

Szent István Egyetem  
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

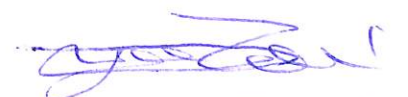
# SZAKDOLGOZAT

Dragon Tamás  
2018



Szent István Egyetem  
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Acélszerkezetű csarnok összehasonlító vizsgálata  
(szakdolgozat)



Dragon Tamás

Budapest, 2018





SZENT ISTVÁN  
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD, Eur Ing  
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST  
ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET  
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.  
Tel.: +36-1-252-1270  
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

## SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2017

Dragon Tamás

Nappali Építőmérnök szakos  
hallgató részére

|                  |                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------|
| A feladat címe:  | Acélszerkezetű csarnok összehasonlító vizsgálata |
| Belső konzulens: | Horváth Katalin mesteroktató                     |
| Külső konzulens: | -                                                |

A szakdolgozat beadási határideje: 2018. január 5. (péntek) 12<sup>00</sup>

Budapest, 2017. december 7.

  
Dr. Dombay Gábor  
intézetigazgató



**Dragon Tamás** nappali BSc építőmérnök hallgató  
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport  
Diplomaterv feladatkiírás

Acélszerkezetű csarnok összehasonlító vizsgálata

### Feladat leírása

Megtervezendő egy egyhajós, hőszigetelt acélszerkezetű csarnok egy keretállása.

Összehasonlítandó a befogott oszlopos rácsos tetős és a keretrendszerű kialakítás.

### Geometriai kialakítás, terhek

A csarnok hét keretállásból áll, a keretállások távolsága 5,00 m (1 – 7 tengelyek).

A csarnok főhajó oszlopok tengelytávolsága 20,00 m (A és B tengelyek).

A csarnok főhajó minimális belmagassága ~4,00 m.

A csarnok gerincmagassága ~6,05 m, a tető lejtése ~7%.

A csarnok hőszigetelt.

A terheket a vonatkozó szabványok, előírások és irányelvek alapján kell felvenni.

*Horváth Katalin,*  
Horváth Katalin  
mesteroktató

Budapest 2017. szeptember



## Tartalomjegyzék

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Bevezetés .....                                                      | 3   |
| 2. Vizsgálat részletei .....                                            | 5   |
| 3. Szerkezeti kialakítások ismertetése .....                            | 7   |
| 4. Acél szerkezetekkel kapcsolatos teendők .....                        | 13  |
| I. Rácsos szaruzatú csarnok számítása .....                             | 14  |
| I./A Terhek meghatározása .....                                         | 15  |
| I./B Teherkombinációk .....                                             | 22  |
| I./C Trapézlemez méretezése .....                                       | 25  |
| I./D Szelemen méretezése .....                                          | 27  |
| I./E Rácsos tartó szelvények és oszlop méretezése .....                 | 29  |
| I./F Rácsos tartó csomópontok ellenőrzése .....                         | 31  |
| I./G Húzott rácsrudak ellenőrzése .....                                 | 62  |
| I./H Húzott övrúd toldásának méretezése .....                           | 63  |
| I./I Talpkapcsolat méretezése és ellenőrzése .....                      | 66  |
| I./J Rácsos szaruzat lehajlás ellenőrzése és kifordulás vizsgálat ..... | 70  |
| II. Keretrendszer kialakítású csarnok számítása .....                   | 73  |
| II./A Terhek meghatározása .....                                        | 73  |
| II./B Teherkombinációk .....                                            | 81  |
| II./C Szelvények méretezése .....                                       | 83  |
| II./D Lehajlás és stabilitásvizsgálatok .....                           | 84  |
| II./E Csomópontok méretezése és ellenőrzése .....                       | 92  |
| a.) Keretsarok .....                                                    | 92  |
| b.) Gerenda-gerinc kapcsolat .....                                      | 100 |
| c.) Talpkapcsolat .....                                                 | 103 |
| 5. Összegzés .....                                                      | 110 |



## Mellékletek

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| AxisVM melléklet .....                                         | 112 |
| I. Rácsos szaruzatú csarnok – AxisVM melléklet .....           | 112 |
| II. Keretrendszer kialakítású csarnok – AxisVM melléklet ..... | 115 |

## Tervjegyzék

|       |                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------|
| VT-01 | Rácsos szaruzatú csarnok, Vázlatteev (1 db A3 lap)               |
| VT-02 | Melegen hengerelt szelvényű csarnok, Vázlatteev (1 db A3 lap)    |
| AC-01 | Rácsos szaruzatú csarnok, Kiviteli teev (1 db A2 lap)            |
| AC-02 | Melegen hengerelt szelvényű csarnok, Kiviteli teev (1 db A2 lap) |

## Irodalomjegyzék, felhasznált irodalom

Dulácska Endre: Acélszerkezetek (Tervezés az Eurocode alapján)  
Dr. Visnovitz György: A tartószerkezeti tervezés alapjai – Terhek és hatások  
Horváth Katalin: Magasépítési acélszerkezetek (segédlet)  
Szent István Egyetem, Eurocode segédletek (A méretezés alapjai c. tárgyhoz)  
Papp Ferenc: Szerkezetépítés II. - Tervezési segédlet (Kapcsolatok)  
Ismeretlen szerző - 5. Szerkezetek méretezése (<http://bmeeokepito-cd.bmeeok.hu>,  
5.fejezet EC3)



### 1. Bevezetés

„ A mérnök feladata gazdaságos és biztonságos módszerek kifejlesztése technikai követelményeket figyelembe tartva a tudományból ismert törvények matematikai alkalmazásával műszaki problémák megoldására, ami lehet új anyagok, szerkezetek, gépek, készülékek, vagy folyamatok tervezése, létrehozása, tovább fejlesztése, vagy azok előállításának (gyártási folyamatok) ellenőrzése, üzemeltetése és tovább fejlesztése.”

A fenti idézet alapján, az összehasonlító vizsgálat során arra a kérdésre keresem a választ, hogy melyik a gazdaságosabb csarnok kialakítási módszer. A vizsgálat két csarnokra vonatkozik. Az alaprajzi méretek és a csarnok magassága mindkét esetben azonos. Viszont a kialakítási módszerek eltérőek, az egyik rácsos szaruzattal épül, míg a másik melegen hengerelt szelvényekből, keretrendszer kialakítású.

A vizsgálat leegyszerűsítése végett egy-egy keretállás került összehasonlításra. A kézi számításból nyert adatokat és a modelleket végelemes programba vittem be. Az ott kapott igénybevételek alapján készült a szelvények optimalizálása. Az optimalizálás eredményét több esetben a szerkezet kialakítása és a szerkesztési szabályok felülírták. Ennek részletezése a számítási mellékletben található.

A méretezést követően és az elemkimutatások alapján már összehasonlító volt a keretállások összömege. Az elkészült tervekkel és elemkimutatásokkal felkerestem egy régóta acélszerkezetekkel foglalkozó céget, hogy adjanak nekem árajánlatot, amiből kiderül melyik kialakítás a gazdaságosabb. Az árajánlatban külön szerepel az anyag –és gyártási költségek, illetve a szerelés költsége. Az árajánlat és a vizsgálat eredménye az összegzés fejezetben tekinthető meg.

### Általánosságban

Melegen hengerelt szelvény, gerendatartó

Általában egyenes tengelyű, két- vagy többtámaszú tartók, leggyakrabban csak a hossztengelyükre merőleges irányú terheket viselnek. A tömör gerendákban az igénybevételek hatására normál- és nyírófeszültségek keletkeznek. A feszültségek keresztmetszeten belüli eloszlása alapján a tartó övei veszik fel a hajlítónyomatékot legnagyobb részét, míg a nyírás szinte teljes mértékben a gerince hárul. A gerendában a normálerő egyáltalán nem működik, vagy hatása elhanyagolható mértékű.

### Rácsos tartó

„ A szerkezeti modell egy folytonosan kapcsolódó referencia hálózattól, és a referencia hálózatra súlypontjukkal illesztett rudakból áll össze. A programok többsége a rudakat a referencia (súlyponti) tengelyeikkel azonosítja, így végeredményben a szerkezeti modell a rudak folytonos összekapcsolásával áll elő, ahol a szerkezeti modell csomópontjait a rúdtengelyek metszéspontjai határozzák meg. ”



A rácsostartókat a statika tanulmányokban úgy vezették be, mint húzott/nyomott rudakból összeállított statikailag határozott szerkezetek, melynek rúdjai csuklósan kapcsolódnak egymáshoz. De másként is gondolkodhatunk a rácsostartókról: mondhatjuk azt, hogy a rácsostartó egy olyan gerenda, aminek a szélső szálait az övek alkotják, míg a gerincet a rácsrudak építik fel. A gerendára számított nyomatékokat az övekben működő erőpár veszi fel, míg a nyíróerőt a rácsrudak egyensúlyozzák.

Tehát a rácsostartó olyan gerenda, aminek a gerincét erősen kikönnyítettük. A gerenda rudakra bontása miatt a számításokban az egyes elemeket már külön kezeljük egymással csuklósan csatlakozó rudakként. A valóságban azonban a rácsostartók egyes rúdjai nem csuklósan kapcsolódnak egymáshoz. Az övek gyakran folytonosak és a rácsrudak is számottevő nyomatéki teherbírással rendelkező kapcsolattal kapcsolódnak egymáshoz és az övekhez. Azonban a jólkonstruált rácsostartókban a normálerők munkája lesz a domináns és a nyomatékokat teljesen elhanyagolhatjuk.

Rácsos tartó és a keretrendszer (melegen hengerelt szelvény) összehasonlítása:

„ A két szerkezet típus között szilárdságtani szempontból abban van a főkülönbség, hogy a tömör gerendák a rájuk ható – hossztenge lyükre merőleges vagy közel merőleges - terheket döntően hajlítás és nyírás útján egyensúlyozzák, míg a rácsos tartók rúdjaiban elsődlegesen normálerők (nyomás és húzás) keletkeznek.”

„ Speciális esetekben egy rácsos tartóban a valójában nem csuklós csomóponti kapcsolatok miatt hajlításból és nyírásból származó másodlagos igénybevételekkel is foglalkozni kell.”

„ Azonos fesztáv, terhelés, anyagminőség, stb. esetén a rácsos tartó könnyebb, azaz kisebb acélfelhasználású lesz, mint egy tömör szelvényű tartó. Ennek oka az, hogy nincs benne nagy tömegű gerinclemez és a hajlítás felvételére, az anyag túlnyomó része az övekben koncentrálódik.

A rácsos tartó lényegesen munkaigényesebb, különösen a hengerelt I-szelvényekhez képest, mert sok vágás szükséges, és a csomópontok kialakítása sok kézi munkát igényel.

A rácsos tartók a fesztávolság növekedésével egyre gazdaságosabbá, egy határ fölött pedig kizárólagossá válhatnak a gerinclemez tartókhoz képest.

Funkcionális szempontból nézve, a rácsos tartók szerkezeti magassága általában nagyobb, így a ki nem használható, de fűtött tér nagyobb lehet. Azonban a rácsrudak közötti sok szabad tér alkalmas gépészeti szempontból.



## 2. Vizsgálat részletei

A tervezés részét képezte:

- Terhek és igénybevételek meghatározása teherbírasi –és használhatósági határállapotban
- Trapézlemez és tetőszelemen méretezése
- Tartószerkezetek (oszlop, gerenda, rácsos szaruzat) méretezése
- Csomópontok kialakításainak méretezése és ellenőrzése
- Főtartó keret, oszlop stabilitásvizsgálata, lehajlás ellenőrzése

A tervezés részét nem képezte:

- Falvázoszlop, falváz tartó, szélrács és az alapozás méretezése, ellenőrzése

Tervezés során alkalmazott szoftverek:

- AxisVM X4 ( tartószerkezetek modellezése, szelvények optimalizálása )
- Lindab Structural Designer ( trapézlemez -és szelemen méretezése )
- AutoCAD 2017 ( tervek készítése )

Alkalmazott anyagminőségek:

Szerkezeti acél: S235JRG2 - MSZ EN 10025 szerint

Lindab termékek: S350GD, Z275 - MSZ EN 10326 szerint

Alkalmazott szabványok:

MSZ EN 1990 Eurocode 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások

1991-1-1 Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei

1991-1-3 Hóteher

1991-1-4 Szélhatás

MSZ EN 1993 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése

1993-1-1 Általános és épületek tervezésére vonatkozó szabályok

1993-1-8 Csomópontok tervezése



Alkalmazott terhek:

1. Állandó terhek

- \*Önsúly terhek

\*A szerkezet önsúlyát az AxisVM végelelemes program automatikusan számítja

2. Állandó jellegű hasznos teher

- Gépészeti teher

3. Esetleges terhek

- Hasznos teher
- Hóteher
- Szélteher (külső, belső)

Teherkombinációk:

- Teherbírasi határállapot (ULS)

$$E_{d1} = \sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} + \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) + \gamma_p P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

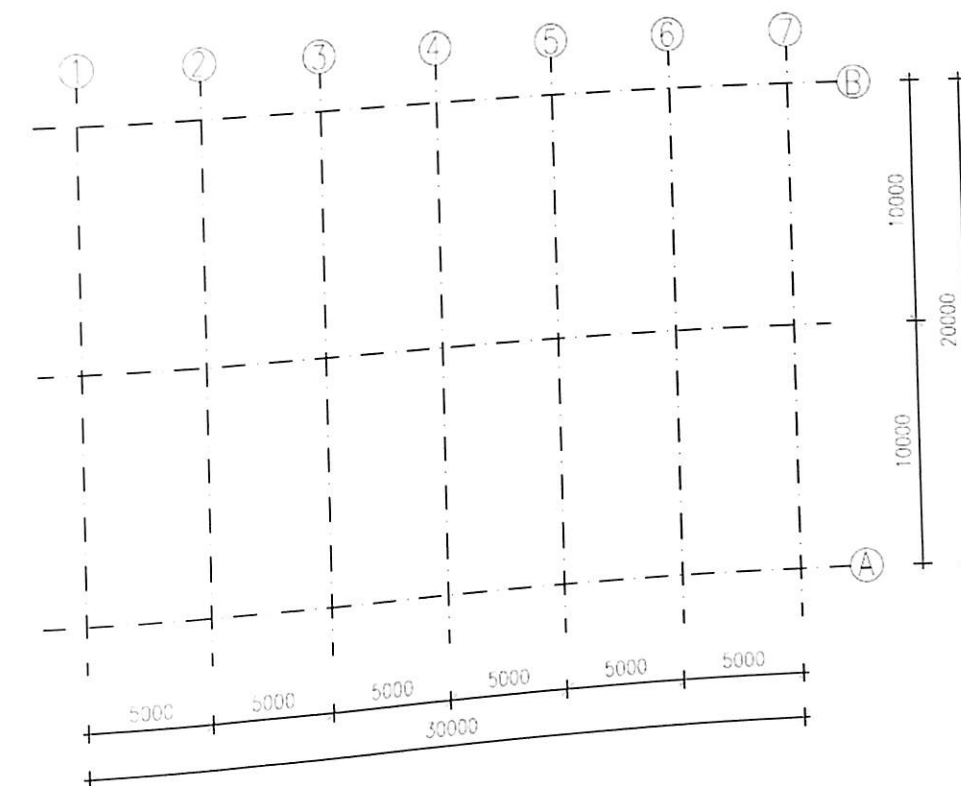
- Használhatósági határállapot (SLS)

- karakterisztikus kombináció:

$$E_{ser,a} = \sum_{j \geq 1} (G_{k,j,\text{sup}} + G_{k,j,\text{inf}}) + P_{k,i} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$



### 3. Szerkezeti kialakítások ismertetése

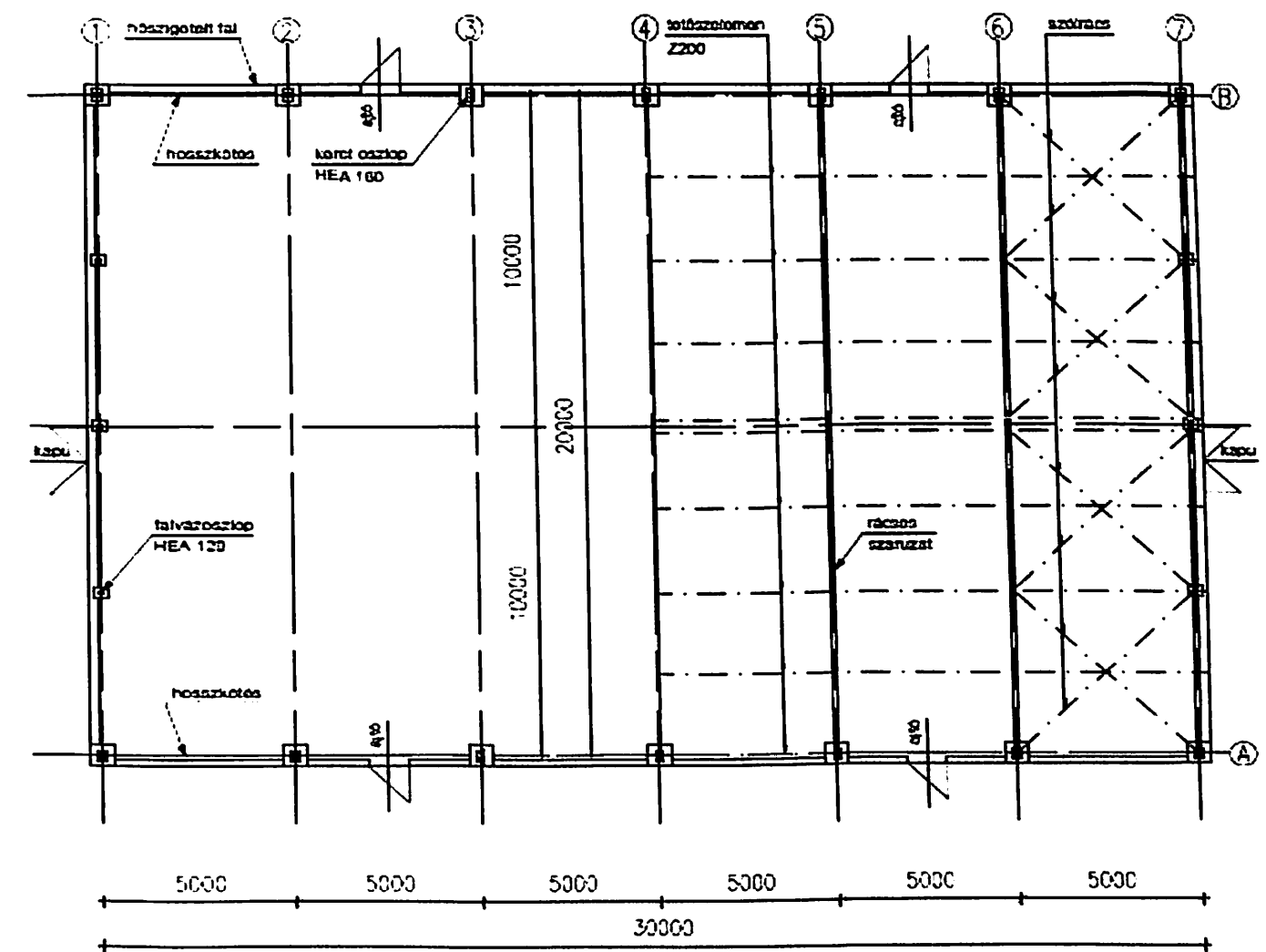


#### Csarnok geometriai adatai:

|                         |                                        |
|-------------------------|----------------------------------------|
| Alapszint:              | $\pm 0,00$ ( 110,23 mBf ) – padlószint |
| Fesztávolság:           | 20,00 m                                |
| Keretállások száma:     | 7 db                                   |
| Keretállások távolsága: | 5,00 m                                 |
| Csarnok hossza:         | 30,00 m                                |
| Csarnok magassága:      | ~ 6,00 m                               |
| Tető hajlásszöge:       | 4°                                     |
| Alaptestek alsó síkja:  | - 1,35 m                               |

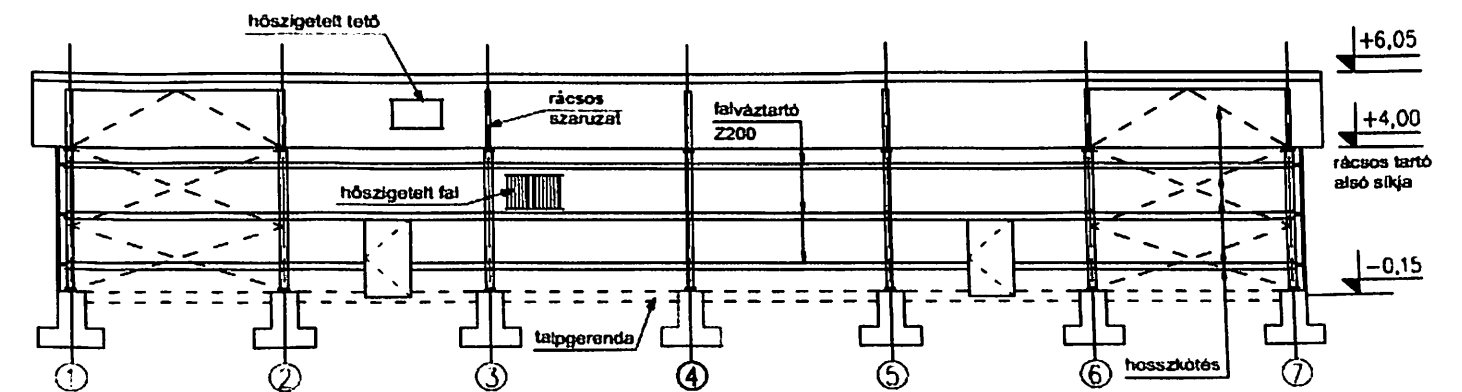
ALAPRAJZ M=1:200

FELÜLNÉZET M=1:200



Rácsos szaruzatú csarnok, alaprajz és felülnézet

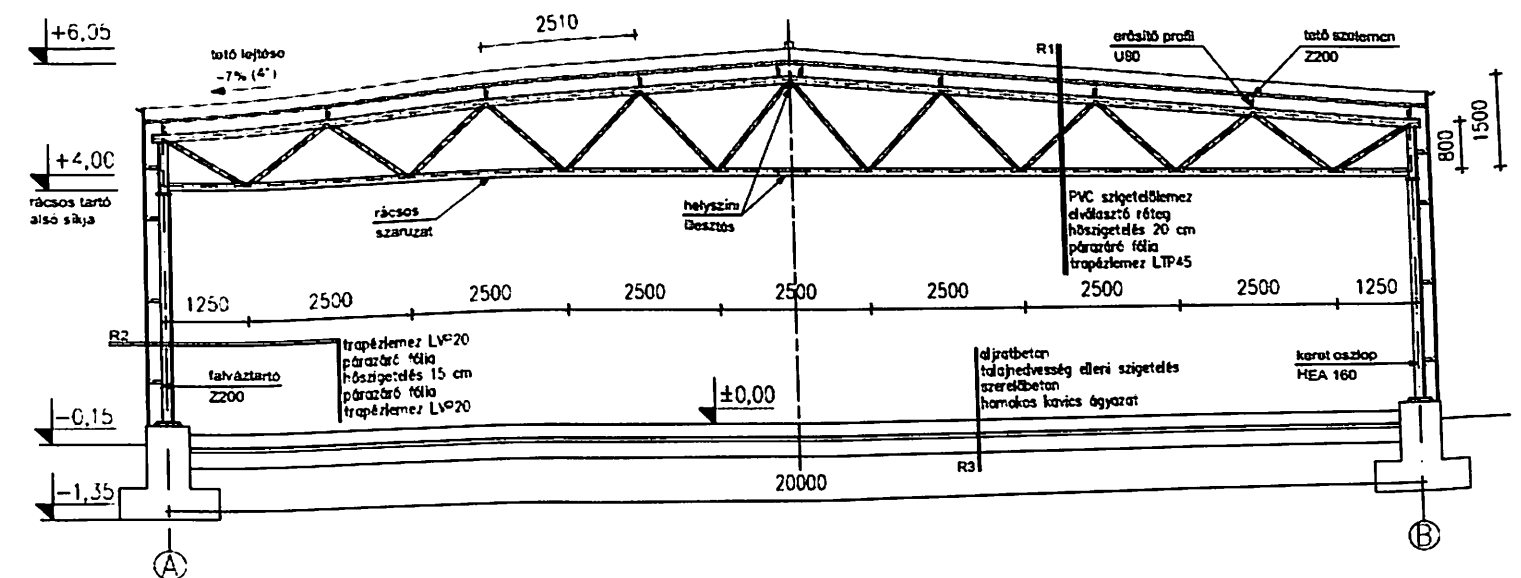
OLDALNÉZET M=1:200



Rácsos szaruzatú csarnok, oldalnézet

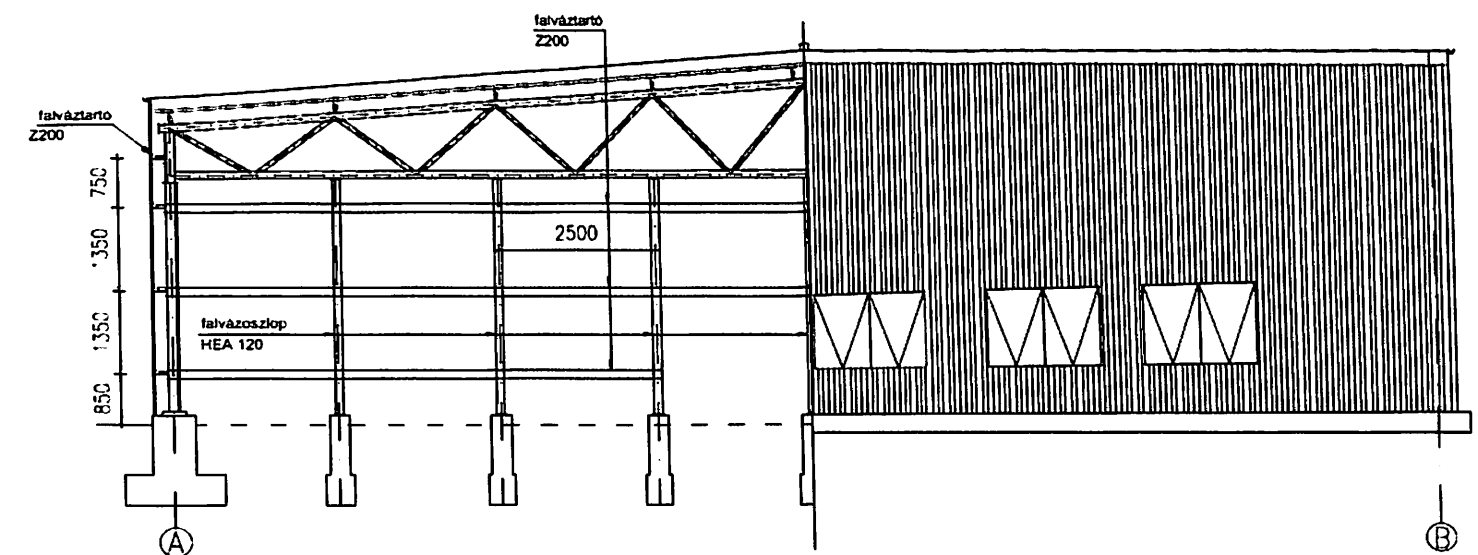


KERESZTMETSZET M=1:100



Rácsos szerkezetű csarnok, keresztmetszet

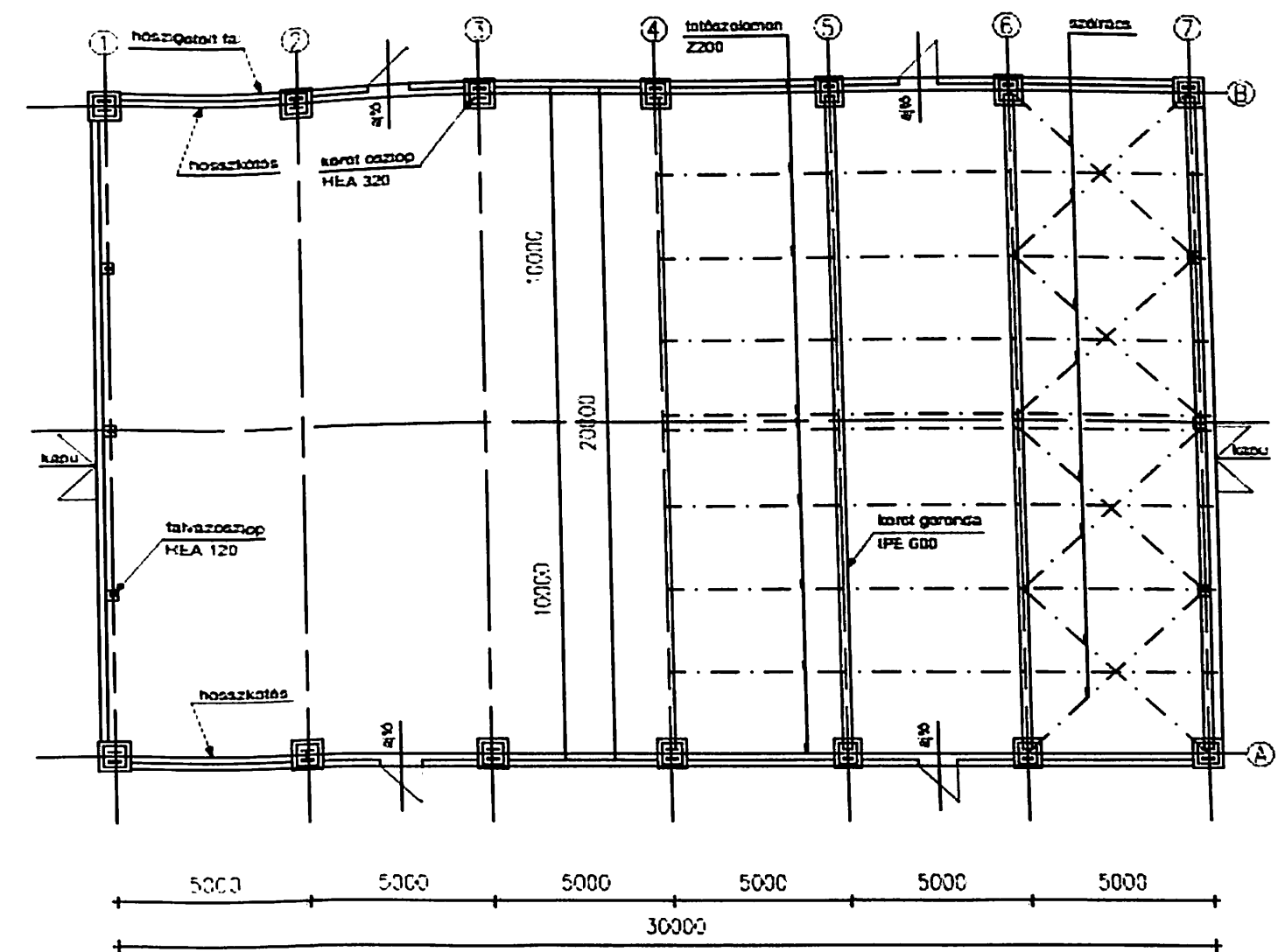
ELŐNÉZET M=1:100



Rácsos szerkezetű csarnok, előnézet

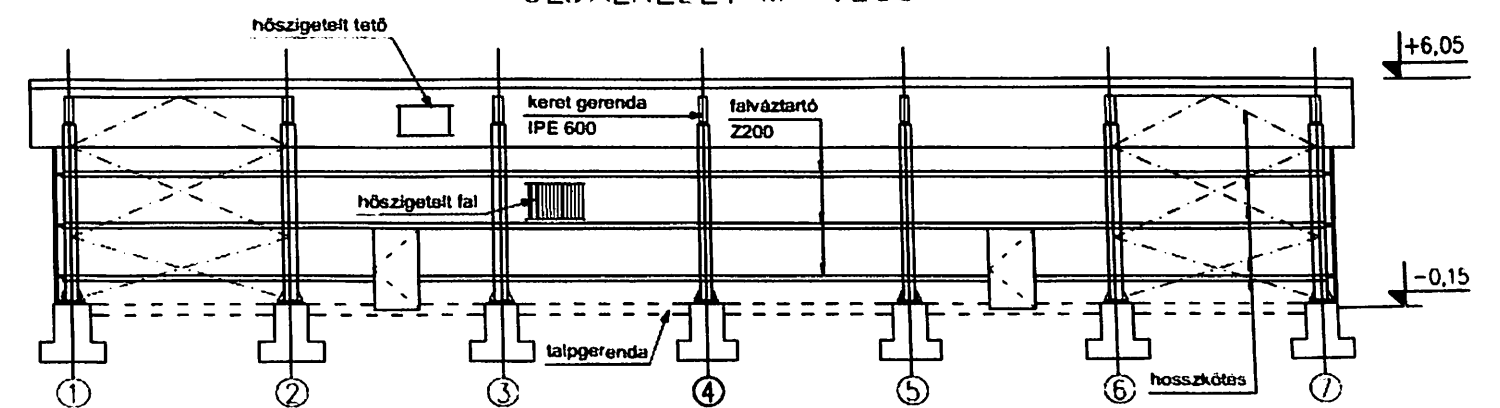
ALAPRAJZ V=1:200

FELÜLNÉZET M=1:200



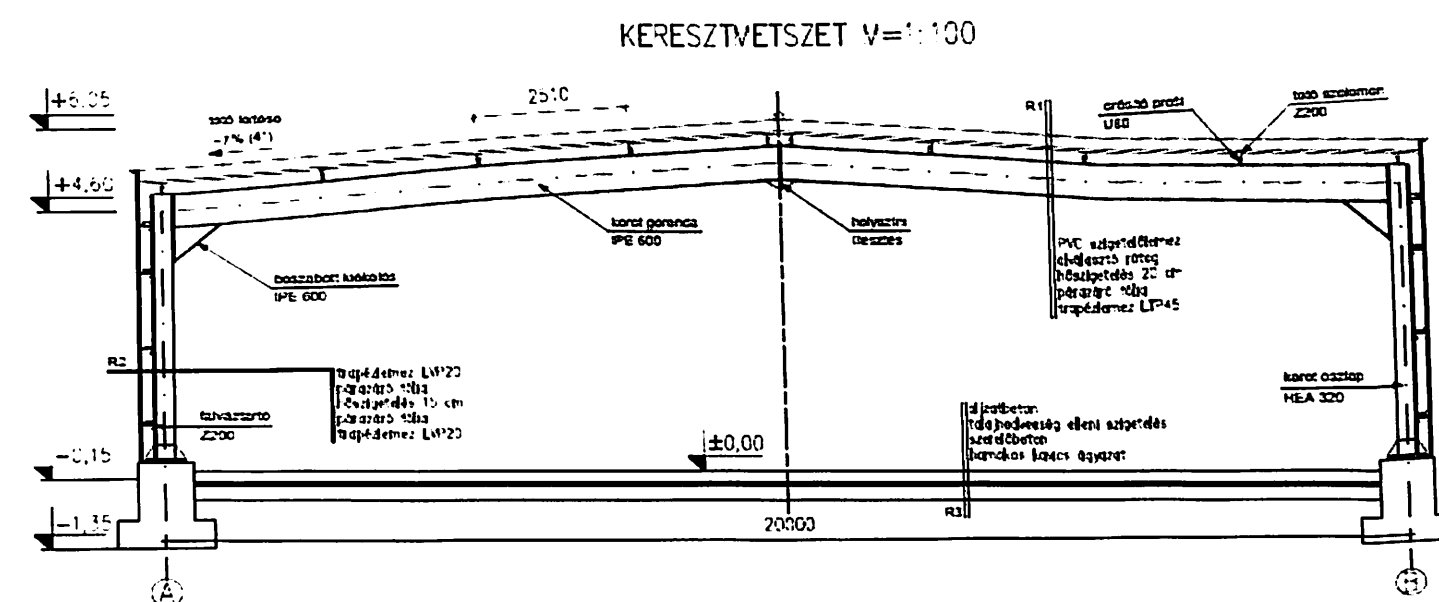
Keretrendszer kialakítású csarnok, alaprajz és felülnézet

OLDALNÉZET M=1:200

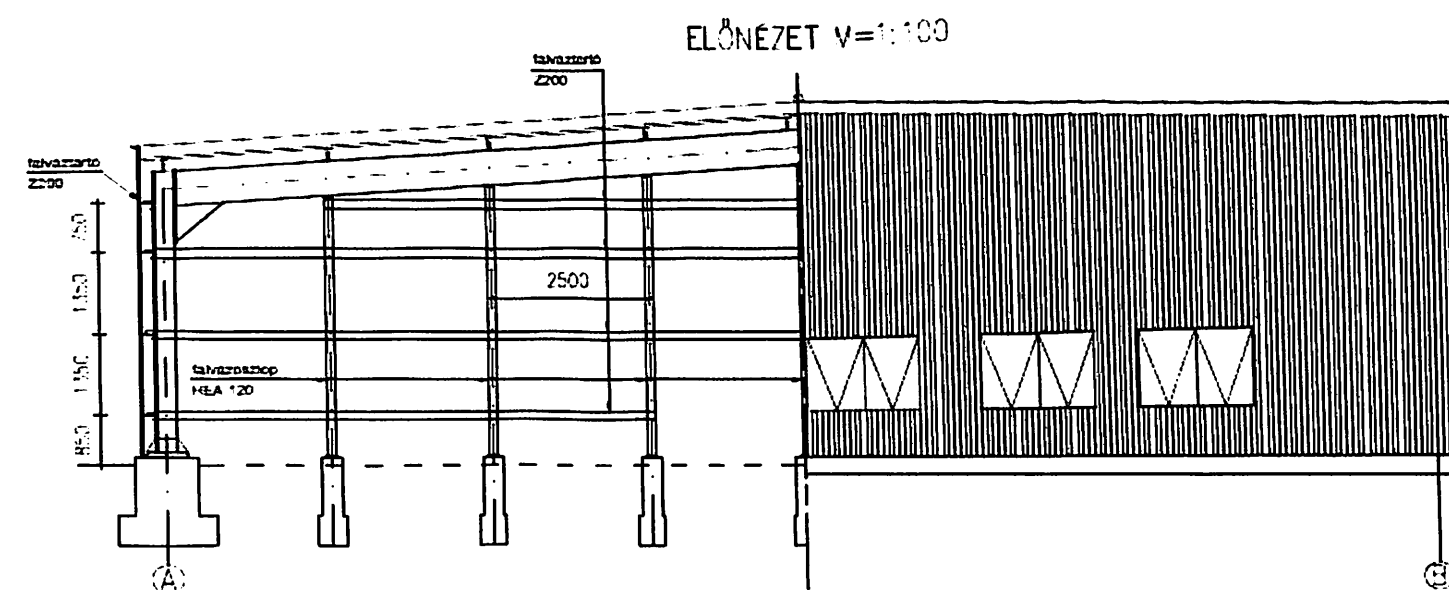


Keretrendszer kialakítású csarnok, oldalnézet





Keretrendszer kialakítású csarnok, keresztmetszet



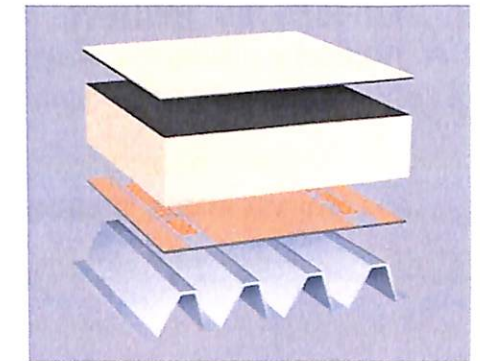
Keretrendszer kialakítású csarnok, előnézet

A tervezett csarnok egyhajós, hőszigetelt, acélszerkezetű üzemcsarnok. A rácsos szaruzatú csarnok hasznos magassága 4,00 m, a melegen hengerelt szelvényű csarnok váll tengelymagassága pedig 4,60 m. Mindkét csarnok magassága ~ 6,00 m.

A tető hajlásszöge 4°, amely lapostetőnek minősül és nem járható. A tetőhéjazatában a belső trapézlemez, a csarnok oldalfalánál alkalmazott lemezek és a tetőszelemen is Lindab típusúak.

Tető rétegrend:

- Záróréteg PVC szigetelőlemez 1,5 mm
- Geotextília elválasztó réteg 1 rtg.
- Lépésálló PIR hőszigetelés 20 cm
- Párazáró fólia 1rtg.
- Trapézlemez LTP45 0,6 mm



A szerkezet hosszirányú merevítőrendszere a szélső keretállásokban elhelyezett hosszkapcsolókból és a tetősíkon elhelyezett szélrácsokból áll. Ennek méretezésére nem került sor, így egy általános geometriai kialakítást alkalmaztam.

Az épület alapozása nem került méretezésre, de felvételre került egy általános geometriai kialakítás és típus. Az épület alapozása pontalapokból áll, amely biztosítja az oszlopok nyomatékábíró befogását.

Rácsos szaruzatú csarnok tartószerkezete a rácsos tartó, amely talplemezzel csatlakozik a befogott oszlopokhoz. A melegen hengerelt szelvényű csarnok keretszerkezetnek tekinthető. A keretoszlop szintén befogott, a keretoszlop és keretgerenda kapcsolata sarokmerek. A gerenda-gerinc kapcsolat homloklemezkes kialakítású. A talpkapcsolat is méretezett, hogy biztonságos legyen a teherátadás az alapra, majd az altalajra.



**Rácsos szaruzat:**

A tartó melegen hengerelt négyszög (RHS) keresztmetszetű zártszelvényekből épül fel, az alsó és felső övrúd között helyezkednek el a ferde rácsrudak. A rácsos tartó hálózati kialakítása miatt a csomópontjain terhelt. A csomópontokra keresz irányban támaszkodnak a tetőszelemenek, amelyek a héjazat teherhordó elemét, a trapézlemez támogatják alá. Rácsrudaknál a gazdaságosság miatt a támasztól a tartóközép felé haladva fokozatosan csökken a szelvény oldalmérete, az igénybevétel függvényében. Jelen esetben az egyes csomópontoknál végzett szerkesztési szabályok alapján kétféle szelvényt tudtam alkalmazni. A rúdbekötések során a kívánt szögben levágott zárt szelvényű rudak körbevezetett tompaszögű sarokvarrattal kapcsolódnak az övhöz. A tartó hossz méretéből adódóan nem lehet egy darabban gyártani és szállítani, ezért helyszíni illesztésekre van szükség, amely a szimmetriatengely vonalában készül. A felső övben homloklemez kapcsolatot, a húzott övben csavaros hevederes toldás került kialakításra.

A csomópontok kialakításáról részletterv, a rácsos tartó elemeiről elemterv készül.

**A rácsos tartó tervezése során elvégzett feladatok:**

- szelvények (övrudak, rácsrudak) méretezése
- tetőszelemen és trapézlemez méretezése
- csomópontok ellenőrzése
- rudak bekötő varratainak ellenőrzése
- húzott és nyomott rudak ellenőrzése
- húzott övrúd toldásának ellenőrzése
- lehajlásvizsgálat, kifordulásvizsgálat

**A keretszerkezet tervezése során elvégzett feladatok:**

- tartószerkezetek (oszlop, gerenda) méretezése
- tetőszelemen és trapézlemez méretezése
- csomópontok méretezése, ellenőrzése
- főtartó keret, oszlop stabilitásvizsgálata

#### 4. Acélszerkezetekkel kapcsolatos teendők

##### Szállítás és tárolás

A tartószerkezetek egyes elemei a közúti úrszelvény méretét (2,55 m széles, 4,00 m magas) nem haladják meg, így nincs szükség útvonalengedélyre. A szállítás kalodázva, szerelési egységeként, követhető módon történjen. A fel- és lerakodáshoz emelőgépet kell biztosítani. Az elemek a szállítás és rakodás közben nem deformálódhatnak. Egymásra pakolhatóak, ha párnákat helyeznek közé, amelyek szigorúan egymás fölött helyezkedhetnek el.

Tárolása kellő szilárdságú, sík terepen. A tárolóhelynek minden időben, hosszabb esőzés után is szállítójárművel megközelíthetőnek kell lennie.

##### Szerelés

A szerelés megkezdése előtt ellenőrizendő az előírt mennyiségű –és minőségű kötőelem, a szerkezeti elemek teljessége és műszaki állapota. Az oszlopok elhelyezése és függőleges értelemben történő pozicionálása előtt ellenőrizendő az alapozás kivitelezése.

A 10.9 minőségű csavarokat nyomatékra kell húzni! A 8.8 minőségű csavarokat a szerkezet készre szerelése után kézi erővel újra feszesre kell húzni!

A rácsos tartókat szerelés közben csak szimmetrikusan szabad terhelni!

Az acélszerkezetek szerelése során az MSZ EN 1090-2:2008+A1:2011 (Acélszerkezetek műszaki követelményei) szabvány előírásait kell figyelembe venni.

##### Tűz- és korrózióvédelem

Az acélszerkezetek elsőrendű felületvédelme a tűzhorganyzás. A tűzhorganyzott, majd festett acélszerkezetekre vonatkozóan a mindenkori MSZ EN ISO 12944 szabvány ad tájékoztatást, a kialakításuk ennek megfelelően ajánlott. A bevonatok készítése csak és kizárólag ipari, ellenőrzött körülmények között történhet.

