

# HEGESZTETT CSARNOKKERET OPTIMÁLÁSA TÖMEGRE ÉS KIHASZNÁLTSÁGRA

## OPTIMISATION OF A WELDED PORTAL FRAME FOR MINIMUM MASS AND MAXIMUM UTILIZATION

Kászonyi Gábor\* – Dr. Jármai Károly\*\*

*ABSTRACT: The optimisation in this study is shown on a sway frame structure made of welded I-section members. Structural stress, stability constraints, frame strength, and load-bearing capacities were all considered. The load-bearing capacity of the structure was maximised – using a FEM (Final Element Method) AXIS package for the simulation. Further we carried out test calculations using MathCAD, where we examined our stress results on a welded beam-to-column connection. It was found that significant material could be saved this way. Further development to extend calculations will be used for different steel grades and different semi-rigid beam-to-column connections.*

### 1. A feladat leírása

A feladat tárgyát képező acél építőanyagból készülő csarnokkeret közvetlenül egy elméleti helyszínen épül fel – szemléltetés céljából feltüntetjük a szerkezet egészét, aminek keretünk az egyik alkotója.

A feladat egy keretállású csarnokkeret tartószerkezeti, technológiai optimalásának elvégzése. Feladatrészeink az optimalás elvégzése,

majd a kapott eredmények VEM szoftverrel történő megjelenítése, a tervezett létesítmény építésének során alkalmazott oldhatatlan kötési technológia bemutatása, valamint a keret néhány jellemző csomópontjának részlettervi kidolgozása.

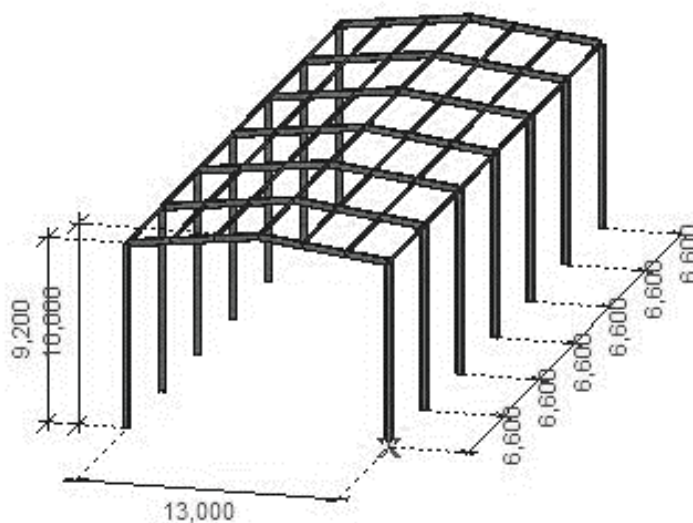
A munka során több szakági méretező programmal készítettünk modellt:

- A számításban a tehermodellt és a szerkezeti erőjátékot, valamint a teherkombinációkat AXIS VM 14 statikai méretező szoftverével építettük fel.

- A csomóponti méretezést két jellemző kapcsolati helyen (oszlop-gerenda és gerenda-gerenda) IDEA STATICA programcsomaggal végeztük.

A keret többtámaszú, statikailag határozatlan váz megoldással összeállított szerkezet, méretezés szerinti anyagokból és szerkezeti-kapcsolati kialakításokkal.

Mechanikai értelmezése: egynyílású többtámaszú törvonalú tartószerkezet az alsó pontokon csuklós kapcsolattal kialakítva. Az alaptest csomópontját leszámítva a felső két csomópont (vö.:2.-3. csomópont) merev, nyomatékbíró kapcsolattal készül.



1. ábra A keret kialakítása

\*okl építőmérnök és nemzetközi hegesztőmérnök IWE, Omniber Tervezőiroda, Budapest  
\*\* egyetemi tanár, DSc, Miskolci Egyetem

A keret vállmagassága 9,20 méter, legnagyobb magassága  $\approx 10,00$  méter. A keretlábak tengelytávolsága 13,00 méter.

