

Hagyományos- és feszített öszvérszerkezetű hidak számítógépes elő-mértezése

Computer aided, traditional- and pretensioned composite bridge structure pre-design

MOLNÁR LAJOS, doktorandusz

Kolozsvári Műszaki Egyetem Közlekedésépítő szak/ UTCN
lajos.molnar@yahoo.com

ABSTRACT

Computer aided, traditional- and prestressed composite bridge structure, pre-design

The material presents a computer aided traditional (ACOBRI) and a prestressed (AXIS VM) composite bridge structure, predesign method, presenting dimensioning example and comparaison.

Keywords: civil engeneering, composite steel-concrete, pretensioned composite bridge, software pre-design

KIVONAT

Hagyományos- és feszített öszvérszerkezetű hidak számítógépes elő-mértezése

Az anyag ismerteti a hagyományos- (ACOBRI) valamint a feszített (AXIS VM) öszvérszerkezetű hidak számítógépes mértezésének folyamatát, mértezési példa bemutatásával és összehasonlításával.

Kulcsszavak: közlekedésépítés, öszvérszerkezetű-, feszített öszvérszerkezetű hidak, számítógépes mértezés

1. BEVEZETÉS

Az együttműködő acél-beton öszvérszerkezetek használata a közúti/vasúti hidak felszerkezetének kivitelezésénél egy fontos lépést jelent a hidak fejlődési folyamatában. Értelem szerűen az idők folyamán e szerkezetek alkalmazása a hidak merevségi/rugalmassági egyyűthatójának és terhelhetőségének növelésére valamint súlyának csökkenésére irányultak. Az utolsó év tízedekben pedig fontossá vált a hidak kivitelezésével járó öklólábnym drasztikus csökkentése. Egyik ilyen lépés az acél-beton öszvérszerkezet acél elemének külső, csúszó betétes feszítése.

A két teljesen különböző anyag harmonikus együttműködésre való kényszerítése komoly műszaki-gazdasági előnyökhöz vezet, a hibrid/kompozit szerkezet elemeinek megfelelő kiaknázásával (az acél elem, nyúlásra, a beton elem, nyomásra viselkedik előnyösebben), az acél elem feszítésével pedig csökkenthető a szerkezet magassága és növelhető a hasznos teher.

A hagyományos és a feszített öszvérszerkezet viselkedésének és mértezésének összehasonlítása érdekében két olyan CAD programot használtunk, amelyek gerincét a véges elem számítás adja és az Eurocode 0-4 fejezeteinek előírásait figyelembe véve nyújtanak megoldásokat.

Az egyik program az ACOBRI 5.08, az Arcelor-Mittal acélgégyártó konglomerátum előmértező alkalmazása, amellyel egy hagyományos közúti/vasúti/gyalogos hidat méretezhetünk. A másik az InterCAD, utolsó fejlesztése az Axis VM X5, amely köztisztelőnek örvendő statikai tervező program, amely hagyományos öszvérszerkezetű tartók számítását rugóelemek beillesztésével a két komponens összekapcsolására, valamint vízszintes tengelyben (x) ható külső erők beillesztésével – feszítés – modellezi a feszített szerkezetet.

A példák eredményeinek elemzése ad majd lehetőséget a folytatásra, a külső, eredendő, feszültségek bevitelével a szerkezetek keresztmetszetének és anyagfelhasználásának csökkentésére. A feszített szerkezet élettartama, az időben növekvő terheléseknek való megfelelés biztosításával, könnyen kitolható, a csúszó betétek alkalmazása pedig megkönnyíti az előbbieik végrehajtását az időszakos karbantartási munkálatok alatt.

2. PROGRAMOK BEMUTATÁSA

2.1. ACOBRI 5

A software jelenleg az 5.08 változatnál tart, és hamarosan tovább bővül a feszítő kábelek igénybevételének a figyelembe vételével.

Az ACOBRI kezelőfelületének köszönhetően az interfészek nagyon felhasználóbarátok. Az interaktív beviteli ablakokon alapulnak a hídgeometria és a terhelési értékek meghatározása.

