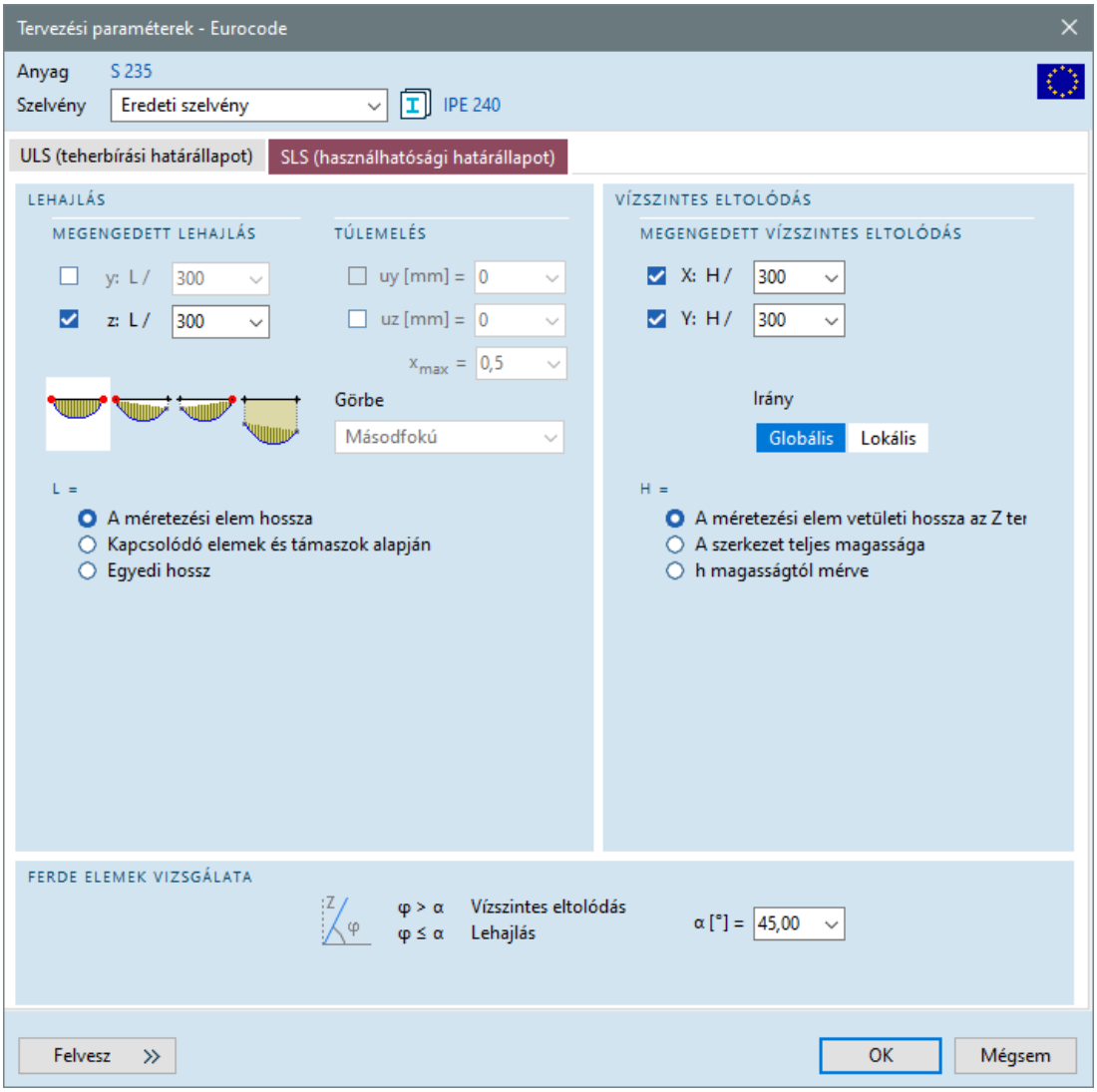
Gerinclemezes tartók esetén a gerinc a merevítések szempontjából lehet:
Merevítetlen: feltételezi, hogy nincsenek közbenső keresztirányú merevítések.
Keresztirányban merevített: közbenső keresztirányú merevítések találhatók egymástól *a* távolságra. Támaszoknál vagy a rúdvégeken mindkét esetben feltételezi a program a keresztirányú merevítések létét (nem merev véglehorgonyzást biztosító kialakítás).

6.6.1.2. SLS tervezési paraméterek



SLS (használhatósági határállapot)

Az acél paraméter ablak SLS (használhatósági határállapot) fülére kattintva állíthatók be a használhatósági határállapot ellenőrzésének részletei.

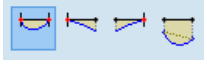


Használhatósági határállapotban a program a gerendák alakváltozásait és az oszlopok vízszintes eltolódásait ellenőrzi. Azt, hogy mely elem tekinthető gerendának és mely oszlopnak, azt a program a vizsgált szerkezeti elem hossztengelyének a vízszintessel bezárt szöge alapján dönti el. Alapbeállításként α=45° felett a szerkezeti elemeket oszlopnak tekintjük, alatta pedig gerendának. Ezt az α határértéket a felhasználó módosíthatja a *Ferde elemek vizsgálata* alatt.

☞ **A mértékadó teherkombinációk automatikus beállítása esetén a program a karakterisztikus teherkombinációkra végzi el a használhatósági határállapotok ellenőrzését.**

Függőleges alakváltozások

A rúd alakváltozásainak ellenőrzésére a lokális koordinátarendszer szerinti z és y irányban van lehetőség. Az egyes irányokban a vizsgálatok ki/bekapcsolhatóak a lehajlási határérték előtti jelölőnégyzetre kattintással. A lehajlási határértékeket a méretezett elem hossza függvényében (L) kell megadni.



A lehajlást az egyes irányokban többféleképpen is figyelembe lehet venni: a méretezett elem mindkét / bal / jobb végponthoz relatív vagy a tényleges elmozdulások alapján.

Hossz (L) A méretezett elem alakváltozásait és a lehajlási határértékeket (pl. L/300) ezen a hosszon vesszük figyelembe.

A választható lehetőségek:

A méretezési elem hossza: L megegyezik a méretezett elem hosszával.

Kapcsolódó elemek és támaszok alapján: ha az ULS fülön a *Méretezési elemek összeállítása* kapcsán az első opció van kiválasztva, akkor L megegyezik a méretezett elem hosszával. Ha a második opció van kiválasztva, vagyis a kijelölt elemet egyben méretezzük, akkor a program megkeresi, hogy a szerkezeti elem hossza mentén akadnak-e a vizsgált irányban a lehajlást gátló becsatlakozó elemek vagy támaszok, és a szerkezeti elemet ezek közötti szakaszokon vizsgálja lehajlásra. Ha például egy 15 méter hosszú gerendánál a végpontokban és az egyik harmadoló pontban van oszlop, akkor ennek az opciónak a segítségével a lehajlást az L=5 és L=10 méteres szakaszokon külön-külön vizsgálja a program.

Egyedi hossz: itt a szerkezeti elem hosszától független értéket is megadhatunk

Túlemelés A lokális koordináta rendszer pozitív irányának megfelelő túlemelést lehet definiálni a szerkezeti elemekre. A túlemelés alakját 3 paraméterrel lehet beállítani: lineáris és másodfokú görbéket lehet definiálni, melyek maximuma *(u)* és annak helye *(x_{max})* megadható. Kivétel, hogy ha a relatív/abszolút lehajlás gomboknál a tényleges lehajlások van beállítva (pl. egy gerenda közbenső szakaszát elkülönítve vizsgáljuk), akkor a beállított *uz* vagy *uy* túlemelés a méretezett elem hosszán konstans. Ha a hossz beállításnál a méretezett elem hosszát vagy egyedi hosszt adtunk meg, akkor a túlemelés a szerkezeti elem két végpontjában nulla értéket vesz fel. Ha a *Kapcsolódó elemek és támaszok alapján* vettük fel a hosszt, akkor az adott irányú csatlakozó elemeknél és támaszoknál, illetve a végpontokban lesz nulla a túlemelés értéke.

☞ **Fontos, hogy az itt beállított túlemelési érték csak a korábban számolt lehajlások csökkentésére van hatással, és csak a használhatósági hatásállapotok ellenőrzésében.**

Vízszintes eltolódások Egyszerre akár 2 irányban is lehet a vízszintes eltolódásokat ellenőrizni: globális vagy lokális koordináta rendszer szerint. Globális beállítással a vízszintes *X* és *Y* irányú eltolódásokat lehet ellenőrizni. Lokális beállítással a vizsgált elem lokális *z* és *y* irányok vízszintes vetületeibe eső eltolódások (*wx* és *wy*) ellenőrzésére van lehetőség.
A magasság (H), melyen az eltolódást ellenőrzi a program, lehet a szerkezet teljes magassága vagy akár csak egy elem vagy szint magassága. Az első esetben a teljes eltolódásokat ellenőrizhetjük, míg utóbbi esetben csak az adott magasságon vett relatív vízszintes eltolódásokat. A magasságot ferde elemek esetén a globális z irányba eső vetületként veszi figyelembe a program. A magasságot a felhasználó állíthatja be.

6.6.1.3. Lekérdezések és részletes tervezési számítások

Lekérdezés Valamely szerkezeti elemre kattintva egy lekérdező ablak jelenik meg, ahol a vizsgálatok eredményeit, illetve a maximális kihasználtságot láthatjuk. Az ablakon belül bármely szerkezeti elem bármely keresztmetszetében bármely teheresethez vagy kombinációhoz tartozó érték lekérdezhető. Ha az adott szelvényre valamely vizsgálat nem végezhető el, annak diagramja áthúzottan jelenik meg.



Részletes dokumentáció

A lekérdező ablakban megjelenített acél szerkezeti elem részletes méretezési dokumentációja a *Tervezési számítások* gombbal hívható meg. Ebben az összes elvégzett szilárdsági és stabilitási számítás megjelenik képletekkel, behelyettesített értékekkel és szabványhivatkozásokkal.

A tervezési számítások ablakban 14 pontra tagolva jelenik meg az adott szerkezeti elem ellenőrzése. A hat alapvető kölcsönhatási vizsgálaton túl (*lásd*... „Kölcsönhatási vizsgálatok") tiszta igénybevételi állapotok és részeredmények jelennek meg. Így a program által elvégzett számítás lépésenként végig követhető. A tiszta igénybevételi állapotok kihasználtságai alapján a tervező könnyebben tudja kiválasztani a leggazdaságosabb szelvénytípusokat.

A részeredmények:

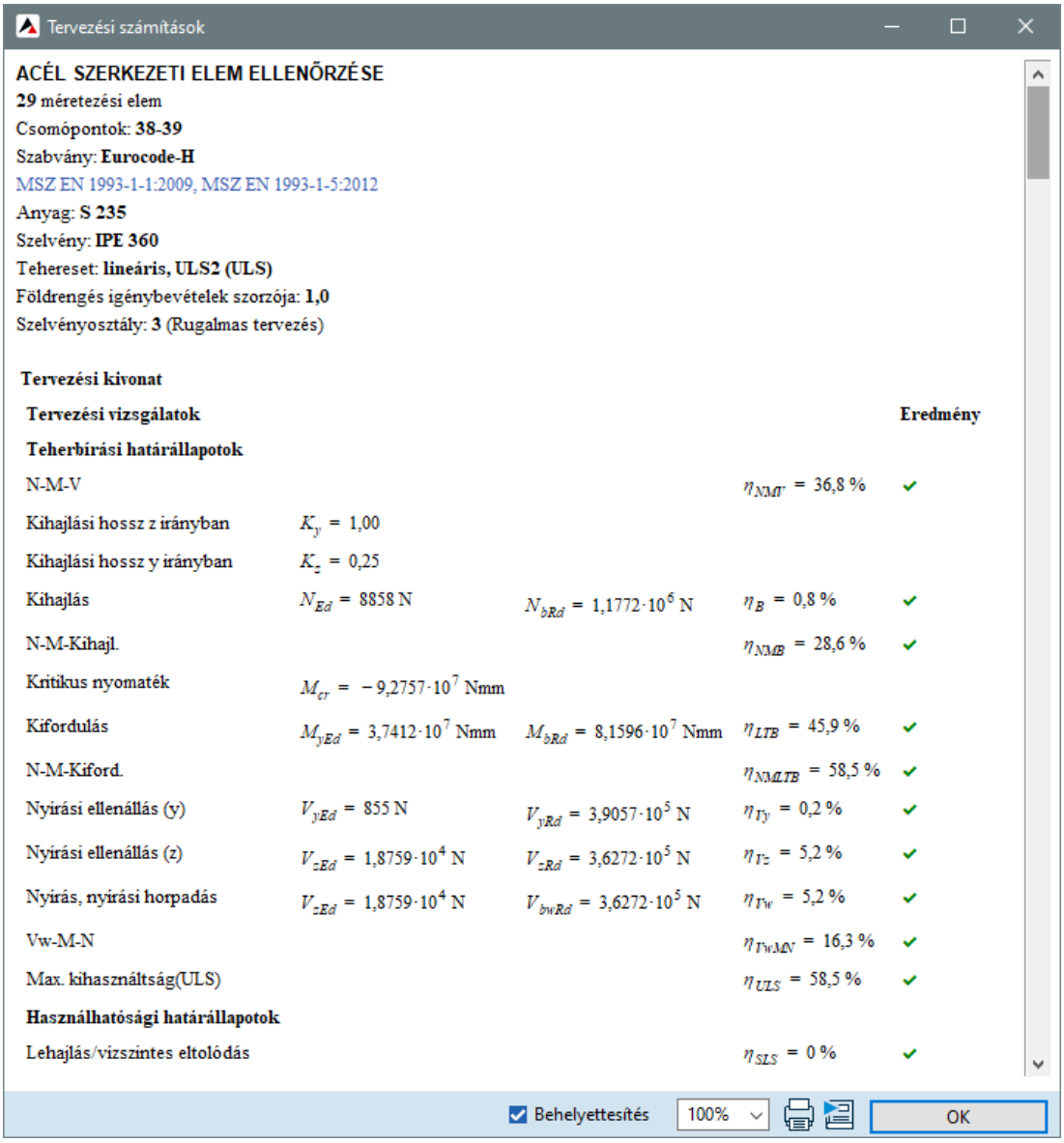
1. *Tiszta normálerő*
2. *Tiszta hajlítás y tengely körül*
3. *Tiszta hajlítás z tengely körül*
4. *Tiszta nyírási ellenállás z irányban*
5. *Szilárdsági interakció: hajlítás és nyírás*
6. *Szilárdsági interakció: hajlítás és normálerő*
7. *Síkbeli és elcsavarodó kihajlás*
8. *Kifordulás*



A Tervezési számítások gomb melletti szervíz-ikonra kattintva beállíthatjuk a számítási képletekben alkalmazott erő és hossz mértékegységeket, tizedes jegyek számát.
A részletes dokumentációban a *Beállítások / Mértékegységek* dialógusablakban (**lásd… 3.3.8 Mértékegységek**) definiált módon is megjelennek a számítási eredmények.
Ugyanitt kapcsolható ki-be a tervezési kivonat *(Számítás kivonattal / Számítás kivonat nélkül / Csak kivonat)*.

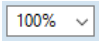
Tervezési számítások

A gombra kattintva megtekinthetőek és kinyomtathatóak a szabvány által előírt részletes számítások. A szabvány hivatkozott fejezetei a szövegben kék színnel jelennek meg.



Behelyettesítés

Szabályozható, hogy a számításban megjelenjenek-e a képletekbe behelyettesített számértékek, vagy csak a végeredménye.



A képernyőn megjelenített szöveg méretének beállítása.



A számítási dokumentáció kinyomtatása.



A tervezési számítások hozzáadása a dokumentációhoz.

6.6.1.4. Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása – SD9 modul



Acélszerkezetek szelvényoptimalizálásával az acéltervező modulban korábban definiált és méretezett szerkezeti elemek az eredetitől eltérő szelvényméretek alkalmazásával gazdaságosabbá tehetőek. A szerkezet súlya ez által csökkenthető, vagy jobban kihasznált szerkezeti elemeket találhatunk.

☞ **Az optimalizálás során mindig ugyanarra az igénybevételre vizsgáljuk az elemeket, tehát a szelvényméretek változására bekövetkező merevségváltozás hatását nem veszi figyelembe a modul. Határozatlan szerkezetek esetén az optimalizálást követően, az igénybevételek újraszámításakor (Statika fül) az igénybevételek jelentős mértékben átrendeződhetnek a szerkezeten belül, ilyenkor több lépcsőben elvégzett szelvényoptimalizálással lehet gazdaságosabb szerkezetet találni.**

Az optimalizálás során az acéltervező modulban korábban már definiált paraméterekkel dolgozik az optimalizáló, mely méretezési elemenként eltérő is lehet.

Az optimalizálható szelvénytípusok a következőek: I, 2I, egyszeresen szimmetrikus I, zárt téglalap szelvények, csőszelvények, T, C, nyitott/zárt 2U szelvények.

Változó keresztmetszetű elem nem optimalizálható.

Optimalizálási csoportok

Az optimalizálás első lépéseként a korábban definiált acél méretezési elemek közül optimalizálási csoportokat kell definiálni. Egy csoportba csak azonos szelvényű elemek kerülhetnek, illetve egy csoporton belül minden elem az optimalizálás eredményeképpen azonos szelvényt kap.

A csoportokat felsoroló listában (az *Optimalizálási csoportok* fül bal oldalán) az adott csoport neve mellett a csoportban lévő elemek eredeti szelvényének neve olvasható, emellett pedig a csoportban található szelvények darabszáma. Az egyes csoportokra kattintva külön-külön megadhatóak az optimalizálási paraméterek (az *Optimalizálási csoportok* fül jobb oldalán), melyeket a továbbiakban részletezünk.

Optimalizálás célja

Az optimalizálás célja lehet a legkisebb **súly,** a legkisebb **magasság,** a legkisebb **szélesség.**

Ez a beállítás az optimalizálás célfüggvényét adja, vagyis olyan szelvényméretet keres az eljárás, ami acéltervezési szempontból megfelelő (pl. a kihasználtsága kisebb, mint 1.0; lásd alább a *Maximális kihasználtságnál)* és az itt beállított szempontnak leginkább megfelel. Az így meghatározott szelvényt nevezzük optimalizálisnak. Ezt az optimalizálási célt csoportonként külön-külön éri el a program, így tehát ha legkisebb súlyra optimalizálunk, akkor a csoportok súlyát külön-külön minimálja a program, ami nem feltétlen jelenti a teljes szerkezetre elérhető legkisebb súlyt.

Ugyanitt állítható a *Maximális kihasználtság* érték, mellyel a méretezett elemek megfelelőségét korlátozhatjuk. Ennek akkor van fontos szerepe, ha pl. egy határozatlan szerkezet esetén előre tudjuk, hogy a szelvények megváltoztatásával az igénybevételek jelentősen módosulhatnak.

Optimalizálási vizsgálatok

Lehetőség van bizonyos acéltervezési vizsgálatok figyelmen kívül hagyására az optimalizálás során. A szelvényméretek ellenőrzésekor a szilárdsági vizsgálatokat minden esetben elvégzi a program, a kihajlás, kifordulás, horpadás, SLS és ezekhez tartozó interakciós formulák azonban kikapcsolhatóak.

☞ **A program az SLS vizsgálat esetében a vízszintes eltolódásokra nem optimalizál. Optimalizáció közben a program nem futtat statikai számítást, így a keresztmetszet méretének változtatásából adódó merevségváltozás nem jut érvényre.**

Szelvényválaszték

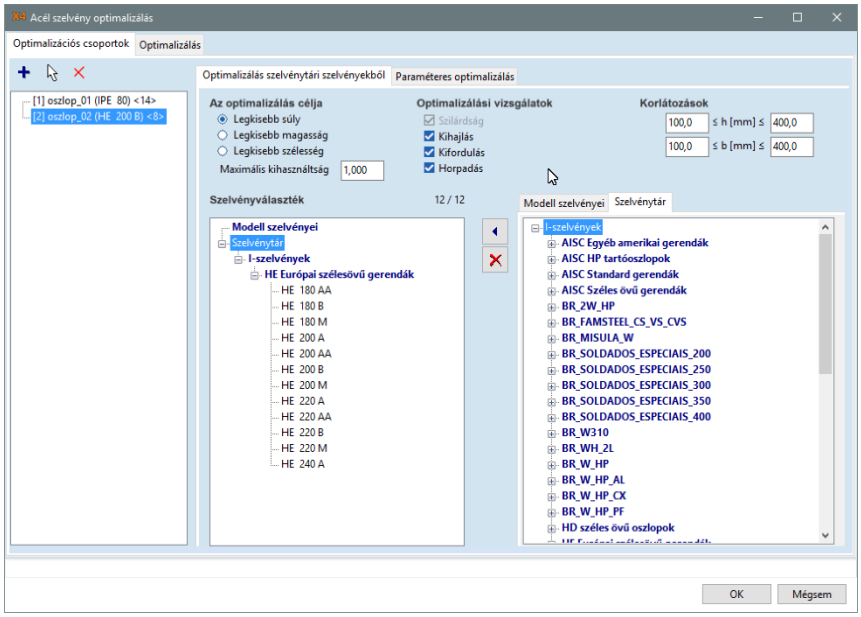
A lehetséges szelvényektől függően két különböző eljárás alkalmazható:

1) Szelvénytári szelvényekből
2) Paraméteres szelvényekből

Optimalizálás szelvénytári szelvényekből

A program egy előre definiált szelvényválasztékból keresi meg az optimalizális szelvényt. A szelvényválasztékot a modellben korábban definiált szelvények közül, illetve a szelvénytárból válogathatjuk ki. Csak az eredeti szelvénytípussal azonos típusú szelvényeket választhatunk.

A szelvényválasztékból csak azokkal a szelvényekkel dolgozik a program, mely a *Korlátozások* résznél beállított minimális és maximális méretek közé esik (többi szelvény szürkítve jelenik meg).



Ha egy csoporton belül több szerkezeti elem is van, akkor minden elemet minden pontjában végig ellenőriz a program. A szelvényválasztékból nem minden szelvénnyel számol végig a program, hanem csak azokkal, amelyek számítása a globális optimum meghatározásához elengedhetetlen.

Paraméteres optimalizálás

A lehetséges szelvényméretek a kötött szelvényméretektől eltérően paraméteres szelvényekkel is definiálhatóak.

A szakirodalomban számos optimumkereső eljárás ismert, melyeket sikerrel alkalmaznak tartószerkezeti problémák megoldására is. A probléma erősen nemlineáris volta és a számos lokális optimum miatt pusztán matematikai megközelítéssel nem, vagy csak igen nehezen lehet globális optimumot találni. Különösen igaz ez akkor, ha a felhasználó nem csak szilárdsági vizsgálatok alapján optimalizál, hanem stabilitási peremfeltételek is felmerülnek.

A számítás során egy sztochasztikus kereső módszer, az úgynevezett *Particle Swarm Optimization (PSO)* egyik fajtáját használjuk. Ez egy evolúciós algoritmus, melyet az 1990-es években fejlesztettek ki. A PSO eljárás alapvetően egy előre meghatározott *N* iterációig fut, s közben a véletlenszerűségnek köszönhetően túllép a lokális optimumokon. A programban implementált vállfaja ezt az *N* számot a feladat jellegéhez, méretéhez adaptálja, egyensúlyozva a rövid futási idő és a keresési tér alapos bejárása között. Ezen túlmenően, ha az algoritmus úgy látja, hogy a lehetséges megoldások már nem, vagy csak igen kis mértékben változnak az idő előrehaladtával, arra következtet, hogy globális optimumba vagy annak közelébe érkezett, így megszakítja a futást, s az addig elért legjobb eredménnyel tér vissza.

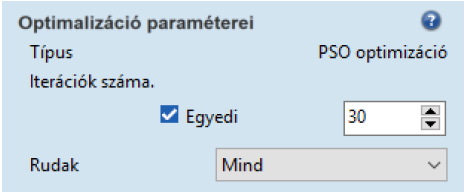
A keresési intervallumok módosításával a program beépített algoritmusa kiszámolja, hogy várhatóan mennyi iterációs ciklusra lesz szükség a számítása lefutásához, és hogy milyen kereső algoritmust fog használni. A kiválasztott keresési algoritmus lehet

1) egyszerű lineáris keresés
2) PSO optimalizálás

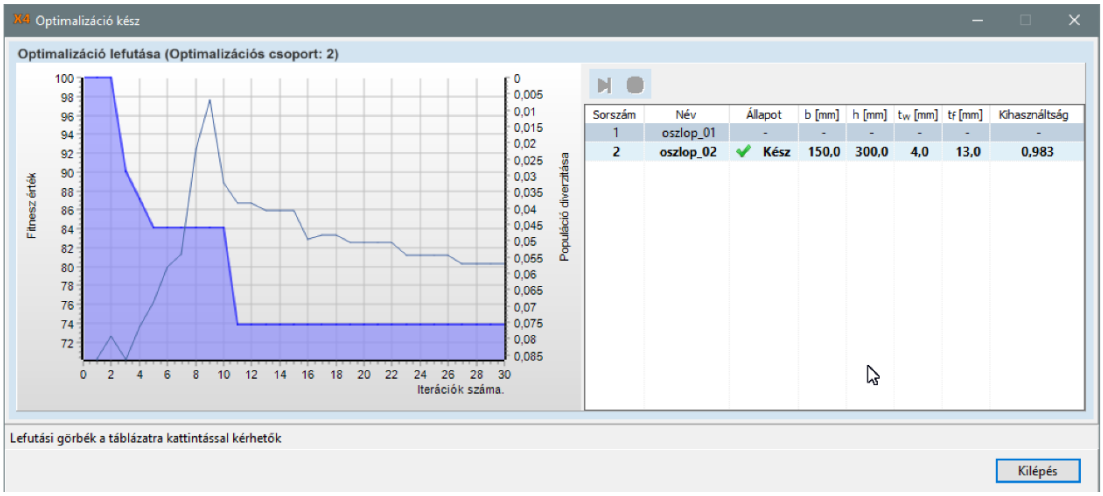
Az, hogy melyiket választja ki, az alábbi paraméterektől függ:

1) keresési tér mérete
2) beállított lépésközök
3) rögzített paraméterek száma
4) optimalizálás célja
5) egy vagy több magon történik-e a számítás
6) az optimalizálási csoport minden tagját figyelembe vesszük-e, vagy csak a leginkább kihasználtakat

Amennyiben a program PSO optimalizálás szerint fog számolni, a felhasználó módosíthatja az így kapott eredményt, a *Magam adom meg* gombra klikkelve. Egyébként erre nincs lehetőség.



A figyelembe vett rudak számának csökkentésével gyorsítható a számítás, viszont a pontosság csökken. A csökkentés leginkább nagy létszámú optimalizálás csoportok esetén hatásos, ahol eltérőek az egyes rudak kihasználtságai, és a kihasználtsági érték olyan vizsgálatból származik, amelyet az optimalizálás során is figyelembe veszünk.
A módszer képes kihasználni a processzor összes magját. Ilyenkor az egyes szálak egymással párhuzamosan végeznek keresést ugyanazon a keresési téren, s minden iterációs ciklus után információt cserélnek. Ezzel a módszerrel a keresési tér alapos bejárása, valamint a lehető leggyorsabb konvergencia is biztosított.
Egy jellemző lefutási görbe a következő ábrán látható



X tengelyen az iterációs ciklusok száma, Y tengelyen a célfüggvény értékei láthatóak

Ugrás a következő csoportra. Leállítja az aktuális csoport optimalizálását és a következő csoportra ugrik. A megszakított számítás eredményének a megszakításkor elért értéket tekinti.

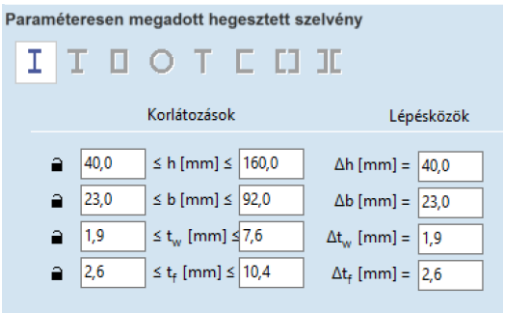
Optimalizáció leállítása. A teljes optimalizációt leállítja. Az egyes csoportok aktuális állapotát tekinti végeredménynek. Ekvivalens az **Esc** billentyű lenyomásával.

Az eljárás hátránya az, ami az előnye is, nevezetesen, hogy sztochasztikus módszer.

Emiatt több egymás utáni futtatás során nagy valószínűséggel nem pontosan ugyanazt az eredményt szolgáltatja, csak nagyon hasonlókat. Ez a tendencia különösen nagy keresési terek esetén érvényesül. Nagyon kicsi keresési terek esetén (pl. csőszelvény a paraméterek kis variációszáma mellett), egy szimpla, ún. lineáris keresés (minden lehetőség végig számítása) történik, hisz ekkor felesleges sokkal bonyolultabb eljárást alkalmazni, ekkor az előbb említett hátrány nem jelentkezik.

A számítás menete a következő:

Az optimalizálandó szelvény típusának megfelelő topológiájú szelvény megadásához szükséges paraméterekhez a felhasználó keresési intervallumokat és lépésközöket adhat meg, vagy bizonyos paramétereket rögzíthet egy általa kívánt értéken.



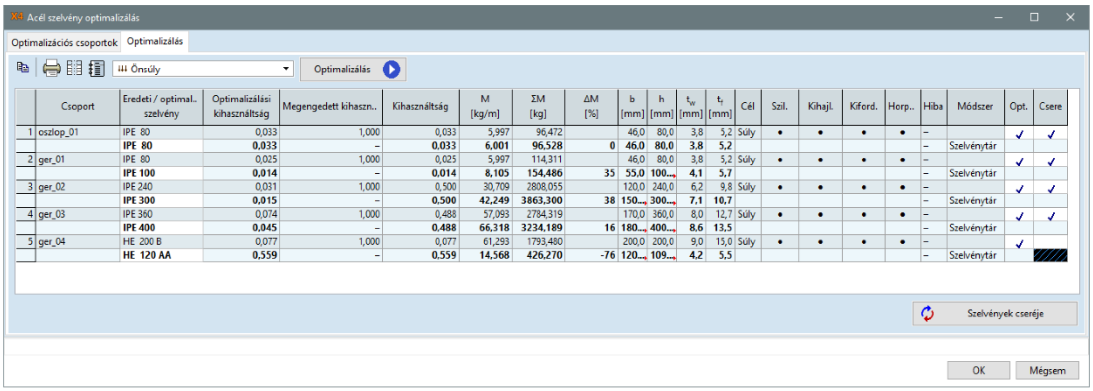
Az optimalizálás során a program a szabad paraméterek közötti kereséssel olyan szelvényt keres, ami egyrészt a felhasználó által megadott *kihasználtsági maximumot* alulról minél jobban közelíti, másrészt ezen szelvények közül legoptimalizálisabb (aszerint, hogy milyen *Optimalizálási cél* szerint történik a keresés).

A keresési tér a túlzóan nagy intervallumok és/vagy túl kis lépésközök megadásával ugrásszerűen nő, ami a számítás idejének növekedésével és/vagy a globális optimumhoz történő konvergencia lassulásával jár. Ezért célszerű a várható eredményhez közel eső intervallumok beállítása a számítás elején.

Ha egy optimalizálási csoporton belül több szerkezeti elem található, a kihasználtság az adott szelvényre a csoport elemei közül mértékadó kihasználtsága lesz. Ezért nem célszerű nagyon eltérő igénybevételű, hosszúságú elemeket ugyanazon optimalizálási csoportba tenni.

Optimalizálás, eredmények

A paraméterek beállítása után ezen a fülön lehet az optimalizálást elindítani egy adott teheresetre, teherkombinációra vagy burkoló/mértékadó esetekre.
A táblázatos rész az egyes csoportok kiindulási adatait és az optimalizált eredményeket tartalmazza. A táblázat jobb oldalán az optimalizálás elindítása előtt az *Opt.* oszlopban ki- ill. bekapcsolható, hogy egy adott csoportot optimalizáljunk-e.



	Csoport	Eredeti / optimal.. szelvény	Optimalizálási kihasználtság	Megengedett kihaszn..	Kihasználtság	M [kg/m]	ΣM [kg]	ΔM [%]	b [mm]	h [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	Cél	Szil.	Kihajl.	Kiford.	Horp..	Hiba	Módszer	Opt.	Csere
1	oszlop_01	IPE 80	0,033	1,000	0,033	5,997	96,472		46,0	80,0	3,8	5,2	Súly	•	•	•	•	–		✓	✓
		IPE 80	**0,033**	–	**0,033**	**6,001**	**96,528**	**0**	**46,0**	**80,0**	**3,8**	**5,2**						–	Szelvénytár		
2	ger_01	IPE 80	0,025	1,000	0,025	5,997	114,311		46,0	80,0	3,8	5,2	Súly	•	•	•	•	–		✓	✓
		IPE 100	**0,014**	–	**0,014**	**8,105**	**154,486**	**35**	**55,0**	**100...**	**4,1**	**5,7**						–	Szelvénytár		
3	ger_02	IPE 240	0,031	1,000	0,500	30,709	2808,055		120,0	240,0	6,2	9,8	Súly	•	•	•	•	–		✓	✓
		IPE 300	**0,015**	–	**0,500**	**42,249**	**3863,300**	**38**	**150...**	**300...**	**7,1**	**10,7**						–	Szelvénytár		
4	ger_03	IPE 360	0,074	1,000	0,488	57,093	2784,319		170,0	360,0	8,0	12,7	Súly	•	•	•	•	–		✓	✓
		IPE 400	**0,045**	–	**0,488**	**66,318**	**3234,189**	**16**	**180...**	**400...**	**8,6**	**13,5**						–	Szelvénytár		
5	ger_04	HE 200 B	0,077	1,000	0,077	61,293	1793,480		200,0	200,0	9,0	15,0	Súly	•	•	•	•	–		✓	
		HE 120 AA	**0,559**	–	**0,559**	**14,568**	**426,270**	**-76**	**120...**	**109...**	**4,2**	**5,5**						–	Szelvénytár		

Amennyiben szelvénytári szelvények alapján optimalizáltunk, az optimalizálás lefutása után, az optimalizális megoldáson kívül a szelvényeknél a legördülő menüből kiválasztható minden kiszámolt és megfelelő elem.
Jobb oldalon a *Csere* oszlop kipipálása után a *Szelvények cseréje* gombra kattintva kezdeményezhető a szerkezet módosítása.

Tipp

A szelvényoptimalizálás a paramétertér vagy szelvényválaszték mérete, teheresetek száma, illetve a szerkezet méretétől függően esetenként időigényes eljárás. A számítás gyorsítása érdekében elsősorban a paraméteres optimalizálás során előnyös lehet, ha a kifordulás számítási módszerek közül az időigényesebb AutoMcr módszer helyett másik módszert alkalmazunk.

6.6.2. Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul

EUROCODE 3

Az SD3 modullal hidegen alakított, vékonyfalú acél vonalelemek méretezhetők. A szoftver a következő szelvényű elemek méretezését támogatja:

- Sima és peremmerevített (lehajtott) C-, Z-, valamint U-szelvények.
- A gyártói adatbázisokból (pl. *Lindab, Kingspan*) közvetlenül beemelhető, vagy egyedileg paraméterezhető Sigma (Σ) és Zeta (ζ) szelvények, beleértve a gerinc- és peremmerevítő bordákkal ellátott változatokat is.

A modulban található méretezési eljárások követik az Eurocode 3 1-1, 1-3, valamint az 1-5 fejezeteiben található előírásokat és elveket (EN 1993-1-1; EN 1993-1-3; EN 1993-1-5). A modul elsősorban szelemenek, valamint falvázgerendák méretezésére alkalmas. Ezek a másodlagos szerkezeti elemek elsősorban hajlítottak és csak kismértékű tengelyirányú normálerővel terheltek.
A program a keresztmetszet osztályba sorolását az EN 1993-1-1 5.2. táblázata alapján végzi, figyelembe véve a vékonyfalú elemekre vonatkozó speciális kiegészítéseket. A modul különös figyelmet fordít a szabad peremek és a merevítő bordák elmozdulására. A peremmerevítéseket (lehajtásokat) elhatárolja, és azokat rugalmas ágyazású nyomott rúdként modellezi. A torzulásos horpadást automatikusan csökkentett hatékony lemezvastagsággal veszi figyelembe.

☞ **A vékonyfalú, hidegen alakított rúdelemek rendkívül érzékenyek különböző, sokszor elcsavarodással járó stabilitásvesztési módokra, valamint a csavarási igénybevételekre. Emiatt a szelemenek, valamint a falváztartók modellezéséhez javasolt 7DOF rúdelemek alkalmazása.**

Átlagos folyáshatár

A hidegalakítási eljárás sok esetben a hajlítási zónákban növeli az acél anyag folyáshatárát. A program az f_{yb} alap folyáshatár mellett képes kiszámítani az átlagos folyáshatárt (f_{ya}) az EN 1993-1-3 szabvány 3.2.2. fejezetének (3.1) képlete alapján. Az f_{ya} növelt értékét a szoftver a szabvány előírásai szerinti esetekben alkalmazza.

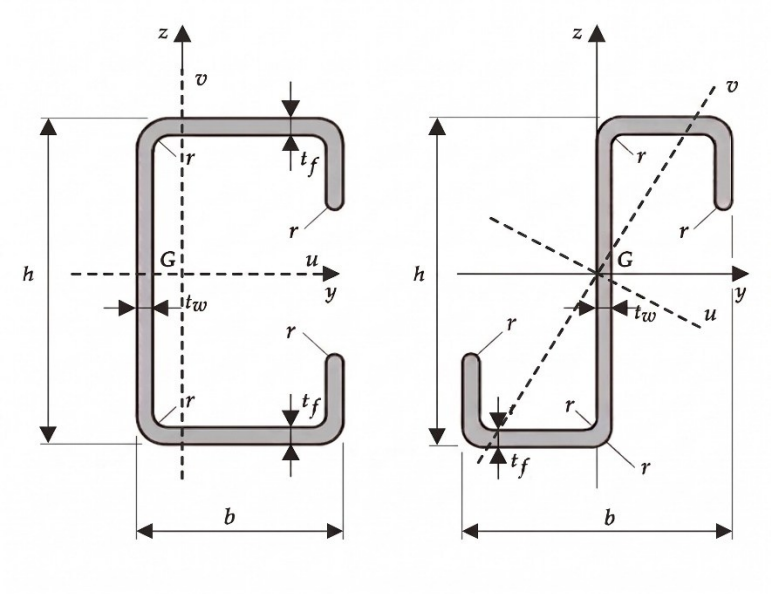
Acél mag vastagsága

A statikai és méretezési számítások során nem a teljes névleges lemezvastagságot, hanem a szabvány (EN 1993-1-3, 3.3. egyenlet) szerinti acél mag vastagságát (t_{cor}) kell alkalmazni. Az AXISVM-ben megadható a védőbevonat (horganyzás vagy műanyag bevonat) vastagsága, amelyet a program automatikusan levon a névleges vastagságból.

Alkalmazási tartomány: A lemez- és elemvastagságra vonatkozó méretezési szabályok a $0{,}45$ mm $\leq t_{cor} \leq 15$ mm tartományban érvényesek (kapcsolatok esetén $0{,}45$ mm $\leq t_{cor} \leq 4$ mm).

☞ **Az SD3 modul a szabványilag előírt főbb tiszta esetekre és interakciókra vonatkozó ellenőrzéseket végzi el. Kiegészítő elemek, vagy speciális esetekre vonatkozó kiegészítő előírások ellenőrzése a tervező feladata.**

☞ **Az SD3 modul kizárólag állandó keresztmetszetű (prizmatikus) vonalelemeket tud méretezni.**



A nem szimmetrikus Z- és C-szelvények esetén, ahol a szelvény főtehetetlenségi tengelyei nem esnek egybe a függőleges és vízszintes lokális y és z tengelyekkel, az AXISVM a méretezési ellenőrzéseket a főirányokhoz igazított koordináta-rendszerben végzi el. Ilyen esetekben a méretezési számításokban a lokális y és z tengelyek a főtehetetlenségi tengelyekre értendők.

Keresztmetszetek osztályozása

A hidegen alakított acélelemek keresztmetszeti osztályba sorolását a szoftver az EN 1993-1-1 5.2. táblázata alapján végzi el, lehetőség szerint az összetett nyomásból és hajlításból adódó tényleges feszültségeloszlás figyelembevételével.

A besorolást a szoftver a rúdelem hossza mentén több keresztmetszetben is lefolytatja, majd a legkedvezőtlenebb (legmagasabb) osztályt rendeli a teljes elemhez. A keresztmetszeti osztály meghatározásakor a program a helyi horpadás *(local buckling)* és a torzulásos horpadás *(distortional buckling)* hatását egyaránt figyelembe veszi. Az effektív keresztmetszet számítása iteratív folyamat, a modul figyelembe veszi az effektív keresztmetszet súlypontjának elmozdulását és a feszültségek átrendeződését.

Vizsgálatok

Normálerő-Hajlítás-Nyírás [N-M-V]	(EN 1993-1-3, 6.1.6, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10)
Normálerő-Hajlítás-Kihajlás (beleértve a kifordulást is) [N-M-Kihajl.]	(EN 1993-1-3 /2G/, 8.2.5)
Kapcsolat	(EN 1993-1-3, 8.3)
Nyírás /y [V_y]	(EN 1993-1-3, 6.1.5)
Nyírás /z [V_z]	(EN 1993-1-3, 6.1.5)
Hajlítás-Koncentrált erőbevezetés [F_z-M_y]	(EN 1993-1-3, 6.1.11)
Megtámasztás nélküli öv kihajlása	(EN 1993-1-3, 10.1.4)

Ellenállások

Képlékeny ellenállás (tengelyirányú) [$N_{pl,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.2)
Effektív kmt. ellenállás (tengelyirányú nyomás) [$N_{eff,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.3)
Rugalmas nyírási ellenállás /y tengely [$V_{el,y,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.5)
Rugalmas nyírási ellenállás /z tengely [$V_{el,z,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.5)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /yy [$M_{el,y,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.4)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /zz [$M_{el,z,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.4)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /yy [$M_{pl,y,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.4)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /zz [$M_{pl,z,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.4)
Effektív nyomatéki ellenállás /yy [$M_{eff,y,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.4)
Effektív nyomatéki ellenállás /zz [$M_{eff,z,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.2.2, 6.2.3)
Kihajlási ellenállás [$N_{b,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.3.1)
Kifordulási ellenállás [$M_{b,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.2.4, EN 1993-1-1, 6.3.2)
Helyi keresztirányú ellenállás [$R_{w,Rd}$]	(EN 1993-1-3, 6.1.7)

A megadott teherbírási értékeket a szoftver kiegészítő (tájékoztató) eredményekként jeleníti meg. A méretezési ellenőrzések döntő többsége a szabványban előírt összetett interakciós összefüggéseken alapul. Az egyenletekben szereplő változók, tényezők pontos definíciói, valamint azok alkalmazásának részletes feltételei a vonatkozó méretezési szabványban (EN 1993-1-3) találhatók meg.

A következőkben $N_{c,Rd} = f_{yb}A/\gamma_{M_0}$; $N_{t,Rd} = f_{yb}A/\gamma_{M_0}$; $M_{y,Rd} = f_{yb}W_y/\gamma_{M_0}$ and $M_{z,Rd} = f_{yb}W_z/\gamma_{M_0}$
ahol
$A = A_g$ 1.-3. kmt. osztályú szelvények esetén,
$A = A_{eff}$ 4. kmt. osztályú szelvények esetén.
Amennyiben $A_{eff} = A_g$, $N_{c,Rd}$, $M_{y,Rd}$, $M_{z,Rd}$ az EN 1993-1-3 6.1.3 és 6.1.4 előírások szerint átlagos folyáshatárból számítható (f_{ya})
$W_y = W_{pl,y}$ and $W_z = W_{pl,z}$ 1.-2. kmt. osztályú szelvények esetén,
$W_y = W_{el,y}$ and $W_z = W_{el,z}$ 3. kmt. osztályú szelvények esetén,
$W_y = W_{eff,y}$ and $W_z = W_{eff,z}$ 4. kmt. osztályú szelvények esetén.
A_{eff} tiszta nyomásra számítható effektív keresztmetszet területe.
W_{eff} a maximális rugalmas feszültséghez tartozó, tiszta hajlításra számítható effektív kereszmetszet rugalmas keresztmetszeti modulusa.

Normálerő-Hajlítás-Nyírás

Egyidejű húzás és hajlítás. Az ellenőrzés az EN 1993-1-3, 6.1.8 szerint a következő:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} \leq 1$$

ahol $N_{t,Rd}$ a keresztmetszet tiszta húzási ellenállása, $M_{cy,Rd,ten}$ az y tengelyre számítható, a húzott szélső szálhoz tartozó nyomatéki ellenállás tervezési értéke és $M_{cz,Rd,ten}$ a z tengelyre számítható, a húzott szélső szálhoz tartozó nyomatéki ellenállás tervezési értéke

Amennyiben $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$ vagy $M_{cz,Rd,com} \leq M_{cz,Rd,ten}$ a következő feltételnek is teljesülnie kell, ahol $M_{cy,Rd,com}$ és $M_{cz,Rd,com}$ a nyomott szélső szálhoz tartozó nyomatéki ellenállások tervezési értékei.

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

Egyidejű nyomás és hajlítás. Az ellenőrzés az EN 1993-1-3, 6.1.9 szerint a következő:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rd,com}} \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$ ami csak abban az esetben tér el zérustól, amennyiben a keresztmetszet az y tengelyre asszimmetrikus és 4. osztályú.
$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,z}$ ami csak abban az esetben tér el zérustól, amennyiben a keresztmetszet az z tengelyre asszimmetrikus és 4. osztályú.

Amennyiben $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$ vagy $M_{cz,Rd,ten} \leq M_{cz,Rd,com}$ a következő feltételnek is teljesülnie kell.

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rd,ten}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

Nagy nyíróerő esetén:
Amennyiben a nyíróerő meghaladja a keresztmetszet nyírási ellenállásának 50%-át, akkor nyíróerő nyomatéki ellenállást csökkentő hatás a következő interakciós formulákkal figyelembe kell venni.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + (1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}})(\frac{2V_{z,Ed}}{V_{z,w,Rd}} - 1) \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + (\frac{2V_{y,Ed}}{V_{y,w,Rd}} - 1) \leq 1$$

ahol $M_{f,Rd}$ a keresztmetszet nyomatéki ellenállása csak az övek teherbírása alapján és $M_{pl,Rd}$ a keresztmetszet képlékeny nyomatéki ellenállása. $V_{z,w,Rd}$ és $V_{y,w,Rd}$ a nyírási ellenállások tervezési értékei.

Nyomóerő-hajlítás-nyírás-csavarás

Amennyiben az elemre ható terhelések nem a keresztmetszet nyírási középpontján haladnak át, a fellépő külpontosság miatt a csavarás hatásait is figyelembe kell venni. A szoftver az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.6. fejezetében előírt elvek alapján végzi el a feszültségek meghatározását, különbséget téve a hatékony és a teljes keresztmetszet alkalmazása között.
A tengelyirányú erőből (N), valamint a hajlítónyomatékokból (My, Mz) származó normálfeszültségeket a szoftver a helyi horpadás és a torzulásos horpadás hatásait tartalmazó effektív keresztmetszeti jellemzők felhasználásával határozza meg. A nyíróerőből szrmazó nyírófeszültségeket, a St. Venant-féle szabad csavarásból származó nyírófeszültségeket, valamint a gátolt csavarásból eredő öblösödési normál- és nyírófeszültségeket a teljes keresztmetszet geometriai jellemzőire alapozva számítja a program.

A következő feltételeknek kell teljesülnie:

$$\boldsymbol{\sigma_{tot,Ed} \le \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}$$

$$\boldsymbol{\tau_{tot,Ed} \le \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_{M0}}}$$

$$\boldsymbol{\sqrt{\sigma_{tot,Ed}^2 + 3\,\tau_{tot,Ed}^2} \le \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_{M0}}}$$

ahol $\boldsymbol{\sigma_{tot,Ed}}$ az összegzett normálfeszültség tervezési értéke,
$\boldsymbol{\tau_{tot,Ed}}$ az összegzett nyírófeszültség tervezési értéke.