##### Karbantartás

A szerkezet állagának megóvása érdekében az üzemeltetőnek az alábbi vizsgálatokat kell elvégeznie:

- a tűzhorganyzott szerkezetek felülvizsgálata 5 évente, a sérült bevonatot javítani kell
- a kötőelemek felülvizsgálata szerelés után fél-, illetve egy évvel, a meglazult elemnél után-húzásra van szükség
- szerkezeti elemek épségének ellenőrzése, a sérült elemet javítani, vagy cserélni kell



## SZÁMÍTÁSI MELLÉKLET

## I. RÁCSOS SZARUZATÚ CSARNOK SZÁMÍTÁSA

## I./A Terhek meghatározása

## Tető rétegrend:

|                                                               |                                           |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| - Záróréteg PVC szigetelőlemez 1,5 mm: 1,8 kg/m <sup>2</sup>  | $g_1=0,018 \text{ kN/m}^2$                |
| - Geotextília elválasztó réteg 1 rtg.: 0,15 kg/m <sup>2</sup> | $g_2=0,0015 \text{ kN/m}^2$               |
| - Lépésálló PIR hőszigetelés 20 cm: 7,00 kg/m <sup>2</sup>    | $g_3=0,070 \text{ kN/m}^2$                |
| - Párazáró fólia 1rtg.: 0,12 kg/m <sup>2</sup>                | $g_4=0,0012 \text{ kN/m}^2$               |
| - * Trapézlemez LTP85 1,5 mm: 16,1 kg/m <sup>2</sup>          | $g_5=0,161 \text{ kN/m}^2$                |
|                                                               | Rétegrend: $g_{rtg}=0,252 \text{ kN/m}^2$ |
| - Szelemen Z200 2,5 mm: 7,24 kg/m                             | $g_6=0,0724 \text{ kN/m}$                 |

\* a lemez méretezése előtti feltételezett lemez típus, amely LTP45 0,6 –ra változott

## 1. Állandó terhek

1.1 Önsúly terhek ( $\gamma_{G,sup} = 1,35$  ;  $\gamma_{G,inf} = 1,00$ )

Önsúly teher számítása a trapézlemez méretezéséhez

- felületi megoszló teher redukálása hosszmenti megoszló teherre: terhelési sáv ( $t_{tr}$ )
- hosszmenti megoszló teher redukálása a statikai modellre merőleges hosszmenti megoszló teherre:  $\alpha$  (tető hajlásszöge)  $< 10^\circ \rightarrow$  terhek redukálása a biztonság javára elhanyagolható

$$\alpha = 4^\circ \text{ (tető hajlásszöge)} \quad \cos(\alpha) = 0,997 \approx 1,00 \quad t_{tr} = 1,00 \text{ m (terhelési sáv)}$$

$$p_{g5} = (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5) \cdot \cos(\alpha) = 0,252 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{g,tr} = p_{g5} \cdot t_{tr} = 0,252 \text{ kN/m}^2$$

Önsúly teher számítása a szelemen méretezéséhez

$$\alpha = 4^\circ \quad \cos(\alpha) \approx 1,00 \quad t_{sz} = 2,50 \text{ m}$$

$$p_{g,rtg} = g_{rtg} \cdot \cos(\alpha) = 0,252 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{g6} = g_6 \cdot \cos(\alpha) = 0,0724 \text{ kN/m}$$

$$p_{g,sz} = p_{g,rtg} \cdot t_{sz} + p_{g6} = 0,7024 \text{ kN/m}$$

Önsúly teherből származó koncentrált erő számítása a rácsos tartó méretezéséhez

$$\alpha = 4^\circ \quad \cos(\alpha) \approx 1,00 \quad t_k = 5,00 \text{ m} \quad T_m = 2,50 \cdot 5,00 = 12,50 \text{ m}^2 \text{ (terhelési mező)}$$

$$p_{g,rtg} = 0,252 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{g6} = 0,0724 \text{ kN/m}$$

$$F_{g,r} = p_{g,rtg} \cdot T_m + p_{g6} \cdot t_k = 3,52 \text{ kN}$$

## 2. Állandó jellegű hasznos teher

Gépészeti terhek

$$\gamma_{G,sup} = 1,35 \quad \gamma_{G,inf} = 1,00$$

$$T_m = 12,50 \text{ m}^2 \text{ (terhelési mező)}$$

$$q_{gépészet} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{gépészet} = q_{gépészet} \cdot T_m = 6,25 \text{ kN}$$

## 3. Esetleges terhek

### 3.1 Hasznos teher

$$\gamma_{Q,T} = 1,50 \quad \gamma_{Q,H} = 1,00$$

$$\text{„H” osztály, nem járható tető, } \alpha = 4^\circ < 10^\circ \rightarrow q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_T = \gamma_{Q,T} \cdot q_k = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_H = \gamma_{Q,H} \cdot q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_0 = \psi_1 = \psi_2 = 0$$

Nem mértékadó teher!

### 3.2 Hóteher

$$\gamma_{s,T} = 1,50$$

$$\gamma_{s,H} = 1,00$$

$$\psi_{0,s} = 0,5$$

$$\psi_{1,s} = 0,2$$

$$\psi_{2,s} = 0,0$$

Felszíni hóteher karakterisztikus értéke (Mo. teljes területén alkalmazható):

$$s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Alaki tényező: } 0^\circ \leq \alpha = 4^\circ \leq 10^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$$

Kitettség tényezők:

$$C_e = 1,0 \text{ (szokásos terepviszony)}$$

$$C_t = 1,0 \text{ (hőmérsékleti)}$$

Hóteher tervezési értéke:

$$s_{hó} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s = s_{hó} \cdot \cos(\alpha)^2 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Hóteher számítása a trapézlemez méretezéséhez

$$\alpha = 4^\circ$$

$$\cos(\alpha)^2 \approx 1,00$$

$$t_{tr} = 1,00 \text{ m}$$

$$p_s = s_{hó} \cdot \cos(\alpha)^2 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{s,tr} = p_s \cdot t_{tr} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Hóteher számítása a szelemen méretezéséhez

$$\alpha = 4^\circ$$

$$\cos(\alpha)^2 \approx 1,00$$

$$t_{sz} = 2,50 \text{ m}$$

$$p_s = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{s,sz} = p_s \cdot t_{sz} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

Hóteherből származó koncentrált erő számítása a rácsos tartó méretezéséhez

$$\alpha = 4^\circ$$

$$\cos(\alpha)^2 \approx 1,00$$

$$t_k = 5,00 \text{ m}$$

$$T_m = 12,50 \text{ m}^2$$

$$p_s = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{s,r} = p_s \cdot T_m = 12,50 \text{ kN}$$

### 3.3 Szélteher

$$\gamma_{w,T} = 1,50$$

$$\gamma_{w,H} = 1,00$$

$$\psi_{2,w} = 0,0$$

$$\psi_{0,w} = 0,6$$

$$\psi_{1,w} = 0,2$$

Beépítési kategória:

II. terepkategória: alacsony növényzettel takart terület, elszórtan tárgyakkal (fákkal, épüetekkel); tárgyak távolsága > magasság x 20

Tető hajlásszöge:  $\alpha = 4^\circ$

$-5^\circ \leq \alpha = 4^\circ \leq 5^\circ \rightarrow$  Lapostető (szögletes peremű)



Szél torlónyomás meghatározása:

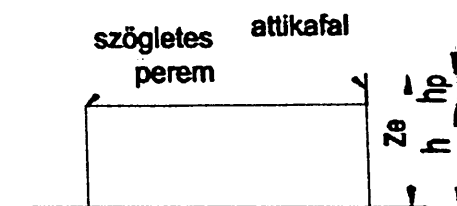
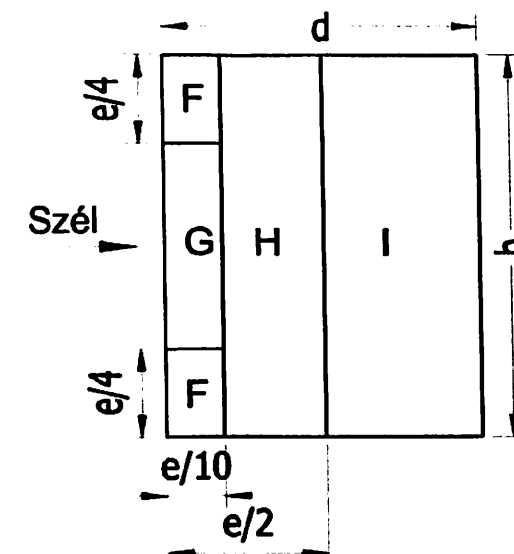
Csarnok magassága:  $z = 6,05 \text{ m}$

| terepszint feletti magasság<br>$z \text{ (m)}$ | torlónyomás<br>$q_{p(z)} \text{ (kN/m}^2\text{)}$<br>II. terepkategória |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 6,00                                           | 0,5123                                                                  |
| 7,00                                           | 0,5361                                                                  |

Szél torlónyomása:  $q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$

a.) Külső szélteher

Külső keresztirányú szélteher ( $\theta = 0^\circ$ )



$b$  – szélre merőleges irányú méret  
 $d$  – széllel párhuzamos irányú méret

| A tető típusa   | Zóna        |            |             |            |             |            |             |            |
|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                 | F           |            | G           |            | H           |            | I           |            |
|                 | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ |
| Szögletes perem | -1,8        | -2,5       | -1,2        | -2,0       | -0,7        | -1,2       | +0,2        | -0,2       |

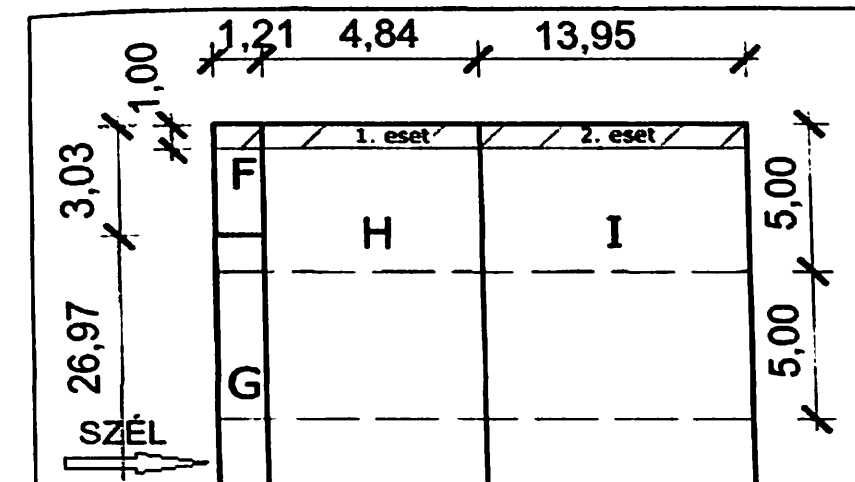
$$b = 6 \text{ db} \cdot 5,00 \text{ m} = 30 \text{ m}$$

$$z = h = 6,05 \text{ m}$$

$$2 \cdot h = 12,10 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2 \cdot h\} = 12,10 \text{ m}$$

Külső szélteher számítása a trapézlemez méretezéséhez



1. eset

A szélső sáv ( F, H zónák ) szélszívásra vizsgálandó

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$e = 12,10 \text{ m}$$

$$t_{tr} = 1,00 \text{ m}$$

F zóna ( $c_{pe,1}$ )

$$c_{pe,1;F} = -2,50$$

$$p_{w,tr;F}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,1;F} \cdot t_{tr} = -1,284 \text{ kN/m}$$

H zóna ( $c_{pe,1}$ )

$$c_{pe,1;H} = -1,20$$

$$p_{w,tr;H}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,1;H} \cdot t_{tr} = -0,616 \text{ kN/m}$$

Megjegyzés: G és I zóna  $c_{pe,1}$  tényezői kisebbek, ezért nem mértékadóak

2. eset

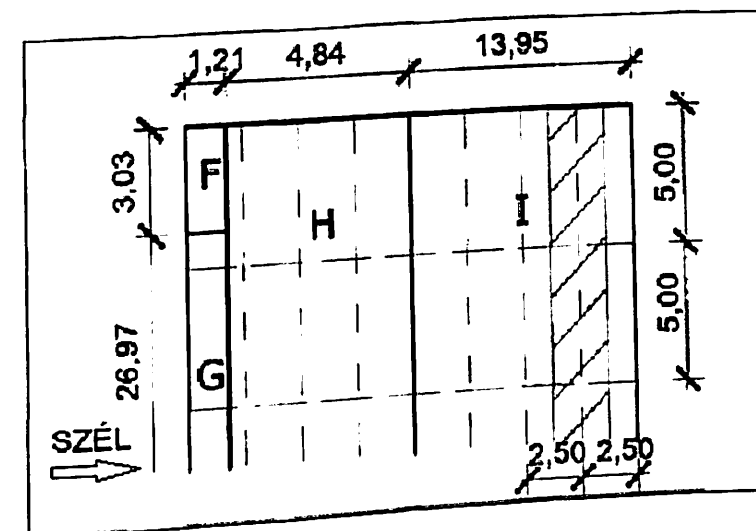
A széllal átellenes oldalon ( I zóna ) szélnyomásra vizsgálandó

I zóna ( $c_{pe,1}$ )

$$c_{pe,1;I} = +0,2$$

$$p_{w,tr;I}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,1;I} \cdot t_{tr} = 0,103 \text{ kN/m}$$

Külső szélteher számítása a szelemen méretezéséhez



A szelemen szélnyomásra vizsgálandó

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$e = 12,10 \text{ m}$$

$$t_{sz} = 2,50 \text{ m}$$

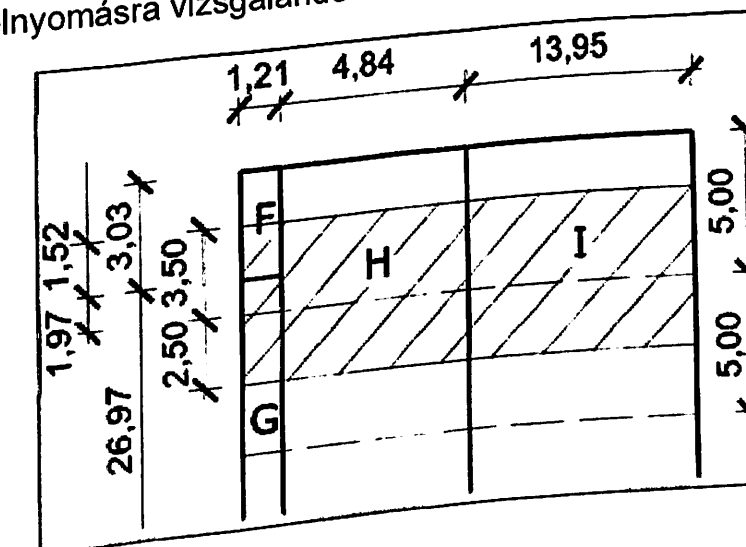
I zóna ( $C_{pe,10}$ )

$$C_{pe,10,I} = + 0,2$$

$$p_{k,w,sz,I}^k = q_{p(z)} \cdot C_{pe,10,I} \cdot t_{sz} = 0,257 \text{ kN/m}$$

Külső szélteherből származó koncentrált erő számítása a rácsos tartó méretezéséhez

A rácsos tartó szélnyomásra vizsgálandó





$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2 \quad t_{sz} = 2,50 \text{ m} \quad k = 6,00 \text{ m} \quad T_m = 2,50 \cdot 6,00 = 15,00 \text{ m}^2$$

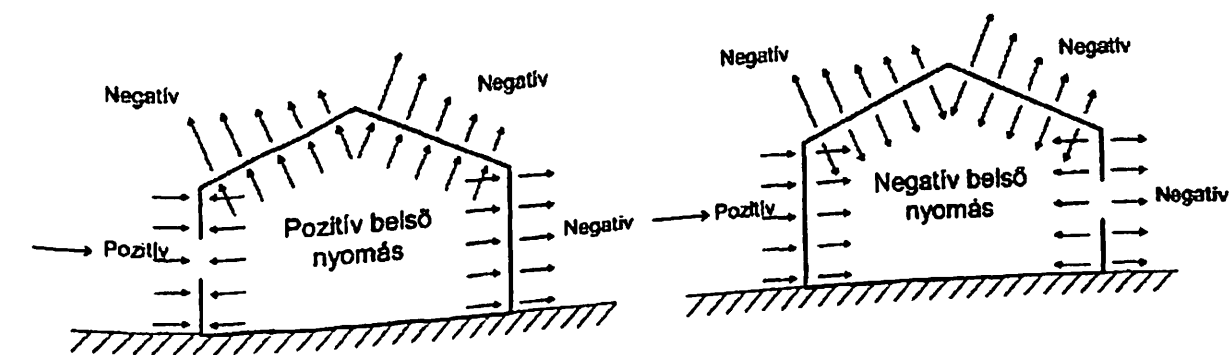
I zóna ( $c_{pe,10}$ )

$$c_{pe,10;l} = + 0,2 \quad p_{w,sz;l} = 0,257 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,r}^k = p_{w,sz;l} \cdot T_m = 3,855 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,r}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;l} \cdot T_m = 1,541 \text{ kN}$$

b.) Belső szélteher



Pozitív belső szélnyomás:

$$c_{pi,ny} = + 0,2$$

Negatív belső szélnyomás (szívás):

$$c_{pi,sz} = - 0,3$$

Belső szélteher számítása a trapézlemez méretezéséhez

$$t_{tr} = 1,00 \text{ m}$$

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,ny,tr}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,ny} \cdot t_{tr} = 0,103 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,sz,tr}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,sz} \cdot t_{tr} = - 0,154 \text{ kN/m}$$

Belső szélteher számítása a szelemen méretezéséhez

$$t_{sz} = 2,50 \text{ m}$$

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,ny,sz}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,ny} \cdot t_{sz} = 0,257 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,sz,sz}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,sz} \cdot t_{sz} = - 0,385 \text{ kN/m}$$

Belső szélteherből származó koncentrált erő számítása a rácsos tartó méretezéséhez

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$T_m = 12,50 \text{ m}^2$$

$$F_{w,ny,r}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,ny} \cdot T_m = 1,284 \text{ kN}$$

$$F_{w,sz,r}^b = q_{p(z)} \cdot c_{pi,sz} \cdot T_m = - 1,926 \text{ kN}$$

I./B Teherkombinációk

Trapézlemez

1. eset – önsúly + szélszívás

$$\begin{aligned} P_{ULS} &= \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,tr} - \gamma_{w,T} \cdot (p_{w,tr;F}^k + p_{w,ny,tr}^b) = \\ &= 1,35 \cdot 0,252 - 1,50 \cdot (1,284 + 0,103) = - 1,740 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{SLS} &= \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,tr} - \gamma_{w,H} \cdot (p_{w,tr;F}^k + p_{w,ny,tr}^b) = \\ &= 1,00 \cdot 0,252 - 1,00 \cdot (1,284 + 0,103) = - 1,135 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

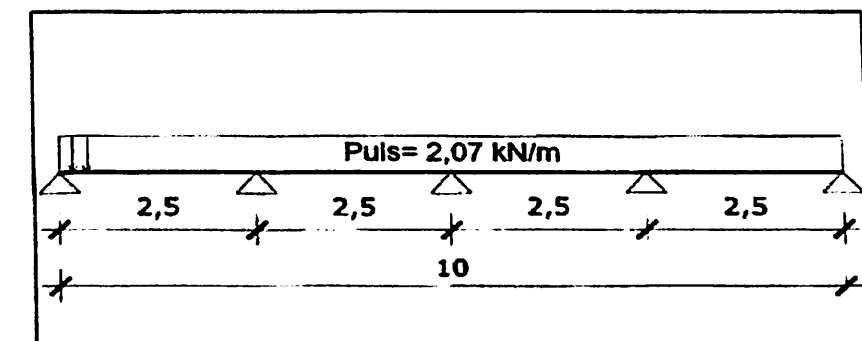
2. eset – önsúly + hó + szélnyomás

$$\begin{aligned} P_{ULS} &= \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,tr} + \gamma_{s,T} \cdot p_{s,sz} + \gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,tr;l}^k + p_{w,sz,tr}^b) = \\ &= 1,35 \cdot 0,252 + 1,50 \cdot 2,50 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot (0,103 + 0,154) = \underline{2,072 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

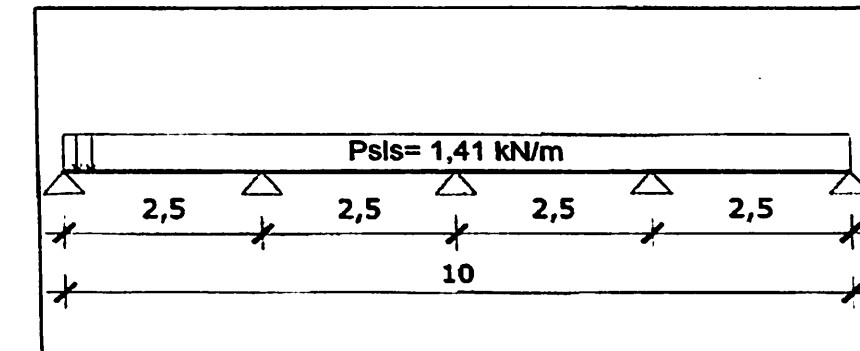
$$\begin{aligned} P_{SLS} &= \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,tr} + \gamma_{s,H} \cdot p_{s,sz} + \gamma_{w,H} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,tr;l}^k + p_{w,sz,tr}^b) = \\ &= 1,00 \cdot 0,252 + 1,00 \cdot 2,50 + 1,00 \cdot 0,6 \cdot (0,103 + 0,154) = \underline{1,406 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Mértékadó a 2. eset:

$$P_{ULS} = 2,072 \text{ kN/m}$$



$$P_{SLS} = 1,406 \text{ kN/m}$$

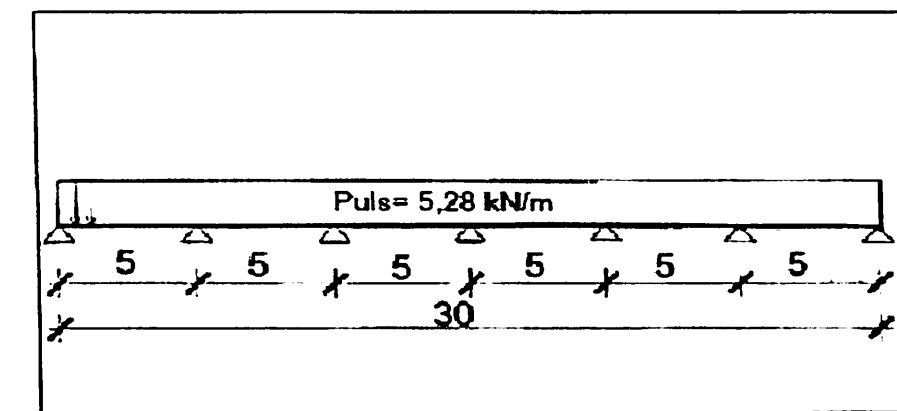


### Szelemen

1. eset – önsúly + hó + szélnyomás

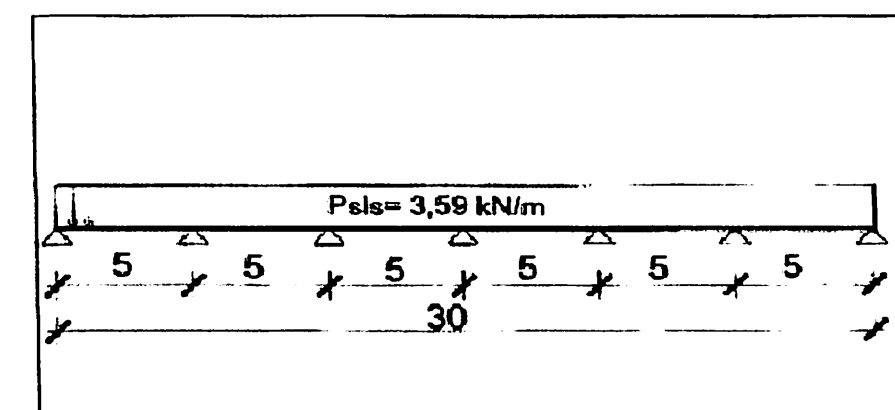
$$P_{ULS} = \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,sz} + \gamma_{s,T} \cdot p_{s,sz} + \gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{k,w,sz,l} + p_{b,w,sz,sz}) =$$

$$= 1,35 \cdot 0,7024 + 1,50 \cdot 2,50 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot (0,257 + 0,385) = \underline{5,276 \text{ kN/m}}$$



$$P_{SLS} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,sz} + \gamma_{s,H} \cdot p_{s,sz} + \gamma_{w,H} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{k,w,sz,l} + p_{b,w,sz,sz}) =$$

$$= 1,00 \cdot 0,7024 + 1,00 \cdot 2,50 + 1,00 \cdot 0,6 \cdot (0,257 + 0,385) = \underline{3,588 \text{ kN/m}}$$





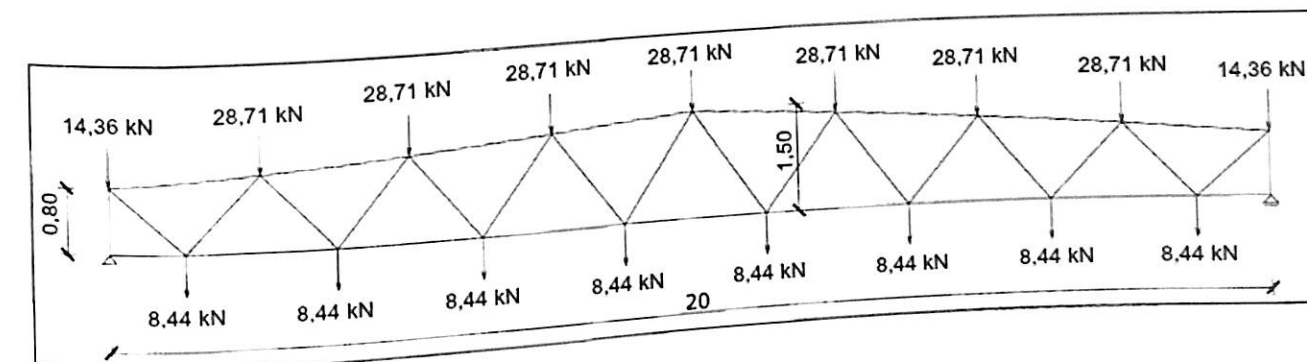
### Rácsos tartó

1. eset – önsúly + hó + szélnyomás

$$F_{ULS} = \gamma_{G,sup} \cdot F_{g,r} + \gamma_{s,T} \cdot F_{s,r} + \gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (F_{w,r}^k + F_{w,sz,r}^b) =$$

$$= 1,35 \cdot 3,52 + 1,50 \cdot 12,50 + 1,50 \cdot 0,6 \cdot (3,855 + 1,926) = 28,71 \text{ kN}$$

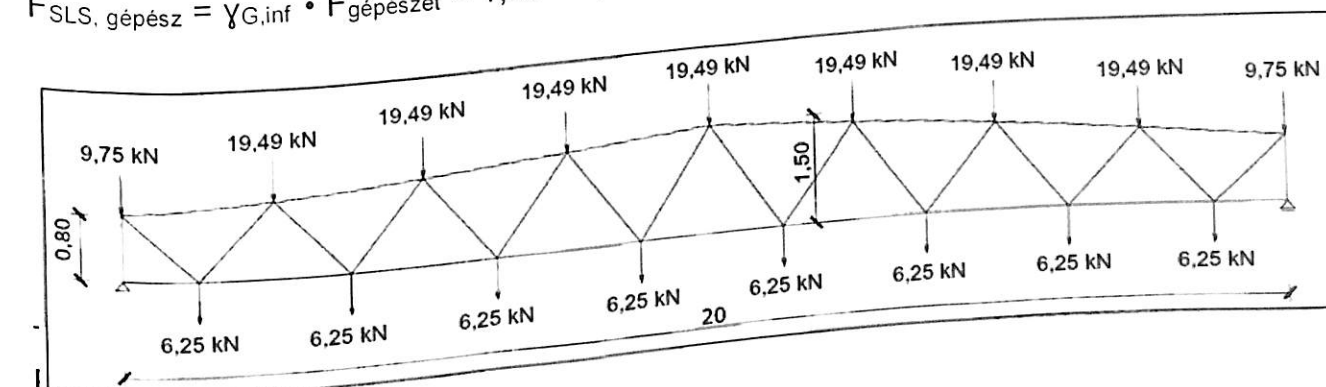
$$F_{ULS, gépész} = \gamma_{G,sup} \cdot F_{gépész} = 1,35 \cdot 6,25 = 8,44 \text{ kN}$$



$$F_{SLS} = \gamma_{G,inf} \cdot F_{g,r} + \gamma_{s,H} \cdot F_{s,r} + \gamma_{w,H} \cdot \psi_{0,w} \cdot (F_{w,r}^k + p_{w,sz,sz}^b) =$$

$$= 1,00 \cdot 3,52 + 1,00 \cdot 12,50 + 1,00 \cdot 0,6 \cdot (3,855 + 1,926) = 19,49 \text{ kN}$$

$$F_{SLS, gépész} = \gamma_{G,inf} \cdot F_{gépész} = 1,00 \cdot 6,25 = 6,25 \text{ kN}$$



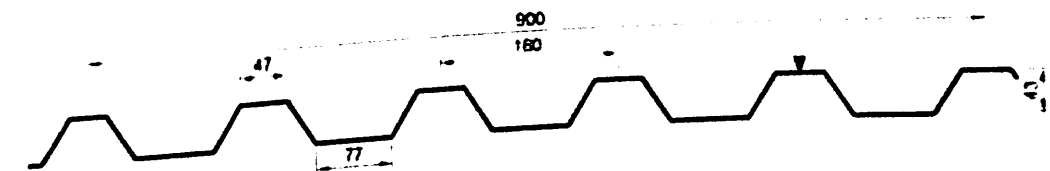
### I./C Trapézlemez méretezése

A trapézlemez méretezését a Lindab Structural Designer nevű programmal végeztem.

A méretezett szelvény az összehasonlítandó keretszerkezetre szintén megfelelő, így az alábbi részletezés arra is vonatkozik.

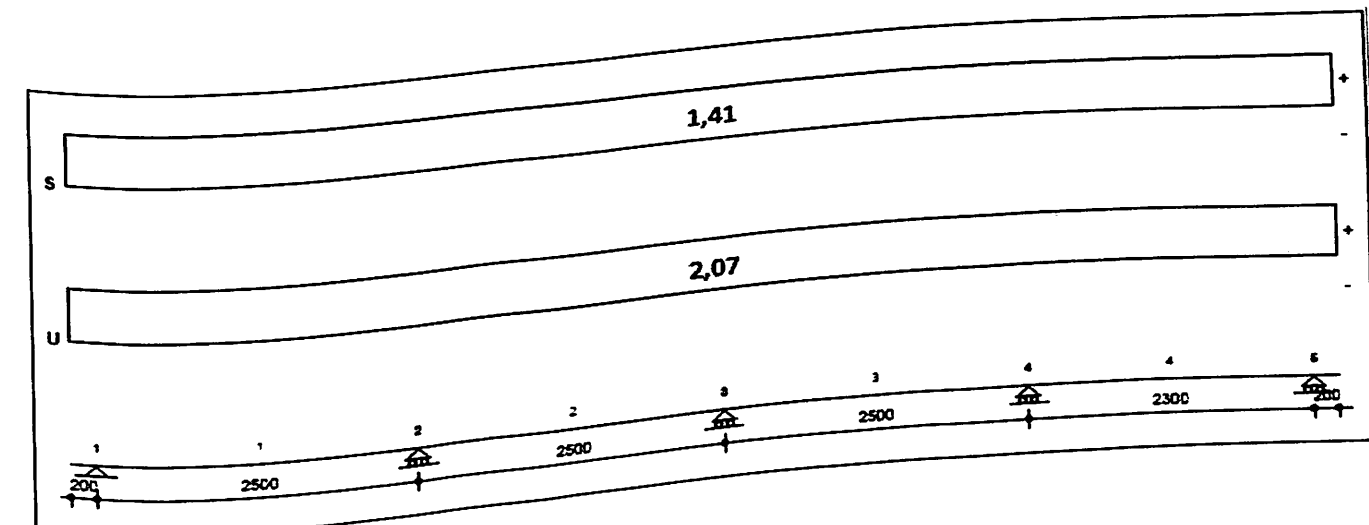
### Szelvény

LTP45



### Geometria

| No. | Támaszok        |       |                   |            |            | Nyílások      |                     |                     | Csuklók         |
|-----|-----------------|-------|-------------------|------------|------------|---------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|     | Pozíció<br>[mm] | Típus | Szélesség<br>[mm] | L1<br>[mm] | L2<br>[mm] | Méret<br>[mm] | Vastagság 1<br>[mm] | Vastagság 2<br>[mm] | Pozíció<br>[mm] |
| 1   | 0               | C     | 66                | 200        | -          | 2500          | 0,6                 | -                   |                 |
| 2   | 2500            | C     | 66                | -          | -          | 2500          | 0,6                 | -                   |                 |
| 3   | 5000            | C     | 66                | -          | -          | 2500          | 0,6                 | -                   |                 |
| 4   | 7500            | C     | 66                | -          | 200        | 2300          | 0,6                 | -                   |                 |
| 5   | 9500            | C     | 66                | -          | -          |               |                     |                     |                 |



### Alapbeállítások

Funkció: Tetőlemez

Ország: Magyarország

### Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP45

Statikai rendszer: Folytatólagos

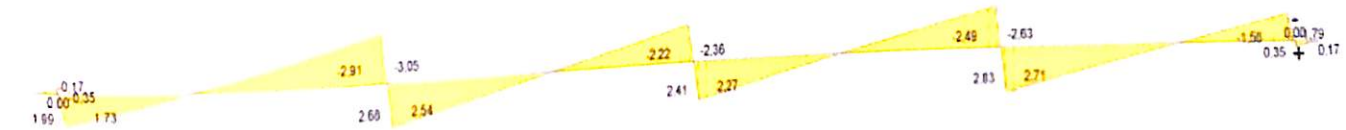
Elhelyezés: Keskeny öv felül

Átfedés: 2



## Eredmények

ULS hatások - nyíró erő [kN/m]

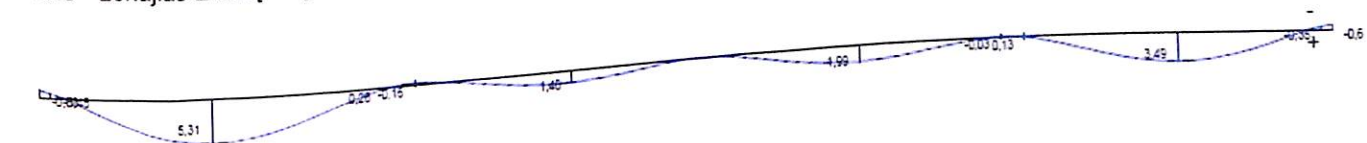


ULS hatások - hajlító nyomaték [kNm/m]



Eredmények (különálló)

SLS - Lehajlás Érték [mm]



## Lehajlás-számítás paramétere

Lehajlási határ (nyílás):  $L/200$

Lehajlási határ (konzol):  $L/200$

## Kihasználtság

ULS: 59%

SLS: 83%

Alkalmazott trapézlemez: LTP45 0.6

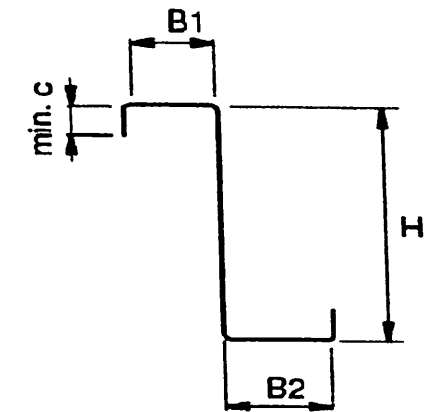
# I./D Szelemen méretezése

A szelemen méretezését a Lindab Structural Designer nevű programmal végeztem.

A méretezett szelvény az összehasonlítandó keretszerkezetre szintén megfelelő, így az alábbi részletezés arra is vonatkozik.

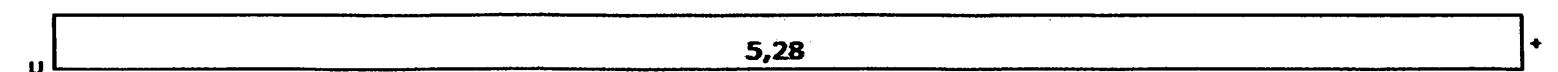
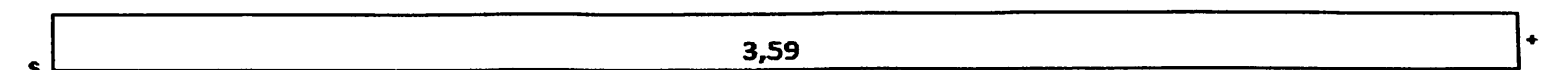
## Szelvény

| Profil | t<br>(mm) | H      | B <sub>2</sub> | B <sub>1</sub> | g<br>(kg/m) |
|--------|-----------|--------|----------------|----------------|-------------|
| Z200   | 2.00      | 200.00 | 74.00          | 66.00          | 5.79        |



## Geometria

| No. | Támaszok        |       |                   |            |            | Nyílások      |                     |                     |
|-----|-----------------|-------|-------------------|------------|------------|---------------|---------------------|---------------------|
|     | Pozíció<br>[mm] | Típus | Szélesség<br>[mm] | L1<br>[mm] | L2<br>[mm] | Méret<br>[mm] | Vastagság 1<br>[mm] | Vastagság 2<br>[mm] |
| 1   | 0               | H     | 0                 | -          | -          | 5000          | 2                   | -                   |
| 2   | 5000            | O     | 0                 | 500        | 500        | 5000          | 2                   | -                   |
| 3   | 10000           | O     | 0                 | 500        | 500        | 5000          | 1,5                 | -                   |
| 4   | 15000           | O     | 0                 | 500        | 500        | 5000          | 1,5                 | -                   |
| 5   | 20000           | O     | 0                 | 500        | 500        | 5000          | 2                   | -                   |
| 6   | 25000           | O     | 0                 | 500        | 500        | 5000          | 2                   | -                   |
| 7   | 30000           | H     | 0                 | -          | -          | 5000          | 2                   | -                   |





**Szerkezeti beállítások**

Szelvény: Z200

Statikai rendszer: Átfedékes

Elhelyezés: Erős

Csavarok: 4,2

Megtámasztás: Felső öv: Folytatólagos / Alsó öv: Folytatólagos

Csavar: 2 hullám

**Alapbeállítások**

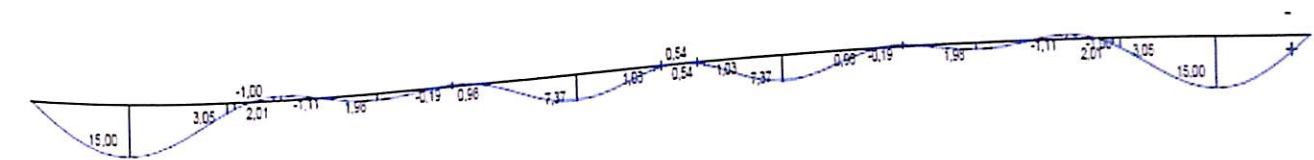
Funkció: Z profil

Ország: Magyarország

**Eredmények**

Eredmények (különálló)

SLS - Lehajlás Érték [mm]



ULS hatások - nyíró erő [kN/m]



ULS hatások - hajlító nyomaték [kNm/m]

**Lehajlás-számítás paraméterei**

Lehajlási határ (nyílás): L/200

Lehajlási határ (konzol): L/200

**Kihasználtság**

ULS: 97%

SLS: 60%

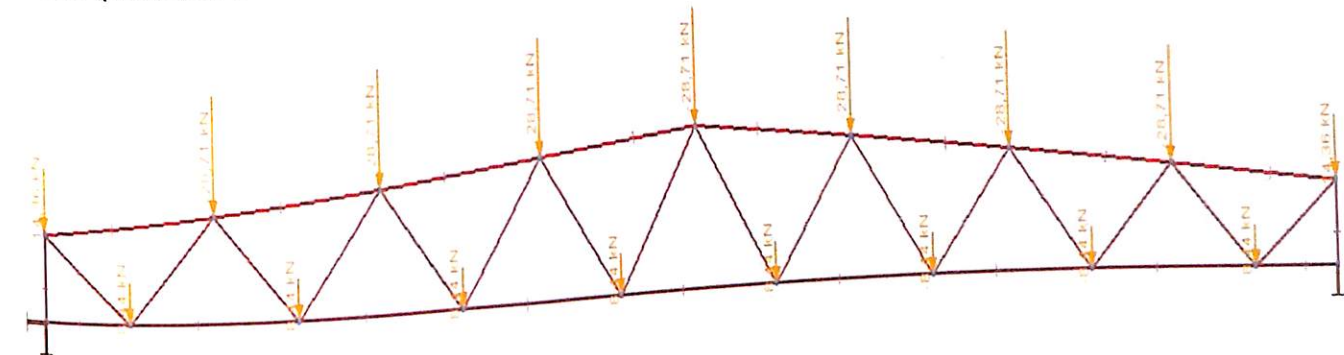
Alkalmazott szelemenek: Z200 2.0 / Z200 1.5



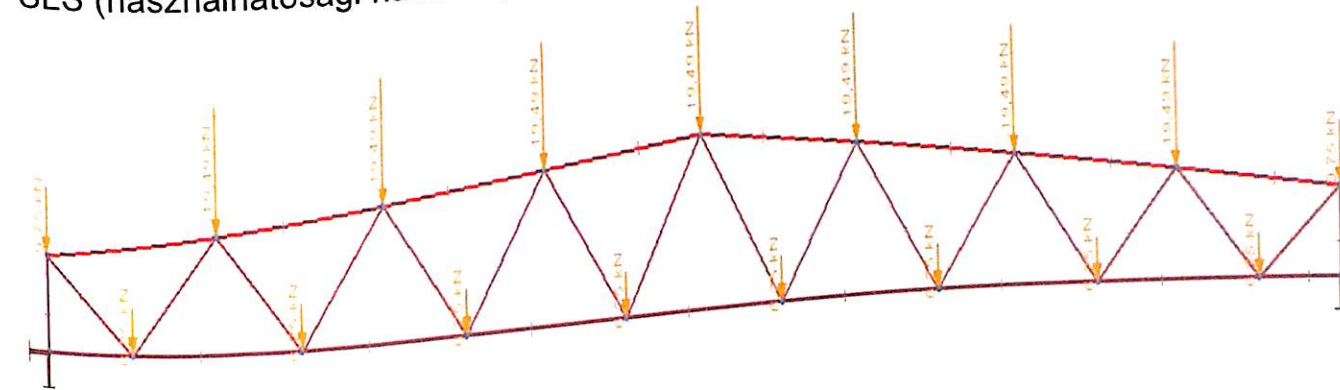
# I./E Rácsos tartó szelvények és oszlop méretezése

## Terhek:

### ULS (teherbírási határállapot)



### SLS (használhatósági határállapot)

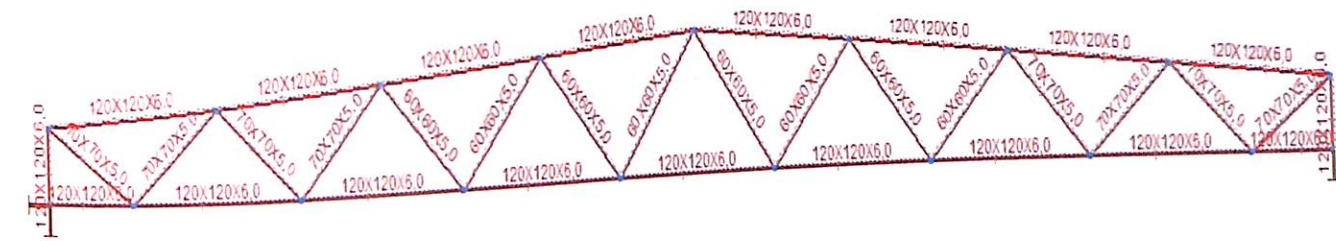


A kézi számítás eredményeinek bevitelét követően, az AxisVM program által végzett optimalizálás eredménye:

|   | Csoport          | Eredeti / optimal..<br>szelvény | Optimalizálási<br>kihasználtság | Megengedett kihaszn.. |
|---|------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1 | RHS 01 - rácsrúd | 70X 70X 5,0                     | 0,784                           | 1,000                 |
|   |                  | 60X 60X 5,0                     | 0,930                           | -                     |
| 2 | RHS 02 - övrúd   | 120X120X 6,0                    | 0,952                           | 1,000                 |
|   |                  | 120X120X 6,0                    | 0,952                           | -                     |
| 3 | RHS 03 - rácsrúd | 60X 60X 5,0                     | 0,149                           | 1,000                 |
|   |                  | 40X 40X 5,0                     | 0,320                           | -                     |
| 4 | RHS 04 - rácsrúd | 120X120X 6,0                    | 0,247                           | 1,000                 |
|   |                  | 70X 70X 5,0                     | 0,533                           | -                     |
| 5 | HEA - oszlop     | HE 160 A                        | 0,763                           | 1,000                 |
|   |                  | HE 180 A                        | 0,588                           | -                     |

Optimalizálás eredménye – AxisVM részlet





Az AxisVM program által végzett optimalizálás eredményét megváltoztatta a csomópontok kézi ellenőrző számítása, mivel egyes szerkesztési szabályok az adott szelvényre nem feleltek meg. Például a szélső függőleges rácsrudaknál az átfedés mértéke miatt növelni kellett a szelvény méreteit, illetve több esetben a bekötési hézagra vonatkozó szabály miatt kellett változtatni. Gazdaságossági szempont alapján a támasztól a szimmetriatengelyig haladva ajánlott a rácsrúd szelvények oldalméreteinek a csökkentése az igénybevételek függvényében. Esetemben kétféle szelvényű rácsrudat tudtam alkalmazni, a korábban már említett szerkesztési szabályokra hivatkozva.

Szelvények típusai:

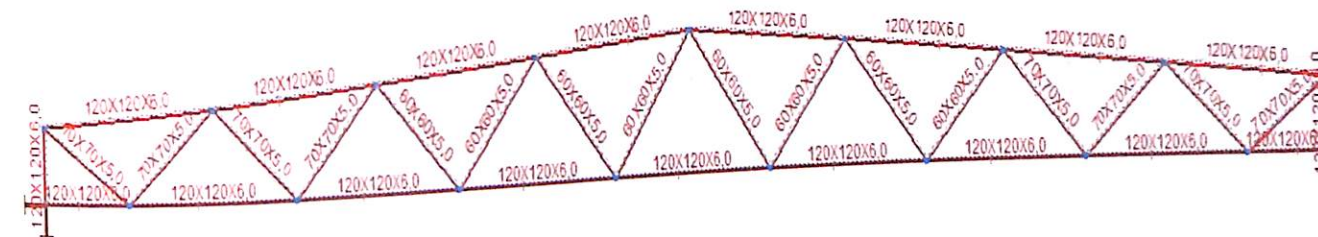
RHS – melegen hengerelt négyzet szelvényű zárt idomacél

HEA – európai széles talpú profil

Alkalmazott szelvények:

- RHS 120X120X6
- RHS 70X70X5
- RHS 60X60X5
- HEA 160





Az AxisVM program által végzett optimalizálás eredményét megváltoztatta a csomópontok kézi ellenőrző számítása, mivel egyes szerkesztési szabályok az adott szelvényre nem feleltek meg. Például a szélső függőleges rácsrudaknál az átfedés mértéke miatt növelni kellett a szelvény méreteit, illetve több esetben a bekötési hézagra vonatkozó szabály miatt kellett változtatni. Gazdaságossági szempont alapján a támasztól a szimmetriatengelyig haladva ajánlott a rácsrúd szelvények oldalméreteinek csökkentése az igénybevételek függvényében. Esetemben kétféle szelvényű rácsrudat tudtam alkalmazni, a korábban már említett szerkesztési szabályokra hivatkozva.