### 1.1. Felhasznált alapanyagok, kapcsolatok

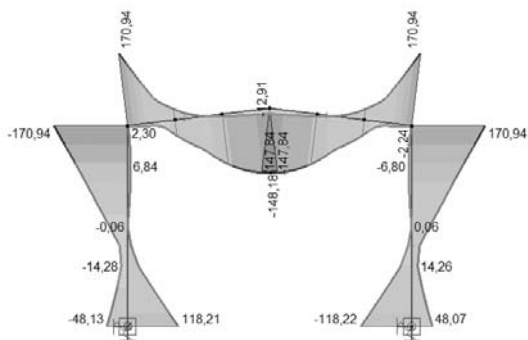
Keretlábak, gerendák: S 235 alapanyag. Kapcsolatok: I. osztályú három- illetve négyoldali sarokvarratok

Az optimalálás során az oszlop-talp csomópont teljes vagy akár részleges befogását is elkerültük a teljesebb kihasználtság elérése érdekében. Természetesen maradék befogást tapasztaltunk, de modellünk csuklósan készül.

### 2. Az optimalálás folyamata – VEM

Feladat az optimalásra: tömegminimum; valamint kihasználtsági maximum, ezt határoztuk meg célfüggvényünknek. A szerkezet optimalálás összetett feladat volt. Első optimalálási fokoként csarnokkeretünket csuklós kapcsolatúvá alakítottuk át az oszlop-alaptest csomópontban. Az 1. modellből kiderült (2. ábra), hogy az igénybevételek rendre csökkentek, ezért a későbbi változatoknál már a csuklósan befogott 2. modellt vittük tovább (3. ábra).

A szerkezet optimalálás következő verziójánál (3. modell) a szelvények – keretgerendák és oszlopok – hagyományos, készen vehető hengerelt szelvényekből a lehető legjobban kihasznált verzióját építettük fel (4. ábra). Az ábrákon lévő nyomtatók kNm mértékegységűek.



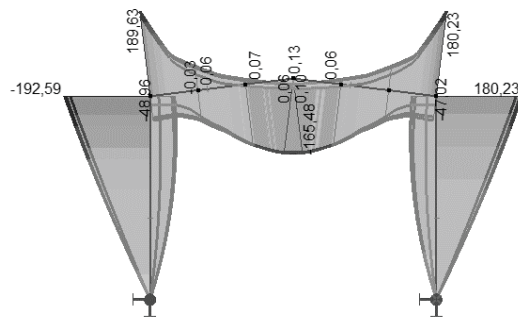
2. ábra. 1. modell: befogott keret

A csarnok optimalálását a következőkben az AXIS szoftver speciális acéltervező parancssorát használtuk.

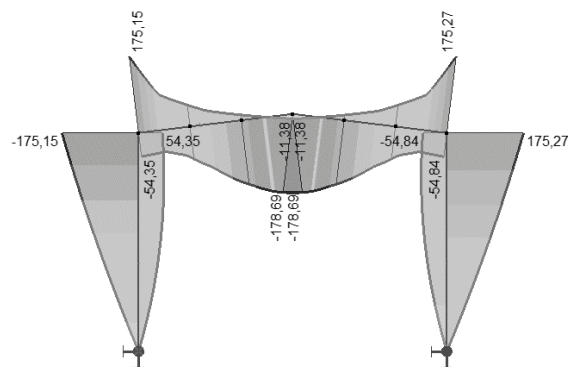
Az optimalálást először tehát a kihasználtsági maximum felé törekedve a piacon kapható melegen hengerelt szelvényeken végeztük el. A számításban mindig a valódi, tehát a szelvénykatalógusban magadott értékekkel haladtunk tovább. A kihasználtságokat ennél jobban már nem lehetett közelíteni, a megépített szerkezetünk kihasználtsága 91,6 % - oszlop és 79,3 % gerenda lett.