A következő ablakok állnak rendelkezésre:

- híd referenciák,
- a hídpálya típusára,
- az acél- és betonjellemzők,
- anyagtulajdonságok,
- támasztási feltételek és építési szakaszok,
- membránok és keresztmetszeti változások,
- fő gerendák és erősítésük,
- a megrepedt betonszakaszok meghatározása,
- gyalogos felületek, út- vasúti pálya,
- alátámasztó rendszerek,
- számítási paraméterek,
- eredmény- és utófeldolgozás



1. ábra

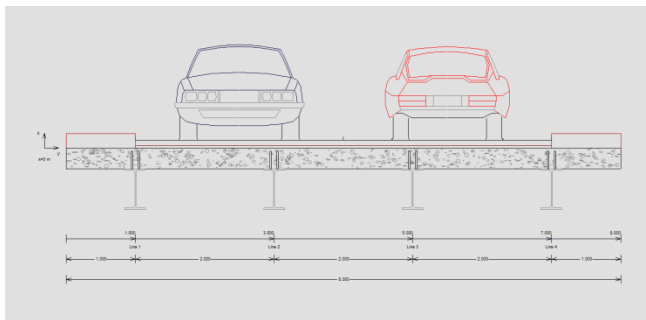
Acobri 5.08 parancsikonok

Általában minden bemeneti paraméterre szabványértékeket javasolnak. Például. a rendelkezésre álló acélminőségeket az "anyagok" bemeneti ablakába egy legördülő menüből vezetjük be, amely lehetővé teszi az S235, S275, S355 és S460 acélminőség kiválasztását. Az S355 és S460 acéloknál a HISTAR minőséget is ki lehet választani.

A beton C20/25 és C50/60 intervallumban áll rendelkezésre, de akár a beton felületrepedési elvárás is meghatározható. A beton pálya lemez vasalása és beton fedése is beállítható.

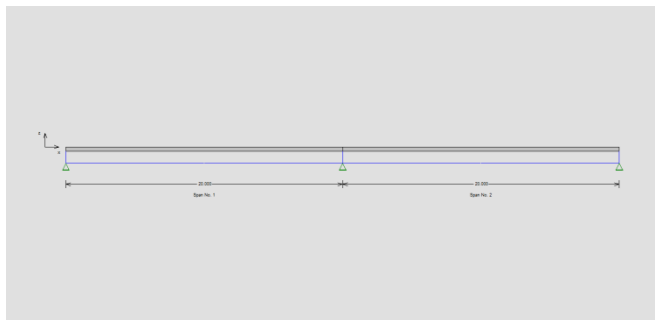
A változó keresztmetszetű tartó paraméterei, esetleges kereszt tartók helye és méretei is meghatározhatóak.

A kivitelezési technológia során felmerülő terhelések mértéke is pl. az öszvérszerkezetű tartó ideiglenes alátámasztásának helye is meghatározható.