Szelvények típusai:

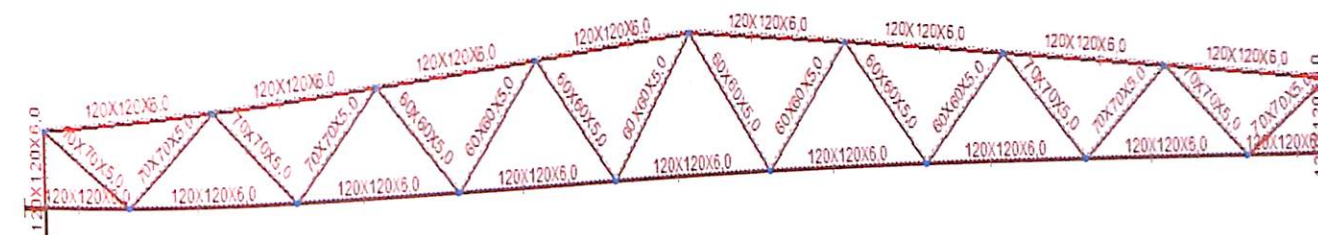
RHS – melegen hengerelt négyzet szelvényű zárt idomacél

HEA – európai széles talpú profil

Alkalmazott szelvények:

- RHS 120X120X6
- RHS 70X70X5
- RHS 60X60X5
- HEA 160





Az AxisVM program által végzett optimalizálás eredményét megváltoztatta a csomópontok kézi ellenőrző számítása, mivel egyes szerkesztési szabályok az adott szelvényre nem feleltek meg. Például a szélső függőleges rácsrudaknál az átfedés mértéke miatt növelni kellett a szelvény méreteit, illetve több esetben a bekötési hézagra vonatkozó szabály miatt kellett változtatni. Gazdaságossági szempont alapján a támasztól a szimmetriatengelyig haladva ajánlott a rácsrúd szelvények oldalméreteinek csökkentése az igénybevételek függvényében. Esetemben kétféle szelvényű rácsrudat tudtam alkalmazni, a korábban már említett szerkesztési szabályokra hivatkozva.

Szelvények típusai:

RHS – melegen hengerelt négyzet szelvényű zárt idomacél

HEA – európai széles talpú profil

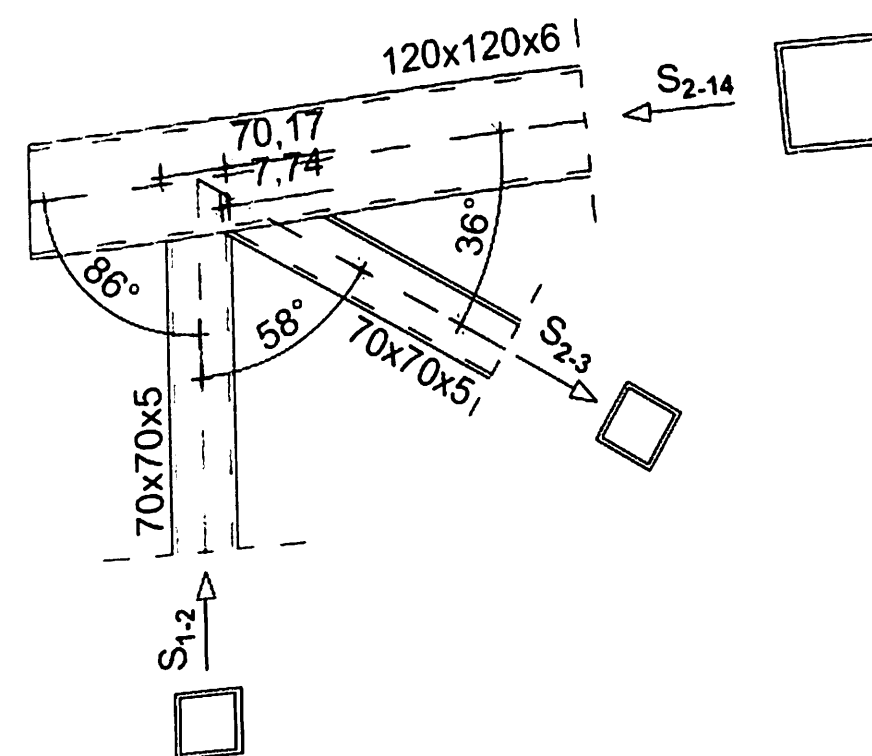
Alkalmazott szelvények:

- RHS 120X120X6
- RHS 70X70X5
- RHS 60X60X5
- HEA 160



I./F Rácsos tartó csomópontok ellenőrzése

2. csomópont – átfedő csomópont



1: ráfedó rácsrúd

2: átfedett rácsrúd

$\epsilon = 1,0$

$\gamma_{M5} = 1,0$

$\theta_1 = 58^\circ$

$\theta_2 = 36^\circ$

Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

$\beta_w = 0,80$

Rúderők:

$S_{1-2} = 155,79 \text{ kN} = N_1$

$S_{2-3} = 235,57 \text{ kN} = N_2$

$S_{2-14} = 198,90 \text{ kN}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$h_0 = 120 \text{ mm}$

$b_0 = 120 \text{ mm}$

$t_0 = 6 \text{ mm}$

$A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 120x120x6

$h_1 = 120 \text{ mm}$

$b_1 = 120 \text{ mm}$

$t_1 = 6 \text{ mm}$

$A_1 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 70x70x5

$h_2 = 70 \text{ mm}$

$b_2 = 70 \text{ mm}$

$t_2 = 5 \text{ mm}$

$A_2 = 12,7 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

Nyomott rácsrúd (  $N_1$  –ráfedő )

$$h_1 / b_1 = 1 \rightarrow 0,5 \leq 1 \leq 2$$

$$b_1 / t_1 = 20 \rightarrow 20 \leq 35$$

$$h_1 / t_1 = 20 \rightarrow 20 \leq 35$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 108 \text{ mm}$$

$$c_f / t_1 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 \leq 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

Húzott rácsrúd (  $N_2$  –átfedett )

$$h_2 / b_2 = 1 \rightarrow 0,5 \leq 1 \leq 2$$

$$b_2 / t_2 = 14 \rightarrow 14 \leq 35$$

$$h_2 / t_2 = 14 \rightarrow 14 \leq 35$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 60 \text{ mm}$$

$$c_f / t_2 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 \leq 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

Övrúd

$$h_0 / b_0 = 1 \rightarrow 0,5 \leq 1 \leq 2$$

$$b_0 / t_0 = 20 \rightarrow 20 \leq 35$$

$$h_0 / t_0 = 20 \rightarrow 20 \leq 35$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm}$$

$$c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 \leq 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$b_1 / b_0 = 1,00 \rightarrow 1,00 > 0,25$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$b_2 / b_0 = 0,583 \rightarrow 0,583 > 0,25$$



Rácsrudak bekötési átfedése

$$q = 32,80 \text{ mm} \quad p = 120,30 \text{ mm}$$

$$\lambda_{ov} = (q/p) \cdot 100 = 27,26 \%$$

$$b_{eff} = (10 \cdot f_{y0} \cdot t_0 \cdot b_1) / ((b_0 / t_0) \cdot f_{y1} \cdot t_1) = 60 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq b_1 \quad \rightarrow \quad 60 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$$

$$b_{e,ov} = (10 \cdot f_{y2} \cdot t_2 \cdot b_1) / ((b_2 / t_2) \cdot f_{y1} \cdot t_1) = 71,43 \text{ mm}$$

$$b_{e,ov} \leq b_2 \quad \rightarrow \quad 71,43 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$$

Rácsrudak törése ( $\lambda_{ov} = 27,26 \%$ )

$$25\% \leq \lambda_{ov} \leq 50\% \quad \rightarrow \quad 25\% < 27,26\% < 50\%$$

$$N_{1,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + \lambda_{ov} / 50 \cdot (2 \cdot h_1 - 4 \cdot t_1)] / \gamma_{M5} =$$

$$= 351301 \text{ N} = 351,30 \text{ kN}$$

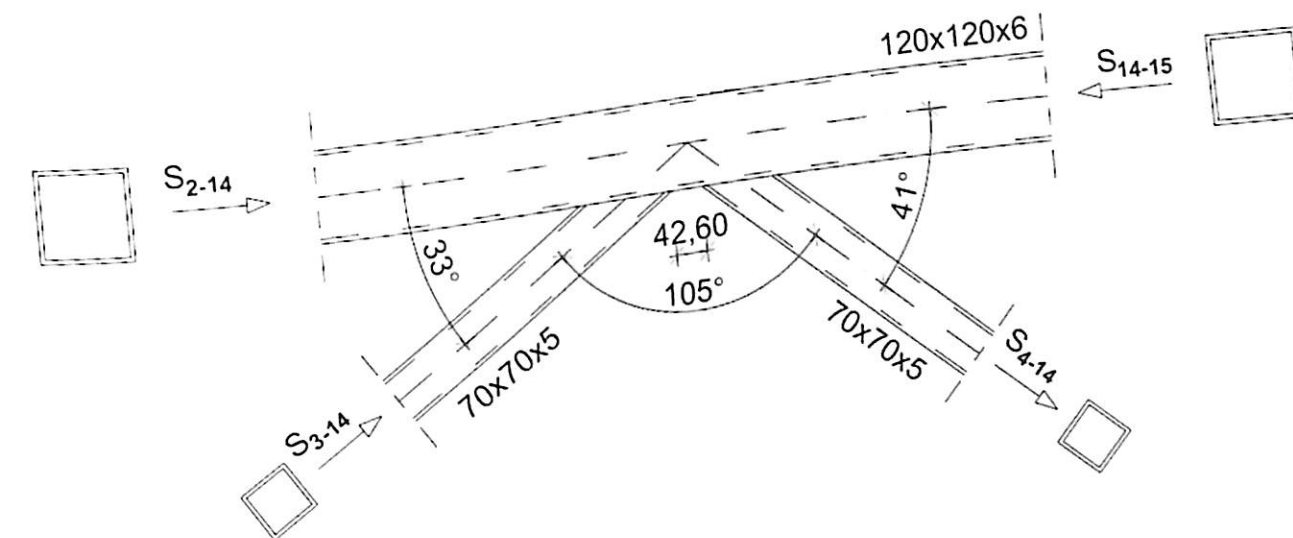
Ellenőzés ( $N_{1,Ed} \leq N_{1,Rd}$ )

$$N_{1,Ed} = 155,79 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 351,30 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 155,79 \text{ kN} < N_{1,Rd} = 351,30 \text{ kN}$$

## 14. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$   
 $\theta_1 = 33^\circ$   $\theta_2 = 41^\circ$   $g = 42,60 \text{ mm (hézag)}$   
 $\epsilon = 1,0$   $\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:

$$S_{3-14} = 191,56 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$S_{4-14} = 115,82 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

$$S_{14-15} = 441,86 \text{ kN} = N_{0,Ed}$$

Rúdhosszak:

$$L_1 = 1,465 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,468 \text{ m}$$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$$h_0 = 120 \text{ mm} \quad b_0 = 120 \text{ mm} \quad t_0 = 6 \text{ mm}$$

$$A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$$

Nyomott rácsrúd: RHS 70x70x5

$$h_1 = 70 \text{ mm} \quad b_1 = 70 \text{ mm} \quad t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$A_1 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$$

Húzott rácsrúd: RHS 70x70x5

$$h_2 = 70 \text{ mm} \quad b_2 = 70 \text{ mm} \quad t_2 = 5 \text{ mm}$$

$$A_2 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$$

## • Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd ( $N_1$ )

$$h_1 / b_1 = 1$$

 $\rightarrow$ 

$$0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2$$

 $\rightarrow$ 

$$0,5 < 1 < 2$$

$$b_1 / t_1 = 14$$

 $\rightarrow$ 

$$b_1 / t_1 \leq 35$$

 $\rightarrow$ 

$$14 < 35$$

$$h_1 / t_1 = 14$$

 $\rightarrow$ 

$$h_1 / t_1 \leq 35$$

 $\rightarrow$ 

$$14 < 35$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd ( $N_2$ )

$$\begin{array}{llll} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 & \rightarrow & 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 14 & \rightarrow & b_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow & 14 < 35 \\ h_2 / t_2 = 14 & \rightarrow & h_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow & 14 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

## - Övrúd

$$\begin{array}{llll} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 & \rightarrow & 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow & 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & h_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow & 20 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

## - Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_1 / b_0 = 0,583 & \rightarrow & b_1 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow & 0,583 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow & 0,583 > 0,3 \end{array}$$

## - Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_2 / b_0 = 0,583 & \rightarrow & b_2 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow & 0,583 > 0,35 \\ b_2 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow & 0,583 > 0,3 \end{array}$$

## - Húzott és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} 0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) \leq 1,3 & \rightarrow & & \rightarrow & 0,6 < 1,0 < 1,3 \\ (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) = 1,0 & \rightarrow & & \rightarrow & 20 > 15 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \geq 15 & \rightarrow & \end{array}$$

- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g = 42,60 \text{ mm}$ )

$$\begin{array}{llll} \beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,583 & \rightarrow & & \rightarrow & 0,355 > 0,208 \\ g / b_0 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) & \rightarrow & & \rightarrow & 0,355 < 0,625 \\ g / b_0 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) & \rightarrow & & \rightarrow & 42,60 > 10 \\ g \geq t_1 + t_2 & \rightarrow & & \rightarrow & \end{array}$$



- Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 156,69 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,667 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,843 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 214,93 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 214,93 \text{ kN} > 191,56 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 178,43 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 178,43 \text{ kN} > 115,82 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő ( $N_{b,Rd}$ )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90 \quad i = 26,4 \text{ mm} \quad A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 397,05 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,465 \text{ m}$$

$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,591$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,500                                | 0,9243          |
| 0,600                                | 0,8900          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,8931$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 266,54 \text{ kN} = 266540 \text{ N}$$

Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

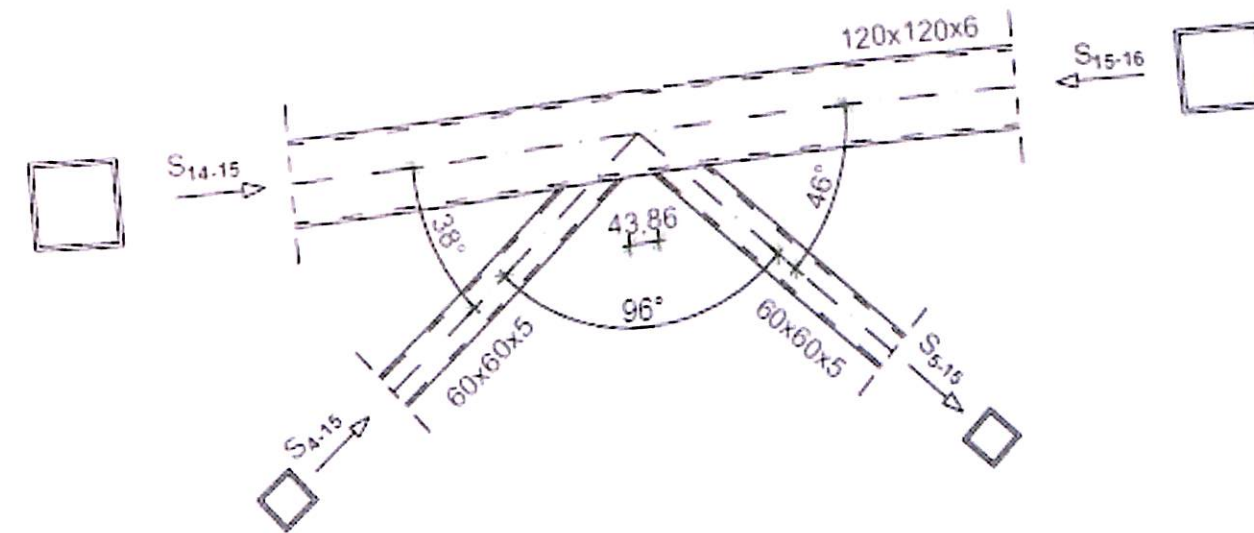
$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 671,31 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 671,31 \text{ N/mm}$$



## 15. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$

$\theta_1 = 38^\circ$

$\theta_2 = 46^\circ$

$\varepsilon = 1,0$

$\gamma_{M5} = 1,0$

$g = 35,77 \text{ mm}$

Rúderők:

$S_{4-15} = 91,39 \text{ kN} = N_{1,Ed}$

$S_{5-15} = 37,81 \text{ kN} = N_{2,Ed}$

$S_{15-16} = 537,17 \text{ kN} = N_{0,Ed}$

Rúdhosszak:

$L_1 = 1,583 \text{ m}$

$L_2 = 1,575 \text{ m}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$h_0 = 120 \text{ mm}$

$b_0 = 120 \text{ mm}$

$t_0 = 6 \text{ mm}$

$A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 70x70x5

$h_1 = 70 \text{ mm}$

$b_1 = 70 \text{ mm}$

$t_1 = 5 \text{ mm}$

$A_1 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 60x60x5

$h_2 = 60 \text{ mm}$

$b_2 = 60 \text{ mm}$

$t_2 = 5 \text{ mm}$

$A_2 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$



• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd (  $N_1$  )

$$\begin{array}{llll} h_1 / b_1 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_1 / t_1 = 14 & \rightarrow & b_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \\ h_1 / t_1 = 14 & \rightarrow & h_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd (  $N_2$  )

$$\begin{array}{llll} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & b_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \\ h_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & h_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{array}{llll} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & h_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_1 / b_0 = 0,583 & \rightarrow & b_1 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow 0,583 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow 0,583 > 0,30 \end{array}$$

- Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_2 / b_0 = 0,500 & \rightarrow & b_2 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow 0,50 > 0,35 \\ b_2 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow 0,50 > 0,30 \end{array}$$

- Húzott és nyomott rácsrúd

$$0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) \leq 1,3$$

$$(b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) = 0,93$$

$$b_0 / t_0 = 20 \rightarrow b_0 / t_0 \geq 15$$

$$\rightarrow 0,6 < 0,93 < 1,3$$

$$\rightarrow 20 > 15$$

- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g=35,77$  mm)

$$\beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,542$$

$$g / b_0 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta)$$

$$g / b_0 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta)$$

$$g \geq t_1 + t_2$$

$$\rightarrow 0,298 > 0,229$$

$$\rightarrow 0,298 < 0,688$$

$$\rightarrow 35,77 > 10$$

• Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 190,49 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,811$$

$$k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,701 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 146,94 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 146,94 \text{ kN} > 91,39 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 125,76 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 125,76 \text{ kN} > 37,83 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő (  $N_{b,Rd}$  )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90$$

$$i = 26,4 \text{ mm}$$

$$A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 367,40 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,583 \text{ m}$$

$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,639$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacélok nál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,600                                | 0,8900          |
| 0,700                                | 0,8477          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,8737$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 260,75 \text{ kN} = 260750 \text{ N}$$

Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

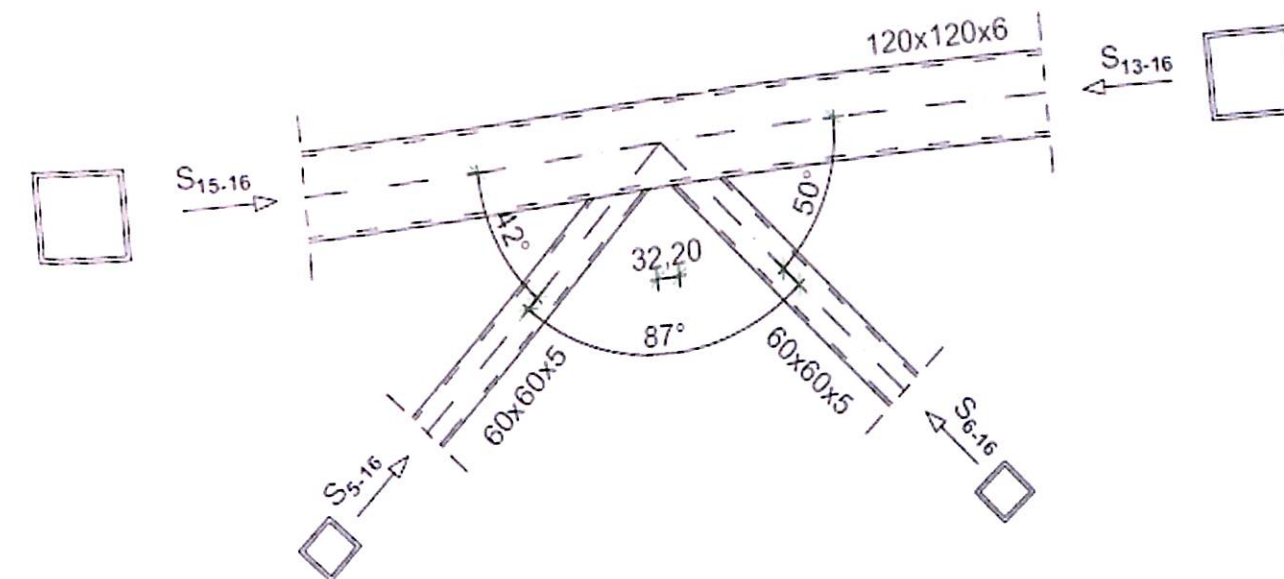
$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 709,72 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 709,72 \text{ N/mm}$$



16. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$   
 $\theta_1 = 42^\circ$   $\theta_2 = 50^\circ$   $g = 32,20 \text{ mm}$   
 $\epsilon = 1,0$   $\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:

$$S_{5-16} = 22,36 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$S_{6-16} = 18,60 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

$$S_{13-16} = 539,76 \text{ kN} = N_{0,Ed}$$

Rúdhosszak:

$$L_1 = 1,700 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,702 \text{ m}$$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$$h_0 = 120 \text{ mm} \quad b_0 = 120 \text{ mm} \quad t_0 = 6 \text{ mm}$$

$$A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$$

Nyomott rácsrúd: RHS 60x60x5

$$h_1 = 60 \text{ mm} \quad b_1 = 60 \text{ mm} \quad t_1 = 5 \text{ mm}$$

$$A_1 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$$

Nyomott rácsrúd: RHS 60x60x5

$$h_2 = 60 \text{ mm} \quad b_2 = 60 \text{ mm} \quad t_2 = 5 \text{ mm}$$

$$A_2 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd (  $N_1$  )

$$\begin{array}{llll} h_1 / b_1 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_1 / t_1 = 12 & \rightarrow & b_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \\ h_1 / t_1 = 12 & \rightarrow & h_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Nyomott rácsrúd (  $N_2$  )

$$\begin{array}{llll} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & b_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \\ h_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & h_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 12 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{array}{llll} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & h_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_1 / b_0 = 0,50 & \rightarrow & b_1 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow 0,50 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow 0,50 > 0,30 \end{array}$$

- Bekötési hézag ellenőrzése (  $g = 32,20 \text{ mm}$  )

$$\begin{array}{llll} \beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,500 & \rightarrow & & 0,268 > 0,250 \\ g / b_0 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) & \rightarrow & & 0,268 < 0,750 \\ g / b_0 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) & \rightarrow & & 32,20 > 10 \\ g \geq t_1 + t_2 & & & \end{array}$$



• Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 191,40 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,814 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,648 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [ (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) ] / \gamma_{M5} = 115,36 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 115,36 \text{ kN} > 22,36 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [ (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) ] / \gamma_{M5} = 100,77 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 100,77 \text{ kN} > 18,60 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása (  $F_{w,Rd}$  )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő (  $N_{b,Rd}$  )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90 \quad i = 22,3 \text{ mm} \quad A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 299,34 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,70 \text{ m}$$



$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,812$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,800                                | 0,7957          |
| 0,900                                | 0,7339          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,7884$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 198,24 \text{ kN} = 198240 \text{ N}$$

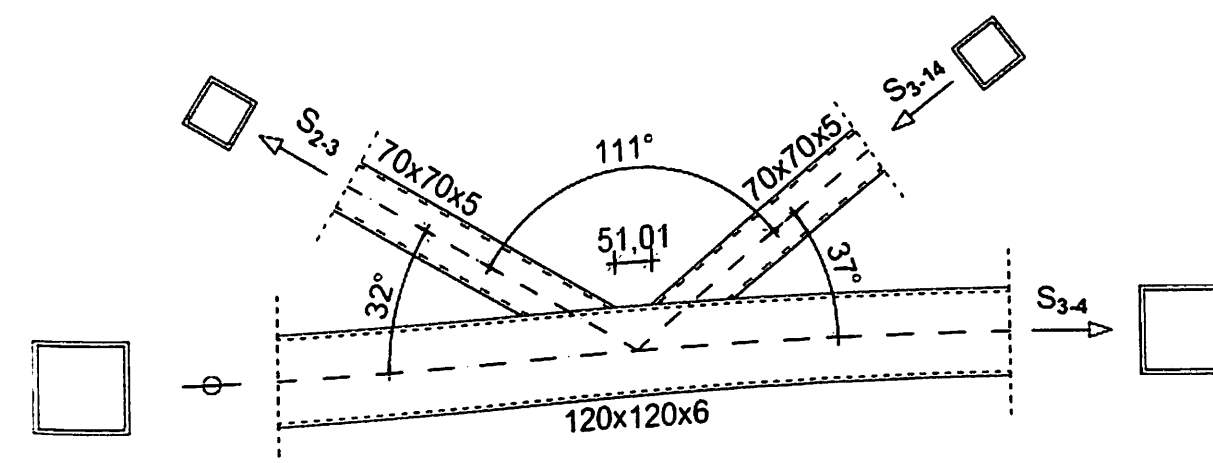
Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 662,25 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 662,25 \text{ N/mm}$$

## 3. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$

$\theta_1 = 37^\circ$

$\theta_2 = 32^\circ$

$g = 51,01 \text{ mm}$  (hézag)

$\epsilon = 1,0$

$\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:

$S_{3-14} = 191,56 \text{ kN} = N_{1,Ed}$

$S_{2-3} = 235,57 \text{ kN} = N_{2,Ed}$

$S_{3-4} = 349,46 \text{ kN} = N_{0,Ed}$

Rúdhosszak:

$L_1 = 1,465 \text{ m}$

$L_2 = 1,361 \text{ m}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$h_0 = 120 \text{ mm}$

$b_0 = 120 \text{ mm}$

$t_0 = 6 \text{ mm}$

$A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 70x70x5

$h_1 = 70 \text{ mm}$

$b_1 = 70 \text{ mm}$

$t_1 = 5 \text{ mm}$

$A_1 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 70x70x5

$h_2 = 70 \text{ mm}$

$b_2 = 70 \text{ mm}$

$t_2 = 5 \text{ mm}$

$A_2 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd (  $N_1$  )

$$\begin{array}{llll} h_1 / b_1 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_1 / t_1 = 14 & \rightarrow & b_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \\ h_1 / t_1 = 14 & \rightarrow & h_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd (  $N_2$  )

$$\begin{array}{llll} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 14 & \rightarrow & b_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \\ h_2 / t_2 = 14 & \rightarrow & h_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow 14 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{array}{llll} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 & \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & h_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow 20 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_1 / b_0 = 0,583 & \rightarrow & b_1 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow 0,583 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & & & \rightarrow 0,583 > 0,30 \end{array}$$

- Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_2 / b_0 = 0,583 & \rightarrow & b_2 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow 0,583 > 0,35 \\ b_2 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & & & \rightarrow 0,583 > 0,3 \end{array}$$

- Húzott és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} 0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) \leq 1,3 & \rightarrow & & 0,6 < 1,0 < 1,3 \\ (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) = 1,0 & & & \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \geq 15 & \rightarrow 20 > 15 \end{array}$$



- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g=51,01$  mm)

$$\beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,583$$

$$g / b_0 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) \quad \rightarrow \quad 0,425 > 0,208$$

$$g / b_0 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) \quad \rightarrow \quad 0,425 < 0,625$$

$$g \geq t_1 + t_2 \quad \rightarrow \quad 51,01 > 10$$

• Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 123,92 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,527 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,938 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 216,57 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 216,57 \text{ kN} > 191,56 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 245,96 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 245,96 \text{ kN} > 235,57 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő ( $N_{b,Rd}$ )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 372,63 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,465 \text{ m}$$

$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,591$$

Csökkentő tényező ( $\chi$ ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,500                                | 0,9243          |
| 0,600                                | 0,8900          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,8931$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 266,54 \text{ kN} = 266540 \text{ N}$$

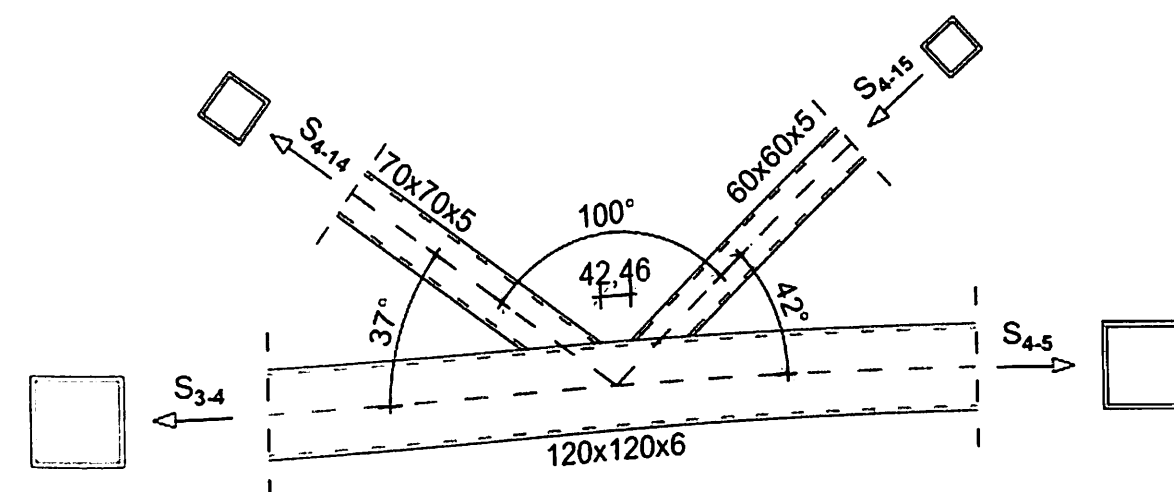
Varrat ellenőrzése ( $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$ )

$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 715,31 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 715,31 \text{ N/mm}$$

4. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$   
 $\theta_1 = 42^\circ$   $\theta_2 = 37^\circ$   $g = 35,01 \text{ mm}$   
 $\epsilon = 1,0$   $\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:  
 $S_{4-15} = 91,39 \text{ kN} = N_{1,Ed}$   $S_{4-14} = 115,82 \text{ kN} = N_{2,Ed}$   $S_{4-5} = 508,04 \text{ kN} = N_{0,Ed}$

Rúdhosszak:  
 $L_1 = 1,583 \text{ m}$   $L_2 = 1,468 \text{ m}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6  
 $h_0 = 120 \text{ mm}$   $b_0 = 120 \text{ mm}$   $t_0 = 6 \text{ mm}$   $A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 70x70x5  
 $h_1 = 70 \text{ mm}$   $b_1 = 70 \text{ mm}$   $t_1 = 5 \text{ mm}$   $A_1 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 70x70x5  
 $h_2 = 70 \text{ mm}$   $b_2 = 70 \text{ mm}$   $t_2 = 5 \text{ mm}$   $A_2 = 12,70 \text{ cm}^2 = 1270 \text{ mm}^2$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd ( $N_1$ )

|                  |               |                             |               |               |
|------------------|---------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| $h_1 / b_1 = 1$  | $\rightarrow$ | $0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2$ | $\rightarrow$ | $0,5 < 1 < 2$ |
| $b_1 / t_1 = 14$ | $\rightarrow$ | $b_1 / t_1 \leq 35$         | $\rightarrow$ | $14 < 35$     |
| $h_1 / t_1 = 14$ | $\rightarrow$ | $h_1 / t_1 \leq 35$         | $\rightarrow$ | $14 < 35$     |



Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd ( $N_2$ )

$$\begin{aligned} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 14 & \rightarrow b_2 / t_2 \leq 35 \rightarrow 14 < 35 \\ h_2 / t_2 = 14 & \rightarrow h_2 / t_2 \leq 35 \rightarrow 14 < 35 \end{aligned}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 60 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 12 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 12 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{aligned} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow b_0 / t_0 \leq 35 \rightarrow 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow h_0 / t_0 \leq 35 \rightarrow 20 < 35 \end{aligned}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{aligned} b_1 / b_0 = 0,583 & \rightarrow b_1 / b_0 \geq 0,35 \rightarrow 0,583 > 0,35 \\ b_1 / b_0 & \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) \rightarrow 0,583 > 0,30 \end{aligned}$$

- Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{aligned} b_2 / b_0 = 0,5 & \rightarrow b_2 / b_0 \geq 0,35 \rightarrow 0,583 > 0,35 \\ b_2 / b_0 & \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) \rightarrow 0,583 > 0,30 \end{aligned}$$

- Húzott és nyomott rácsrúd

$$\begin{aligned} 0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) & \leq 1,3 \rightarrow 0,6 < 1,0 < 1,3 \\ (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) & = 1,0 \rightarrow 20 > 15 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow b_0 / t_0 \geq 15 \end{aligned}$$

- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g = 42,46 \text{ mm}$ )

$$\begin{aligned} \beta &= (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,583 \rightarrow 0,292 > 0,208 \\ g / b_0 &\geq 0,5 \cdot (1 - \beta) \rightarrow 0,292 < 0,625 \\ g / b_0 &\leq 1,5 \cdot (1 - \beta) \rightarrow 35,01 > 10 \\ g &\geq t_1 + t_2 \end{aligned}$$

• Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 180,16 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,767 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,774 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 160,73 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 160,73 \text{ kN} > 91,39 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 178,70 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 178,70 \text{ kN} > 115,82 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő ( $N_{b,Rd}$ )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 349,23 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,583 \text{ m}$$

$$i = 26,4 \text{ mm} \quad A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,639$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,600                                | 0,8900          |
| 0,700                                | 0,8477          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,8737$

$$N_{b,Rd} = ( \chi \cdot A \cdot f_y ) / \gamma_{M1} = 260,75 \text{ kN} = 260750 \text{ N}$$

Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

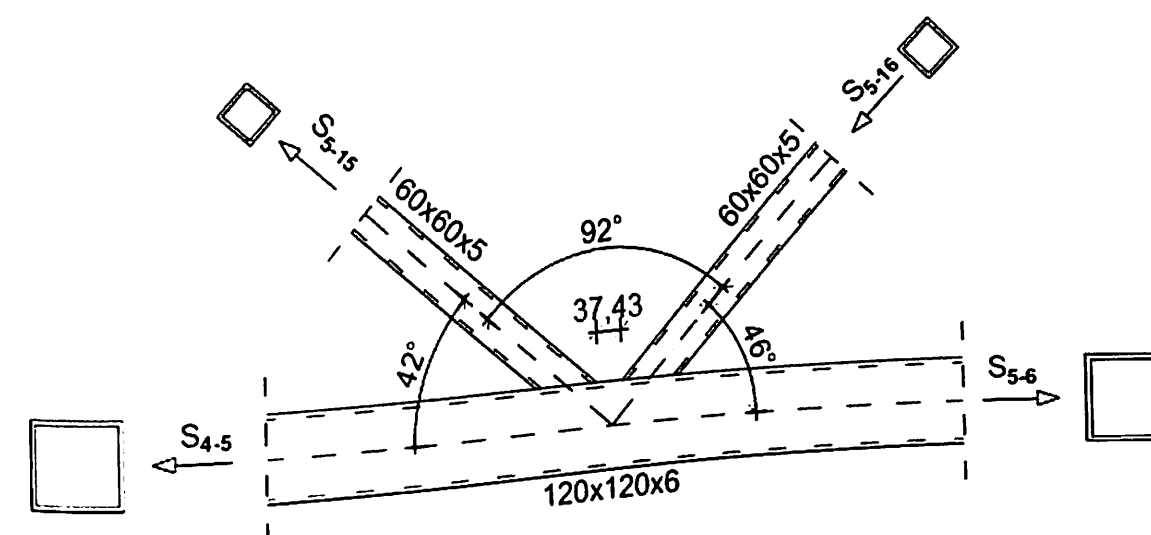
$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 746,65 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 746,65 \text{ N/mm}$$



5. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$   
 $\theta_1 = 46^\circ$   $\theta_2 = 42^\circ$   $g = 37,43 \text{ mm}$   
 $\epsilon = 1,0$   $\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:

$S_{5-16} = 22,36 \text{ kN} = N_{1,Ed}$   $S_{5-15} = 37,81 \text{ kN} = N_{2,Ed}$   $S_{5-6} = 551,21 \text{ kN} = N_{0,Ed}$

Rúdhosszak:

$L_1 = 1,700 \text{ m}$   $L_2 = 1,575 \text{ m}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$h_0 = 120 \text{ mm}$   $b_0 = 120 \text{ mm}$   $t_0 = 6 \text{ mm}$   $A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 60x60x5

$h_1 = 60 \text{ mm}$   $b_1 = 60 \text{ mm}$   $t_1 = 5 \text{ mm}$   $A_1 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 60x60x5

$h_2 = 60 \text{ mm}$   $b_2 = 60 \text{ mm}$   $t_2 = 5 \text{ mm}$   $A_2 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd ( $N_1$ )

$h_1 / b_1 = 1 \rightarrow 0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2 \rightarrow 0,5 < 1 < 2$   
 $b_1 / t_1 = 12 \rightarrow b_1 / t_1 \leq 35 \rightarrow 12 < 35$   
 $h_1 / t_1 = 12 \rightarrow h_1 / t_1 \leq 35 \rightarrow 12 < 35$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd ( $N_2$ )

$$\begin{aligned} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 12 & \rightarrow b_2 / t_2 \leq 35 \rightarrow 12 < 35 \\ h_2 / t_2 = 12 & \rightarrow h_2 / t_2 \leq 35 \rightarrow 12 < 35 \end{aligned}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{aligned} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 \rightarrow 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow b_0 / t_0 \leq 35 \rightarrow 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow h_0 / t_0 \leq 35 \rightarrow 20 < 35 \end{aligned}$$

Keresztmetszet osztályozása ( $\varepsilon = 1,0$ )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{aligned} b_1 / b_0 = 0,5 & \rightarrow b_1 / b_0 \geq 0,35 \rightarrow 0,5 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow 0,5 > 0,3 \end{aligned}$$

- Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{aligned} b_2 / b_0 = 0,5 & \rightarrow b_2 / b_0 \geq 0,35 \rightarrow 0,5 > 0,35 \\ b_2 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow 0,5 > 0,3 \end{aligned}$$

- Húzott és nyomott rácsrúd

$$\begin{aligned} 0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) & \leq 1,3 \\ (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) = 1,0 & \rightarrow 0,6 < 1,0 < 1,3 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow b_0 / t_0 \geq 15 \rightarrow 20 > 15 \end{aligned}$$

- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g = 37,43 \text{ mm}$ )

$$\begin{aligned} \beta &= (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,5 \\ g / b_0 &\geq 0,5 \cdot (1 - \beta) \rightarrow 0,312 > 0,25 \\ g / b_0 &\leq 1,5 \cdot (1 - \beta) \rightarrow 0,312 < 0,75 \\ g &\geq t_1 + t_2 \rightarrow 37,43 > 10 \end{aligned}$$

- Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 195,46 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,832 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,635 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [ (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) ] / \gamma_{M5} = 105,02 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 105,02 \text{ kN} > 22,36 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [ (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) ] / \gamma_{M5} = 112,90 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 112,90 \text{ kN} > 37,81 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő ( $N_{b,Rd}$ )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90 \quad i = 22,3 \text{ mm} \quad A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 286,82 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,700 \text{ m}$$



$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,812$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,800                                | 0,7957          |
| 0,900                                | 0,7339          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,7884$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 198,24 \text{ kN} = 198240 \text{ N}$$

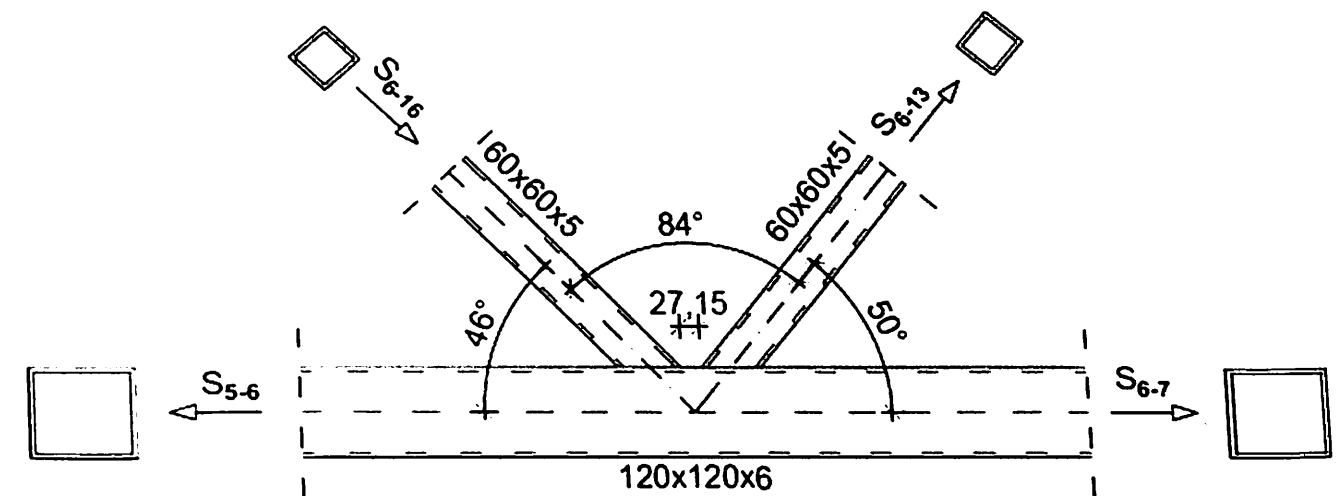
Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 691,15 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 691,15 \text{ N/mm}$$

6. csomópont – hézagos csomópont



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$

$\theta_1 = 46^\circ$   $\theta_2 = 50^\circ$   $g = 31,15 \text{ mm}$

$\epsilon = 1,0$   $\gamma_{M5} = 1,0$

Rúderők:

$S_{6-16} = 18,60 \text{ kN} = N_{1,Ed}$   $S_{6-13} = 29,78 \text{ kN} = N_{2,Ed}$   $S_{5-6} = 551,21 \text{ kN} = N_{0,Ed}$

Rúdhosszak:

$L_1 = 1,702 \text{ m}$   $L_2 = 1,833 \text{ m}$

Övrúd szelvény: RHS 120x120x6

$h_0 = 120 \text{ mm}$   $b_0 = 120 \text{ mm}$   $t_0 = 6 \text{ mm}$   $A_0 = 28,2 \text{ cm}^2 = 2820 \text{ mm}^2$

Nyomott rácsrúd: RHS 60x60x5

$h_1 = 60 \text{ mm}$   $b_1 = 60 \text{ mm}$   $t_1 = 5 \text{ mm}$   $A_1 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$

Húzott rácsrúd: RHS 60x60x5

$h_2 = 60 \text{ mm}$   $b_2 = 60 \text{ mm}$   $t_2 = 5 \text{ mm}$   $A_2 = 10,70 \text{ cm}^2 = 1070 \text{ mm}^2$

• Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

- Nyomott rácsrúd (  $N_1$  )

$$\begin{array}{llll} h_1 / b_1 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_1 / b_1 \leq 2 & \rightarrow & 0,5 < 1 < 2 \\ b_1 / t_1 = 12 & \rightarrow & b_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow & 12 < 35 \\ h_1 / t_1 = 12 & \rightarrow & h_1 / t_1 \leq 35 & \rightarrow & 12 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_1 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Húzott rácsrúd (  $N_2$  )

$$\begin{array}{llll} h_2 / b_2 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_2 / b_2 \leq 2 & \rightarrow & 0,5 < 1 < 2 \\ b_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & b_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow & 12 < 35 \\ h_2 / t_2 = 12 & \rightarrow & h_2 / t_2 \leq 35 & \rightarrow & 12 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_2 - 2 \cdot t_2 = 50 \text{ mm} \quad c_f / t_2 = 10 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 10 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd

$$\begin{array}{llll} h_0 / b_0 = 1 & \rightarrow & 0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2 & \rightarrow & 0,5 < 1 < 2 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow & 20 < 35 \\ h_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & h_0 / t_0 \leq 35 & \rightarrow & 20 < 35 \end{array}$$

Keresztmetszet osztályozása (  $\varepsilon = 1,0$  )

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 108 \text{ mm} \quad c_f / t_0 = 18 \leq 33 \cdot \varepsilon \rightarrow 18 < 33 \rightarrow 1 \text{ km. osztály}$$

- Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_1 / b_0 = 0,5 & \rightarrow & b_1 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow & 0,5 > 0,35 \\ b_1 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow & 0,5 > 0,3 \end{array}$$

- Övrúd és húzott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} b_2 / b_0 = 0,5 & \rightarrow & b_2 / b_0 \geq 0,35 & \rightarrow & 0,5 > 0,35 \\ b_2 / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot (b_0 / t_0) & \rightarrow & & \rightarrow & 0,5 > 0,3 \end{array}$$

- Húzott és nyomott rácsrúd

$$\begin{array}{llll} 0,6 \leq (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) \leq 1,3 & & & & \\ (b_1 + b_2) / (2 \cdot b_1) = 1,0 & \rightarrow & & \rightarrow & 0,6 < 1,0 < 1,3 \\ b_0 / t_0 = 20 & \rightarrow & b_0 / t_0 \geq 15 & \rightarrow & 20 > 15 \end{array}$$



- Bekötési hézag ellenőrzése ( $g = 31,15 \text{ mm}$ )

$$\beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0) = 0,5$$

$$g / b_0 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) \quad \rightarrow \quad 0,26 > 0,25$$

$$g / b_0 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) \quad \rightarrow \quad 0,26 < 0,75$$

$$g \geq t_1 + t_2 \quad \rightarrow \quad 31,15 > 10$$

• Csomópont ellenállása

- Övrúd felületének képlékeny tönkremenetele

$$\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) = 10,00$$

$$\sigma_{Ed} = N_0 / A_0 = 195,46 \text{ N/mm}^2$$

$$n = (\sigma_{Ed} / f_y) \cdot (1 / \gamma_{M5}) = 0,832 \quad k_n = 1,3 - (0,4 \cdot n) / \beta = 0,635 < 1,00$$

$$N_{1,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_1 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 105,02 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 105,02 \text{ kN} > 18,60 \text{ kN} = N_{1,Ed}$$

$$N_{2,Rd} = (8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}) / \sin \theta_2 \cdot [(b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \cdot b_0)] / \gamma_{M5} = 98,62 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = 98,62 \text{ kN} > 29,78 \text{ kN} = N_{2,Ed}$$