Normáleró-Hajlítás-Kihajlás

Az ellenőrzés a a második generációs EN 1993-1-1:2024 szabvány 8.2.5 és 8.2.6 fejezetein alapszik.

Hajlítás és egyidejű nyomóerő esetén:

Erős tengely körüli kihajlás:

$$\left(\omega_{x,y}\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{c,Rd}}\right)^{\alpha_y} + \left(\omega_{x,LT}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{cy,Rd}}\right)^{\beta_y} + \left(\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{\delta_y} \le 1$$

Gyenge tengely körüli kihajlás:

$$\left(\omega_{x,z}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{c,Rd}}\right)^{\alpha_z} + \left(\omega_{x,LT}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{cy,Rd}}\right)^{\beta_z} + \left(\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{\delta_z} \le 1$$

További feltételek asszimmetrikus szelvények esetén:

$$\left(\omega_{x,y}\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{c,Rd}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}}\right)^{\alpha_y} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}}\right)^{\beta_y} + \left(\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{\delta_y} \le 1$$

$$\left(\omega_{x,z}\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{c,Rd}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}}\right)^{\alpha_z} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}}\right)^{\beta_z} + \left(\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}}\right)^{\delta_z} \le 1$$

ahol:
χ_y, χ_z a kihajlási csökkentő tényezők. Amennyiben az elcsavarodó kihajlás a mértékadó, akkor χ_y vagy χ_z helyére χ_{TF} csökkentő tényező írandó összhangban az EN1993-1-1:2006, 6.2.3. fejezettel.
χ_{LT} a kifordulási csökkentő tényező a EN1993-1-1:2006, 6.2.4. fejezettel összhangban.
$\alpha_y, \alpha_z, \beta_y, \beta_z, \delta_y, \delta_z$ kitevők a EN1993-1-1:2024. szabvány 8.9. táblázata szerint.
$\omega_{x,y}, \omega_{x,z}, \omega_{x,LT}$ interpolációs tényezők a EN1993-1-1:2024. szabvány 8.10. táblázata szerint. Konzervatív becslésként, az interpolácós tényezők értékére 1,0 mindig alkalmazható. Az interpolációs tényezők általános alakja $\omega_{x,i} = \chi_i + (1-\chi_i)\sin\frac{\pi x_s}{l_{cr,i}}$, ahol i a kérdéses tengely az adott kihajlási irányhoz, x_s a vizsgált keresztmetszet távolsága a csuklós támasztól, vagy a nyomatéki nullponttól. $l_{cr,i}$ a kihajlási hossz.

Hajlítás és egyidejű húzás:
A feljebb bemutatott formulák alkalmazhatók annyi különbséggel, hogy az $N_{c,Rd}$ helyére $N_{t,Rd}$-t kell írni, valamint a kihajlás csökkentő tényezők értéke $\chi_y = \chi_z = \chi_{LT} = 1{,}0$.

Kapcsolat

A főtartó-szelemen kapcsolatok ellenőrzése az EN 1993-1-3 szabvány 8.3. pontjával összhangban került kidolgozásra. Az ellenőrzés nem foglalja magában a hegesztések vizsgálatát, valamint a hajlított-nyírt lemezek és szelemenbakok ellenőrzését, valamint azok kapcsolatát a főtartóval. Az ellenőrzés a szelemenek és a szelemeneket bekötő csavarok nyírási és palástnyomási ellenállásának meghatározására, valamint az ezek alapján meghatározható kihasználtságra terjed ki.

Nyírt csavarok:

Palástnyomási ellenállás:

A palástnyomaási ellenállást az SD3 modul az EN 1993-1-3 szabvány 8.4. táblázata alapján határozza meg:

$$F_{b,Rd} = 2.5\ \alpha_b k_t f_u\ d\ t/\gamma_{M2}$$

ahol d a csavar névleges átmérője, $f_u$és t a vékonyabb lemez szakítószilárdsága és falvastagsága, α_b egy tényező aminek értéke min(1.0; $e_1/3d$. e_1 a szélső csavar távolsága az elem szélétől az erő irányában.

$k_t = (0.8\ t + 1.5)/2.5$ amennyiben $0.75\ mm \leq t \leq 1.25mm$; $k_t = 1.0$ amennyiben $t > 1.25\ mm$

Nyírási ellenállás:

4.6, 5.6 és 8.8 szilárdsági osztályok esetén:

$$F_{v,Rd} = 0.6 f_{ub} A_s/\gamma_{M2}$$

4.8, 5.8, 6.8 és 10.9 szilárdsági osztályok esetén:

$$F_{v,Rd} = 0.5 f_{ub} A_s/\gamma_{M2}$$

ahol A_s a csavarok húzási keresztmetszete és f_{ub} a csavar anyagának szakítószilárdsága. A nyírási ellenállásnak ($F_{v,Rd}$) el kell érnie legalább a palástnyomási ellenállásnak a 20%-al növelt értékét.

Hatékony keresztmetszet ellenállása:

$$F_{n,Rd} = (1 + 3r(d_0/u - 0.3)A_{net} f_u/\gamma_{M2}\ \leq\ A_{net} f_u/\gamma_{M2}$$

Húzott csavarok:

Húzási ellenállás:

$$F_{t,Rd} = 0.9 f_{ub} A_s/\gamma_{M2}$$

Kihúzási ellenállást tesztek segítségével kell megállapítani.

Nyírás /y

Az ellenőrzés az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.5. pontjával összhangban:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{b,y,Rd}} \leq 1$$

$$V_{b,y,Rd} = \frac{A_f f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

ahol f_{bv} a nyírási tervezési szilárdság figyelembe véve a nyírási horpadást az EN 1993-1-3 6.1. táblázata alapján. A_f az övek keresztmetszeti területe.

Nyírás /z

Az ellenőrzés az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.5. pontjával összhangban:

$$\frac{V_{zEd}}{V_{b,z,Rd}} \leq 1$$

$$V_{b,z,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} t f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

ahol f_{bv} a nyírási tervezési szilárdság figyelembe véve a nyírási horpadást az EN 1993-1-3 6.1. táblázata alapján. h_w a gerinc magassága övek középtengelyei között mérve. ϕ a gerinc hajlásszöge az övekhez képest.

A nyírási szilárdság a lemez relatív karcsúsága alapján a következők szerint határozható meg.

Hosszirányú merevítővel nem rendelkező gerinc esetén:

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

Hosszirányban merevített gerinc esetében:

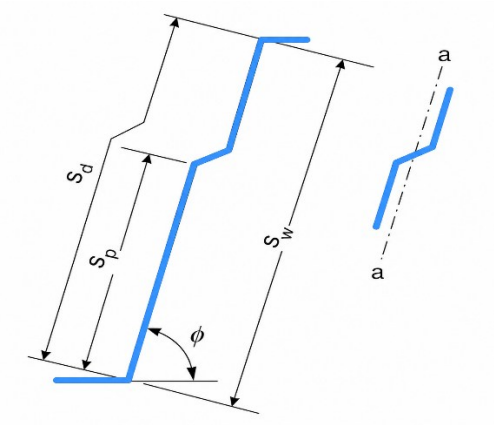
$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5.34\ f_{yb}}{k_\tau E}}, \bar{\lambda}_w \geq 0.346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

ahol

$$k_\tau = 5.34 + \frac{2.10}{t} \left(\frac{\sum I_s}{s_d}\right)^{\frac{1}{3}}$$

I_s a hosszirányú merevítés inerciája az a tengelyre.

s_d, s_p és $s_w$paraméterek az ábra szerint.



Hajlítás és koncentrált erőbevezetés

A hajlítás és koncentrált erőbevezetés interakciós vizsgálatát a modul az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.11. pontja szerint végzi.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1.25$$

ahol

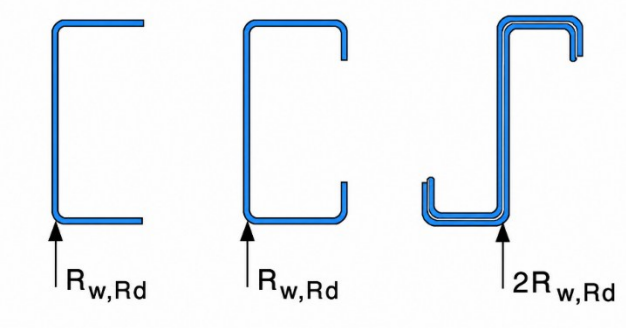
$M_{c,Rd}$ a keresztmetszet nyomatéki ellenállása,

$R_{w,Rd}$ a gerinc beroppanási ellenállása EN 1993-1-3, 6.1.7. pontja szerint.

Az interakciós formula mellett a szelvény megfelelősége nyomatékkal és beroppanással szemben külön is vizsgálva van:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} < 1 \text{ és } \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1.$$

Merevítés nélküli gerinccel rendelkező szelvények beroppanási ellenállását a szoftver az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.7.2. pontjában található előírások alapján számítja.



A keresztmetszetnek a következő szerkesztési szabályokat kell betartaniuk:

$$\frac{h_w}{t} \leq 200$$

$$\frac{r}{t} \leq 6$$

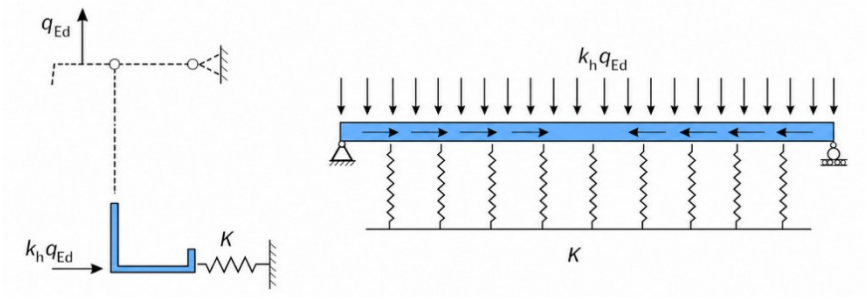
$$45 \leq \phi \leq 90$$

Merevített gerinccel rendelkező szelvények esetén a program a beroppanási ellenállást az EN 1993-1-3 6.1.7.4. szerint számítja.

Megtámasztás nélküli öv vizsgálata

Olyan esetekben, amikor a gerendák egyik övét (legtöbbször a felső övet) a burkolat a megtámasztja, a másik öv azonban nincs megtámasztva, a szabad öv ellenőrzését külön is el kell végezni. A vizsgálatra vonatkozó részletek és előírások megtalálhatók az EN 1993-1-3 szabvány 10.1. pontjában.

A normálerővel és hajlítással terhelt szelemenekben ébredő normálfeszültségek mellett a szabad öv esetében figyelembe kell vennünk egy keresztirányú hajlítást, amely a szelvény elcsavarodásából ered.



Az övekben keletkező feszültségeknek teljesíteniük kell a következő feltételeket:

Megtámasztott öv:

$$\frac{1}{\frac{f_y}{\gamma_M}}\left(\frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}}+\frac{N_{Ed}}{A_{eff}}\right)\leq 1.0$$

Szabad öv:

$$\frac{1}{\frac{f_y}{\gamma_M}}\left(\frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y}}+\frac{N_{Ed}}{A_{eff}}+\frac{M_{fz,Ed}}{W_{fz}}\right)\leq 1.0$$

ahol

A_{eff} az effektív keresztmetszeti terület tiszta nyomásra,

$M_{fz,Ed}$ a keresztirányú hajlítónyomaték a szabad övben az ún. $q_{h,Ed}$ helyettesítő keresztirányú megoszló teher hatására,

$W_{eff,y}$ az effektív keresztmetszet hajlítási modulusa tiszta hajlításra.

W_{fz} a szabad öv hajlítási modulusa a z tengely körüli hajlításhoz (figyelembe véve a gerinc valamekkora részének inerciáját is a keresztmetszettől függően).

A helyettesítő keresztirányú megoszló teher értéke $q_{h,Ed}=k_h q_{Ed}$, ahol k_h egy keresztmetszet méreteitől és alakjától függő tényező, q_{Ed} pedig a tartóra ható megoszló teher tervezési értéke. Egy térbeli modellen azonban a szelemenekre ható teher sok esetben lineárisan megoszló, vagy akár koncentrált erő is lehet. Ilyen esetekben a szoftver egy egyenértékű megoszló terhet állít elő a tartóra a keresztirányú helyettesítő megoszló teher számítása céljából.

A helyettesítő keresztirányú teherből számolt nyomatékot még egy tényezővel módosítani kell a következő szerint.

$$M_{fz,Ed}=\kappa_R M_{0,fz,Ed}$$

κ_R egy korrekciós tényező a megtámasztások figyelembevételére. Értékének kiszámításához (az EN 1993-1-3 szabvány 10.1. táblázata alapján) szükségünk van az R tényezőre:

$$R=\frac{KL^4}{\pi^4 E I_{fz}}$$

ahol

I_{fz} a szabad öv inerciája (figyelembe véve a gerinc egy részét is) keresztirányú hajlítással szemben,

L a megtámasztások közötti távolság.,

K egy keresztirányú rugómerevség amit a következő módon számíthatunk:

$$\frac{1}{\frac{1}{C_{D,A}}+\frac{1}{C_{D,C}}},$$

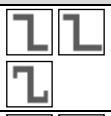
ahol $C_{D,A}$ és $C_{D,C}$ a szelemen és a burkolat kapcsolatának elcsavarodási merevsége, valamint a burkolat hajlításából származó elcsavarodási merevség.

Kifordulás:

Amennyiben a szabad övben nyomás van, a stabiltási ellenőrzés a következő feltétel igazolását jelenti:

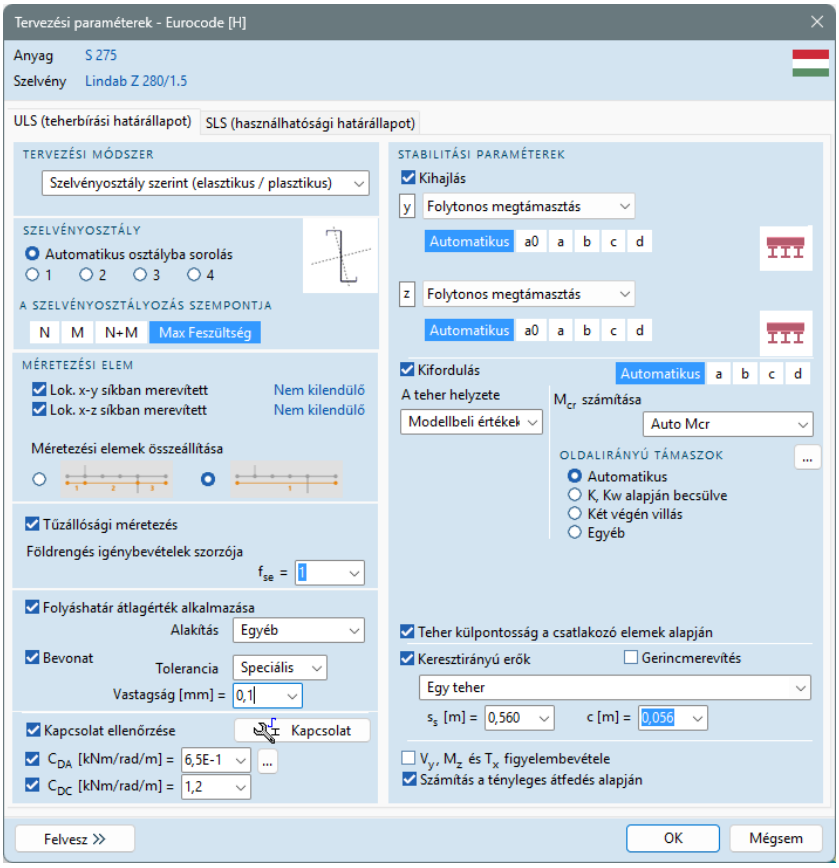
$$\frac{1}{\chi_{LT}}\left(\frac{M_{y,Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_M}W_{eff,y}}+\frac{N_{Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_M}A_{ff}}\right)+\frac{M_{fz,Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_M}W_{fz}}\leq 1.0$$

Támogatott szelvénytípusok

Szelvény		N-M-V	N-M-Kihajlás	Kapcsolat	Nyírás Vy	Nyírás Vz	Fz-My	Szabad öv	Effektív kmt.
Asszimmetrikus Z		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Asszimmetrikus C		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6.6.2.1. ULS tervezési paraméterek

Hidegen alakított, vékonyfalú vonalelemek EC3 szerinti méretezésének végrehajtásához a *Tervezési paraméterek* dialógusablakban az *ULS (teherbírási határállapot)* fülön következő paraméterek értékeit kell a kijelölt szerkezeti elemekhez megadni:



A paraméterek jó része azonos a korábbi fejezetekben a melegen hengerelt acél elemek méretezésénél ismertetett tervezési paraméterekkel. Részletekért *Lásd…* **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul.** Itt csak azokat a paramétereket, beállításokat és eljárásokat ismertetjük, amelyek újonnan és kifejezetten az **SD3** modul fejlesztésével kerültek a programba.

Tűzállósági méretezés

A kapcsoló segítségével befolyásolhatjuk, hogy ha az elemhez tűzteher-paramétereket rendeltünk, és megfelelő teherkombinációt vizsgálunk, végezzen-e az AXISVM tűzállósági méretezést is. A tűzállósági vizsgálat elvégzéséhez **SD8** modul szükséges.

Folyáshatár átlagértékének alkalmazása

Beállítható, hogy méretezéskor a von Mises-feszültség ellenőrzésénél az EN 1993-1-3 3.2.2. pontja szerint a folyáshatár átlagértékét (f_{ya}) használja-e a program az alap folyáshatár helyett (f_{yb}) és.

Alakítás: itt a hidegen alakítás módját ki kell választani.

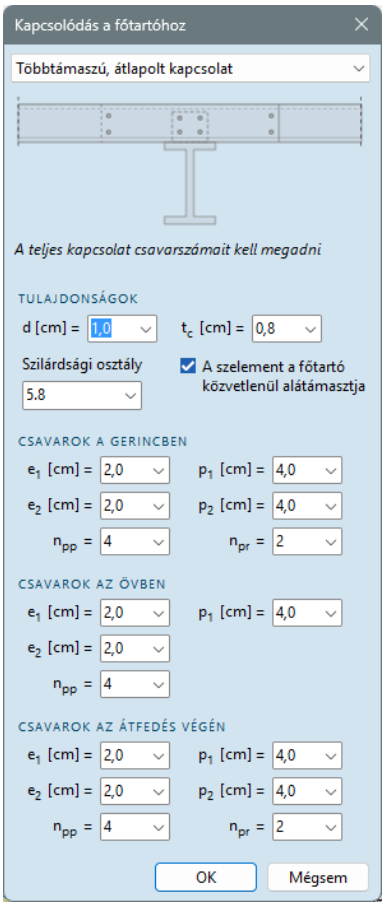
Bevonat

Amennyiben a szelvény paraméterek között a falvastagság tartalmazza a bevonat vastagságát, akkor abból a méretezés előtt le kell vonnunk a kétoldali bevonat vastagságát, hogy a méretezéshez szükséges

acélmag vastagságával végezzük el a számításokat. A toleranciát és a bevonat vastagságot az EN 1993-1-3 3.2.4. pontjával összhangban kell megadni.

Kapcsolat ellenőrzése

A modul segítségével lehetőség nyílik szelemen-főtartó kapcsolatok ellenőrzésére. Ehhez a *Kapcsolat* gombra kattintva ki kell választanunk a kapcsolat típusát és definiálni a szükséges paramétereket.



Megadhatjuk a kötőelemek *d* átmérőjét, a szelemenbak/nyírt lemez falvastagságát (t_c), a kötőelemek szilárdsági osztályát, és azt, hogy a szelement a főtartó közvetlenül alátámasztja-e. Ez azért fontos információ, mert a gerincben lévő csavarokon gravitációs jellegű teherre nem lép fel nyíróerő, csak szélszívás esetén.

Meg kell adni a csavarok helyét a kapcsolaton belül:

e_1, e_2, a szélső csavarnak az összekapcsolt elemek szélétől mért távolságai,

p_1 és p_2 a csavarok tengelytávolsága.

Az 1-es index a méretezett elem hossztengelyével párhuzamos irányt jelöli, a 2 az arra merőlegeset.

Meg kell még adnunk a csavarok számát (n_{pp}), és hogy hány sorban helyezzük el őket (n_{pr}).

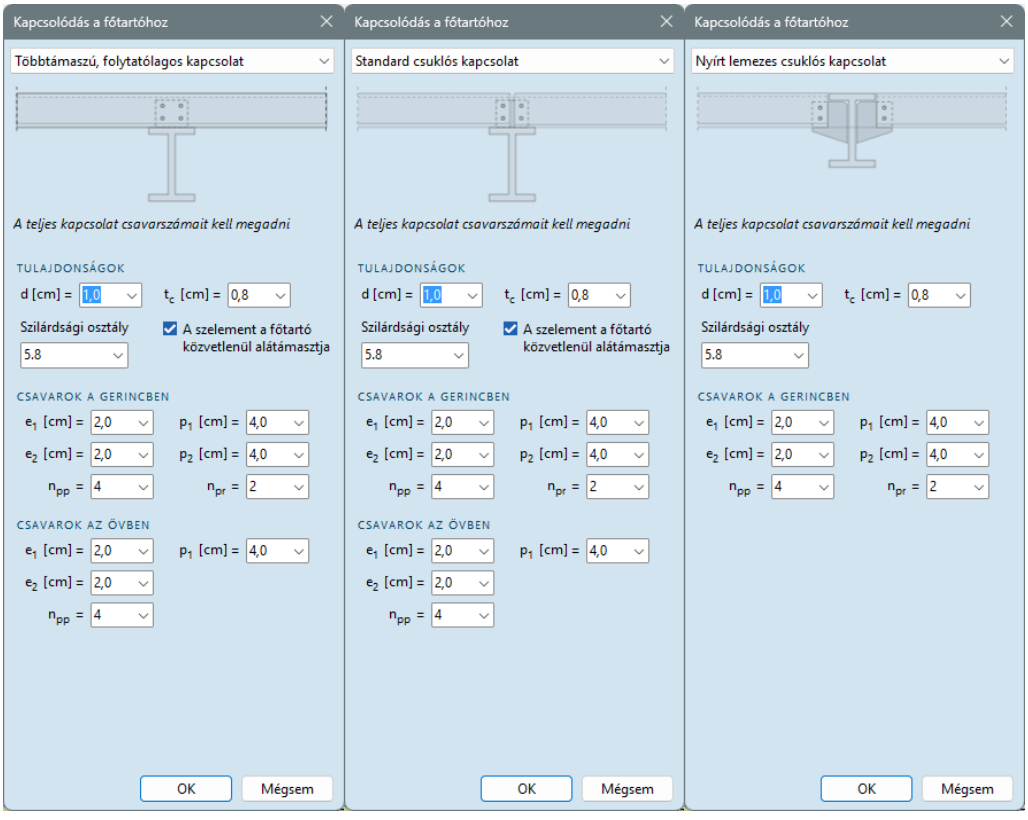
A képeken látható módon négyféle kapcsolattípusból választhatunk:

Többtámaszú, átlapolt kapcsolat

Többtámaszú, folytatólagos kapcsolat

Standard csuklós kapcsolat

Nyírt lemezes csuklós kapcsolat



☞ **Az ellenőrzés nem foglalja magában a hegesztések vizsgálatát, valamint a hajlított-nyírt lemezek és szelemenbakok ellenőrzését, valamint azok kapcsolatát a főtartóval. Az ellenőrzés a szelemenek és a szelemeneket bekötő csavarok nyírási és palástnyomási ellenállásának meghatározására, valamint az ezek alapján meghatározható kihasználtságra terjed ki.**

C_{DA} és C_{DC}

C_{DA} *és* C_{DC} paraméterekként megadhatók a szelement megtámasztó burkolat és szelemen kapcsolatából, valamint a burkolat meghajíltásából számítható elcsavarodási merevség. Előbbi közelítően is számítható a burkolatot rögzítő kötőelemek számának megadása után, a mező melleti gombra kattintva.

Keresztirányú erők

Az EN 1993-1-3 szabvány 6.1.7. pontja szerinti beroppanási ellenállás meghatározásához szükséges paraméteket kell megadni a paraméterek között.

- A *Gerincmerevítés* kapcsoló segítségével állíthatjuk be, hogy a vizsgált szelemen/falvázgerenda gerince merevített-e.
- A megtámasztás és terhelés beállítása:

(i) Egy teher (EN 1993-1-3, 6.1.7.2(3), 6.7a ábra).

(ii) Ellentétés terhek (EN 1993-1-3, 6.1.7.2(3), 6.7b ábra).

(iii) Egy teher + gátolt gerincelfordulás (EN 1993-1-3, 6.1.7.2(4), 6.7a ábra).

(iv) Ellentétés terhek + gátolt gerincelfordulás (EN 1993-1-3, 6.1.7.2(4), 6.7b ábra).

- s_s a merev alátámasztás szélessége,
- c a távolság az elem szélétől.

V_y, M_z és T_x figyelembevétele

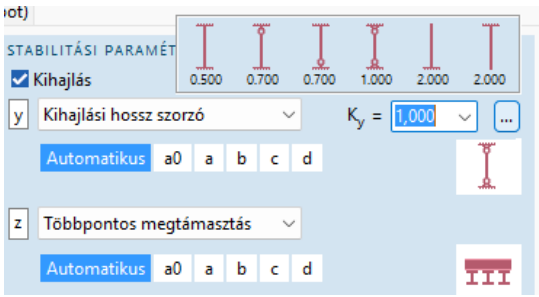
A burkolat megtámasztó hatása miatt a keresztirányú nyíróerő, a keresztirányú nyomaték, a Saint-Venant féle tiszta csavarónyomaték, valamint a gátolt csavarónyomaték hatása gyakran elhanyagolható. Ezzel a kapcsolóval ezen igénybevételek figyelembevételét lehet kontrollálni.

Számítás a tényleges átfedés alapján

Az átfedési zónában az átfedő- és az eredeti szelvény együttesével létrejövő szelvény tulajdonságait a szoftver közelítő módon, valamint pontosan is tudja számítani. A pontos számítás jóval időigényesebb. A közelitő számítás a két szelvény szükséges keresztmetszeti jellemzőit egyszerűen összegzi.

6.6.2.1.1 Kihajlás

Az ***y*** és ***z*** tengelyek körüli, a rúd *x-z,* illetve *x-y* síkjában értelmezett kihajlási ellenállás számításához ismernünk kell a méretezési elem megtámasztási viszonyait. Ezek háromféleképpen adhatóak meg: *Kihajlási hossz szorzó, Kihajlási hossz* és *Többpontos megtámasztás*.
A kihajlási hossz szorzó és a kihajlási hossz választása esetén a ... gombra kattintva adhatjuk meg a statikai vázat/kihajlási alakot.



Kihajlási hossz szorzó

K_y, K_z *kihajlási hossz szorzók* (befogási tényezők). Itt fokozott figyelmet kell fordítani a méretezési elem hosszára. Amennyiben a kijelölt elembe csatlakozó egyéb elemek elválasztják egymástól a szerkezeti elemeket (*Lásd...* **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul**), előfordulhat, hogy egy méretezésre kiválasztott elem több méretezési elemre esik szét. A megadott befogási tényezők a méretezési elemek hosszára, nem pedig a kijelölt elem hosszára vonatkoznak!

Kihajlási hossz

L_y, L_z *kihajlási hosszak*. Ekkor a méretezési elem hosszától függetlenül kezelhető a kihajlási hossz, ami összetett szerkezetek esetén sokszor átláthatóbb méretezést tesz lehetővé.

☞ **Mind kihajlási hossz szorzó, mind kihajlási hossz megadása esetén fontos megadnunk a kihajlási alakot, ugyanis a térbeli elcsavarodó kihajlás ellenőrzéséhez megadott interakciós formulák felírásához szükséges ismerni a kihajlási alakot. Befogott-csuklós, valamint konzolos kihajlási alakok esetén körültekintően kell eljárnunk, mivel nem mindegy, hogy a befogás a tartó elején vagy a végén helyezkedik el.**

Többpontos megtámasztás

A kihajlási alakot ilyenkor a szoftver automatikusan veszi fel szinusz hullám alakban, ahol a szinusz fél hullámhossza egyenlő a megtámasztó főtartók távolságával. Szelemenek esetén ez a javasolt alapbeállítás.

6.6.2.1.2 Kifordulás és oldalirányú támaszok

Lásd... **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul**

6.6.2.2. SLS tervezési paraméterek


SLS

A használati határállapotban történő igazoláshoz szükséges paraméterek azonosak a melegen hengerelt tartóknál megadható paraméterekkel és az ott ismertetett módszerek és elvek is érvényesek.

Lásd... **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul**

Lásd... **6.6.1.2 SLS tervezési paraméterek**

A melegen hengerelt tartókhoz képest annyi különbség van a számításban, hogy hidegen alakított, vékonyfalú acél elemek esetén a 4. osztályú szelvények effektív keresztmetszetének hatása figyelembe van véve az elmozdulások merevségi arányoknak megfelelő felszorzásával.

6.6.2.3. Lekérdezések és részletes tervezési számítások

Lekérdezés

Valamely szerkezeti elemre kattintva egy lekérdező ablak jelenik meg, ahol a vizsgálatok eredményeit, illetve a maximális kihasználtságot láthatjuk. Az ablakon belül bármely szerkezeti elem bármely keresztmetszetében bármely teheresethez vagy kombinációhoz tartozó érték lekérdezhető. Ha az adott szelvényre valamely vizsgálat nem végezhető el, annak diagramja áthúzottan jelenik meg.

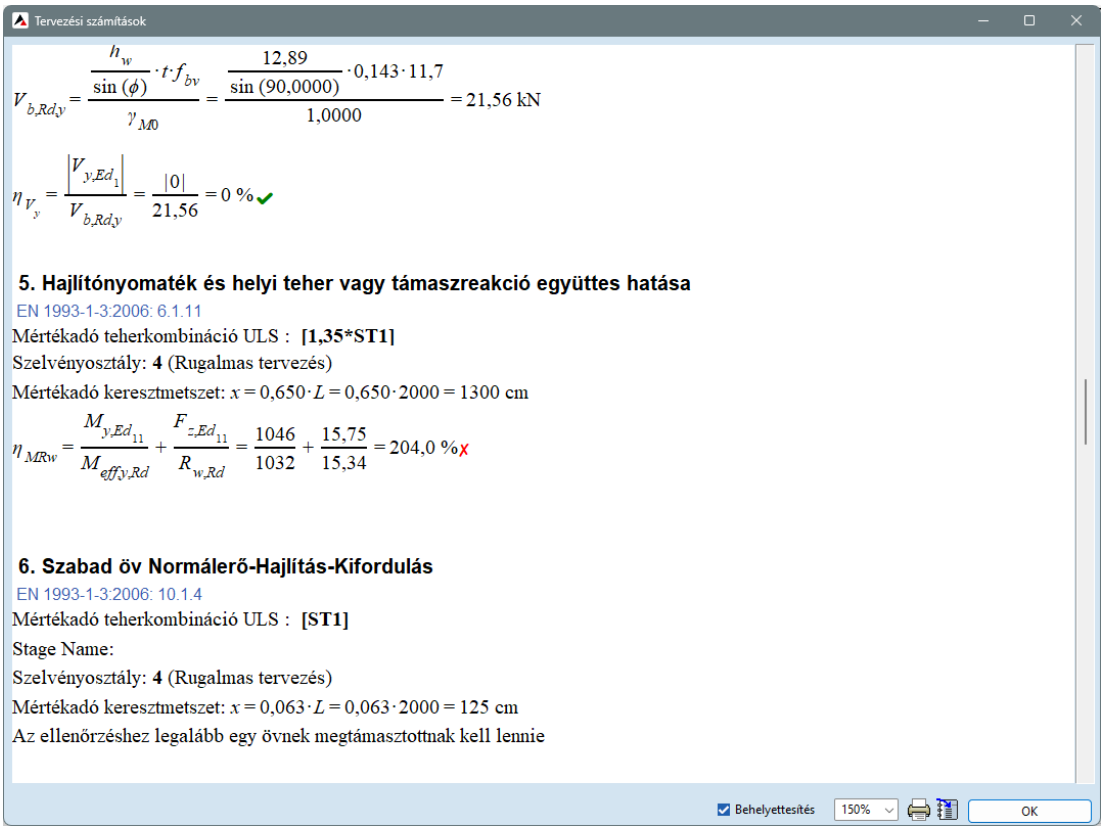
Lásd... **6.6.1.3 Lekérdezések és részletes tervezési számítások**



Tervezési számítások

A gombra kattintva megtekinthetőek és kinyomtathatóak a szabvány által előírt részletes számítások. A szabvány hivatkozott fejezetei a szövegben kék színnel jelennek meg.

Lásd... **6.6.1.3 Lekérdezések és részletes tervezési számítások**



6.6.2.4. Acélszerkezetek szelvényoptimalizálása – SD9 modul

Az SD9 modullal hidegen alakított, vékonyfalú (azaz SD3 modullal méretezett) elemek **nem optimalizálhatók**.

6.6.3. Acélrúd ellenőrzése tűzhatásra Eurocode 3 szerint – SD8 modul

Szabványok

Tűzhatásra való méretezés az Eurocode, az NTC és SIA szabvány szerint érhető el.
A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Acélszerkezetek vizsgálata tűzhatásra

(EN 1993-1-2)

Acélszerkezetek tűzhatásra való méretezése (SD8 modul) a "hagyományos" acélméretezésre épül (SD1 modul; *Lásd...* **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul; SD3 modul:** *lásd...* **6.6.2 Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falváztartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul**), így **az SD8 modul használatához az SD1 vagy SD3 modul is szükséges.** Az Eurocode szabványsorozatban acélszerkezetek tűzhatásra való méretezésével az EN 1993-1-2 szabvány (továbbiakban EC3-1-2) foglalkozik, mely felépítésében, megközelítésében és az ismertetett méretezési módszerekben is jelentős hasonlóságot mutat az EN 1993-1-1 szabvánnyal, amely a „hagyományos" acélméretezéssel foglalkozik. Ennek megfelelően a tűzhatásra való méretezés ismertetése során külön csak azokat a részeket, szabályokat és eljárásokat ismertetjük, melyek eltérnek az EN 1993-1-1 szabályaitól és a **6.6.1** fejezetben szereplő megoldásoktól. Az itt nem részletezett esetekben a **6.6.1** fejezet az irányadó.

Tűzhatással szembeni méretezés csak abban az esetben hajtható végre, ha a vizsgált teherkombinációban van tűz tehereset (**4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**) és a vizsgált elemre tűzhatást definiáltunk ebben a teheresetben (**4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul**). Abban az esetben, ha a kijelölt méretezési elem vonalelemeire eltérő tűzhatás paramétereket adtunk meg, a program nem tudja elvégezni a méretezést és hibaüzenettel tér vissza. Szükséges továbbá, hogy a vizsgált acél méretezési elemre tűz méretezési paramétereket definiáljunk (lásd lejjebb).

Elemszintű ellenőrzés

A méretezés részleteinek tárgyalása előtt fontos megemlíteni, hogy az EC3-1-2 szabvány megkülönbözteti egy szerkezeti elem vizsgálatát, a szerkezet egy részének vizsgálatát és a teljes szerkezet vizsgálatát. Egyszerűsége okán egy szerkezeti elem vizsgálata egyelőre a legelterjedtebb igazolási forma a mérnökök körében, ugyanis a szerkezet egy részének vizsgálata, illetve a teljes szerkezet vizsgálata rendszerint nemlineáris numerikus modellt és nemlineáris statikai analízist igényel.
Egy szerkezeti elem vizsgálata esetén a szabvány számos engedményt tesz, amely egyszerűsíti a számítást:

- a belső erők hasonlóan számíthatók, mint normál hőmérséklet esetén, lineáris statikai analízis segítségével;
- „a keresztmetszeten belül változó hőmérsékletből származó alakváltozásokat kell csak tekintetbe venni, a hosszirányú vagy síkra merőleges hőtágulásokat figyelmen kívül lehet hagyni" (MSZ EN 1993-1-2);
- a peremfeltételeket a tűzhatás teljes időtartama alatt változatlannak lehet tekinteni.

Az SD8 modullal végrehajtott méretezés egyes szerkezeti elemek vizsgálatát végzi. A tűzhatások és a méretezési paraméterek megadásakor az EC3-1-2 előírásaival összhangban mérlegelni kell, hogy a kijelölt szerkezet/elem vizsgálható-e különálló szerkezeti elemként.
Amennyiben tekintettel vagyunk a peremfeltételekre, az EC3-1-2 2.4.3 pontjában leírtakra és figyelembe vesszük a tűzhatást mint hőmérséklet-változási terhet, akkor bizonyos esetekben lehetőséget nyújt a modul szerkezeti részek vizsgálatára is.

$k_{y,\theta}$, k_E, $k_{y,\theta,4}$

Az EC3-1-2 szabvány szerint a programban a következő szilárdságot és merevséget csökkentő tényezők vannak figyelembe véve hagyományos szerkezeti acélok esetén:

- $k_{y,\theta}$ – folyáshatár csökkentő tényező 1., 2. és 3. osztályú szelvények esetében;
- $k_{y,\theta,4}$ – folyáshatár csökkentő tényező 4. osztályú szelvények esetében;
- k_E – rugalmassági modulus csökkentő tényező;

Felhívjuk a figyelmet, hogy korrózióálló acélok esetében eltérő értékeket kell alkalmazni.

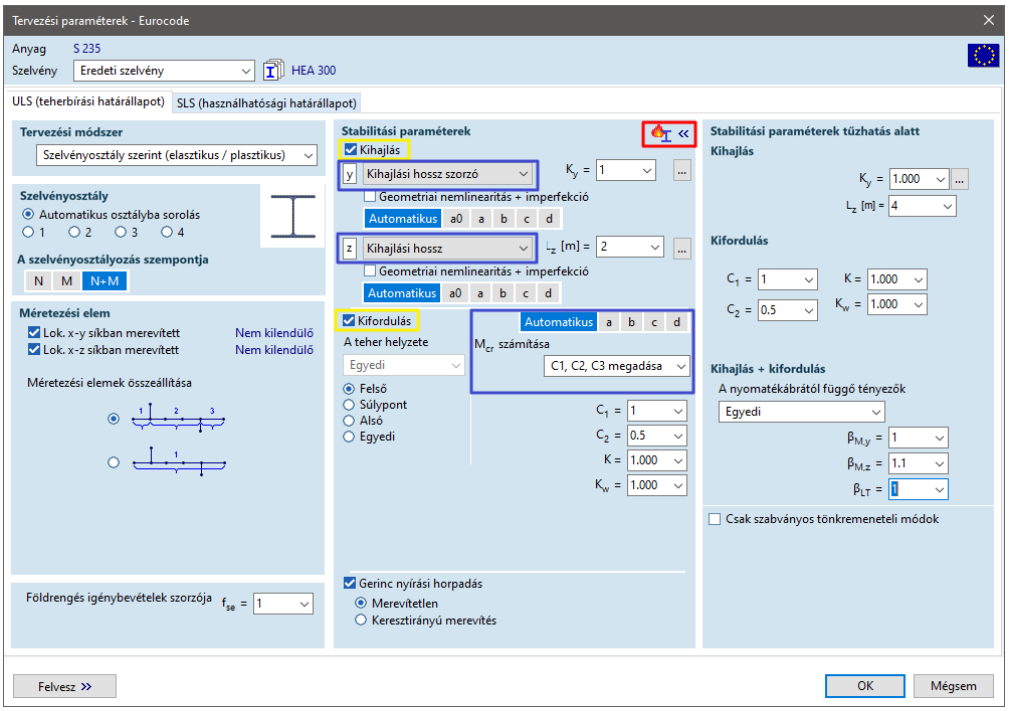
θ_a [°C]	$k_{y,\theta}$	$k_{y,\theta,4}$	k_E
20	1.000	1.000	1.000
100	1.000	1.000	1.000
200	1.000	0.890	0.900
300	1.000	0.780	0.800
400	1.000	0.650	0.700
500	0.780	0.530	0.600
600	0.470	0.300	0.310
700	0.230	0.130	0.130
800	0.110	0.070	0.090
900	0.060	0.050	0.0675
1000	0.040	0.030	0.045
1100	0.020	0.020	0.0225
1200	0.000	0.000	0.000

Tervezési paraméterek megadása tűzhatásra



Az EC3-1-2 szerinti méretezési paraméterek megadásához a *Tervezési paraméterek* dialógus ablakban a pirossal jelölt gombra kell kattintani. A gomb csak akkor látható, ha van SD8 modul, és a beállított szabvány szerinti méretezést támogatja a program. A gombra kattintva az ablak kiszélesedik. Azoknál az elemeknél, amelyeknél a *Stabilitási paraméterek tűzhatás alatt* panel nem látható, a tűzhatással szembeni méretezés nem hajtódik végre.

6.6.3.1. Melegen hengerelt acél elemek tűzállósági méretezése



Stabilitási paraméterek tűzhatás alatt

Kihajlás

Az ***y*** és ***z*** tengelyek körüli kihajlási ellenállás számításához a hagyományos méretezéstől eltérő megtámasztási viszonyokat adhatunk meg. Előfordulhat, hogy egyes elemek oldalirányú megtámasztását normál hőmérsékleten olyan pl. vékonyfalú elemek biztosították, melyek merevségére magas hőmérsékleten nem számíthatunk. Ilyen elemek tipikusan a vékonyfalú szelemenek, melyek tűzhatás esetén rendkívül gyorsan felmelegszenek és elvesztik merevségüket. A megtámasztási viszonyokat ugyanolyan módon vesszük figyelembe, mint normál hőmérsékleten (kék téglalap). *Automatikus számítás* választása esetén a normál hőmérsékletre meghatározott kihajlási hosszat veszi figyelembe a program tűzhatásra méretezés esetén is.
Kihajlásvizsgálat elvégzése (sárga téglalap) nem kérhető csak tűzhatással szembeni méretezésre. Amennyiben kérjük és bekapcsoljuk a *Kihajlás* kapcsolót, akkor a vizsgálat mind normál-, mind tűzhatással szembeni méretezés során végrehajtódik.

Kifordulás

K_ω*:* az öblösödés gátlására utaló tényező tűzhatással szembeni méretezés esetén eltérhet a normál hőmérsékleten figyelembe vett értéktől.
Kifordulásvizsgálat-elvégzése nem kérhető (sárga téglalap) csak tűzhatással szembeni méretezésre.
Amennyiben kérjük és bekapcsoljuk a *Kifordulás* kapcsolót, akkor a vizsgálat mind normál-, mind tűzhatással szembeni méretezés során végrehajtódik.

Mcr (kritikus nyomaték) számítása

A kritikus nyomaték számításához a hagyományos méretezéstől eltérő megtámasztási viszonyokat adhatunk meg, mivel előfordulhat, hogy egyes elemek oldalirányú megtámasztását normál hőmérsékleten olyan pl. vékonyfalú elemek biztosították, melyek merevségére magas hőmérsékleten nem számíthatunk.
A kritikus nyomaték számításának módja azonos a normál hőmérsékletre megadott módszerrel (kék téglalap). AutoMcr választása esetén a normál hőmérsékletre automatikusan számított, vagy megadott megtámasztási viszonyokat veszi figyelembe a program tűzhatásra méretezés esetén is. Amennyiben a megtámasztási viszonyok figyelembevételénél a *k_z, k_w alapján becsülve* opciót választjuk, eltérő k_z és k_w értékeket adhatunk meg. Ha a kritikus nyomatékot képlet alapján számítjuk, vagy egyedi értéket veszünk figyelembe, tűzhatással szembeni méretezésnél eltérő paraméterek adhatók meg.
A program tűzhatással szembeni méretezéskor is a teher helyzetére vonatkozó normál hőmérsékletű méretezési beállítást veszi figyelembe.

Kihajlás + Kifordulás

Elcsavarodó térbeli kihajlás stabilitásvesztési mód vizsgálata csak abban az esetben lehetséges, amennyiben bekapcsoljuk mind a *Kihajlás*, mind a *Kifordulás* kapcsolókat.

Az EC3-1-2 szabványos méretezési módszerét a következőkben, lejjebb ismertetjük. Ennek során interakciós tényezőket kell kiszámítanunk, melyek többek között függenek a nyomatékábra alakjától, melyet

$\beta_{M,y}$, $\beta_{M,z}$ és β_{LT} tényezőkkel vehetünk figyelembe (lásd EC3-1-2 4.2. ábra). Ezeknek a tényezőknek kérhetjük az automatikus meghatározását, de megadhatók kézzel számított értékek is.

Csak szabványos tönkremeneteli módok

Az EC3-1-2 szabvány számos tönkremeneteli mód esetében nem ad iránymutatást és pontos méretezési módszert az elem igazolására. Tipikusan ilyen vizsgálatok többek között a szilárdsági interakciós vizsgálatok, vagy a nyírási horpadás. Ilyen esetekben a szakirodalom szerint jó megoldás lehet a normál hőmérsékletű méretezéshez javasolt formulákat alkalmazni az acél anyag lecsökkent szilárdsági és merevségi tulajdonságainak figyelembevételével. A *Csak szabványos tönkremeneteli módok* bekapcsolása esetén csak az EC3-1-2 szabványban szereplő méretezési formulákkal dolgozunk. Ha nem kapcsoljuk be, akkor azoknál a vizsgálatoknál, ahol nem áll rendelkezésre EC3-1-2 szerinti méretezési formula, az EN 1993-1-1 szabvány méretezési formuláit is kiértékeli a program a csökkent szilárdsági és merevségi paraméterek figyelembevételével.

A későbbiekben több ponton is felhívjuk a figyelmet arra, hogy a program csak szabványos tönkremeneteli módok kiértékelése során, illetve egyéb esetben milyen méretezési formulákat értékel ki.

Keresztmetszeti osztályok

A program az EN 1993-1-1, 5.2 táblázata alapján, a normálerő és a hajlítás együttes figyelembevételével elvégzi a keresztmetszetek osztályba sorolását.

Tűzhatással szembeni méretezés során figyelembe veendő ε tényező EC3-1-2 szerint:

$$\varepsilon = 0.85\sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Kölcsönhatási vizsgálatok

Az SD8 modul a következő kölcsönhatási vizsgálatokat végzi:

Csak szabványos tönkremeneteli módok

☑

Normálerő-Hajlítás-Nyírás [N-M-V]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.9.3) (EN 1993-1-2, 4.2.1-4.2.3, Annex E)
Nyomás-Hajlítás-Kihajlás (síkbeli vagy elcsavarodó) [N-M-Kihajl.]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.5, Annex E)
Normálerő-Hajlítás-Kifordulás [N-M-Kiford.]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.5, Annex E)
Nyírás /y [Vy]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Nyírás /z [Vz]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)

Csak szabványos tönkremeneteli módok

☐

Normálerő-Hajlítás-Nyírás [N-M-V]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9.3) (EN 1993-1-2, 4.2.1-4.2.3, Annex E)
Nyomás-Hajlítás-Kihajlás (síkbeli vagy elcsavarodó) [N-M-Kihajl.]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.5, Annex E)
Normálerő-Hajlítás-Kifordulás [N-M-Kiford.]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.5, Annex E)
Nyírás /y [Vy]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Nyírás /z [Vz]	(EN 1993-1-5, 5.1-5.3) (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Gerinc Nyírás-Hajlítás-Normálerő [Vw-M-N]	(EN 1993-1-1, 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9) (EN 1993-1-5, 5.1-5.3, 7.1) (EN 1993-1-2, 4.2.1-4.2.3, Annex E)

Ellenállások

Képlékeny ellenállás [Npl,fi,Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.1, Annex E)
Központos nyomásra effektív keresztmetszet ellenállása [Neff, fi,Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.1, Annex E)
Rugalmas nyírási ellenállás /y tengely [Vel,fi,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Rugalmas nyírási ellenállás /z tengely [Vel,fi,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Képlékeny nyírási ellenállás /y tengely [Vpl,fi,y,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Képlékeny nyírási ellenállás /z tengely [Vpl,fi,z,Rd]	(EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Nyírási horpadási ellenállás [Vb,fi,Rd]	(EN 1993-1-5, 5.1-5.3, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /yy [Mel,fi,y,Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.4, Annex E)
Rugalmas nyomatéki ellenállás /zz [Mel,fi,z,Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.4, Annex E)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /yy [Mpl,fi,y, Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, Annex E)
Képlékeny nyomatéki ellenállás /zz [Mpl,fi,z,Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, Annex E)
y tengely körüli hajlításra effektív keresztmetszet nyomatéki ellenállása [Meff,fi,y, Rd]	(EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)

z tengely körüli hajlításra effektív keresztmetszet nyomatéki ellenállása [Meff,fi,z,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Min. kihajlási ellenállás (síkbeli vagy elcsavarodó) [Nb,fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.2, Annex E)
Kifordulási ellenállás [Mb,fi,Rd] (EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E)
Kritikus hőmérséklet [θ_{cr}] (EN 1993-1-2)

Normálerő-Hajlítás-Nyírás

Csak szabványos tönkremeneteli módok

Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)
Általános formula:

$$\frac{N_{Ed}}{A\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} \leq 1$$

Amennyiben a nyíróerő tervezési értéke meghaladja a nyírási ellenállás 50%-át, vagy csavarónyomaték is fellép, akkor a következő folyási feltételt vizsgáljuk (kizárólag I-, T-, C-, zárt- és csőszelvények):

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y k_{y,\theta}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 \leq 1$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

Általános formula:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{W_{eff,z}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} \leq 1$$

Amennyiben a nyíróerő tervezési értéke meghaladja a nyírási ellenállás 50%-át, vagy csavarónyomaték is fellép, akkor a következő folyási feltételt vizsgáljuk (kizárólag I-, T-, C-, zárt- és csőszelvények):

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y k_{y,\theta,4}/\gamma_{M_{fi}}}\right)^2 \leq 1$$

$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,y}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, y tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.