2. ábra

Acobri 5.08 szerkezet keresztmetszet



3. ábra

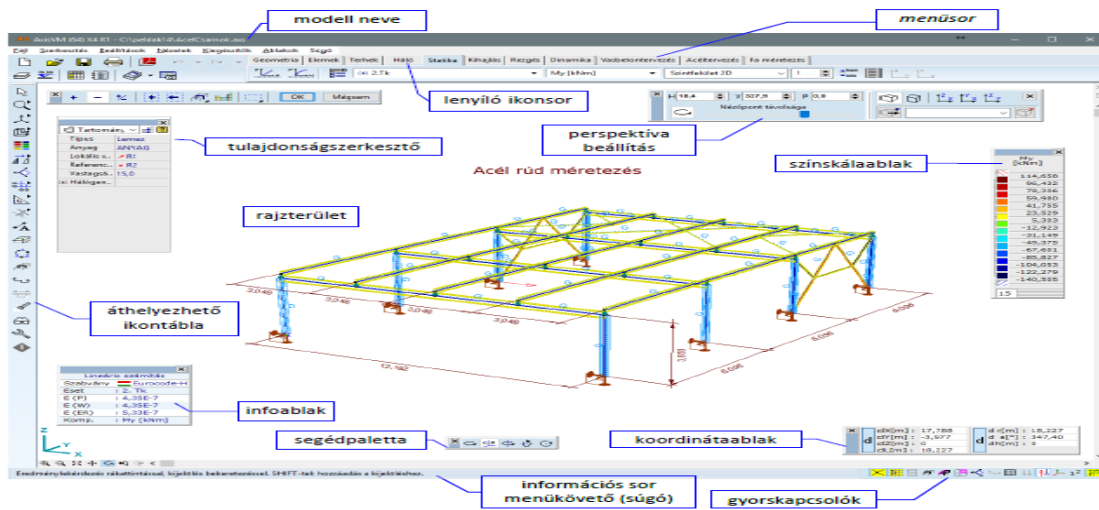
Acobri 5.08 szerkezet oldalnézet

A végső beállításnál az alábbi adatokat lehet lekérdezni:

- a betöltési esetek és a kombinációk listája,
- a becsült mennyiségek,
- a szükséges nyírócsatlakozók száma,
- a keresztmetszeti tulajdonságok,
- az egyes terhelési esetek belső erői és pillanatai,
- a részletes ellenőrzési eredmények,
- az egyes terhelési esetekre vonatkozó támasztási reakciók,
- egyéb eredmények, pl. a természetes frekvencia és
- végül az összesített eredmény összefoglalása.

2.2. AXIS VM X5

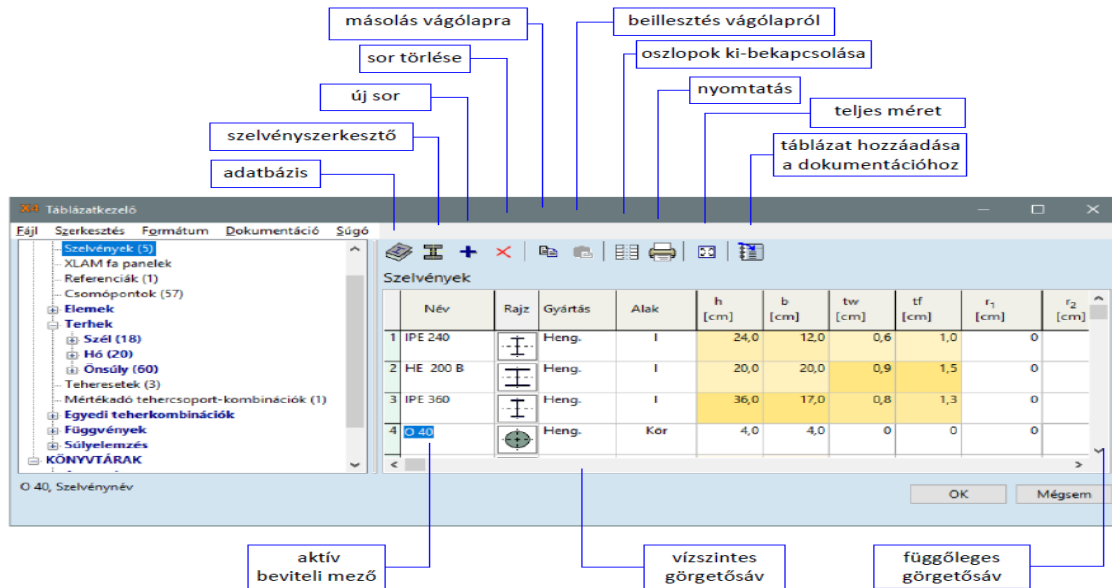
Az alább bemutatott kezelőfelület áll rendelkezésünkre az alap adatok betáplálására, a szelvények-, anyagminőségek, és a terhelések kiválasztására valamint az eredmények lekérdezésére.



4. ábra
AxisVM X5 kezelőfelület

A statikai tervezés minden fázisát (adatbevitel, számítás, eredmény-feldolgozás, dokumentálás) grafikus felhasználó felületen végezhetjük.

Lineáris, nemlineáris, képlékeny viselkedésű modellek, statikai és dinamikai számítások. Rezgésalakok és sajátfrekvenciák meghatározása. Pushover-analízis. Igen gyors, több szálon párhuzamosan futó megoldó algoritmus, tetszőleges méretű egyenletrendszerre.