- Bekötő varrat ellenőrzése

Varrat fajlagos ellenállása ( $F_{w,Rd}$ )

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad a = 4 \text{ mm} \quad \beta_w = 0,80$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}) = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 831,38 \text{ N/mm}$$

Varratot terhelő fajlagos erő ( $N_{b,Rd}$ )

$$\gamma_{M1} = 1,00 \quad \varepsilon = 1 \quad \lambda_E = 93,90 \quad i = 22,3 \text{ mm} \quad A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$K = 2 \cdot (b_1 + h_1 / \sin \theta_1) = 286,82 \text{ mm}$$

Nyomott rácsrúd kihajlási hossza:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot L_1 = 1,702 \text{ m}$$

$$\lambda' = (L_{cr} \cdot 1) / (i \cdot \lambda_1) = 0,813$$

Csökkentő tényező (  $\chi$  ) értékének meghatározása interpolációval

Melegen alakított zárt idomacéloknál az „a” kihajlási görbét alkalmazzuk

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | a               |
| 0,800                                | 0,7957          |
| 0,900                                | 0,7339          |

Csökkentő tényező:  $\chi = 0,7878$

$$N_{b,Rd} = ( \chi \cdot A \cdot f_y ) / \gamma_{M1} = 198,09 \text{ kN} = 198090 \text{ N}$$

Varrat ellenőrzése (  $F_{w,Rd} \geq N_{b,Rd} / K$  )

$$F_{w,Rd} = 831,38 \text{ N/mm}$$

$$N_{b,Rd} / K = 690,64 \text{ N/mm}$$

$$831,38 \text{ N/mm} > 690,64 \text{ N/mm}$$

# I./G Húzott rudak ellenőrzése

Acélminőség: S235 →  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   $\beta_w = 0,80$

- Szelvény: RHS 120x120x6

$b_0 = 120 \text{ mm}$   $h_0 = 120 \text{ mm}$   $t_0 = 6 \text{ mm}$   $A_0 = 2820 \text{ mm}^2$

Mértékadó húzóerő:  $N_{Ed} = 551,21 \text{ kN}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$N_{pl,Rd} = (A_0 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 662.700 \text{ N} = 662,70 \text{ kN}$

$N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 551,21 \text{ kN} < 662,70 \text{ kN}$

- Szelvény: RHS 70x70x5

$b_2 = 70 \text{ mm}$   $h_2 = 70 \text{ mm}$   $t_2 = 5 \text{ mm}$   $A_2 = 1270 \text{ mm}^2$

Mértékadó húzóerő:  $N_{Ed} = 191,56 \text{ kN}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$N_{pl,Rd} = (A_2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 298.450 \text{ N} = 298,45 \text{ kN}$

$N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 191,56 \text{ kN} < 298,45 \text{ kN}$

- Szelvény: RHS 60x60x5

$b_2 = 60 \text{ mm}$   $h_2 = 60 \text{ mm}$   $t_2 = 5 \text{ mm}$   $A_2 = 1070 \text{ mm}^2$

Mértékadó húzóerő:  $N_{Ed} = 22,36 \text{ kN}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$N_{pl,Rd} = (A_2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 251.450 \text{ N} = 251,45 \text{ kN}$

$N_{Ed} \leq N_{Rd} \rightarrow 22,36 \text{ kN} < 251,45 \text{ kN}$



### I./H Húzott övrúd toldásának méretezése

Szelvény: RHS 120x120x6

|                                 |                               |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $b_0 = 120 \text{ mm}$          | $h_0 = 120 \text{ mm}$        | $t_0 = 6 \text{ mm}$          |
| Acélminőség: S235 $\rightarrow$ | $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$    | $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$    |
| Csavar: M20 5.6 $\rightarrow$   | $f_{yb} = 300 \text{ N/mm}^2$ | $f_{ub} = 500 \text{ N/mm}^2$ |
|                                 | $d = 20 \text{ mm}$           | $d_0 = 22 \text{ mm}$         |
|                                 | $A = 314 \text{ mm}^2$        | $A_s = 245 \text{ mm}^2$      |

Mértékadó húzóerő:  $N_{Ed} = 551,21 \text{ kN}$

Heveder lemez vastagsága:  $t = 10 \text{ mm}$

Geometriai adatok / Csavarkiosztás

|                          |                                   |               |                       |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------|
| $e_1 \geq 2,0 \cdot d_0$ | $2,0 \cdot d_0 = 44,0 \text{ mm}$ | $\rightarrow$ | $e_1 = 45 \text{ mm}$ |
| $p_1 \geq 3,0 \cdot d_0$ | $3,0 \cdot d_0 = 66,0 \text{ mm}$ | $\rightarrow$ | $p_1 = 70 \text{ mm}$ |
| $e_2 \geq 1,5 \cdot d_0$ | $1,5 \cdot d_0 = 33,0 \text{ mm}$ | $\rightarrow$ | $e_2 = 35 \text{ mm}$ |
| $p_2 \geq 3,0 \cdot d_0$ | $3,0 \cdot d_0 = 66,0 \text{ mm}$ | $\rightarrow$ | $p_2 = 70 \text{ mm}$ |

Csavar nyírási ellenállása (mértékadó)

$\gamma_{M2} = 1,25$   $n = 2$  (kétoldali)

$F_{v,Rd} = n \cdot (0,6 \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = 150,72 \text{ kN}$

Csavar palástnyomási ellenállása

$k_{1,e} = \min \{ 2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,75 ; 2,5 \} = 2,5$

$k_{1,p} = \min \{ 1,4 \cdot (p_2/d_0) - 1,7 ; 2,5 \} = \min \{ 2,75 ; 2,5 \} = 2,5$

$\alpha_{b,e} = \min \{ e_1 / (3 \cdot d_0) ; f_{ub} / f_u ; 1 \} = \min \{ 0,682 ; 1,39 ; 1 \} = 0,682$

$\alpha_{b,p} = \min \{ p_1 / (3 \cdot d_0) - 0,25 ; f_{ub} / f_u ; 1 \} = \min \{ 0,811 ; 1,39 ; 1 \} = 0,811$

$F_{b,Rd,e} = (k_{1,e} \cdot \alpha_{b,e} \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 0,682 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10) / 1,25 = 98208 \text{ N}$   
 $= 98,21 \text{ kN}$

$F_{b,Rd,p} = (k_{1,p} \cdot \alpha_{b,p} \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = (2,5 \cdot 0,811 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10) / 1,25 = 116784 \text{ N}$   
 $= 116,78 \text{ kN}$

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$$F_{Rd} = \min \{ F_{v,Rd} ; F_{b,Rd,e} ; F_{b,Rd,p} \} = \{ 150,72 ; 98,21 ; 116,78 \} = 98,21 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = N_{Ed} / n \quad n - \text{csavarok száma}$$

$$N_{Ed} / n \leq F_{Rd}$$

$$551,21 / n \leq 98,21 \quad 551,21 / 98,21 \leq n \quad 5,61 \leq n \quad \rightarrow \quad n = 6 \text{ db}$$

$$h = 2 \cdot e_2 = 70 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 10 \text{ mm} + 4 \cdot d_0 = 98 \text{ mm}$$

$$h_{min} \leq h \quad \rightarrow \quad 98 \text{ mm} > 70 \text{ mm} \quad \text{Nem felel meg!}$$

$$e_2 \text{ értékének a növelése szükséges} \quad \rightarrow \quad e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$h = 2 \cdot e_2 = 100 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 10 \text{ mm} + 4 \cdot d_0 = 98 \text{ mm}$$

$$h_{min} \leq h \quad \rightarrow \quad 98 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{Megfelel!}$$

Heveder hossza:

$$l_h = (2 \cdot p_1 + 2 \cdot e_1) \cdot 2 = 460 \text{ mm}$$

Ellenőrzés ( $F_{Ed} \leq F_{Rd}$ )

$n = 6$  db M20 5.6 csavar

$$F_{Ed} = N_{Ed} / n = 91,86 \text{ kN} \quad F_{Rd} = 98,21 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} \leq F_{Rd} \quad \rightarrow \quad 91,86 \text{ kN} < 98,21 \text{ kN}$$

Bekötő varratok ellenőrzése ( $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$ )

$$a = 4 \text{ mm} \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2 \quad \beta_w = 0,80 \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

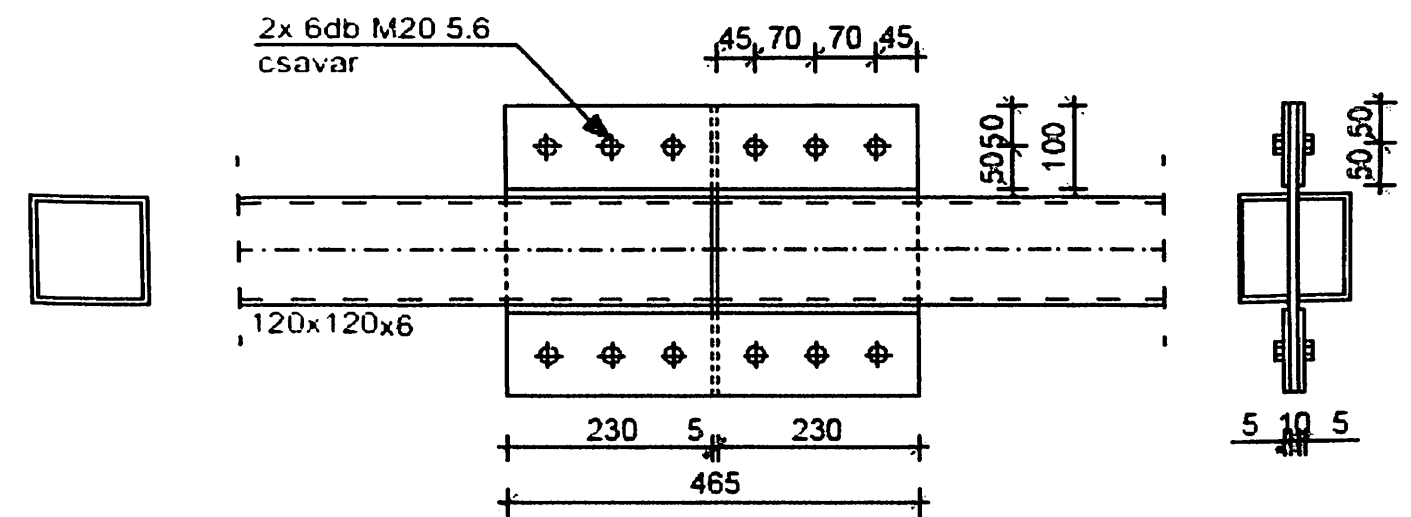
$$N_{Ed} = 551,21 \text{ kN} \quad l = 230 \text{ mm (varrathossz)} \quad l_{eff} = l - 2 \cdot a = 222 \text{ mm}$$

$$\tau = N_{Ed} / (4 \cdot a \cdot l_{eff}) = 155,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Ed} = \sqrt{3 \cdot \tau^2} = 268,78 \text{ N/mm}^2$$

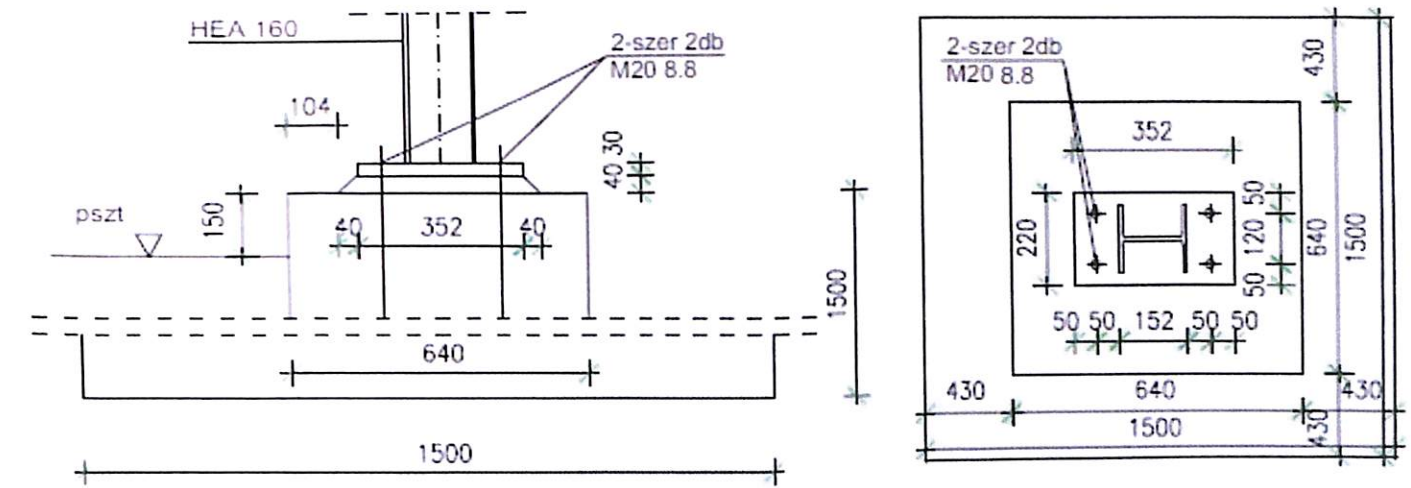
$$\tau_{Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd} \quad \rightarrow \quad 268,78 \text{ N/mm}^2 < 360 \text{ N/mm}^2$$



Övrúd toldásának kialakítása

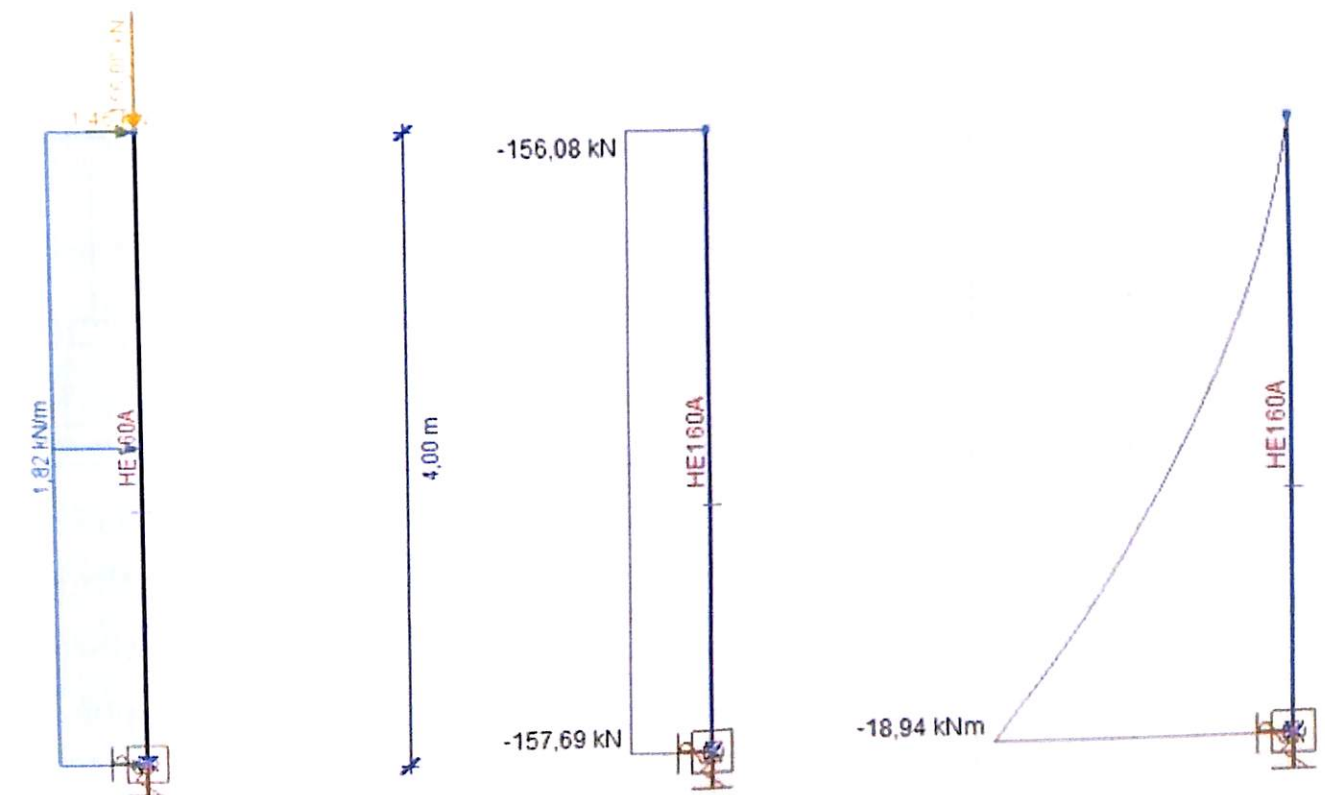
# I./I Talpkapcsolat méretezése és ellenőrzése



Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed} = 157,69 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 18,94 \text{ kNm}$$



Oszlop igénybevételek – AxisVM részlet



Szerkezeti elemek anyagminősége:

$$\begin{array}{llll} \text{S235} & \rightarrow & f_y = 235 \text{ N/mm}^2 & f_u = 360 \text{ N/mm}^2 \quad E = 210.000 \text{ N/mm}^2 \\ \text{C20/25} & \rightarrow & f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2 & f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1,5 \end{array}$$

A csavarok M20 8.8 minőségűek:

$$\begin{array}{llll} f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2 & f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 & & \\ d = 20 \text{ mm} & d_0 = 22 \text{ mm} & A = 314 \text{ mm}^2 & A_s = 245 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Oszlop adatai: HEA 160 melegen hengerelt szelvény

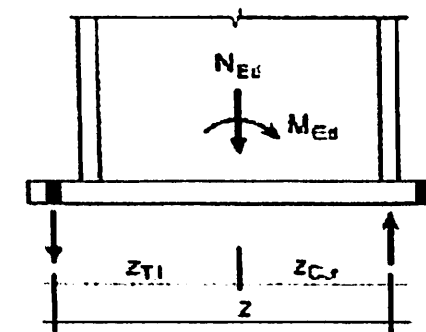
$$b = 160 \text{ mm} \quad t_f = 9 \text{ mm} \quad h = 152 \text{ mm} \quad t_w = 6 \text{ mm}$$

Talplemez geometriai adatai:

$$b_p = 220 \text{ mm} \quad h_p = 352 \text{ mm} \quad t_p = 30 \text{ mm}$$

Külpontosság:  $e_{kul} = M_{Ed} / N_{Ed} = -120,11 \text{ mm}$

Erőkarok számítása:



$$\begin{aligned} z_c &= h/2 - t_f/2 = 71,5 \text{ mm} \\ z_t &= h/2 + p_p = 126 \text{ mm} \\ z &= z_c + z_t = 197,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nyomott T – elem ellenállása ( $F_{C,Rd}$ )

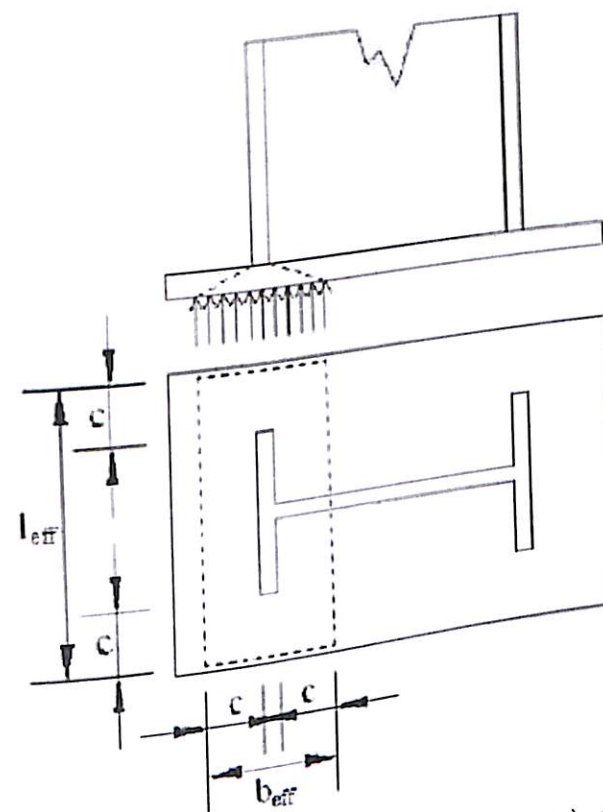
Helyettesítő nyomott T – elem méreteinek számítása

„c” érték meghatározása:

$\beta = 2/3$  – kapcsolt tényező, 2/3-ra vehető mivel az aláöntés karakterisztikus szilárdsága legalább 0,2-szerese a beton alaptestének

$k_j = 1,0$  – koncentrációs tényező

$$f_{jd} = \beta \cdot (f_{ck} / \gamma_c) \cdot k_j \approx 2 \cdot f_{cd} = 26,6 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1,0$$



$$c = t_p \cdot \sqrt{f_y / (3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0})} = 30 \cdot \sqrt{235 / (3 \cdot 26,6 \cdot 1,0)} = 51,5 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot c + t_f = 112 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} \approx b_p = 220 \text{ mm}$$

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot b_{\text{eff}} \cdot l_{\text{eff}} = 655,42 \text{ kN}$$

Húzott T – elem ellenállása ( $F_{T,Rd}$ )

$$e_x = 50 \text{ mm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

$$m_x = e_x - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} = 45,5 \text{ mm}$$

$$w = 120 \text{ mm} \quad e = 50 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot b_p = 110 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = (0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_p^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 5,82 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,Rd}) / m_x = 255,82 \text{ kN}$$

Lehorgonyzó csavar húzási ellenállása ( $F_{t,Rd,b}$ )

Feltételezzük, hogy a lehorgonyzó csavar vége az alaptestben kellően le van rögzítve (pl. kampós kialakítás), ezért a lehorgonyzó csavar kihúzódását nem vesszük számításba.

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{t,Rd,b} = (2 \cdot 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 282,24 \text{ kN}$$

Talplemez hajlítási ellenállása ( $F_{T,3,Rd}$ )

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad m_x = 45,5 \text{ mm} \quad b_p = 220 \text{ mm} \quad t_p = 30 \text{ mm} \quad \gamma_{M0} = 1,0$$

$$F_{pl,Rd} = (w_{el} \cdot f_y) / (m_x \cdot \gamma_{M0}) = (b_p \cdot t_p^2 \cdot f_y) / (6 \cdot m_x \cdot \gamma_{M0}) = 170,44 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \min \{ F_{T,1,Rd,b} ; F_{pl,Rd} \} = \min \{ 282,24 ; 170,44 \} = 170,44 \text{ kN}$$

A húzott T-elem ellenállása

$$F_{T,Rd} = \min \{ F_{T,1-2,Rd} ; F_{T,3,Rd} \} = \min \{ 255,82 ; 170,44 \} = \underline{170,44 \text{ kN}}$$

Az oszloptalp nyomatéki ellenállása ( $M_{j,Rd}$ )

$$F_{C,Rd} = 655,42 \text{ kN} \quad F_{T,Rd} = 170,44 \text{ kN}$$

$$z_C = 71,5 \text{ mm} \quad z_T = 126 \text{ mm} \quad z = 197,5 \text{ mm} \quad e = -120,11 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = \min \{ (F_{T,Rd} \cdot z) / (z_C / e + 1) ; (-F_{C,Rd} \cdot z) / (z_T / e - 1) \} = \\ = \min \{ 83,12 ; 63,14 \} = 63,14 \text{ kNm}$$

Ellenőrzés ( $M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$ )

$$M_{Ed} = 18,94 \text{ kNm}$$

$$M_{j,Rd} = 63,14 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 18,94 \text{ kNm} < M_{j,Rd} = 63,14 \text{ kNm} \quad \text{A talpkapcsolat megfelel!}$$



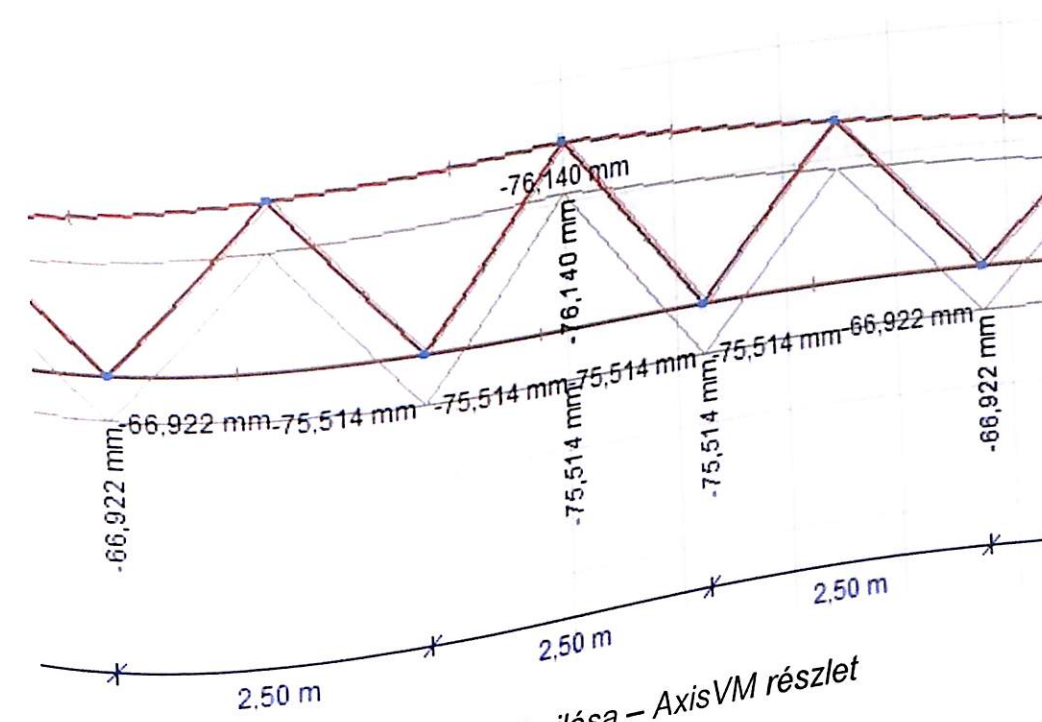
I./J Rácsos szaruzat lehajlás ellenőrzése és kifordulás vizsgálat

A lehajlás megengedett maximális értéke:  $L / 250$

$$L = 20,00 \text{ m} = 20.000 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad L / 250 = 80 \text{ mm}$$

Az AxisVM program által számított maximális lehajlás:  $e_{\max} = 76,14 \text{ mm}$

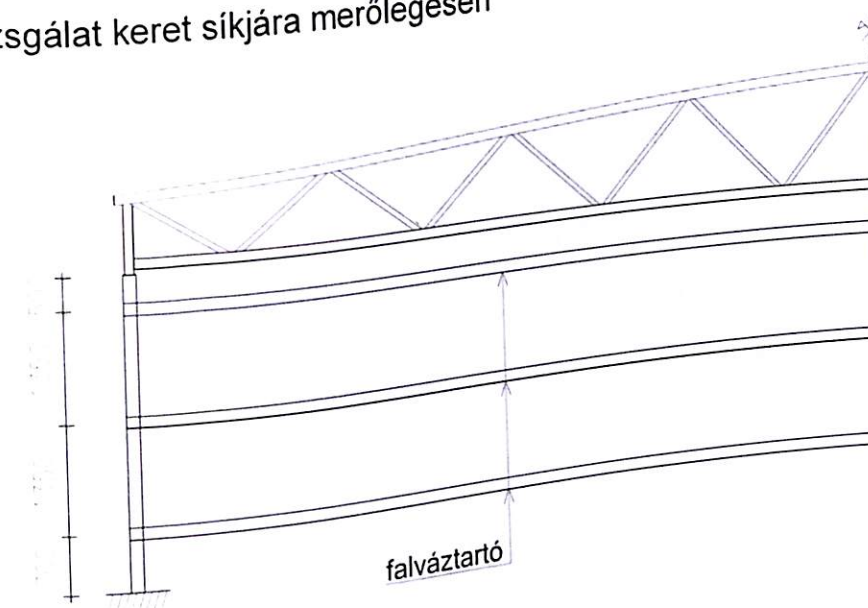
$$e_{\max} \leq e_H = L / 250 \quad \rightarrow \quad 76,14 \text{ mm} < 80,00 \text{ mm}$$



Rácsos szaruzat lehajlása – AxisVM részlet



Kifordulás vizsgálat keret síkjára merőlegesen



falvázartók helyzete - részlet

$$M_{y,Ed} = 18,94 \text{ kNm}$$

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

Oszlop adatai:

HEA160

$$W_{pl,y} = 0,245 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad L_o = 3900 \text{ mm}$$

$$h_i = 134 \text{ mm} \quad b = 160 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,0 \text{ mm} \quad t_f = 9,0 \text{ mm}$$

$$A_{fz} = b \cdot t_f + (h_i / 6) \cdot t_w = 1574 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = (t_f \cdot b^3) / 12 + ((h_i / 6) \cdot t_w^3) / 12 = 3,072 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{I_{fz} / A_{fz}} = 44,18 \text{ mm}$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \epsilon = 93,90$$

$$\text{határkarcsúság} \rightarrow \lambda_{co} = 0,50$$

$$M_{c,Rd} = (W_{pl,y} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 57,58 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 9,96 \text{ kNm}$$

$$\text{Nyomatékok aránya: } M_1 = 18,94 \text{ kNm}$$

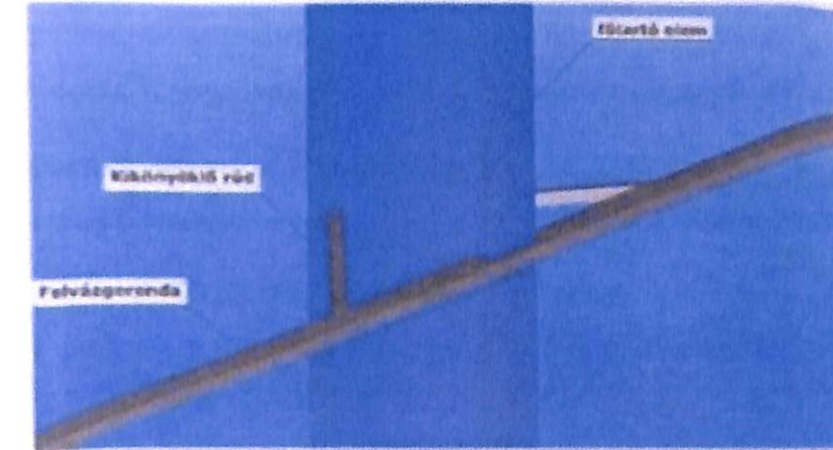
$$\text{Korrektíós tényező: } k_c = 1 / (1,33 - 0,33 \cdot \psi) = 0,865$$

$$\psi = M_2 / M_1 = 0,526$$



Oldalirányú megtámasztások távolsága:

Amennyiben a falváztartónál kikönyöklést alkalmazunk, amely az oszlop belső oldalához rögzíti, úgy a távolság felvehető az első falváztartó távolságának:



*Kikönyöklés kialakítása*

Kihajlási tényezők:  $v = 1,0$   $L = 1,85\text{m}$

$$L_c = v_z \cdot L = 1850 \text{ mm}$$

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) \leq \lambda_{co} \cdot (M_{c,Rd} / M_{y,Ed})$$

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) = (0,865 \cdot 1850) / (44,18 \cdot 93,90) = 0,386$$

$$\lambda_{co} \cdot (M_{c,Rd} / M_{y,Ed}) = 0,50 \cdot (57,58 / 18,94) = 1,520$$

$$0,386 < 1,520$$

Kifordulási ellenállás

$$M_{y,Ed} = 18,94 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = 57,58 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd}$$

$$\text{Korrekciós tényező: } k_{fl} = 1,1$$

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) = 0,386$$

$$\text{HEA 160 – hengerelt szelvény} \rightarrow \text{„c” görbe}$$

$$\lambda_f = 0,386 \rightarrow \chi = 0,9046$$

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd} = 1,1 \cdot 0,9046 \cdot 57,58 = 57,30 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} \leq M_{c,Rd} \rightarrow 57,30 \text{ kNm} < 57,58 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} \leq M_{b,Rd} \rightarrow 18,94 \text{ kNm} < 57,30 \text{ kNm}$$

## II. Keretrendszer kialakítású csarnok számítása

## II./A Terhek meghatározása

Tető rétegrend:

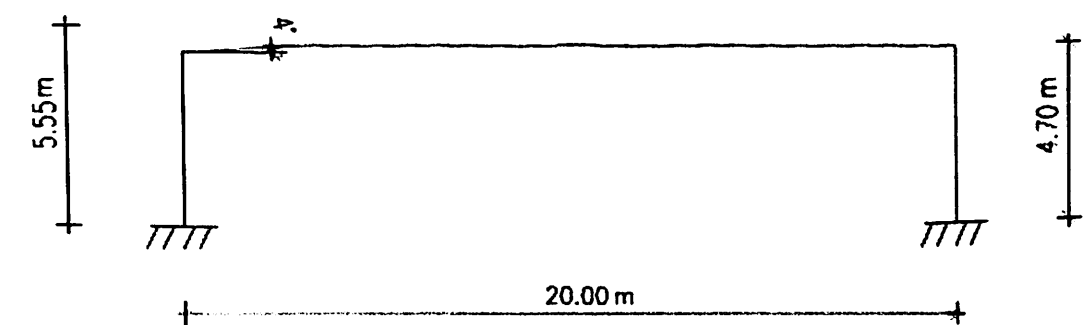
- Záróréteg PVC szigetelőlemez 1,5 mm: 1,8 kg/m<sup>2</sup>  $g_1=0,018 \text{ kN/m}^2$
  - Geotextília elválasztó réteg 1 rtg.: 0,15 kg/m<sup>2</sup>  $g_2=0,0015 \text{ kN/m}^2$
  - Lépésálló PIR hőszigetelés: 7,00 kg/m<sup>2</sup>  $g_3=0,070 \text{ kN/m}^2$
  - Párázáró fólia 1rtg.: 0,12 kg/m<sup>2</sup>  $g_4=0,0012 \text{ kN/m}^2$
  - \*Trapézlemez LTP85 1,5 mm: 16,1 kg/m<sup>2</sup>  $g_5=0,161 \text{ kN/m}^2$
- Rétegrend:  $g_{rtg}=0,252 \text{ kN/m}^2$

Szelemen Z200 2,5 mm: 7,24 kg/m  $g_6=0,0724 \text{ kN/m}$ 

\* a lemez méretezése előtti feltételezett lemez típus, amely LTP45 0,6 –ra változott

## 1. Statikai váz

Méretezendő a második keretállás → terhelési sáv a keretállások távolsága

Terhelési sáv:  $t_k=5,00 \text{ m}$ 

## 2. Anyagminőség

S235 →  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ 

## 3. Keresztmetszet

Gerenda szelvény: HEA

Oszlop szelvény: IPE

## 4. Terhek

Tehermodell

A felületi megoszló terhek (állandó teher, hóteher, szélteher) redukálása hosszmenti megoszló teherre

## 4.1 Állandó teher

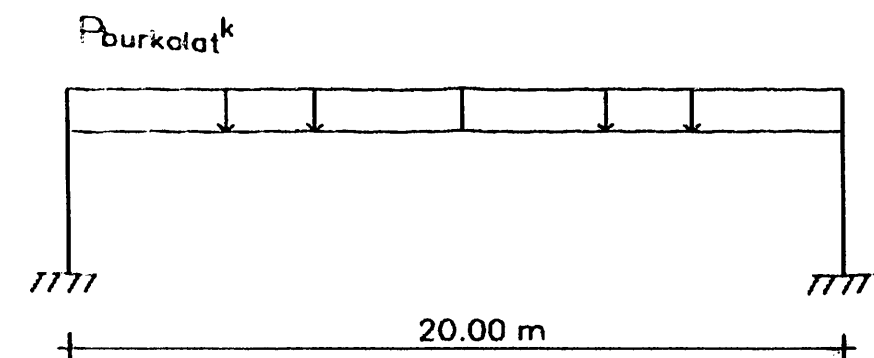
## 4.1.1 Keret önsúly

AxisVM programból vett adat

## 4.1.2 Burkolat önsúly

 $\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$        $\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$  $t_k = 5,00 \text{ m}$  – keretállások távolsága       $t_{sz} = 2,50 \text{ m}$  – Z szelemenek távolsága

$$p_{\text{burkolat}}^k = t_k \cdot g_{\text{rtg}} + (t_k \cdot g_6) / t_{sz} = 1,41 \text{ kN/m}$$



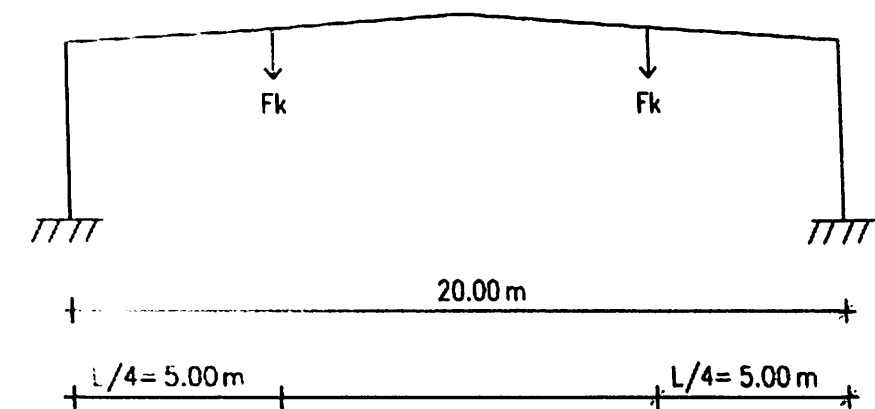


## 4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher

## Gépészeti teher

$$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35 \quad \gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$$

$$F_k = 5 \text{ kN}$$



## 4.2 Hóteher

$$\gamma_{s,T} = 1,50$$

$$\gamma_{s,H} = 1,00$$

$$\psi_{0,s} = 0,5$$

$$\psi_{1,s} = 0,2$$

$$\psi_{2,s} = 0,0$$

Felszíni hóteher karakterisztikus értéke (Mo. teljes területén alkalmazható):

$$s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

Alaki tényező:  $0^\circ \leq \alpha = 4^\circ \leq 10^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$

Kitettségi tényezők:

$$C_e = 1,0 \text{ (szokásos terepviszony)}$$

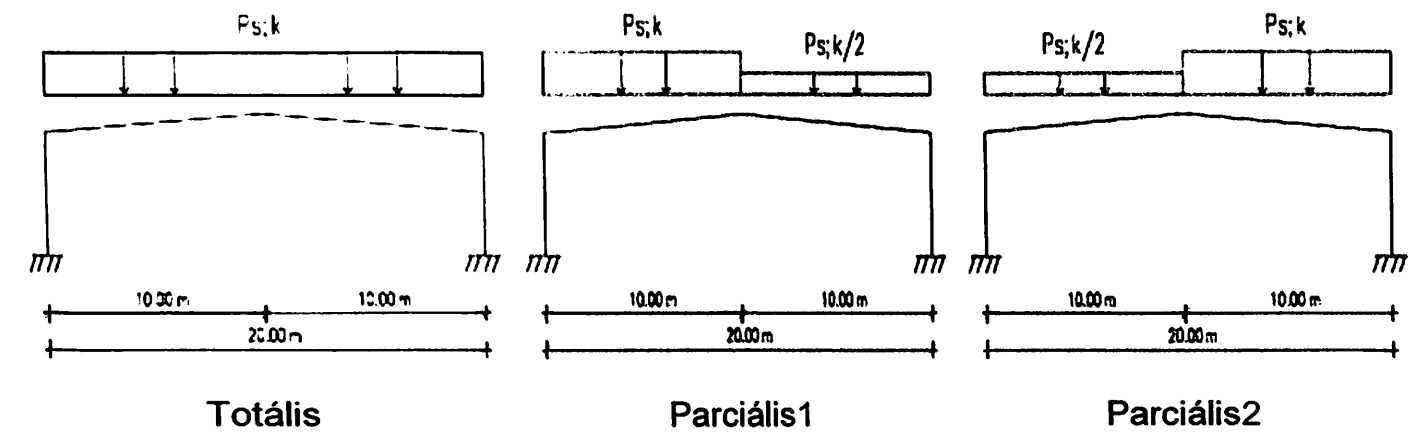
$$C_t = 1,0 \text{ (hőmérsékleti)}$$

Hóteher tervezési értéke:

$$s_{ho} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s^k = t_k \cdot s_{ho} = 5,00 \text{ kN/m}$$

$$p_s^k / 2 = 2,50 \text{ kN/m (parciális)}$$



#### 4.3 Szélteher

$$\gamma_{w,T} = 1,50$$

$$\gamma_{w,H} = 1,00$$

$$\psi_{0,w} = 0,6$$

$$\psi_{1,w} = 0,2$$

$$\psi_{2,w} = 0,0$$

Beépítési kategória:

II. terepkategória: alacsony növényzettel takart terület, elszórtan tárgyakkal (fákkal, épüetekkel); tárgyak távolsága > magasság x 20

Tető hajlásszöge:  $\alpha = 4^\circ$

$-5^\circ \leq \alpha = 4^\circ \leq 5^\circ \rightarrow$  Lapostető (szögletes peremű)

Szél torlónyomás meghatározása:

Csarnok magassága:  $z = 6,05 \text{ m}$  ( $5,55 + 0,50$ )

| terepszint feletti magasság<br>$z \text{ (m)}$ | torlónyomás<br>$q_{p(z)} \text{ (kN/m}^2\text{)}$<br>II. terepkategória |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 6,00                                           | 0,5123                                                                  |
| 7,00                                           | 0,5361                                                                  |

Szél torlónyomása:  $q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$

Külső szélerő karakterisztikus értéke (kN/m)

$$p_{w,e}^k = [t_k \cdot (c_s \cdot c_d \cdot w_e^k)]$$

$$w_e^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe} = (\text{kN/m}^2)$$

$c_s \cdot c_d$  szerkezeti tényező, 15 m-nél alacsonyabb épületnél 1,00  $\rightarrow c_s \cdot c_d = 1,00$

Belső szélerő karakterisztikus értéke (kN/m)

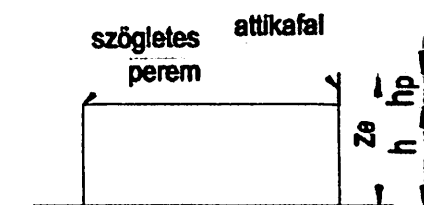
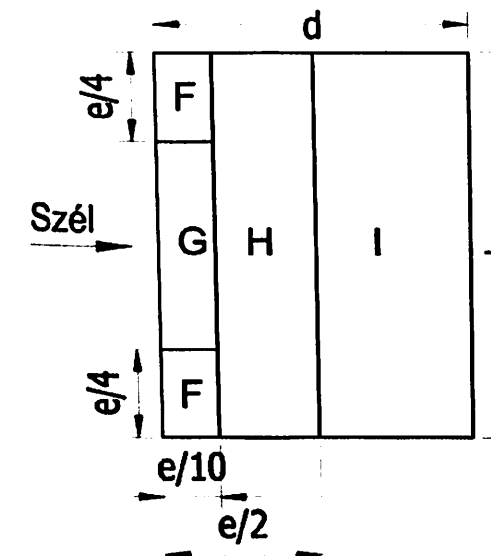
$$p_{w,i}^k = t_k \cdot w_i^k$$

$$w_i^k = q_{p(z)} \cdot c_{pi} = (\text{kN/m}^2)$$

a.) Külső szélteher

TETŐ

Külső keresztirányú szélteher ( $\theta = 0^\circ$ )



b – szélre merőleges irányú méret

d – szélllel párhuzamos irányú méret

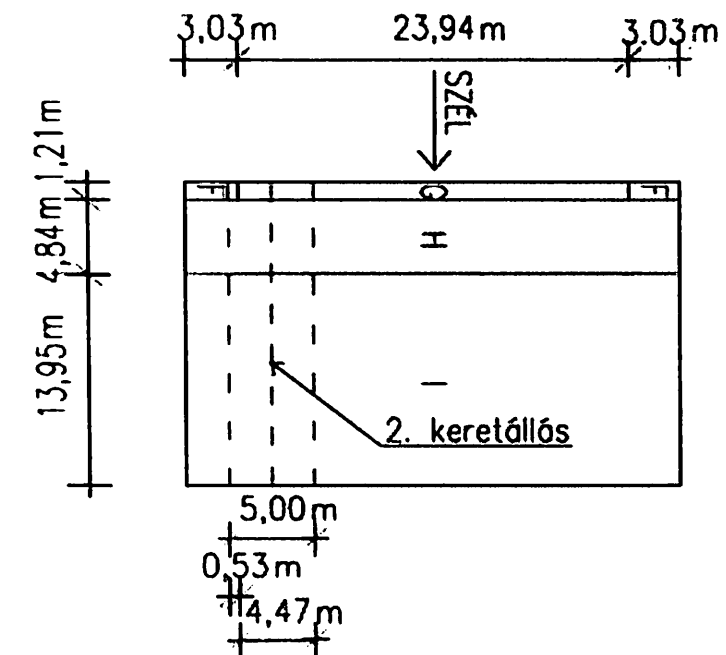
| A tető típusa   | Zóna        |            |             |            |             |            |             |            |
|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                 | F           |            | G           |            | H           |            | I           |            |
|                 | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| Szögletes perem | -1,8        | -2,5       | -1,2        | -2,0       | -0,7        | -1,2       | +0,2        | -0,2       |

$$b = 6 \text{ db} \cdot 5,00 \text{ m} = 30 \text{ m}$$

$$z = h = 6,05 \text{ m}$$

$$2 \cdot h = 12,10 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2 \cdot h\} = 12,10 \text{ m}$$



$$t_k = 5,00 \text{ m} \quad t_F = 0,53 \text{ m} \quad t_G = 4,47 \text{ m} \quad q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

**F zóna ( $c_{pe,10}$ )**

$$c_{pe,10;F} = -1,80$$

$$p_{w,e,F}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;F} \cdot t_F = -0,490 \text{ kN/m}$$

**G zóna ( $c_{pe,10}$ )**

$$c_{pe,10;G} = -1,20$$

$$p_{w,e,G}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;G} \cdot t_G = -2,754 \text{ kN/m}$$

**F + G**

$$p_{w,e,F+G}^k = p_{w,e,F}^k + p_{w,e,G}^k = \underline{-3,25 \text{ kN/m}}$$

**H zóna ( $c_{pe,10}$ )**

$$c_{pe,10;H} = -0,70$$

$$p_{w,e,H}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;H} \cdot t_k = \underline{-1,80 \text{ kN/m}}$$

**I zóna ( $c_{pe,10}$ )**

$$c_{pe,10;I} = +0,20 \quad c_{pe,10;I} = -0,20$$

$$p_{w,e,I}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;I} \cdot t_k = \underline{-0,52 \text{ kN/m}}$$

$$p_{w,e,I}^k = q_{p(z)} \cdot c_{pe,10;I} \cdot t_k = \underline{+0,52 \text{ kN/m}}$$



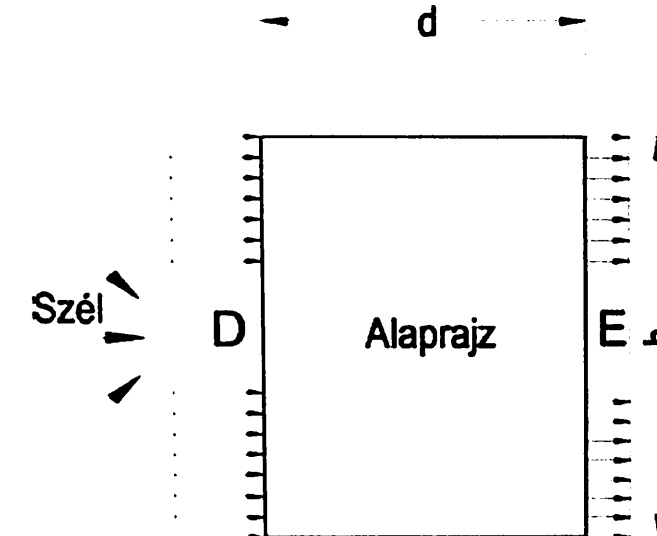
FAL

 $b$  – szélre merőleges irányú

méret

 $d$  – széllel párhuzamos irányú

méret



$z=h=6,05\text{ m}$

$d=20,00\text{ m}$

$h/d=0,3025$

$t_k=5,00\text{ m}$

$q_p(z)=0,5135\text{ kN/m}^2$

A külső nyomási tényező  $c_{pe}$  értékei az épületek függőleges falaira

| Zóna        | A           |            | B           |            | C           |            | D           |            | E           |            |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| $h/d$       | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| 5           | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,8        | +1,0       | -0,7        |            |
| 1           | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,8        | +1,0       | -0,5        |            |
| $\leq 0,25$ | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,7        | +1,0       | -0,3        |            |

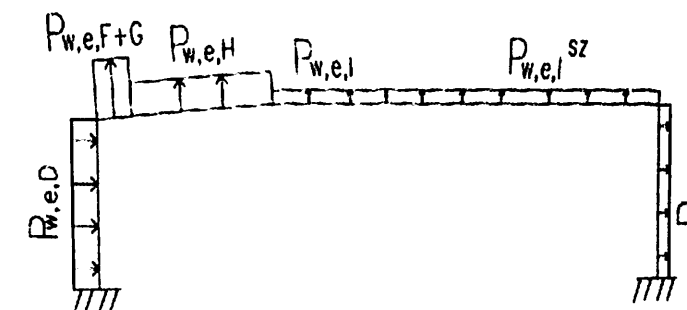
A közbenső  $h/d$  értékeknél lineáris interpoláció alkalmazható.