$\Delta M_{z,Ed} = N_{Ed} \cdot e_{N,z}$: csak 4. keresztmetszeti osztályú, z tengelyre aszimmetrikus elemek esetén különbözhet nullától.

Képlékeny ellenőrzés
Kétszeresen szimmetrikus I alakú, zárt téglalap-, cső- valamint dobozszelvények teherbírás ellenőrzése az 1. és 2. keresztmetszeti osztályok esetén az EN 1993-1-1 6.2.10 alapján történik az EC3-1-2 előírásainak figyelembevételével. A tiszta normálerő és tiszta nyíróerő ellenőrzések mellett a következő feltétel teljesülését ellenőrzi a modul:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,fi,y,Rd}} \leq 1;\ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,fi,z,Rd}} \leq 1$$

ahol $M_{N,fi,y,Rd}$, $M_{N,fi,z,Rd}$: normálerő és nyírás hatása alapján csökkentett képlékeny nyomatéki ellenállások (EN 1993-1-1 6.2.8. és 6.2.9.1). Cső szelvények esetén a csökkentett nyomatéki ellenállás az alábbiak szerint történik:

$$M_{N,fi,y,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} - 1\right)^2$$

$$M_{N,fi,z,Rd} = 1.04 \cdot \left(1 - \rho - \frac{n^{1.7}}{(1-\rho)^{0.7}}\right);\ n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}};\ \rho = \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}} - 1\right)^2$$

Egyidejűleg előforduló, kéttengelyű hajlítónyomaték esetén az EN 1993-1-1 6.2.9.1. (6) feltétel alapján történik az ellenőrzés (I-, zárt- és csőszelvény):

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,fi,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,fi,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

Egyéb keresztmetszet esetén:

$$N_{pl,fi,Rd} = \frac{A f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}};\ M_{pl,fi,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}};\ M_{pl,fi,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,fi,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

Amennyiben a nyíróerő tervezési értéke meghaladja a nyírási ellenállás 50%-át, a nyomatéki ellenállásokat csökkentjük a nyíróerő hatásával EN 1993-1-1 6.2.8. alapján, EC3-1-2 figyelembevételével ($M_{V,fi,y,Rd}$, $M_{V,fi,z,Rd}$).

Csak szabványos tönkremeneteli módok

Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{A\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}\frac{f_y k_{y,\theta}}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1;\ \frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{W_{eff,z}\frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}} \le 1;\ \frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \le 1$$

Képlékeny ellenőrzés

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,fi,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,fi,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}} \le 1;\ \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} \le 1$$

Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

Vizsgálat az EN 1993-1-2, 4.2.3.5 bekezdés (4.21a, c) képletek szerint:

Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y\frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{W_{eff,y}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{W_{eff,z}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

Képlékeny ellenőrzés

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{min,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_y\frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} + k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Ed}}{\chi_{y,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3;\ k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}} \le 3$$

ahol

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0.44\beta_{M,y} + 0.29 \le 0.8$$

$$\mu_z = (1.2\beta_{M,y} - 3)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0.71\beta_{M,z} - 0.29 \le 0.8$$

$\chi_{y,fi}$ és $\chi_{z,fi}$ tényezők számítása EC3-1-2 4.2.3.2 szerint.

Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

Vizsgálat az EN 1993-1-2, 4.2.3.5 bekezdés (4.21a, c) képletek szerint:
Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_{LT}\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{el,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 1$$

$$k_{LT}=1-\frac{\mu_{LT}N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3;\ k_z=1-\frac{\mu_zN_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_{LT}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{eff,y}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_z\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{W_{eff,z}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 1$$

$$k_{LT}=1-\frac{\mu_{LT}N_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3;\ k_z=1-\frac{\mu_zN_{Ed}}{\chi_{z,fi}A_{eff}k_{y,\theta,4}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3$$

Képlékeny ellenőrzés

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_{LT}\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,fi}W_{pl,y}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}+k_z\frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z}k_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 1$$

$$k_{LT}=1-\frac{\mu_{LT}N_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3;\ k_z=1-\frac{\mu_zN_{Ed}}{\chi_{z,fi}Ak_{y,\theta}\frac{f_y}{\gamma_{M_{fi}}}}\le 3$$

ahol

$$\mu_{LT}=0.15\bar{\lambda}_{z,\theta}\beta_{M,LT}-0.15\le 0.9$$

$$\mu_z=\left(1.2\beta_{M,y}-3\right)\bar{\lambda}_{z,\theta}+0.71\beta_{M,z}-0.29\le 0.8$$

$\chi_{LT,fi}$ és $\chi_{z,fi}$ tényezők számítása EC3-1-2 4.2.3.2 és 4.2.3.3 szerint.

Nyírás /y

Ellenőrzés EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E szerint:

Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}}\le 1;\ V_{el,fi,y,Rd}=\frac{I_z\cdot t}{S_z}\frac{f_yk_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{el,fi,y,Rd}}\le 1;\ V_{el,fi,y,Rd}=\frac{I_z\cdot t}{S_z}\frac{f_yk_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Rugalmas esetben támogatott szelvénytípusok:



Rugalmas esetben nem támogatott szelvénytípusok, vagy képlékeny ellenőrzés esetén:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,fi,y,Rd}}\le 1;\ V_{pl,fi,y,Rd}=A_v\frac{f_yk_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Nyírás /z

Csak szabványos tönkremeneteli módok

Az ellenőrzés során a következő feltételt vizsgálja a program:

$$\frac{V_{zEd}}{\min\left(V_{z,fi,Rd},V_{b,fi,Rd}\right)}\le 1$$

$V_{b,fi,Rd}$ nyírási horpadási ellenállásának számításában csak a gerinc ellenállását vesszük figyelembe I- és zártszelvények esetén. $V_{z,fi,Rd}$ számítása lejjebb, mint csak szabványos tönkremeneteli módok vizsgálatakor.

Az EC3-1-2 nem rendelkezik előírással tartók gerinclemezének nyírási horpadással szembeni ellenőrzésével kapcsolatban. Ilyenkor az ellenőrzést az EN 1993-1-5 szabvány 5.1-5.3 fejezetei alapján hajtjuk végre tekintettel az EC3-1-2 szabvány vonatkozói előírásaira a szilárdság és a merevség csökkentésével kapcsolatban, illetve tekintettel André Reis, Nuno Lopes, Paulo Vila Real kutatási eredményeire (A. Reis, N. Lopes és P. Vila Real: *Numerical study of steel plate girders under shear loading at elevated temperatures,* Journal of Constructional Steel Research, 117 (2006) 1-12).

1., 2. és 3. km. osztály

$$V_{b,fi,Rd} = \chi_{w,\theta} h_w t_w \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

4. km. osztály

$$V_{b,fi,Rd} = \chi_{w,\theta} h_w t_w \frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

ahol

$$\chi_{w,\theta} = 1.2 \quad \bar{\lambda}_{w,\theta} < \frac{0.61}{1.2}$$

$$\chi_{w,\theta} = 0.1 + \frac{0.55}{\bar{\lambda}_{w,\theta}} \quad \bar{\lambda}_{w,\theta} \geq \frac{0.61}{1.2}$$

$$\bar{\lambda}_{w,\theta} = \frac{h_w}{37.4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}}; \varepsilon = 0.85\sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Csak szabványos tönkremeneteli módok

Ellenőrzés EN 1993-1-1, 6.2.6, EN 1993-1-2, 4.2.3.3, 4.2.3.4, Annex E szerint:

Rugalmas ellenőrzés (3. km. osztály)

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \leq 1;\ V_{el,fi,z,Rd} = \frac{I_y \cdot t}{S_y} \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Rugalmas ellenőrzés (4. km. osztály)

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{el,fi,z,Rd}} \leq 1;\ V_{el,fi,z,Rd} = \frac{I_y \cdot t}{S_y} \frac{f_y k_{y,\theta,4}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Rugalmas esetben támogatott szelvénytípusok:



Rugalmas esetben nem támogatott szelvénytípusok, vagy képlékeny ellenőrzés esetén:

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,fi,z,Rd}} \leq 1;\ V_{pl,fi,z,Rd} = A_v \frac{f_y k_{y,\theta}}{\sqrt{3}\gamma_{M_{fi}}}$$

Nyírás-Hajlítás-Normálerő

Gerinccel rendelkező keresztmetszetek (I, és zárt téglalap) esetén, ezt az interakciós vizsgálatot a nyírás /z irányban történő vizsgálat kiegészítéseként végezi el a program az (EN 1993-1-5 7.1) szerint, tekintettel az EC3-1-2 szabvány vonatkozói előírásaira a szilárdság és a merevség csökkentésével kapcsolatban.

Csak szabványos tönkremeneteli módok

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,fi,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,fi,Rd}}{M_{pl,fi,Rd}}\right) \cdot \left(2\frac{V_{Ed}}{V_{b,fi,,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1$$

ahol $M_{f,fi,Rd}$ az öv nyomatéki ellenállása.
Magas nyíróerő, illetve magas normálerő esetén pedig az EN 1993-1-1 6.2.8, 6.2.9 figyelembe-vételével egészül ki a számítás.
Csak szabványos tönkremeneteli módok vizsgálata esetén ezt az interakciós tönkremeneteli módot nem vizsgáljuk.

Kritikus hőmérséklet

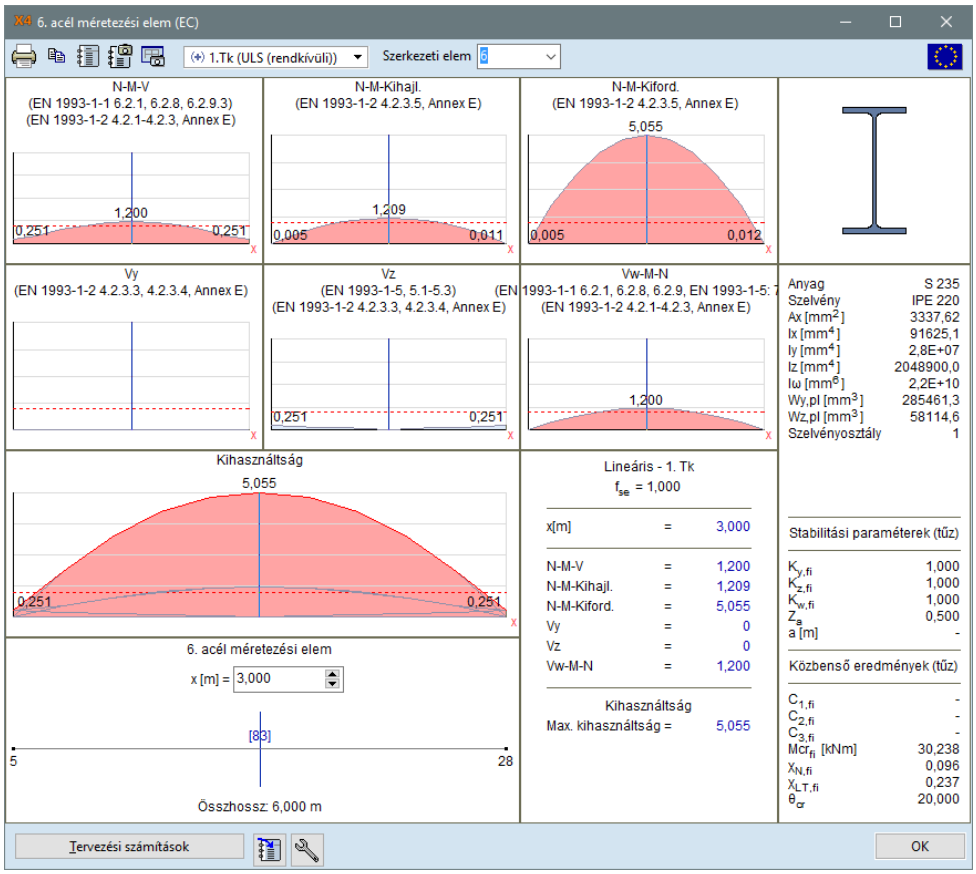
Az SD8 modul alapvetően adott igénybevételekkel terhelt és adott hőmérsékletű rúdelem megfelelőségét vizsgálja. A gyakorlatban azonban számos esetben szükség van az ún. kritikus hőmérsékletre is, mely azt az acélhőmérsékletet jelenti, amelynél az elem tűzhatás alatt elveszti a teherbíró képességét. Többek között a hőre habosodó tűzvédelmi festékek szükséges vastagságát is az elem kritikus hőmérséklete alapján választják meg.

A modulba beépítésre került a kritikus hőmérséklet meghatározása is, amelyet minden vizsgált tönkremeneteli módra meghatározunk. Az elem kritikus hőmérsékletét (mely eredménykomponensként lekérdezhető grafikus formában is, megjeleníthető a lekérdező ablakban, és az eredménytáblázatba is bekerül) a tönkremeneteli módok szerinti kritikus hőmérsékletek minimumaként számítjuk.

A kritikus hőmérsékletet a program 20 – 1000 °C tartományban vizsgálja. Amennyiben az eredmény szerint a kritikus hőmérséklet 20 °C, az azt jelenti, hogy a szelvény kihasználtsága nagy és a megadott igénybevételekre rendkívüli tervezési helyzetben a biztonság már szobahőmérsékleten sem mutatható ki EN 1993-1-2 előírásai alapján. Az EN 1993-1-1 és EN 1993-1-2 szabványok található eljárások és tényezők eltérése és a méretezési módszerek nagymértékű nemlinearitása miatt bizonyos esetekben előfordulhat, hogy egy tartós tervezési helyzetben megfelelő elem kritikus hőmérséklete 20 °C-ra adódik. Amennyiben a kritikus hőmérséklet értékére a program 1001 °C-ot ír ki, az azt jelenti, hogy a kihasználtság alacsony és a kritikus hőmérséklet meghaladja az 1000 °C-ot.

Lekérdezés

A lekérdező ablak tűzhatással szembeni méretezéskor kismértékben módosul, ha a kiválasztott-, vagy a mértékadó teherkombináció tartalmaz tűz teheresetet is. A bemutatott stabilitási paraméterek és közbenső eredmények ekkor a tűzhatással szembeni méretezési eljárás alapján számított értékek. Továbbá a közbenső eredmények között megjelenik az elem kritikus hőmérséklete is.



Tervezési számítások

A tervezési számítások gombra kattintva részletes számítási dokumentáció érhető el, mely a dokumentációba is lementhető. Tűzhatással szembeni méretezés esetén a jól megszokott elemeken túlmenően megjelenik a tűzgörbe típusa, a tervezési acélhőmérséklet és a tönkremeneteli módhoz tartozó kritikus hőmérséklet értéke is.

8. Normálerő (szilárdsági vizsgálat):

EN 1993-1-2: 4.2.3.1

Tűzgörbe: **Paraméteres tűzgörbe**

Tervezési hőmérséklet θ = 651.803 °C

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 600.000 = 0$ cm

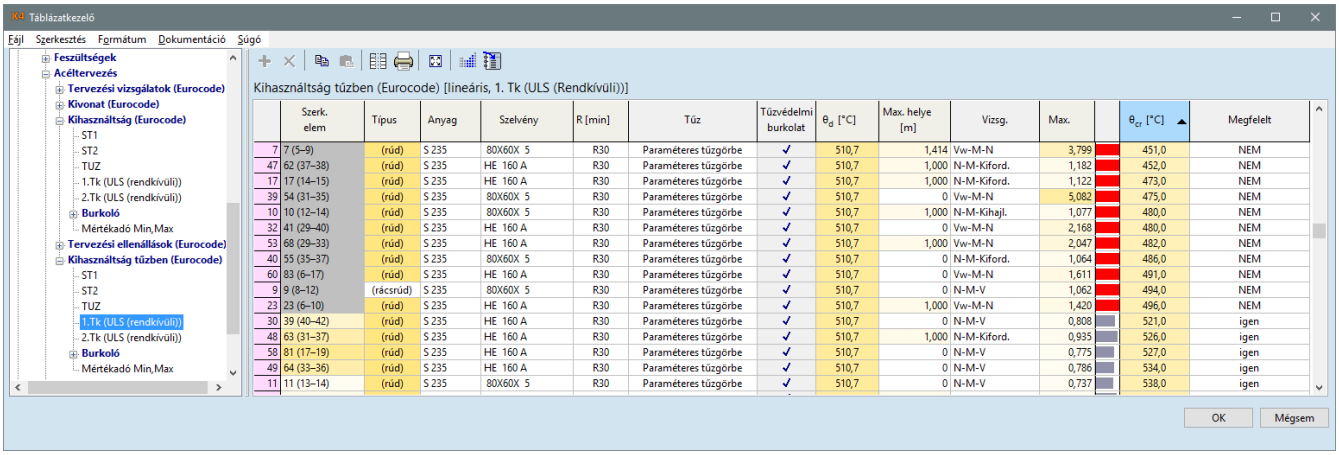
$$N_{pl,fi,Rd} = \frac{A \cdot f_y \cdot k_{y,\theta}}{\gamma_{MFi}} = \frac{112.557 \cdot 23.500 \cdot 0.346}{1} = 914.337 \text{ kN} \quad (4.3)$$

$$\eta_{N,fi} = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{pl,fi,Rd}} = \frac{|(-297.030)|}{914.337} = 32.5\ \%$$

Kritikus hőmérséklet θ_{cr} = 799.000 °C

megfelel

Eredménytáblázat Az acéltervezés táblázatokban megjelennek a tűzhatással szembeni méretezés eredményei is, amennyiben a kiválasztott-, vagy a mértékadó teherkombináció tartalmaz tűz teheresetet is. Tűzhatással szembeni méretezés eredményeinek összefoglalására bekerült a programba egy összesítő jellegű táblázat is.



A táblázatban az alapadatok mellett megtalálható a tűzvédelmi követelmény, a tűzgörbe típusa, a tervezési hőmérséklet, a mértékadó tönkremeneteli mód, a kihasználtság és az elem kritikus hőmérséklete is. Az utolsó oszlop arról ad információt, hogy a vizsgált határállapotokban az elem megfelel-e.

Szelvény optimalizálása SD9 modul megléte esetén a szelvényoptimalizálást olyan teherkombinációkra is el tudjuk végezni, amelyek tűz teheresetet tartalmaznak. Az optimalizálás során az acélhőmérséklet újraszámítása nem történik meg az új szelvény alapján, ezért az optimálás elvégzése után látható kihasználtság kis mértékben eltérhet a módosított szerkezeten elvégzett statikai analízis és acélméretezés után.

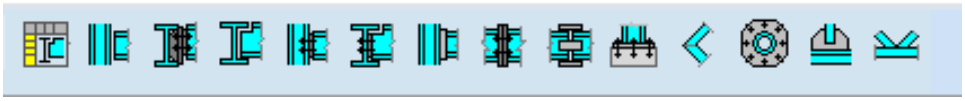
6.6.3.2. Hidegen alakított, vékonyfalú acél elemek tűzállósági méretezése

Hidegen alakított, vékonyfalú acél vonalelemek (általában szelemenek és falvázgerendák) esetén a tűzállósági teherbírás nem mutatható ki hajlítási teherviseléssel. Ezek az elemek a kis falvastagság következtében nagyon gyorsan felmelegszenek és néhány perc alatt rendkívül nagy lehajlások jönnek létre. A nagy lehajlásnak köszönhetően azonban a szelemenek elkezdenek húzott kötélként viselkedni és képesek a nagy alakváltozások tartományában a terhek viselésére.
Kötélgörbe jellegű teherviselés igazolására a szakmában elfogadott az ún. CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique), egy franciaországi székhelyű, fém- és acélszerkezetes építészettel foglalkozó ipari műszaki és kutatóközpont által kiadott javaslat/tervezési útmutató alkalmazása.
C. Renaud, S. Sakji: *CTICM - Steel frameworks: Method of proving quarter hour stability (R15)*
Az ULS tervezési paraméterek ablakban (*Lásd...* **6.6.2 Hidegen alakított, vékonyfalú acél szelemenek és falvázтartók ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD3 modul**) aktiválni kell a tűzállósági méretezés kapcsolót, más paramétert nem kell beállítani. Ha a méretezés tűzhatást tartalmazó rendkívüli teherkombinációra történik, és a kérdéses acél méretezési elemre van definiálva tűzteher paraméter (**4.10.32 Tűzhatás acél vonalelemen – SD8 modul**), az AXISVM automatikusan a CTICM ajánlás alapján végzi el a tűzállósági méretezést. Amennyiben a tűzállósági követelmény eltér 15 perctől, a program a CTICM méretezési modellek egy kiterjesztett változatával ezt is tudja kezelni. Az ellenőrzés kiterjed a húzott kötélgörbe szilárdsági ellenőrzésére, és a kapcsolat ellenállása alapján meghatározza a még egyensúlyozható maximális terhet is. A számítás részletei a *Tervezési számítás* gombra kattintva érhetők el.

6.6.4. Acélszerkezeti kapcsolatok ellenőrzése - SC1 modul

Fejlesztő

A modul fejlesztője partnercégünk, a lengyelországi GammaCAD sp. z o.o. **www.gammacad.pl**



Acélszerkezeti kapcsolatok ellenőrzése

Az SC1 modul kizárólag acélszerkezeti kapcsolatok ellenőrzésére szolgál. Általános követelmény az acélszerkezeti csomópontokra, hogy a szerkezet képes legyen teljesíteni a szabványokban foglalt követelményeket.
A kapcsolatok ellenőrzésekor a program az idevonatkozó szabványok által meghatározott és támogatott „komponens módszert" alkalmazza.

Szabványok

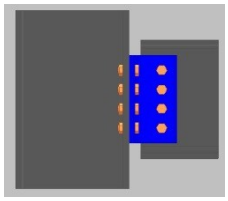
A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

A programban vizsgálható kapcsolattípusok korlátozottságát és alkalmazhatósági körét, a kapcsolatok megadásának módját *az Acélszerkezeti kapcsolatok – SC1 modul* című PDF dokumentum tartalmazza a telepítőcsomag részeként.

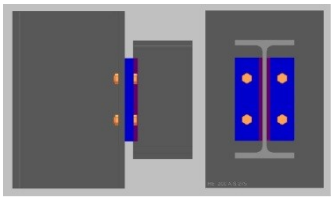
Kapcsolattípusok

A következő kapcsolattípusokból lehet választani:

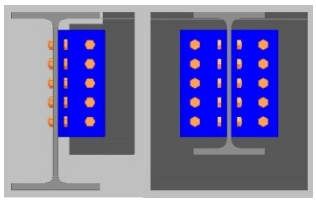
a) Oszlop – gerenda félmerev kapcsolat



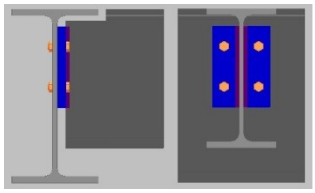
b) Oszlop – gerenda névlegesen csuklós kapcsolat



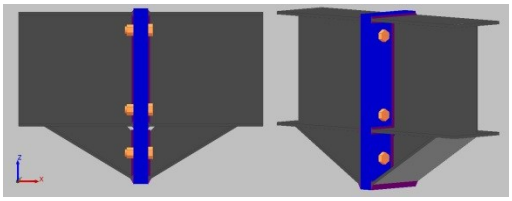
c) Főtartó – fióktartó gerenda *félmerev* kapcsolat



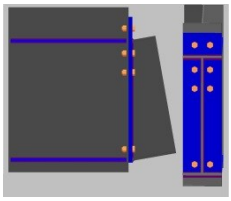
d) Oszlop – gerenda *névlegesen csuklós* kapcsolat



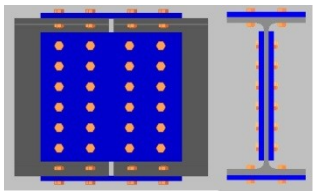
e) Gerenda-gerenda *homloklemezes* kapcsolat



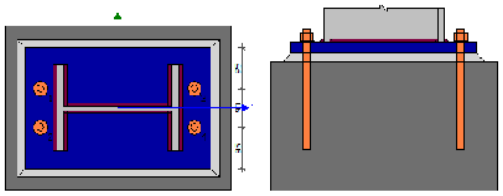
f) Gerenda-oszlop *homloklemezes* kapcsolat



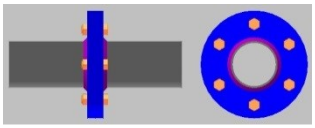
g) Gerendaillesztés



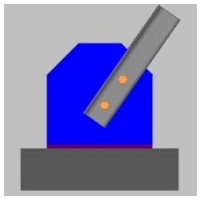
h) Oszloptalp



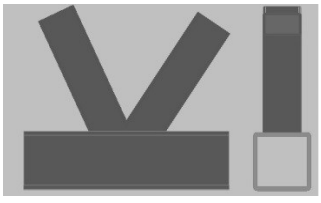
i) Karimás csőkapcsolat



j) Csomólemezes bekötés

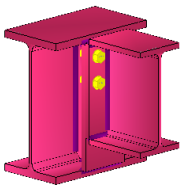


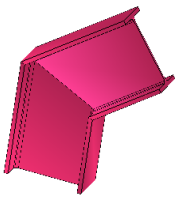
k) Rácsos tartó kapcsolat



l) Fióktartó-főtartó gerenda homloklemezes kapcsolat

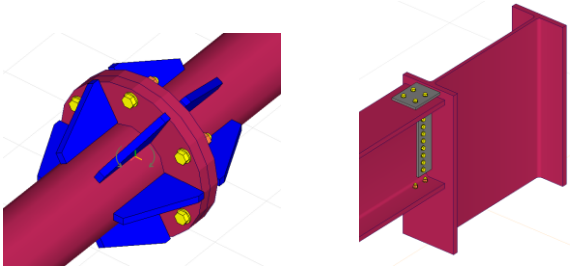
m) Oszlop-gerenda merev hegesztett kapcsolat





Megjelenítés látványterven

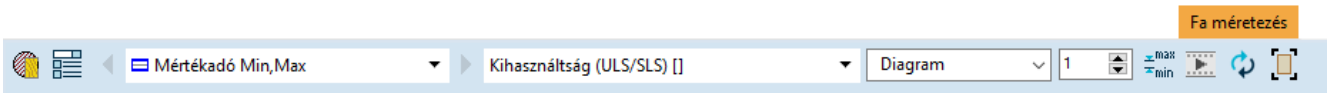
A kapcsolatok adatai bekerülnek a modellfájlba és a kapcsolatok megjeleníthetők a látványterven.



További információ

Részletes információk az SC1 modul kézikönyvében érhetők el. **Letöltés weboldalunkról>>**

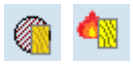
6.7. Fatervezés



A program moduljai fa rúdelemekre a következő méretezési eljárásokat kínálják:



TD1 – Fa rúdelemek ellenőrzése
6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul



TD8 – Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra
6.7.2 Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra -TD8 modul



TD9 – Faszerkezetek szelvényoptimalizálása
6.7.3 Faszerkezetek szelvény optimalizálása – TD9 modul

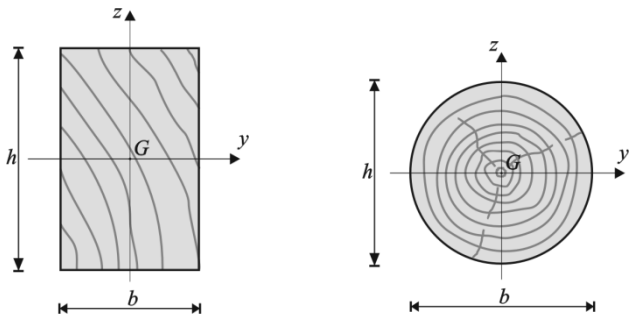
6.7.1. Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul

Fa rúdszerkezet vizsgálata

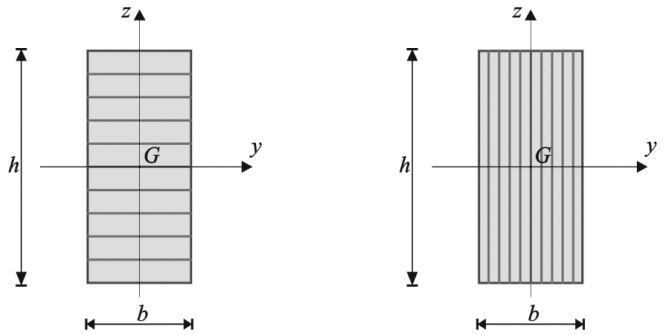
Fa rúdelemek ellenőrzését a program számos nemzet érvényben lévő szabványa alapján képes végrehajtani. A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

A modul az alábbi keresztmetszetekre és anyagokra alkalmazható:

a) Téglalap (tömör fa, rétegelt ragasztott tartó (Glulam, LVL), egyéb)
b) Kör (tömör fa)



Tömör fa



☞ **A fa méretezési (ellenőrzési) vizsgálatok teheresetekre, a Teherkombinációk táblázatban megadott teherkombinációkra, az ezekből képzett burkoló értékekre vagy mértékadó kombinációkra végezhetőek el. Amennyiben tehercsoportokat definiáltunk és a tehereseteket ezekbe csoportosítottuk, akkor a Teherkombinációk táblázatban a tehercsoport adatok alapján legenerálhatók az ULS kombinációk, melyekre a méretezés / ellenőrzés elvégezhető.**

Anyagjellemzők

A program anyagkönyvtárában a tömör fák, a Glulam és az LVL faáruk szabványos adatai találhatók meg. Tömör fák osztályba sorolását, valamint a hozzátartozó anyagjellemzőket az EN 338, a ragasztott rétegelt faáruk (Glulam) adatait az EN 1194, míg az LVL anyagok adatait az EN 14374 rögzíti.

Szilárdság karakterisztikus értékei	*Jelölés*
Hajlítás	$f_{m,k}$
Száliránnyal párhuzamos húzás	$f_{t,0,k}$
Szálirányra merőleges húzás	$f_{t,90,k}$
Száliránnyal párhuzamos nyomás	$f_{c,0,k}$
Szálirányra merőleges nyomás (*y*) *	$f_{c,90,k,y}$
Szálirányra merőleges nyomás (*z*) *	$f_{c,90,k,z}$
Nyírás y tengely irányában*	$f_{v,k,y}$
Nyírás z tengely irányában*	$f_{v,k,z}$

*Tömör fák és Glulam esetén $f_{v,k,z} = f_{v,k,y} = f_{v,k,}$ illetve $f_{c90,k,z} = f_{c90,k,y} = f_{c90,k}$

Merevségi értékek	*Jelölés*
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{0,mean}$
Szálirányra merőleges rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{90,mean}$
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke	$E_{0,05}$
Nyírási modulus átlagértéke	G_{mean}

Sűrűség	*Jelölés*
Sűrűség karakterisztikus értéke	ρ_k
Sűrűség átlagértéke	ρ_{mean}

Parciális tényező	*Jelölés*
Az anyag biztonsági tényezője	γ_M
Mérethatás tényező (LVL fához)	s

Felhasználási osztályok

A fa elemeket felhasználási osztályba kell sorolni. A felhasználási osztályt a vonalelemeket definiáló ablakban tudjuk megadni. *Lásd...* **4.9.10 Vonalelemek**

A felhasználási osztályok a következők (EN 1995-1-1, 2.3.1.3):

1. felhasználási osztályba soroljuk azokat a rúdelemeket melyeknél az anyag nedvességtartalma a 20 °C hőmérséklethez és 65% relatív páratartalmat évente néhány hétnél hosszabb időtartamra nem meghaladó értékekhez tartozik.

2. felhasználási osztályba soroljuk azokat a rúdelemeket melyeknél az anyag nedvességtartalma a 20 °C hőmérséklethez és 85% relatív páratartalmat évente néhány hétnél hosszabb időtartamra nem meghaladó értékekhez tartozik.

3. felhasználási osztályba soroljuk azokat a rúdelemeket melyeknél az anyag nedvességtartalma a 2. felhasználási osztálynál magasabb nedvességtartalmat eredményező környezetben helyezkedik el.

A felhasználási osztálytól függően az anyag szilárdsági tervezési értékei és az alakváltozások számításához alkalmazott anyagjellemzők módosulnak.

Teher-időtartam osztályok

A méretező modulnak szüksége van a teher időtartamának ismeretére is. Ezért, ha van fa anyag a modellben, megadható az egyes teheresetek teher-időtartam osztálya.
Lásd... **4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**

Szilárdság tervezési értékei

A szilárdság tervezési értékét az anyag szilárdsági karakterisztikus értékéből az alábbi formulákkal határozzuk meg:
$f_{t,90,d}, f_{c,0,d}, f_{c,90,d}, f_{v,d}$ értékek esetén (Tömör fa, Glulam, LVL): $f_d = k_{mod} f_k / \gamma_M$
$f_{m,d}$ érték esetén (Tömör fa, Glulam, LVL): $f_d = k_{mod} k_h f_k / \gamma_M$
$f_{t,0,d}$ érték esetén (Tömör fa és Glulam): $f_d = k_{mod} k_h f_k / \gamma_M$
$f_{t,0,d}$ érték esetén (LVL): $f_d = k_{mod} k_l f_k / \gamma_M$
ahol,

k_{mod} a szilárdsági ellenállást csökkentő tényező (EN 1995-1-1, 3.1.3)
k_h a szilárdsági ellenállást növelő keresztmetszeti tényező (EN 1995-1-1, 3.2, 3.3, 3.4)
k_l a szilárdsági ellenállást növelő keresztmetszeti tényező (EN 1995-1-1, 3.4)
f_k a szilárdság karakterisztikus értéke
γ_M az anyag biztonsági tényezője (EN 1995-1-1, 2.3 Táblázat)

☞ **A k_{mod} tényező értékei beállíthatók a Szabvány ablakban a Fa fül alatt** (*lásd...* **3.3.7 Szabvány**).

kh tényező

A fa anyagok $f_{m,k}$ és $f_{t,0,k}$ szilárdsági karakterisztikus értékei egy referencia keresztmetszeti mérethez lettek meghatározva. Tömör fa és Glulam esetén, ha a keresztmetszet adott mérete ennél a referencia értéknél kisebb, akkor egy növelő szorzót alkalmazunk az alábbiak szerint.

Tömör fa: $k_h = \min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2}; 1.3\right\}$ (if $\rho_k \leq 700$ kg/m^3)

Glulam: $k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$

LVL fa esetén, ha a keresztmetszet adott mérete ettől a referencia értéktől eltér, akkor egy módosító szorzót alkalmazunk az alábbiak szerint.

LVL: $k_h = \min\left\{\left(\frac{300}{h}\right)^{s}; 1.2\right\}$ (ahol *s* a méret hatási tényező)

h a keresztmetszet magassága mm-ben.

Referencia magasságok az alábbiak:
- tömör fa: 150 mm
- Glulam: 600 mm
- LVL: 300 mm

kl tényező

Az LVL faáru $f_{t,0,k}$ szilárdsági karakterisztikus értékét egy referencia hosszmérethez határozták meg. Ha a rúd hossza ettől a referencia értéktől eltér, akkor egy módosító szorzót alkalmazunk az alábbiak szerint.

$k_l = \min\left\{\left(\frac{3000}{l}\right)^{s/2}; 1.1\right\}$ (ahol *s* a méret hatási tényező)

l a rúd hossza mm-ben. Referencia hossz: 3000 mm

Merevségi értékek modell számításhoz

Számítási eljárás	*Modulus (SLS)*	*Modulus (ULS)*
Elsőrendű, lineárisan rugalmas	$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1+k_{def}}$	$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1+\psi_2 k_{def}}$
	$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1+k_{def}}$	$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1+\psi_2 k_{def}}$
Másodrendű, lineárisan rugalmas	$E_d = E_{mean}/\gamma_M$	$E_d = E_{mean}/\gamma_M$
	$G_d = G_{mean}/\gamma_M$	$G_d = G_{mean}/\gamma_M$
Rezgés	E_{mean}, G_{mean}	E_{mean}, G_{mean}

A biztonság javára $\psi_2 = 1$ értéket használunk.

Méretezési feltételezések

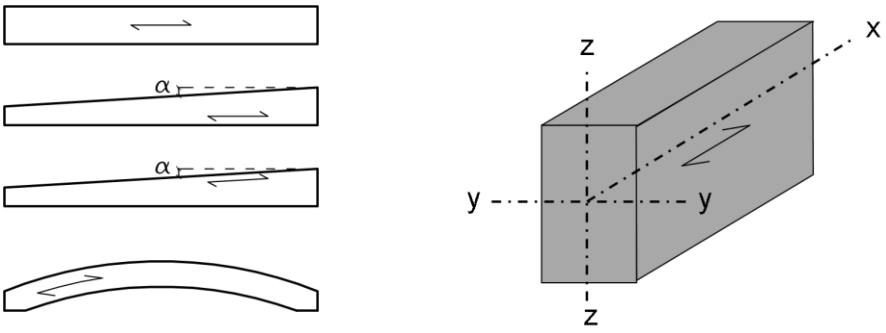
- A keresztmetszetek nem tartalmaznak gyengítéseket.
- A keresztmetszet állandó (téglalap, kör) vagy lineárisan változó (változó magasságú téglalap) lehet.
- A méretezhető gerendák két fő típusba sorolhatók:

  1) „egyszerű”: egyenes tengelyű; egyirányban változó magasságú, egyenes élű gerenda; tiszta íves tartó.

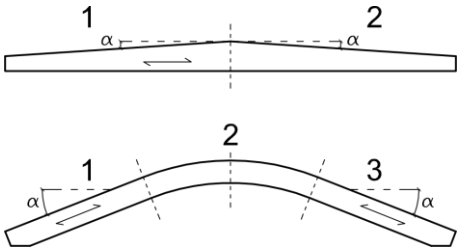
2) „összetett”: két irányban változó magasságú, egyenes élű gerenda; íves gerenda (két végén állandó keresztmetszetű egyenes tengelyű szakasszal). Ezek a gerendák csak rétegelt-ragasztott anyagúak (GLULAM) lehetnek.

- A fa szálirányа a rúd hossztengelyével (*x*), változó magasságú tartó esetén a rúd alsó vagy felső élével párhuzamos. Ez alól kivételt képez a két irányban változó magasságú tartó, ennél a fa szálirány az egyenes éllel párhuzamos.
- Hajlításra igénybe vett gerendák esetén a domináns hajlítási sík a keresztmetszet x-z síkja.
- A keresztmetszetek hajlításra erős tengelye az y tengely ($I_y \geq I_z$).
- Glulam anyag esetén a rétegek párhuzamosak a keresztmetszet *y* tengelyével.
- LVL anyag esetén a rétegek párhuzamosak a keresztmetszet *z* tengelyével.

„egyszerű” gerendák



„összetett” gerendák



„összetett” gerendák modellezése

A program összetett gerendák esetén a teljes szerkezeti elemet két ill. három „egyszerű” részelemből tudja összeállítani. Emiatt a szerkezeti elemek összeállításánál (*lásd…* **6.7.1.1 Ellenőrzés teherbírási határállapotban (ULS)** bekezdésben) az *Oldalról csatlakozó elemek és csomóponti támaszok figyelmen kívül hagyása* opciót kell választani – a program a gerendát így egy szerkezeti elemmé fűzi össze. (Az *Oldalról csatlakozó elemek és csomóponti támaszok figyelembevétele* esetén a program a megjelölt, de összetartozó elemeket több méretezési elemre bontja.)

Az egy szerkezeti elemmé való összekapcsolás feltétele, hogy a részelemek azonos síkban legyenek, és az összetett gerendák szimmetrikus/ közel szimmetrikus kialakításúak legyenek. A keresztmetszet lokális *z* tengelye a gerenda lokális *x* tengelye és a globális *z* tengely által kifeszített síkhoz képest maximum ± 5 fokot térhet el.

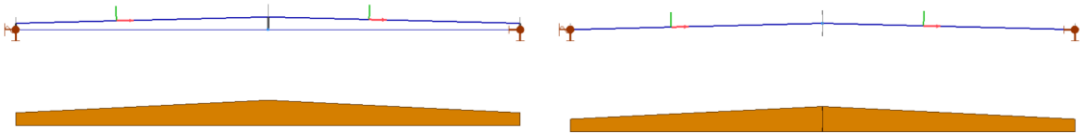
A két irányban változó magasságú, egyenes élű gerenda mindig két részből áll össze, melyek lejtése azonos, de ellentétes irányú, a csatlakozási csomópontban pedig teljesül a szelvény és az elemek lokális rendszerének folytonossága. Csak a tartó „*h*” mérete lehet változó, és a tartó maximális gerinc pontja felül van (fordított tartót nem lehet megadni).

Az összetett íves tartónak minden esetben három részből kell állnia. A középső elem íves, a két szélső elem pedig egyenes, a keresztmetszet végig állandó, a csatlakozási pontban a szelvény és az elemek lokális rendszerének folytonossága teljesül, az egyenes szakaszok érintőlegesen futnak be az íves szakaszba. A két egyenes szakasz által bezárt szög nem lehet kisebb mint 90°.

A két irányban változó magasságú, egyenes élű gerendák összefűzésének további feltétele, hogy a gerenda következő két modell valamelyikével legyen megadva:

- Az ellentétes lejtésű gerenda szakaszok tengelye essen egyvonalba. A lejtéssel átellenes él folytonosságát a vonalelemekhez rendelt külpontosság-illesztéssel kell biztosítani (*lásd…* **4.9.10.2.1 Rúdelemek külpontossága**)
- A tartó álljon két, egymással szöget bezáró tengelyű rúdelemből. A tartó emelkedése és a változó keresztmetszet miatt legyen a tartó lejtéssel átellenes éle folytonos.

A két eltérő modellezési eset:



Kölcsönhatási vizsgálatok

Normálerő-Hajlítás [N-M]	(EN 1995-1-1, 6.2.3, 6.2.4)
Nyomás-Hajlítás-Kihajlás (síkbeli) [N-M-Kihajl.]	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
Normálerő-Hajlítás-Kifordulás [N-M-Kiford.]	(EN 1995-1-1, 6.3.3)
Nyírás /y -Csavarás /x [Vy-Tx]	(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)
Nyírás /y - Nyírás /z - Csavarás /x [Vy- Vz -Tx]	(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)
Nyomaték-Nyírás (húzófeszültség a szálakra merőlegesen) [My-Vz]	(EN 1995-1-1, 6.4.3)

Számított paraméterek

$\lambda_{rel,y}$ *Relatív karcsúság (y) /a rúd z-x síkjában/ []*	
$\lambda_{rel,z}$ *Relatív karcsúság (z) /a rúd y-x síkjában/ []*	
$k_{c,y}$ *(kihajlási ellenállást csökkentő tényező(y)) []*	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
$k_{c,z}$ *(kihajlási ellenállást csökkentő tényező(z)) []*	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
k_{crit} *(kifordulási ellenállást csökkentő tényező) []*	(EN 1995-1-1, 6.3.3)
k_h *(szilárdsági ellenállást növelő keresztmetszeti tényező)*	(EN 1995-1-1, 3.2, 3.3, 3.4)
k_{mod} *(szilárdsági ellenállást csökkentő tényező) []*	(EN 1995-1-1, 3.1.3)
$\sigma_{t,90,d}$ *(húzófeszültség a szálakra merőlegesen) [N/mm2]*	(EN 1995-1-1, 6.4.3)

Ezeket a program információtartalmuk miatt kiegészítő eredményként szolgáltatja.

☞ **A program csak az itt felsorolt vizsgálatokat végzi el. Minden más, a szabványban előírt vizsgálatot a felhasználónak kell elvégezni (például, de nem korlátozódva ezekre: keresztirányú erők bevezetése, támaszok környezete, kapcsolatok, stb.).**

Normálerő-Hajlítás

A tervezési normálerő mint igénybevétel lehet húzás vagy nyomás.

Húzás és nyomaték (EN 1995-1-1, 6.2.3)

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1;$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Nyomás és nyomaték (EN 1995-1-1, 6.2.4)

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

ahol $k_m = 0{,}7$ téglalap keresztmetszet esetén, $k_m = 1{,}0$ egyéb keresztmetszet esetén

Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

(EN 1995-1-1, 6.3.2)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

ahol,

$k_{c,y}$ a kihajlási csökkentő tényező az *y* tengely körül /a rúd *x-z* síkjában/ (EN 1995-1-1, 6.3.2, (6.25))
$k_{c,z}$ a kihajlási csökkentő tényező az *z* tengely körül /a rúd *x-y* síkjában/ (EN 1995-1-1, 6.3.2, (6.26))

Húzóerő esetén $f_{c,0,d}$ helyén $f_{t,0,d}$ szerepel, és $k_{c,y} = k_{c,z} = 1$

Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

A kifordulási ellenállás meghatározásakor feltételezzük, hogy a keresztmetszet a *z-x* síkban terhelt, vagyis a hajlítási tengely az *y*. Ha egyidejű *z* tengely körüli hajlítás is jelen van, és az ebből számított nyomófeszültség meghaladja az $f_{c,0,d}$ 3%-át, akkor figyelmeztető üzenet jelenik meg.

Nyomaték (EN 1995-1-1, 6.3.3)

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \leq 1$$

Nyomás és nyomaték (EN 1995-1-1, 6.3.3)

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{cd}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Kis mértékű húzás és nyomaték esetén a kifordulás ellenőrzéséről nem rendelkezik az EC5)
Húzás és nyomaték az alábbi konzervatív közelítéssel kerül ellenőrzésre,

$$\frac{|\sigma_{mt,d}|}{k_{crit} f_{m,d}} \leq 1; \quad \sigma_{mt,d} = \frac{M_d}{W_y} + \frac{N_d}{A} < 0$$

ahol, k_{crit} a kifordulás csökkentő tényező az alábbiak szerint:

$\lambda_{rel,m} \leq 0.75$	$k_{crit} = 1$
$0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4$	$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m}$
$1.4 < \lambda_{rel,m}$	$k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2$

Nyírás-Csavarás

A nyírás és csavarás egyidejű hatásáról az EC5 nem rendelkezik.

Itt a DIN EN 1995-1-1 formuláját alkalmazzuk.

Nyírás(y) , Nyírás(z) és csavarás

$$\max\left[\frac{\tau_{v,y,d}}{f_{v,d}}; \frac{\tau_{v,z,d}}{f_{v,d}}; \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_{v,y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{v,z,d}}{f_{v,d}}\right)^2\right] \leq 1$$

ahol

k_{shape} a keresztmetszet alaki tényezője az alábbiak szerint:

Kör keresztmetszethez	$k_{shape} = 1{,}2$
Téglalap keresztmetszethez	$k_{shape} = \min\{1 + 0.15 \cdot h/b\,; 2.0\}$

Nyomaték-Nyírás

Íves gerendák esetén a program kiszámítja a szálirányra merőleges legnagyobb húzófeszültséget a csúcs környezetében és meghatározza a kihasználtságot az alábbiak szerint.