5. ábra
AxisVMX5 alapadat táblázat kezelés

Vasbeton gerendák, oszlopok, lemezek, falak, pont- és sávalapok alaptasteinek méretezése. Acélszerkezetek méretezése, ellenőrzése, keresztmetszetek optimalizálása az igénybevételek alapján. Faszervezetek méretezése (puhafa, keményfa, ragasztott anyagok: Glulam, LVL)

Az Eurocod 1-8 előírásainak a figyelembevétele.

Az Open BIM technológián keresztül széleskörű támogatás biztosított más tervező rendszerekhez (ArchiCAD, Revit, Tekla, Allplan és számos egyéb CAD program). A dokumentáció intelligens és automatikusan

frissülő sablon rendszer segítségével rendkívül gyorsan előállítható. Az eredmények a kezelőfelülettől eltérő nyelven is dokumentálhatók. A kezelőfelület a magyar nyelven kívül még 10 európai nyelven használható.

3. SZÁMÍTÁSI MINTA PÉLDA

Összehasonlító számítási feladatot végeztünk egy acél-beton öszvérszerkezetű közúti autópálya felüljáró esetében. Az első, megközelítő, számítási összehasonlítás elemei az alábbiak szerint követhetőek:

3.1. Az ACOBRI 5.08 igénybevételével került elő-méretezésre az alábbi felszerkezet mellyel egy 2x3 sávós autópálya átívelése oldható meg, központi pillér megépítése nélkül.

$L=45\text{m}$, $B=8\text{m}$, $H_{\text{max}}=156\text{ cm}$

45 m 2 db. Külső HL1100R, 2 db. Belső HL1100M, S460 HISTAR acéltartó valamint 35 m 2 db 380x45 és 2 db 380x40 alsó talperősítő lemez – 103,120 to

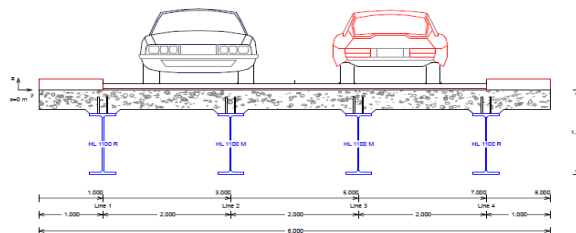
Két sorban 2368 db $\text{Ø}22 \times 250$ fejes csap, 12,5 cm-re – 1,874 to

12 cm előregyártott + 23 cm öntött C40/50 vasalt beton – 83,475 to

Alsó/felső $\text{Ø}20\text{mm}$, 150mm-re B500 pályalemez vasalás – 4,446 to

Vízszigetelés 3 cm/ pályaborítás 8 cm/ járda 2x1m – 28,620 to

= Össz: 221,5 to



6 ábra

Acobri Felszerkezet keresztmetszet

A terhelések SLS, ULS, és FLS állapotban kerültek megállapításra.

A híd ideiglenes alátámasztás nélkül kerül kivitelezésre.

A lekérdezhető adatok: keresztmetszet jellemzők

keresztmetszet – belső erők és forgatónyomaték

keresztmetszelvény ellenőrzés

Az alapvető követelmény a leggyengébb metszetben teljesült:

SUMMARY OF RESULTS

Criterion : Deflections (Serviceability Limit State)