$h/d=0,3025 \quad \text{interpoláció} \rightarrow \quad c_{pe,10;D}=+0,707 \quad c_{pe,10;E}=-0,314$

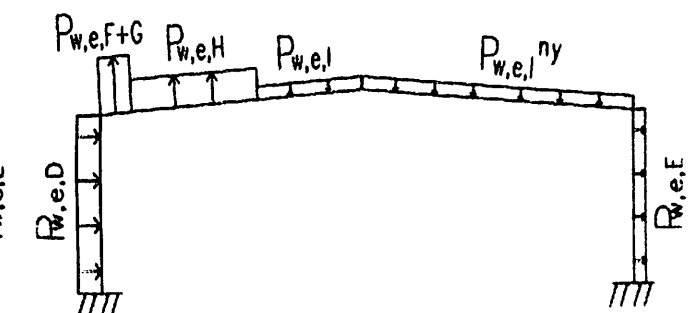
$p_{w,e,D}^k = q_p(z) \cdot c_{pe,10;D} \cdot t_k = +1,82\text{ kN/m}$

$p_{w,e,E}^k = q_p(z) \cdot c_{pe,10;E} \cdot t_k = -0,81\text{ kN/m}$

SZÉLTEHER KK1

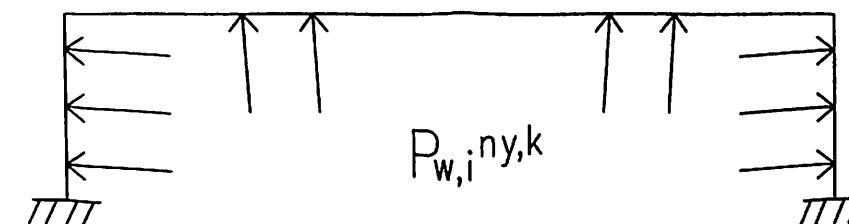


SZÉLTEHER KK2



## b.) Belső szélteher

Szelteher – belső nyomás



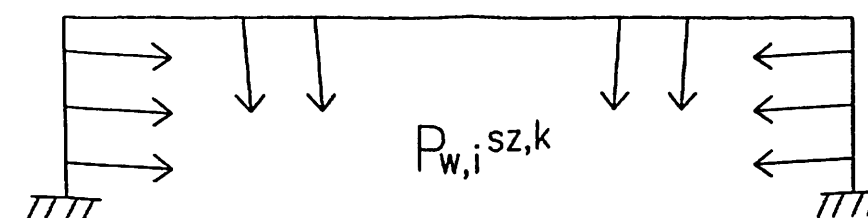
$$c_{pi} = + 0,2$$

$$t_k = 5,00 \text{ m}$$

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,i}^{ny,k} = q_{p(z)} \cdot c_{pi} \cdot t_k = 0,52 \text{ kN/m}$$

Szelteher – belső szívás



$$c_{pi} = - 0,3$$

$$t_k = 5,00 \text{ m}$$

$$q_{p(z)} = 0,5135 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,i}^{sz,k} = q_{p(z)} \cdot c_{pi} \cdot t_k = - 0,77 \text{ kN/m}$$

## II./B Teherkombinációk

$$\gamma_{G,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{s,T} = 1,50$$

$$\gamma_{w,T} = 1,50$$

$$\psi_{0,w} = 0,6$$

## 1. eset önsúly + burkolat + gépészet

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot p_{g,keret} + \gamma_{G,sup} \cdot p_{burkolat}^k + \gamma_{G,sup} \cdot p_{gépészet}^k$$

## 2. eset önsúly + burkolat + gépészet + totális HÓ

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + (\gamma_{s,T} \cdot p_s^k)$$

## 3. eset önsúly + burkolat + gépészet + totális HÓ + szél KK2

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + (\psi_{0,w} \cdot p_{w,e}^k)$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + (\gamma_{s,T} \cdot p_s^k) + (\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{w,e}^k)$$

## 4. eset önsúly + burkolat + gépészet + totális HÓ + szél KK2 + szél BSZ

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + (\gamma_{s,T} \cdot p_s^k) + [\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})]$$



5. eset önsúly + burkolat + gépészet + parciális1 HÓ + szél KK2 + szél BSZ

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + (\gamma_{s,T} \cdot p_s^k) + [\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})]$$

6. eset önsúly + burkolat + gépészet + parciális2 HÓ + szél KK2 + szél BSZ

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + (\gamma_{s,T} \cdot p_s^k) + [\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{sz,k})]$$

7. eset önsúly + burkolat + szél KK1

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + (\psi_{0,w} \cdot p_{w,e}^k)$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k) + (\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot p_{w,e}^k)$$

8. eset önsúly + burkolat + szél KK1 + szél BNY

SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{g,keret} + p_{burkolat}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{ny,k})$$

ULS (teherbírasi határállapot)

$$\gamma_{G,sup} \cdot (p_{g,keret} + p_{burkolat}^k) + [\gamma_{w,T} \cdot \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e}^k + p_{w,i}^{ny,k})]$$



## II./C Szelvények méretezése

Az AxisVM program alapján a mértékadó eset:

4. eset önsúly + burkolat + gépészet + totális HÓ + szél KK2 + szél BSZ

|   | Eredeti / optimal..<br>szelvény | Optimalizálási<br>kihasználtság | Megengedett kihasználtság |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | HE 400 A                        | 0,545                           | 1,000                     |
|   | HE 320 A                        | 0,853                           | –                         |
| 2 | IPE 550                         | 0,990                           | 1,000                     |
|   | IPE 600                         | 0,793                           | –                         |

*Optimalizálás AxisVM – részlet*

A program által elvégzett optimalizálás alapján az alkalmazott szelvények:

- oszlop: HEA 320
- gerenda: IPE 600

Ebben az esetben érdemes elgondolkodni, hogy IPE 600 helyett IPE 550 szelvényt alkalmazzunk-e, amely a megengedett kihasználtság határát súrolja, viszont jelentősen csökkenthető lenne az össztömeg.

- IPE 600     122 kg/m
- IPE 550     106 kg/m

Az IPE 550 szelvénnel egy keretállás súlyát körülbelül 150 kg-mal lehetne csökkenteni. Azonban a szerkezetek kialakításakor mindig hagyni kell kellő biztonságot, tartalékot, illetve gondolni kell arra is, ha a jövőben esetleg hozzáépítenek, megváltoztatják a szerkezetet, akkor plusz terheket okozhatnak, amit a tartó már nem viselne el.

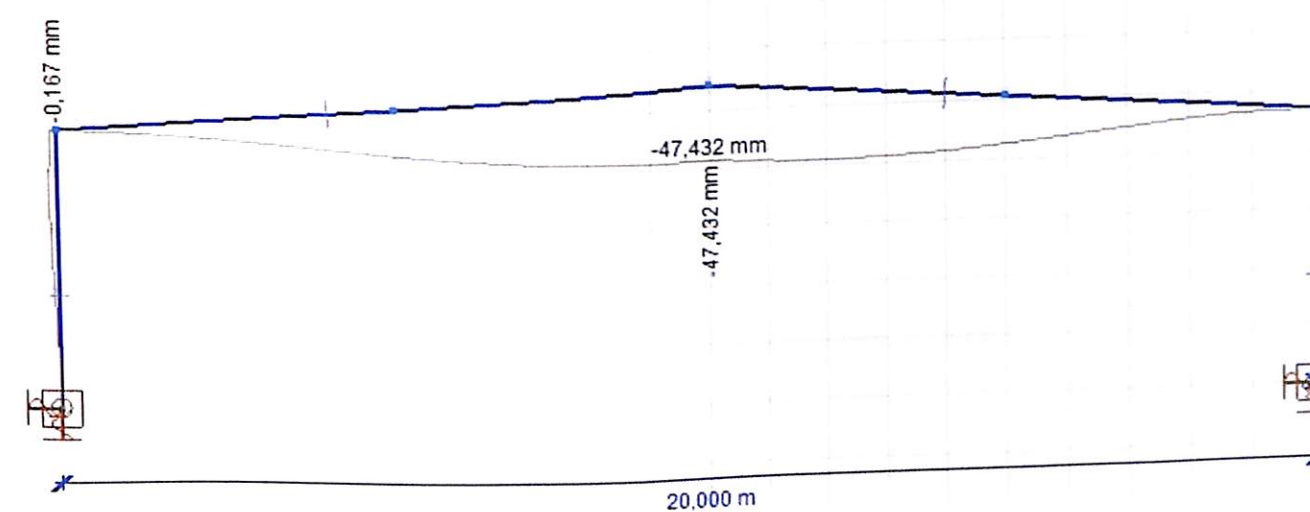
## II./D Lehajlás és stabilitásvizsgálatok

Gerenda tartó lehajlásának ellenőrzése ( $e_{\max} \leq e_H$ )A lehajlás megengedett maximális értéke:  $L / 250$ 

$$L = 20,00 \text{ m} = 20.000 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad L / 250 = 80 \text{ mm}$$

Az AxisVM program által számított maximális lehajlás:  $e_{\max} = 47,32 \text{ mm}$ 

$$e_{\max} \leq e_H = L / 250 \quad \rightarrow \quad 47,43 \text{ mm} < 80,00 \text{ mm}$$

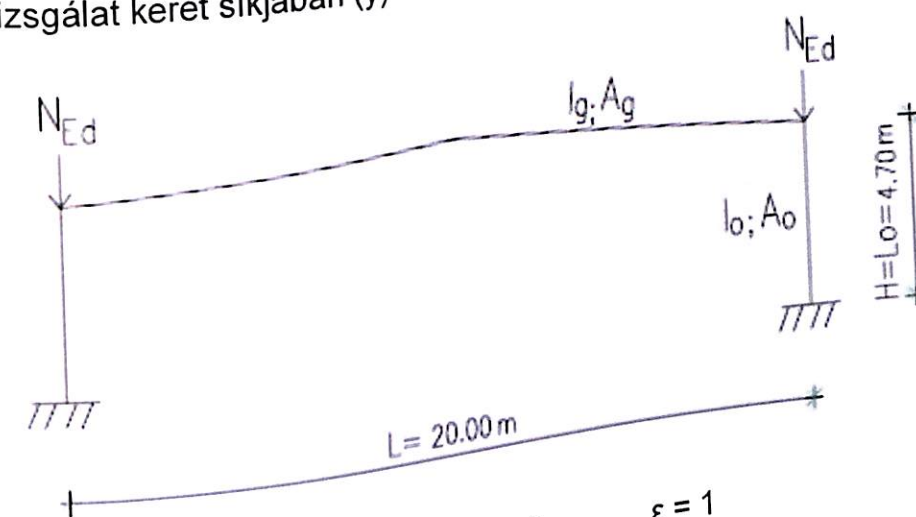


Gerenda tartó lehajlása – AxisVM részlet



Főtartó keret, oszlop stabilitásvizsgálata

a.) Kihajlávizsgálat keret síkjában (y)



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $\epsilon = 1$

$\gamma_{M1} = 1,00$

$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

Mértékadó normálerő:  $N_{Ed} = 132,78 \text{ kN}$

Oszlop adatai:

HEA 320

$W_{pl,y} = 1,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$A_o = 12.440 \text{ mm}^2$

$i_{y,o} = 135,8 \text{ mm}$

$I_{o,y} = 2,29 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

$L_o = H = 4700 \text{ mm}$

Gerenda adatai:

IPE 600

$W_{pl,y} = 3,512 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

$A_g = 15.600 \text{ mm}^2$

$i_{y,g} = 243,0 \text{ mm}$

$I_{g,y} = 9,21 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

$L_g = 10.000 \text{ mm}$

Befogási tényező meghatározása – Befogott keret ( $v_y$ )

$1,06 < 10,0$

$0,0002 < 0,2$

$c = (I_{o,y} \cdot L) / (I_{g,y} \cdot H) = 1,06$

$\alpha = (I_{o,y} \cdot 4) / (L^2 \cdot A_o) = 0,0002$

$v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot (c + 6 \cdot \alpha) - 0,017 \cdot (c + 6 \cdot \alpha)^2} = 1,16$

$v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot c - 0,017 \cdot c^2} = 1,16$

$v_y = 1,16$

Csökkentő tényező meghatározása (  $\chi_y$  )

$$\lambda_y = ( \nu_y \cdot L_o ) / i_{y,o} = 40,15$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$\lambda'_y = \lambda_y / \lambda_E = 0,4275 \quad 0,4275 > 0,20$$

| Keresztmetszet típusa | Eset           |                                           | Kihajlás tengelye | Csoport |                                  |
|-----------------------|----------------|-------------------------------------------|-------------------|---------|----------------------------------|
|                       |                |                                           |                   | (a)     | (b)                              |
| Hengerelt I szelvény  | $h/b > 1,2$    | $t_f \leq 40 \text{ mm}$                  | y<br>z            | a<br>b  | a <sub>0</sub><br>a <sub>0</sub> |
|                       |                | $40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$ | y<br>z            | b<br>c  | a<br>a                           |
|                       | $h/b \leq 1,2$ | $t_f \leq 100 \text{ mm}$                 | y                 | b       | a                                |
|                       |                |                                           | z                 | c       | a                                |
|                       |                | $100 \text{ mm} < t_f$                    | y<br>z            | d<br>d  | c<br>c                           |

$$h = 310 \text{ mm} \quad b = 300 \text{ mm} \quad h/b = 1,03 \quad 1,03 < 1,2$$

$$t_f = 15,5 \text{ mm} \quad t_f \leq 100 \text{ mm} \quad 15,5 < 100$$

kihajlás tengelye: „y”      S235 Acélminőség      →      (a) csoport

A fenti adatok alapján a kihajlási görbe: „b”

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | b               |
| 0,400                                | 0,9261          |
| 0,450                                | 0,9057          |

Csökkentő tényező:  $\chi_y = 0,9103$

Kihajlási ellenállás számítása (  $N_{b,Rd,y}$  )

$$N_{b,Rd,y} = ( \chi_y \cdot A_o \cdot f_y ) / \gamma_{M1} = 2661170 \text{ N} = 2661,17 \text{ kN}$$

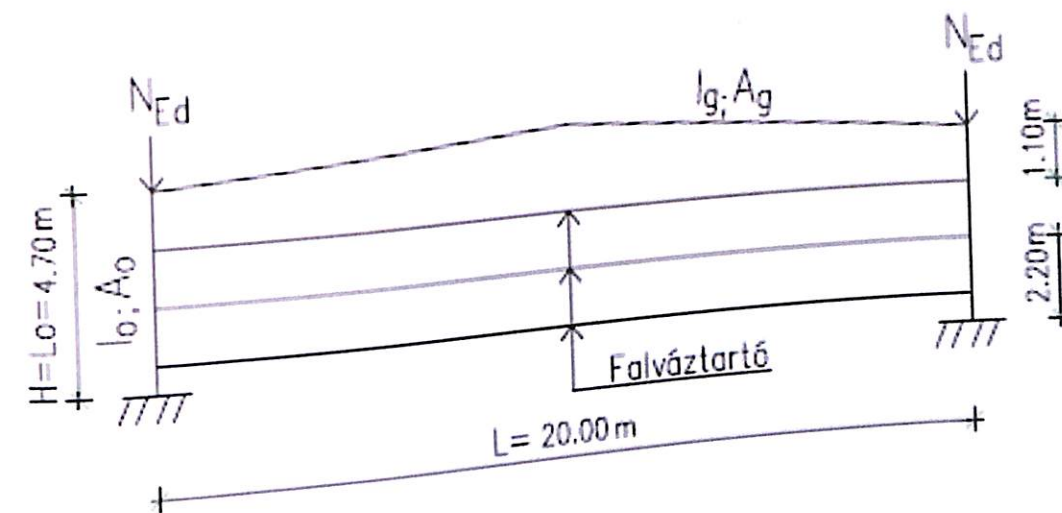
Ellenőrzés (  $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$  )

$$N_{Ed} = 132,78 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,y} = 2661,17 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y} \quad \rightarrow \quad 132,78 \text{ kN} < 2661,17 \text{ kN}$$



b.) Kihajlásvizsgálat keret síkjára merőlegesen (z)



Acélminőség: S235  $\rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $\varepsilon = 1$   
 $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M1} = 1,00$

Mértékadó normálerő:  $N_{Ed} = 132,78 \text{ kN}$

Oszlop adatai:

HEA 320

$A_o = 12.440 \text{ mm}^2$

$i_{z,o} = 74,9 \text{ mm}$

Vizsgálandó:

- oszlop alsó szakasza

- oszlop felső szakasza

$\rightarrow$  oszloptalptól a második falváz tartóig:  $L_1 = 2,20 \text{ m}$   
 $\rightarrow$  keretsaroktól az első falváz tartóig:  $L_2 = 1,10 \text{ m}$

Kihajlási tényezők:

$v_{z,1} = 0,7$

$v_{z,2} = 1,0$

$L_{cr,1} = v_{z,1} \cdot L_1 = 1,54 \text{ m} = 1540 \text{ mm}$

$L_{cr,2} = v_{z,2} \cdot L_2 = 1,10 \text{ m} = 1100 \text{ mm}$

Csökkentő tényező meghatározása ( $\chi_z$ )

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90$$

$$\lambda_{z,1} = L_{cr,1} / i_{z,o} = 20,56$$

$$\lambda_{z,2} = L_{cr,2} / i_{z,o} = 14,69$$

$$\lambda'_{z1} = \lambda_{z,1} / \lambda_E = \underline{0,22} \quad 0,22 > 0,20$$

$$\lambda'_{z2} = \lambda_{z,2} / \lambda_E = 0,16 \quad 0,16 < 0,20$$

$$h = 310 \text{ mm} \quad b = 300 \text{ mm} \quad h/b = 1,03 \quad 1,03 < 1,2$$

$$t_f = 15,5 \text{ mm} \quad t_f \leq 100 \text{ mm} \quad 15,5 < 100$$

kihajlás tengelye: „z” S235 Acélminőség → (a) csoport

A fenti adatok alapján a kihajlási görbe: „c”

| viszonyított karcsúság<br>$\lambda'$ | kihajlási görbe |
|--------------------------------------|-----------------|
|                                      | c               |
| 0,20                                 | 1,0000          |
| 0,25                                 | 0,9746          |

Csökkentő tényező:  $\chi_z = 0,9822$

Kihajlási ellenállás számítása ( $N_{b,Rd,z}$ )

$$N_{b,Rd,z} = (\chi_z \cdot A_o \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 2871360 \text{ N} = 2871,36 \text{ kN}$$

Ellenőrzés ( $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$ )

$$N_{Ed} = 132,78 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,z} = 2871,36 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z} \quad \rightarrow \quad 132,78 \text{ kN} < 2871,36 \text{ kN}$$



## c.) Kifordulás vizsgálat keret síkjára merőlegesen

$$M_{y,Ed} = 330,62 \text{ kNm} \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1,0$$

Oszlop adatai:

HEA320

$$W_{pl,y} = 1,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad L_o = 4700 \text{ mm}$$

$$h_i = 279 \text{ mm} \quad b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm} \quad t_f = 15,5 \text{ mm}$$

$$A_{fz} = b \cdot t_f + (h_i / 6) \cdot t_w = 5068,5 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = (t_f \cdot b^3) / 12 + ((h_i / 6) \cdot t_w^3) / 12 = 34,88 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{I_{fz} / A_{fz}} = 82,96 \text{ mm}$$

$$\lambda_E = \lambda_1 = 93,90 \cdot \varepsilon = 93,90 \quad (\text{S235} \rightarrow \varepsilon = 1,0)$$

$$\text{határkarcsúság} \rightarrow \lambda_{co} = 0,50$$

$$M_{c,Rd} = (W_{pl,y} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 383,05 \text{ kNm}$$

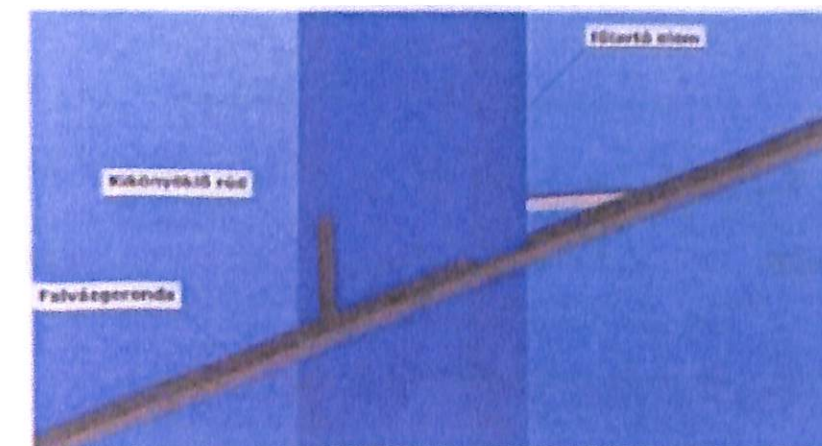
$$\text{Nyomatékok aránya: } M_1 = 330,62 \text{ kNm} \quad M_2 = 205,95 \text{ kNm} \quad \Psi = M_2 / M_1 = 0,623$$

$$\text{Korrekciós tényező: } k_c = 1 / (1,33 - 0,33 \cdot \Psi) = 0,889$$

Oldalirányú megtámasztások távolsága:

Amennyiben a falváztartónál kikönyöklést alkalmazunk, amely az oszlop belső oldalához rögzíti, úgy a távolság felvehető az első falváztartó távolságának:

$$L_c = 1,10 \text{ m} = 1100 \text{ mm}$$



Kikönyöklés kialakítása

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) \leq \lambda_{co} \cdot (M_{c,Rd} / M_{y,Ed})$$

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) = (0,889 \cdot 1100) / (82,96 \cdot 93,90) = 0,126$$

$$\lambda_{co} \cdot (M_{c,Rd} / M_{y,Ed}) = 0,50 \cdot (383,05 / 330,62) = 0,579$$

$$0,126 < 0,579$$

$$L_{c,max} = \lambda_{co} \cdot (M_{c,Rd} / M_{y,Ed}) \cdot (i_{fz} \cdot \lambda_E) / k_c = 5073,54 \text{ mm} > L_c = 1100 \text{ mm}$$

#### Kifordulási ellenállás

$$M_{y,Ed} = 330,62 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = 383,05 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd}$$

$$\text{Korrekciós tényező: } k_{fl} = 1,1$$

$$\lambda_f = (k_c \cdot L_c) / (i_{fz} \cdot \lambda_E) = 0,126$$

$$\text{HEA 320 – hengerelt szelvény} \rightarrow \text{„c” görbe}$$

$$\lambda_f = 0,126 < 0,20 \rightarrow \chi = 1,000$$

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd} = 1,1 \cdot 1,000 \cdot 383,05 = 421,36 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} \leq M_{c,Rd} \rightarrow 330,62 \text{ kNm} < 383,05 \text{ kNm} \quad \text{Megfelel!}$$

#### d.) Kihajlás és kifordulás interakciója

$$M_{Ed} = 330,62 \text{ kNm} \quad M_{b,Rd} = 421,36 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 132,78 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,y} = 2661,17 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,z} = 2871,36 \text{ kN}$$

$$\eta_y = (N_{Ed} / N_{b,Rd,y}) + k_{yy} \cdot (M_{Ed} / M_{b,Rd}) \leq 1,00$$

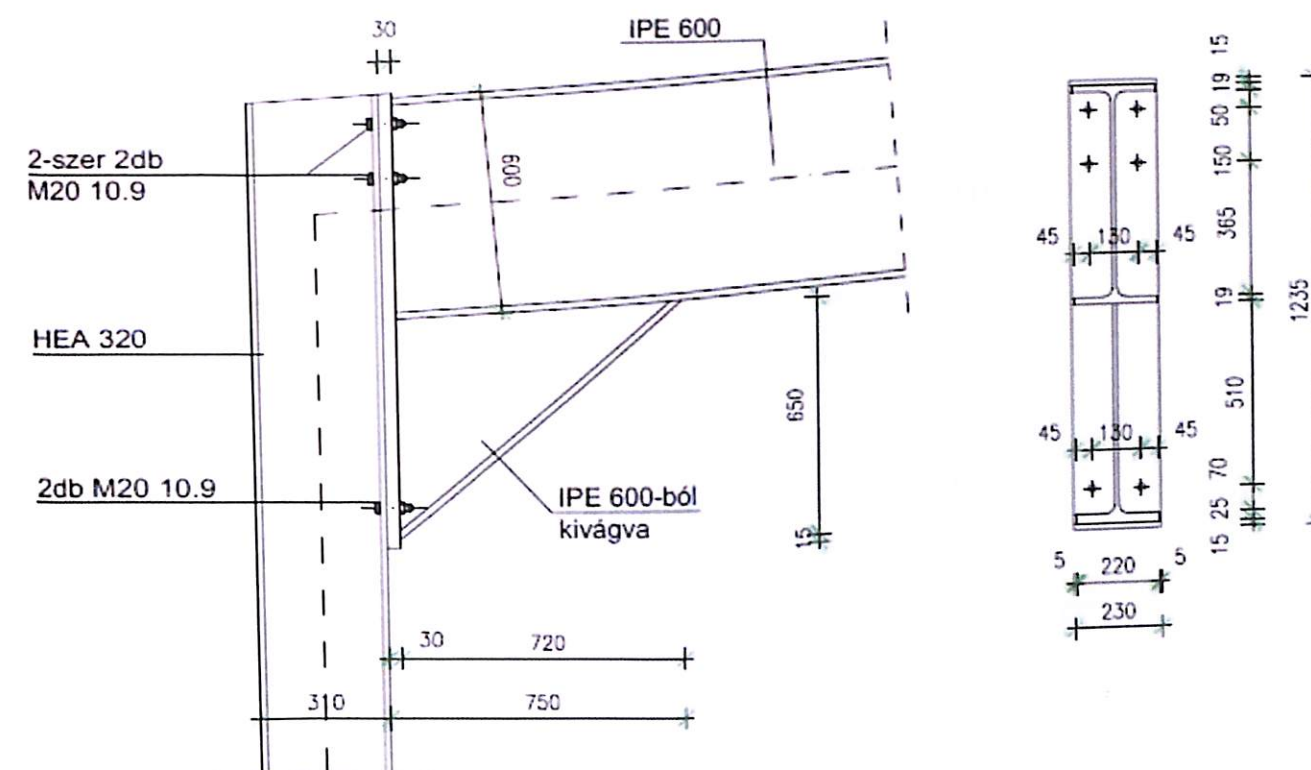
$$\eta_z = (N_{Ed} / N_{b,Rd,z}) + k_{zy} \cdot (M_{Ed} / M_{b,Rd}) \leq 1,00$$

$k_{yy}$  ;  $k_{zy}$  – interakciós tényező



## II./E Csomópontok méretezése és ellenőrzése

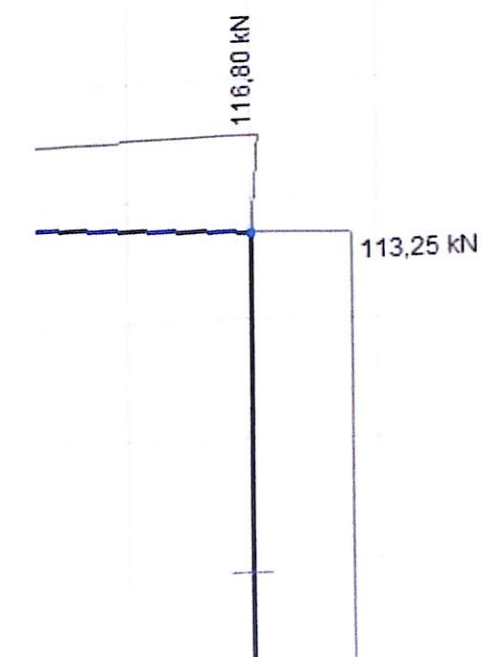
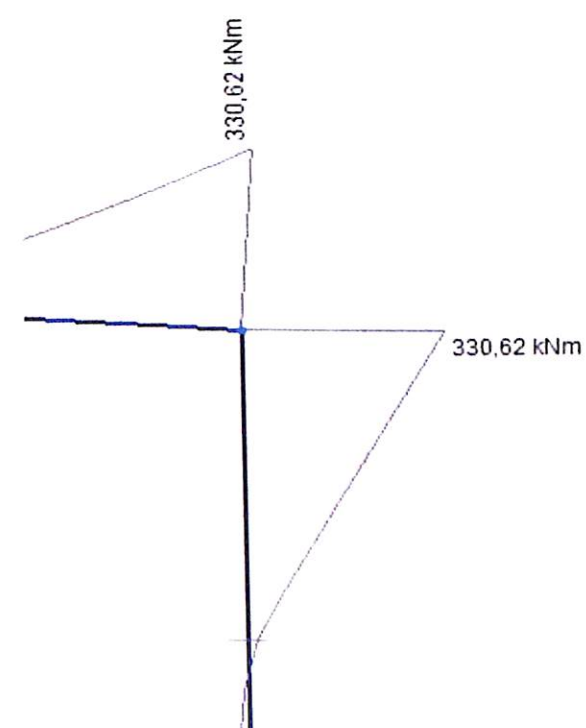
## a.) Keretsarok



Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed} = 330,62 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 116,80 \text{ kN}$$



Keretsarok igénybevétel – AxisVM részlet

Szerkezeti elemek anyagminősége:

$$S235 \rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2 \quad E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

A csavarok M 20 10.9 minőségűek:

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 20 \text{ mm} \quad d_0 = 22 \text{ mm} \quad A = 314 \text{ mm}^2 \quad A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad d_m = 32,4 \text{ mm}$$

Oszlop adatai:

HEA 320

$$W_{pl,y}^o = 1,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_o = 12.440 \text{ mm}^2$$

$$i_{y,o} = 135,8 \text{ mm}$$

$$I_{o,y} = 2,29 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$L_o = H = 4700 \text{ mm}$$

Gerenda adatai:

IPE 600

$$W_{pl,y}^g = 3,512 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_g = 15.600 \text{ mm}^2$$

$$i_{y,g} = 243,0 \text{ mm}$$

$$I_{g,y} = 9,21 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$L_g = 10.000 \text{ mm}$$

$$\text{Homloklemez vastagsága: } t_{fc} = 1,5 \cdot t_f^g = 28,5 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$$

- Húzott csavarok ellenállása

Húzási ellenállás: ( $\gamma_{M2} = 1,25$ )

$$F_{t,Rd} = (0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}) / \gamma_{M2} = 176,4 \text{ kN}$$

- Kigombolódási ellenállás

A kigombolódás szempontjából az oszlop öv vastagsága a mértékadó:  $t_{min} = 15,5 \text{ mm}$

$$B_{p,Rd} = (0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 272,6 \text{ kN}$$

- Csavar nyírási ellenállása

$$F_{V,Ed} = (n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = 301,44 \text{ kN} > V_{Ed} = 116,80 \text{ kN}$$

Gerenda homloklemezének ellenállása

→ 1. Gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése (1. csavarsor)

$$a_e = 4 \text{ mm} \quad a_f = 6 \text{ mm} \quad e_f = 2,5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm}$$

$$m = w / 2 - t_w^g / 2 - 0,8 \cdot a_e \cdot \sqrt{2} = 54,5 \text{ mm} \quad p = 3 \cdot m \approx 150 \text{ mm}$$

$$n = e = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 48,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = m / (m + e) = 0,522$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m + e) = 0,461$$

$$\lambda_1 ; \lambda_2 \rightarrow \alpha \text{ tényező megállapítása interpolációval} \rightarrow \alpha = 5,7$$

## Effektív hossz számítása

Nem kör alakú töréskép esetén (kör alakú töréskép nem mértékadó):

$$l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = 248,53 \text{ mm}$$

Homloklemez nyomatéki teherbírása ( $t_{fc} = 23 \text{ mm}$ ;  $\gamma_{M0} = 1,0$ )

$$M_{pl,Rd} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 13,14 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot (M_{pl,Rd} / m) = 964,40 \text{ kN}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t2,Rd} = 2 \cdot M_{pl,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} / (m + n) = 423,68 \text{ kN}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = \underline{352,80 \text{ kN}}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:  $F_{t3,Rd} = 352,80 \text{ kN}$

→ 2. Gerenda öve alatti második csavarsor ellenőrzése

$$m = 54,5 \text{ mm} \quad n = e = 45 \text{ mm} \quad p = 150 \text{ mm}$$

Effektív hossz számítása

Nem kör alakú töréskép esetén (kör alakú töréskép nem mértékadó):

$$l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot p + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e = 212,2 \text{ mm}$$

Homloklemez nyomatéki teherbírása ( $t_{fc} = 23 \text{ mm}$ ;  $\gamma_{M0} = 1,0$ )

$$M_{pl,Rd} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 11,22 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot (M_{pl,Rd} / m) = 823,48 \text{ kN}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t2,Rd} = 2 \cdot M_{pl,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} / (m + n) = 385,09 \text{ kN}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = \underline{352,80 \text{ kN}}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:  $F_{t3,Rd} = 352,80 \text{ kN}$

→ A teljes homloklemez hajlítási ellenállása

Csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 1235 - 80 - 31,5 = 1123,5 \text{ mm} \quad z_2 = z_1 - p = 973,5 \text{ mm}$$

$$F_{t3,Rd} = 352,80 \text{ kN} \quad F_{t3,Rd} = 352,80 \text{ kN}$$

$$M_{j,Rd} = \Sigma (z_i \cdot F_{t,Rd}) = z_1 \cdot F_{t3,Rd} + z_2 \cdot F_{t3,Rd} = 739,82 \text{ kNm}$$

Teherbírás ellenőrzése ( $M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$ )

$$M_{Ed} = 330,62 \text{ kNm} < M_{j,Rd} = 739,82 \text{ kNm}$$

A gerendát kapcsoló homloklemezes kapcsolat megfelel!



→ Az oszlop övének ellenállása

- Felső csavarsor ellenőrzése

$$m = 54,5 \text{ mm} \quad e_{\min} = 45 \text{ mm} \quad p = 150 \text{ mm}$$

$$e_1 = 85 \text{ mm} \quad n = 1,25 \cdot m = 68,12 \text{ mm}$$

Nem kör alakú töréskép esetén (Kör alakú töréskép nem mértékadó)

$$l_{\text{eff},1} = \min \{4 \cdot m + 1,25 \cdot e ; e_1 + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e\} = \min \{274,25 ; 222,13\} = 222,13 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2} = \min \{0,5 \cdot p + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e ; e_1 + 0,5 \cdot p\} = \min \{212,13 ; 160,00\} = 160,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} = 160 \text{ mm}$$

Övlemez határnyomatéka

$$t_f^o = 15,5 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot (t_f^o)^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 2,26 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,\text{Rd}} = 4 \cdot (M_{\text{pl,Rd}} / m) = \underline{165,57 \text{ kN}}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t,\text{Rd}} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t2,\text{Rd}} = 2 \cdot M_{\text{pl,Rd}} + n \cdot \Sigma F_{t,\text{Rd}} / (m + n) = 232,86 \text{ kN}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,\text{Rd}} = \Sigma F_{t,\text{Rd}} = 2 \cdot F_{t,\text{Rd}} = 352,80 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:

$$F_{t1,\text{Rd}} = 165,57 \text{ kN}$$

- Második csavarsor ellenőrzése

Nem kör alakú töréskép esetén (Kör alakú töréskép nem mértékadó)

$$l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot p + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e = 212,13 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot (t_f^o)^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 2,99 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,\text{Rd}} = 4 \cdot (M_{\text{pl,Rd}} / m) = \underline{219,45 \text{ kN}}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t,\text{Rd}} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t2,\text{Rd}} = 2 \cdot M_{\text{pl,Rd}} + n \cdot \Sigma F_{t,\text{Rd}} / (m + n) = 244,76 \text{ kN}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,\text{Rd}} = \Sigma F_{t,\text{Rd}} = 2 \cdot F_{t,\text{Rd}} = 352,80 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:

$$F_{t1,\text{Rd}} = 219,45 \text{ kN}$$

A teljes homloklemez hajlítási ellenállása

Csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 1123,5 \text{ mm} \quad z_2 = 973,5 \text{ mm}$$

$$F_{t1,\text{Rd}} = 165,57 \text{ kN} \quad F_{t1,\text{Rd}} = 219,45 \text{ kN}$$

$$M_{j,\text{Rd}} = \Sigma (z_i \cdot F_{t,\text{Rd}}) = z_1 \cdot F_{t1,\text{Rd}} + z_2 \cdot F_{t1,\text{Rd}} = 739,82 \text{ kNm}$$

Teherbírási ellenőrzése ( $M_{\text{Ed}} \leq M_{j,\text{Rd}}$ )

$$M_{\text{Ed}} = 330,62 \text{ kNm} < M_{j,\text{Rd}} = 399,65 \text{ kNm}$$

Az oszlop övlemeze a kapcsolatban megfelel!



Oszlop gerincének ellenállása

$$M_{Ed} = 330,62 \text{ kNm}$$

$$F_{Ed} = M_{Ed} / z = 308,99 \text{ kN}$$

Hatékony szélesség:

$$t_{f^g} = 19 \text{ mm} \quad t_{f^o} = 15,5 \text{ mm} \quad r_o = 24,0 \text{ mm} \quad t_{fc} = 30 \text{ mm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = t_{f^g} + 2 \cdot \sqrt{(2 \cdot a) + 5 \cdot (t_{f^o} + r_o) + t_{fc}} = 260,6 \text{ mm}$$

$$\text{Egyoldali oszlop – gerenda kapcsolat} \rightarrow \beta = 1,0$$

Csökkentő tényező:

$$t_{w^o} = 9 \text{ mm} \quad A_{vz^o} = 4113 \text{ mm}^2$$

$$\omega = 0,5 \cdot \sqrt{(1 + 1,3 \cdot (b_{eff} \cdot t_{w^o} / A_{vz^o})^2)} = 1 / 1,193 = 0,838$$

$$W_{pl,y^o} = 1,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = (W_{pl,y^o} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 383,05 \text{ kNm}$$

$$A_o = 12.440 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = (A_o \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2923,4 \text{ kN}$$

Nyomófeszültség rugalmas alapon, a gerinclemez szélén:

$$h_i = 279 \text{ mm} \quad h = 300 \text{ mm}$$

Gerinclemez karcsúsága:

$$b_{eff} = 260,6 \text{ mm} \quad E = 210.000 \text{ N/mm}^2 \quad t_{w^o} = 9 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0,932 \cdot \sqrt{(b_{eff} \cdot h_i \cdot f_y) / (E \cdot t_{w^o})} = 0,934$$

$$\rho = (\lambda_p - 0,2) / (\lambda_p)^2 = 0,841$$

$$k_{we} = 1,0$$

Merevítés nélküli oszlopgerinc ellenállása:

$$F_{Rd} = (\rho \cdot \omega \cdot k_{we} \cdot b_{eff} \cdot t_{w^o} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 388,44 \text{ kN}$$

Gerinclemez ellenőrzése ( $F_{Ed} \leq F_{Rd}$ )

$$F_{Ed} = 308,99 \text{ kN} < F_{Rd} = 388,44 \text{ kN}$$

Az oszlop gerinclemeze a kapcsolatnál merevítés nélkül megfelel!



Az oszlop gerinc nyírási teherbírása

$$\begin{array}{llll} \text{S235} & \rightarrow & f_y = 235 \text{ N/mm}^2 & \varepsilon = 1 \\ \text{HEA 320} & \rightarrow & d = 225 \text{ mm} & t_w = 9 \text{ mm} \end{array} \quad A_{vz} = 4113 \text{ mm}^2$$

Az oszlop gerinc nyírási horpadásra megfelel, ha:

$$d / t_w \leq 69 \cdot \varepsilon \quad \rightarrow \quad 25 < 69$$

A gerinc nyírási ellenállása:

$$V_{wp,Rd} = (0,9 \cdot f_y \cdot A_{vz}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 502,24 \text{ kN}$$

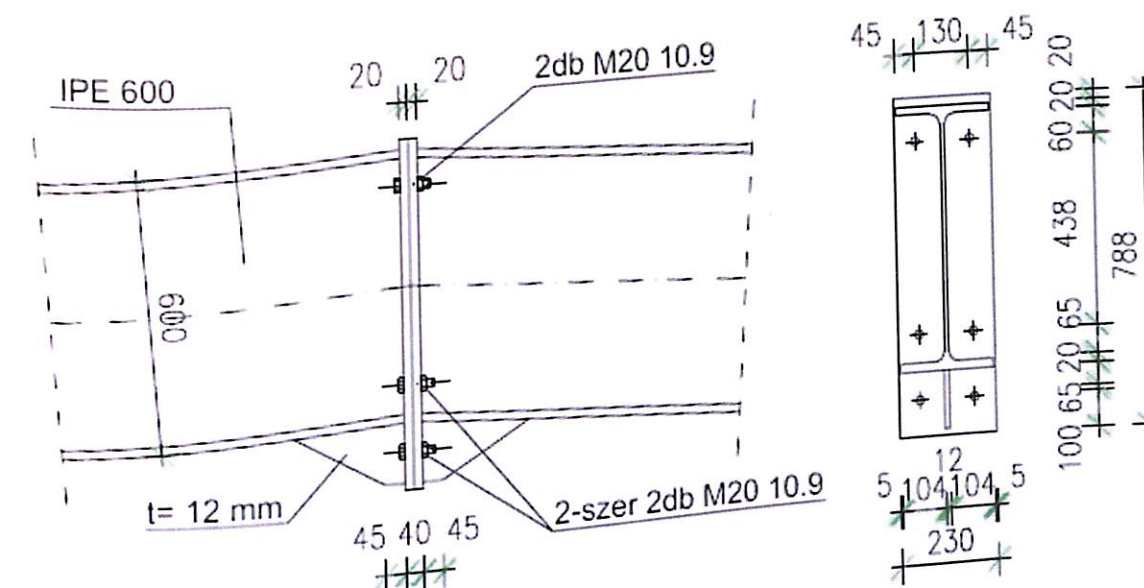
$$V_{j,Ed} = 125,01 \text{ kN}$$

$$V_{j,Ed} = 125,01 \text{ kN} < V_{wp,Rd} = 502,24 \text{ kN}$$

A gerinc nyírásra megfelel!