Nyomaték(*y*) – Nyírás(z) (EN 1995-1-1, 6.4.3.)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1$$

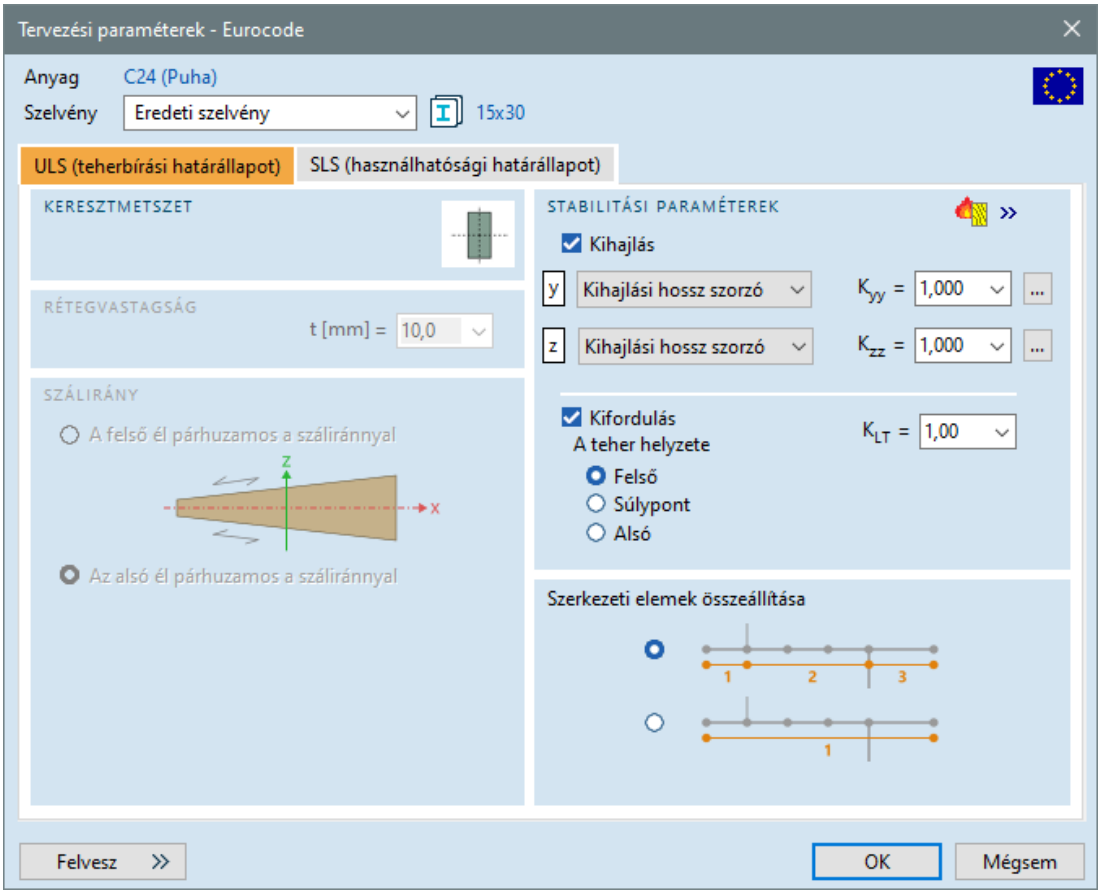
ahol

k_{dis} a feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező ($k_{dis} = 1{,}4$ a két irányban változó magasságú, egyenes élű, illetve íves gerendák esetén) és k_{vol} a térfogat tényező. $k_{vol} = [V_0/V]^{0.2}$

6.7.1.1. Ellenőrzés teherbírási határállapotban (ULS)

Tervezési paraméterek megadása

Az EC5 szerinti méretezés végrehajtásához a *Tervezési paraméterek* dialógus ablak ULS fülén a kijelölt méretezési elemekhez a következő paraméter értékeket kell megadni:



Szelvény

A méretezéshez itt lehet megadni a statikai számításhoz használt *eredeti* szelvény mérettől eltérő szelvényt. Ha itt az eredetitől eltérő szelvényméretet választunk, akkor a méretezés az eredeti igénybevételekkel, de a módosított szelvénnyel fut le. Tűzhatásra való méretezés esetén sem számolja újra a program az anyagjellemzőkkel kapcsolatos csökkentő tényezőket (*lásd...* **6.7.2. Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra -TD8 modul**). Az eredmények megjelenítésekor a módosított szelvényt a neve mellett lévő csillag (*) különbözteti meg az eredeti szelvénytől. A legördülő menüben a szelvénytáblázatba korábban betöltött szelvények közül lehet választani.

Az ikonra kattintva további szelvényeket lehet betölteni a szelvénytárból vagy parametrikusan definiálva. Az ikontól jobbra az eredeti szelvényméretek neve olvasható.

A főablakban a *Szelvények cseréje* ikonra kattintva a program a modellben is lecseréli az eredeti szelvényt a *Tervezési paraméterek* ablakban megadott szelvényre.

Rétegvastagság

Ragasztott rétegelt anyagú (Glulam) íves tartók esetén egy réteg vastagságát kell megadni.

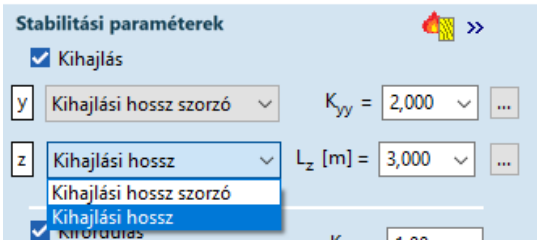
Szálirány

Változó magasságú rúdelem esetén a szálirány definiálása. A szálirány a rúdelem elhelyezésétől függően az alsó vagy a felső éllel lehet párhuzamos. Felső élnek a keresztmetszet +***z*** irányába eső élt tekintjük.

Stabilitási paraméterek

Kihajlás

Vagy a kihajlási hossz szorzót, vagy a kihajlási hosszt adhatjuk meg.
Elvégzett kihajlásvizsgálat esetén a ... gomb megnyomásával kiválaszthatjuk a megfelelő kihajlási alakhoz tartozó értéket, ahogy az acél méretezési elemknél is.
További részletek a **6.6.1.1.1 Kihajlás** fejezetben.



K_y, K_z: kihajlási hossz szorzók (befogási tényezők) az *y*, illetve a *z* tengely szerint.

$$K_y = l_{ef,y}/l; \quad K_z = l_{ef,z}/l$$

ahol l a méretezési elem hossza, ($l_{ef,y}$ a keresztmetszet *x-z* síkbeli kihajlásához tartozó hossz), ($l_{ef,z}$ a keresztmetszet *x-y* síkbeli kihajlásához tartozó hossz).
A kihajlásvizsgálat kikapcsolható.

L_y, L_z: kihajlási hossz: Ekkor a méretezési elem hosszától függetlenül kezelhető a kihajlási hossz, ami összetett szerkezetek esetén sokszor átláthatóbb méretezést tesz lehetővé.

Kifordulás

K_{LT}: kifordulási hossztényező a *z* tengely szerint.

$$K_{LT} = l_{ef}/l$$

ahol l a méretezési elem hossza, l_{ef} a *z* tengelyhez tartozó kifordulási hossz.
Amennyiben a teher nem a rúd súlyvonalában hat, akkor a kifordulási hosszt a program az alábbiak szerint módosítja:

- ha a teher a nyomott élen hat, akkor l_{ef} értékét $2h$-val megnöveli
- ha a teher a húzott élen hat, akkor l_{ef} értékét $0{,}5h$-val csökkenti

A kifordulás vizsgálata kikapcsolható.

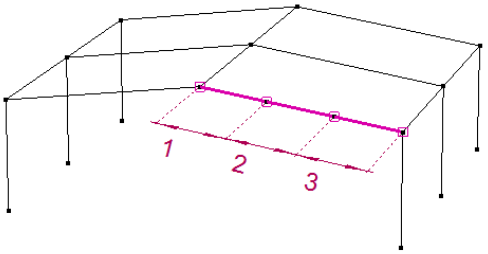
Tájékoztató értékek gerendák K_{LT} tényezőjéhez (ezek egy részét az EN 1995-1-1, 6.1 Táblázat tartalmazza)

Terhelési mód (közvetlenül terhelt)	*My nyomaték eloszlás az oldalirányú megtámasztások között*	*Oldalirányú megtámasztás jellege (x-y síkban)* ○—○
p_z		0,9
F_z		0,8
F_z F_z ¼ ½ ¼		0,96
p_z		0,42
F_z		0,64
M M		1,0
M ½ M		0,76
M M=0		0,53
M ½ M		0,37
M M		0,36
p_z		0,5

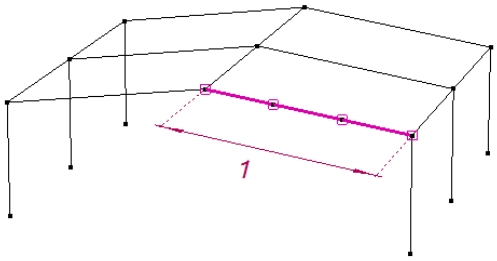
Méretezési elemek összeállítása

Mivel a szerkezetanalízis végeselemeken hajtódik végre, míg a tervezés / méretezés az ún. méretezési elemeken, ezért szükség van a végeselemek méretezési elemekbe való besorolására, csoportosítására. Egy méretezési elem tetszőleges számú végeselemet tartalmazhat. Az egyes méretezési elemekhez tartozó végeselemeknek ki kell elégíteniük néhány feltételt: azonos anyaggal, keresztmetszettel, és lokális rendszerrel kell rendelkezniük, és egy egyenesen vagy íven kell legyenek. Ezen feltételek fennállását a program ellenőrzi. Ezen túlmenően, a tervezési elemek végpontjainak a meghatározásához, a felhasználó két kritérium közt választhat:

A méretezési elem egy csomópontjába becsatlakozó egyéb vonalelemek, felületelemek, illetve támaszelemek elválasztják a szomszédos méretezési elemeket egymástól.



Az összefüggően kijelölt rúdelemek egy méretezési elemet alkotnak, függetlenül a méretezési elem csomópontjaiba bekapcsolódó egyéb elemektől.

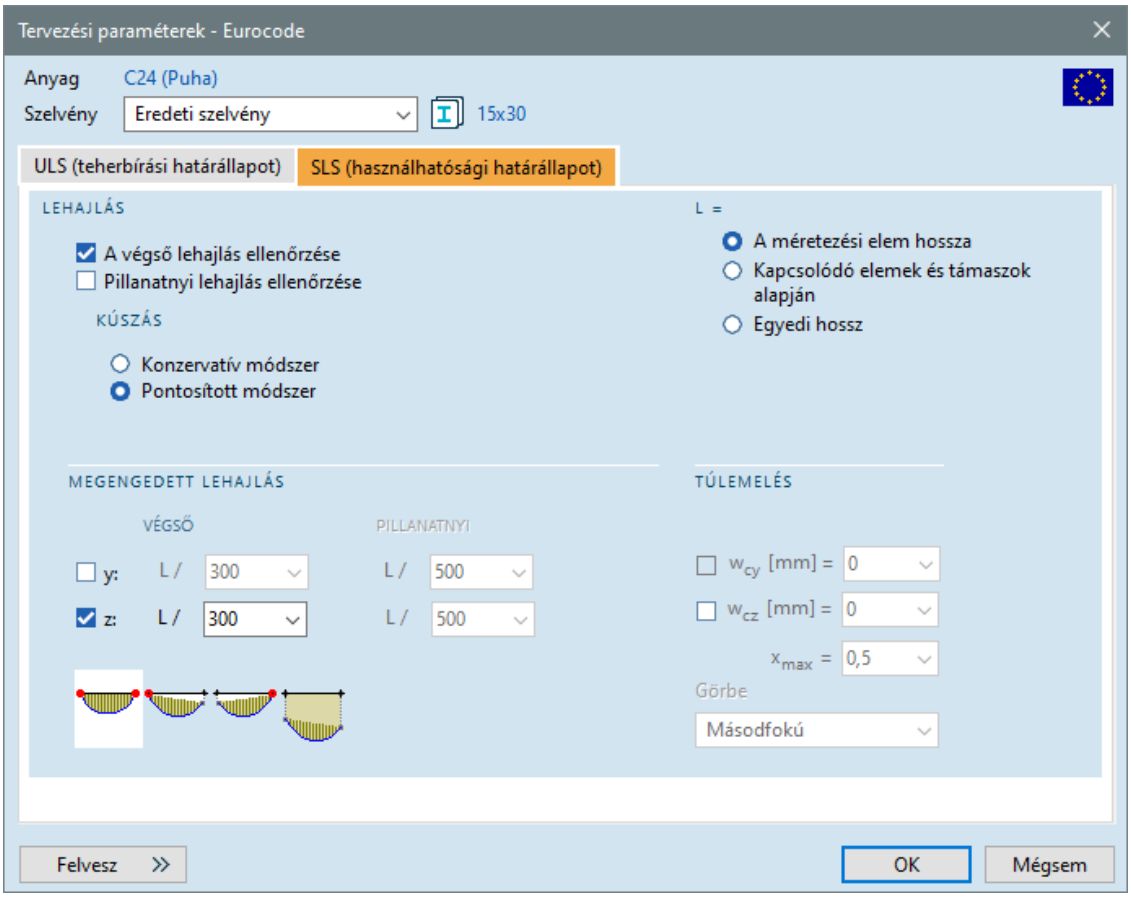


6.7.1.2. Ellenőrzés használhatósági határállapotban (SLS)

SLS Használhatósági határállapot

Az paraméter ablak *SLS – Használhatósági határállapot* fülére kattintva állíthatók be a használhatósági határállapot ellenőrzésének részletei. Használhatósági határállapot ellenőrzésekor a program a gerendák lehajlását ellenőrzi.
A Eurocode és svájci (SIA) szabvány szerinti opciók eltérőek.

EC szabvány paraméterek



Eurocode szabványnál a modul a lehajlás végértékét *(u_{fin})* és a pillanatnyi lehajlást *(u_{inst})* ellenőrzi lineáris statikai számítás esetén. Az egyes vizsgálatokhoz eltérő lehajlási korlát állítható be.
A statikai számítás során a rugalmassági modulust *($1+k_{def}$)* értékkel osztva (csökkentve) veszi figyelembe a program. Az ellenőrzésnél az így kapott deformációs értékekkel számol tovább a program az alábbiak szerint:

A pillanatnyi lehajlás értékét a statikai számítás eredményeit *($1+k_{def}$)* értékkel osztva adja meg a program (nem végez új statikai számítást a rövid idejű terheléshez tartozó rugalmassági modulussal).

A lehajlás végértékének pontos számítása meglehetősen komplikált számításhoz vezetne, ha a kúszást (eltérő kúszási tulajdonságú elemek), illetve a csatlakozó elemek és kapcsolatok merevségét is figyelembe vennénk (két független statikai számításra lenne szükség, egy a rövid idejű terheléshez, illetve egy a tartós teherhez tartozó merevségekkel futtatva, utóbbi esetben a kúszás hatását is figyelembe kell venni). Ennek egyszerűsítése érdekében a lehajlás végértékének meghatározásához a program kétféle közelítő módszert biztosít, amelyek közül a felhasználó választhat:

a) *Konzervatív módszer*nél a program a lehajlás végértékét a karakterisztikus kombináció(k) alapján adja meg, és a statikai számítás lehajlás eredményeit (csökkentett rugalmassági modulussal számolva) tekinti a lehajlás végértékének. Ez a konzervatív módszer Jack Porteous: *Structural Timber Design to Eurocode 5* című könyvének ajánlásán alapul, a lehajlás végértékét felülről közelíti.

b) A *Pontosított módszer* választásánál a modul a lehajlás értékét újra számolja. Korrekciós számítást végez a meglévő statikai eredmények felhasználásával, figyelembe véve a terhek rövid és hosszú idejű hatását. Ez statikai számítás nélkül történik, a meglévő, teheresetekhez tartozó lehajlás eredmények szuperponálásával, a (kombinációhoz tartozó) terhek típusához (állandó, esetleges) kombinációs tényezőinek figyelembe vételével.

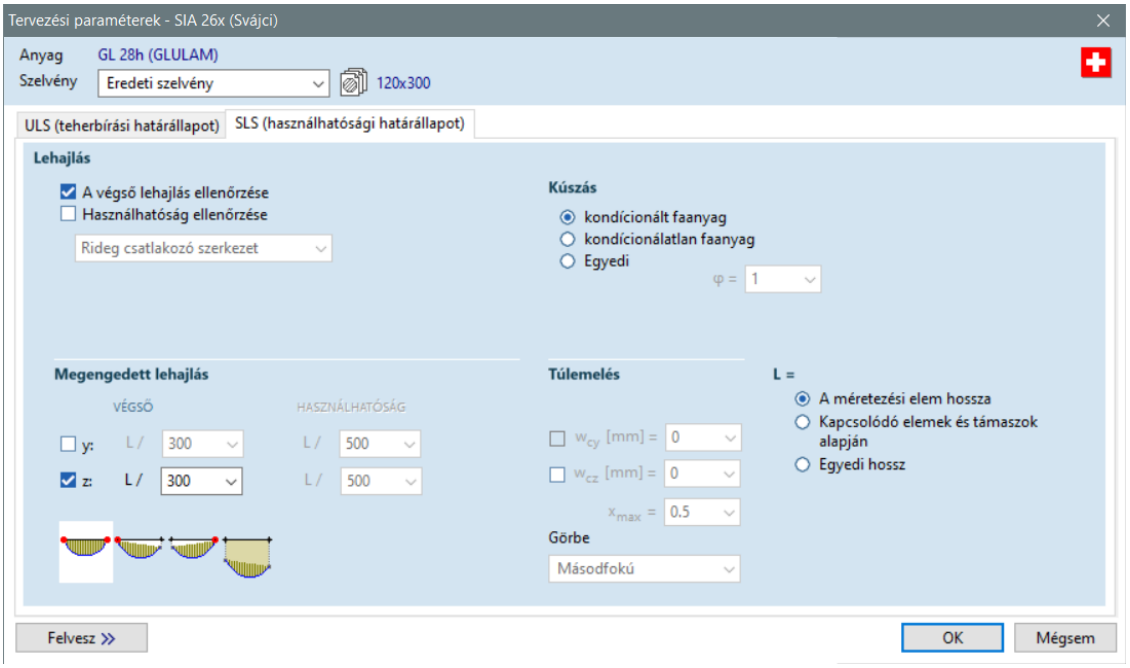
A korrekciós számítás csak a méretezési elem szintjén történik. Emiatt ez az eljárás is közelítőnek tekinthető, de a *Konzervatív módszer*hez viszonyítva a szabványban leírt számítási eljáráshoz közelebbi értéket ad.
A program a számítást a karakterisztikus (automatikus/egyedi) kombinációkra, vagy önálló teheresetekre tudja elvégezni. Egyedi kombinációk esetén az esetleges terhek ψ_0 tényezőjét a kombinációs tényezőből veszi ki a program (emiatt csak olyan egyedi kombináció vizsgálható, melynél a kombinációs tényező értéke ≥ 0 vagy ≤ 1. A terhek tartós hányadához tartozó ψ_2 tényező az adott kombinációban szereplő tehereset tehercsoportjához tartozó érték alapján van figyelembe véve.

EC spanyol

A spanyol szabvány a fentiek alól kivételt képez. A modul az aktív lehajlást *(u_{act} ld. AN/UNE-EN 1995-1-1: AN.4)* és a pillanatnyi lehajlást *(u_{inst})* ellenőrzi lineáris statikai számítás esetén. **A konzervatív módszerrel számolt lehajlás végértékéről *(u_{fin})* a modell elmozdulás komponensei adnak tájékoztatást, de ez nem szerepel a tervezési számításban és a méretezési elem összefoglaló táblázatában sem.**

A pillanatnyi lehajlást az általános Eurocode-ra vonatkozó módszer alapján számolja a program.
Az aktív lehajlás számítása hasonló a fenti, pontosított végső lehajlás értékének meghatározásához: a program a lehajlást a teheresetekhez tartozó lehajlás eredmények szuperponálásával állítja elő, de az aktív lehajlásnál figyelembe veendő kombinációt veszi figyelembe. A program az aktív lehajlás értékének meghatározását csak karakterisztikus kombinációkra, vagy önálló teheresetekre tudja elvégezni.

SIA szabvány paraméterek



A modul a kúszás értékét a SIA 265:2021 szabvány 5-ös táblázatában rögzített két besorolási osztály (kondícionált- és kondícionálatlan faanyag) alapján állapítja meg, illetve egyedi érték is megadható.

SIA (svájci) szabvány esetén a modul a lehajlás végértékét *(u_{fin})* és az alábbiakban részletezett használhatósági állapotokhoz tartozó lehajlási kritériumokat tudja ellenőrizni lineáris statikai számítás esetén. Az egyes vizsgálatokhoz eltérő lehajlási korlát állítható be.
A modul a lehajlás végértékét a statikai számítások eredményeit felhasználva, azokat a kúszási tényező *(φ)* hatásával növelve adja meg. Az ellenőrzés kváziállandó teherkombinációra értelmezett, de önálló teheresetek esetén is lekérdezhető.
A modul az alábbi használhatósági ellenőrzéseket kínálja fel, melyek közül a felhasználó a tervezési paraméterek megadásánál választhat (csak az egyik vizsgálat kérhető a három közül). A vizsgálatok a SIA 260:2013 3. táblázatában foglalt követelmények szerint határozzák meg a lehajlás értékét, minden esetben a kombináció terheréseteinek (már kiszámított) lehajlás eredményeiből, szuperponálással. Ez csak az adott méretezési elem szintjén történik. Emiatt a kiszámított lehajlás érték közelítő eredménynek tekinthető.

Rideg csatlakozó szerkezet:

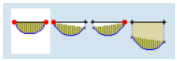
A vizsgálat csak karakterisztikus kombinációra értelmezhető. Az ellenőrzés elvégezhető az állandó terhek figyelembevételével, illetve anélkül. Első esetben az állandó terhekből származó lehajlás a csatlakozó szerkezetek beépítése után következik be.

Duktilis csatlakozó szerkezet:
A vizsgálat csak gyakori kombinációra értelmezhető. Az ellenőrzés elvégezhető az állandó terhek figyelembevételével, illetve anélkül. Első esetben az állandó terhekből származó lehajlás a csatlakozó szerkezetek beépítése után következik be.

Használati / komfort követelmény:
A vizsgálat csak gyakori kombinációra értelmezhető.

☞ **A mértékadó teherkombinációk automatikus beállítása esetén a program az adott vizsgálathoz tartozó SLS kombinációk alapján végzi el a lehajlás ellenőrzést.**

A rúd lokális koordináta rendszere szerinti *z* és *y* irányban van lehetőség a rúd alakváltozásainak ellenőrzésére. Az egyes irányokban a vizsgálatok ki-, bekapcsolhatóak a lehajlási határérték előtti jelölőnégyzetre való kattintással. A lehajlási határértékeket a méretezett elem hossza függvényében (*L*) kell megadni.



A lehajlást az egyes irányokban többféleképpen is figyelembe lehet venni: a méretezett elem mindkét / bal / jobb végponthoz relatív vagy a tényleges elmozdulások alapján.

Hossz (L)
A méretezett elem alakváltozásait és a lehajlási határértékeket (pl. $L_{SLS}/300$) ezen az L_{SLS} hosszon vesszük figyelembe.

Méretezett elem hossza;

Kapcsolódó elemek és támaszok alapján: ha a *Méretezési elemek összeállítása* beállításnál az első opció van kiválasztva, akkor megegyezik a méretezett elem hosszával, azaz nem lesz különbség a fenti beállítástól. Ha a második opció van kiválasztva, vagyis a kijelölt elemet egyben méretezzük, akkor a program megkeresi, hogy a szerkezeti elem hossza mentén vannak-e a vizsgált irányban a lehajlást gátló becsatlakozó elemek vagy támaszok, és a szerkezeti elemet ezek közötti szakaszokon vizsgálja lehajlásra. Ha például egy 15 méter hosszú gerendánál a végpontokban és az egyik harmadoló pontban van oszlop, akkor ennek az opciónak a segítségével a lehajlást az L_{SLS}=5 és L_{SLS}=10 méteres szakaszokon külön-külön vizsgálja a program.

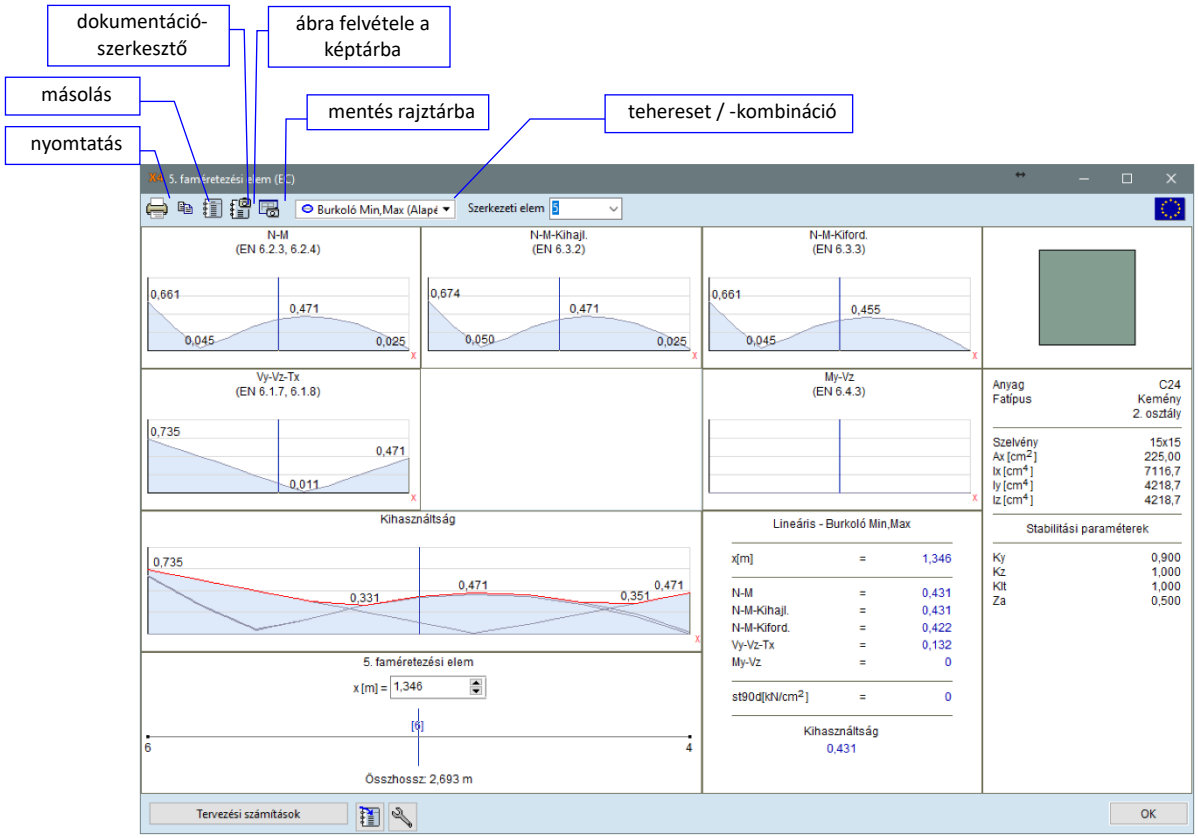
Egyedi hossz: itt lehetőség van megadni a szerkezeti elem hosszától független értéket.

Túlemelés
A lokális koordináta rendszer pozitív irányának megfelelő túlemelést lehet definiálni a szerkezeti elemekre. A túlemelés alakját 3 paraméterrel lehet beállítani: lineáris és másodfokú görbéket lehet definiálni, melyek maximuma (*w*) és annak helye (x_{max}) megadható. Kivétel, hogy ha az relatív/abszolút lehajlás gomboknál a tényleges lehajlások van beállítva (pl. egy gerenda közbenső szakaszát elkülönítve vizsgáljuk), akkor a beállított w_{cz} vagy w_{cy} túlemelés a méretezett elem hosszán konstans. Ha a hossz beállításnál a méretezett elem hosszát vagy egyedi hosszt adtunk meg, akkor a túlemelés a szerkezeti elem két végpontjában nulla értéket vesz fel. Ha a *Kapcsolódó elemek és támaszok alapján* vettük fel a hosszt, akkor az adott irányú csatlakozó elemeknél és támaszoknál, illetve a végpontokban lesz nulla a túlemelés értéke.

☞ **Fontos, hogy az itt beállított túlemelési érték csak a korábban számolt lehajlások csökkentésére van hatással, és csak a használhatósági határállapotok ellenőrzésében.**

Lekérdezés

Valamely szerkezeti elemre kattintva egy lekérdező ablak jelenik meg, ahol a vizsgálatok eredményeit, illetve a maximális kihasználtságot láthatjuk. Az ablakon belül bármely szerkezeti elem bármely keresztmetszetében bármely teheresethez vagy kombinációhoz tartozó érték lekérdezhető.



Részletes dokumentáció

A lekérdező ablakban megjelenített fa szerkezeti elem részletes méretezési dokumentációja a *Tervezési számítások* gombbal hívható meg. Ebben az összes elvégzett szilárdsági és stabilitási számítás megjelenik képletekkel, behelyettesített értékekkel és szabványhivatkozásokkal.

A *Beállítások* gombra kattintva a részletes dokumentációban alkalmazott mértékegységeket és pontosságot lehet beállítani. Itt kapcsolható be a dokumentáció elejére kerülő, az ellenőrzés eredményeit tömören összefoglaló tervezési kivonat is. További részletek: **6.6.1 Acélrúd ellenőrzése Eurocode 3 szerint – SD1 modul**

6.7.2. Faszerkezetek ellenőrzése tűzhatásra -TD8 modul

Szabványok

Tűzhatásra való méretezés az Eurocode, az NTC és SIA szabvány szerint érhető el.
A figyelembe vett nemzeti mellékletek és nemzeti szabványok aktuális verziójáról bővebben a **3.3.7 Szabvány** rész tájékoztat.

Faszerkezetek vizsgálata tűzhatásra (EN 1995-1-2)

Faszerkezetek tűzhatásra való méretezése (TD8 modul) a normál hőmérsékletre elvégzett, "hagyományos" méretezésre épül (TD1 modul - *lásd...* **6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul**), ennek következtében **a TD8 modul használatához a TD1 modul megléte is szükséges.** Az Eurocode szabványsorozatban faszerkezetek tűzhatásra való méretezésével az EN 1995-1-2 szabvány (továbbiakban EC5-1-2) foglalkozik. A tűzhatásra való méretezés ismertetése során külön csak azokat a részeket, szabályokat és eljárásokat ismertetjük, melyek eltérnek az EN 1995-1-1 szabályaitól és *a* **6.7.1** fejezetben szereplő megoldásoktól. Az itt nem részletezett esetekben a **6.7.1** fejezet az irányadó.

Tűzhatással szembeni méretezés csak abban az esetben hajtható végre, ha a vizsgált teherkombinációban van tűz tehereset (**4.10.1 Teheresetek, tehercsoportok**) és a vizsgált elemre tűzhatást definiáltunk ebben a teheresetben (**4.10.33 Tűzhatás fa vonalelemeken – TD8 modul**). Abban az esetben, ha a kijelölt méretezési elem vonalelemeire eltérő tűzhatás paramétereket adtunk meg, a program nem tudja elvégezni a méretezést és hibaüzenettel tér vissza. Szükséges továbbá, hogy a vizsgált méretezési elemre tűz méretezési paramétereket definiáljunk (lásd lejjebb).

Elemszintű ellenőrzés

A méretezés részleteinek tárgyalása előtt fontos megemlíteni, hogy az EC5-1-2 szabvány megkülönbözteti egy szerkezeti elem vizsgálatát, a szerkezet egy részének vizsgálatát és a teljes szerkezet vizsgálatát. Egyszerűsége okán egy szerkezeti elem vizsgálata egyelőre a legelterjedtebb igazolási forma a mérnökök körében, ugyanis a szerkezet egy részének vizsgálata, illetve a teljes szerkezet vizsgálata rendszerint nemlineáris numerikus modellt és nemlineáris statikai analízist igényel.
Egy szerkezeti elem vizsgálata esetén a szabvány számos engedményt tesz, amely egyszerűsíti a számítást:

- a belső erők hasonlóan számíthatók, mint normál hőmérséklet esetén, lineáris statikai analízis segítségével;
- a peremfeltételeket a tűzhatás teljes időtartama alatt változatlannak lehet tekinteni.

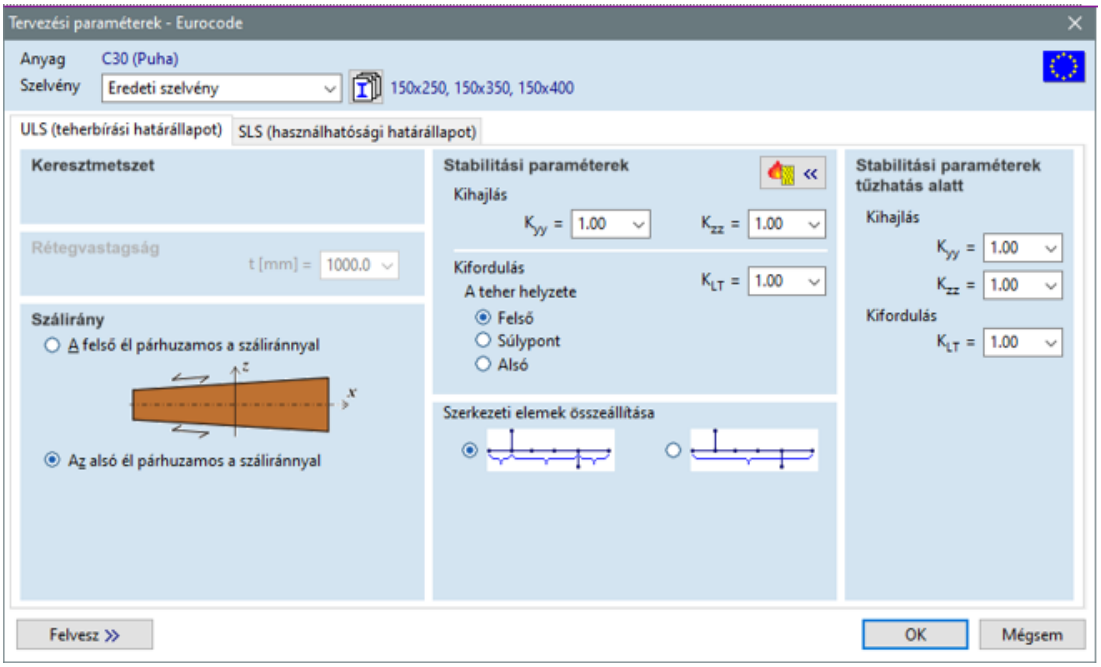
Az TD8 modullal végrehajtott méretezés szerkezeti elemek vizsgálatát végzi. A tűzhatások és a méretezési paraméterek megadásakor az EC5-1-2 előírásaival összhangban mérlegelni kell, hogy a kijelölt szerkezet/elem vizsgálható-e különálló szerkezeti elemként.

Tervezési paraméterek megadása tűzhatásra



Az EC5-1-2 szerinti méretezéshez szükséges stabilitási paraméterek megadásához a *Tervezési paraméterek* dialógusablakban a lángot és egy fa keresztmetszetet ábrázoló gombra kell kattintani. A gomb csak akkor látható, ha van TD8 modul és a beállított szabvány szerinti tűzméretezést támogatja a program. A gombra kattintva az ablak kiszélesedik. Azoknál az elemeknél, amelyeknél a Stabilitási paraméterek tűzhatás alatt panel nem látható, a tűzhatással szembeni méretezés nem hajtódik végre.





Stabilitási paraméterek tűzhatás alatt

Az *y* és *z* tengelyek körüli kihajlási és a kifordulási ellenállás számításához a hagyományos méretezéstől eltérő megtámasztási viszonyokat vehetünk figyelembe. Előfordulhat, hogy egyes elemek oldalirányú megtámasztását normál hőmérsékleten olyan elemek biztosították, melyek merevségére magas hőmérsékleten nem számíthatunk. A megtámasztási viszonyokat ugyanolyan módon vesszük figyelembe, mint normál hőmérsékleten: kihajlási- és kifordulási hossz számításához használt tényezők adhatóak meg a *Tervezési paraméterek* ablakban.

Csökkentett keresztmetszet módszere

Az EC5-1-2 alapvetően két módszert javasol a keresztmetszeti jellemzők egyszerűsített meghatározására. A méretezés során a program a csökkentett keresztmetszet módszerét alkalmazza, első lépésként a teher definiálása során (**4.10.33 Tűzhatás fa vonalelemeken – TD8 modul)** számított névleges beégési mélységből ($d_{char,n}$) egy ún. hatékony beégési mélységet számolunk az alábbiak szerint:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

ahol
$d_0 = 7mm$
k_0 egy szabvány szerint számított együttható

Az így számított hatékony beégési mélységgel csökkenti a program a keresztmetszetet minden tűznek kitett oldalon a beállított kitettségnek megfelelően. Ezt a keresztmetszetet nevezi a szabvány hatékony keresztmetszetnek.

Kölcsönhatási vizsgálatok - Ellenőrzés

A TD8 modul a "hagyományos" méretezéshez hasonlóan a tiszta eseteken túl a következő kölcsönhatási vizsgálatokat végzi el és számítja a faelem kihasználtságát.

Normálerő-Hajlítás [N-M]	(EN 1995-1-1, 6.2.3, 6.2.4)
Nyomás-Hajlítás-Kihajlás (síkbeli) [N-M-Kihajl.]	(EN 1995-1-1, 6.3.2)
Normálerő-Hajlítás-Kifordulás [N-M-Kiford.]	(EN 1995-1-1, 6.3.3)
Nyírás /y - Nyírás /z - Csavarás /x [Vy- Vz -Tx]	(EN 1995-1-1, 6.1.7, 6.1.8)
Nyomaték-Nyírás (húzófeszültség a szálakra merőlegesen) [My-Vz]	(EN 1995-1-1, 6.4.3)

Az vizsgálatok részleteit és az alkalmazott képleteket a **6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul** pont tartalmazza, itt csak tűzállósági méretezési okán szükséges módosításokat mutatjuk be:

1) eltérő szilárdsági jellemzők figyelembevétele az ellenőrzésnél
2) eltérő stabilitási paraméterek figyelembevétele

Szilárdsági jellemzők számítása

Az EC5-1-2 szabvány szerint a faanyag szilárdsági jellemzőit a következő módon határozhatjuk meg:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi}\frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$f_{20} = k_{fi} f_k$$

ahol

f_{20} a szilárdsági jellemző 20%-os kvantiliséhez tartozó érték normál hőmérsékleten

$k_{mod,fi} = 1$ módosító tényező

k_{fi} módosító tényező

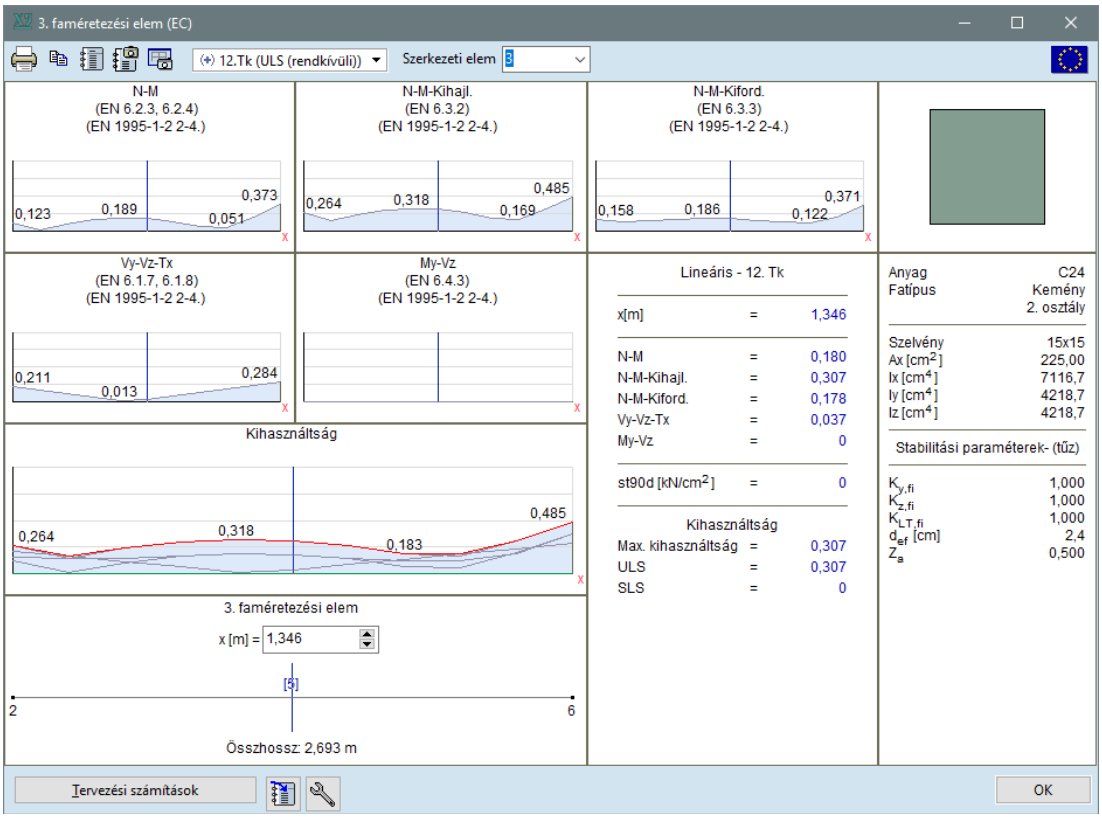
$\gamma_{M,fi}$ parciális tényező

Stabilitási vizsgálatok

A Tervezési paraméterek ablakban eltérő kihajlási ($K_{y,fi}$ és $K_{z,fi}$) és kifordulási ($K_{LT,fi}$) hossz tényezőt adhatunk meg tűzállósági méretezéshez.

Lekérdezés

A lekérdező ablak tűzhatással szembeni méretezéskor kismértékben módosul, ha a kiválasztott-, vagy a mértékadó teherkombináció tartalmaz tűz teheresetet is. A bemutatott stabilitási paraméterek és közbenső eredmények ekkor a tűzhatással szembeni méretezési eljárás alapján számított értékek.



Tervezési számítások

A tervezési számítások gombra kattintva részletes számítási dokumentáció érhető el, mely a dokumentációba is lementhető. Tűzhatással szembeni méretezés esetén a jól megszokott elemeken túlmenően megjelenik a tűzgörbe típusa, a tűzállósági határérték és a hatékony beégési mélység:

9. Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

EN 1995-1-1: 6.3.3

EN 1995-1-2: 2-4.

Tűzgörbe: **ISO tűzgörbe**

Megkövetelt tűzállósági határérték: **R30**

Hatékony beégési mélység: $d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 2{,}10 + 1 \cdot 0{,}70 = 2{,}80$ cm

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0{,}50 \cdot L = 0{,}50 \cdot 800{,}00 = 400{,}00$ cm

$dL = 2 \cdot h_{fi} = 2 \cdot 67{,}90 = 135{,}80$ cm

$$\sigma_{m,crit,fi} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0.05} \cdot I_{z,fi} \cdot G_{0.05} \cdot I_{x,fi}}}{(k_{LT,fi} \cdot L_{tot} + dL) \cdot W_{y,fi}} = \frac{\pi \cdot \sqrt{910{,}00 \cdot 6364{,}86 \cdot 54{,}60 \cdot 23002{,}83}}{(1 \cdot 800{,}00 + 135{,}80) \cdot 7991{,}38} = 1{,}12 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,fi}}} = \sqrt{\frac{2{,}40}{1{,}12}} = 1{,}46 \quad (6.30)$$

$$k_{crit,fi} = \frac{1}{(\lambda_{rel,m,fi})^2} = \frac{1}{(1{,}46)^2} = 0{,}47 \quad (6.34)$$

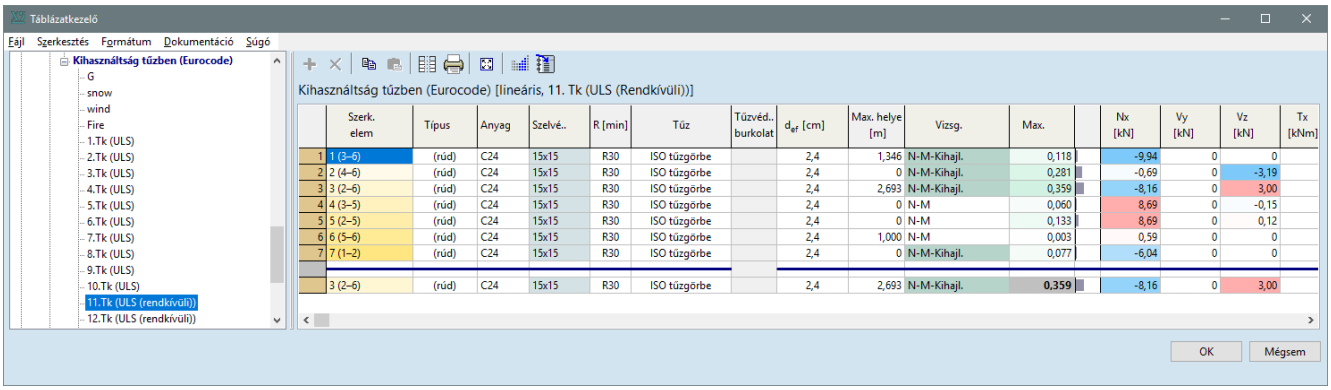
$$\eta_{1,fi} = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \left(\frac{|\sigma_{m,y,d,fi}|}{k_{crit,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} \right)^2 = \frac{0}{0{,}06 \cdot 2{,}47} + \left(\frac{|1{,}48|}{0{,}47 \cdot 2{,}76} \right)^2 = 131{,}7\ \% \quad (6.35)$$

$$\eta_{2,fi} = \frac{|\sigma_{m,y,d,fi}|}{k_{crit,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} = \frac{|1{,}48|}{0{,}47 \cdot 2{,}76} = 114{,}8\ \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,M,LTB,fi} = \min(\eta_{1,fi}\ ;\ \eta_{2,fi}) = 114{,}8\ \% \quad \textbf{nem felel meg}$$

Eredménytáblázat

A fatervezés táblázatokban megjelennek a tűzhatással szembeni méretezés eredményei is, amennyiben a kiválasztott-, vagy a mértékadó teherkombináció tartalmaz tűz teheresetet is. Tűzhatással szembeni méretezés eredményeinek összefoglalására bekerült a programba egy összesítő jellegű táblázat is.



	Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvé..	R [min]	Tűz	Tűzvéd.. burkolat	d_{ef} [cm]	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]
1	1 (3–6)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	1,346	N-M-Kihajl.	0,118	-9,94	0	0	
2	2 (4–6)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	0	N-M-Kihajl.	0,281	-0,69	0	-3,19	
3	3 (2–6)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	2,693	N-M-Kihajl.	0,359	-8,16	0	3,00	
4	4 (3–5)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	0	N-M	0,060	8,69	0	-0,15	
5	5 (2–5)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	0	N-M	0,133	8,69	0	0,12	
6	6 (5–6)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	1,000	N-M	0,003	0,59	0	0	
7	7 (1–2)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	0	N-M-Kihajl.	0,077	-6,04	0	0	
	3 (2–6)	(rúd)	C24	15x15	R30	ISO tűzgörbe		2,4	2,693	N-M-Kihajl.	**0,359**	-8,16	0	3,00	

A táblázatban az eredmények mellett megtalálható a tűzvédelmi követelmény, a tűzgörbe típusa, a hatékony beégési mélység és hogy az elem védett-e tűzvédelmi burkolattal.