### 3. Az egyedi szelvény (5. ábra)

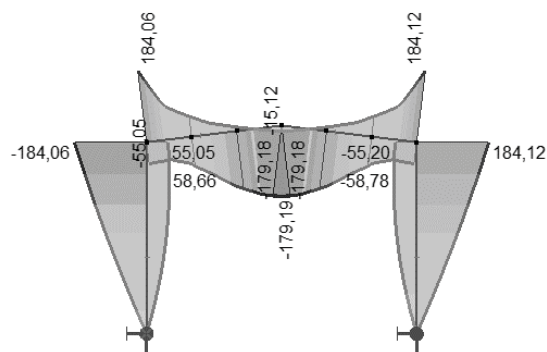
Betartva a kapott eredményeket, a szelvények méretét egyedi szelvénytervezéssel közelítettük tovább (4. modell). A tervezés során a gyári szelvényeket a legegyszerűbben beszerezhető 10 mm anyagvastagságú, előregyártott



3. ábra. 2 modell: csuklós keret



4. ábra. 3. modell: a gyári szelvények optimuma



5. ábra. 4. modell: hegesztett szelvényből készült keret

hegesztéssel összeállított lemezekkel helyettesítettük, így az oszlopot és a gerendát egyedi módszerrel készített profilokkal képeztük el.

#### 4. Az eredmények

1. A hegesztett gerenda (egyedi 320) keresztmetszeti területe növekedett 15%-kal, ami tömegnöveléssel járt, 49,1 kg/m-ről 56,4 kg/m-re.
2. A hegesztett oszlop (egyedi 280) keresztmetszeti területe viszont csökkent a korábbi modell HEA280 szelvényéhez képest, mégpedig 26 %-kal, ami igen jelentős súlytartalékokat képez (76,4 kg/m helyett 57,3 kg/m súly).
3. Összehasonlítva a növekedést és az egyedi szelvénycsökkentést, a keretállások tömege összesítetten mintegy 8%-kal csökkent. Ezzel a kihasználtság maximalizálása (mint járulékos elvárásunk) mellett az elérhető tömegoptimum megvalósult.

Az optimalás végén a megvalósuló szerkezet kihasználtsága:

Gerenda: 90,2 %

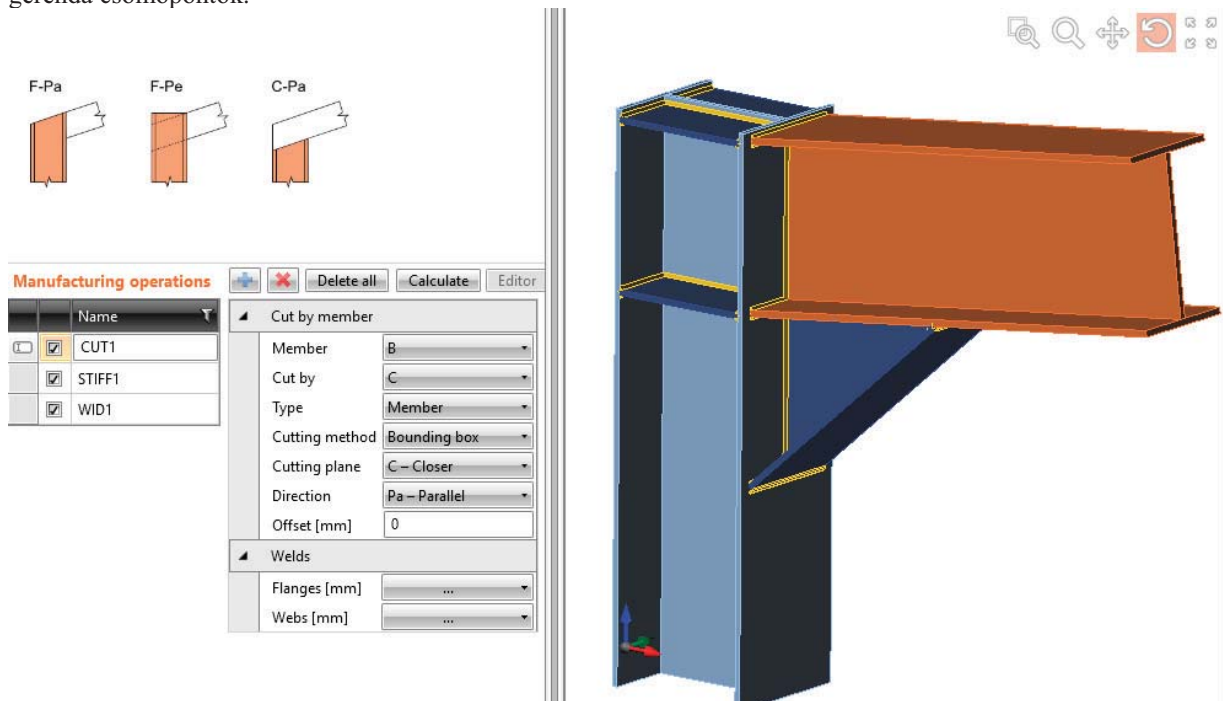
Oszlop: 98,3 %

Előzőekben említett tömeg-lean: 8 %.

#### 5. Csomópontok

1. Alaptest-oszlop csomópont. A csomópont kialakítását a csuklós modellnek megfelelően nem befogott kapcsolatként értelmezem, tehát a kapcsolatot csavaros kialakításuként terveztük meg.

2. Oszlop-gerenda csomópont és 3. gerenda-gerenda csomópontok.



6. ábra. Oszlop-gerenda kapcsolat – 2. csomópont

A két nyomatékíróan megtervezett csomópontot a mértékadó nyomaték- és nyíró-, valamint húzóerőre méreteztük hegesztett kapcsolattal.

*Az alkalmazott hegesztési eljárás* MAG 135-ös eljárás.

A 2. csomópont illeszkedési pontján rövid kiékelést alkalmaztunk.

Az egyedi 280 oszlop előnyös inercia-iránya miatt az ugyancsak előrehegesztett egyedi 320 gerendaszelvény így teljesen az oszlop övlemezéhez illeszthető a gerendaszelvényünk hosszszelvényében.

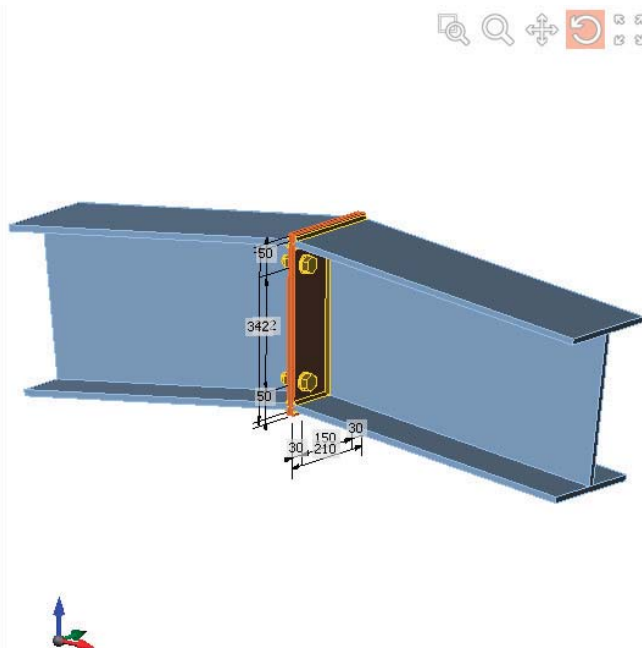
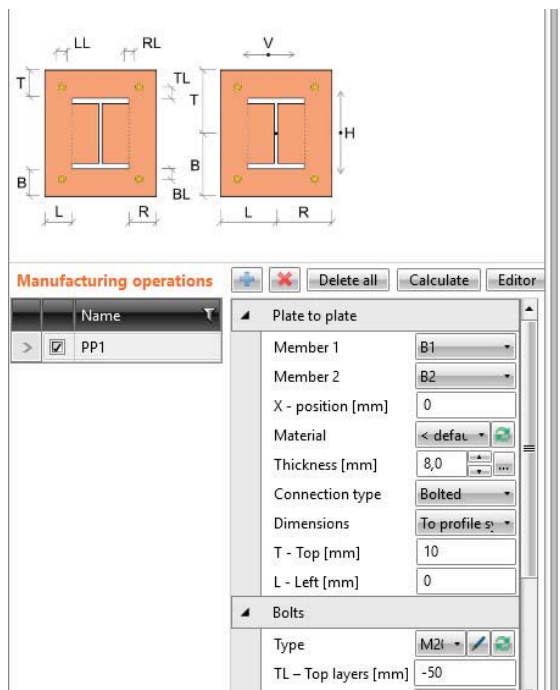
A 3. csomópont keretgerendás kapcsolatainál 10 mm-es homloklemez használunk, megegyező anyagminőségben, mint a gerendák anyaga.