Max. ratio = 0.99

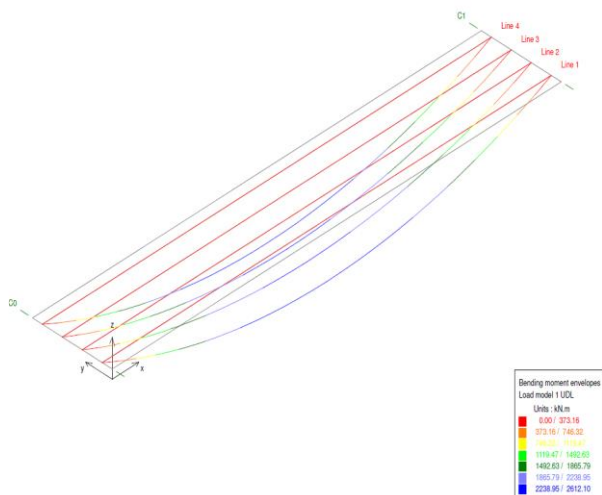
< 1.00

SATISFACTORY

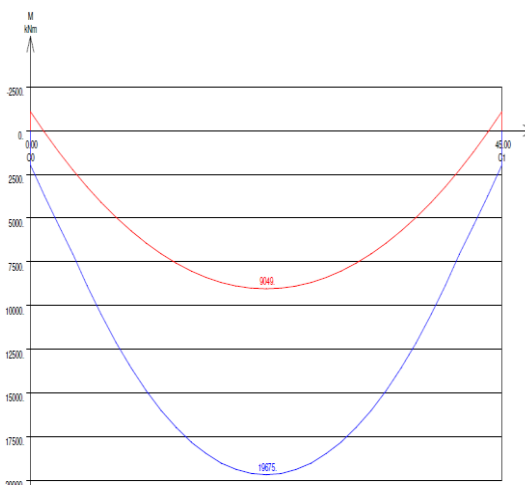
Beam line No.4 - Cross-section No.18 : Position = 22.50 m

6. ábra

Számítások ellenőrzésének eredménye



8. ábra
UDL terhelési diagramm



9. ábra
ULS terhelési forgatónyomaték diagr. a 4. tartóban

A maximális forgatónyomaték a nyílás közepén SLS terhelésnél 16 472 kNm míg
ULS terhelésnél 21 039 kNm

Az UDL+TS max terhelésnél is a 89 mm lehajlás megfelel az L/500, vagyis max 90 mm követelménynek

3.2. Az AXIS VM X5 R3 igénybevételével végzett számítások

Számítási paraméterek

L=45m, B=8m, Hmax= 126 cm

45 m, 4 db. HE800x448, S460 HISTAR acéltartó - 79,974 to

35 m, 4 db 250x50 alsó talperősítő lemez – 13,737 to

32 db 734x280x30 tartóvég erősítő lemez - 1,548 to

360 m Ø70 (24T15S) feszítő kábel - 10,126 to

=rész össz: 105,3 to

Két sorban 632 db x4, Ø22x250 fejes csap, 12,5 cm-re – 1,960 to

12 cm előregyártott + 23 cm öntött C40/50 vasalt beton – 83,475 to

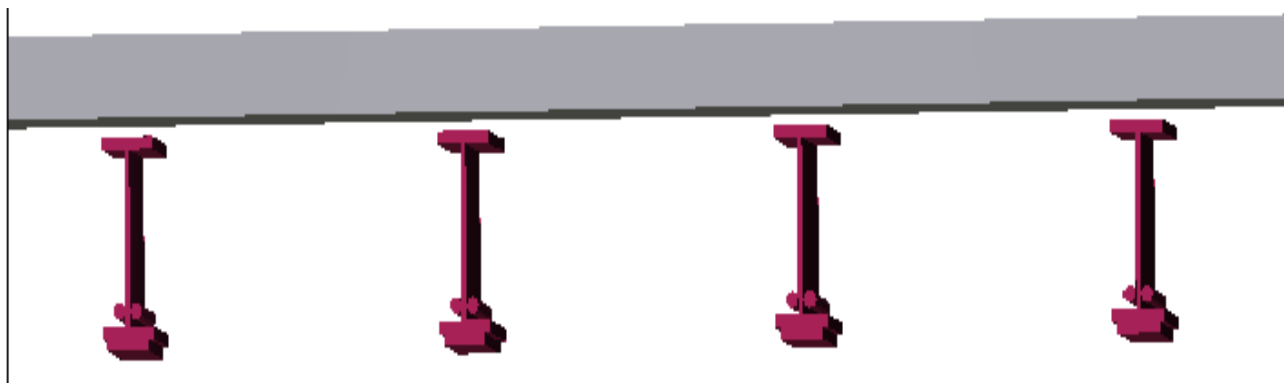
Alsó/felső Ø20mm, 150mm-re B500 pályalemez vasalás – 4,446 to