Szelvény optimalizálása

TD9 modul megléte esetén a szelvényoptimalizálást olyan teherkombinációkra is el tudjuk végezni, amelyek tűz teheresetet tartalmaznak.

6.7.3. Faszerkezetek szelvény optimalizálása – TD9 modul



Faszerkezetek szelvényoptimalizálásával a fatervező modulban korábban definiált és méretezett szerkezeti elemek az eredetitől eltérő szelvényméretek alkalmazásával gazdaságosabbá tehetőek. A szerkezet súlya ez által csökkenthető, vagy jobban kihasznált szerkezeti elemeket találhatunk.

Az optimalizálás során mindig ugyanarra az igénybevételre vizsgáljuk az elemeket, tehát a szelvényméretek változására bekövetkező merevségváltozás hatását nem veszi figyelembe a modul. Határozatlan szerkezetek esetén az optimalizálást követően, az igénybevételek újraszámításakor (Statika fül) az igénybevételek jelentős mértékben átrendeződhetnek a szerkezeten belül, ilyenkor több lépcsőben elvégzett szelvényoptimalizálással lehet gazdaságosabb szerkezetet találni.

Az optimalizálás során a fatervező modulban korábban már definiált paraméterekkel dolgozik az optimalizáló, mely méretezési elemenként eltérő is lehet.

Az optimalizálható szelvénytípusok a következőek: téglalap, lekerekített sarkú téglalap és körszelvények.

Változó keresztmetszetű elem nem optimalizálható!

Optimalizálási csoportok

Az optimalizálás első lépéseként a korábban definiált fa méretezési elemek közül optimalizálási csoportokat kell definiálni. Egy csoportba csak azonos szelvényű elemek kerülhetnek, illetve egy csoporton belül minden elem az optimalizálás eredményeképpen azonos szelvényt kap.

A csoportokat felsoroló listában (az *Optimalizálási csoportok* fül bal oldalán) az adott csoport neve mellett a csoportban lévő elemek eredeti szelvényének neve olvasható, emellett pedig a csoportban található szelvények darabszáma. Az egyes csoportokra kattintva külön-külön megadhatóak az optimalizálási paraméterek (az *Optimalizálási csoportok* fül jobb oldalán), melyeket a továbbiakban részletezünk.

Optimalizálás célja

Az optimalizálás célja lehet: a legkisebb **súly,** a legkisebb **magasság,** a legkisebb **szélesség.**

Ez a beállítás az optimalizálás célfüggvényét adja, vagyis olyan szelvényméretet keres az eljárás, ami tervezési szempontból megfelelő (pl. a kihasználtsága kisebb, mint 1.0; lásd alább a *Maximális kihasználtságnál*) és az itt beállított szempontnak leginkább megfelel. Az így meghatározott szelvényt nevezzük optimalizálisnak. Ezt az optimalizálási célt csoportonként külön-külön éri el a program, így tehát ha legkisebb súlyra optimalizálunk, akkor a csoportok súlyát külön-külön minimálja a program, ami nem feltétlen jelenti a teljes szerkezetre elérhető legkisebb súlyt.

Ugyanitt állítható a *Maximális kihasználtság* érték, mellyel a méretezett elemek megfelelőségét korlátozhatjuk. Ennek akkor van fontos szerepe, ha pl. egy határozatlan szerkezet esetén előre tudjuk, hogy a szelvények megváltoztatásával az igénybevételek jelentősen módosulhatnak.

Optimalizálási vizsgálatok

Lehetőség van bizonyos fatervezési vizsgálatok figyelmen kívül hagyására az optimalizálás során. A szelvényméretek ellenőrzésekor a szilárdsági vizsgálatokat minden esetben elvégzi a program, a kihajlás, kifordulás és ezekhez tartozó interakciós formulák azonban kikapcsolhatóak.

Szelvényválaszték

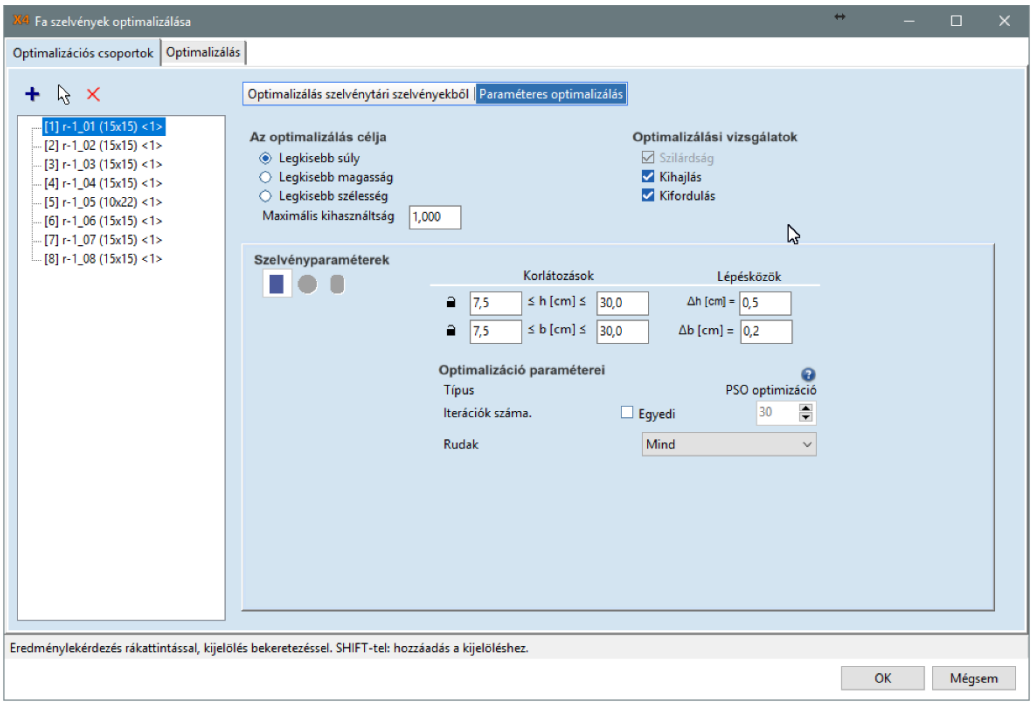
A lehetséges szelvényektől függően két különböző eljárás alkalmazható:

1) Szelvénytári szelvényekből
2) Paraméteres szelvényekből

Optimalizálás szelvénytári szelvényekből

A program egy előre definiált, diszkrét szelvényválasztékból keresi meg az optimalizális szelvényt. A szelvényválasztékot a modellben korábban definiált szelvények közül, illetve a szelvénytárból válogathatjuk ki. Csak az eredeti szelvénytípussal azonos típusú szelvényeket választhatunk.

A szelvényválasztékból csak azokkal a szelvényekkel dolgozik a program, mely a *Korlátozások* résznél beállított minimális és maximális méretek közé esik (többi szelvény szürkítve jelenik meg).



Ha egy csoporton belül több szerkezeti elem is van, akkor minden elemet minden pontjában végig ellenőriz a program.

Paraméteres optimalizálás

A lehetséges szelvényméretek a kötött szelvényméretektől eltérően paraméteres szelvényekkel is definiálhatóak.

A szakirodalomban számos optimumkereső eljárás ismert, melyeket sikerrel alkalmaznak tartószerkezeti problémák megoldására is. A probléma erősen nemlineáris volta és a számos lokális optimum miatt pusztán matematikai megközelítéssel nem, vagy csak igen nehezen lehet globális optimumot találni. Különösen igaz ez akkor, ha a felhasználó nem csak szilárdsági vizsgálatok alapján optimalizál, hanem stabilitási peremfeltételek is felmerülnek.
A számítás során egy sztochasztikus kereső módszer, az úgynevezett *Particle Swarm Optimization (PSO)* egyik fajtáját használjuk. Ez egy evolúciós algoritmus, melyet az 1990-es években fejlesztettek ki. A PSO eljárás alapvetően egy előre meghatározott *N* iterációig fut, s közben a véletlenszerűségnek köszönhetően túllép a lokális optimumokon. A programban implementált vállfaja ezt az *N* számot a feladat jellegéhez, méretéhez adaptálja, egyensúlyozva a rövid futási idő és a keresési tér alapos bejárása között.

Ezen túlmenően, ha az algoritmus úgy látja, hogy a lehetséges megoldások már nem, vagy csak igen kis mértékben változnak az idő előrehaladtával, arra következtet, hogy globális optimumba vagy annak közelébe érkezett, így megszakítja a futást, s az addig elért legjobb eredménnyel tér vissza.

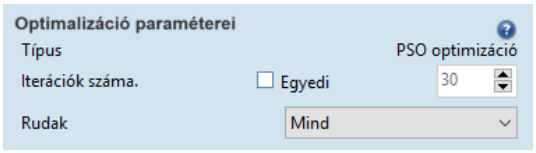
A keresési intervallumok módosításával a program beépített algoritmusa kiszámolja, hogy várhatóan mennyi iterációs ciklusra lesz szükség a számítása lefutásához, és hogy milyen kereső algoritmust fog használni. A kiválasztott keresési algoritmus lehet

1) egyszerű lineáris keresés
2) PSO optimalizálás

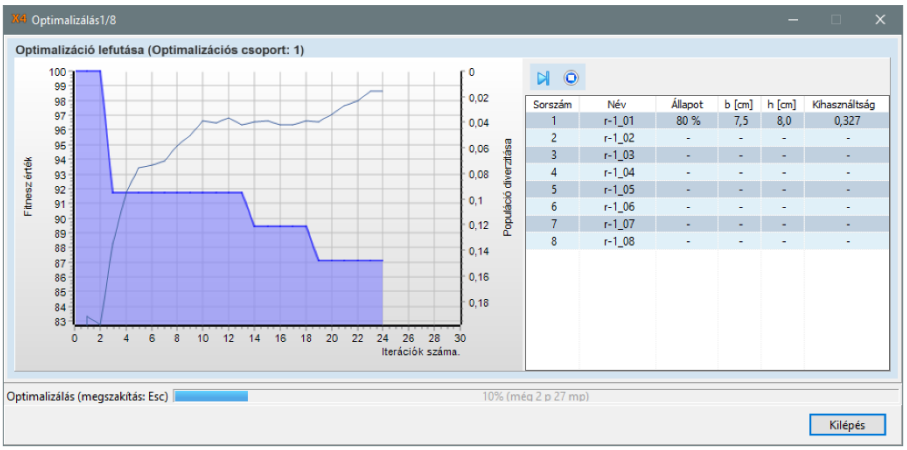
Az, hogy melyiket választja ki, az alábbi paraméterektől függ:

1) keresési tér mérete
2) beállított lépésközök
3) rögzített paraméterek száma
4) optimalizálás célja
5) egy vagy több magon történik-e a számítás
6) az optimalizálási csoport minden tagját figyelembe vesszük-e, vagy csak a leginkább kihasználtakat

Amennyiben a program PSO optimalizálás szerint fog számolni, a felhasználó módosíthatja az így kapott eredményt, a *Magam adom meg* gombra klikkelve. Egyébként erre nincs lehetőség.



A figyelembe vett rudak számának csökkentésével gyorsítható a számítás, viszont a pontosság csökken. A csökkentés leginkább nagy létszámú optimalizálás csoportok esetén hatásos, ahol eltérőek az egyes rudak kihasználtságai, és a kihasználtsági érték olyan vizsgálatból származik, amelyet az optimalizálás során is figyelembe veszünk.
A módszer képes kihasználni a processzor összes magját. Ilyenkor az egyes szálak egymással párhuzamosan végeznek keresést ugyanazon a keresési téren, s minden iterációs ciklus után információt cserélnek. Ezzel a módszerrel a keresési tér alapos bejárása, valamint a lehető leggyorsabb konvergencia is biztosított.
Egy jellemző lefutási görbe az alábbi ábrán látható:



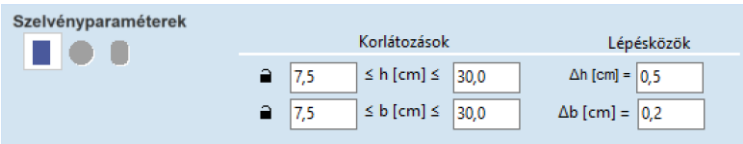
X tengelyen az iterációs ciklusok száma, Y tengelyen a célfüggvény értékei láthatóak

Az eljárás hátránya az, ami az előnye is, nevezetesen, hogy sztochasztikus módszer.

Emiatt több egymás utáni futtatás során nagy valószínűséggel nem pontosan ugyanazt az eredményt szolgáltatja, csak nagyon hasonlókat. Ez a tendencia különösen nagy keresési terek esetén érvényesül. Nagyon kicsi keresési terek esetén egy szimpla, ún. lineáris keresés (minden lehetőség végig számítása) történik, hisz ekkor felesleges sokkal bonyolultabb eljárást alkalmazni, ekkor az előbb említett hátrány nem jelentkezik.

A számítás menete a következő:

Az optimalizálandó szelvény típusának megfelelő topológiájú szelvény megadásához szükséges paraméterekhez a felhasználó keresési intervallumokat és lépésközöket adhat meg, vagy bizonyos paramétereket rögzíthet egy általa kívánt értéken.



Az optimalizálás során a program a szabad paraméterek közötti kereséssel olyan szelvényt keres, ami egyrészt a felhasználó által megadott *kihasználtsági maximumot* alulról minél jobban közelíti, másrészt ezen szelvények közül legoptimalizálisabb (aszerint, hogy milyen *Optimalizálási cél* szerint történik a keresés).

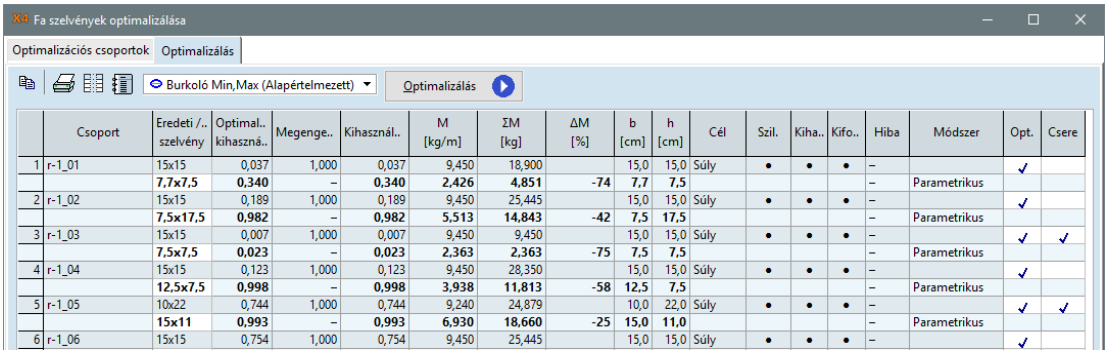
A keresési tér a túlzóan nagy intervallumok és/vagy túl kis lépésközök megadásával ugrásszerűen nő, ami a számítás idejének növekedésével és/vagy a globális optimumhoz történő konvergencia lassulásával jár. Ezért célszerű a várható eredményhez közel eső intervallumok beállítása a számítás elején.

Ha egy optimalizálási csoporton belül több szerkezeti elem található, a kihasználtság az adott szelvényre a csoport elemei közül mértékadó kihasználtsága lesz. Ezért nem célszerű nagyon eltérő igénybevételű, hosszúságú elemeket ugyanazon optimalizálási csoportba tenni.

Optimalizálás, eredmények

A paraméterek beállítása után ezen a fülön lehet az optimalizálást elindítani egy adott teheresetre, teherkombinációra vagy burkoló/mértékadó esetekre.

A táblázatos rész az egyes csoportok kiindulási adatait és az optimalizált eredményeket tartalmazza. A táblázat jobb oldalán az optimalizálás elindítása előtt az *Opt.* oszlopban ki- ill. bekapcsolható, hogy egy adott csoportot optimalizáljunk-e.



	Csoport	Eredeti /.. szelvény	Optimal.. kihaszná..	Megenge..	Kihasznál..	M [kg/m]	ΣM [kg]	ΔM [%]	b [cm]	h [cm]	Cél	Szil.	Kiha..	Kifo..	Hiba	Módszer	Opt.	Csere
1	r-1_01	15x15	0,037	1,000	0,037	9,450	18,900		15,0	15,0	Súly	•	•	•	–		✓	
		7,7x7,5	**0,340**	–	**0,340**	**2,426**	**4,851**	**-74**	**7,7**	**7,5**					–	Parametrikus		
2	r-1_02	15x15	0,189	1,000	0,189	9,450	25,445		15,0	15,0	Súly	•	•	•	–		✓	
		7,5x17,5	**0,982**	–	**0,982**	**5,513**	**14,843**	**-42**	**7,5**	**17,5**					–	Parametrikus		
3	r-1_03	15x15	0,007	1,000	0,007	9,450	9,450		15,0	15,0	Súly	•	•	•	–		✓	✓
		7,5x7,5	**0,023**	–	**0,023**	**2,363**	**2,363**	**-75**	**7,5**	**7,5**					–	Parametrikus		
4	r-1_04	15x15	0,123	1,000	0,123	9,450	28,350		15,0	15,0	Súly	•	•	•	–		✓	
		12,5x7,5	**0,998**	–	**0,998**	**3,938**	**11,813**	**-58**	**12,5**	**7,5**					–	Parametrikus		
5	r-1_05	10x22	0,744	1,000	0,744	9,240	24,879		10,0	22,0	Súly	•	•	•	–		✓	✓
		15x11	**0,993**	–	**0,993**	**6,930**	**18,660**	**-25**	**15,0**	**11,0**					–	Parametrikus		
6	r-1_06	15x15	0,754	1,000	0,754	9,450	25,445		15,0	15,0	Súly	•	•	•	–		✓	

Amennyiben szelvénytári szelvények alapján optimalizáltunk, az optimalizálás lefutása után, az optimalizális megoldáson kívül a szelvényeknél a legördülő menüből kiválasztható minden kiszámolt és megfelelő elem.
Jobb oldalon a *Csere* oszlop kipipálása után a *Szelvények cseréje* gombra kattintva kezdeményezhető a szerkezet módosítása.

Megjegyzés

A szelvényoptimalizálás a paramétertér vagy szelvényválaszték mérete, teheresetek száma, illetve a szerkezet méretétől függően, esetenként időigényes eljárás.

6.8. CLT tartományok ellenőrzése – CLT modul

Szabványok

Az Eurocode5 jelenleg CLT panelekhez nem tartalmaz átfogó méretezési eljárást. Az alkalmazott számítási eljárások részletes ismertetése és a hozzájuk tartozó forrásmegjelölések a CLT segédletben találhatók (*Súgó / CLT segédlet*).

Anyagjellemzők

A tartományokhoz a program anyagkönyvtárában található dedikált CLT anyag kiválasztását javasoljuk (alapértelmezett).

Amennyiben a gyártó ettől eltérő anyagjellemzőket határoz meg, akkor az CLT modellhez rendelt anyag adatait a modell anyagtáblázatában lehet módosítani.

Szilárdság karakterisztikus értékei	*Jelölés*
Száliránnyal párhuzamos hajlítás	$f_{m,0,k}$
Szálirányra merőleges hajlítás	$f_{m,90,k}$
Száliránnyal párhuzamos húzás	$f_{t,0,k}$
Szálirányra merőleges húzás	$f_{t,90,k}$
Száliránnyal párhuzamos nyomás	$f_{c,0,k}$
Szálirányra merőleges nyomás (*y*)	$f_{c,90,k}$
Szálirányra merőleges nyomás (*z*)	$f_{c,90,k}$
Csavarás	$f_{T,k}$
Nyírás y tengely irányában	$f_{v,k}$
Nyírás z tengely irányában	$f_{v,k}$
Gördülő nyírás	$f_{r,k}$*

**értéke szilárdsági osztálytól függetlenül 1.0 N/mm²*

Merevségi értékek	*Jelölés*
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{0,mean}$
Szálirányra merőleges rugalmassági modulus átlagértéke	$E_{90,mean}$
Száliránnyal párhuzamos rugalmassági modulus 5%-os küszöbértéke	$E_{0,05}$
Nyírási modulus átlagértéke	G_{mean}
Gördülő nyírási modulus átlagértéke	$G_{R,mean}$*

**szilárdsági osztálytól függetlenül $G_{R,mean}$ / G_{mean} = 0,1*

Sűrűség	*Jelölés*
Sűrűség karakterisztikus értéke	ρ_k
Sűrűség átlagértéke	ρ_{mean}

Parciális tényező	*Jelölés*
Az anyag biztonsági tényezője	γ_M

Felhasználási osztályok

Lásd... **6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul**

Teher-időtartam osztályok

Lásd... **6.7.1 Fa rúdelemek ellenőrzése Eurocode 5 szerint – TD1 modul**

Feszültség karakterisztikus értékei

A feszültségkomponensek külön-külön kerülnek meghatározásra hajlításból, normálerőből, csavarásból, illetve nyírásból. A megjeleníthető feszültségkomponensek a következők:

$\sigma_{mx,f}$ – hajlítónyomatékból keletkező x-irányú normálfeszültség szélsőértéke a lemez felső oldalán (a tartomány lokális z tengelyének pozitív irányába eső oldal).
$\sigma_{mx,a}$ – hajlítónyomatékból keletkező x-irányú normálfeszültség szélsőértéke a lemez alsó oldalán (a tartomány lokális z tengelyének negatív irányába eső oldal).

$\sigma_{my,f}$ – hajlítónyomatékból keletkező y-irányú normálfeszültség szélsőértéke a lemez felső oldalán (a tartomány lokális z tengelyének pozitív irányába eső oldal).
$\sigma_{my,a}$ – hajlítónyomatékból keletkező y-irányú normálfeszültség szélsőértéke a lemez alsó oldalán (a tartomány lokális z tengelyének negatív irányába eső oldal).

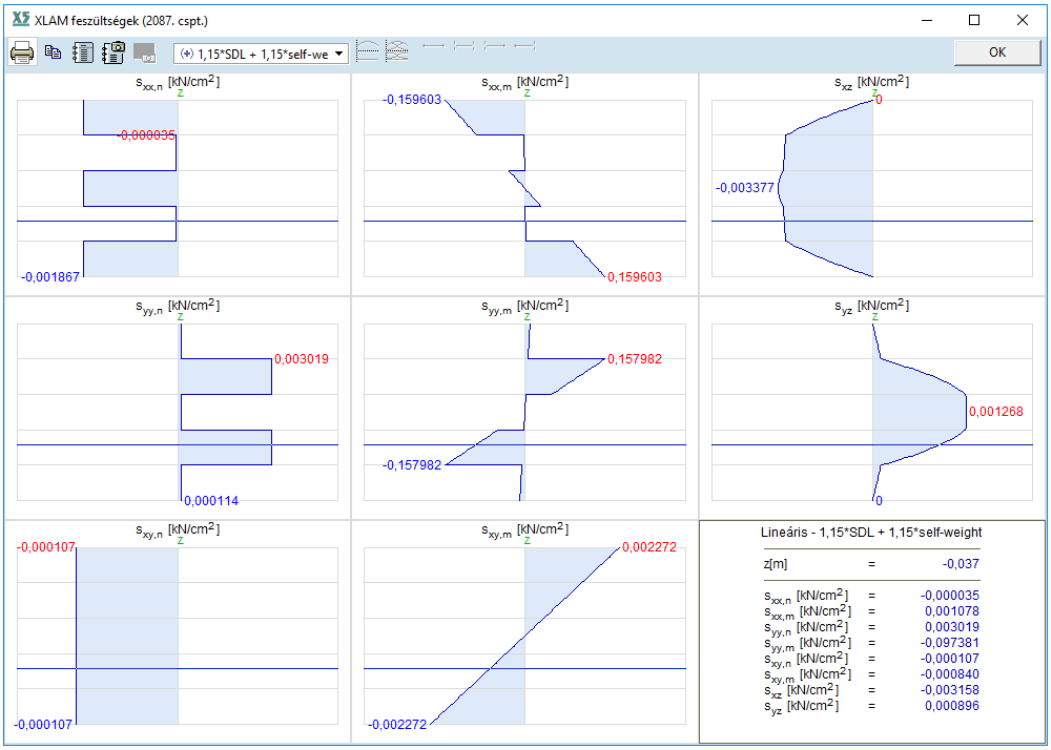
σ_{nx} – normálerőből keletkező x-irányú normálfeszültség szélsőértéke.
σ_{ny} – normálerőből keletkező y-irányú normálfeszültség szélsőértéke.

$\tau_{n,xy}$ – normálerőből keletkező x-y síkban fekvő nyírófeszültség szélsőértéke.
$\tau_{m,xy}$ – csavarónyomatékból keletkező x-y síkban fekvő nyírófeszültség szélsőértéke.

$\tau_{xz,max}$ – az x-normálisú oldallapon működő nyíróerőből keletkező nyírófeszültség szélsőértéke.
$\tau_{yz,max}$ – az y-normálisú oldallapon működő nyíróerőből keletkező nyírófeszültség szélsőértéke.

$\tau_{rx,max}$ – az x-normálisú oldallapon működő nyíróerőből keletkező gördülő nyírófeszültség szélsőértéke.
$\tau_{ry,max}$ – az y-normálisú oldallapon működő nyíróerőből keletkező gördülő nyírófeszültség szélsőértéke.

Csomópontra kattintva az egyes feszültségkomponensek vastagság mentén történő eloszlása is megtekinthető (pirossal és kékkel a feszültségek előző felsorolás szerinti szélsőértékei láthatók):



Szilárdság tervezési értékei

A szilárdság tervezési értékét az anyag szilárdsági karakterisztikus értékéből az alábbi formulákkal határozzuk meg:

$f_{c0d}, f_{c90d}, f_{vd}, f_{rd}$: $f_d = k_{mod} f_k / \gamma_M$
$f_{m90d}, f_{t0d}, f_{t90d}$: $f_d = k_{sys} k_{mod} f_k / \gamma_M$
f_{m0d}: $f_d = k_{sys} k_{mod} k_{fin} f_k / \gamma_M$
ahol

k_{mod} a szilárdsági ellenállást csökkentő tényező (EN 1995-1-1, 3.1.3)
k_{sys} a szilárdsági ellenállást növelő tényező
k_{fin} a hajlítási szilárdságot csökkentő tényező
f_k a szilárdság karakterisztikus értéke
γ_M az anyag (parciális) biztonsági tényezője (EN 1995-1-1, 2.3 Táblázat)

k_{sys} tényező

$k_{sys} = \min\{1 + 0.025 \cdot n; 1.2\}$ (ahol n a rétegek számát jelöli, és $n > 1$)

Kölcsönhatási vizsgálatok

Normálerő-Hajlítás szálirányban [M-N-0]
Normálerő-Hajlítás szálirányra merőlegesen [M-N-90]
Nyírás-Csavarás [V-T]
Normálerő – Gördülési Nyírás [Vr-N]

Normálerő-Hajlítás szálirányban (M-N-0)

Ha a normálerőből számolt feszültség pozitív

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

Ha a normálerőből számolt feszültség negatív

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

Normálerő-Hajlítás szálirányban (M-N-90)

Ha a normálerőből számolt feszültség pozitív

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{|\sigma_{m,90,d}|}{f_{m,90,d}} \leq 1$$

Ha a normálerőből számolt feszültség negatív

$$\left(\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,90,d}|}{f_{m,90,d}} \leq 1$$

Nyírás-Csavarás (V-T)

$$\frac{|\tau_{T,d}|}{f_{T,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{r,d}}{f_{r,d}}\right)^2 \leq 1$$

Gördülő nyírás – Normálerő

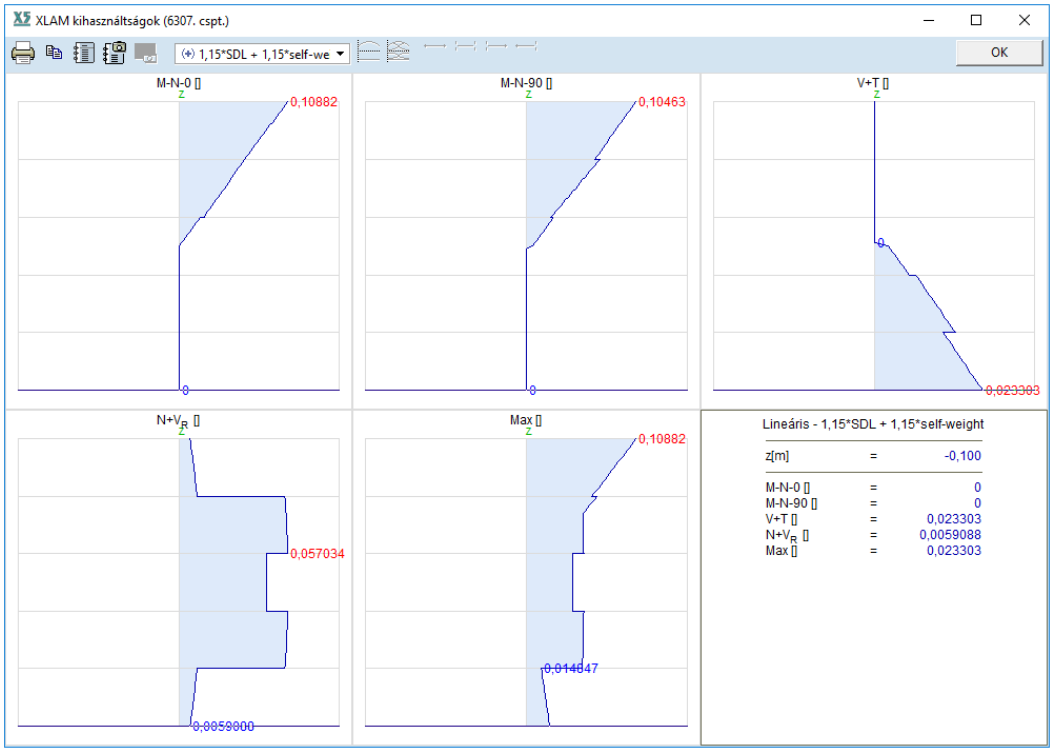
Szálirányban

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1\,; \quad \frac{|\sigma_{c,90,d}|}{f_{c,90,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1$$

Szálirányra merőlegesen

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1\,; \quad \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} + \frac{|\tau_{r,d}|}{f_{r,d}} \leq 1$$

Csomópontra történő kattintáskor az egyes kölcsönhatási vizsgálatok vastagság mentén történő eloszlása is megtekinthető (pirossal és kékkel az ábrázolt szélsőértékek láthatók):



A számított kihasználtságokat csak azokon a szakaszokon ábrázoljuk, ahol az interakciókban szereplő feszültségkomponensek erősítik egymást.

☞ **A CLT tartományokkal kapcsolatos számítások részletes leírása a CLT segédletben található.** *(Súgó / CLT Segédlet)*

6.9. Falazott szerkezetek ellenőrzése – MD1 modul



Az MD1 modul lehetőséget teremt falazott anyagú tartományok méretezéséhez szükséges speciális méretezési paraméterek megadására és azok ellenőrzésére. A modul a szabványos vizsgálatok szerint a vasalatlan falak függőleges ellenállását és nyírási ellenállását tudja meghatározni és az ehhez szükséges komplex ellenőrzéseket elvégezni.

A modul egy vagy többszintes falak globális ellenőrzésére is megoldást nyújt. Az egyes szintekhez kapcsolódó, a falazat teherbírását jelentősen befolyásoló csomópontok beállíthatók, melyek kiegészítő eszközt nyújtanak a tervezéshez.

Az ellenőrzés az *Eurocode*, *SIA* és *NTC* szabványok esetén elérhető.

6.9.1. Vasalatlan falazatok komplex ellenőrzése

Alapelvek

A modul az alábbi vizsgálatok elvégzésére nyújt lehetőséget:

A) főként függőleges teherrel terhelt falak ellenőrzése (ennél a vizsgálatnál csak a fal síkjára merőleges normálerő külpontosság van figyelembe véve),

B) stabilitásvizsgálattal (a normálerő kétirányú külpontosságának figyelembevétele mellett) egybekötött nyírási vizsgálat.

A kétféle vizsgálat a programban eltérő, felhasználó által megadható keresztmetszetekhez kapcsolódik (*lásd...* **6.9.1.3** résznél). A *B* típusú vizsgálatot csak akkor végzi el a program, ha a nyírási ellenőrzést is kértük (ld. sáv globális tervezési paraméterei).

A modulban csak vasalatlan falazott fal vizsgálható.
A számítás során szintenként csak egyrétegű, állandó vastagságú fal vizsgálható.

A falazott falak ellenőrzése az *EN 1996-1-1 (6.1 és 6.2 fejezet)*, *NTC (4.5.6.2 fejezet)* és *SIA 266 (4.3.1, 4.4.1 és 4.3.3, 4.4.2 fejezetek)* szabványok alkalmazásával végezhető el, az alábbi feltételezések és alkalmazási korlátok mellett:

A fenti szabványok feltételezik, hogy a födémek oldalirányban megtámasztják a falakat, így szabadon álló vagy konzolos fal nem vizsgálható.

A modulban többféle paraméter (ld. csomóponti beállítások) felvehető, melyek többlet nyomatékot okozhatnak a figyelembe vett szerkezeti modellen (szintenként eltérő vastagságú falak, csomóponti beépítés és födém reakcióerő külpontos hatása). Ezek a külpontos hatások a fal teherbírása szempontjából nem elhanyagolhatók, ugyanakkor a „pontos" modellezés meglehetősen bonyolult megoldásokat eredményezhet sok esetekben. Ezt megkönnyítve a program közelítő számítási módszert (lásd... Többletnyomatékok számítása) biztosít a felhasználóknak, mellyel ezeket a hatások egyszerűsített módon figyelembe lehet venni. Minden esetben a felhasználónak kell mérlegelnie azok alkalmazhatóságát, illetve azt, hogy az egyes beállítások egymással szinkronban vannak-e.

A program a fal síkjában figyelembe vett kezdeti és másodrendű külpontosságok számításánál az *EN 1996-1-1 szabvány B mellékletét* veszi alapul, a szükséges paramétereket a felhasználónak kell felvennie (ld. sáv paraméterek beállítása).

A vizsgálat alapját a tartományokon definiált virtuális sávok alkotják. Csak a sávokhoz (*lásd...* **2.16.19 Virtuális rúd**) lehet hozzárendelni a falazat speciális paramétereit és az ellenőrzés is csak a sávok kiintegrált eredményeire végezhető el.

A virtuális sávok átfoghatnak többszintes falazott falakat, azonban az egyes szintek paraméterei és beállításai eltérőek lehetnek. A program a többszintes falakat teljes egészében kezeli a méretezés során. A komplex vizsgálat miatt javasolt a többszintes falazott sávok használata.

A modulban elérhető szabványok speciális alkalmazási korlátairól a **6.9.1.6...6.9.1.9** fejezetek tájékoztatnak.

☞ **Ha a modell építési állapotokat tartalmaz, a falszakasz csak az utolsó építési fázisban vagy a végállapotban vizsgálható. Ezekben a fázisokban a falszakaszt reprezentáló virtuális sávnak folyamatosnak kell lennie.**

6.9.1.1. Falazatok definiálása és paramétereinek megadása

Tervezési paraméterek



A *Tervezési paraméterek* ikonra kattintva, a megnyíló *Falazatok* ablakban adhatjuk meg a falazatok szintjeit, definiálhatunk falazott paramétereket, illetve ellenőrizhetjük a meglévő falazatokat.

Az ikon csak abban az esetben aktív, ha a modell tartalmaz falazott anyagú tartományt, létezik virtuális sáv a modellben és van elérhető eredmény, melyre az ellenőrzés elvégezhető (lineáris statika, nemlineáris statika/dinamika). Az ikonra kattintás után a vizsgálandó virtuális sávot kell kijelölnünk (egyszerre csak egyet). Ha a kijelölés nem megfelelő vagy a virtuális sáv, amelyre kattintottunk nem vizsgálható, akkor azt a program figyelmeztető üzenettel jelzi. Az alábbi hibás kijelölések fordulhatnak elő:

- Nincs kijelölve virtuális sáv.
- Egyszerre több sávot is ki van jelölve.
- A kijelölt virtuális sávnak van olyan régiója, ami nem falazott anyagú.
- A kijelölt virtuális sáv nem folytonos.
- A kijelölt virtuális sáv keresztmetszete nem támogatott (pl. változó keresztmetszetű).
- A kijelölt virtuális sáv nem függőleges (a függőlegeshez képest legfeljebb 15° eltérés megengedett).

A kijelölés befejezése után a *Falazatok* ablak jelenik meg, melyben a sávokhoz szinteket tudunk rendelni a tervezési paraméterek definiálása előtt, vagy a már meglévő falazatokat tudjuk módosítani, ellenőrizni.

☞ **A *Falazatok* ablak automatikusan megnyílik, ha a modellben a (falazat anyagú tartományhoz rendelt) virtuális sávra kattintunk.**

Régió ellenőrzése falazott falként



Az egyszintes falazott tartomány ellenőrzésére szolgál a *Régió ellenőrzése falazott falként* funkció. Ekkor nincs szükség arra, hogy a modell már tartalmazzon virtuális sávot.

Az ikonra kattintva, majd követve a parancssorban megjelenő utasításokat egy meglévő falazott tartományon létrehozhatunk egyszerűbb adatbevitellel egy virtuális sávot. Az így definiált virtuális sáv mindig 1 m szélességű (szélessége később módosítható a virtuális rudak beállításainál). Ha a tartomány szélén vagy ahhoz közel adjuk meg a virtuális sáv kezdőpontját, úgy a program a sáv tengelyét automatikusan behúzza úgy, hogy a sáv széle a tartomány szélén legyen, azon ne lógjon túl.

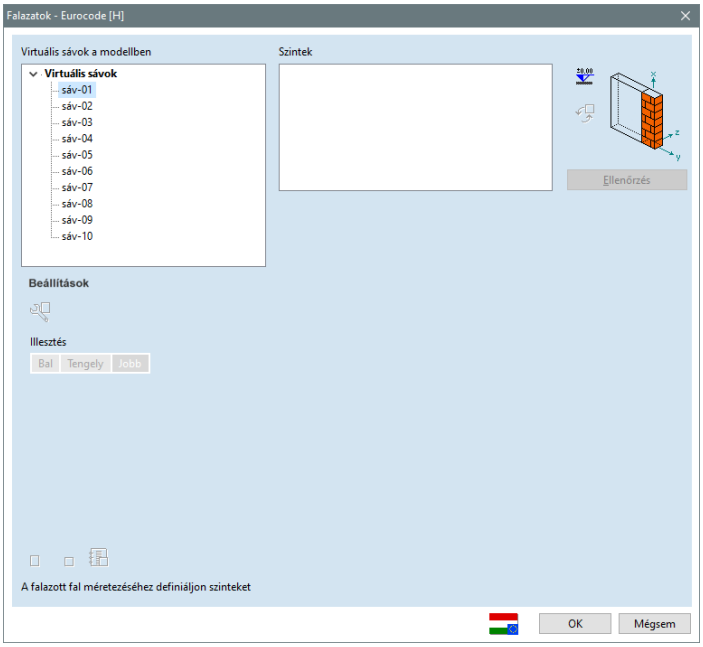
A kijelölést befejezve a *Falazat ellenőrzése* ablak jelenik meg, ahol a szükséges tervezési paramétereket, csomóponti beállításokat és az ellenőrzést elvégezhetjük.

A *Régió ellenőrzése falazott falként* funkcióval definiált virtuális sávok a *Tervezési paraméterek* ikonra kattintva is elérhetőek.

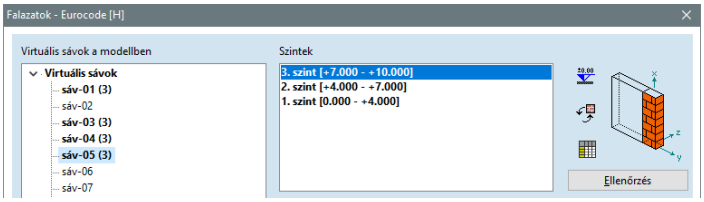
Megjegyzés: a sáv automatikus definiálásánál a program feltételezi, hogy többletnyomatékok (ld. később) figyelembevételére nincs szükség, valamint a nyírásvizsgálat nincs bekapcsolva (mivel annak egyes paraméterei automatikusan nem beállíthatók). Amennyiben szükséges, akkor a sáv létrehozása után a *Tervezési paraméterek* ikonra kattintva, a *Falazatok* ablakban érhetjük el a sávra jellemző beállításokat.

Virtuális sávok

A *Tervezési paraméterek* ikonra kattintva, a *Falazatok* ablak baloldali listájában a modellben lévő (érvényes) virtuális sávok láthatók.



Amennyiben a virtuális sávhoz már tartoznak szintek, akkor az adott sáv neve vastagon szedve látható. A zárójelben lévő szám az adott sávhoz rendelt szintek számát jelzi. A felsorolt, vastagon szedett virtuális sávok egyikére kattintva a virtuális sávhoz rendelt szintek betöltődnek a mellette lévő *Szintek* nevű listába. Amennyiben egy olyan virtuális sávra kattintunk, amelyhez nem tartoznak szintek, úgy ez a lista üres marad.



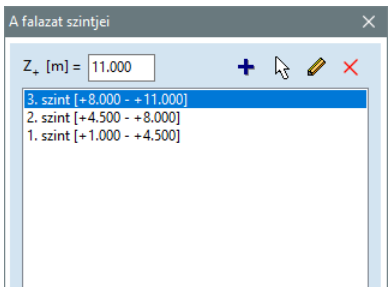
Szintek

A falazat paraméterei megadása előtt szinteket kell definiálnunk. A megadott szintek a födémek magassági helyeit és egyben a fal oldalirányú megtámasztási pontjait adják meg. Az ellenőrzést a megadott szintek közötti falszakaszokra végezhetjük el, a teljes falszakasz igénybevételeinek és beállításainak figyelembevételével.



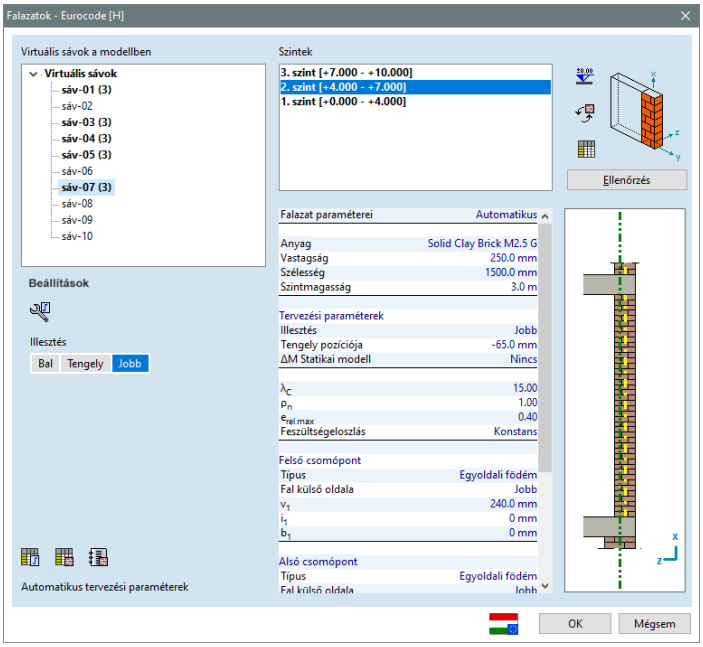
A szinteket a baloldalt látható gombra kattintás után szerkeszthetjük/adhatjuk meg. Nem adható meg olyan szint, melynek nincs metszéspontja a virtuális rúd redukálási tengelyével. Amennyiben voltak előre definiált szintek (*lásd...* **3.3.4 Szintek**) a modellben, akkor a program megkeresi és betölti a lehetséges szinteket. A szinteknek nem feltétlenül kell megegyezniük a modellben definiált szintekkel.

A meglévő szintek törölhetőek (törlés ikon), módosíthatóak (ceruza ikon), új szintek is létrehozhatóak (+ és nyíl ikonok). A szintadatok a virtuális sávval párhuzamosan tárolódnak. Ha végeztünk a szintek definiálásával, akkor a virtuális rudat a *Falazatok* ablak virtuális sávokat tartalmazó listájában már vastagon szedve láthatjuk, továbbá a program a modelltérben is kirajzolja a fal keresztmetszetét és hosszmetszetét az automatikusan definiált csomóponti kialakítások alapján (lásd a **6.9.1.4** fejezetben).



Automatikus tervezési paraméterek

A szintek megadása után a program automatikus paramétereket rendel a sávhoz és annak szintjeihez. A kiválasztott szinthez az automatikusan felvett paramétereket a *Szintek* alatti listában összefoglalva láthatjuk.



☞ **Az automatikusan definiált szint nevek módosíthatóak, a szint nevén jobb egérgombbal kattintva, az *Átnevezés* funkció használatával.**

Modell alapján felvett paraméterek

A program az alábbi paramétereket a modellből, a sávhoz kapcsolódó tartományok jellemzői alapján veszi fel:

- A szinthez tartozó (falazott) anyagot.
  Amennyiben egy virtuális sáv szintje több, eltérő anyagú (fal) tartományt fog át, a program ezek közül csak egyet olvas be. Egy adott szinten csak egyféle falazat anyag vehető figyelembe a méretezés során. A felhasználó a felvett anyagot szükség szerint a *Falazat paraméterei* között megváltoztathatja. A méretezésnél alkalmazott rugalmassági modulust a program a tartomány lokális koordinátarendszere alapján veszi fel. Ha a lokális rendszer a függőlegessel szöget zár be, akkor ahhoz az irányhoz tartozó modulust alkalmazza a program, mely a függőleges irányhoz közelebb áll. Az ellenőrzéshez használt rugalmassági modulus a *Tervezési paraméterek* ablakban szükség szerint módosítható (lásd a 6.9.1.3 fejezetben).

- Az egyes szintekhez tartozó falvastagságot.
  Amennyiben egy virtuális sáv szintje több, eltérő vastagságú tartományt fog át, a program ezek közül csak egyet olvas be. Egy adott szinten csak állandó falvastagság vehető figyelembe.

  A falvastagság a későbbiekben nem változtatható paraméter, azt csak a modellben a tartomány vastagságának módosításával lehet megváltoztatni.

- A sávokhoz tartozó falszélességet, mely a virtuális sáv szélességével azonos.
  Az ellenőrzés és a számított teherbírás a teljes falszélességre vonatkozik.

- A definiált szintekhez kapcsolódó födémet és annak vastagságát.
  A program a modell alapján felveszi a kapcsolódó vasbeton anyagú födémeket. A típusát tekintve ez lehet *Átmenő, Egyoldali födém*. Abban az esetben, ha a program az adott szinten nem talál csatlakozó vasbeton anyagú födémet, úgy nem rendel hozzá az adott csomóponthoz födémtípust (*Födém nincs megadva*). Részletesen lásd a 6.9.1.3 fejezetben.

Megjegyzés: a szabványok és így a méretező modul feltételezi, hogy a falakat oldalirányban födémek támasztják meg. A *Födém nincs megadva* eset itt csak azt jelöli, hogy a program a modellben nem talált kapcsolódó vasbeton anyagú födémet.

Ha az adott szinten több, eltérő vastagságú födém kapcsolódik a falhoz, úgy a program a legkisebb vastagságot fogja felvenni. A födém típusa, vastagsága a *Csomóponti beállítások* ablakban a későbbiekben módosítható a modellben szereplő tartomány vastagságtól függetlenül.

Ha a paraméterek felvétele után a modellben a csatlakozó födém módosul, azt a program már nem követi. Ezeket a felhasználónak kell szükség szerint korrigálnia: vagy az automatikus paraméterek visszaállításával (lásd alább) vagy az érintett födémet módosítja a csomóponti beállításoknál!

- Méretezési pozíciók (összesen 6 db, ld. később) a csatlakozó szerkezetek alapján.

Egyéb tervezési paraméterek

A program az ellenőrzéshez szükséges tervezési paramétereket az adott szabvány nemzeti előírásai figyelembevételével és a programban előre definiált alapértékek alapján veszi fel.