#### 6. IDEA Statica – csomópont-méretező szoftver

Az alábbiakban látható módon számítási melléklettel lefuttattuk az elméleti varratkialakítást és a keletkező kihasználtságokat a vizsgált két csomópontnál. A méretezést IDEA Statica negyedik generációs szoftverrel végeztük, mely a jellemző keresztmetszeti pontokon elvégzi a szerkezeti analízist.

A kapott értékekkel a csomópont elméleti szerkesztett vázát közöljük, importálva a szoftverből. Az ábrák a terven szereplő valós szögben és helyzetben ábrázolják a kapcsolatokat.

1.



5. ábra Gerenda-gerenda kapcsolat – 3. csomópontonra

## 7. Az acélszerkezetek és az ipari építészet jövője

Az acélszerkezetek a tervezői gyakorlat szerint alapesetben kevésbé merev szerkezetek, ezért több síkban történő megtámasztásuk elengedhetetlen. A szerkezetek tervezése során a teherbírási tartalék kimerülése mellett a stabilitásvesztés és az interakciós hatások fogják megadni a tervezés lehetséges irányait.

Az acél építőanyag sajátosságai miatt az egyik legjobban tipizálható gyártású anyagunk, és fizikai tulajdonságai miatt egyben a legkönnyebb is. Sok esetben kizárólag acélnyag tervezése a kézenfekvő iparunkban, például a nagy térfelületű igényű építményeink, hídjaink megépítésékor.

A Feladatban tárgyalt alapanyagunk olyan, tömegtermelésre rendszeresített ötvözetlen acél építőanyag szelvények, amelynek a karbonon kívüli ötvöző-anyag mennyisége az 1,65 % alatt marad.

Optimálással, mely a legmodernebb szoftverek alkalmazásával történt, igyekeztünk a rendelkezésre álló anyagokból a lehető leghatékonyabban megépíteni egy olyan elméleti keretet, amit ipari környezetünkben az egyik leggyakrabban láthatunk egy kapu, vagy ipari épület, hídi rácsos tartó részeként, vagy éppen önálló géptartóként.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló

intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## IRODALOM

1. Halász Ottó – Platthy Pál: Acélszerkezetek. Tankönyvkiadó 1989. 197-204. old.
2. Farkas József – Jármai Károly: Fémszerkezetek innovatív tervezése, Gazdász-Elasztik Kiadó és Nyomda, 2015. 19. fejezet, 295-336. old. (kivételesen: szeizmika); valamint 223-226. old.
3. József Farkas & Károly Jármai: Design and optimization of metal structures, Horwood Publishing, Chichester, UK, 2008., pp. 58-65.
4. Németh György: Tartószerkezetek III. HEFOP - jegyzet, 2006., 7-10. old.  
[http://www.sze.hu/~nemethgy/Tszerk\\_III.pdf](http://www.sze.hu/~nemethgy/Tszerk_III.pdf)
5. Szerkezettechnológia, Katula dr. – Horváth dr. – Strobl dr. – Kristóf Csaba, HEFOP - jegyzet, 2007, 32-48. old.
6. Horváth Katalin: Tervezési segédlet I.-II. – Acélszerkezetek II., SZIE-YMÉK, 2012., 2-10. oldal
7. Seregi György.: Acélvázcsarnokok. TERC, 2001., 13-22. és 103-118. old.
8. Korányi Imre: Acélszerkezetek. Tankönyvkiadó, 1960., 163-202. old.
9. Halász Ottó – Iványi Miklós: Stabilitáselemzés. Akadémiai Kiadó, 2001., 54-98. és 1097-1120. old.