Vízszigetelés 3 cm/ pályaborítás 8 cm/ járda 2x1m – 28,620 to

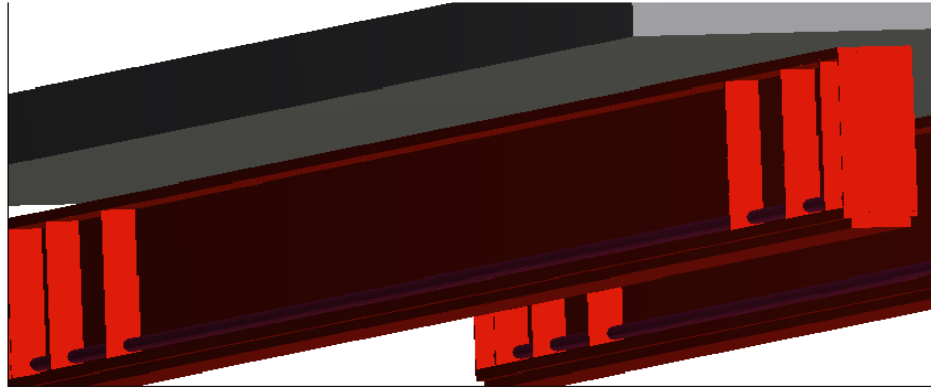
= Össz: 223,9 to

A feszítőkábelekben létrehozott feszítőerővel lehet szabályozni a fellépő forgatónyomaték és a tartók lehajlásának a mértékét.

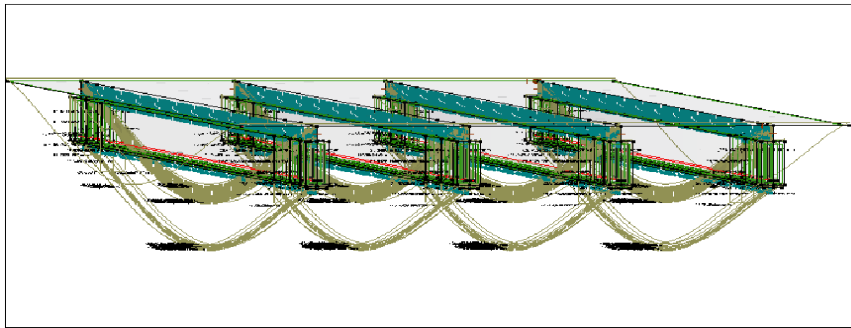
Többszörös megközelítő számítás elvégzése után a tartók alsó síkjában elhelyezett, vízszintes nyomvonalú, tartónként, 2x3700 kN –al feszített kábelekkel, 85 mm-el teljesítették a lehajlási max. 90 mm követelményt.



10. ábra
AxisVM Felszerkezet keresztmetsete



11. ábra
AxisVM Felszerkezet 3D oldalnézet



12. ábra
AxisVM Felszerkezet lehajlási grafikon

4. KÖVETKEZTETÉSEK

	HL1100 R/M	HE800-448	HL/HE %
Szerkezet magassága (mm) – ebből acél tartók (mm)	1560 (1100)	1260 (800)	80 (72)
Szerkezet súlya (to) – ebből acél tartók (to)	221,5 (103,1)	223,9 (95,2)	101 (92)
Szerkezet lehajlás SLS terhelésnél (mm)	89	85,1	95

1. Táblázat Összehasonlító adatok

Az első lépésben végzett számításokból nyert eredmények alapján sikerült elérni egy 20 % felszerkezet magasság csökkentést (300 mm) az acél tartók, egyenként, 2x3700 kN megfeszítésével. SLS terhelés alatt a tartók 85 mm függőleges elmozdulással teljesítették a max. $L/500$ (90 mm) lehajlási korlátot.

A HL 1100 R/M tartókat HE800-448 tartókkal helyettesítve nem sikerült a szerkezet súlyának legalább 20 %-al történő csökkentése, emiatt egy következő fázisban újra számoljuk további lehetőségek figyelembevételével a tervezett ökológiai lábnyom csökkentés elérése érdekében.

SZAKIRODALOM

- 1 ArcelorMittal - Long Carbon Europe - Sections and Merchant Bars – Bridges with rolled sections, Dennis Rademacher, bridge development leader
- 2 ArcelorMittal - Acobri 5.08 – User Manual, 2020,
- 3 InterCAD Kft – AxisVM Statikai méretező és számító programrendszer , Deim Tamás, ügyvezető
- 4 Inter-CAD Kft – Axis VM X5 R3 e2 – Felhasználói Kézikönyv, 2020