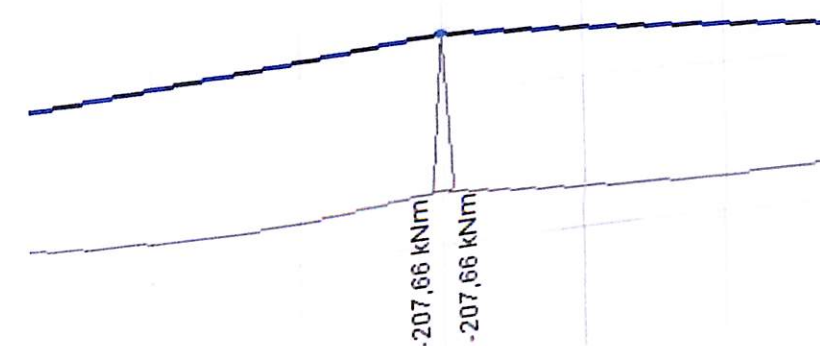


## b.) Gerenda – gerinc kapcsolat



Mértékadó igénybevétel:

$$M_{Ed} = 207,66 \text{ kNm}$$



Gerinc kapcsolat igénybevétel – AxisVM részlet

Szerkezeti elemek anyagminősége:

$$S235 \rightarrow f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2 \quad E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

A csavarok M 20 10.9 minőségűek:

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2 \quad A = 314 \text{ mm}^2 \quad A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad d_m = 32,4 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$IPE 600$$

$$t_w^g = 12 \text{ mm}$$



- Gerenda homloklemezének ellenállása

Gerenda öve feletti alsó csavarsor ellenőrzése (1. csavarsor)

$$a_e = 4 \text{ mm} \quad a_f = 6 \text{ mm} \quad e_f = 2,5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm} \quad p = 3 \cdot m \approx 150 \text{ mm}$$

$$m = w / 2 - t_w^g / 2 - 0,8 \cdot a_e \cdot \sqrt{2} = 54,5 \text{ mm}$$

$$n = e = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 48,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = m / (m + e) = 0,522$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m + e) = 0,461$$

$$\lambda_1 ; \lambda_2 \rightarrow \alpha \text{ tényező megállapítása interpolációval} \rightarrow \alpha = 5,7$$

Effektív hossz számítása

Nem kör alakú töréskép esetén (kör alakú töréskép nem mértékadó):

$$l_{\text{eff}} = \alpha \cdot m = 310,65 \text{ mm}$$

Homloklemez nyomatóéki teherbírása ( $t_{fc} = 20 \text{ mm}$ ;  $\gamma_{M0} = 1,0$ )

$$M_{pl,Rd} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 7,30 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot (M_{pl,Rd} / m) = 535,78 \text{ kN}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t2,Rd} = 2 \cdot M_{pl,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} / (m + n) = \underline{306,29 \text{ kN}}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 352,80 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:

$$F_{t2,Rd} = 306,29 \text{ kN}$$



Gerenda öve alatti (külső) csavarsor

Mivel ilyen elrendezést a szabvány (és a segédlet) nem tartalmaz, analógia alapján a csavarsort az oszlopöv utolsó (felső) csavarsorára vonatkozó képletek alapján méretezzük.

$$l_{\text{eff}} = e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = 273,53 \text{ mm}$$

Homloklemez nyomatéki teherbírása ( $t_{\text{fc}} = 20 \text{ mm}$ ;  $\gamma_{M0} = 1,0$ )

$$M_{\text{pl,Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{fc}}^2 \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 6,43 \text{ kNm}$$

T elem tönkremeneteli módjai:

- Övfolyás

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot (M_{\text{pl,Rd}} / m) = 471,93 \text{ kN}$$

- Övfolyás + csavartörés

$$F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t2,Rd} = 2 \cdot M_{\text{pl,Rd}} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd} / (m + n) = \underline{288,80 \text{ kN}}$$

- Csavartörés

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 352,80 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a legkisebb értéket adó:

$$F_{t2,Rd} = 288,80 \text{ kN}$$

A teljes homloklemez hajlítási ellenállása

Csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 438 + 60 + (20/2) = 508 \text{ mm}$$

$$z_2 = z_1 + 65 + 20 + 65 = 658 \text{ mm}$$

$$F_{t2,Rd} = 306,29 \text{ kN} \quad F_{t2,Rd} = 288,80 \text{ kN}$$

$$M_{j,Rd} = \Sigma (z_i \cdot F_{t,Rd}) = z_1 \cdot F_{t2,Rd} + z_2 \cdot F_{t2,Rd} = 345,63 \text{ kNm}$$

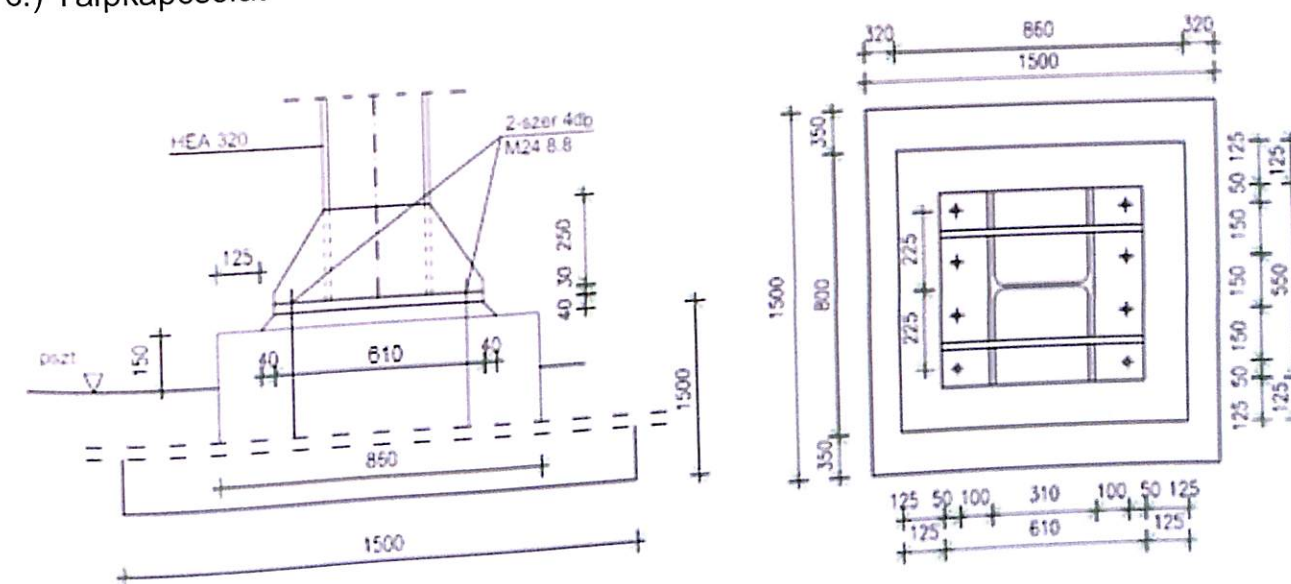
Teherbírás ellenőrzése ( $M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$ )

$$M_{Ed} = 207,66 \text{ kNm} < M_{j,Rd} = 345,63 \text{ kNm}$$

A homloklemezes kapcsolat megfelel!



c.) Talpkapcsolat

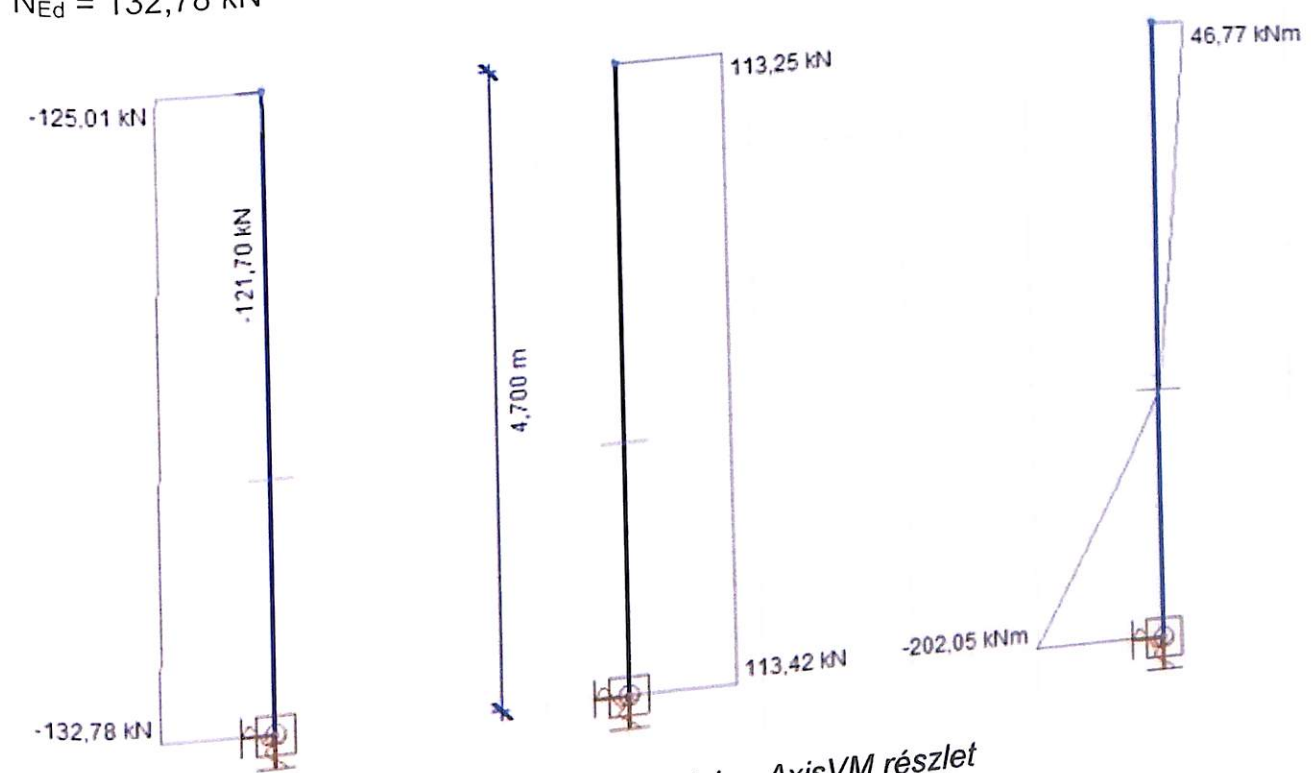


Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed} = 132,78 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 113,42 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 202,05 \text{ kNm}$$



*Oszlop igénybevételek – AxisVM részlet*



Szerkezeti elemek anyagminősége:

$$\begin{array}{lll} \text{S235} & \rightarrow & f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2 \quad E = 210.000 \text{ N/mm}^2 \\ \text{C20/25} & \rightarrow & f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1,5 \end{array}$$

A csavarok M24 8.8 minőségűek:

$$\begin{array}{lll} f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2 & f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 & \\ d = 24 \text{ mm} & d_0 = 26 \text{ mm} & A = 452 \text{ mm}^2 \quad A_s = 353 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Oszlop adatai: HEA 320 melegen hengerelt szelvény

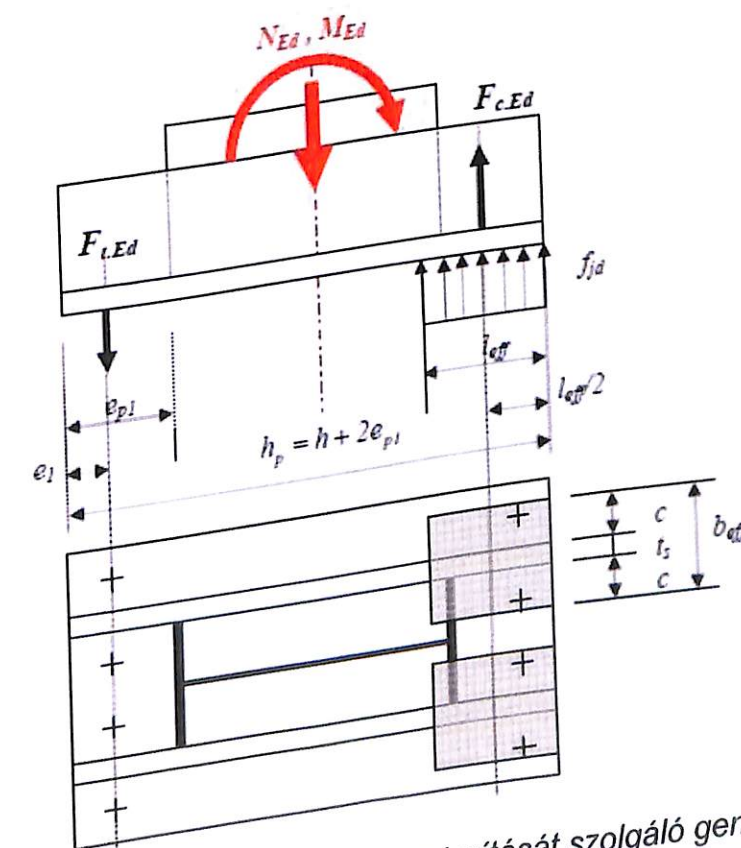
$$b = 300 \text{ mm} \quad t_f = 15,5 \text{ mm} \quad h = 310 \text{ mm} \quad t_w = 9 \text{ mm}$$

Talplemez geometriai adatai:

$$b_p = 550 \text{ mm} \quad h_p = 610 \text{ mm} \quad t_p = 30 \text{ mm}$$

Szárnylemez vastagsága:

$$t_s = 20 \text{ mm}$$



Talpgerenda tervezési igénybevételeinek számítását szolgáló genreda modell



$$\text{Betonszilárdság: } f_{jd} \approx 2 \cdot f_{cd} = 26,6 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1,0$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{f_y / (3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0})} = 30 \cdot \sqrt{235 / (3 \cdot 26,6 \cdot 1,0)} = 51,48 \text{ mm}$$

$$\text{Hatékony szélesség: } b_{eff} = 2 \cdot c + t_s = 123 \text{ mm}$$

Hatékony hossz meghatározása ( $l_{eff}$ )

A nyomott zóna effektív hosszát a húzott csavarsorra felírt nyomatéki és erőegyensúlyi egyenletekből határozhatjuk meg:

$$h_p = h + 2 \cdot e_{pl} = 610 \text{ mm} \quad e_{pl} = 150 \text{ mm} \quad e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$M^t = N_{Ed} \cdot (h_p / 2 - e_1) + M_{Ed} = 231,93 \text{ kN/m}$$

Az egyenletek által meghatározott másodfokú egyenlet megoldásaiból megkapjuk a hatékony hosszat:

$$a = b_{eff} \cdot f_{jd} = 3271,8$$

$$b = -2 \cdot b_{eff} \cdot (h_p - e_1) \cdot f_{jd} = -3.664.416$$

$$c = M^t = 231,93 \cdot 10^6$$

$$l_{eff,1} = -b + \sqrt{b^2 - 4ac} / (2 \cdot a) = 1052,66 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = -b - \sqrt{b^2 - 4ac} / (2 \cdot a) = 67,34 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min \{ l_{eff,1} ; l_{eff,2} \} = \{ 1052,66 ; 67,34 \} = 67,34 \text{ mm}$$

Tervezési nyomóerő:

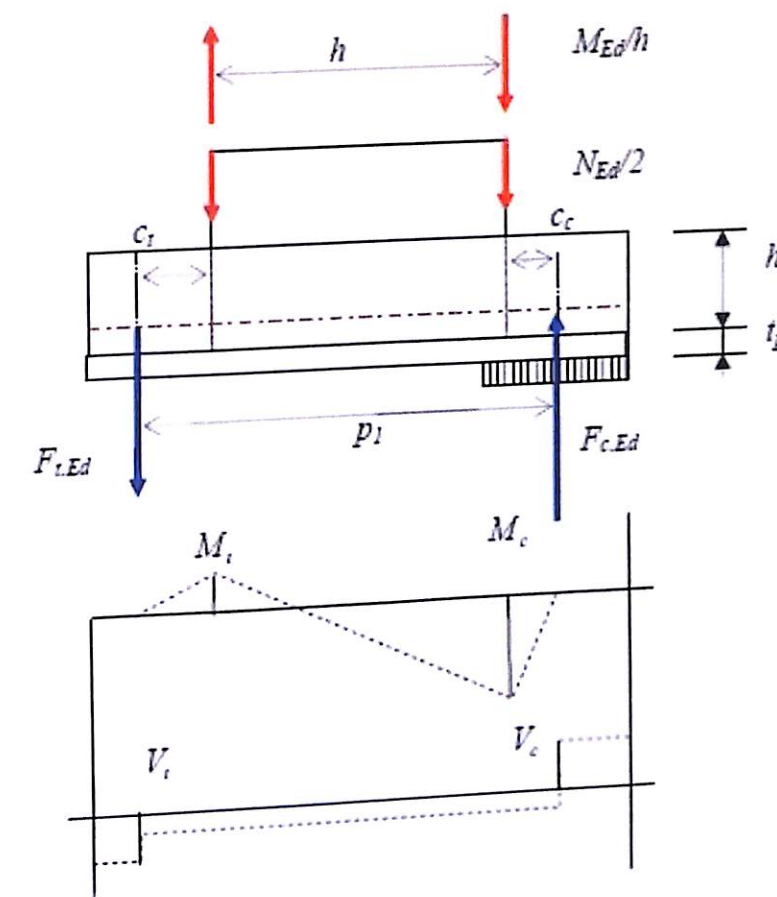
$$F_{c,Ed} = 2 \cdot l_{eff} \cdot b_{eff} \cdot f_{jd} = 440,64 \text{ kN}$$

Tervezési húzóerő:

$$F_{t,Ed} = F_{c,Ed} - N_{Ed} = 307,86 \text{ kN}$$



## Talpgerenda ellenállásának vizsgálata



Talpgerenda egyszerűsített modellje

Tervezési igénybevételek meghatározása ( $M_c$ ,  $M_t$ ,  $V_c$ ,  $V_t$ )

Erőkarok meghatározása

$$l_{\text{eff}} = 67,34 \text{ mm} \quad e_{\text{pl}} = 150 \text{ mm} \quad e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$c_t = e_{\text{pl}} - e_1 = 100 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff}} < e_{\text{pl}} \quad \rightarrow \quad c_c = e_{\text{pl}} - l_{\text{eff}} / 2 = 116,33 \text{ mm}$$

$$F_{c,Ed} = 440,64 \text{ kN} \quad F_{t,Ed} = 307,86 \text{ kN}$$

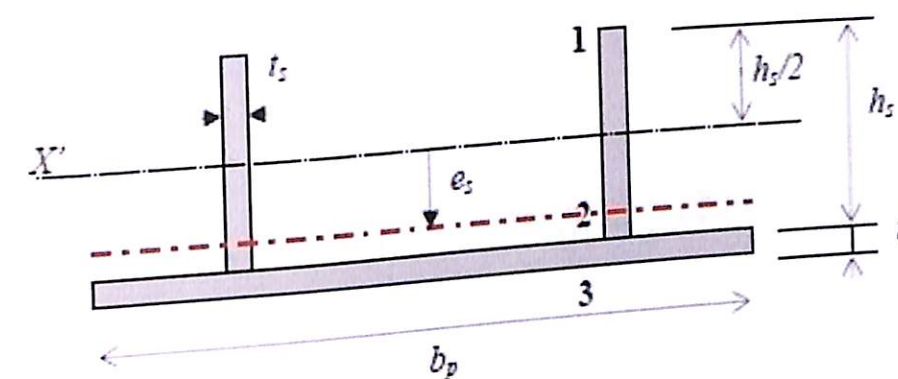
$$M_c = F_{c,Ed} \cdot c_c = 51,26 \text{ kNm}$$

$$M_t = F_{t,Ed} \cdot c_t = 30,79 \text{ kNm}$$

$$V_c = F_{c,Ed} = 440,64 \text{ kN}$$

$$V_t = F_{t,Ed} = 307,86 \text{ kN}$$





Talpgerenda keresztmetszete

Keresztmetszeti jellemzők

Szárnylemez méretei:

$$h_s = 250 \text{ mm} \quad t_s = 20 \text{ mm}$$

Talplemez méretei:

$$b_p = 550 \text{ mm} \quad t_p = 30 \text{ mm}$$

felület:

$$A = 2 \cdot h_s \cdot t_s + b_p \cdot t_p = 26.500 \text{ mm}^2$$

statikai nyomaték  $X'$ -re:

$$S_{X'} = b_p \cdot t_p \cdot (h_s + t_p) / 2 = 2,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

súlypont:

$$e_s = S_{X'} / A = 87,17 \text{ mm}$$

inercianyomaték:

$$I_x = 2 \cdot (t_s \cdot h_s^3 / 12 + h_s \cdot t_s \cdot e_s^2) + b_p \cdot t_p \cdot (h_s + t_p - e_s)^2 = 741,60 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

km.-i modulusok:

$$W_{x,1} = I_x / (h_s / 2 + e_s) = 3,50 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{x,2} = I_x / (h_s / 2 - e_s) = 19,60 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{x,3} = I_x / (h_s / 2 + t_p - e_s) = 10,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$



Feszültségek a talpgerendában:

$$V_t = 307,86 \text{ kN}$$

$$V_c = 440,64 \text{ kN}$$

$$M_c = 51,26 \text{ kNm}$$

$$M_t = 30,79 \text{ kNm}$$

nyírási feszültség:

$$\tau_{Ed} = \max \{ V_t ; V_c \} / (2 \cdot h_s \cdot t_s) = 44,06 \text{ N/mm}^2$$

hajlítási feszültség:

$$\sigma_{x,Ed} = \max \{ M_t ; M_c \} / \min \{ W_{x,1} ; W_{x,2} ; W_{x,3} \} = 14,65 \text{ N/mm}^2$$

amelyből a talpgerenda kihasználtsága:

$$R = \sqrt{(\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2) / (f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}))} = 0,573$$

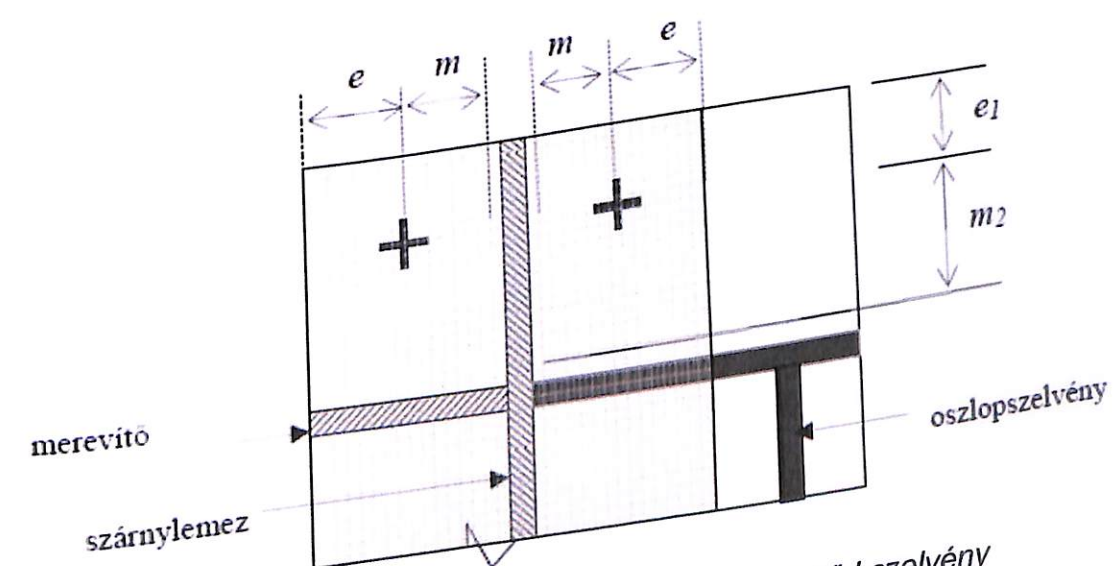
Ellenőrzés ( $R \leq 1,00$ )

$$R = 0,573 < 1,00$$

A talpgerenda nyírásra és hajlításra megfelel!

Talplemez ellenállásának vizsgálata

A talplemez tönkremenetele egyrészt a közvetlen teher okozta lemeztöréssel, másrészt a csavarok törésével következhet be. A jelen kialakítású talplemez esetére a szabvány nem ad közvetlen érvényű megoldást. Ezért tételezzük fel azt, hogy a szárnylemezek külön-külön úgy működnek, mint egy bordákkal merevített I szelvény gerince.



Szárnylemez és bordák alkotta helyettesítő I szelvény



A húzott oldalra alkalmazzuk a szabvány véglemezekre vonatkozó előírásait, amelynek értelmében a helyettesítő T csonk effektív hossza:

$$m \approx 50 \text{ mm} \quad m_2 \approx 95 \text{ mm} \quad e = 50 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = \min \{ m ; m_2 \} \cdot 2 \cdot \pi = 314,16 \text{ mm} = l_{\text{eff},1}$$

kör alakú töréskép esetén:

más alakú töréskép esetén:

$$\lambda_1 = m / (m + e) = 0,500$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m + e) = 0,950$$

$$\lambda_1 ; \lambda_2 \rightarrow \alpha \text{ tényező megállapítása interpolációval} \rightarrow \alpha = 5,3$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \alpha \cdot m = 265 \text{ mm} = l_{\text{eff},2}$$

- A talplemez ellenállása az 1. tönkremeneteli mód (övfolyás) esetén:

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = (0,25 \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_p^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = 16,61 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}} = (4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}) / m = 1328,90 \text{ kN}$$

- a 2. tönkremeneteli mód (övfolyás + csavartörés) esetén:

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = (0,25 \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_p^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = 14,01 \text{ kNm}$$

$$F_{\text{T},2,\text{Rd}} = 2 \cdot M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \cdot \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}} / (m + n) = 483,53 \text{ kN}$$

$$F_{\text{t},\text{Rd}} = (0,9 \cdot A_s \cdot f_{\text{ub}}) / \gamma_{\text{M2}} = 203,33 \text{ kN}$$

$$n = \min \{ e ; 1,25 \cdot m \} = 50 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\text{M2}} = 1,25$$

- a 3. tönkremeneteli mód (csavartörés) esetén:

$$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}} = 2 \cdot F_{\text{t},\text{Rd}} = 406,66 \text{ kN}$$

A helyettesítő T-csonk ellenállása:

$$F_{\text{T},\text{Rd}} = \min \{ F_{\text{T},1,\text{Rd}} ; F_{\text{T},2,\text{Rd}} ; F_{\text{T},3,\text{Rd}} \} = \min \{ 1328,90 ; 483,53 ; 406,66 \} = 406,66 \text{ kN}$$

Ellenőrzés ( $R \leq 1,00$ )

A talplemez kihasználtságának mutatószáma:

$$F_{\text{t},\text{Rd}} = 203,33 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T},\text{Rd}} = 406,66 \text{ kN}$$

$$R = F_{\text{t},\text{Rd}} / F_{\text{T},\text{Rd}} = 0,50$$

$$\leq 1,00$$

A talplemez teherbírása megfelelő!



## 5. Összegzés

Az összehasonlító vizsgálat eredményeként elmondható, hogy nagy különbség jelentkezik az egy keretállásra vonatkozó össztömegben:

- A rácsos szaruzatú csarnoknál 1488,01 kg / keretállás
- A keretrendszer kialakításúnál 3898,66 kg / keretállás

Az általam elkészített vázlatterveket és elemkimutatásokat (melléklet része) elküldtem egy kifejezetten acélszerkezetekkel foglalkozó cégnek, a CSARNOK fémszerkezet Kft.-nek, hogy adjanak rá árajánlatot.

Az alábbi árajánlatot kaptam:

| Önsúly<br>kg                                          | Anyag + gyártás<br>egységár<br>Ft/kg | Szerelés<br>egységár<br>Ft/kg | Anyag + gyártás<br>összesen<br>Ft | Szerelés<br>összesen<br>Ft | Összesen<br>Ft |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|
| 20 x 30 x 5 m csarnok melegen hengerelt szelvényekkel |                                      |                               |                                   |                            |                |
| 3897,93                                               | 400                                  | 180                           | 1 559 172                         | 701 627                    | 2 260 799      |
| 20 x 30 x 5 m csarnok rácsos szaruzattal              |                                      |                               |                                   |                            |                |
| 1488,01                                               | 640                                  | 350                           | 952 326                           | 520 804                    | 1 473 130      |

Az árajánlatban látható, hogy a rácsos szaruzatú csarnok anyag + gyártás –és szerelés kg-onkénti egységárai nagyobbak, mivel bonyolultabb és precízebb gyártást és szerelést igényel. Több a szabási –és hegesztési munka, mint a melegen hengerelt szelvényekből álló keretszerkezetnél.

Minden egyes acélszerkezet kivitelező cég kapacitása más és más, de általánosságban elmondható, hogy körülbelül kétharmada az a mennyiség amit rácsos szerkezetből elő tudnak állítani, mint amennyit melegen hengerelt szerkezetekből. Tehát amennyi költséget megspórolunk a rácsos szaruzatú szerkezetnél, azt élömunka igényben és időben rá kell fordítani, márpedig egyes beruházásoknál fontosabb az időtényező.

A rácsos tartónál felléphet szállítási probléma is, ha az meghaladja a közúti úrszelvény méretét, ekkor tovább nőnek a költségek az engedélyek beszerzésével. Esetemben erről nincs szó, közúton szállítható a szerkezet.



Funkcionális szempontból nézve, a rácsos tartók szerkezeti magassága általában nagyobb, így a ki nem használható, de fűtött tér nagyobb lehet. Azonban a rácsrudak közötti sok szabad tér alkalmas gépészeti szempontból.

Fontos szempont továbbá az időtállóság, amit a felületkezelésekkel növelhetünk. A rácsos tartó horganyzása költségesebbé teszi a szerkezetet a HEA- és IPE szelvényekkel szemben és még akkor sem képes 40-50 évig úgy megmaradni, mint a melegen hengerelt szelvényekből épülő szerkezetek. Gyakoribb karbantartást, nagyobb odafigyelést igényel. Az alapmázolás, illetve esetleges tűzgátló mázolás zártszelvényes szerkezetnél sokkal időigényesebb és így költségesebb, mint egy HEA vagy IPE szelvénynél.

A legnagyobb különbség az össz tömegben mutatkozik, ami így az árban is megjelenik, hiába a rácsos szerkezetnél lévő magasabb egységárak. Esetemben egy kisebb csarnokról van szó, de mint írtam nagyobb beruházásoknál fontosabb lehet az időigény vagy az önsúly nagysága. A kisebb önsúly kedvezően hat a teherbírás/önsúly arányra. A súlybeli különbségnek többek között környezet kimélő hatása is van, mivel kevesebb mennyiségű acélt igényel a rácsos szaruzatú csarnok.

Rácsos tartó alkalmazása akkor javasolt, ha minél könnyebb szerkezetre van szükség, pl. az alapozás megköveteli a könnyített szerkezetet. Az ilyen szerkezetek akár komolyabb alapozás, pontalap nélkül rögzíthetők a talajhoz, esetleg a már meglévő padozathoz. A másik javasolt eset a nagyobb épületeknél, hidaknál, stadionoknál jön elő, amikor az alátámasztás nélküli, áthidalandó fesztáv eléri a 30-40 vagy még több métert. Ebben az esetben már érdemes elgondolkozni, hogy pl. egy IPE1000-es szelvény helyett, rácsos tartót alkalmazzunk, mert a megspórolható anyagmennyiség jelentős.

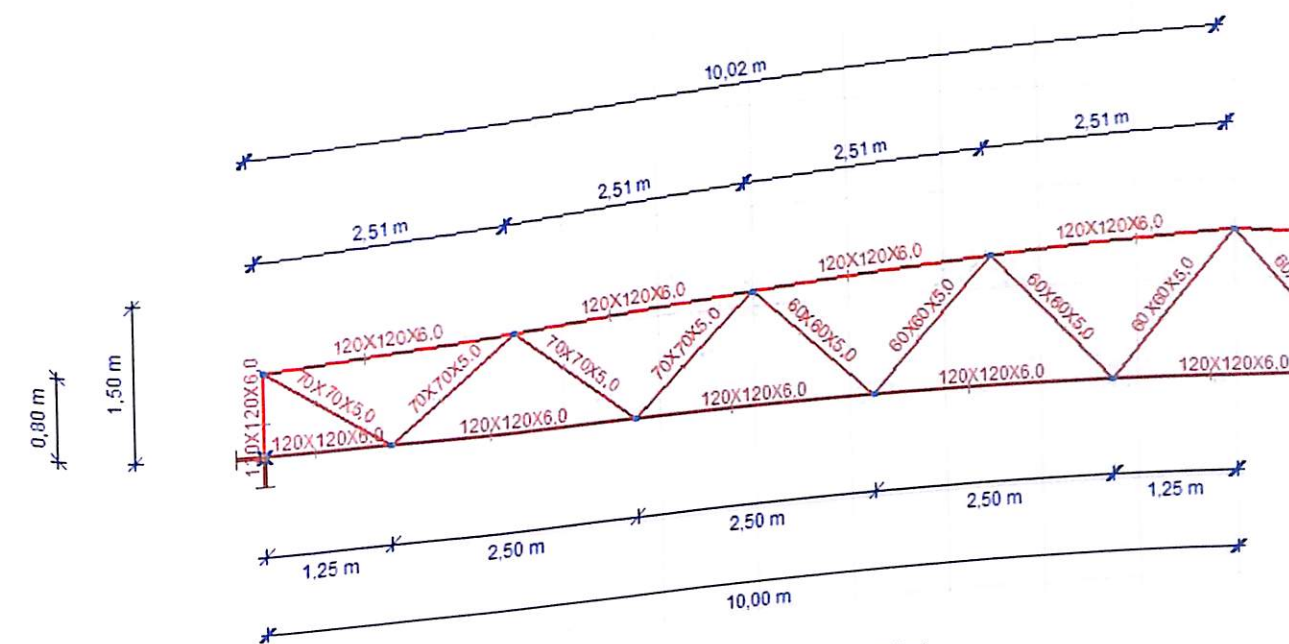
A vizsgálat során kiderült, hogy mindkét kialakítás mellett -és ellen is szólnak érvek, ellenérvek, de végül minden esetben a Megrendelő dönt. Lehet szempont az esztétika, a költségek, a csarnok funkciója, az idő és sok más is.

Azért választottam témámnak egy összehasonlító vizsgálatot, mert fontosnak tartom, hogy a nagyobb döntések, például egy beruházás előtt, mérlegeljük a lehetőségeket, kérjük ki szakemberek véleményét, így megtalálva számunkra a legmegfelelőbb döntést.

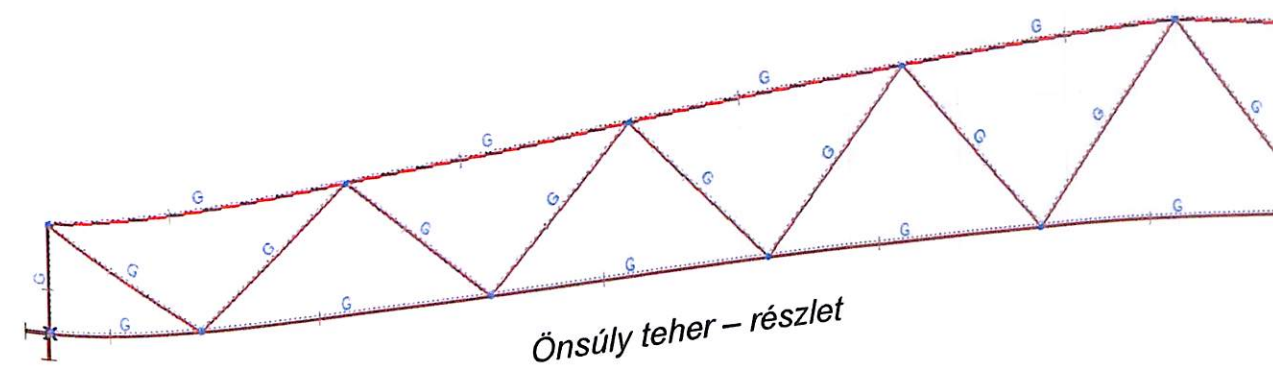


## AxisVM melléklet

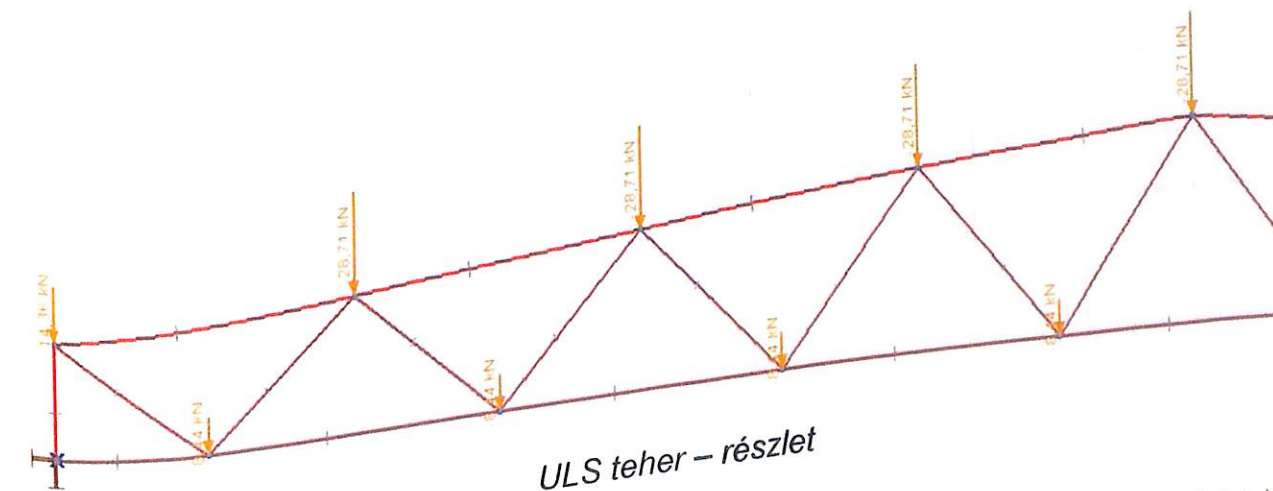
## I. Rácsos szaruzatú csarnok – AxisVM melléklet



Kialakítás, statikai váz – részlet

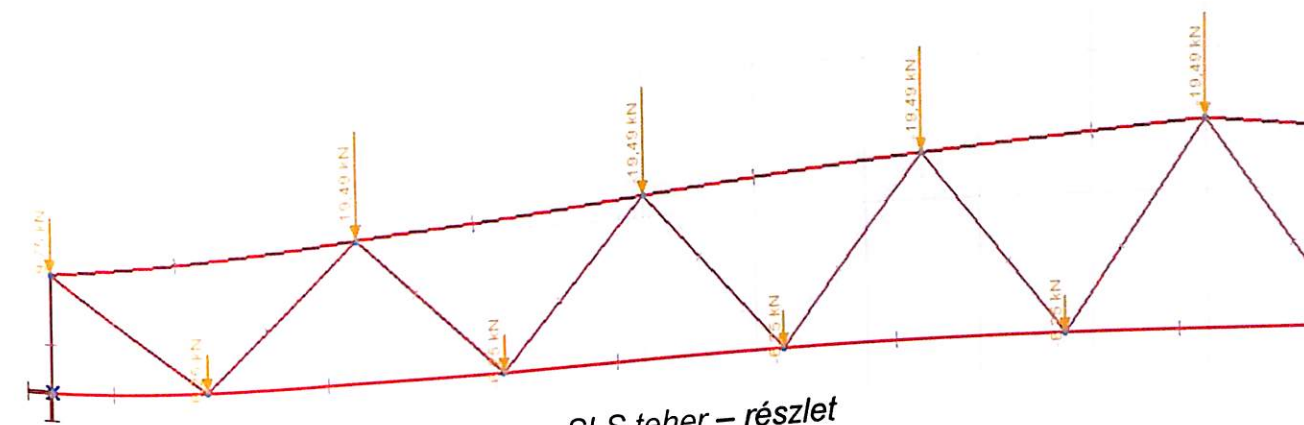


Önsúly teher – részlet

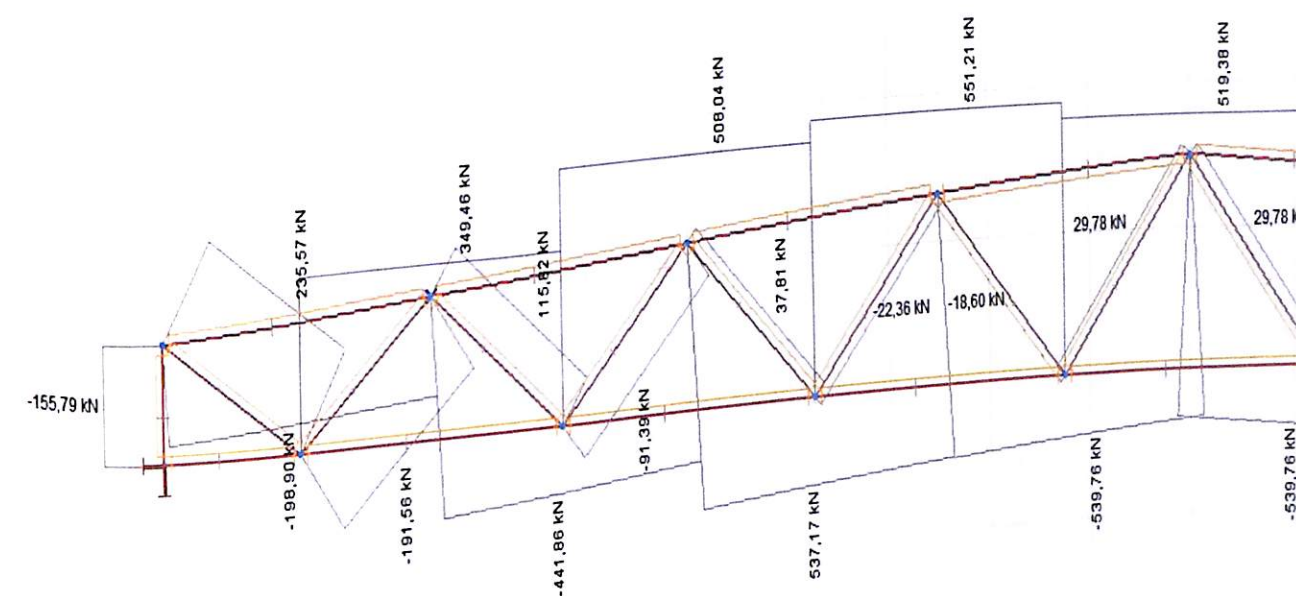


ULS teher – részlet

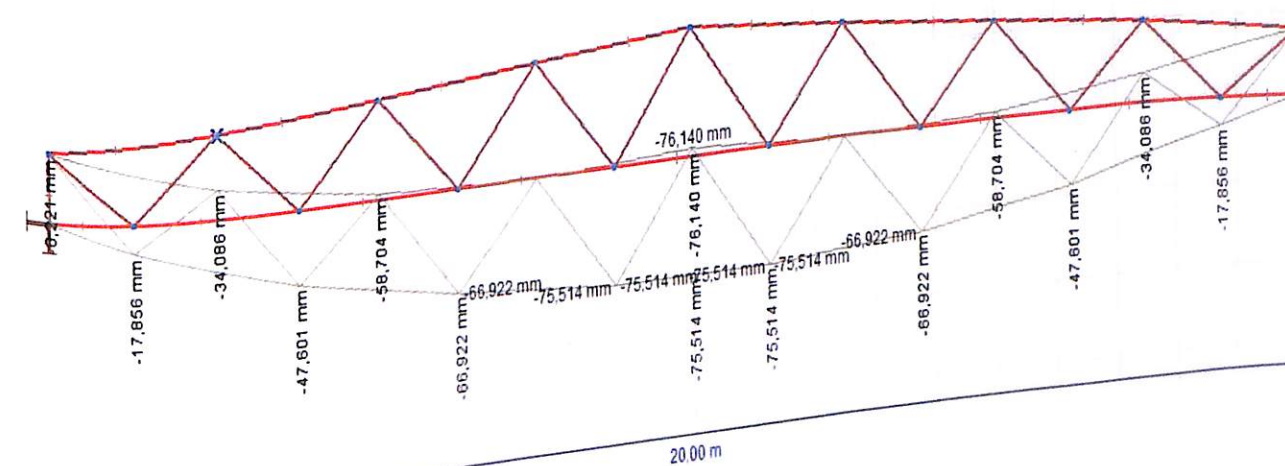




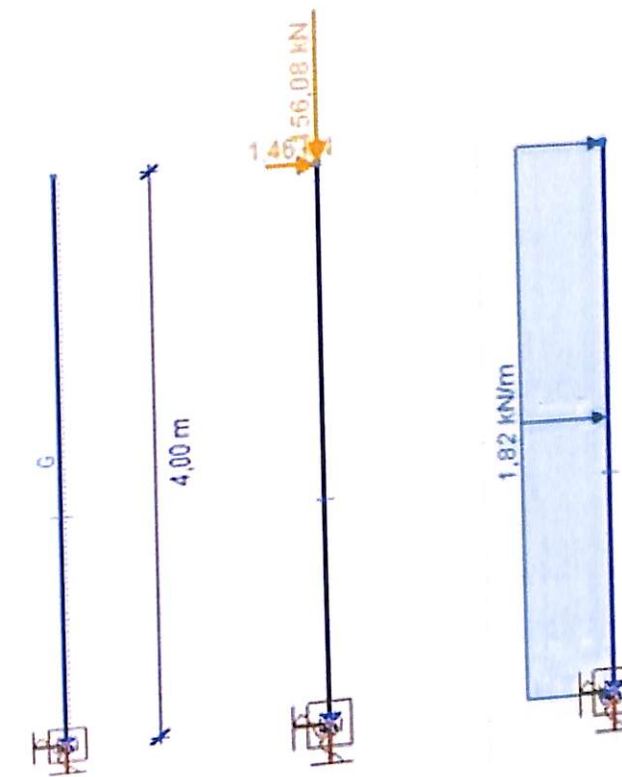
SLS teher – részlet



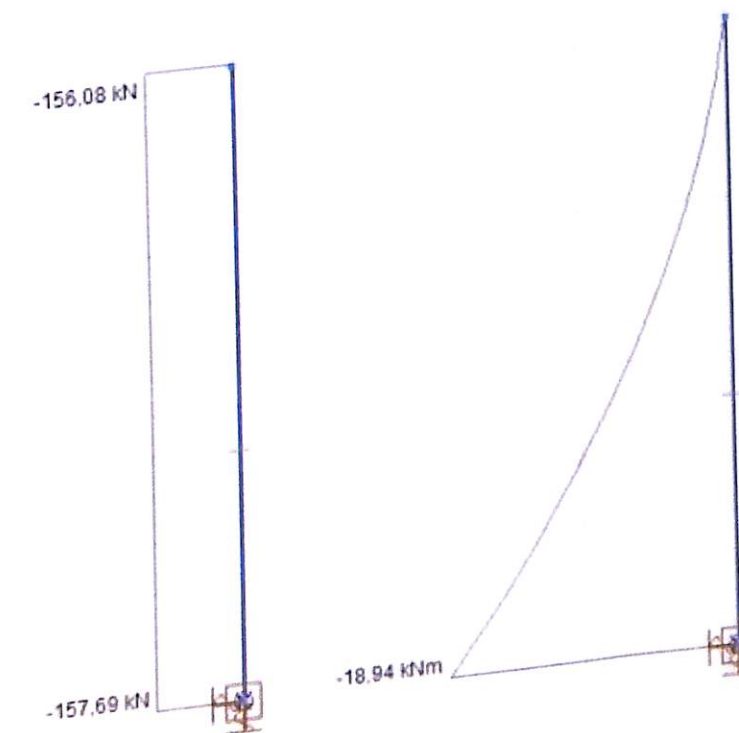
Igénybevétel Nx – részlet

Rácsos szaruzat lehajlás ( $\theta_z$ )