Automatikus vagy Egyedi

Az automatikusan felvett tervezési paraméterekről a lista tetején a *Falazat paraméterei* sorban az *Automatikus* megjelölés tájékoztat. Amennyiben bármely (szinthez tartozó) tervezési paramétert megváltoztatunk a továbbiakban, a beállítás *Egyedi* lesz.

Koordinátarendszer



A modul a modell igénybevételeinek jelölésénél, kirajzolásánál és a fal oldalnézetének ábrázolásánál a virtuális sáv lokális koordinátarendszerét követi. A *Falazatok* és *Falazat ellenőrzése* ablakokban ez a koordináta rendszer van feltüntetve és szolgál tájékoztatásként.

Szinthez tartozó falszakasz oldalnézete

A program kiválasztott szinthez tartozó falszakasz oldalnézetét a csatlakozó szerkezetekkel együtt a *Falazatok* ablak jobb alsó sarkában lévő ábrán jeleníti meg. A nézetet az ábra jobb alsó sarkában jelölt virtuális sáv koordináta rendszere alapján rajzolja fel.

Beállítások

A kiválasztott **sáv**hoz az alábbi beállítások érhetőek el a *Falazatok* ablakban:

Globális tervezési paraméterek beállítása



A falazott sávhoz tartozó speciális beállítások a *Globális tervezési paraméterek beállítása* ikonra érhetőek el (részletesen ld. alább).

Illesztés



Ha a kiválasztott sáv eltérő falvastagsággal rendelkező szinteket tartalmaz, úgy felhasználó a falak referencia síkját/tengelyét az alábbiak szerint igazíthatja.

Az alapértelmezett beállítás szerint a program úgy tekinti a falakat, hogy azok tengelye egybeesik (pl. közbülső falak).

Szélső falak vagy egyéb igény szerint azokat *Bal*ra, illetve *Jobb*ra rendezheti (sáv lokális koordinátarendszerében értelmezve), hogy azok bal vagy jobb oldali falsíkja megegyező legyen. A beállításból adódóan többletnyomatékkal kell számolni (ld. következő bekezdés).

A fal oldalnézetén a zöld tengelyvonal a fal modellben szereplő tengelyét, egyben a sávhoz tartozó legnagyobb falvastagságú fal tengelyét mutatja. A sárga tengely a kiválasztott szint tengelyét mutatja.

Ha a kiválasztott sáv csak azonos falvastagságú szinteket tartalmaz, úgy ez az opció nem elérhető.

Globális tervezési paraméterek táblázata



A *Falazott sáv paraméterei* ikon csak akkor aktív, ha a modell már tartalmaz olyan (falazott) virtuális sávokat, melyhez szinteket rendeltünk. Az ikonra kattintva a sávra jellemző globális paramétereket láthatjuk összefoglaló táblázatban, melyben az összes virtuális sáv megjelenik.

Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Falazat tervezési paraméterei



A *Falazat paraméterei* ikon csak akkor aktív, ha a modell már tartalmaz olyan (falazott) virtuális sávokat, melyhez szinteket rendeltünk. Az ikonra kattintva a tervezési paramétereket láthatjuk összefoglaló táblázatban, melyben az összes, szintekkel rendelkező virtuális sáv összes szintje megjelenik.

Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Tervezési számítások



Ha a kiválasztott virtuális sáv már tartalmaz definiált szinteket (azaz már a legalább automatikus paraméter beállítással rendelkezik), akkor a *Tervezési számítások* ikonra kattintva a program felépíti a komplett tervezési számítást, mely tartalmazza a kiválasztott sáv összes szintjének eredményeit.

Elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.

Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Méretezési eredmények



Ha a kiválasztott virtuális sáv már tartalmaz definiált szinteket (azaz már a legalább automatikus paraméter beállítással rendelkezik), akkor a *Méretezési eredmények* ikonra kattintva a program egy táblázatban foglalja össze a kiválasztott szint méretezési eredményeit (felső, középső és alsó keresztmetszet).

Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Automatikus tervezési paraméterek visszaállítása



Az aktuális virtuális sáv kiválasztott szintjének automatikus paramétereit állíthatjuk vissza (lásd *Automatikus tervezési paraméterek* szakasz).

Az alábbi paraméterek módosítását kérhetjük külön-külön a megjelenő dialógus ablakban:

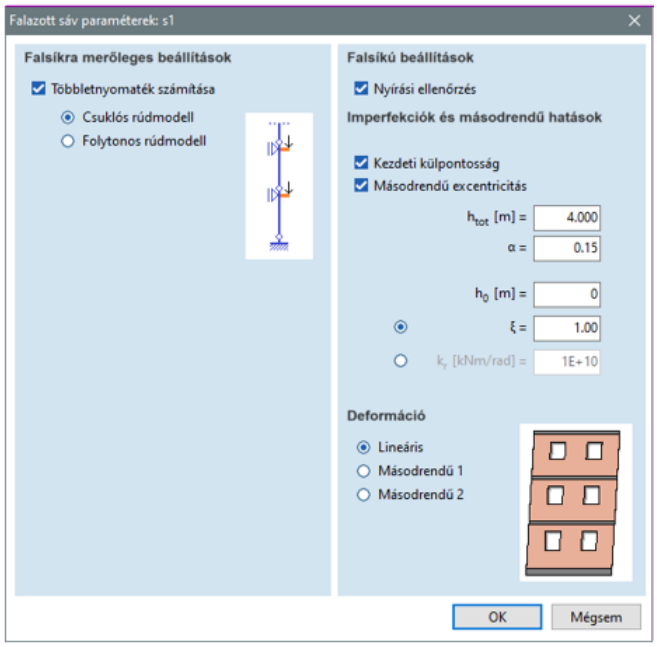
- Falazat anyaga (és az ahhoz tartozó beállítható paraméterek),
- Falvastagság
- Falazat csomópont (a méretezési pozíciók visszaállításával együtt),
- Tervezési paraméterek (a *Tervezési paraméterek* ablakban szereplő összes adat az anyag kivételével).

A paramétereket részletesen lásd a **6.9.1.4** fejezetben.

6.9.1.2. Sávra jellemző paraméterek megadása

Falazott sáv paraméterek

Falazott sáv paraméterek beállítása ablakban a következők láthatóak és az alább részletezett beállítások érhetőek el.



Falsíkra merőleges beállítások

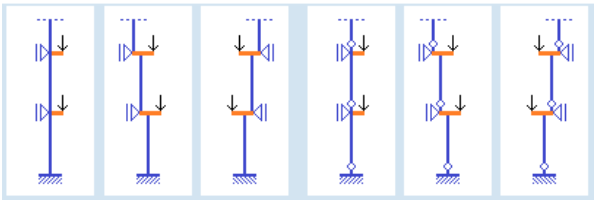
A falazott sávok csomóponti beállításából, az egyes szintek eltérő falvastagságából, födémek alatt feltételezett feszültségmegoszlásból többlet külpontosságok adódhatnak. Ha a felépített modell és a végeselemes számítás nem tartalmazza ezeket a többlet hatásokat, úgy a program ezek figyelembevételére kétféle közelítő módszert ajánl fel, ha a *Többletnyomaték számítása* a jelölőnégyezetet kipipáljuk:

- Csuklós rúdmodell,
- Folytonos rúdmodell.

A modellek leírását részletesen lásd a **6.9.1.6 Az ellenőrzés alapelvei** fejezetben.

A falazat ellenőrzésénél a tervezési nyomaték a modell virtuális sáv nyomatékának és a fenti módszerek valamelyikével számolt többletnyomaték számtani összegéből adódik.

A kiválasztott közelítő statikai modell megjelenített ábrája függ a falak rendezésétől (*Bal*, *Tengely*, *Jobb*). Az ábra a külpontos erőhatásokat és a különböző falvastagságú szintek excentrikus hatását szimbolizálják.



Ha a *Többletnyomaték számítása* jelölőnégyzet nincs kipipálva, úgy a program csomópontok/egyéb beállítások alapján nem számol többletnyomatékot, úgy tekinti, hogy a virtuális sáv igénybevételi már tartalmazzák azokat.

Fal síkjában értelmezett beállítások

A fal síkjához kötődő ellenőrzések kapcsán a következő beállításokat végezhetjük el:

Nyírási ellenőrzés

A nyírási ellenőrzés megjelölésénél a program a **6.9.1** fejezetben részletezett *A* és *B* típusú vizsgálatokat végzi el. Amennyiben ez a funkció nem aktív, akkor a program *A típusú* vizsgálatot végzi el.

SIA szabvány

SIA szabvány esetén a nyírási ellenállás meghatározására kétféle módszert ajánl fel a program: *SIA266 diagram alapján / Numerikus számítás alapján*.
A módszerek ismertetése részletesen a **6.9.1.9 Ellenőrzés a SIA alapján** fejezetben, a *Nyírásvizsgálat* bekezdésnél olvasható.

Kezdeti külpontosság

A program csak abban az esetben számol kezdeti külpontosságot, ha ez az opció ki van választva. A kezdeti külpontosságot a program ez *EN 1996-1-1 szabvány 5.3.* szakasza alapján, a kezdeti ferdeséget és az alább szereplő paramétereket figyelembe véve számolja.

Másodrendű külpontosságú kapcsoló

A program csak abban az esetben számol másodrendű külpontosságot, ha ez az opció ki van választva. A másodrendű hatásokat az erre vonatkozó *EN 1996-1-1 szabvány 5.4 fejezete* alapján kell figyelembe venni.

Külpontosság számításhoz tartozó paraméterek

A program az alábbi paraméterek figyelembevételével számítja a fal síkjában figyelembe veendő kezdeti és másodrendű külpontosságot.

Földrengés teheresetet tartalmazó teherkombinációban a program automatikusan nem számol másodrendű külpontosságot. Azt a *Szintek földrengésérzékenysége táblázat*ban található képlékeny stabilitásindex segítségével vehetjük figyelembe az *EN 1998-1-1* szerint.

A kezdeti és másodrendű külpontosság számításához tartozó paraméterek:

- h_{tot} – a fal alaptól mért teljes magassága.
- α – a teljes függőleges teher fal által merevített részaránya ($0 < \alpha \leq 1$).

Másodrendű külpontossághoz tartozó további paraméterek:

- h_0 – talppont
- ξ – a figyelemebe vett szerkezeti elem befogásának elfordulási merevsége miatti tényező.
- k_r – a befogás elfordulás elleni merevsége

Az előző két paraméter közül csak az egyik megadása szükséges.

Deformáció

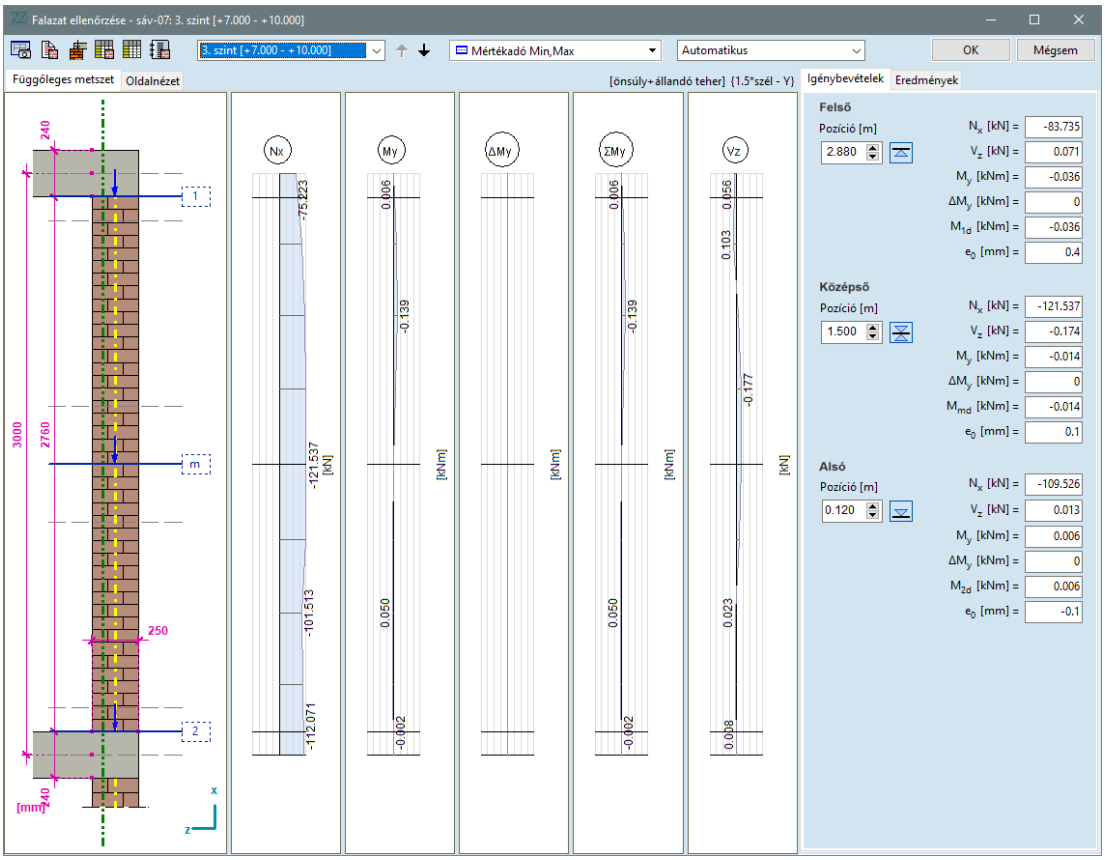
A másodrendű külpontosságot az egyes szintekhez tartozó méretezési pozíciókban az alábbi (jellemző) deformációs alak egyike alapján számolja a program.

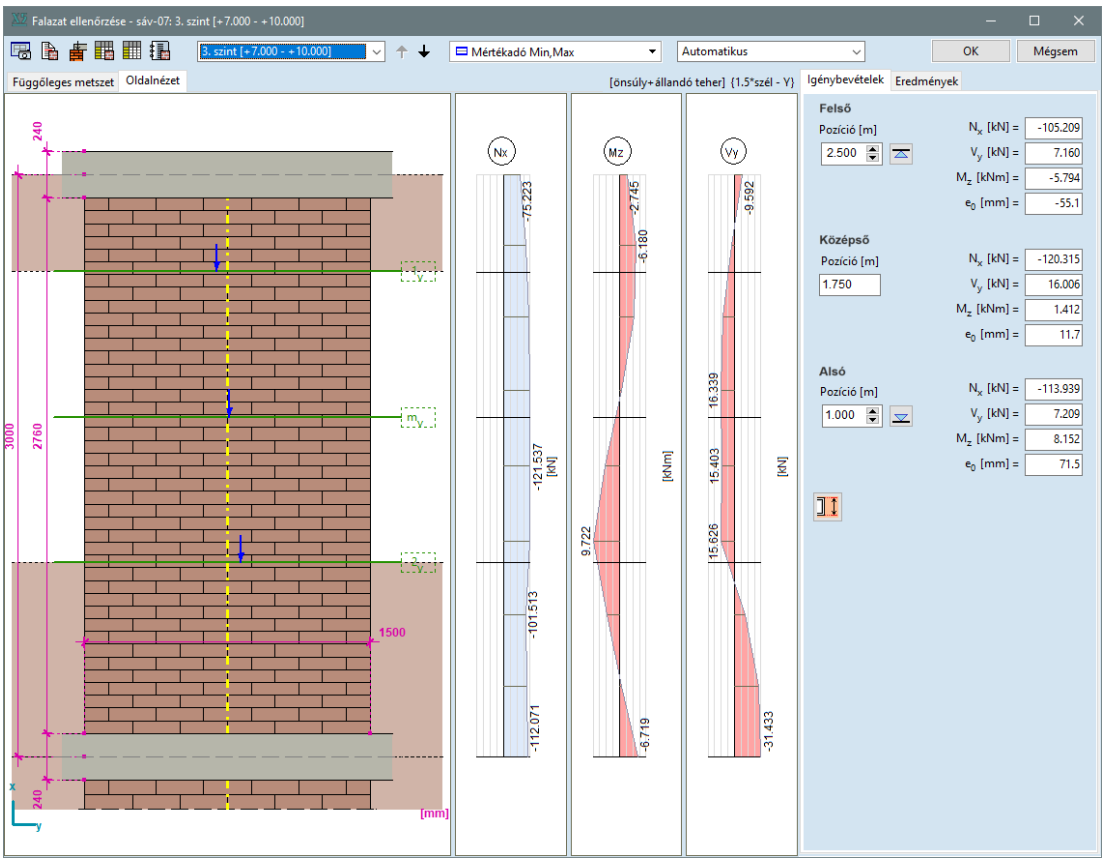
- Lineáris
- Másodrendű 1.
- Másodrendű 2.

6.9.1.3. Szintek ellenőrzése, tervezési paraméterek megadása, csomóponti beállítások

Falazat ellenőrzése

Az *Ellenőrzés* gombra kattintva a *Falazat ellenőrzése* ablak nyílik meg, melyben a következők láthatók és az alább részletezett beállítások érhetők el.





Adott szint ábrázolása

Az ablak bal oldalán lévő ábra az aktuális sáv és annak kiválasztott szintjének *Függőleges metszet*ét / *Oldalnézet*ét mutatja geometriai méreteivel és csomóponti beállításaival (kapcsolódó födém, hőszigetelés, betét) az ábra felett (bal oldal) kiválasztott fültől függően. (Ha a nyírási méretezést nem kapcsoltuk be, akkor csak a fal függőleges metszete látható.) Az ábrán emellett a kapcsolódó szintek (alsó és felső) falait is sematikusan megjeleníti a program, a fal oldalnézetén a csatlakozó tartományok is megjelennek halvány tónussal színezve.

A jobb/bal alsó sarokban megjelenő koordináta rendszer a virtuális sáv lokális koordináta rendszerével azonos.

A zöld tengelyvonal a fal modellben szereplő tengelyét, egyben a sávhoz tartozó legnagyobb falvastagságú fal tengelyét mutatja. A sárga tengely a kiválasztott szint tengelyét mutatja.

A méretezett falazott sáv kitöltésének színe a szinthez tartozó anyag színével azonos, a kitöltési minta nem követi a falazat típusát, az nem változtatható.

☞ **Ha a fal oldalnézetén, annak törzse fölé visszük az egeret, úgy az egér átvált mutató jellé. Ekkor a faltörzsön duplán kattintva feljön a *Falazat paraméterei* ablak nyílik meg.**

☞ **Ha az egérrel a fal alsó vagy felső csomópontjához közelítünk, úgy az egér átvált mutató jellé és a csomópont körül egy (narancssárgás) keret jelenik meg. Ekkor duplán kattintva feljön a *Csomóponti beállítások* ablak és abban a kiválasztott csomópont lesz aktív (szerkeszthető).**

Méretezési pozíció

A méretezési pozícióval beállíthatjuk a szabvány szerinti méretezési keresztmetszeteket: az igénybevételeket ezekben a keresztmetszetekben olvassa le a program a virtuális sávról.

1, *m*, *2* jelű méretezési pozíciók

Ha nincs bekapcsolva a nyírási méretezés, akkor 3 db pozíciót állíthatunk be (sötétkék - 1, m, 2 jelölésű referencia vonalak) a fal *Függőleges metszet*én. Ezekben a keresztmetszetekben csak a fent említett *A)* típusú vizsgálatot végzi el a program.

A felső, középső és alsó (vastag) kék vízszintes vonalak a méretezési pozíciók tengelyét mutatják, melyek az ábrán jelölt szürke szaggatott határokon belül mozgathatók. Ha az egérrel a kék vonalhoz közelítünk, akkor a kurzor átvált (le-fel mutató nyíl), majd a bal egér gombot nyomva tartva a kék vonalat lentebb vagy feljebb mozgathatjuk.

A középső keresztmetszet esetén a mozgási tartomány a szintmagasság ötöde, a felső és alsó keresztmetszeteknél az állítási magasság a falvastagsággal azonos a szint tetejétől, illetve aljától mérve.

A méretezési pozíciót változtatva csak az ellenőrzésnél figyelembe vett igénybevétel módosul, de a méretezési elvek nem változnak.

Ha a csomóponthoz (vasbeton) födém csatlakozik, akkor a referenciatengelyt a program automatikusan a falazat aljához (alsó födém felső síkjához) és tetejéhez (felső födém alsó síkjához) igazítja.

☞ **SIA 266 szabvány esetén az „*m*" jelű középső mérővonal nem állítható.**

1_v, *m_v*, *2_v* jelű méretezési pozíciók (falnyílások pozíciója)

Ha a nyírási méretezés is be van kapcsolva, akkor a fal *Oldalnézet*én további 3 méretezési pozíciót állíthatunk be (zöld - 1_v, m_v, 2_v jelölésű referencia vonalak). Csak az alsó és felső referencia tengely állítható, a középső tengelye a két tengely távolságának a felébe áll be automatikusan. Ezekben a keresztmetszetekben a korábban említett B) típusú vizsgálatokat végzi el a program, azaz a komplex stabilitás és nyírásvizsgálatot. A méretezési pozícióval figyelembe vehetjük a sávhoz kapcsolódó tartomány részeket, nyílásokat (a nyírási méretezés az alsó és felső tengelyek közötti falszakaszon végzi el a vizsgálatot). Ezek a pozíciók a fentiektől függetlenül állíthatóak.

Falnyílások pozíciójának megadása

A sáv definiálásánál a program a csatlakozó tartományrészek nyílásai alapján veszi fel nyírási méretezéshez tartozó pozíciókat. Ezek módosíthatók a tengelyek mozgatásával, vagy a modelltérben közvetlenül megadható, ha a *Falnyílások pozíciójának megadása* ikonra kattintunk.



Referencia tengelyekre vonatkozó további információk

A fentieken felül, a referenciatengely segítségével figyelembe lehet venni az esetleges igénybevétel változásokat (ugrásokat), a legnagyobb igénybevétel helyét vagy egyéb speciális csomóponti beépítést, melyet a program nem tud figyelembe venni a rendelkezésre álló beállításokkal (pl. koszorú).

☞ **A virtuális sáv igénybevételei a sávhoz csatlakozó tartományok (nyílások) befolyásolhatják. A nyílások, keresztmetszet váltásnál az igénybevételi ábrában ugrás tapasztalható, mely megfelelő hálózással / modellezéssel mérsékelhető.**

A referencia tengelyeket a *Falazat ellenőrzése* ablak jobb oldalán látható *Igénybevételek* panelen is be tudjuk állítani: a beviteli mezőben felülírva az értéket, a mellette lévő nyilakkal változtatva annak értékét, vagy a mező melletti *Visszaállítás* ikonra kattintva. Utóbbi esetén a tengely az automatikus pozícióba áll be (a nyírásvizsgálathoz tartozó pozíciók az *1*, *2* keresztmetszetekkel azonos pozícióba állnak be).

A referenciatengelyeket jelölő vonalak feletti nyíl az adott keresztmetszeten működő normálerőt jelképezik a külpontosság (számított külpontosság) alapján.

Ha az elvégzett méretezések alapján a keresztmetszet megfelelő, akkor a nyíl kék színű, ha nem, akkor piros. Abban az esetben, ha a teherbírás nem számítható, akkor a program az erőt nem jeleníti meg az ábrán.

☞ **A referencia tengelyeket csak akkor tudjuk változtatni, ha az *Igénybevételek* fülön állunk, az *Eredmények* fülre váltva nem állíthatók.**

Igénybevételi ábrák

A fal *Függőleges metszete* mellett az alábbi megjelölt igénybevételi ábrái láthatók:

Nx a virtuális sáv normálerő ábrája (ez egyben a tervezési normálerő is)

My a virtuális sáv nyomatéki ábrája (lokális y tengely körül forgató nyomaték)

D*My* a külpontos hatások többletnyomatéka a beállított közelítő statikai modell alapján számolva.

S*My* tervezési nyomaték ábra, a fenti két nyomaték ábra összege

Vz a virtuális sáv falsíkra merőleges nyíróerő ábrája (az esetleges többletnyomatékból származó nyíróerő növekményét nem tartalmazza!)

A fal *Oldalnézete* mellett az alábbi megjelölt igénybevételi ábrái láthatók:

Nx megegyezik a fent jelölt ábrával

Mz a virtuális sáv nyomatéki ábrája (lokális z tengely körül forgató nyomaték)

Vy a fal síkjában ható nyíróerő ábrája

Az igénybevételi ábrákon látszó vékony vízszintes fekete vonal, a beállított méretezési pozíciót mutatja.

Igénybevételek panel

Az *Igénybevételek* panelen a felső, középső és alsó keresztmetszetek számításához figyelembe vett igénybevételeket és azok alapján számított normálerő külpontosságot (e_0) mutatja a beállított referencia tengelyek alapján (lásd… *Méretezési pozíció*).

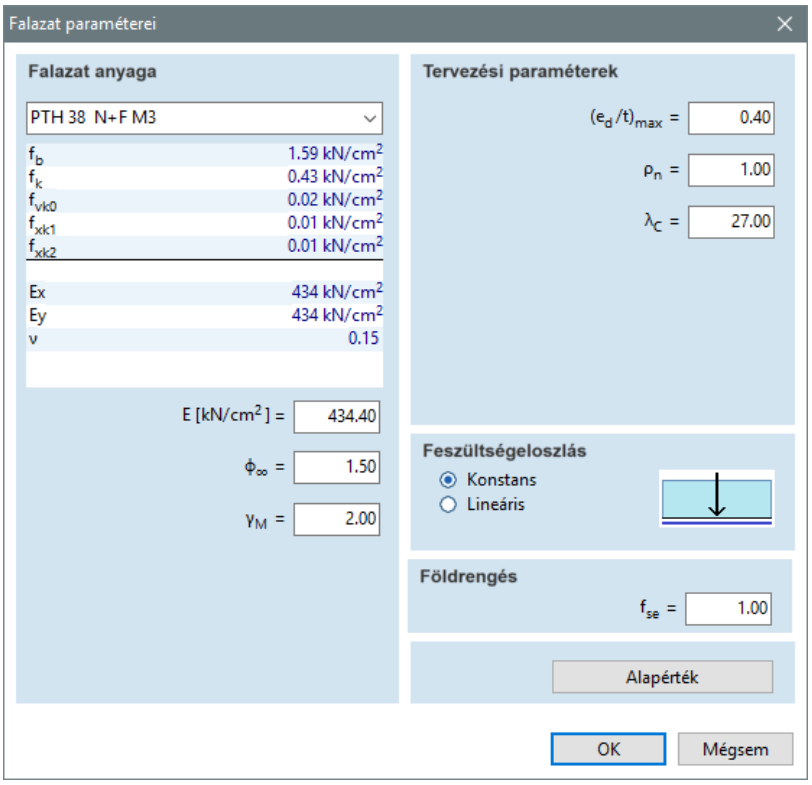
Eredmények panel

A jobb oldali panelen az *Eredmények* fülre váltva a számítási eredmények rövid összefoglalását láthatjuk.

Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Tervezési paraméterek

A *Falazat paraméterei* ikonra kattintva (vagy a fal oldalnézeten a fal törzsén duplán kattintva) a megjelenő ablakban a következő beállítások érhetők el az aktuális szintre vonatkozóan.



Falazat anyaga

Ha a program által automatikusan beállított anyagon módosítani kívánunk, úgy a legördülő listában a modellbe betöltött, vagy az adott szabványban elérhető adatbázis anyagok között választhatunk. A kiválasztott anyag paraméterei az alatta lévő listában jelennek meg. Ezek a paraméterek nem módosíthatók, tájékoztatást nyújtanak.

Változtatható anyagi paraméterek

A lista alatt lévő anyagi paraméterek egyenként módosíthatók. **Ezek csak az adott szinthez tartozó beállítást módosítják, az anyagtárban/adatbázisban lévő paraméter nem változik.**

Eurocode

- E - az ellenőrzéshez során alkalmazott rugalmassági modulus.
- φ_∞ - kúszási tényező végértékét.
- γ_M - az anyag biztonsági tényezője.

NTC

- γ_M - az anyag biztonsági tényezője.

SIA 266

- E_{xk} - az ellenőrzéshez során alkalmazott rugalmassági modulus.
- γ_M - az anyag biztonsági tényezője.

☞ **A rugalmassági modulus az automatikus paraméterekkel együtt veszi fel a program, az ott leírt algoritmus alapján. A program azt nem tudja mérlegelni ortotróp anyag esetén, hogy a tartomány lokális koordináta rendszere alapján a felvett rugalmassági modulus az ellenőrzés tekintetében a megfelelő érték, azt a felhasználónak kell ellenőriznie!**

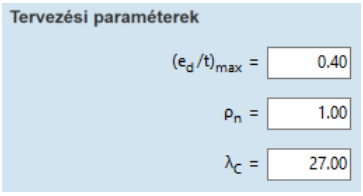
Amennyiben az anyagot módosítjuk (ld. fenn), akkor az ellenőrzéshez használt rugalmassági modulus az anyag *Ex* értékét veszi fel automatikusan.

☞ **Ha az anyagot, vagy annak egyes paramétereit módosítjuk, akkor a modell eredményei automatikusan nem számolódnak újra (csak a modulban számított többletnyomatékok) és virtuális sávhoz kapcsolódó tartományok anyaga sem módosul. Szükség esetén a modellen is el kell végezni a módosításokat, majd új statikai számítást kell végezni.**

Méretezés specifikus tervezési paraméterek

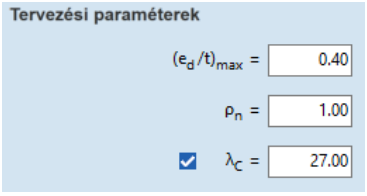
Eurocode 6

- $(e_d/t)_{max}$ - maximális relatív külpontosság (fal síkjában és fal síkjára merőleges irányban): beállíthatjuk a keresztmetszetek ellenőrzésénél a relatív külpontosság (tervezési külpontosság / falvastagság) határértékét. Ha az adott keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a beállított értékét, úgy a vizsgálat nem megfelelőt eredményt ad.
  A maximális relatív külpontosság az alsó és felső keresztmetszetnél a csökkentett (dolgozó) keresztmetszetre vonatkozóan értendő.
- ρ_n kihajlás csökkentő tényező, alapértéke 1,0.
- λ_C szabvány paraméter – nemzeti mellékletben meghatározott határérték a kúszási tényező számításához. Értéke szükség szerint felülírható.



MSZ EN 1996-1-1

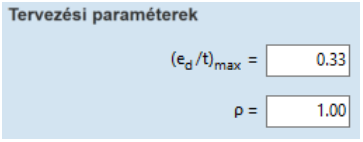
A magyar szabvány (*MSZ EN 1996-1-1*) szerint megadható paraméterek a fentiekkel megegyező, azonban a λ_C tényező értéke a kúszási tényező végértékétől (φ_∞) függ. Értéke szükség szerint módosítható, ha egyedi paraméternek jelöljük meg.



NTC

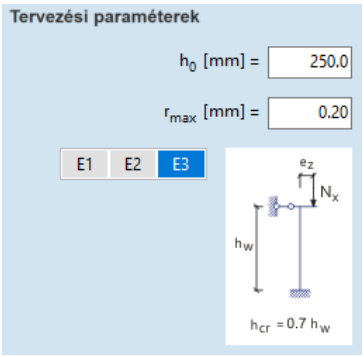
- $(e_d/t)_{max}$ - maximális relatív külpontosság:
  beállíthatjuk a keresztmetszetek ellenőrzésénél a relatív külpontosság (tervezési külpontosság/falvastagság) határértékét. Ha az adott keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a beállított értékét, úgy a vizsgálat nem megfelelőt eredményt ad.

  A maximális relatív külpontosság az alsó és felső keresztmetszetnél a csökkentett (dolgozó) keresztmetszetre vonatkozóan értendő.
- ρ kihajlás csökkentő tényező, alapértéke 1,0.



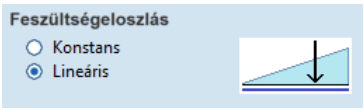
SIA 266

- h_0 a falazóelem és habarcsréteg együttes magassága (használhatósági határállapot vizsgálatához),
- r_{max} a maximális repedéstágasság (használhatósági határállapot vizsgálatához),
- v_{max}/h_w az 1v és 2v keresztmetszetek maximális relatív eltolódása (h_w a két méretezési pont távolsága) szabvány 8. táblázata alapján,
- $\varepsilon_{x,max}$ a maximális alakváltozás értéke a szabvány *8.* táblázata alapján,
- *statikai modell (E1 / E2 / E3)*, melyet a program a referencia karcsúság számításánál és az alkalmazott tervezési görbesereg kiválasztásánál vesz figyelembe.



Feszültségeloszlás

A beállítással az *Egyoldali* födémek reakcióerejének külpontos hatását vehetjük figyelembe, ha a modell igénybevétele nem tartalmazza azt. A feltámaszkodási keresztmetszet alatt felvehetünk *Konstans* vagy *Lineáris* feszültségeloszlást.



A többlet külpontosságot a felvett feszültségábra eredőjének hatásvonala alapján számolja a program. A födémekről átadódó erőt a tervezési normálerő ábra változása (ugrása) alapján állapítja meg.

☞ **A feszültségeloszlást csak abban az esetben választhatjuk meg, ha a *Falazatok* ablakban a *Többlet-nyomatékok számítását* megjelöltük.**

☞ **Az algoritmus a legfelső szinthez tartozó fal tetején a virtuális sáv (teljes) normálerejét födémről átadódó erőként értelmezi, és a megadott csomóponti beállítás, feszültségeloszlásból származó külpontossággal számol (ha a többletnyomatékok számítását kértük). Ez a megoldás helytelen eredményhez vezethet, ha az egyes szintek falait független sávokban definiáljuk, nem pedig a teljes többszintes falszakasz alkot egy sávot. Ekkor a közbülső szintnél a program nem tudja szétválasztani a normálerőt aszerint, hogy az csak a födém reakcióerejéből származik, vagy egy része a felette lévő (falazott) falról. Emiatt többszintes épületek esetén ajánlott több szintet átfogó sávokat alkalmazni, hogy a többletnyomatékot megfelelően tudja számítani a program.**
A fal tetején a külpontosság beállításához megoldást nyújthat, ha a csomópontnál nem adunk meg födémet, ekkor az erő külpontossága beállítható.

☞ ***SIA 266* szabvány esetén csak konstans feszültségállapot vehető figyelembe.**

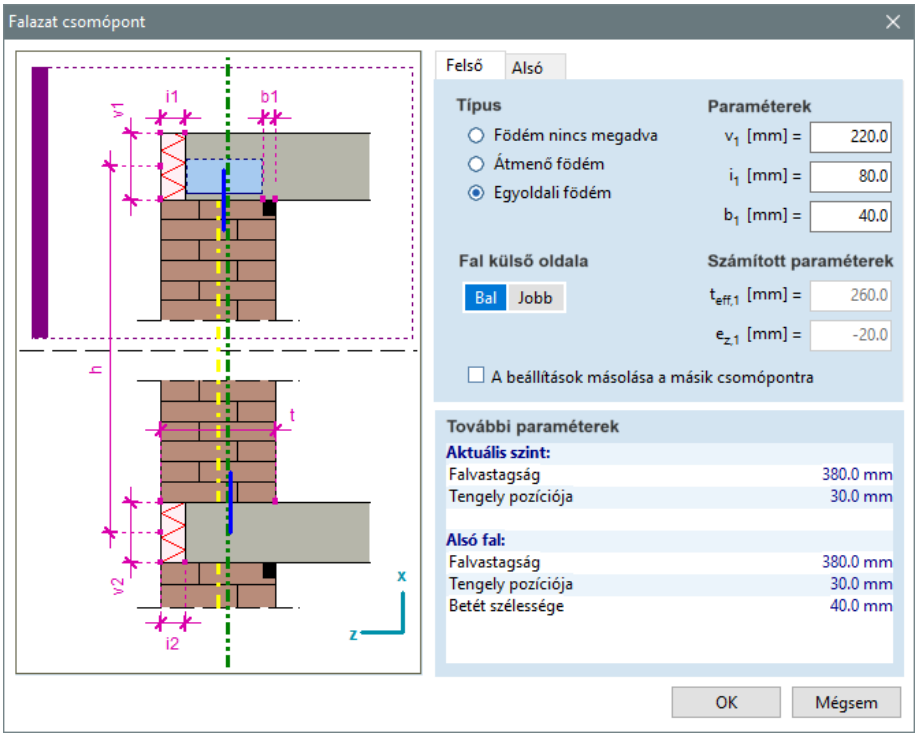
Földrengés

Földrengési igénybevételek szorzója állítható be *lásd...* **4.10.25 Földrengés számítás – SE1 modul**.

Csomóponti beállítások



A *Csomóponti beállítások* ikonra kattintva jelenik meg a *Falazat csomópont* beállító ablak. Itt a szinthez tartozó alsó és felső csomópontok beállításait végezhetjük el az alábbiak szerint.



Az ablak bal oldalán az aktuális csomóponti részleteket mutatja a program. A csomópont körüli lila szaggatott keret az aktív csomópontot jelöli, melyet a jobb oldalon szereplő paraméterek beállításával tudunk változtatni.

A csomópontok között váltani az ábra alsó vagy felső részére történő kattintással lehet, vagy pedig a paramétereket tartalmazó panel fülei között válthatunk.

☞ **Ha *Falazat ellenőrzése* ablakban a fal oldalnézetén lévő csomópontra duplán kattintottunk, akkor a felugró ablakban a kiválasztott csomópont lesz az aktív.**

Típus - Födém típusa

Tetszőlegesen megadhatjuk a szintekhez rendelt födémek típusát, melyet a modelltől függetlenül állíthatunk be.

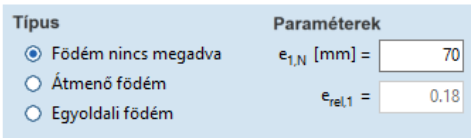
A födém típusától függően eltérő paramétereket állíthatunk be, azok jelölésében szereplő index a csomópont helyére utalnak: 1-es a felső, a 2-es az alsó csomópont jelöli.

Födém nincs megadva

A *Födém nincs megadva* opció abban az esetben használható, ha a felhasználó nem kívánja a födémet és paramétereit definiálni. (A program az ellenőrzés során úgy tekinti a falat, hogy az a szinteknél oldalirányban megtámasztott.)

Beállítási lehetőség:

- $e_{1,N}$ paraméternél a fal tetején szabadon megadhatjuk a födémteher (melyet a virtuális sáv normálerő ábrájának változása (ugrása) alapján határozza meg a program) külpontosságát. A külpontosság előjele a virtuális sáv koordinátarendszere alapján értelmezendő.



Az e_{rel} számított paraméter a födém reakcióerő relatív külpontossága a fal vastagságához viszonyítva.

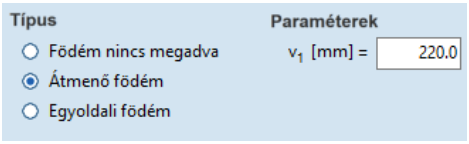
A födémteher maximális külpontosságát a tervezési paramétereknél megadott határérték alapján ellenőrzi a program (függetlenül az egyéb igénybevételek külpontosság csökkentő hatásától).

A program felső csomópontnál (felső és közbülső szinteknél is) a dolgozó keresztmetszetet a fal vastagságával azonosnak veszi. Az alsó csomópont ellenőrzésénél is a teljes falvastagsággal számol, kivéve akkor, ha az alatta lévő fal vastagsága kisebb, mint az aktuális szinté. Ekkor az alsó szinthez tartozó kisebb falvastagsággal számol.

Átmenő födém

Beállítási lehetőség:

- *v* - a csatlakozó födém vastagsága.



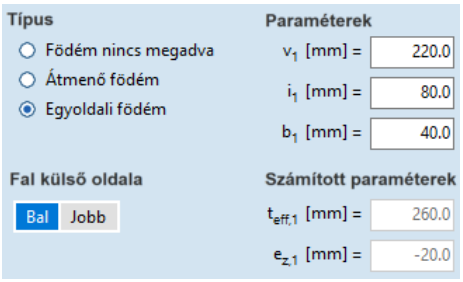
A beállítás mellett a program feltételezi, hogy födémről származó reakcióerő a falat központosan terheli.

A program a fal szabad magasságát a födémvastagság figyelembevételével számítja.

Egyoldali födém

Az opció kiválasztásánál a következő paramétereket lehet megadni:

- fal külső oldala (bal/jobb, mely a virtuális sáv lokális rendszerében értendő), mely a hőszigetelés helyét határozza meg,
- *v* - csatlakozó födém vastagsága,
- *i* - hőszigetelés vastagsága, helyét a fal külső oldalának beállítása határozza meg,
- *b* - betét szélessége, melyet általában a falazat sarkának védelme érdekében helyeznek el, vagy a födémről falra átadódó födémerő külpontosságának mérséklésében nyújt megoldást. A betét csak az adott szint felső csomópontjánál beállítható.



A födémreakció külpontosságát a födém felfekvése alatt feltételezett feszültségábra alapján vehetjük figyelembe (lásd... *Feszültségeloszlás* beállítás).

A fal szabad szintmagasságát a program a födémvastagság figyelembevételével számítja.

Ha a *Többletnyomatékok számítása* opció be van kapcsolva (ld. Falazatok ablak beállításai), a program a felső csomópont ábráján megjeleníti a födém reakcióerő alatt feltételezett feszültségeloszlást is (lásd *Tervezési paraméterek* beállítása).

Számított paraméterek

A program a csomóponti beállítások alapján kiszámítja és tájékoztatásként megjeleníti az alábbi paramétereket:

- t_{eff} a keresztmetszet dolgozó vastagsága (hőszigetelés és betét vastagságának figyelembevételével)
- e_z a dolgozó keresztmetszet tengelyének távolsága a fal tengelyétől mérve.

☞ **A csomóponti ábrán a függőleges sötétkék vonal jelöli a csökkentett (dolgozó) keresztmetszet tengelyét.**

Csomóponti beállítások másolása

A beállítások másolása a másik csomópontra jelölőnégyzet kipipálásával a beállított csomópont azon paramétereit tudjuk átmásolni a szint másik csomópontjára, mely azon is értelmezhető (pl. födém típusa, hőszigetelés,...), de pl. a betét szélessége, erő külpontossága nem átvehető paraméter.

További paraméterek

A *További paraméterek* mezőben az aktuális szintre, az alatta és felette lévő falra vonatkozó főbb paraméterek láthatók tájékoztatásként (falvastagság, tengely pozíció, betét szélessége), melyek az ábráról nem olvashatóak le közvetlenül.

További eszköztári elemek

A *Falazat ellenőrzése* ablak felső eszköztárában a további funkciók érhetők el:

Mentés a rajztárba



A *Mentés a rajztárba* ikonra kattintva a program az ablakban látszó ábrákról (fal oldalnézete és az igénybevételi ábrák) rajztári képet készít, melyet később a dokumentációba tudunk beszúrni.

Falazat paraméterei



Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Méretezési eredmények



Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Tervezési számítások



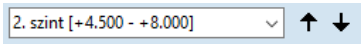
Részletesen lásd a **6.9.1.5 Eredmények** fejezetben.

Elérhető a tervezési számítások kivonata melyet önmagában, vagy a részletes számításokkal együtt is kinyomtathatunk.

Szintek közötti váltás



A legördülő listából lehet a megfelelő szintet kiválasztani. A menü mellett lévő le-fel nyilakkal is tudunk a szintek között váltani.



Ha a szintek között váltani szándékozunk, de az aktuális szint paramétereiben vagy csomóponti beállításaiban változás történt, akkor a program a felugró dialógusablakban felkínálja a módosítások mentését. Csak ezt követően léphetünk át a következő szintre.

Teherkombináció/ eset

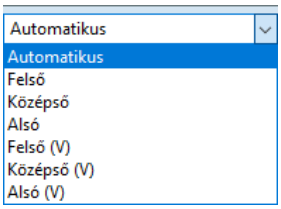
A teherkombinációkat tartalmazó listában válthatunk az egyes kombinációk/esetek között.



Eredmények kigyűjtése Mértékadó vagy Burkoló kombináció esetén

Mértékadó és *Burkoló kombinációban* az ablakban csak a mértékadó kihasználtsághoz tartozó kombináció igénybevételi ábrája és eredményei jelennek meg. A program megkeresi a maximális kihasználtságot a méretezési keresztmetszetek összes vizsgálata alapján és az ahhoz tartozó mértékadó kombináció igénybevételi ábráit és számított eredményeit jeleníti meg. Ez az alapértelmezett, *Automatikus* beállítás.

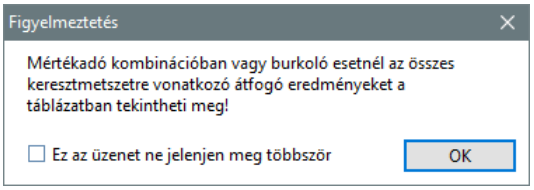
Előfordulhat olyan szituáció, mikor az egyes keresztmetszetek maximális kihasználtsága eltérő kombinációkból adódik (pl. az automatikus kombináció szerint a felső keresztmetszet kihasználtsága 54%, ellenben van olyan teherkombináció ahol a kihasználtság ennél magasabb). Az egyes keresztmetszetek maximális kihasználtságához tartozó kombináció eredményeit a legördülő menüben, az adott keresztmetszet kiválasztásával tehetjük meg.



Az *Automatikus* funkcióhoz / a kiválasztott pozícióhoz tartozó kombinációt az igénybevételi ábrák feletti sávban olvashatjuk.

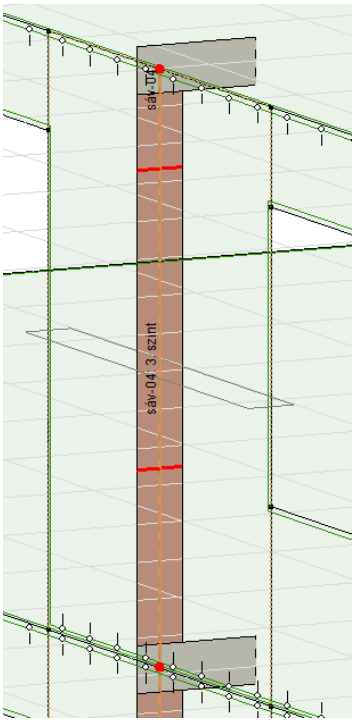
☞ **Megjegyzés a fenti működéshez: az igénybevételi ábrákon az eltérő, egyes keresztmetszetekhez maximális kihasználtságot adó kombinációk alapján folytonos igénybevételi ábra nem rajzolható. Illetve a keresztmetszetek eredményei csak egyidejű méretezési igénybevételi alapján értelmezhetőek.**

A fentieken túl a keresztmetszetek összefoglaló eredményeit a *Táblázatkezelő*ben tekinthetjük meg, erre vonatkozik az alábbi figyelmeztető üzenet:



☞ **A tervezési dokumentáció az itt kiválasztott Automatikus / kiválasztott keresztmetszet alapján épül fel. (Ha a tervezési számítást a *Falazatok* ablakban kérjük le, úgy mindig az automatikus beállítás szerint készül a dokumentáció.)**

6.9.1.4. Falazott sáv megjelenítése a modellben



A program a csomóponti beállítások alapján a modellben megjeleníti a falazott sáv függőleges metszetét. Ez segítséget nyújt a csomóponti beállítások és az alkalmazott lokális koordináta rendszer értelmezéséhez, egyben azt is jelzi, hogy az adott sáv már rendelkezik falazott paraméterekkel (szintekkel).

A program a metszet rajzolásánál az alábbiakat veszi figyelembe:

- az egyes szintek tengelyét (eltérő falvastagság esetén a falak külső síkra történő igazításával),
- a csatlakozó födémet sematikusan megjeleníti (*Átmenő*, *Egyoldali*),
- *Egyoldali födém* esetén a beállított hőszigetelést.
- piros vastag vonallal jeleníti meg a nyírásvizsgálathoz tartozó alsó és felső referenciatengelyeket.

A sáv függőleges metszete csak *Drótváz*as vagy *Takartvonalas ábrázolás*nál jelenik meg.

A virtuális sávon a program megjeleníti a sáv nevét, annak keresztmetszetét és a szintek határait (piros színnel kitöltött kör).

6.9.1.5. Eredmények

Az eredmények ellenőrzésére, tervezési paramétereinek áttekintésére többféle lehetőséget kínál a program.