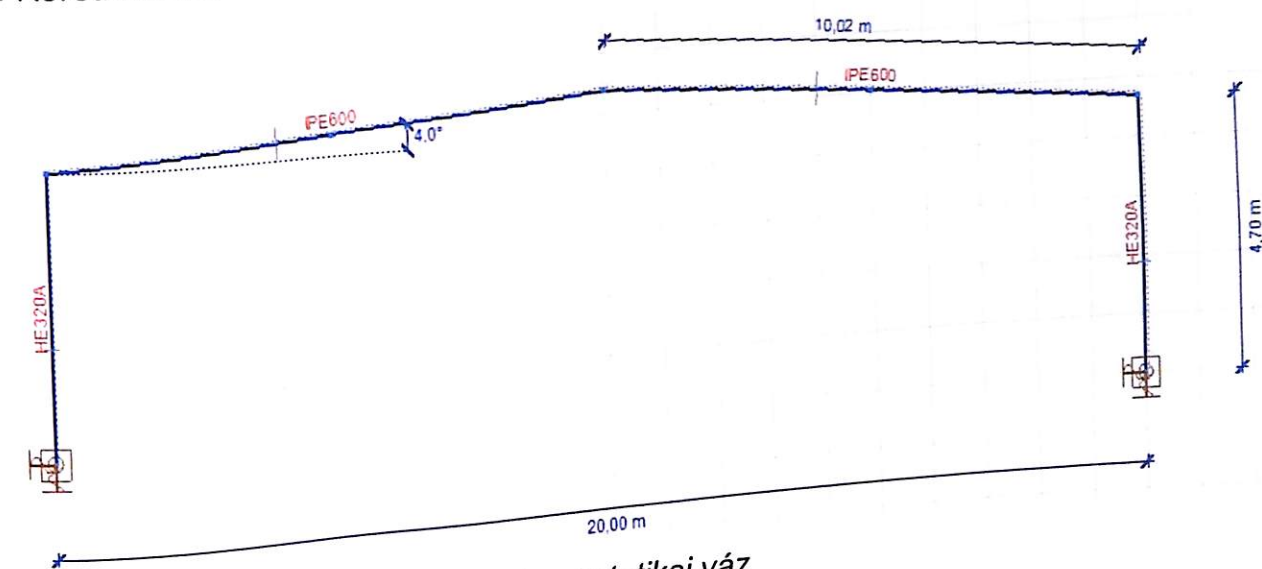
Oszlop, terhek (önsúly, rácsos reakció, szél)



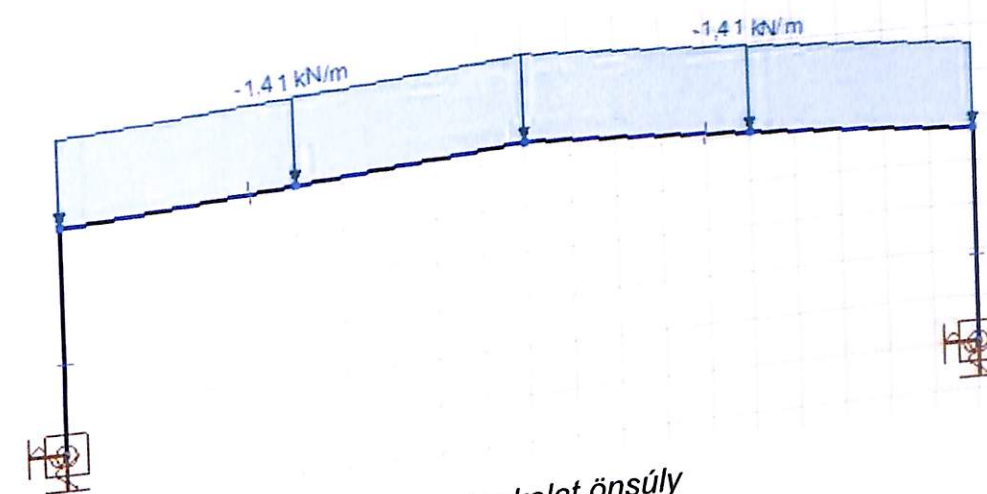
Oszlop igénybevétel  $N_x$  ;  $M_y$



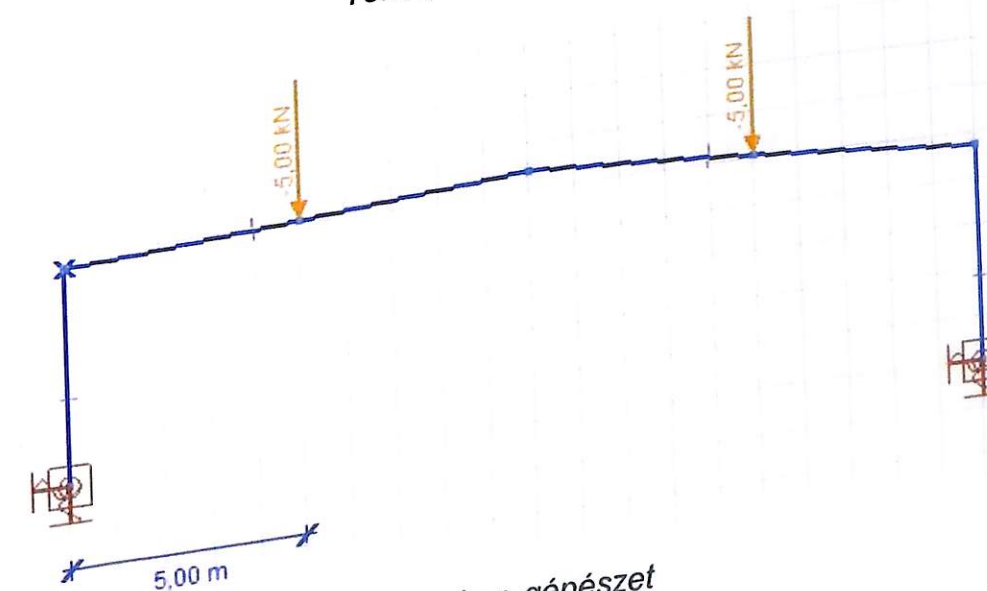
## II. Keretrendszer kialakítású csarnok – AxisVM melléklet



Keret statikai váz

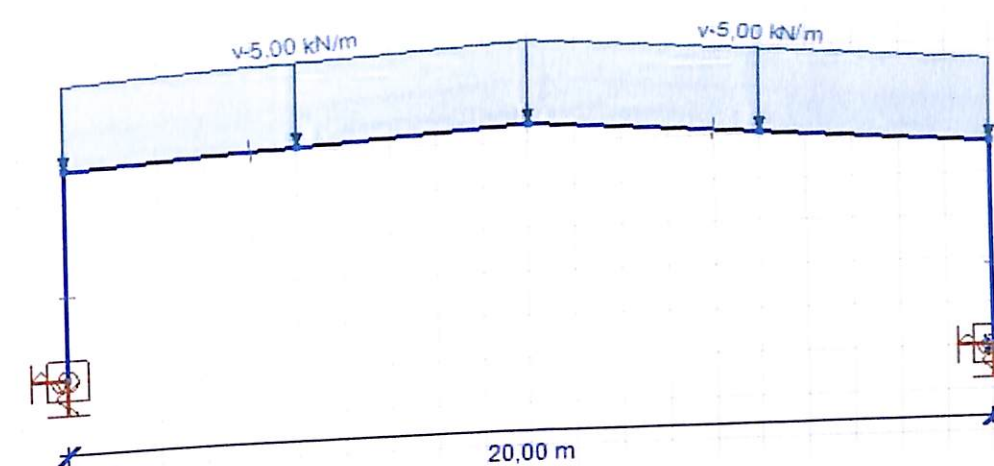


Tether, burkolat önsúly

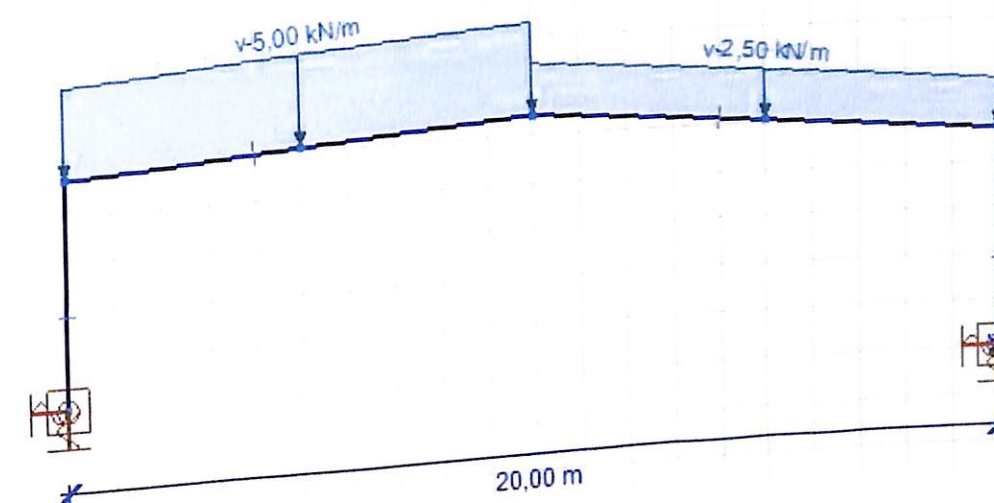


Tether, gépészet

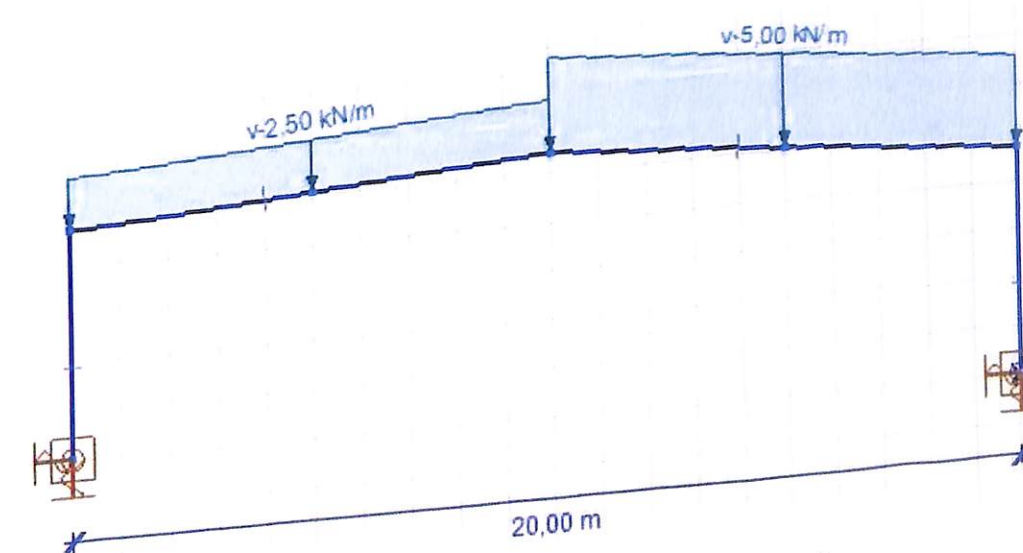




Teher, totális hőteher

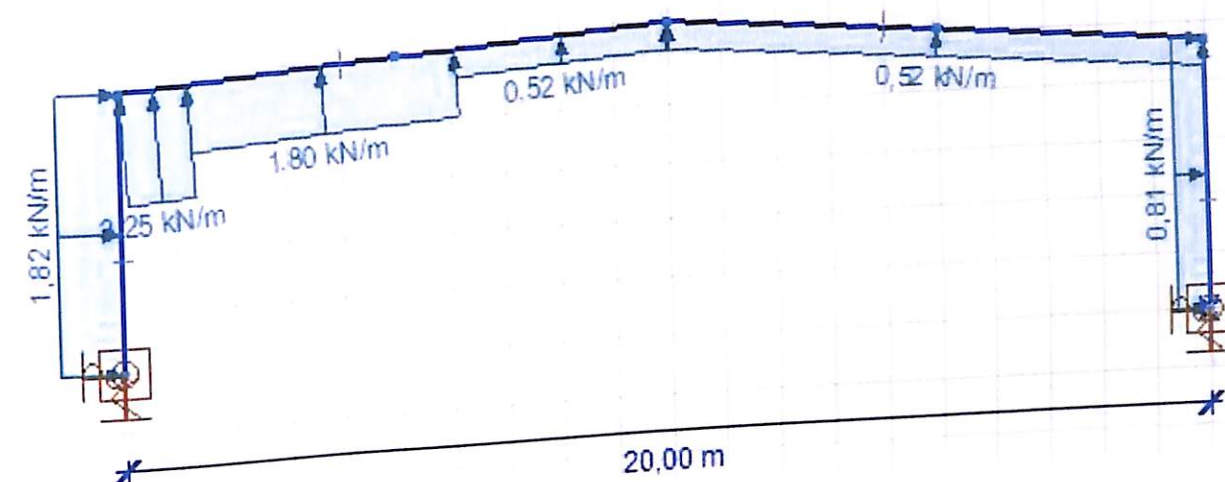


Teher, hőteher (totál bal, fél jobb)

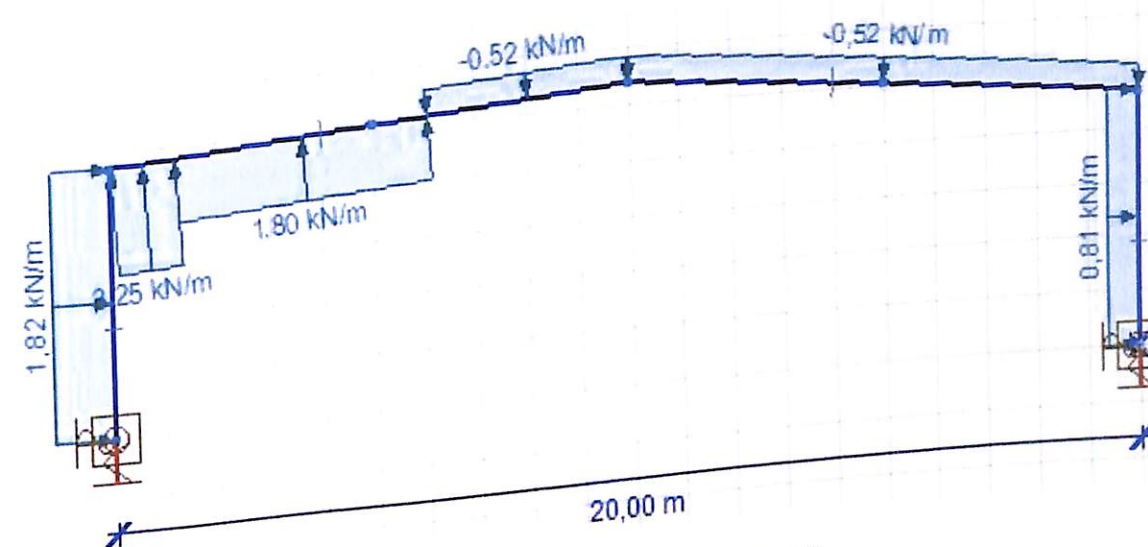


Teher, hőteher (totál jobb, fél bal)

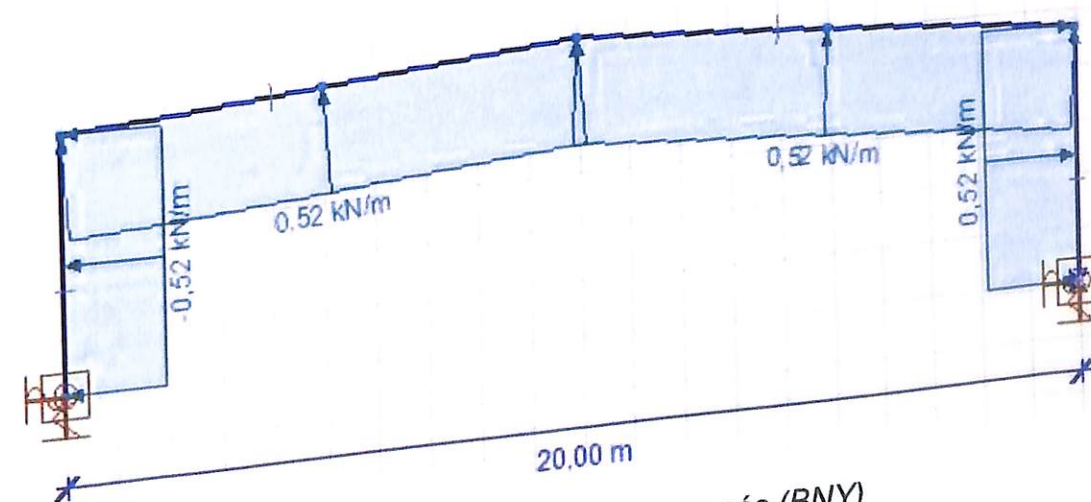




Teher, külső szélteher (KK1)

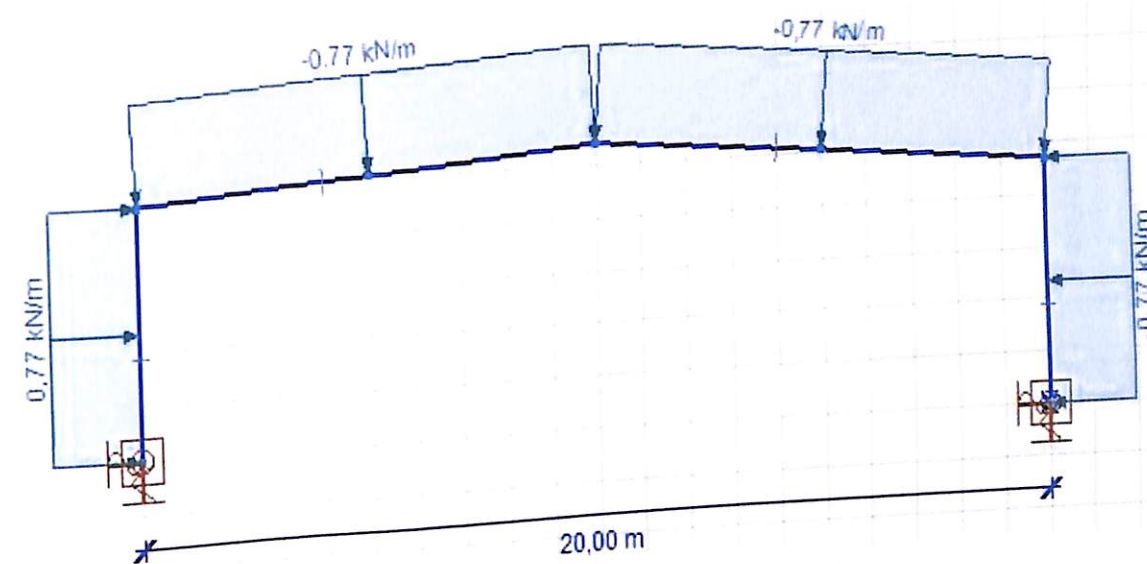


Teher, külső szélteher (KK2)

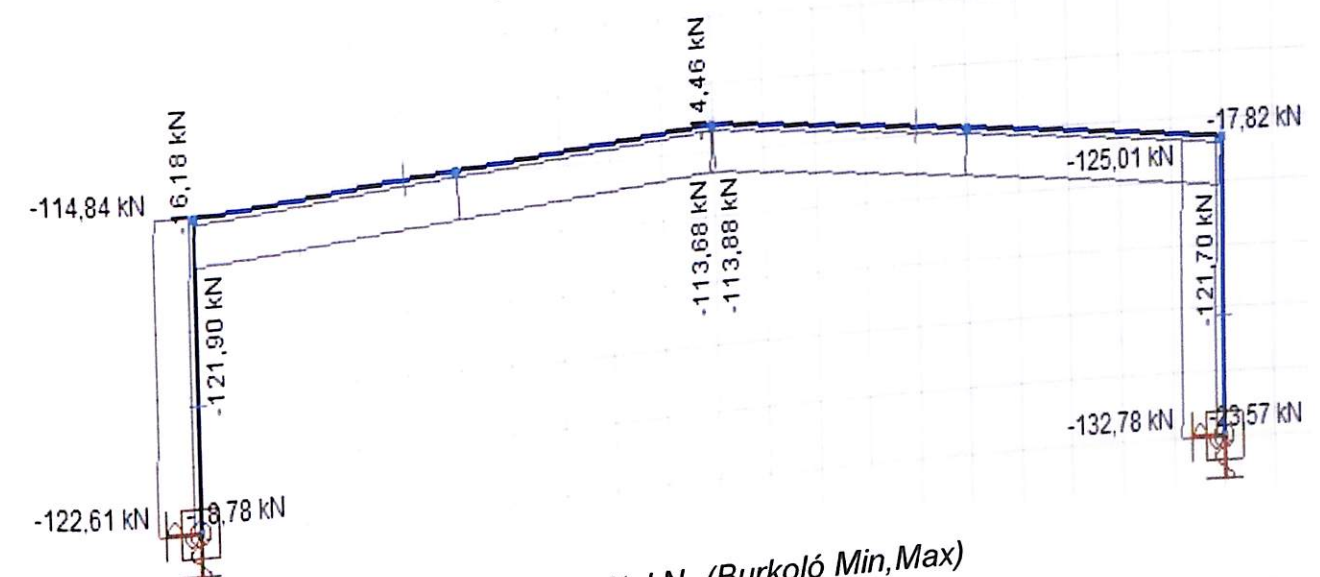
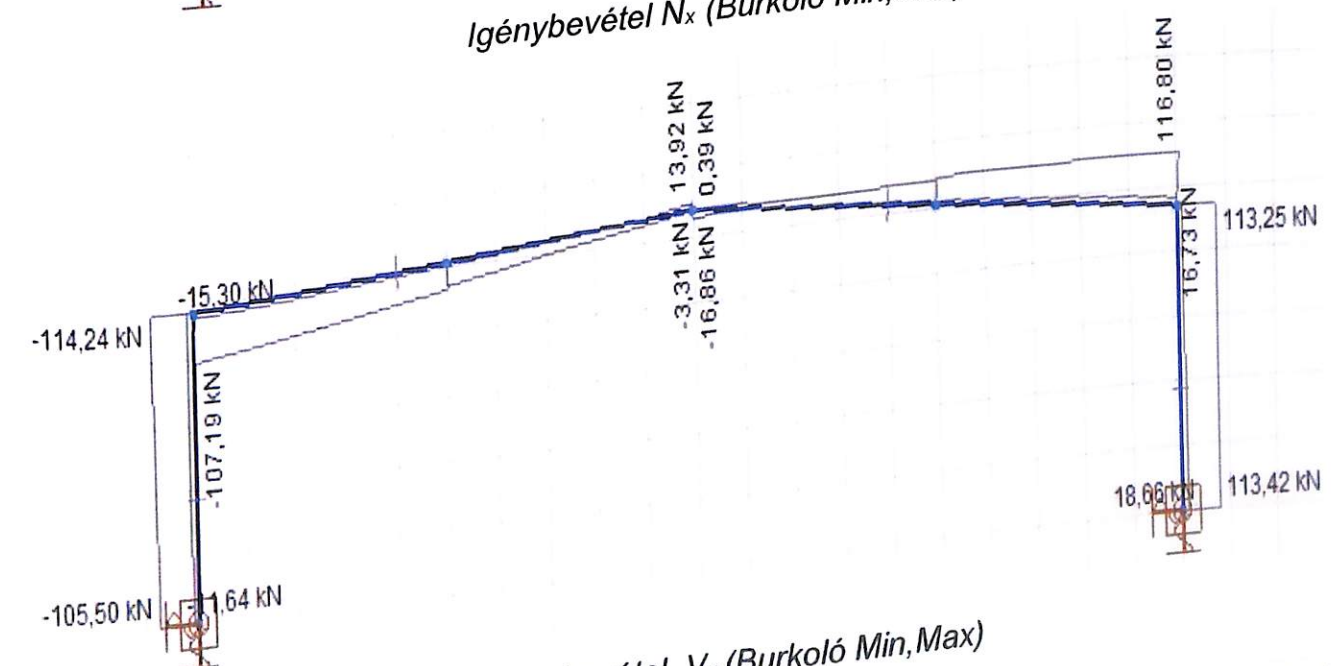


Teher, belső szélnyomás (BNY)

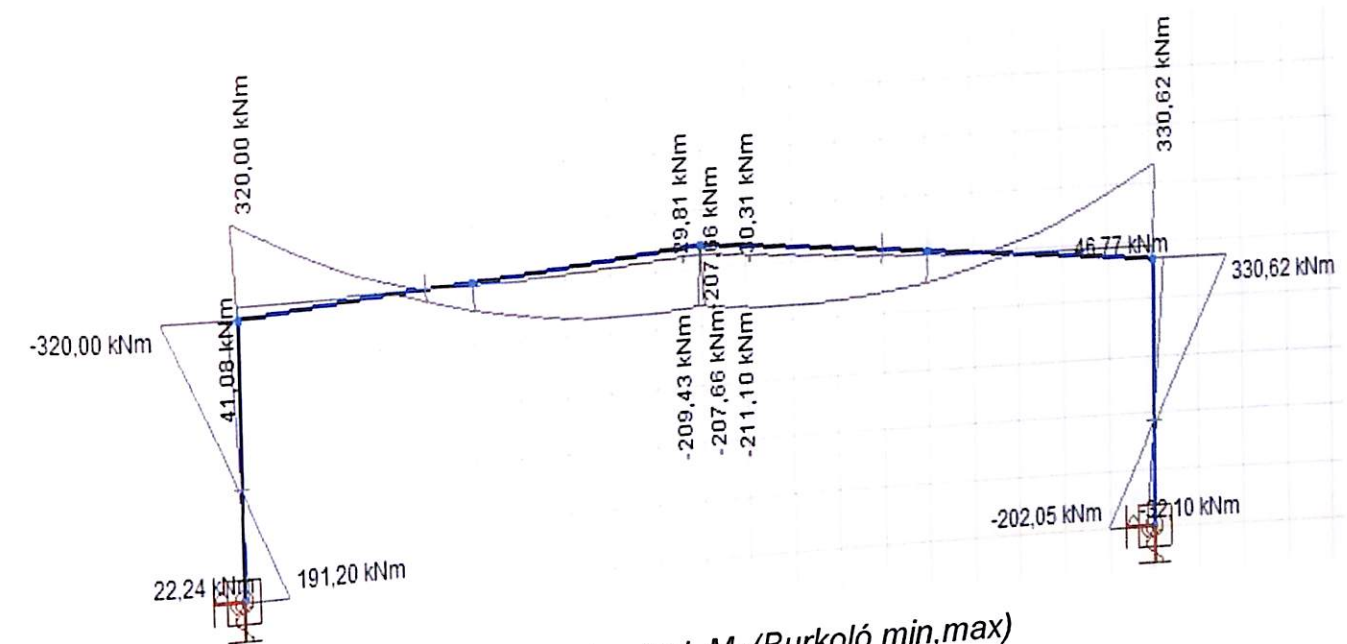




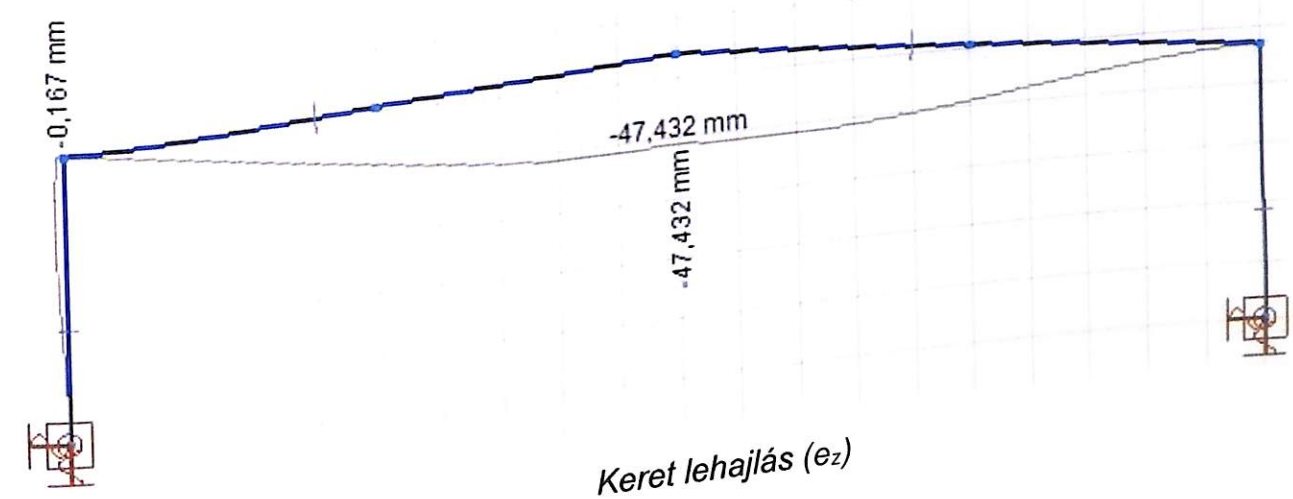
Téher, belső szélszívás (BSZ)

Igénybevétel  $N_x$  (Burkoló Min, Max)Igénybevétel  $V_z$  (Burkoló Min, Max)





Igénybevétel,  $M_y$  (Burkoló min,max)

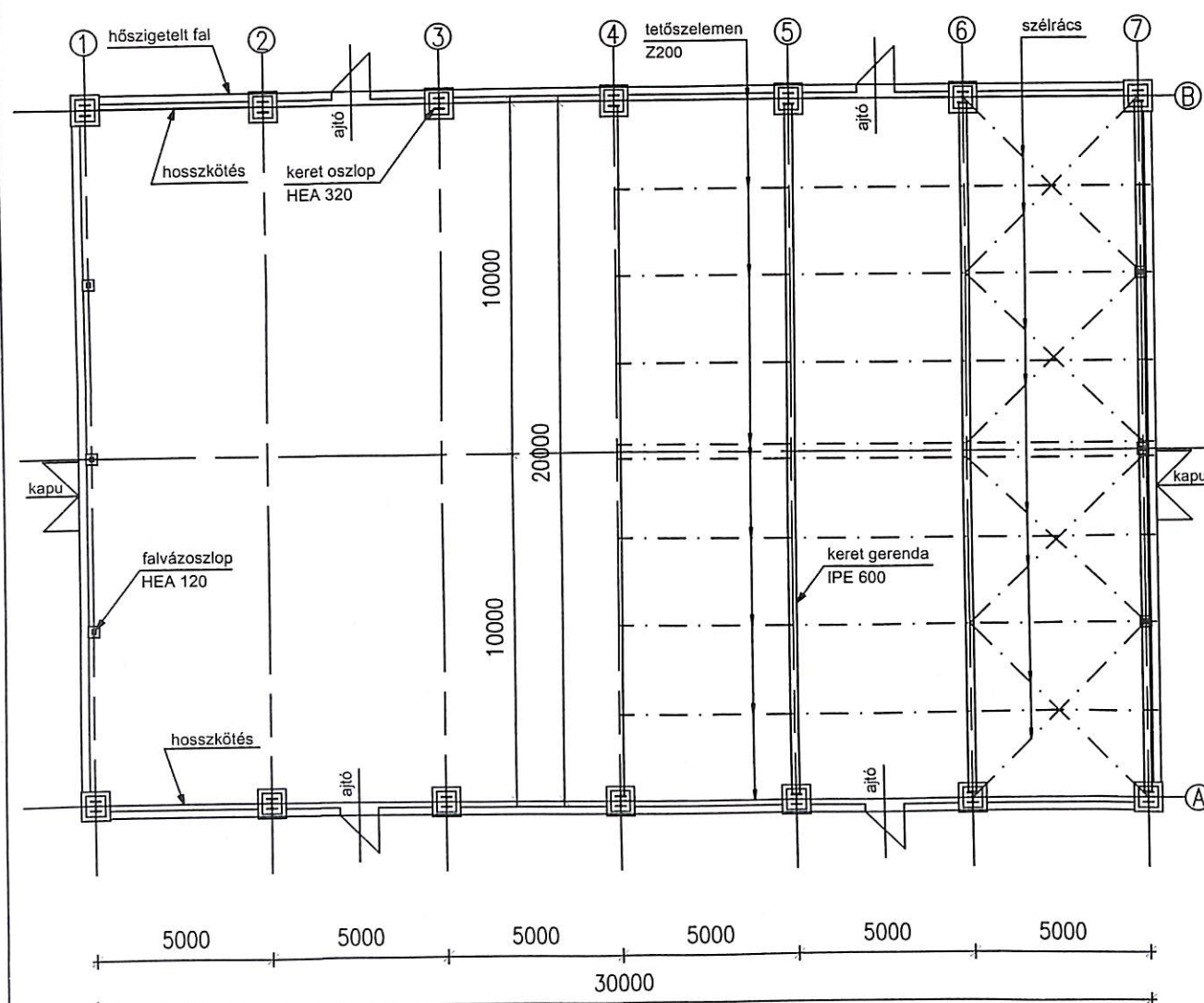


Keret lehajlás ( $\theta_z$ )

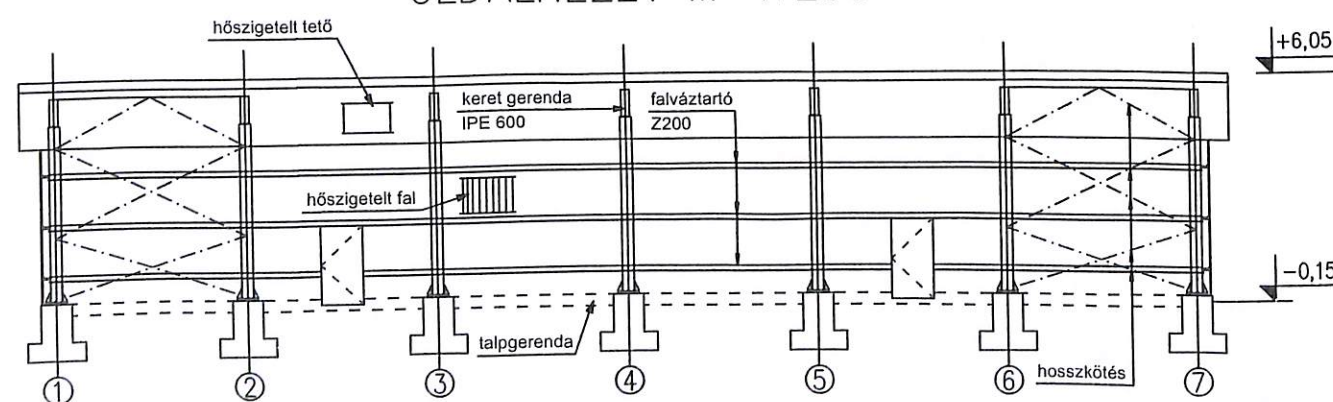


ALAPRAJZ M=1:200

FELÜLNÉZET M=1:200



OLDALNÉZET M=1:200

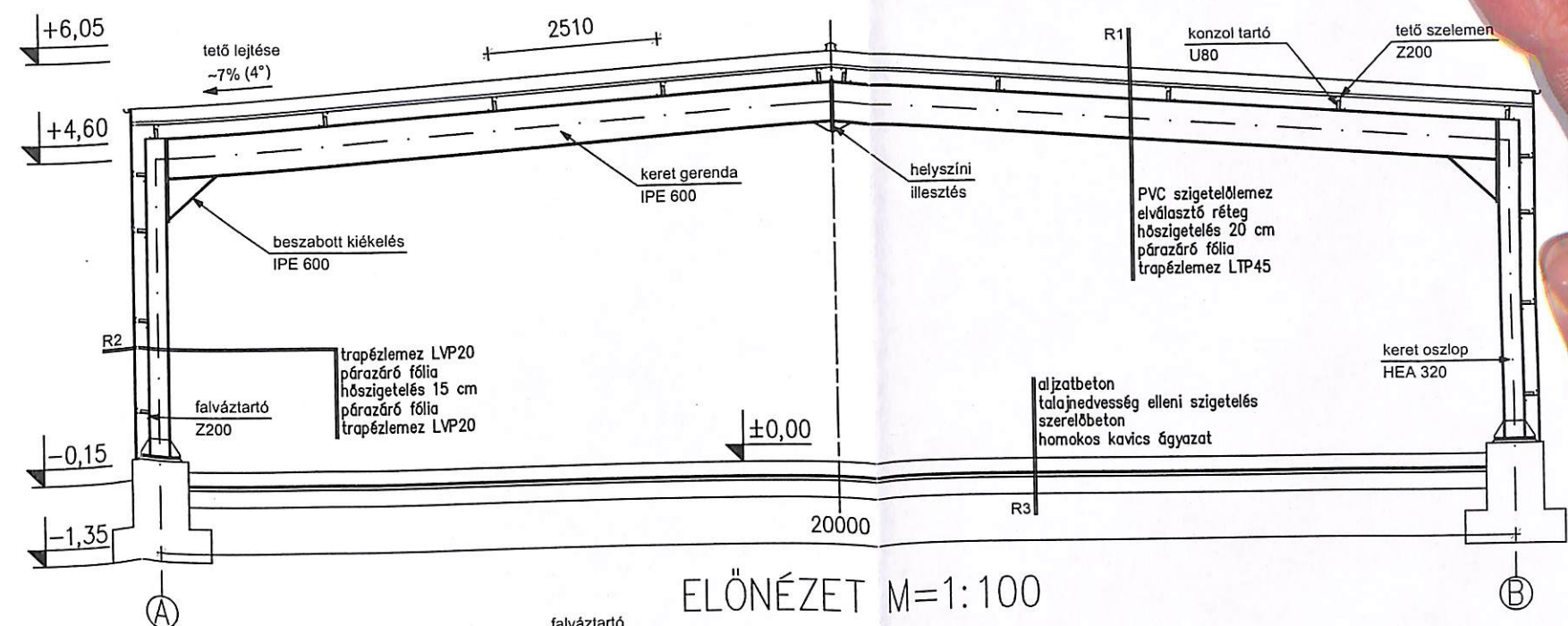


Megjegyzés:

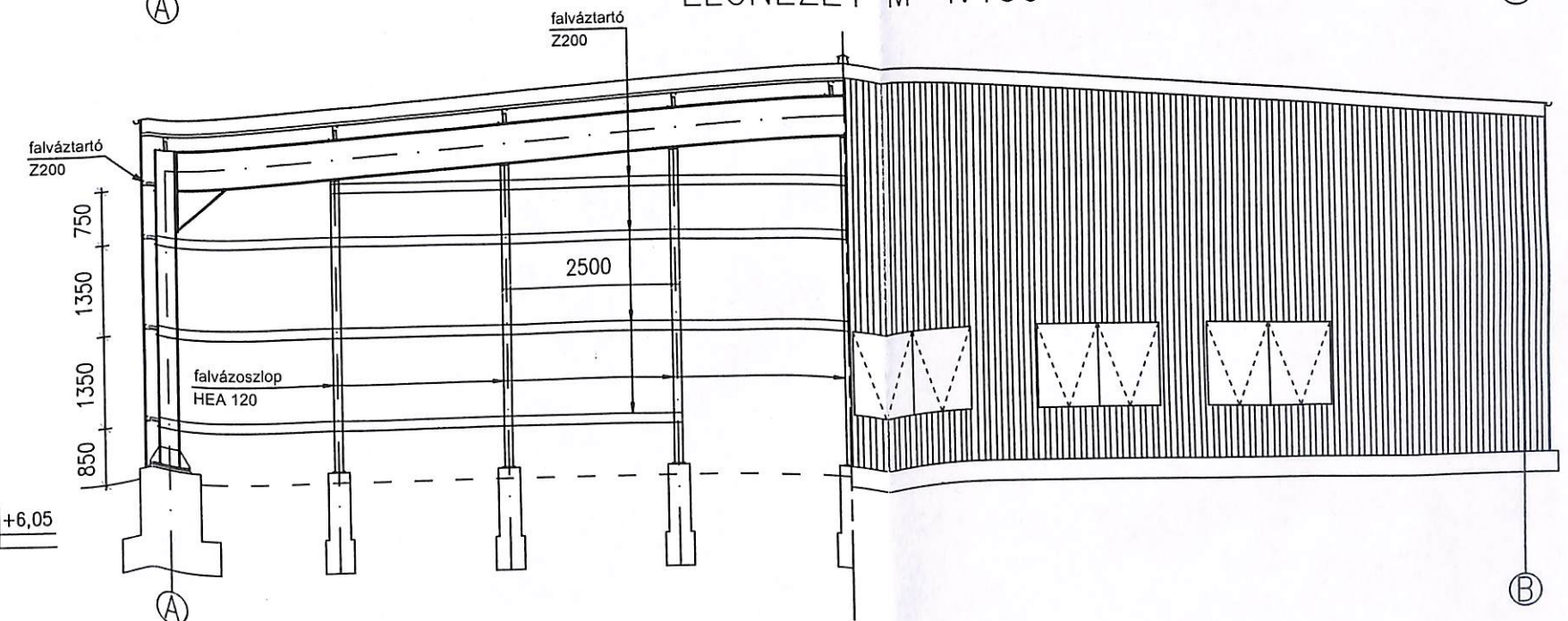
Acélminőség: S235 JRG2

Kapcsolódó terv: KT-02

KERESZTMETSZET M=1:100



ELŐNÉZET M=1:100



Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Szerkezetépítő ágazat

Diplomamunka, Acél csarnok összehasonlító vizsgálata

Rajzszám: VT-02

Keretrendszer kialakítású, Vázlaterv

M=1:100, M=1:200

Tervezte: Dragon Tamás

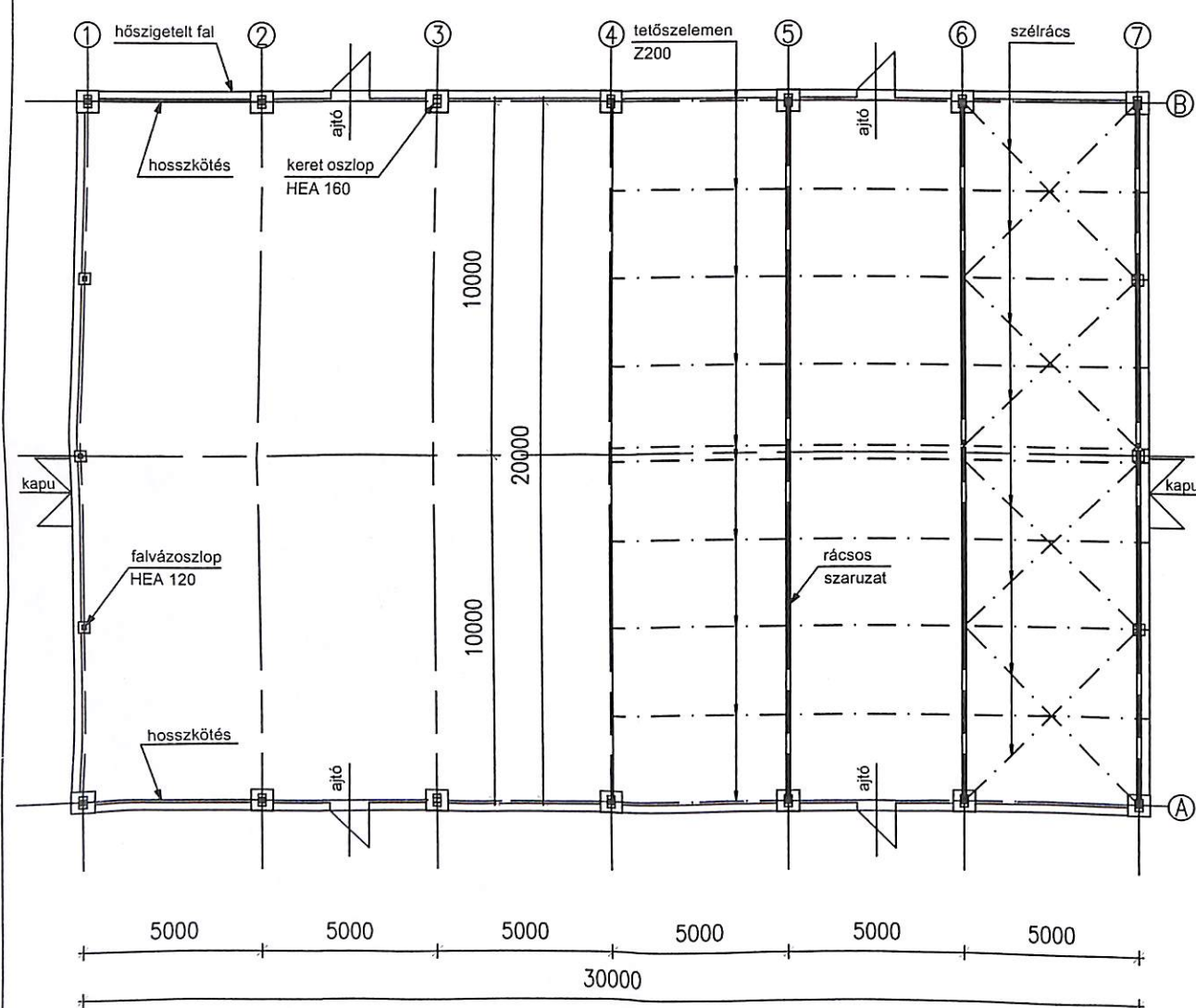
Konzulens: Horváth Katalin

2017/18 I.