Kontroll eredmények

A *Falazatok ellenőrzése* ablak *Eredmény* paneljén a beállítások vagy egyes paraméterek változtatásának hatása közvetlenül látható, összefoglalva az ellenőrzés főbb eredményeit (figyelembe vett igénybevételek, tervezési külpontosságok, teherbírási csökkentő tényező, tervezési ellenállás, kihasználtság, vizsgálat eredménye). Amennyiben valamilyen hiba adódik a teherbírás számításánál, azt a program megjeleníti, utalva a hiba okára.

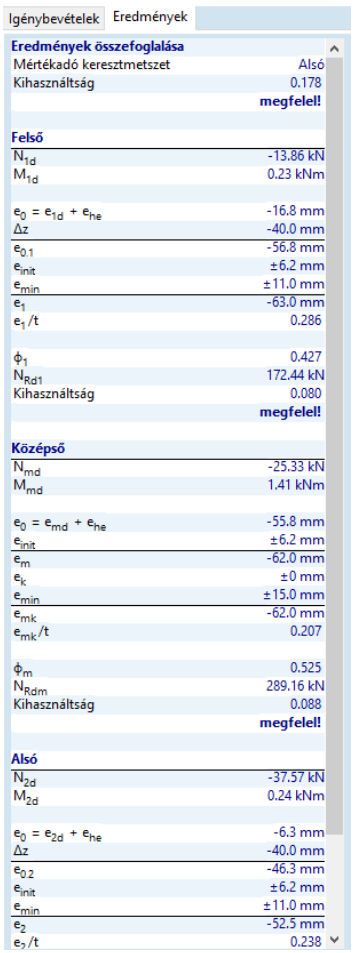
Az *Eredmény* panel eltérően épül fel attól függően, hogy a nyírás vizsgálat be van-e kapcsolva.

Az eredmények részletei, felépítése az egyes szabványok esetén eltérő. *NTC* és *SIA* szabványokban az ellenőrzéshez használt tervezési görbéket is felrajzolja a program, az interpoláció eredményét bemutatva.

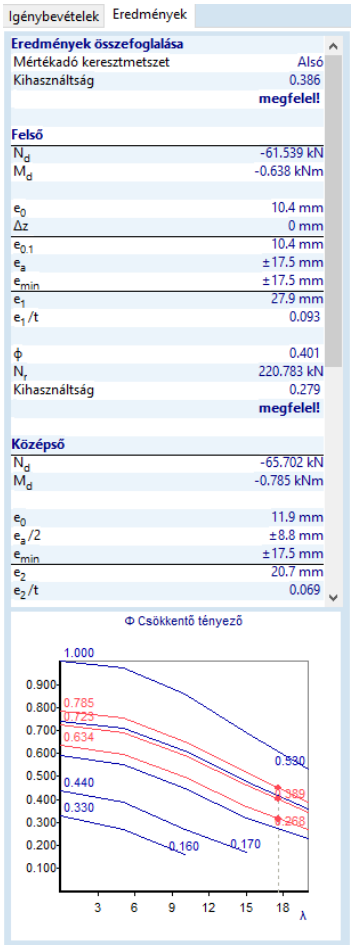
Nyírási vizsgálat nélkül

Nyírási vizsgálat nélkül az *Eredmény* panelek az alábbi módon jelennek meg:

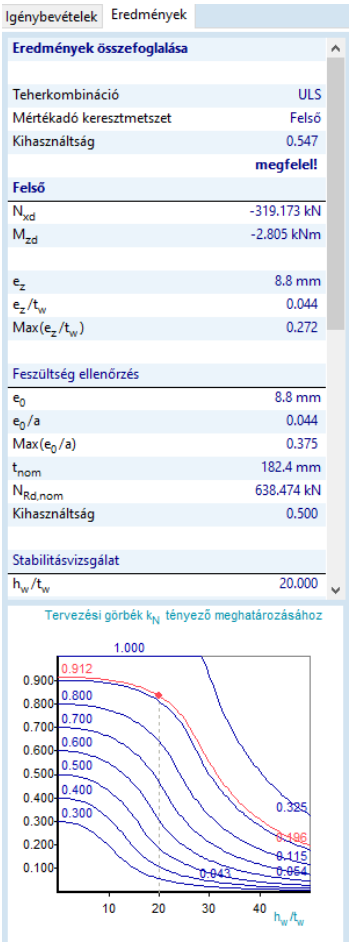
Eurocode



NTC



SIA 266



Nyírási vizsgálatot is tartalmazó vizsgálatnál

Nyírásvizsgálatot is tartalmazó komplex vizsgálatnál több eredmény megjelenítése között választhatunk. Az eredmény panel tartalmaz egy összefoglaló kivonatot az összes vizsgálat alapján, illetve a különböző panelek tartalmazzák a részletesebb eredményeket is.

Eurocode szabvány esetén az alábbi eredmény típusok jelennek meg:

Igénybevételek | Eredmények

Kivonat | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2_v

Eredmények összefoglalása	
Keresztmetszet	Alsó (2_v)
Max. kihasználtság	**1.006**
	nem felel meg!
Keresztmetszetek	
Felső (1)	
Mértékadó vizsgálat	N-M_y
Max. kihasználtság	0.171
Középső (m)	
Mértékadó vizsgálat	N-M_y
Max. kihasználtság	0.203
Alsó (2)	
Mértékadó vizsgálat	N-M_y
Max. kihasználtság	0.125
Felső (1_v)	
Mértékadó vizsgálat	V (N-M_y-M_z)
Max. kihasználtság	0.589
Középső (m_v)	
Mértékadó vizsgálat	V (N-M_y-M_z)
Max. kihasználtság	0.997
Alsó (2_v)	
Mértékadó vizsgálat	V (N-M_y-M_z)
Max. kihasználtság	**1.006**

Igénybevételek | Eredmények

Kivonat | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2_v

Eredmények összefoglalása	
Keresztmetszet	Alsó (2)
Mértékadó vizsgálat	N-M_y
Max. kihasználtság	0.125
	megfelel!
Méretezési igénybevételek	
N_{2d}	-116.144 kN
V_{2d}	33.871 kN
$M_{2d,y}$	-0.084 kNm
$M_{2d,z}$	10.887 kNm
N-M_y	**Normálerő-Hajlítás**
$e_{2,z}$	19.0 mm
$\Phi_{2,y}$	0.900
N_{Rd2}	931.095 kN
Kihasználtság	0.125

Igénybevételek | Eredmények

Kivonat | 1 | m | 2 | 1_v | m_v | 2_v

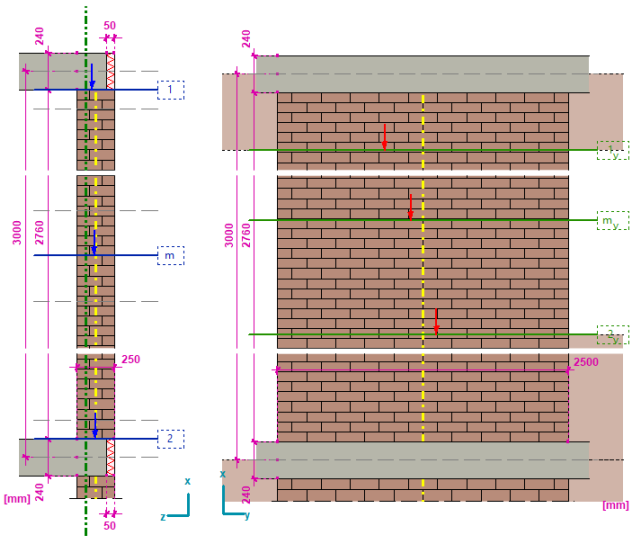
Eredmények összefoglalása	
Keresztmetszet	Alsó (2_v)
Mértékadó vizsgálat	V (N-M_y-M_z)
Max. kihasználtság	**1.006**
	nem felel meg!
Méretezési igénybevételek	
N_{2d}	-134.277 kN
V_{2d}	45.639 kN
$M_{2d,y}$	-1.560 kNm
$M_{2d,z}$	-6.549 kNm
N-M_y-M_z	**Normálerő-Hajlítás**
$e_{2,z}$	-19.0 mm
$e_{2,y}$	-167.1 mm
$\Phi_{2,y}$	0.835
$\Phi_{2,z}$	0.777
N_{Rd2}	671.394 kN
Kihasználtság	0.200
V (N-M_z)	**Nyírási ellenőrzés**
t_{nom}	380.0 mm
l_c	1500.0 mm
f_{vd}	0.10 N/mm²
V_{Rd2}	55.355 kN
Kihasználtság	0.824
V (N-M_y-M_z)	**Nyírási ellenőrzés**
t_{nom}	317.3 mm
l_c	1165.7 mm
f_{vd}	0.12 N/mm²
V_{Rd2}	45.351 kN
Kihasználtság	**1.006**

Eredmény megjelenítés a fal Függőleges metszeten és Oldalnézetén

A felső (*1*, 1_v), középső (*m*, m_v) és alsó (*2*, 2_v) keresztmetszeteknél a program megjeleníti a tervezési igénybevételek alapján a külpontos normálerőt a felvett referencia keresztmetszetben. (Az ábrázolt külpontosság nem tartalmazza az egyes szabványok külpontosság növekményét, illetve a minimális külpontosságot).

Ha a méretezés alapján a keresztmetszet megfelelő, akkor az erő (nyíl) kék színű, ha nem megfelelő, akkor piros. Abban az esetben, ha az adott keresztmetszetben nem számítható a teherbírás akkor a program az erőt nem jeleníti meg.

Ha a méretezési pozíciót mozgatjuk, az erő kirajzolása csak a pozíció beállítása (*lásd...* a Méretezési pozíció bekezdésnél **6.9.1.2.** fejezetben) után frissül.



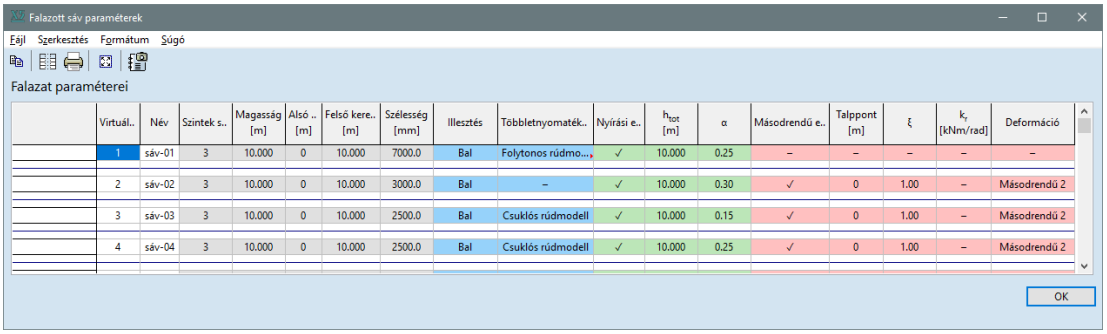
Táblázatok

A modulban az alábbi összefoglaló táblázatok állnak rendelkezésre, melyek felépítése az *Eurocode*, *NTC* és *SIA* szabványok esetén eltérő felépítésű.

Globális tervezési paraméterek táblázata

Az ikonra kattintva a globális tervezési paramétereket (sáv paraméterei) láthatjuk a táblázatban összefoglalva. A táblázat csak a *Falazatok* elérhető, a táblázat az összes sáv paraméterét tartalmazza.





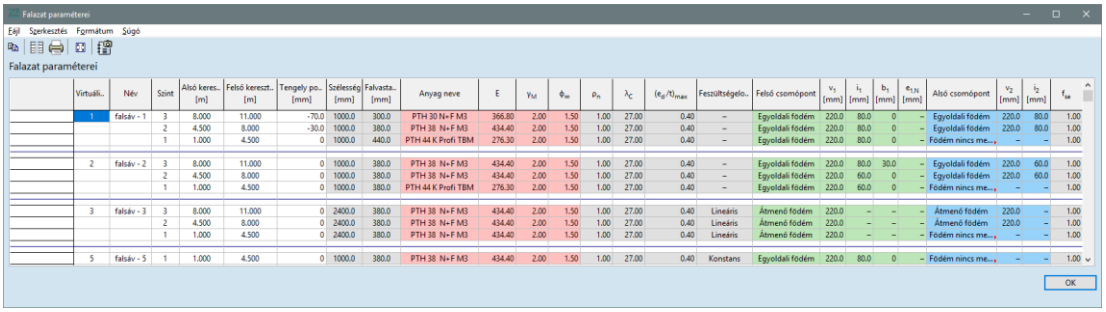
A táblázat nyomtatható és dokumentációba menthető. A paramétereket változtatva a már lementett táblázat frissül.

Falazat tervezési paraméterei

Az ikonra kattintva a tervezési paramétereket láthatjuk a táblázatban összefoglalva. A táblázat a *Falazatok* és a *Falazatok ellenőrzése* ablakban is elérhető, de eltérő rendeltetéssel.



A *Falazatok* ablakból megnyitva a táblázatban az összes (falazott paraméterrel rendelkező) sáv összes szintje megjelenik. A *Falazat ellenőrzése* ablakból megnyitva a táblázatban csak az aktuális virtuális sáv és szintjeihez tartozó paraméterei láthatók.



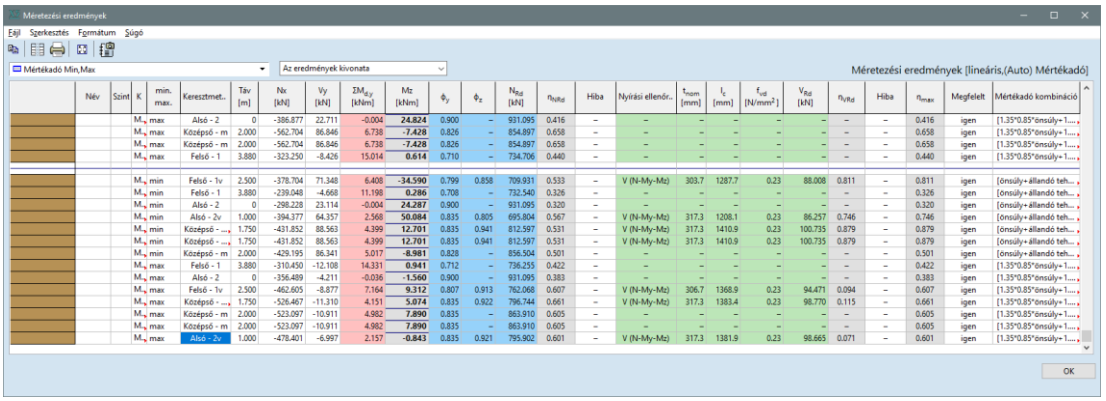
A táblázat nyomtatható és dokumentációba menthető. A paramétereket változtatva a már lementett táblázat frissül.

Méretezési eredmények

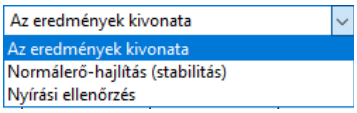
A *Méretezési eredmények* ikonra kattintva a program egy táblázatban foglalja össze a kiválasztott szint méretezési eredményeit (a méretezési keresztmetszetek alapján). A funkció a *Falazatok* és a *Falazatok ellenőrzése* ablakban is elérhető.



A *Falazatok* ablakból megnyitva a táblázat a modellben kiválasztott teherkombinációhoz tartozó eredményeket tartalmazza.
A *Falazatok ellenőrzése* ablakból megnyitva a táblázat az ablakban kiválasztott teherkombinációhoz tartozó eredményeket tartalmazza.
A táblázat ablakában tetszőlegesen válthatunk a teherkombinációk/esetek között.



Mértékadó/burkoló kombinációt lekérve a táblázat első sorában a maximális kihasználtság jelenik meg. Az egyes sorok a kombináció alapján a mértékadó igénybevételeket és azok eredményeit tartalmazza.
A táblázat nyomtatható és dokumentációba menthető.
A nyírásvizsgálatot tartalmazó falazott sávok eredményei a fentiektől eltérően jelennek meg a jelentős számú komplex vizsgálat miatt. A táblázat felett lévő legördülő menüben választhatunk az egyes eredmény típusok között.
Eurocode típusú szabvány esetén lekérhetjük az eredmények kivonatát, stabilitás és nyírási ellenőrzés részletesebb eredményeit.



Tervezési számítások

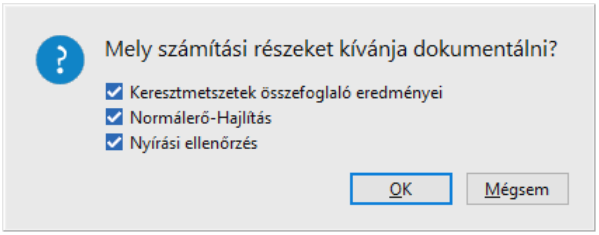


A *Tervezési számítások* ikonra kattintva a program felépíti a komplett tervezési számítást. A funkció a *Falazatok* és *Falazatok* ellenőrzése ablakban is elérhető, de némileg eltérő funkcióval.

A *Falazatok* ablakból megnyitva a tervezési számításban a felugró dialógusablakban kijelölt szintek eredményei szerepelnek (az aktuális sáv szintjei közül választhatunk). A tervezési számítást a modellben kiválasztott teherkombináció alapján készül el, a *Tervezési számítások* ablakban már nem tudunk váltani a figyelembe veendő teherkombinációk/esetek közül.

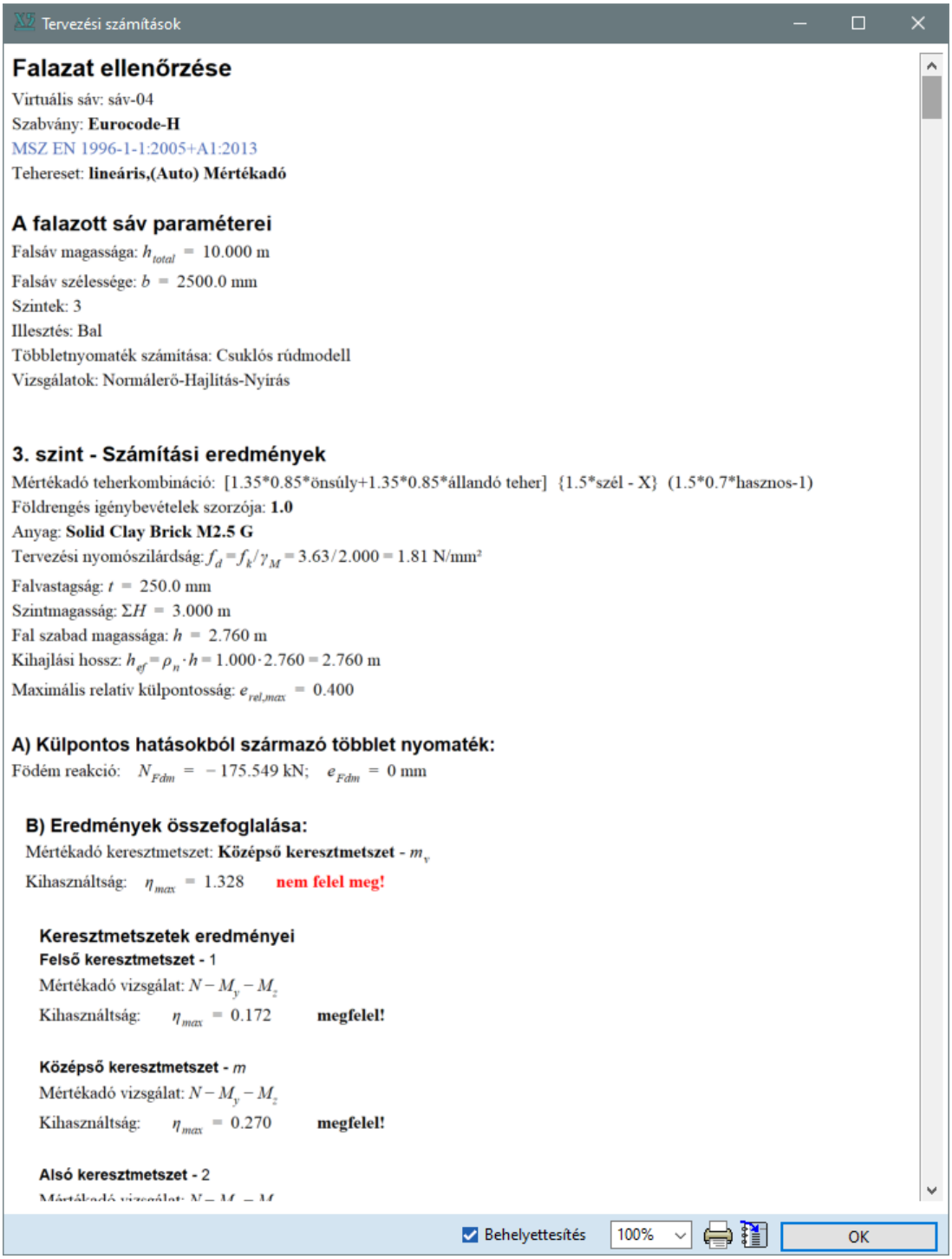
A *Falazat ellenőrzése* ablakból lekérve, a tervezési számításban csak az aktuális virtuális sáv kiválasztott szintjének eredménye látható. A program a tervezési számítást a *Falazatok ellenőrzése* ablakban kiválasztott teherkombináció alapján készíti el (Mértékadó vagy Burkoló kombinációk eredményeire vonatkozó szabályokat ld. részletesen a **6.9.1.3** fejezetben.

A tervezési számítás felépítése összetettebb, ha a kiválasztott sáv nyírásvizsgálatát is kértük. Ekkor a dokumentáció elkészítése előtt meg kell adnunk a szükséges dokumentációs elemeket is:



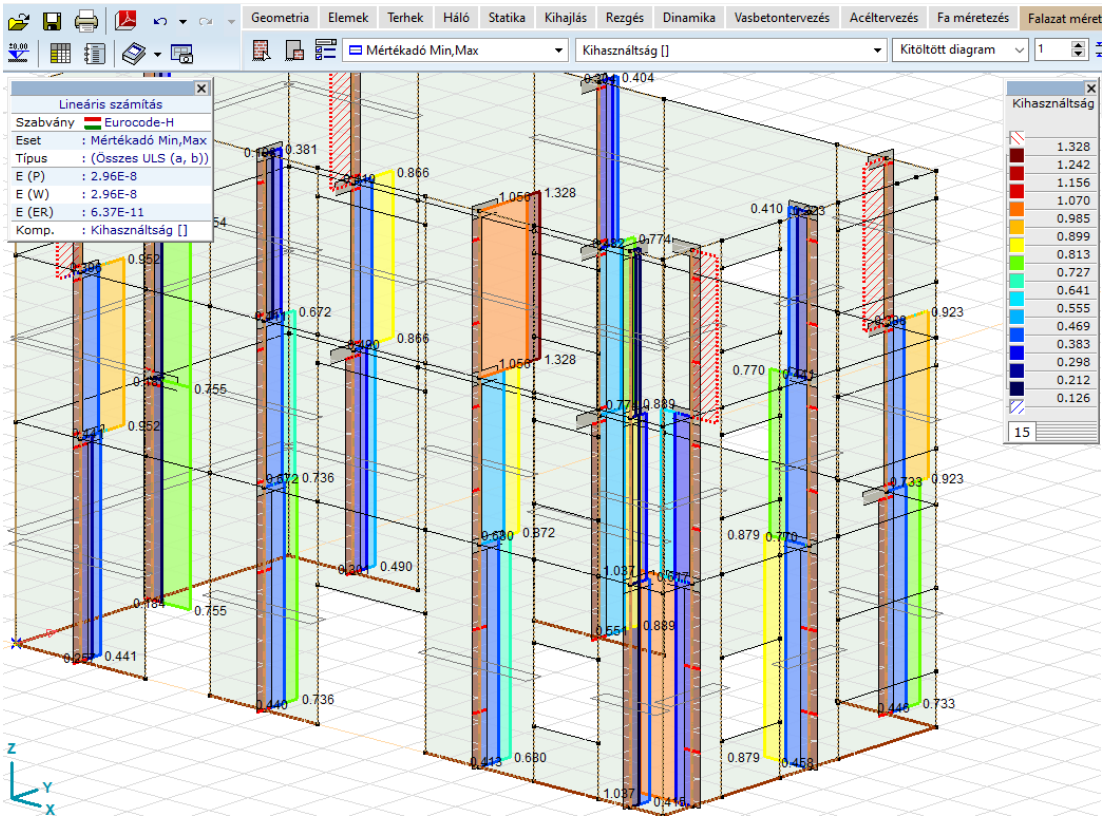
Ha a felső (*1 - 1_v*), középső (*m - m_v*), vagy alsó (*2 - 2_v*) méretezési keresztmetszetek referencia tengelyei megegyeznek, úgy csak a mértékadó vizsgálat eredményeit (keresztmetszet) jeleníti meg a program.

A dokumentáció nyomtatható és a modell dokumentációjába lementhető.



Falazat kihasználtság eredmény-komponens

A falazat maximális kihasználtságának eredményei a modelltérben is lekérhetők a *Falazat ellenőrzése* eredménykomponens között a *Kihasználtság*ot kiválasztva.



Ha valamely szinten a kihasználtság nem számítható, akkor a program a hibát a negatív oldalon piros szaggatott vonallal jeleníti meg.

Összefoglaló táblázatok

A modellben található falazatok méretezési eredményeiről összefoglaló táblázatok érhetők el a táblázatkezelőben (*lásd...* **3.2.10 Táblázatkezelő**), ahol egyszerre az összes falazat eredményeit megjeleníti a program szintekre lebontva.

6.9.1.6. Az ellenőrzés alapelvei

Ellenőrzés

A falazott falak ellenőrzésénél a program az alábbiakat veszi alapul:

- A program kétféle vizsgálatot tud elvégezni:
  - A) Főként függőleges teherrel terhelt vasalatlan falazott falak ellenőrzése, melynél csak a falsíkra merőleges normálerő külpontosságok vannak figyelembe véve. Nyírási ellenőrzést nem végez a program (*1*, *m*, *2* jelű keresztmetszetek).
  - B) Fal síkjában nyíróerővel terhelt (merevítő) falak komplex vizsgálata, mely tartalmazza a stabilitásvizsgálatot és a nyírt keresztmetszetek vizsgálatát (1_v, m_v, 2_v). Ennél az ellenőrzésnél a függőleges erő mindkét irányú külpontossága figyelembevételre kerül, a nyírásvizsgálatnál csak a fal síkjával párhuzamos nyíróerőre történik az ellenőrzése. Ezt a vizsgálatot csak akkor végzi el a program, ha a nyírási ellenőrzést is kértük (ld. sáv globális tervezési paraméterei).
- A függőleges ellenállás számításánál a program feltételezi, hogy a falazat fekvőhézagra merőleges húzószilárdsága zérus.
- Csak vasalatlan falazott falak vizsgálhatók.
- Csak egyrétegű falak vizsgálata lehetséges, az adott szinten csak állandó falvastagság vehető figyelembe.
- A csomóponti beállítások külpontos hatását a program közelítő módszerekkel figyelembe tudja venni, viszont a külpontos hatásokból adódó merevség változást nem veszi figyelembe.

Tervezési igénybevételek számítása

A sáv igénybevételeit a program a tartomány feszültségeinek kiintegrálásával számít, figyelembe véve a virtuális sáv szélességét. **Az igénybevételek a csatlakozó szerkezetektől nem függetlenek, a modellezésnél (pl. átboltozódás hatása, oldalirányú merevség hatása, hálózás sűrűsége...) és azok kiértékelésénél ezt figyelembe kell venni.**

A tervezési normálerő, nyíróerő és a fal síkjában működő nyomaték minden esetben a virtuális sáv megfelelő igénybevételével (N_x, V_y és M_z) azonos.

A fal síkjára merőleges síkban figyelembe veendő méretezési nyomaték két részből tevődik össze: egyrészt a virtuális sáv M_y nyomatékából, illetve a külpontos hatásokból származó többletnyomatékból. A többletnyomatékok számítására akkor van szükség, ha a modell nem tartalmazza a beállításokból adódó külpontos erők hatását. Ez a külpontosság származhat a szintek eltérő falvastagságából, csomóponti kialakításból eredően, illetve a födémreakcióerők külpontosságából.

A modulban, a többletnyomaték közelítő számítására kétféle rúdmodell közül választhat a felhasználó:

- *Csuklós rúdmodell*:
  a szintek alján csuklót feltételezünk, a szintek oldalirányban meg vannak támasztva.
- *Folytonos rúdmodell*:
  a többletnyomatékot egy folytonos (minden szintet figyelembe vevő) rúdmodellt alapul véve számítja a program. Az eljárás a szinteket oldalirányban megtámasztottnak veszi, az alsó szinten a fal befogott.

☞ **A fenti modellek a falak rugalmas merevségét tudják figyelembe, a födémek és csatlakozó szerkezetek hatását, oldalirányú megtámasztások eltérő merevségét nem.**

☞ ***SIA 266* szabvány esetén csak a *Csuklós rúdmodell* elérhető.**

Szabvány specifikus ellenőrzések

A szabványok eltérő számítási módjait *lásd...* **6.9.1.7...6.9.1.9** alpontok alatt.

6.9.1.7. Ellenőrzés az Eurocode 6 alapján

Jelölések

A program a méretezés során 6 keresztmetszetet különböztet meg:

- az *1*, *m*, *2*-es keresztmetszetek az Eurocode 6.1 fejezetében használt jelölést (felső, középső és alsó keresztmetszetek) követik;
- az 1_v, m_v, 2_v keresztmetszetek a nyírásivizsgálathoz tartoznak.

Stabilitásvizsgálat

A program az *1*, *m* és *2*-es jelű keresztmetszeteknél csak a falsíkra merőleges, az 1_v, m_v, 2_v (nyírásvizsgálathoz beállított) keresztmetszeti pozícióknál mindkét irányú külpontosságot figyelembe veszi. A következőkben az általános esetet tárgyaljuk, mindkét irányú külpontosságot figyelembe véve.

Általános elvek

Az *Eurocode* szabványt (*6.1 fejezet*) követve a program az alábbi vizsgálatokat végzi:

A keresztmetszet akkor megfelelő, ha

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

illetve, ha a vonatkozó szerkesztési szabályok teljesülnek.

A program csak egyrétegű falak vizsgálatára alkalmas, a függőleges ellenállás meghatározásánál az alábbi, általános összefüggést alkalmazza:

$$\mathrm{N}_{Rd} = \Phi_y \cdot \Phi_z \cdot t \cdot b \cdot f_d$$

ahol Φ_y a fal síkjára merőleges irányban, Φ_z a fal síkjában figyelembe veendő normálerő külpontosságából számított kapacitáscsökkentő tényező (az *1*, *m* és *2*-es keresztmetszeteknél Φ_z=1, mert a fal síkjában működő nyomaték nincs figyelembe véve).

A program kapacitáscsökkentő tényezőt a fal alsó (*1*) és felső (*2*) keresztmetszeténél a csökkentett (dolgozó) falvastagság (ld. csomóponti beállítások, dolgozó keresztmetszet) alapján számolja.

Ha a nyírt alsó és felső (1_v, 2_v) keresztmetszet a fal aljához, ill. tetejéhez mérve a fal vastagságával megegyező távolságon belül van, akkor a program az alsó/felső keresztmetszetek (mint *1*, *2* jelű pozíciók) számítására vonatkozó elvek alapján számítja a függőleges ellenálláshoz tartozó csökkentő tényezőt (fal síkra merőleges vizsgálat). Ellenkező esetben a program középső keresztmetszetként (mint *m* jelű pozíció) vizsgálja, a szabvány pontjai alapján számított másodrendű- és kúszási külpontosság figyelembevételével (a többlet külpontosságok meghatározásánál a magasság függvényében interpolációt nem végez a program!).

A nyírt középső (m_v) keresztmetszetet a program a pozíciótól függetlenül középső keresztmetszetként veszi figyelembe (mint *m* jelű pozíció).

A falazat f_d nyomószilárdságát az alábbi összefüggéssel számítja a program:

$$\mathrm{f}_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Abban az esetben, ha fal (sáv) keresztmetszeti területe kisebb mint 0,01 m^2, a program csökkentett szilárdsággal számol az alábbiak szerint:

$$\mathrm{f}_{d,red} = f_d \cdot (0{,}7 + 3A),$$

ahol *A* a fal terhelt, teljes vízszintes keresztmetszeti területe, négyzetméterben.

A program a falkeresztmetszetet minden esetben a virtuális sáv szélessége és a szinthez rendelt falvastagság alapján számítja, azt nem tudja figyelembe venni, ha a virtuális sávhoz tartozó tartomány összes keresztmetszeti területe nem indokolná a csökkentést.

Vizsgálat a fal tetején és alján

A program a tervezési külpontosságot és keresztmetszetekhez tartozó csökkentő tényezőt, ill. teherbírást az alábbiak szerint számítja.

Külpontosság a fal síkjára merőleges irányban

A tervezési külpontosság számítására az *EN 1996-1-1* a következő összefüggést írja elő:

$$e_{i,z} = \frac{M_{id,y}}{N_{id}} + e_{he,z} + e_{init,z} \geq 0{,}05 \cdot t$$

ahol e_i a fal tetejéhez (i=1) vagy aljához (i=2) tartozó külpontosság, *t* a fal vastagsága.

A program a függőleges erőből és vízszintes hatásokból származó külpontosságot nem különíti el, az alábbi módon jelöli azok összegét a számításban, a külpontosság a fal tengelyére számolva:

$$e_{0,z} = \frac{M_{id,y}}{N_{id}} + e_{he,z}$$

A teherbírás számításánál a program csökkentett (ld. csomóponti beépítés) keresztmetszet esetén a dolgozó keresztmetszet tengelyére veszi figyelembe a külpontosságot, és ehhez mérten állapítja meg a tervezési külpontosságot:

$$e_{0,i,z} = e_{i,z} - \Delta z$$

ahol Δz a fal és a dolgozó keresztmetszet tengelyének egymástól mért távolsága.

(Ha a csomóponti beállítások alapján a dolgozó keresztmetszet nem csökken, akkor az alábbiakban $t_{eff} = t$ és $e_{0,i,z} = e_{0,z}$.)

A szabványban szereplő előírást és a fentieket alkalmazva a tervezési külpontosság:

$$e_{i,z} = e_{0,i,z} + e_{init,z} \geq 0{,}05 \cdot t_{eff}$$

A program az $e_{init,z}$ kezdeti külpontosságot a felfekvési keresztmetszet tengelyéhez képest méri fel a kedvezőtlen irányba, a minimális külpontosságot - 0,05 ·t_{eff} - a dolgozó keresztmetszet vastagsága alapján számítja.

A $\Phi_{i,y}$ csökkentő tényezőt az alábbi összefüggéssel számolja a program:

$$\Phi_{i,y} = 1 - \frac{2 \cdot e_{i,z}}{t_{eff}}$$

ahol t_{eff} a csökkentett (dolgozó) falvastagság.

Külpontosság a fal síkjában

A program a tervezési külpontosságot fal síkjában az alábbiak szerint számolja:

$$e_{i,y} = e_{0,i,y} + e_{init,y} + e_{\Delta 2,y}$$

ahol $e_{i,y}$ a méretezési pozícióhoz tartozó, virtuális sáv igénybevételeiből származó normálerő külpontosság az *y* irányban.

Az $e_{init,y}$ az imperfekcióból származó külpontosság, melyet a program az EN 1996-1-1 5.3 szakasza alapján, kezdeti ferdeség felvételével számol a sáv globális tervezési paramétereinek alkalmazásával.

Az $e_{\Delta 2,y}$ másodrendű külpontosság az *EN 1996-1-1 "B" melléklete* alapján van számítva, a falazott sáv globális tervezési paraméterei alapján.

A program az előbbi külpontosság növekményeket a kedvezőtlen irányban méri fel.

A $\Phi_{i,z}$ csökkentő tényezőt az alábbi összefüggéssel számolja a program:

$$\Phi_{i,z} = 1 - \frac{2 \cdot e_{i,y}}{b}$$

ahol *b* a teljes falszélesség.

Földrengés teheresetet tartalmazó teherkombinációban a program automatikusan nem számol másodrendű külpontosságot. Azt a *Szintek földrengésérzékenysége* táblázatban található képlékeny stabilitásindex segítségével vehetjük figyelembe az *EN 1998-1-1* szerint.

Teherbírás

A teljes falszélességet (*b*) figyelembe véve a függőleges ellenállás értéke a következő:

$$\mathrm{N}_{Rd,i} = \Phi_{i,y} \cdot \Phi_{i,z} \cdot t_{eff} \cdot b \cdot f_d$$

Vizsgálat a fal közepén

A program a tervezési külpontosságot és keresztmetszetekhez tartozó csökkentő tényezőt, ill. teherbírást az alábbiak szerint számítja.

Külpontosság a fal síkjára merőleges irányban

Az *EN 1996-1-1* a teher okozta külpontosság számítására következő összefüggést írja elő:

$$e_{m,z} = \frac{M_{md,z}}{N_{md}} + e_{hm,z} \pm e_{init,z}$$

A program a függőleges erőből és vízszintes hatásokból származó nyomatékot nem különíti el, az alábbi módon jelöli azok összegét a számításban:

$$e_{0,m,z} = \frac{M_{md,y}}{N_{md}} + e_{hm,z}$$

ez alapján a teher okozta külpontosság:

$$e_{m,z} = e_{0,m,z} \pm e_{init,z}$$

A tervezési külpontosságot az alábbi összefüggés adja:

$$e_{mk,z} = e_{m,z} + e_{k,z} \geq 0{,}05 \cdot t$$

ahol $e_{k,z}$ a kúszás miatt külpontosság, melyet akkor vesz figyelembe a program, ha a fal számított karcsúsága nagyobb, mint λ_C:

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} > \lambda_c$$

ekkor

$$e_{k,z} = 0{,}002 \cdot \phi_\infty \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t \cdot e_{m,z}}$$

λ_C az *EN 1996-1-1* szerint az adott ország nemzeti mellékletében rögzített érték (a programban az értéke a nemzeti ajánlástól függetlenül beállítható).

Holland szabvány (NEN-EN 1996-1-1) esetén a tervezési külpontosság számításánál az alábbi kiegészítéssel számol az algoritmus:

$$e_{mk,z} = max\left\{e_{m,z} + e_{k,z};\ 0{,}05 \cdot t;\ \frac{h_{ef}}{300};\ 10\ \mathrm{mm}\right\}$$

A program a $\Phi_{m,y}$ csökkentő tényezőt a szabvány *G melléklete* (*G1…G4*) alapján számolja.

Külpontosság a fal síkjában

A program a tervezési külpontosságot fal síkjában az alábbiak szerint számolja:

$$e_{m,y} = e_{0,m,y} + e_{init,y} + e_{\Delta 2,y}$$

ahol $e_{m,y}$ a méretezési pozícióhoz tartozó, virtuális sáv igénybevételeiből származó normálerő külpontosság az *y* irányban.

Az $e_{init,y}$ az imperfekcióból származó külpontosság, melyet a program az EN 1996-1-1 5.3 szakasza alapján, kezdeti ferdeség felvételével számol a sáv globális tervezési paramétereinek alkalmazásával.

Az $e_{\Delta 2,y}$ másodrendű külpontosság az *EN 1996-1-1 "B" melléklete* alapján van számítva, a falazott sáv globális tervezési paraméterei alapján.

A program az előbbi külpontosság növekményeket a kedvezőtlen irányban méri fel.

A $\Phi_{m,z}$ csökkentő tényezőt az alábbi összefüggéssel számolja a program:

$$\Phi_{m,z} = 1 - \frac{2 \cdot e_{m,z}}{b}$$

ahol *b* a teljes falszélesség.

Teherbírás

A teljes falszélességet (*b*) figyelembe véve a függőleges ellenállás értéke a következő:

$$N_{Rd,i} = \Phi_{m,y} \cdot \Phi_{m,z} \cdot t \cdot b \cdot f_d$$

Szerkesztési szabályok ellenőrzése

A program az alábbi szerkesztési szabályok teljesülését ellenőrzi:

- a fal karcsúsága: $\lambda \leq 27$.
- a fal minimális vastagsága: nemzeti mellékletben szereplő szabályozás. Csak ott vizsgálja a program, ahol a nemzeti előírási konkrét értéket ad meg. Ha az adott nemzeti melléklet a fal típusától függően szabályozza a minimális vastagságot, ott a program csak a megadott értékek közül a minimálissal számol.
- minimális falkeresztmetszet: 0,04 m^2.
- maximális relatív külpontosság vizsgálata (az EN 1996-1-1 erről nem rendelkezik egyértelműen) A határértéket a felhasználó szabadon beállíthatja a falazat paramétereinél. Az alapbeállítás szerinti érték: $e_{rel,max}$ = 0,40 (csak egy érték adható meg, melyet mind a három keresztmetszetnél figyelembe vesz a program).
  - felső és alsó keresztmetszet ellenőrzésénél (i=1 vagy i=2):

$$e_{rel,i} = \frac{e_i}{t_{eff}} \leq e_{rel,max}$$

  - középső keresztmetszetnél:

$$e_{rel,m} = \frac{e_{mk}}{t} \leq e_{rel,max}$$

  A program mindkét irányban (*y*, *z*) ellenőrzi a relatív külpontosságot.

Nyírásvizsgálat

A program 3 keresztmetszetben (1_v, m_v, 2_v) számolja ki a nyírási teherbírást a falsáv minden szintjén az alábbi alapelvek szerint.

Az *EN 1996-1-1* szabvány nyírásra vonatkozó *6.2* fejezetében szereplő *6.13* formula egyirányú külpontosságot feltételez, a fal síkjában ható külpontosság kezelésére nem ad egyértelmű instrukciót. Emiatt a program két nyírásvizsgálatot végez (lineáris és interakciós vizsgálat), melyek eredménye közül a kisebb nyírási ellenállást adó vizsgálatot tekinti mértékadónak. A tervezési számításban csak a mértékadó vizsgálat eredményét részletezi.

Lineáris nyírásvizsgálat

A program az *EN-1996-1-1* szabvány 6.2 fejezete szerint számolja a nyírási teherbírást a normálerő, fal síkjára merőleges külpontosságának elhanyagolásával.

$$V_{Rd,i} = f_{vd} \cdot t \cdot l_c$$

$V_{Rd,i}$ a felső (1_v), középső (m_v) vagy alsó (2_v) méretezési keresztmetszethez tartozó nyírási ellenállás (az *i* index a keresztmetszet helyét jelöli: *1, m, 2*),

l_c a nyomott zóna hosszúsága, lineáris nyomófeszültséget feltételezve,

f_{vd} a tervezési nyírófeszültség a nyomott falrészen működő átlagos nyomófeszültséget figyelembe véve.

Ha a nyírt alsó és felső (1_v, 2_v) keresztmetszet a fal aljához, ill. tetejéhez mérve a fal vastagságával megegyező távolságon belül van, akkor a program t_{eff} csökkentett keresztmetszettel számol (ld. stabilitásvizsgálatnál).

Interakciós nyírásvizsgálat

A program az interakciós nyírásvizsgálatban a normálerő mindkét irányú külpontosságát figyelembe veszi, de a fal nyomott részének a hosszát konstans feszültség alapján számolja:

$$V_{Rd,i} = f_{vd} \cdot t_{nom} \cdot l_c$$

$V_{Rd,i}$ a felső (1_v), középső (m_v) vagy alsó (2_v) méretezési keresztmetszethez tartozó nyírási ellenállás (az *i* index a keresztmetszet helyét jelöli: *1, m, 2*),

t_{nom} a fal síkjára merőleges külpontosságból,

l_c a fal síkjában figyelembe vett tervezési külpontosságból számított nyomott zóna hossza.

Mindkét esetben konstans feszültségállapotot feltételezünk.

A stabilitásvizsgálat eredménye alapján:

$$l_c = \Phi_{i,z} \cdot b$$

$$t_{nom} = \Phi_{i,y} \cdot t$$

Ha a nyírt alsó és felső (1_v, 2_v) keresztmetszet a fal aljához, ill. tetejéhez mérve a fal vastagságával megegyező távolságon belül van, akkor a program t_{eff} csökkentett keresztmetszettel számol (ld. stabilitásvizsgálatnál).

f_{vd} a tervezési nyírófeszültség a nyomott falrészen működő átlagos nyomófeszültséget figyelembe véve.

Megjegyzés

A fenti *lineáris* és *interakciós nyírás*vizsgálat eredménye az esetek túlnyomó többségében csak kisebb eltérést mutat, jellemzően az interakciós vizsgálat adja a mértékadó (kisebb) nyírási teherbírást.

Az interakciós vizsgálatnál a figyelembe vett keresztmetszet kisebb, ugyanakkor a tervezési nyírófeszültség nagyobb lehet a figyelembe veendő átlagos nyomófeszültség miatt (ezt azonban korlátozhatja a nyírófeszültség felső korlátja).

Hibaüzenetek

A program a számítás eredményeinél az alábbi hibaüzeneteket jeleníti meg.

Megjelenített hiba:	A hiba értelmezése:
Nem felel meg!	A számítási eredmények alapján a fal/keresztmetszet nem megfelelő.
Az erő a keresztmetszeten kívül van!	A vizsgált keresztmetszetben a külpontos erő döféspontja a keresztmetszeten kívülre esik.
Relatív külpontosság értéke túl nagy!	A vizsgált keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a beállított maximális értéket (ld. falazat paraméterei).
A keresztmetszet húzott!	A vizsgált keresztmetszeten húzóerő működik, a függőleges ellenállás nem számítható.
A nyomóerő zérus!	A vizsgált keresztmetszeten a nyomóerő elhanyagolhatóan kicsi, 0,1 kN-ál kisebb.
Karcsúság értéke túl nagy!	A karcsúság meghaladja a szabványban rögzített határértéket.
A falvastagság nem megfelelő!	A falvastagság kisebb a szabvány által rögzítettnél (nemzeti alkalmazási dokumentumban rögzített érték).
A falkeresztmetszet nem megfelelő!	A falkeresztmetszet (virtuális sáv keresztmetszete) kisebb a szabvány által rögzítettnél.

6.9.1.8. Ellenőrzés az NTC alapján

Általános elvek

Az *NTC 2018* számítási eljárása az *Eurocode* szabványban foglaltakhoz hasonló, a fal teherbírását három keresztmetszetben (felső, alsó és középső) szükséges vizsgálni.

Az *NTC* szabvány a falak alján és tetején csuklós statikai modellt feltételez. A felhasználónak ezen elvet figyelembe véve kell a modellt felépíteni és beállításait elvégezni, ha a szabvány előírásait és annak iránymutatását kívánja követni.

- A program a vízszintes és függőleges hatásokból származó külpontosságot nem tudja szétválasztani, azokat a beállított statikai modell és teherkombinációk alapján számolja. Ha a modellben nem alkalmazunk csuklókat, akkor előfordulhat, hogy az alsó és felső keresztmetszetben számolt külpontosság a vízszintes terhekből származó többlet külpontosságot is tartalmaz.
- Amennyiben a modellben a külpontos hatásokból adódó többletnyomatékot figyelembe kell venni (a program közelítő módszerét alkalmazva), akkor a *Csuklós rúdmodell* beállítás használata javasolt, mellyel a szabványban feltételezett csuklós modell elveinek megfelelő eredményt kapunk.

A keresztmetszet akkor megfelelő, ha

$$N_d \leq N_r$$

illetve, ha a szerkesztési szabályok teljesülnek.

A program csak egyrétegű falak vizsgálatára alkalmas, a függőleges ellenállás meghatározásánál az alábbi összefüggést használja:

$$\mathrm{N}_r = f_{d,rid} \cdot t \cdot b$$

ahol

$$\mathrm{f}_{d,rid} = \Phi_y \cdot \Phi_z \cdot f_d$$

melyben Φ_y a falazat szilárdságát csökkentő tényező a fal síkjára merőleges külpontosságokat figyelembe véve, melyet a program a szabványban szereplő interpolációs táblázat alapján számol. Φ_z a fal síkjában figyelembe veendő normálerő külpontosságból adódó csökkentő tényező, melyet az *Eurocode* típusú vizsgálatnál ismertetett módon számít a program.

A program a csökkentőtényezőt a fal alsó és felső keresztmetszeténél a csökkentett falvastagság (ld. csomóponti beállítások, dolgozó keresztmetszet) figyelembevételével számolja.