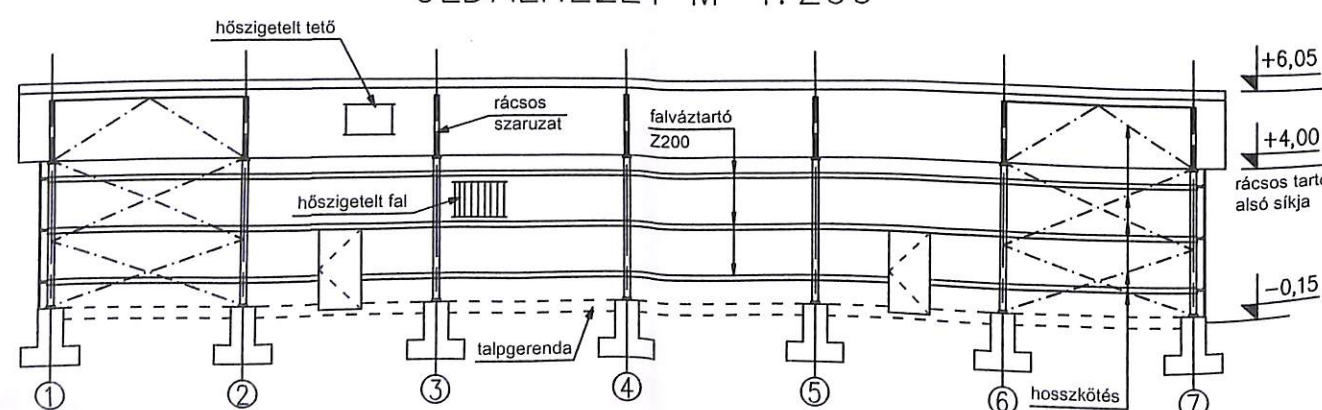


ALAPRAJZ M=1:200

FELÜLNÉZET M=1:200

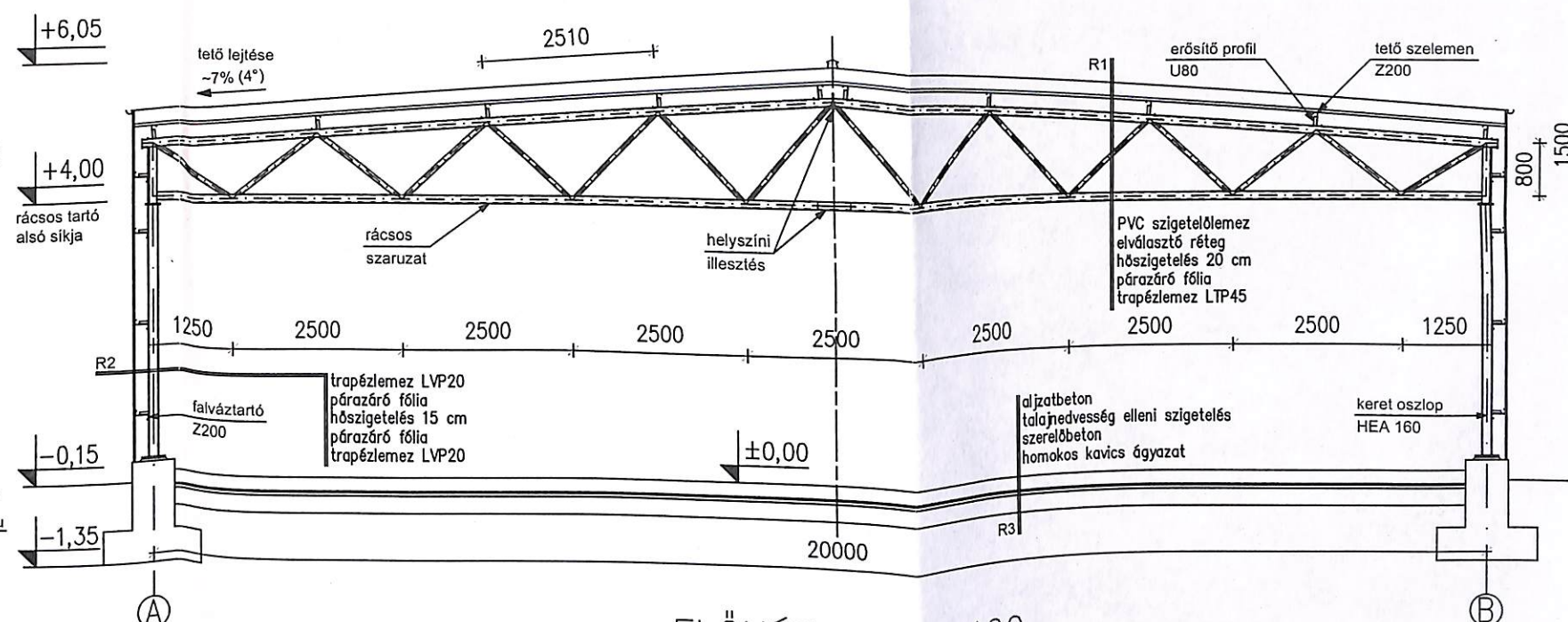


OLDALNÉZET M=1:200

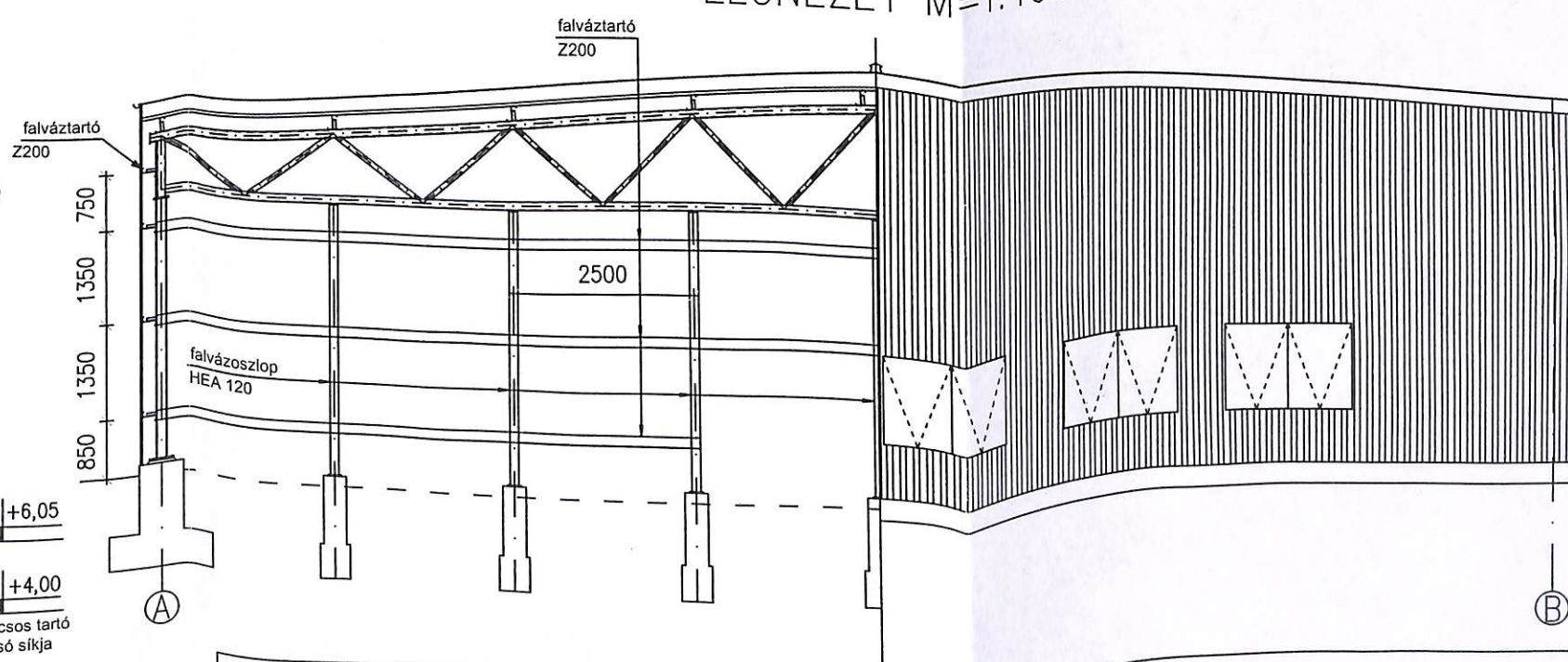


Megjegyzés:  
 Acélminőség: S235 JRG2  
 Kapcsolódó terv: KT-01

KERESZTMETSZET M=1:100



ELŐNÉZET M=1:100



Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Szerkezetépítő ágazat

Diplomamunka, Acél csarnok összehasonlító vizsgálata

Rajzsám: VT-01

Rácsos szaruzatú csarnok, Vázlattevé

M=1:100, M=1:200

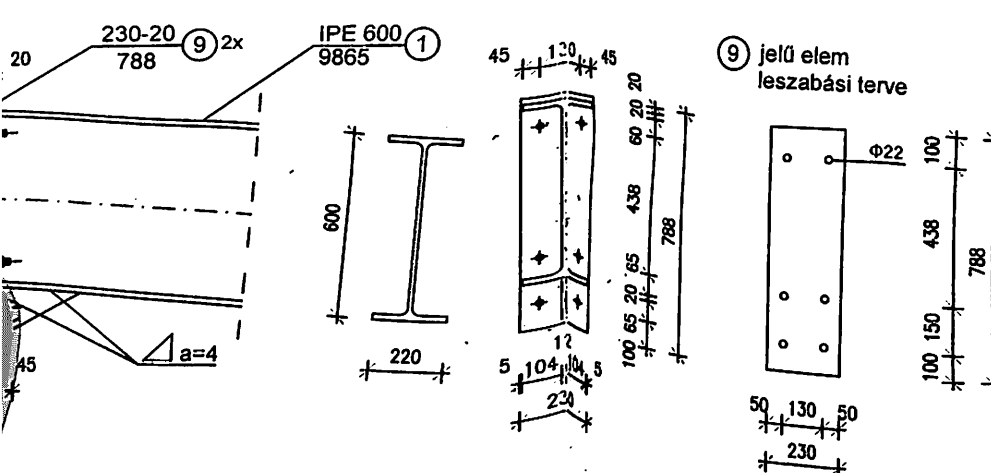
Tervezte: Dragon Tamás

Konzulens: Horváth Katalin

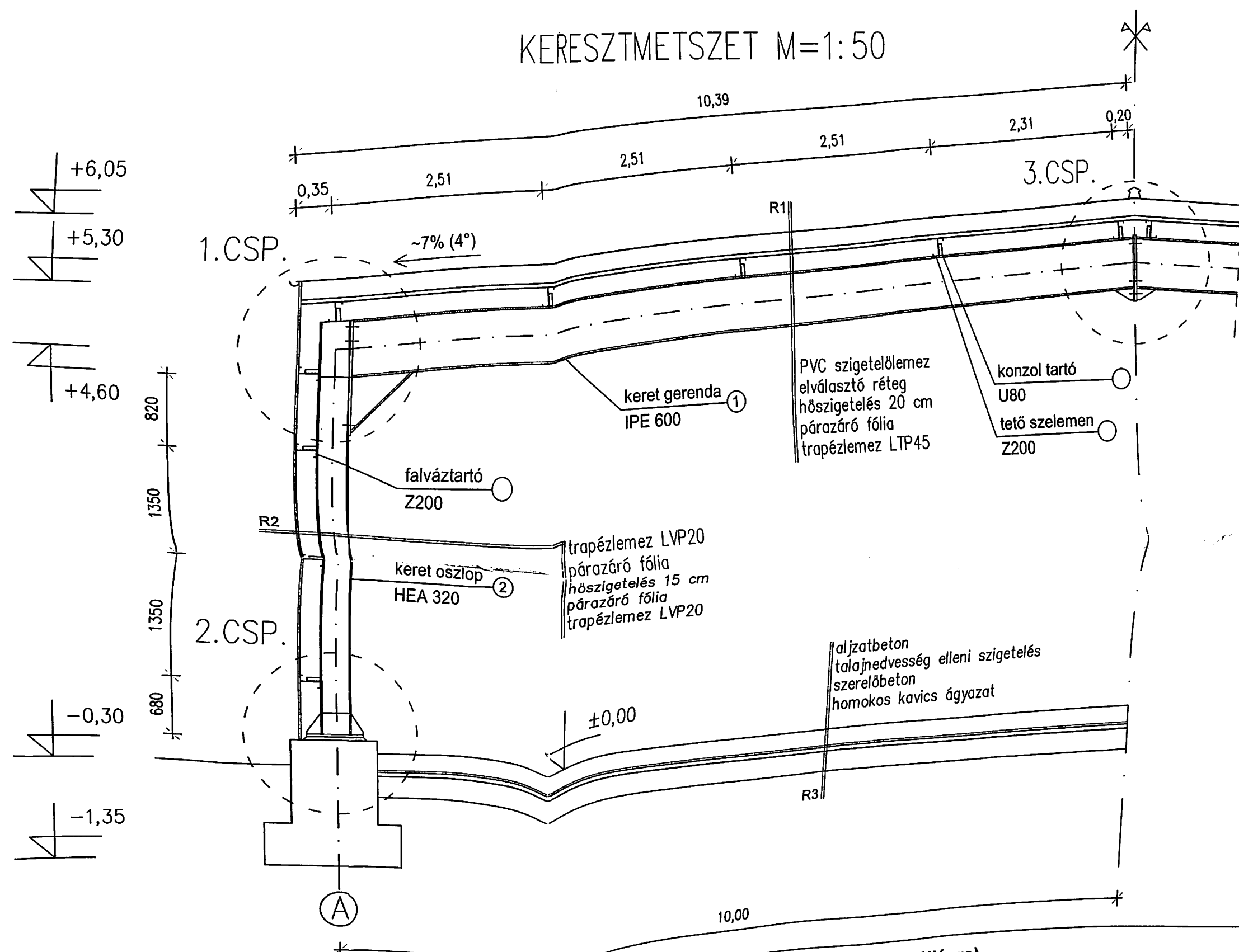
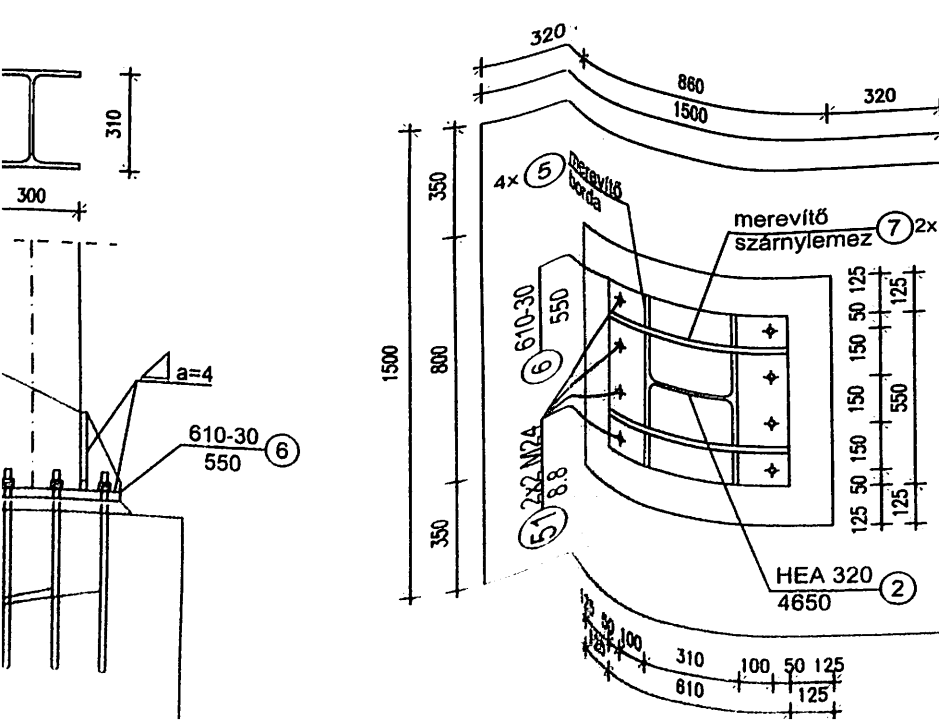
2017/18 I.



Ugyanakkor a kapcsolata  
Csomópont  $M=1:25$



Top és alaptest kapcsolata  
Csomópont M=1:25



| ELEMKIMUTATÁS (egy keretállásra) |                          |    |                |                      |                        |                                |                    |                        |
|----------------------------------|--------------------------|----|----------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|
| Jel                              | Megnevezés               | db | Szelvény méret | Hossz/db<br>mm (mm²) | Összes hossz<br>m (m²) | Egységnyi súly<br>kg/m (kg/m²) | Összes tömeg<br>kg | Megjegyzés             |
| 1                                | keret gerenda            | 2  | IPE 600        | 9750                 | 19,50                  | 122                            | 2379               | méterre vágni          |
| 2                                | keret oszlop             | 2  | HEA 320        | 4650                 | 9,30                   | 97,6                           | 907,68             | méterre vágni          |
| 3                                | keret gerenda kiakasztás | 2  | IPE 600        | 1165                 | 1,165                  | 122                            | 142,13             | leszabási terv szerint |
| 4                                | homloklemény             | 2  | 230x30x1235    | 284050 mm²           | 0,568 m²               | 240                            | 136,32             |                        |
| 5                                | merevítő borda           | 8  | 105x20x280     | 29400 mm²            | 0,12 m²                | 160                            | 19,20              | leszabási terv szerint |
| 6                                | talplemez                | 2  | 610x30x550     | 335500 mm²           | 0,67 m²                | 240                            | 160,80             |                        |
| 7                                | szárnyelem               | 4  | 1090x20x250    | 272500 mm²           | 0,545 m²               | 160                            | 87,20              | leszabási terv szerint |
| 8                                | merevítő borda           | 2  | 167x12x244     | 40748 mm²            | 0,08 m²                | 96                             | 7,68               | leszabási terv szerint |
| 9                                | homloklemény             | 2  | 230x20x788     | 181240 mm²           | 0,362 m²               | 160                            | 57,92              |                        |
| Össztömeg (kg):                  |                          |    |                |                      |                        |                                | 3897,93            |                        |

KÉSZÜL: 7X

| CSAVARKIMUTATÁS (egy keretállásra) |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    |  |  |  |

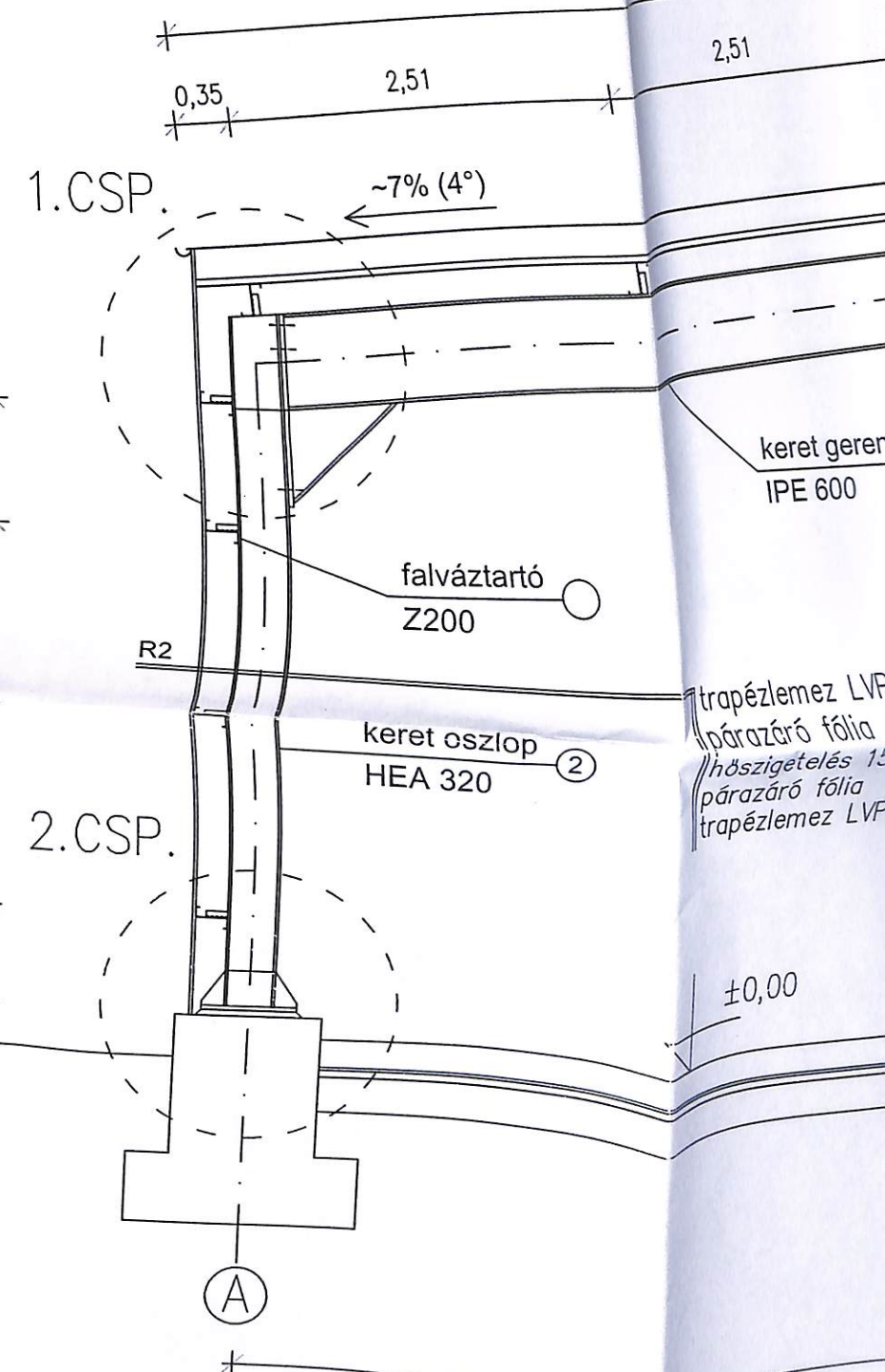
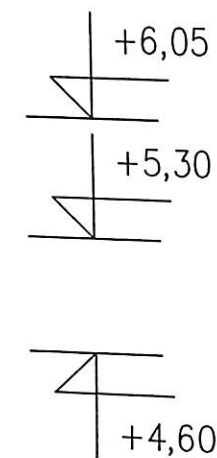
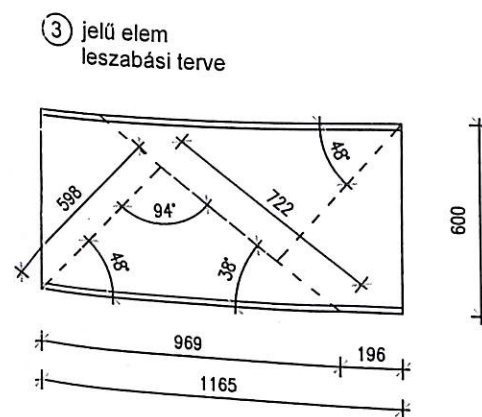
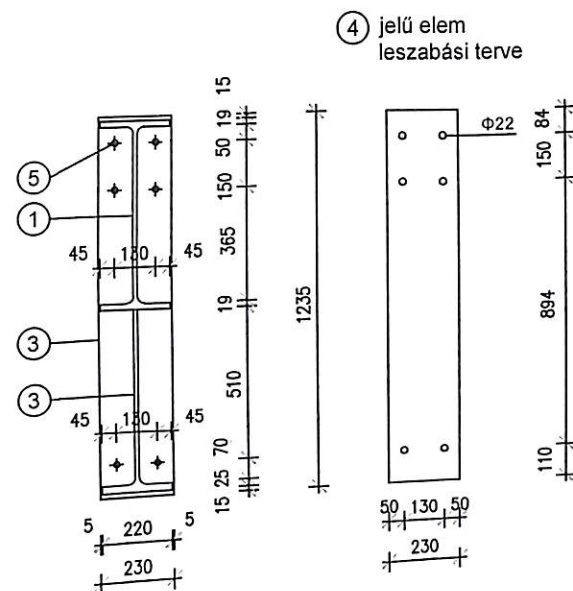
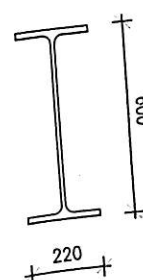
| <b>CSAVARKIMUTATÁS (egy keretállásra)</b> |    |                        |          |
|-------------------------------------------|----|------------------------|----------|
| Jel                                       | db | Megnevezés             | Csavar   |
| 50                                        | 18 | csavar - anya - alátét | M20 10.9 |
| 51                                        | 8  | csavar - anya - alátét | M24 8.8  |

Megjegyzés:

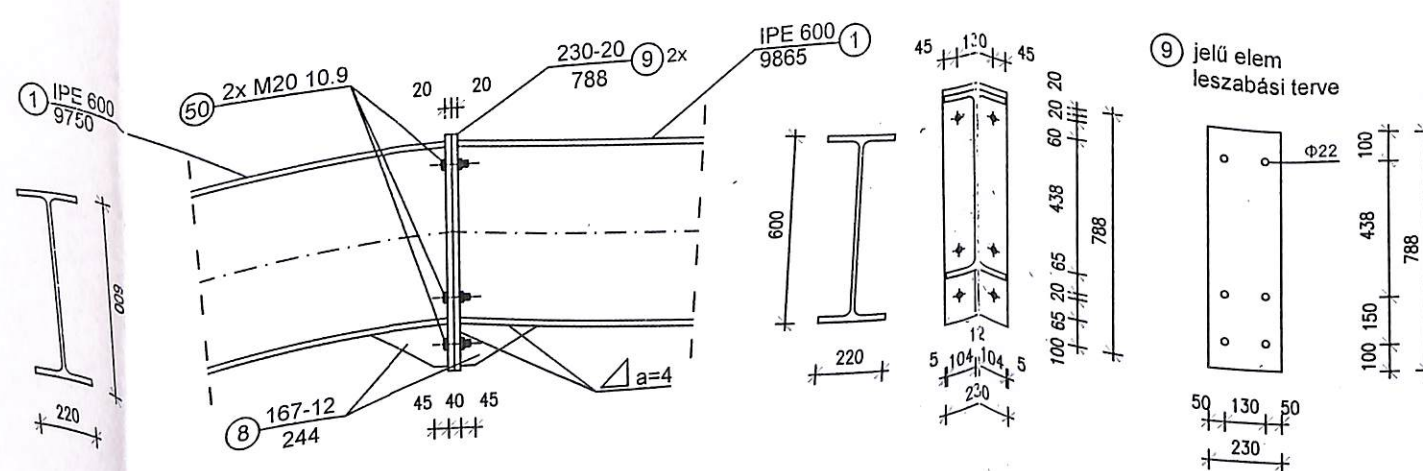
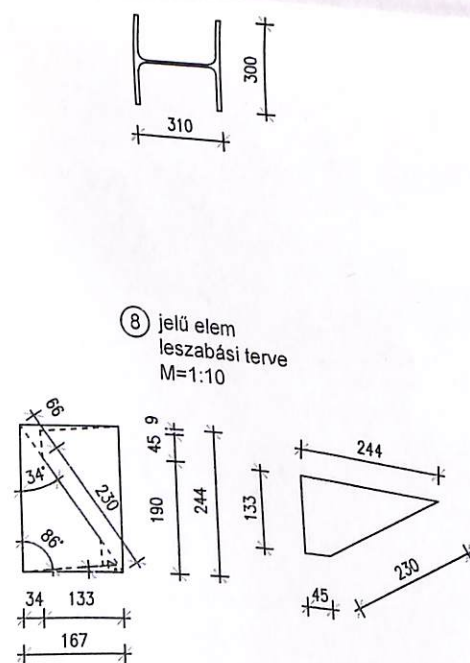
Acélminőség: S235 JRG2  
Csavarminőségek: 8.8  
A csomópontok varrása: 100% szellem, a



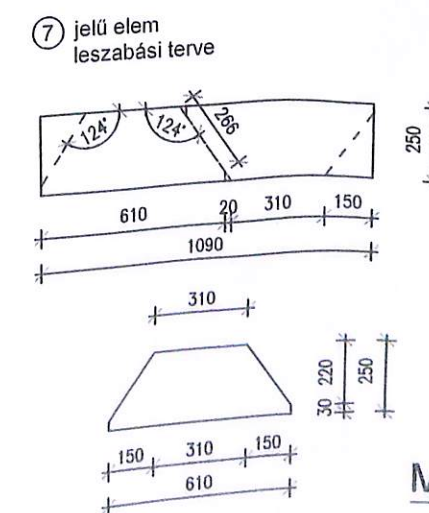
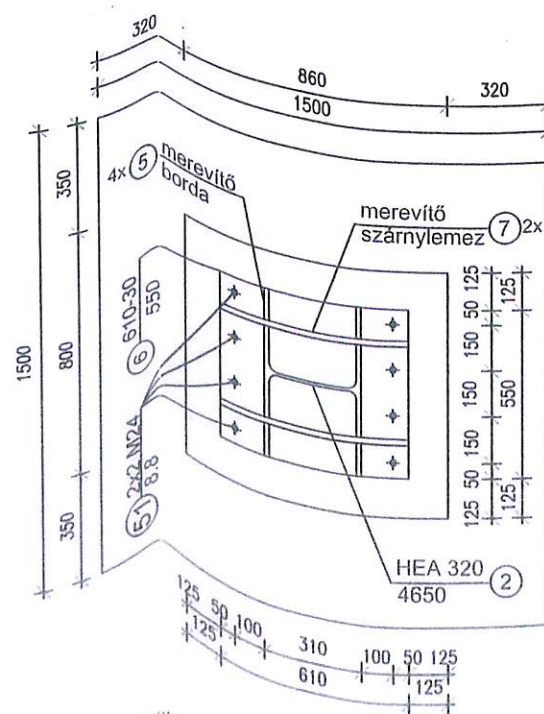
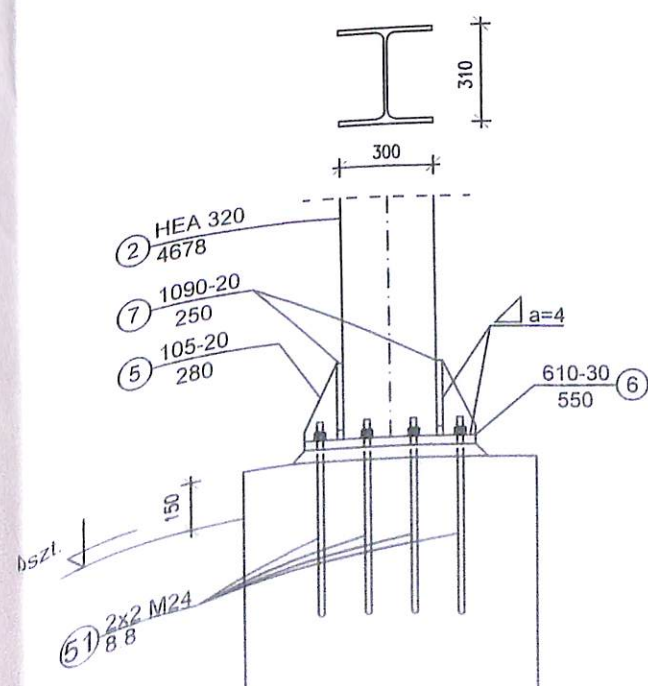
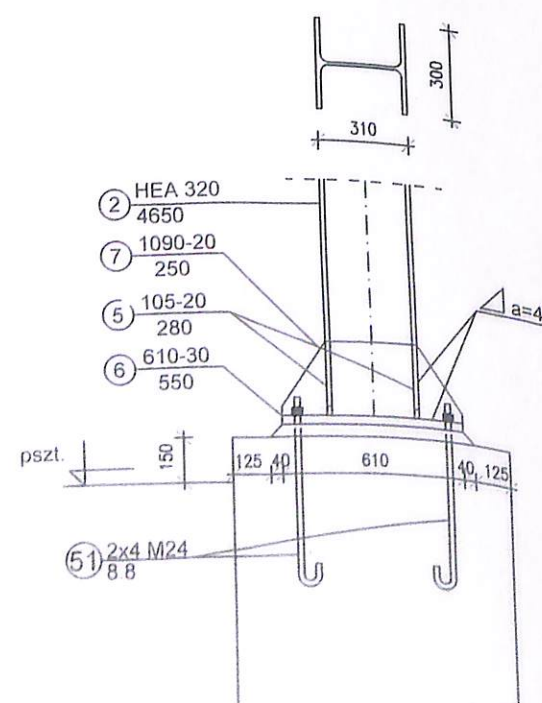
KÉSZTMETSZE



keret geran  
IPE 600



ELE



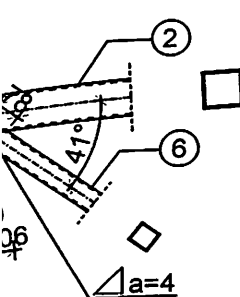
| Jel | Megnevezés    | db | Szelvény<br>mérték |
|-----|---------------|----|--------------------|
| 1   | keret gerenda | 2  | IPE 600            |
| 2   | keret oszlop  | 2  | HEA 320            |
| 3   | keret gerenda | 2  | IPE 600            |
| 4   | homloklem     | 2  | 230x30x123         |
| 5   | merevítő bol  | 8  | 105x20x280         |
| 6   | talplemez     | 2  | 610x30x550         |
| 7   | szárnyelem    | 4  | 1090x20x250        |
| 8   | merevítő bol  | 2  | 167x12x244         |
| 9   | homloklem     | 2  | 230x20x788         |
|     |               |    | <b>Össztöme</b>    |

Megjegyzés:

Acélminőség: S235 JRG2  
Csavarminőségek: 8.8  
A csomópontok:

A csomópontok varratipusai: 8.8, 10.0  
Az összehasonlító varratipusok: 8.8, 10.0





The technical drawing illustrates a roof construction detail. The top part shows a cross-section of a wall and roof assembly. A concrete slab (labeled 1) is supported by a masonry wall (labeled B). The roof structure consists of a wooden beam (labeled 15) with a height of 465 mm, resting on a masonry base (labeled B). The roof covering includes a layer of insulation (labeled 100) and a waterproofing layer (labeled 4x). The total width of the roof assembly is 465-5 mm. The bottom part shows a plan view of the roof assembly. It features a central wooden beam (labeled 15) with a height of 465 mm and a width of 230 mm. The beam is supported by a masonry base (labeled B). The roof covering includes a layer of insulation (labeled 230-10) and a waterproofing layer (labeled 2x M20). The total width of the roof assembly is 465 mm. The bottom right corner shows a detail of a wooden beam (labeled 15) with a height of 465 mm and a width of 230 mm, supported by a masonry base (labeled B).

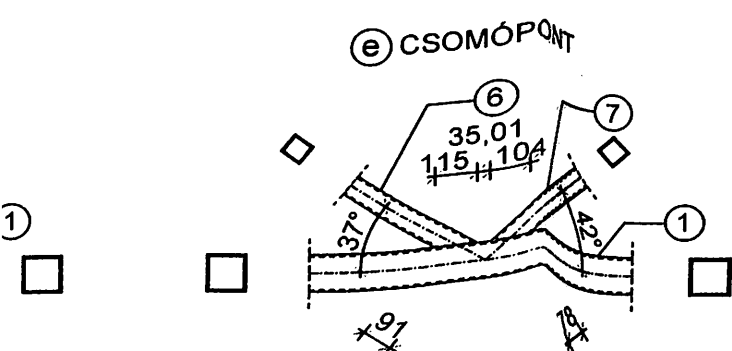
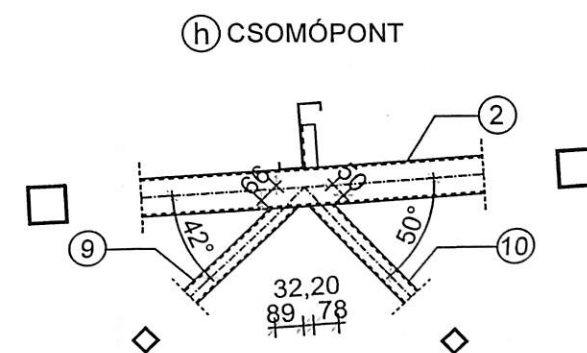
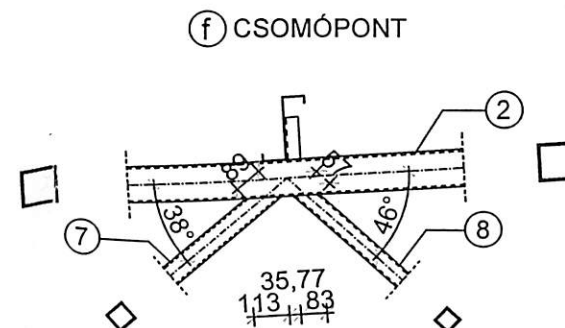
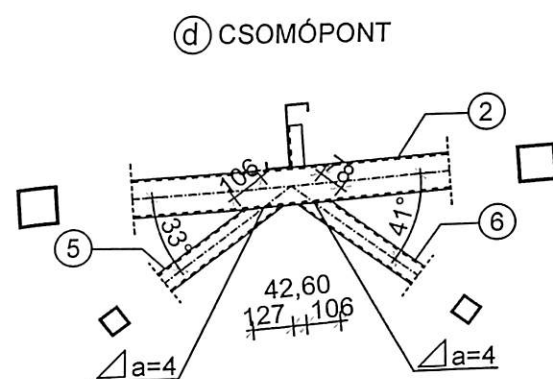
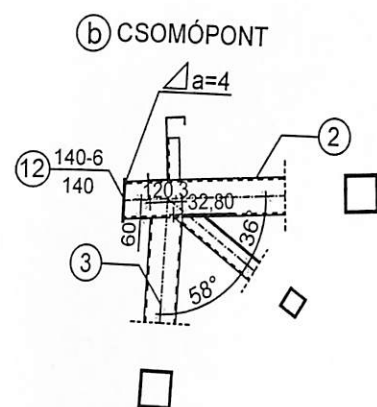
[illegible]

Diagram illustrating a vertical structure with a square top, a central column, and a base. A right triangle is shown with a horizontal side of length  $a$  and a vertical side of length  $4$ . The structure is labeled with circled numbers 1, 2, and 3.

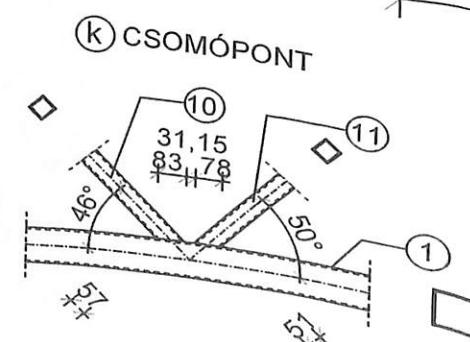
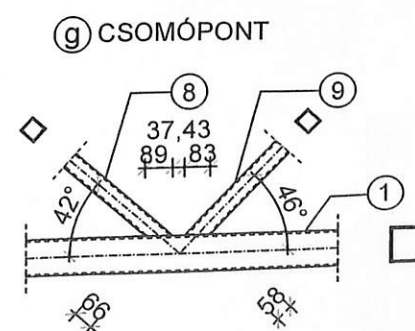
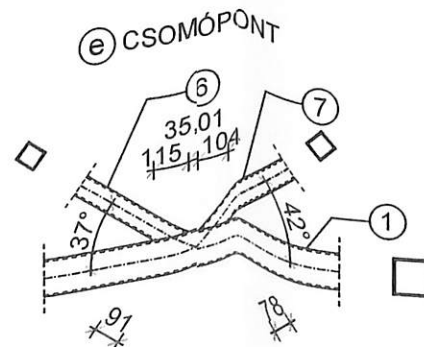
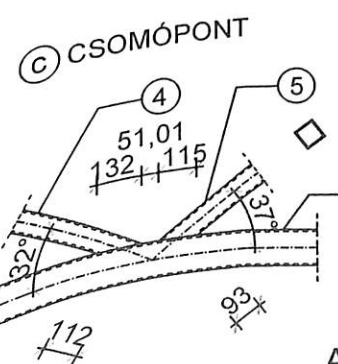
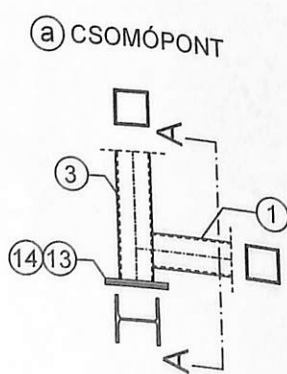
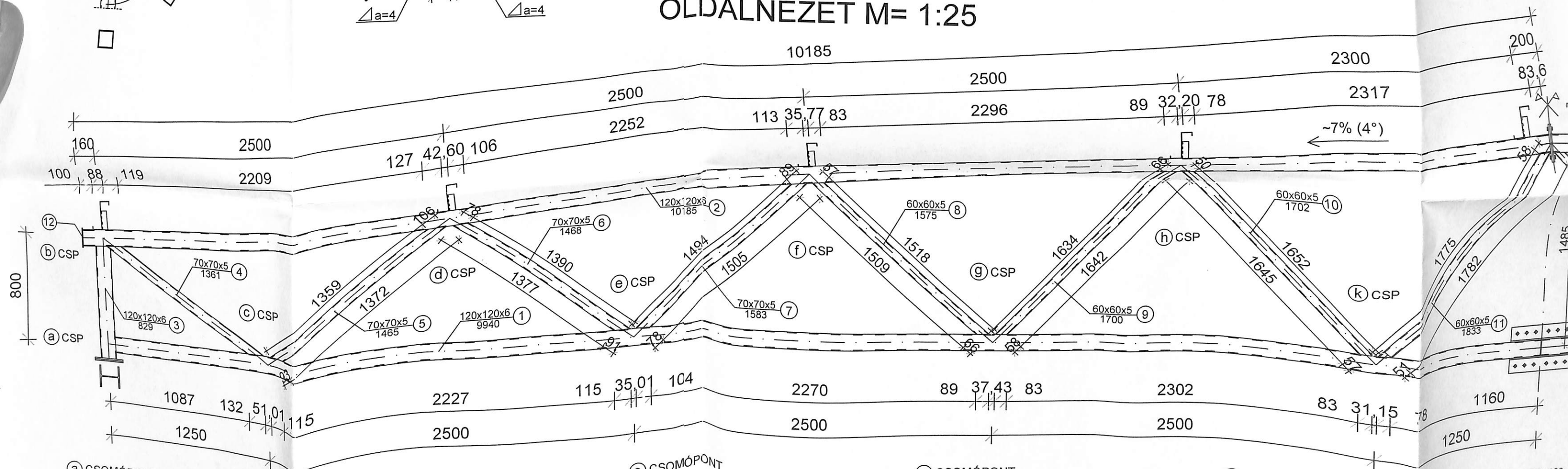
Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support. The drawing shows a cross-section with a central vertical slot. The top surface is divided into two sections by a vertical line. The left section has a width of 31,15 and a height of 83,78. The right section has a width of 41,78. The bottom surface is curved, with a radius of 50. The left side of the part has a vertical edge with a height of 46. The right side has a vertical edge with a height of 50. The part is labeled with a circled '1' and a circled '10'.

| Megnevezés             |  | CSavar |
|------------------------|--|--------|
| csavar - anya - alátét |  | M16    |
| csavar - anya - alátét |  | M20    |
| csavar - anya - alátét |  | M14    |
| csavar - anya - alátét |  | M20    |

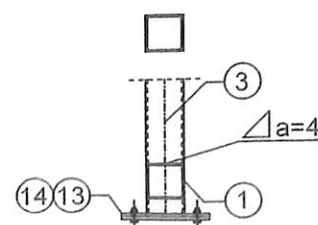
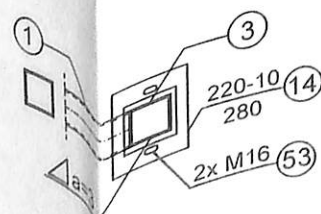
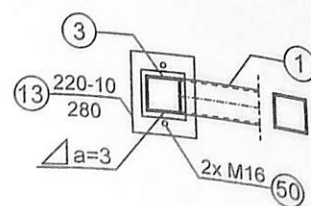
| Jel | Megnevezés | db | Szervény<br>méret<br>(RHS) | Hossz/db | Összes hossz | Egységnyi súly | Összes tömeg |
|-----|------------|----|----------------------------|----------|--------------|----------------|--------------|
|     |            |    |                            | mm (mm²) | m (m²)       | kg/m (kg/m²)   |              |
| 1   | övrúd      | 2  | □ 120x120x6                | 9940     | 19,88        | 22,2           | kg           |
| 2   | övrúd      | 2  | □ 120x120x6                | 10185    | 20,37        | 22,2           | 441,34       |
| 3   | rácsrúd    | 2  | □ 120x120x6                | 829      | 1,66         | 22,2           | 452,21       |
| 4   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1361     | 2,72         | 10,00          | 36,85        |
| 5   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1465     | 2,93         | 10,00          | 27,20        |
| 6   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1468     | 2,94         | 10,00          | 29,30        |
| 7   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1583     | 3,17         | 10,00          | 29,40        |
| 8   | rácsrúd    | 2  | □ 60x60x5                  | 1700     | 3,40         | 8,47           | 31,70        |
| 9   | rácsrúd    | 2  | □ 60x60x5                  | 1702     | 3,41         | 8,47           | 26,68        |
|     |            | 2  | □ 60x60x5                  | 1222     | 3,67         | 8,47           | 4,80         |



OLDALNÉZET M= 1:25



A-A metszet



CSAVARKIMUTATÁS (egy keretrendszerre)

| Jel | db | Megnevezés             | Csavar  |
|-----|----|------------------------|---------|
| 50  | 2  | csavar - anya - alátét | M16 8.8 |
| 51  | 12 | csavar - anya - alátét | M20 5.6 |
| 52  | 4  | csavar - anya - alátét | M14 5.6 |
|     | 1  | csavar - anya - alátét | M20 8.8 |

### ELEMKIMUTATÁS (egy keretállásra)

| Jel | Megnevezés | db | Szelvény<br>méret<br>(RHS) | Hossz/db | Összes hossz | Egységnyi súly | Össztömeg |
|-----|------------|----|----------------------------|----------|--------------|----------------|-----------|
|     |            |    |                            | mm (mm²) | m (m²)       | kg/m (kg/m²)   |           |
| 1   | övrúd      | 2  | □ 120x120x6                | 9940     | 19,88        | 22,2           | 441,34    |
| 2   | övrúd      | 2  | □ 120x120x6                | 10185    | 20,37        | 22,2           | 452,21    |
| 3   | rácsrúd    | 2  | □ 120x120x6                | 829      | 1,66         | 22,2           | 36,85     |
| 4   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1361     | 2,72         | 10,00          | 27,70     |
| 5   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1465     | 2,93         | 10,00          | 29,30     |
| 6   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1468     | 2,94         | 10,00          | 29,40     |
| 7   | rácsrúd    | 2  | □ 70x70x5                  | 1583     | 3,17         | 10,00          | 31,70     |
| 8   | rácsrúd    | 2  | □ 60x60x5                  | 1575     | 3,15         | 8,47           | 31,68     |
| 9   | rácsrúd    | 2  | □ 60x60x5                  | 1700     | 3,41         | 8,47           | 34,00     |
| 10  | rácsrúd    | 2  | □ 60x60x5                  | 1702     | 3,41         | 8,47           | 34,04     |

Megjegyzés:

Acélminőség:

Csavarminőse  
mópont

A csomópontot  
kialakítani! Jel

Az összehaso

falvázoszlop,