A falazat f_d nyomószilárdságát az alábbi összefüggéssel számítja a program:

$$\mathrm{f}_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Vizsgálat a fal tetején és alján

A program a tervezési külpontosságot és keresztmetszetekhez tartozó csökkentő tényezőt, ill. teherbírást az alábbiak szerint számítja.

Külpontosság a fal síkjára merőleges irányban

A tervezési külpontosság számítására az *NTC (olasz szabvány)* a következő összefüggést írja elő:

$$e_{1,z} = |e_{s,z}| + e_{a,z}$$

ahol $e_{s,z}$ a vizsgálat keresztmetszetben a függőleges erők hatásából (födém reakcióerejének külpontossága, felső szint külpontossága) származó külpontosság.

A program a hatásokból (függőleges/ vízszintes erő) származó külpontosságot nem különíti el, $e_{0,z}$-al jelöli azok összegét a számításban.

A program csökkentett (pl. a csomóponti beépítés miatt) keresztmetszet (t_{eff}) esetén a dolgozó keresztmetszet tengelyére számolja a külpontosságot, és ennek figyelembevételével állapítja meg a tervezési külpontosságot és a szilárdság csökkentő tényező értékét is.

$$e_{0,1,z} = e_{0,z} - \Delta z$$

ahol Δz a fal és a dolgozó keresztmetszet közötti tengelytávolság.

(Ha a csomóponti beállítások alapján a dolgozó keresztmetszet nem csökken, akkor az alábbiakban $t_{eff} = t$ és $e_{0,i,z} = e_{0,z}$.)

Ez alapján a tervezési külpontosság képlete:

$$e_{1,z} = e_{0,1,z} + e_{a,z}$$

ahol

$$e_{a,z} = \frac{h}{200}$$

melyben h a szintmagasság.

A program az $e_{a,z}$ kezdeti külpontosságot a felfekvési keresztmetszet tengelyéhez képest méri fel a kedvezőtlen irányba.

A program $\Phi_{1,z}$ csökkentő tényezőt a szabványban szereplő interpolációs táblázat (ld. később) alapján határozza meg a fal karcsúsága alapján.

A relatív külpontosság: $\mathrm{e}_{rel,1,z} = \frac{e_{1,z}}{t_{eff}}$, ahol t_{eff} minden esetben a csökkentett falvastagság.

Az m külpontossági tényező ezek alapján: $m = 6 \cdot e_{rel,1,z}$, és a karcsúság: $\lambda = \frac{h_0}{t}$, melyben $h_0 = \varrho \cdot h$.

Külpontosság a fal síkjában Teherbírás

A külpontosságot az *Eurocode* típusú vizsgálatok elvei szerint (ld. korábban) számítja a program.

A függőleges ellenállás értéke, a teljes falszélességet (b)figyelembe véve a következő:

$$\mathrm{N}_r = \Phi_{1,y} \cdot \Phi_{1,z} \cdot f_d \cdot t_{eff} \cdot b$$

Vizsgálat a fal közepén

A program a tervezési külpontosságot és keresztmetszetekhez tartozó csökkentő tényezőt, ill. teherbírást az alábbiak szerint számítja.

Külpontosság a fal síkjára merőleges irányban

Fal közepén a tervezési külpontosság az *NTC (olasz szabvány)* számítására a következő összefüggést írja elő:

$$e_{2,z} = \frac{e_{1,z}}{2} + e_{v,z}$$

ahol $e_{2,z}$ a fal tetején számolt külpontosság, $e_{v,z}$ pedig a vízszintes hatásokból származó többlet külpontosság.

Mivel a program nem különíti el a függőleges és vízszintes hatásokból származó nyomatékot, ezért a külpontosság számításánál az alábbiak szerint jár el.

A program a hatásokból (függőleges/ vízszintes erő) származó külpontosságot $e_{0,z}$-al jelöli a számításban.

A tervezési külpontosságot pedig az alábbi összefüggés adja:

$$e_{2,z} = e_{0,z} + \frac{e_{a,z}}{2} \geq e_{a,z}$$

ahol

$$e_{a,z} = \frac{h}{200}$$

A program a képletben 0,5 · $e_{a,z}$ nagyságú vétlen külpontosságot feltételez (a kedvezőtlen irányban felvéve), a szabványban ajánlott csuklós modellt feltételezve.

Ha a modellben csuklós kialakítású tartományokat és a többlet nyomaték számításánál is *Csuklós rúdmodell*t alkalmazunk, akkor a tervezési külpontosság a szabványban előírtakkal azonos eredményt ad. A modell helyes megválasztása minden esetben a felhasználó feladata.

A $\Phi_{2,z}$ csökkentő tényezőt a szabványban szereplő interpolációs táblázat (ld. később) alapján határozza meg a program a fal karcsúsága alapján.

A relatív külpontosság: $e_{rel,2,z} = \frac{e_{2,z}}{t}$, ahol *t* az adott szinthez tartozó falvastagság.

Az *m* tényező ezek alapján: $m = 6 \cdot e_{rel,2,z}$, és a karcsúság: $\lambda = \frac{h_0}{t}$, melyben $h_0 = \varrho \cdot h$.

Külpontosság a fal síkjában

A külpontosságot az *Eurocode* típusú vizsgálatok elvei szerint (ld. korábban) számítja a program.

Teherbírás

A függőleges ellenállás értéke, a teljes falszélességet (*b*) figyelembe véve a következő:

$$N_r = \Phi_{2,y} \cdot \Phi_{2,z} \cdot f_d \cdot t_{eff} \cdot b$$

Interpolációs táblázat a Φ tényező meghatározásához

A Φ csökkentő tényező lineáris interpolációval történő meghatározásához a program az alábbi, *NTC*-ben szereplő táblázat (Tab. 4.5.III) adatait használja.

Karcsúság - l	*m = 6e / t*				
	0	**0,5**	**1,0**	**1,5**	**2,0**
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	-
20	0,53	0,36	0,23	-	-

Külpontosság a fal síkjában

A külpontosságot az *Eurocode* típusú vizsgálatok elvei szerint (ld. korábban) számítja a program.

Szerkesztési szabályok ellenőrzése

A program az alábbi szerkesztési szabályok teljesülését ellenőrzi:

- a fal karcsúsága: λ≤ 20.
- a fal minimális vastagsága: t ≥ 150 mm. A program csak a szabványban szereplő minimális értéket veszi figyelembe, az eltérő falazóelem típusokra előírt értéket nem. Annak ellenőrzése a felhasználó feladata.
- minimális falkeresztmetszet: 0,04 m^2 (az *Eurocode 6* előírását követve).
- maximális relatív külpontosság (alapbeállítás szerinti érték, de a felhasználó felülírhatja):
  alsó és felső keresztmetszeti ellenőrzésnél:

$$e_{rel,1} = \frac{e_1}{t_{eff}} \leq 0{,}33$$

  középső keresztmetszetnél:

$$e_{rel,2} = \frac{e_2}{t} \leq 0{,}33$$

  A program mindkét irányban (y, z) ellenőrzi a relatív külpontosságot.

Nyírásvizsgálat

A program 3 keresztmetszetben (1_v, m_v, 2_v) számolja ki a nyírási teherbírást a falsáv minden szintjén az *Eurocode* típusú vizsgálatok elvei szerint (ld. korábban). A tervezési nyírófeszültség az *NTC* szabvány előírása alapján van figyelembe véve. (A jelölések az NTC szabvány jelöléseit követik.)

Hibaüzenetek

A program a számítás eredményeinél az alábbi hibaüzeneteket jeleníti meg.

Megjelenített hiba:	A hiba értelmezése:
Nem felel meg!	A számítási eredmények alapján a fal/keresztmetszet nem megfelelő.
Az erő a keresztmetszeten kívül van!	A vizsgált keresztmetszetben a külpontos erő döféspontja a keresztmetszeten kívülre esik.
Relatív külpontosság értéke túl nagy!	A vizsgált keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a beállított maximális értéket (ld. falazat paraméterei).
A keresztmetszet húzott!	A vizsgált keresztmetszeten húzóerő működik, a függőleges ellenállás nem számítható.
A nyomóerő zérus!	A vizsgált keresztmetszeten a nyomóerő elhanyagolhatóan kicsi, 0,1 kN-ál kisebb.
Karcsúság értéke túl nagy!	A karcsúság meghaladja a szabványban rögzített határértéket.
A falvastagság nem megfelelő!	A falvastagság kisebb a szabvány által rögzítettnél (nemzeti alkalmazási dokumentumban rögzített érték).
A falkeresztmetszet nem megfelelő!	A falkeresztmetszet (virtuális sáv keresztmetszete) kisebb a szabvány által rögzítettnél.
Φ értéke nem számítható!	A számított interpolációs paraméterek mellett a Φ tényező értéke nem számítható.

6.9.1.9. Ellenőrzés a SIA alapján

Általános elvek

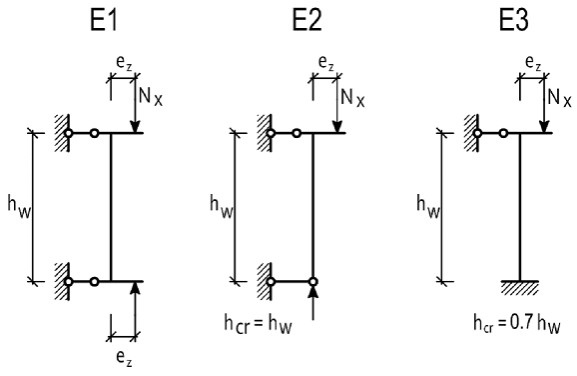
A *SIA 266:2015* szabvány számítási módszere alapelveit tekintve jelentősen különbözik az *Eurocode*-ban rögzített eljárástól. A szabvány két fő ellenőrzést ír elő: a falat teherbírási és használhatósági határállapotban is vizsgálni szükséges.

A program ennek megfelelően az alábbi vizsgálatokat végzi el a kiválasztott kombinációk/esetek függvényében:

- ULS típusú kombinációk esetében csak teherbírási vizsgálatot végez,
- SLS típusú kombinációk esetén csak használhatósági határállapot alapján vizsgálja a falat,
- ha a teherkombináció típusa nincs megadva, vagy önálló teheresetet választunk ki, úgy a program mindkét vizsgálatot elvégzi, de csak a kihasználtság alapján mértékadó vizsgálat eredményeit jeleníti meg az eredmények között.

A szabvány kötöttségeket tartalmaz a statikai modellt illetően, emiatt a felhasználónak kell gondot fordítania a statikai modell helyes megválasztására. Az alkalmazott feltevéseket ld. bővebben a vizsgálatok részleteinél.
A többletnyomatékok közelítő számításánál csak a *Csuklós rúdmodell*, a födém terhek figyelembevételénél pedig csak a konstans feszültségeloszlás értelmezhető a szabvány pontjait követve.

Az alkalmazott statikai modellt (*E1*, *E2* és *E3*) a felhasználónak kell kiválasztania, azt a program a modell alapján nem tudja meghatározni. (A statikai modellt a program csak a kihajlási hossz meghatározásához és a megfelelő tervezési görbe kiválasztásánál alkalmazza.)



Jelölések

A program a méretezés során 4 keresztmetszetet különböztet meg:

- az *1*, *2*-es keresztmetszetek a szinthez tartozó felső és alsó keresztmetszet,
- az 1_v, 2_v keresztmetszetek a nyírásvizsgálathoz tartozó felső és alsó keresztmetszet.

Teherbírás (ULS) ellenőrzés

Teherbírási vizsgálatokban a program négy fő ellenőrzést végez:

- feszültség ellenőrzés a fal(szakasz) tetején (*1,* illetve 1_v),
- stabilitás vizsgálat az *1*-es, illetve 2_v keresztmetszetek alapján,
- feszültség ellenőrzés a fal(szakasz) alján (*2*, illetve 2_v),
- nyírásvizsgálat a nyíráshoz beállított felső keresztmetszeti pozícióban (1_v).

A stabilitásvizsgálatot az *1*, illetve 2_v keresztmetszeteknél figyelembe veendő igénybevételek alapján végzi el a program.
Az *1*, *2*-es keresztmetszeteknél csak a fal síkjára merőleges külpontosságok vannak figyelembe véve, a nyírásvizsgálathoz felvett keresztmetszetekben (1_v és 2_v) a fal síkjában lévő nyomaték is.

Feszültség vizsgálat

A program megvizsgálja az adott keresztmetszetben az erő külpontosságát, mely nem haladhatja meg az $e_z/t_w \leq 0{,}375$ határértéket. Ezen felül konstans nyomófeszültség feltételezve megállapítja a nyomott zónát (t_{nom}), az az alapján számítható teherbírás értékét ($N_{Rd,nom}$) és azt összeveti a tervezési normálerővel.

$$\mathrm{t}_{nom} = t - 2 \cdot e_{0,z}$$

ahol *t* értékét a fal csomóponti beépítése miatt csökkentett keresztmetszete alapján veszi figyelembe a program,

$e_{0,z}$ a csökkentett keresztmetszet tengelyére számított külpontosság.

$$N_{Rd,nom} = l_c \cdot t_{nom} \cdot f_{xd}$$

ahol l_c az 1, 2-es keresztmetszeteknél a falsáv szélességével megegyező (l_w), a 1_v, 2_v jelű keresztmetszeteknél pedig a fal síkjában működő nyomaték alapján csökkentett hosszúság (l_2):

$$l_2 = l_w - \frac{2 \cdot M_{z,i,d}}{N_{xd}}$$

Stabilitásvizsgálat

A program az 1-es keresztmetszet esetén a *SIA 266:2015 szabvány 4.3.1.3* pontjában rögzített számítási módszert (11) követi:

$$N_{xd} \leq k_N \cdot l_w \cdot t_w \cdot f_{xd}$$

a 2_v keresztmetszetnél a fal síkjában működő nyomaték is figyelembe van véve a szabvány *4.3.3.1* pontjában szereplő (17) formula szerint:

$$N_{xd} \leq k_N \cdot l_2 \cdot t_w \cdot f_{xd}$$

ahol

- N_{xd} a tervezési normálerő (*1,* illetve 2_v keresztmetszetek alapján),
- l_w a vizsgált falszakasz (virtuális sáv) szélessége,
- t_w a vizsgált fal (teljes) vastagsága,
- f_{xd} pedig a tervezési nyomószilárdság, melyet a program a következő módon számol:

$$\mathrm{f}_{xd} = \frac{f_{xk}}{\gamma_M}$$

- az l_2 nyomott zóna hossza konstans feszültséget feltételezve:

$$l_2 = l_w - \frac{2 \cdot M_{z2d}}{N_{xd}}$$

k_N csökkentő tényezőt a program lineáris interpolációval határozza meg a szabványban rögzített görbesereg (SIA 266:2015, 5. ábra) alapján.

A lineáris interpolációt a program a fal geometriájából számolt karcsúsága (h_w/t_w, illetve h_{cr}/t_w) és a fal tetején számított relatív külpontosság (e_z/t_w) alapján végzi el.

Az e_z - fal tetején számított - külpontosság esetén a program feltételezi, hogy a külpontosság a födém reakcióerejéből fakad és annak hatásvonala a felfekvési felület tengelyében van, illetve a felette lévő falról átadódó erő külpontosság ~ zérus értékű. A felhasználónak kell mérlegelni, hogy ezek a közelítések a felépített statikai modell alapján alkalmazhatóak-e.

Az e_z/t_w relatív külpontosság nem haladhatja meg a szabvány szerint számított határértéket (*6-os összefüggés, SIA 266:2015*) és a szabványban szereplő *4. ábra* szerinti határértéket ($e_z/t_w \leq 0{,}375$). A programban a maximális érték 0,35, mert az interpolációt ennél nagyobb relatív külpontosságra nem lehet elvégezni, azaz:

$$\frac{e_z}{t_w} \leq min\left\{\frac{1}{2}\cdot\left(1-\frac{N_{xd}}{l_w\cdot t_w\cdot f_{xd}}\right);0{,}35\right\}$$

Amennyiben a fenti feltétel nem teljesül, úgy a teherbírás nem számítható, a fal nem megfelelő.

☞ **A szabvány nem tartalmaz az *Eurocode 6* vizsgálati eljárásával megegyező középső keresztmetszeti ellenőrzést, így a program a fal közepén számított igénybevételre nem ellenőrzi a falszakaszt.**

Nyírásvizsgálat

A nyírási ellenállást a program a falazott sáv paramétereinél beállított módszerrel határozza meg.

SIA266 diagram alapján:

A program a *SIA 266:2015 szabvány 4.3.3.1* pontjában rögzített számítási módszert (18) követi:

$$V_d \leq k_V\cdot l_1\cdot t_{nom}\cdot f_{yd}$$

ahol

- V_d a tervezési nyíróerő (*1v* keresztmetszet alapján),
- l_1 a nyomott zóna hossza a fal síkjában működő nyomaték alapján

$$l_1 = l_w - \frac{2\cdot M_{z1d}}{N_{xd}}$$

- t_{nom} a nyomott zóna szélessége a normálerő fal síkjára merőleges külpontossága alapján

$$t_{nom} = t - 2\cdot e_{0,y}$$

(*t* értékét a fal csomóponti beépítése miatt csökkentett keresztmetszete alapján veszi figyelembe a program, e_0 a csökkentett keresztmetszet tengelyére számított külpontosság),

- f_{yd} pedig a tervezési nyomószilárdság, melyet a program a következő módon számol:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

- *kV* csökkentő tényezőt görbeseregek (SIA 266:2015, 9. ábra) alapján. h_w az 1_v, 2_v méretezési pontok egymástól mért távolsága. A program a 3 görbesereg között, az f_{xd} / f_{yd} hányadosától függően interpolációt végez a 0.30–0.75 értéktartományban.

Numerikus számítás alapján:

A program a *SIA 266:2015 szabvány 4.3.2.1* pontjában rögzített számítási alapelvek és egyensúlyi feltételek alapján határozza meg a feszültségállapotot és az ahhoz tartozó nyírási ellenállást.

Hibaüzenetek

A program az eredményeknél az alábbi hibaüzeneteket jeleníti meg.

Megjelenített hiba:	A hiba értelmezése:
Nem felel meg!	A számítási eredmények alapján a fal/keresztmetszet nem megfelelő.
Az erő a keresztmetszeten kívül van!	A vizsgált keresztmetszetben a külpontos erő döféspontja a keresztmetszeten kívülre esik.
Relatív külpontosság értéke túl nagy!	A vizsgált keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a beállított maximális értéket (ld. falazat paraméterei).
A keresztmetszet húzott!	A vizsgált keresztmetszeten húzóerő működik, a függőleges ellenállás nem számítható.
A nyomóerő zérus!	A vizsgált keresztmetszeten a nyomóerő elhanyagolhatóan kicsi, 0,1 kN-ál kisebb.
Karcsúság értéke túl nagy!	A karcsúság meghaladja a határértéket ($h_w/t_w \leq 50$ vagy $h_{cr}/t_w \leq 50$), az interpoláció nem végezhető el. A korlát az interpolációs görbéken feltüntetett határérték! k_N csökkentő tényező értéke nem meghatározható.

Használhatósági (SLS) ellenőrzés

A program a *SIA 266:2015 szabvány 4.4.1.5* pontjában rögzített számítási módszert (21) követi:

A számított repedéstágasság az alábbi képlet alapján számítható:

$$r = k_r \cdot \frac{N_x \cdot h_0}{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w}$$

ahol

- N_x a normálerő a fal tetején,
- h_0 a falazóelem és habarcsréteg együttes magassága,
- E_{xk} a függőleges irányú rugalmassági modulus,
- l_w a vizsgált falszakasz (virtuális sáv) szélessége,
- t_w a vizsgált fal (teljes) vastagsága,
- k_r segédtényező.

A k_r tényezőt a program lineáris interpolációval határozza meg a szabványban rögzített görbesereg alapján (*SIA 266:2015, 12. ábra*).

Az interpolációt a program a fal geometriájából számolt referencia karcsúság ($h_w / h_{E,}$ illetve h_{cr}/h_E) és a fal tetején számított relatív külpontosság (e_z/t_w) alapján végzi el.

A h_E paraméter értéke az alábbi összefüggés alapján számítandó:

$$h_E = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w^3}{12 \cdot N_x}}$$

Az SLS vizsgálat alapján a fal akkor megfelelő, ha $r \leq r_{max}$, ahol r_{max} a maximális repedéstágasság értéke a szabvány *4.2.2.2* pontja szerint. A programban a maximális repedéstágasság alapérték 0,2 mm, mely a felhasználó által felülírható a *Falazat paraméterei* között.

Bekapcsolt nyírásvizsgálat esetén a használhatósági ellenőrzés a *SIA 266:2015 szabvány 4.4.2.1* pontja alapján az alábbiakkal bővül:

A program faltest alsó és felső pontja közötti eltolódást (szabványban szereplő „*v*" érték, ld. (22) formula) a virtuális sáv deformációja alapján számítja és azt veti össze a felhasználó által megadott határértékkel.

Az alakváltozás $\varepsilon_{x,max}$ értékét a szabvány (23)-as formulája szerint számolja a program a virtuális sáv igénybevételei alapján:

$$\varepsilon_{x.max} = \frac{6 \cdot (M_{z1} + V \cdot h_w)}{E_{xk} \cdot l_w^2 \cdot t_w} - \frac{N_x}{E_{xk} \cdot l_w \cdot t_w}$$

Az eltolódáskülönbséget és az alakváltozást a nyírásvizsgálathoz beállított alsó és felső keresztmetszetek (1_v, 2_v) igénybevételei és pozíciója alapján határozza meg a program.

Az eltolódás és alakváltozás határértékei a falazat tervezési paraméterei között beállítható értékek.

Hibaüzenetek

A program a következő számítási hibaüzeneteket küldi a használhatósági vizsgálatok eredményeként.

Megjelenített hiba:	*A hiba értelmezése:*
Nem felel meg!	A számítási eredmények alapján a fal/keresztmetszet nem megfelelő.
Relatív külpontosság értéke túl nagy!	A vizsgált keresztmetszetben a relatív külpontosság meghaladja a 0,35-ös maximális értéket.
A keresztmetszet húzott!	A vizsgált keresztmetszeten húzóerő működik, a függőleges ellenállás értéke nem számítható.
A nyomóerő zérus!	A vizsgált keresztmetszeten a nyomóerő elhanyagolhatóan kicsi, 0,1 kN-ál kisebb.
kr értéke nem számítható!	Az interpolációt a számított referencia karcsúság ($h_w/h_{E,}$ illetve h_{cr}/h_E) és relatív külpontosság (e_z/t_w) mellett nem végezhető el!

Szerkesztési szabályok ellenőrzése ULS és SLS vizsgálatoknál

A program az alábbi szerkesztési szabályokat teljesülését ellenőrzi:

- karcsúság: $\lambda \leq 50$. A program az interpolációs görbesereghez (*E1* és *E2*/*E3*) tartozó maximális referencia karcsúsági értéket veszi alapul ($\lambda=h_w/t_w$ vagy $\lambda=h_{cr}/t_w$).
- maximális relatív külpontosság (az interpolációs görbéknél megadott maximális érték miatt): $e_{rel,max} = 0{,}35$.
  A program a maximális relatív külpontosságot csak a felső keresztmetszetnél ellenőrzi!
  $$e_{rel,i} = \frac{e_z}{t} \leq e_{rel,max}$$
  ahol *t* a falvastagság.

7. Az AXISVM programozása

AXISVM COM szerver

Az AXISVM sok más Windows-alkalmazáshoz hasonlóan támogatja a Microsoft COM-technológia alkalmazását. Ez lehetővé teszi, hogy COM szervert tartalmazó programok más programok számára szabványos módon hozzáférhetővé tegyenek különböző belső objektumokat. A külső alkalmazások így hozzáférnek az egyes osztályok tulajdonságaihoz, eljárásaihoz és függvényeihez. Az AXISVM COM szerver használatával elindíthatják az AXISVM szoftvert, modelleket építhetnek fel benne, ezekre számításokat futtathatnak és lekérdezhetik az eredményeket. Jellegzetes alkalmazások:

- parametrikus modellek felépítése és számítása
- iteratív tervezési módszerek
- speciális méretezési modulok kifejlesztése

Az AXISVM telepítési könyvtárának *Plugins* alkönyvtárában elhelyezett, az AXISVM COM-szervert használó DLL fájlokat a program automatikusan felveszi a *Kiegészítők* menüpont alá. Ha a *Plugins* alkönyvtárban további könyvtárstruktúrát alakítunk ki, a Kiegészítők menü struktúrája ezt is követni fogja. A COM-programozáshoz szükséges részletes dokumentáció, illetve a Delphi, Visual C++ és Visual Basic példaprogramok letölthetőek az AXISVM weboldaláról (**https://axisvm.hu/axisvm-letoltesek/#applikaciok**).

A COM szerver regisztrációk a COM szerver információk menüpontban ellenőrizhetők: **3.9.6 COM szerver információk.**

8. AXISVM Viewer és Viewer Expert

AXISVM Viewer

Az AXISVM Viewer a program olyan, ingyenesen letölthető változata, mellyel a modellek megtekinthetők, de módosításukra, a képek, táblázatok és a dokumentáció kinyomtatásra nincs lehetőség.
Ezzel lehetővé válik a modellek részletes bemutatása olyan környezetben is, ahol AXISVM nincs telepítve Ha nem akarjuk, hogy az általunk készített modellt mások saját munkájukban felhasználják, de mégis szeretnénk hozzájuk eljuttatni, a *Fájl/Export* funkció segítségével mentsük le a modellt speciális AXISVM Viewer (*.AXV) formátumban. Az AXV fájlokat csak a Viewer változat tudja beolvasni, a piaci változat nem, így biztosak lehetünk benne, hogy a modellt nem használják fel.
A Viewer letöltéséről a következő fejezetben olvashat.

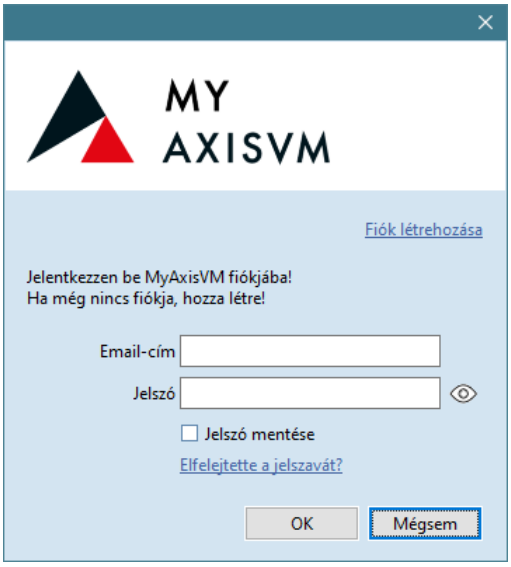
AXISVM Viewer Expert

Az AXISVM piaci változatával rendelkezők megvásárolhatják a Viewer Expert változatot, melyből kinyomtathatóak képek, táblázatok, dokumentációk, ideiglenesen új kóták és szövegdobozok helyezhetők a rajzra. A változtatások mentésére itt sincs lehetőség.

9. MYAXISVM: próbaverzió, light verzió, oktatási verzió és Viewer

MyAXISVM

A Light és a Viewer változat letöltéséhez, valamint a próba verzió és az oktatási verzió igényléséhez MyAXISVM fiókot kell regisztrálni, a https://my.axisvm.eu/ oldalon. Az igénylés jóváhagyásáról a rendszer emailben küld értesítést. A program – letöltése és telepítése után – az első futtatáskor a fiók regisztrálása során megadott email-cím és jelszó beírásával vehető használatba.
A *Jelszó mentése* opció bekapcsolása esetén a további programindítások alkalmával a program automatikusan bejelentkezik a megfelelő fiókba.



Próbaverzió

A program működésével való ismerkedésre, képességeinek feltérképezésére szolgál a letölthető AXISVM próbaverziója, mely tartalmazza valamennyi méretező modult és a felhasználható elemek számát sem korlátozza. A próbaverzió az első indítástól kezdve 30 napig használható.

Oktatási verzió

Egyetemi vagy főiskolai hallgatók a komplex házi feladatok, TDK feladatok, kutatási témák feldolgozásához, illetve diplomamunkák (BSc, MSc) elkészítéséhez letölthetnek egy teljes kiépítésű, korlátozás nélküli programcsomagot. A letöltött verzió a regisztrációtól kezdve 6 hónapig használható és a licensz hosszabbításával, érvényes tanulói jogviszony esetén a teljes tanulmányi időszak alatt igényelhető (maximálisan két számítógépre).

Light verzió

Szintén ismerkedésre szolgál ez az ingyenes, regisztráció és időkorlátozás nélkül használható változat. Nem igényel licencfájlt és hardverkulcsot sem, de a használható végeselemek száma korlátozott: a modellben 40 rúd vagy rácsrúd, 150 felületelem, 50 tehereset és 10 rezgésalak adható meg.

Viewer version

Az X8 verziótól kezdődően a Viewer változat a MyAXISVM felületen érhető el.
További információ: 8 AXISVM Viewer és Viewer Expert

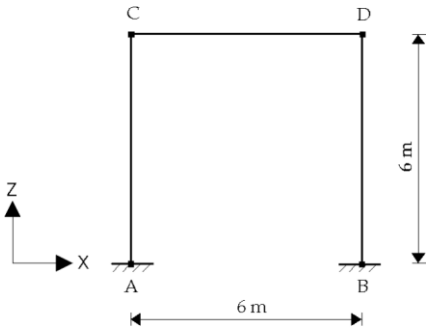
10. Mintapéldák

10.1. Síkbeli acél keretszerkezet statika/I-rendű vizsgálata

Adatok

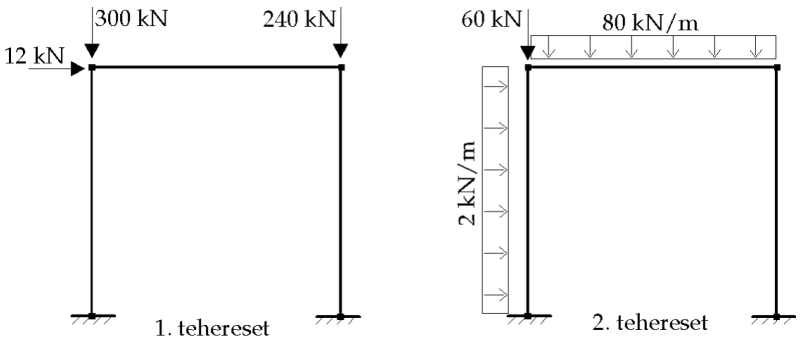
AK-ST-I.axs

Geometria:



anyag: Acél
szelvény: I 240

Terhek:



Eredmények

AK-ST-I.axe

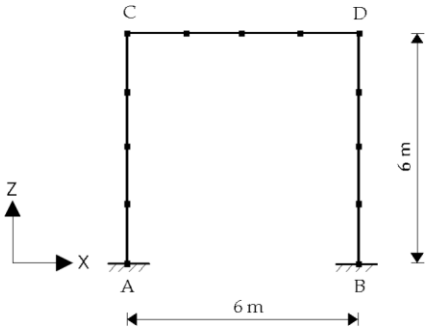
Komponens		Analitikus	AXISVM
1. te.	$e_x^{(C)}$ [mm]	17.51	17.51
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	-20.52	-20.52
2. te.	$e_x^{(C)}$ [mm]	7.91	7.91
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	63.09	63.09

10.2. Síkbeli acél keretszerkezet statika/II-rendű vizsgálata

Adatok

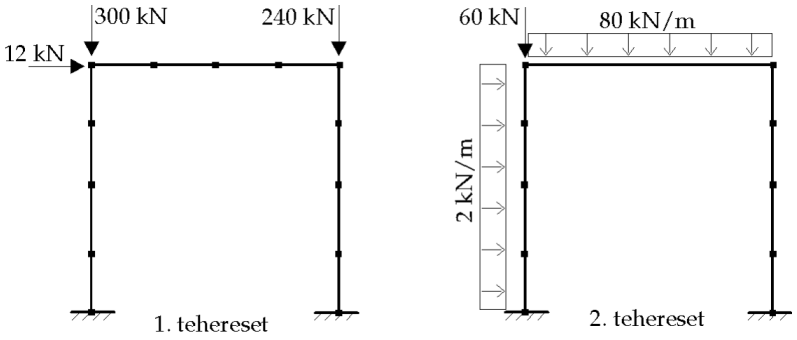
AK-ST-II.axs

Geometria:



anyag: Acél
szelvény: I 240

Terhek:



Eredmények

AK-ST-II.axe

Komponens		Stabilitási függvényekkel	AXISVM
1. te.	$e_X^{(C)}$ [mm]	20.72	20.47
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	-23.47	-23.41
2. te.	$e_X^{(C)}$ [mm]	9.26	10.22
	$M_y^{(A)}$ [kNm]	66.13	65.33

Ellenőrzés

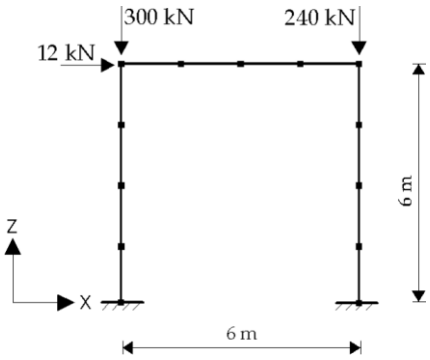
II-rendű vizsgálat esetén az egyensúlyt a hajlításból származó elmozdulások figyelembevételével kell megállapítani.

10.3. Síkbeli acél keretszerkezet kihajlásvizsgálata

Adatok

AK-KI.axs

Geometria és terhek:

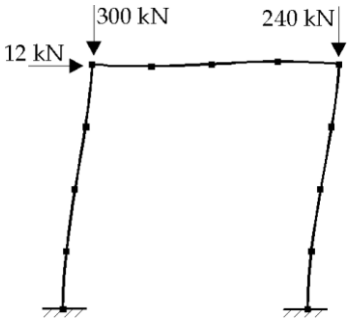


anyag: Acél
szelvény: I 240

Eredmények

AK-KI.axe

Kihajlási alak:

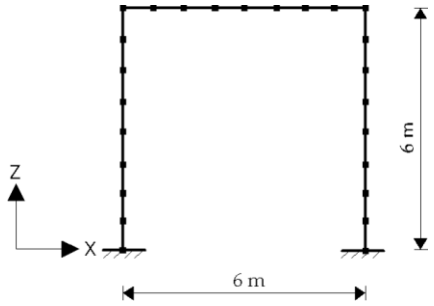


kritikus teher paraméter	Cosmos/M™	AXISVM
n_{kr}	6.632	6.633

10.4. Síkbeli acél keretszerkezet rezgés/I-rendű vizsgálata

Adatok **AK-RZ-I.axs**

Geometria:



anyag: Acél
szelvény: I 240

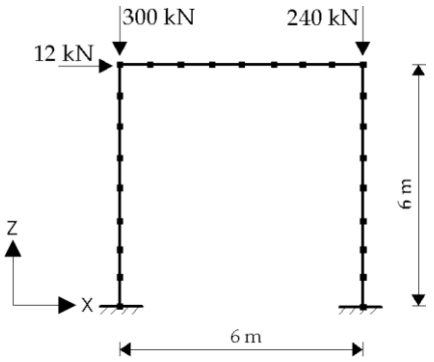
Eredmények **AK-RZ-I.axe**

rezgésalak	frekvencia [Hz]	
	Cosmos/M™	AXISVM
1	6.957	6.957
2	27.353	27.353
3	44.692	44.692
4	48.094	48.094
5	95.714	95.714
6	118.544	118.544

10.5. Síkbeli acél keretszerkezet rezgés/II-rendű vizsgálata

Adatok **AK-RZ-II.axs**

Geometria és terhek:



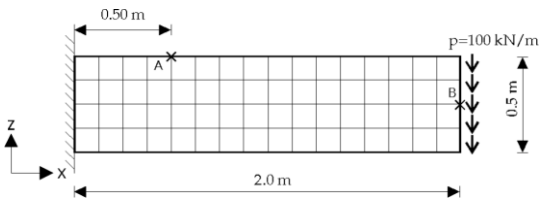
anyag: Acél
szelvény: I 240

Eredmények **AK-RZ-II.axe**

rezgésalak	frekvencia [Hz]	
	Cosmos/M™	AXISVM
1	0.514	0.514
2	11.427	11.426
3	12.767	12.766
4	17.146	17.145
5	27.111	27.109
6	39.458	39.456

10.6. Vasbeton tárcsa statika/I-rendű vizsgálata

Adatok **VT1-ST-I.AXS**



E=880 kN/cm^2
ν=0
v=0.10 m
p=100 kN/m
hálózatfelosztás=4x16

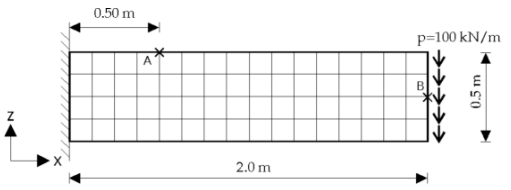
Eredmények **VT1-ST-I.AXE**

Komponens	Rúdelmélet szerint (nyírási alakváltozások figyelembevételével)	AXISVM
$e_z^{(B)}$ [mm]	15.09	15.09
$N_x^{(A)}$ [kN/m]	1800.00	1799.86

10.7. Csuklós megtámasztású vasbeton lemez statika/I-rendű vizsgálata

Adatok

VL1-ST-I. AXS

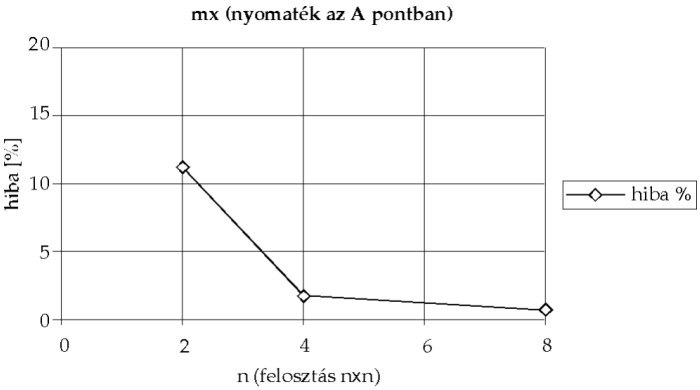


E=880 kN/cm^2
ν=0
v=0.15 m
p=50 kN/m^2
hálózatfelosztás=8x8

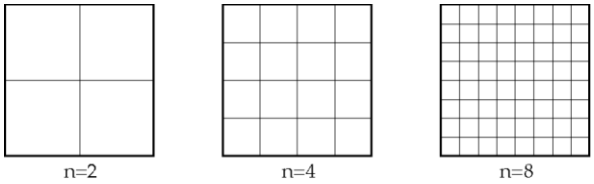
Eredmények

Komponens	Analitikus (nyírási alakváltozások figyelembevétele nélkül)	AXISVM
$e_z^{(A)}$ [mm]	51.46	51.46
$m_x^{(A)}$ [kNm/m]	46.11	46.31

Konvergencia-vizsgálat



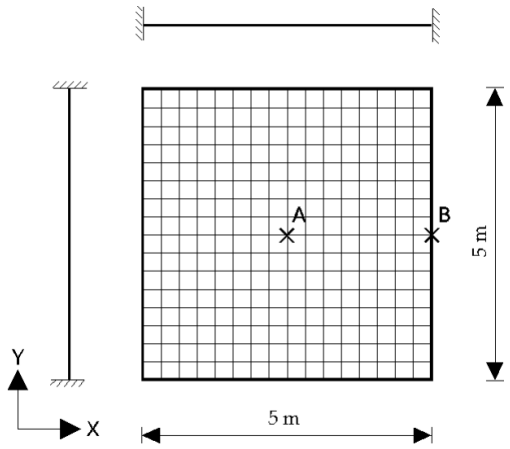
ahol a hálózati felosztások:



10.8. Befogott megtámasztású vasbeton lemez statika/I-rendű vizsgálata

Adatok

VL2-ST-I. AXS



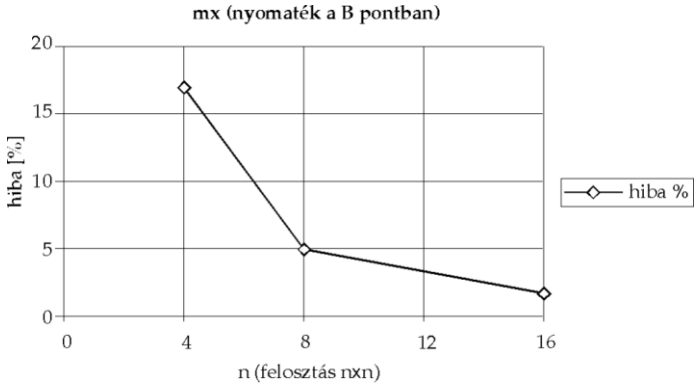
E = 880 kN/cm2
ν = 0
v = 0.15 m
p = 50 kN/m2
hálózatfelosztás = 16x16

Eredmények

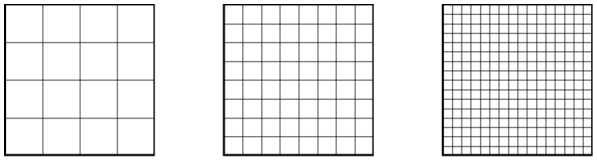
VL2-ST-I.AXE

Komponens	Analitikus (nyírási alakváltozások figyelembevétele nélkül)	AXISVM
$e_z^{(A)}$ [mm]	16.00	16.18
$m_x^{(A)}$ [kNm/m]	22.01	22.15
$m_x^{(B)}$ [kNm/m]	64.43	63.25
$q_x^{(B)}$ [kN/m]	111.61	109.35

Konvergencia-vizsgálat



ahol a hálózati felosztások:



n=4 n=8 n=16

11. Irodalomjegyzék

1. **Bathe, K. J., Wilson, E. L.,** *Numerical Methods in Finite Element Analysis*, Prentice Hall, New Jersey, 1976
2. **Bojtár I., Vörös G.**, *A végeselem-módszer alkalmazása lemez- és héjszerkezetekre*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
3. **Chen, W. F., Lui, E. M.**, *Structural Stability*, Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York, 1987
4. **Hughes, T. J. R.**, *The Finite Element Method*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987
5. **Owen D. R. J., Hinton E.**, *Finite Elements in Plasticity*, Pineridge Press Limited, Swansea, 1980
6. **Popper Gy., Csizmás F.**, *Numerikus módszerek mérnököknek*, Akadémiai Kiadó · Typot$_e$x, Budapest, 1993
7. **Przemieniecki, J. S.**, *Theory of Matrix Structural Analysis*, McGraw Hill Book Co., New York, 1968
8. **Weaver Jr., W., Johnston, P. R.**, *Finite Elements for Structural Analysis*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984
9. **Dr. Szalai Kálmán**, *Vasbetonszerkezetek, vasbeton-szilárdságtan*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 1998
10. **Dr. Kollár László:** *Vasbeton-szilárdságtan*, Műegyetemi Kiadó, 1995
11. **Dr. Kollár László:** *Vasbetonszerkezetek I., Vasbeton-szilárdságtan az Eurocode 2 szerint*, Műegyetemi Kiadó, 1997
12. **Dr. Bölcskei E., Dr. Dulácska E.:** *Statikusok könyve*, Műszaki Könyvkiadó, 1974
13. **Dr. Dulácska Endre:** *Kisokos, Segédlet tartószerkezetek tervezéséhez*, BME Építészmérnöki Kar, 1993
14. **Porteous, J., Kermani, A.,** *Structural Timber Design to Eurocode 5,* Blackwell Publishing, 2007
15. **Dulácska Endre, Joó Attila, Kollár László:** *Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra,* Akadémiai Kiadó, 2008
16. **Pilkey, W. D.,** *Analysis and Design of Elastic Beams - Computational methods,* John Wiley & sons, Inc., 2002
17. **Navrátil, J.,** *Prestressed Concrete Structures,* Akademické Nakladatelství Cerm®, 2006
18. **Szepesházi Róbert:** *Geotechnikai tervezés (Tervezés Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján),* Business Media Magyarország Kft., 2008
19. **Györgyi József:** *Dinamika*, Műegyetemi Kiadó, 2003
20. **Bojtár Imre, Gáspár Zsolt:** *Végeselemmódszer építőmérnököknek***,** Terc Kft., 2003
21. **Kollár Lajos:** *A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái,* Akadémiai Kiadó, 2006
22. **Cholnoky Tibor:** *Rugalmasságtan II. rész,* Tankönyvkiadó, 1969
23. **A. H. Varma.** *Structural Stability and Design,* Purdue University

    https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fengineering.purdue.edu%2F~ahvarma%2FCE%2520579%2FSpring%25202005%2FCE%2520579_Lecture6_Jan31.ppt&wdOrigin=BROWSELINK
24. **G. Vörös.** *Free vibration of thin walled beams,* Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering, 2004

    https://www.researchgate.net/publication/228573555_Free_vibration_of_thin_walled_beams
25. **Wilson, E. L.,** *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures – A Physical Approach With Emphasis on Earthquake Engineering*, Computers and Structures Inc., Berkeley, 2002
26. **E. J. Sapountzakis.** *Bars under Torsional Loading: A Generalized Beam Theory Approach,* International Scholarly Research Notices, 2013

    https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/916581/
27. **Paz,M., Leigh, W.,** *Structural Dynamics - Theory and Computation*, Fifth Edition, Springer, 2004
28. **Chopra, A. K.,** *Dynamics of Structures - Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Third Edition, Pearson Prentice Hill, 2007
29. **Biggs, J. M.,** *Introduction to Structural Dynamics*, McGraw-Hill, 1964
30. **Weaver, W.,** *Jr., P. R. Johnston, Structural Dynamics by Finite Elements*, Prentice-Hall, 1987
31. **Bathe, K. J.,** *Finite Element Procedures,* Prentice-Hall, 1996
32. **Borst, R., Crisfield, M. A., Remmers, J. J. C., Verhoosel, C. V.,** *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2012

33. **Willford, M.R., Young, P.** *A Design Guide for Footfall Induced Vibration of Structures, Concrete Society, 2006*
34. **Smith, A. L., Hicks, S. J., Devine, P. J.** *Design of Floors for Vibration: A New Approach, The Steel Construction Institute, Ascot, 2009*
35. https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_yield_criterion
36. https://en.wikipedia.org/wiki/Bresler_Pister_yield_criterion
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Whittaker%E2%80%93Shannon_interpolation_formula
38. https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem
39. **C. Basaglia, D. Camotim, N Silvestre**. *Torsion warping transmission at thin-walled frame joints: Kinematics, modelling and structural response, Journal of Constructional Steel Research (69), 2012*
40. **P. C. J. Hoogenboom, A. Borgart.** *Method for including restrained warping in traditional frame analyses,* ResearchGate, 2005

    https://www.researchgate.net/publication/27347413_Method_for_including_restrained_warping_in_traditional_frame_analyses
41. **A. F. Hughes, D. C. Iles, A. S. Malik.** *Design of Steel Beams in Torsion in Accordance with Eurocodes and the UK National Annexes,* The Steel Construction Institute, 2011
    https://www.steelconstruction.info/images/6/6f/Sci_p385.pdf
42. **Csellár Ödön, Dr. Halász Ottó, Réti Vilmos:** Vékonyfalú acélszerkezetek, Műszaki Könyvkiadó, 1965
43. **Vörös Gábor:** Merevített lemez és héj elemek méretezése, mechanikai vizsgálata; MTA doktori értekezés, 2008
    http://real-d.mtak.hu/320/1/V%C3%B6r%C3%B6s_G%C3%A1bor.pdf
44. **E. Riks:** *An incremental approach to the solution of snapping and buckling problems,* International Journal of Solids and Structures, 15(7), pp. 524–551, 1979.
    https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0020768379900817
45. **H.R. Ronagh, M.A. Bradford, M.M. Attard:** *Nonlinear analysis of thin-walled members of variable cross-section. Part I: Theory,* Computers and Structures, 77, pp. 285-299, 2000
    https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045794999002230
46. **Federal Emergency Management Agency:** *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*
    https://www.nehrp.gov/pdf/fema356.pdf