

SZAKDOLGOZAT

Homonnai Éva

2016





SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
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 2016

Homonnai Éva

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Háromhajós, acélszerkezetű, daruzott ipari csarnok tervezése
Belső konzulens:	Horváth Katalin mérnöktanár
Külső konzulens:	-

A szakdolgozat beadási határideje: 2016. május 27. (péntek) 12⁰⁰

Budapest, 2016. május 25.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



Részletes feladatkiírás

Homonnai Éva

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Háromhajós, acélszerkezetű, daruzott ipari csarnok tervezése
című szakdolgozatához

Feladat leírása

Megtervezendő egy háromhajós, acélszerkezetű, daruzott, hőszigetelt ipari csarnok.

Geometriai kialakítás, terhek

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

A csarnok főhajó oszlopok tengelytávolsága ~15,00 m (B és C tengelyek), a mellékhajó oszlopok tengelytávolsága ~7,00 m (A – B és C – D tengelyek).

A csarnokba telepítésre kerülő daru (B és C tengelyek):

- tengelytávolsága: 14,00 m,
- sínkorona magassága: 5,00 m,
- teherbírása: 5 t.

A csarnok főhajó belmagasságát a telepítésre kerülő daru alapján kell meghatározni.

A csarnok főhajó váll tengely magassága ~8,00 m, a gerincmagasság ~9,40 m, a tető lejtése ~12%.

A mellékhajók váll tengely magassága ~5,10 m, a tető lejtése ~12%.

A csarnok hőszigetelt.

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

Budapest, 2016. május 25.

Horváth Katalin
Horváth Katalin
belső konzulens

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés, feladat ismertetése.....	1
1.1 Felhasznált szabványok, előírások, programok.....	1
1.2 Kiindulási adatok.....	2
1.2.1. Geometria.....	2
1.2.2. Anyagminőségek, anyagjellemzők.....	2
II. Acélszerkezetű darupályatartó statikai számítása.....	3
1. Kiindulási adatok.....	3
1.1. Statikai számítás célja.....	3
1.2. A szerkezet leírása.....	3
1.3. Statikai váz.....	4
2. Terhek, teherkombinációk.....	4
2.1. Állandó terhek.....	4
2.2. A daru önsúlyából és mozgásából adódó erők.....	4
2.3. Dinamikus hatások.....	7
3. Méretezés lehajlásból.....	8
4. Igénybevételek.....	9
5. Teherbírási határállapot.....	11
5.1. Keresztmetszeti kihasználtságok.....	11
6. Darupályatartó stabilitásának ellenőrzése.....	13
6.1. Kifordulásvizsgálat.....	13
6.2. Gerinc nyírási horpadásának vizsgálata.....	14
6.3. Beroppanás vizsgálat.....	14

III. Trapézlemez méretezése.....	16
III/I.1. Főhajó trapézlemez statikai váza.....	16
2. Keresztmetszet.....	16
3. Terhek, teherkombinációk.....	16
3.1. Állandó teher.....	16
3.2. Hasznos teher.....	17
3.3. Meteorológiai terhek.....	17
3.3. Meteorológiai terhek.....	17
3.3.1. Hóteher.....	17
3.3.2. Szélteher a főhajón.....	18
3.4. Teherkombinációk.....	21
III/II.1. Mellékhajó trapézlemez statikai váza.....	22
2. Keresztmetszet.....	22
3. Terhek, teherkombinációk.....	23
3.1. Állandó teher.....	23
3.2. Meteorológiai terhek.....	23
3.3. Teherkombinációk.....	26
IV. Z szelemen méretezése.....	28
IV./I.1. Főhajó szelemen statikai váza.....	28
2. Keresztmetszet.....	28
3. Terhek, teherkombinációk.....	28
3.1. Állandó teher.....	28
3.2. Meteorológiai terhek.....	28
3.3. Teherkombinációk.....	31

IV./I.2. Mellékhajó szelemen statikai váza.....	33
2. Keresztmetszet.....	33
3. Terhek, teherkombinációk.....	34
3.1. Állandó teher.....	34
3.2. Meteorológiai terhek.....	37
3.3. Teherkombinációk.....	41
V. Főtartó keret méretezése.....	41
1. Statikai váz.....	41
2. Anyagminőség.....	41
3. Keresztmetszet.....	41
4. Terhek, teherkombinációk.....	41
4.1. Állandó teher.....	42
4.2. Meteorológiai terhek.....	49
4.3. Darupálya reakcióerő.....	51
5. Lehajlásvizsgálat Axisba.....	55
6. Geometriai imperfekció.....	55
6.1. Kezdeti ferdeség.....	55
6.2. Helyettesítő erő.....	56
7. Keresztmetszetek ellenőrzése.....	57
7.1. Főhajó oszlop ellenőrzése.....	59
7.2. Főhajó gerenda ellenőrzése.....	62
7.3. Mellékhajó oszlop ellenőrzése.....	64
7.4. Mellékhajó gerenda ellenőrzése.....	66
8. Stabilitásvizsgálatok.....	

8.1. Főhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjában.....	66
8.2. Mellékhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjában.....	67
8.3. Főhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen....	68
8.4. Mellékhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	68
8.5. Főhajó oszlop kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	69
8.6. Mellékhajó oszlop kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	70
8.7. Kihajlás és kifordulás interakciója (főhajó oszlop vizsgálata).....	71
8.8. Kihajlás és kifordulás interakciója (mellékhajó oszlop vizsgálata).....	72
8.9. Főhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjában.....	72
8.10. Mellékhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjában.....	73
8.11. Főhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	73
8.12. Mellékhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	74
8.13. Főhajó gerenda kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	74
8.14. Mellékhajó gerenda kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen.....	75
8.15. Kihajlás és kifordulás interakciója (Főhajó gerenda).....	76
8.16. Kihajlás és kifordulás interakciója (Mellékhajó gerenda).....	77
9. Alapozás tervezése.....	78
9.1. Pontalap alatti talajtörés ellenőrzése.....	78
9. Az alap talajtörési ellenállása.....	79
10. Szélrács méretezése.....	82

10.1. Oromfalra jutó szélteher.....	82
10.2. Modellezés Axisban.....	82
10.3. Központosan húzott rúd méretezése.....	84
10.4. Központosan nyomott összekötő elem méretezése.....	85
10.5. Stabilitásvizsgálatok.....	85
11. Csomópontok méretezése.....	86
11.1. Keretgerendák kapcsolata.....	86
Mellékletek.....	90

1. Gerenda - gerenda kapcsolata
2. Főhajó oszlop - gerenda kapcsolata
3. Főhajó oszlop - mellékhajó gerenda kapcsolata
4. Mellékhajó oszlop - gerenda kapcsolata
5. Mellékhajó oszlop - alap kapcsolata
6. Főhajó oszlop - alap kapcsolata
7. Főhajó oszlop - darupályatartó konzol kapcsolata
8. Darupályatartó toldása

Háromhajós, acélszerkezetű, daruzott ipari csarnok tervezése

1. Bevezetés, feladat ismertetése:

A tervezési feladatot a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Mechanika és tartószerkezetek szakcsoportjától kaptam, a szakdolgozatom tárgyaként. A feladatban egy hőszigetelt három hajós csarnok teljes tervezése szerepel: a főhajó fesztávolsága 15,00 m, hasznos magassága 8,00m, a két mellékrajó fesztávolsága pedig 7-7 m, hasznos magasságuk 5,10 m-es. A csarnok 7 keretállásból áll, melyek távolsága 5,00 m, a csarnok befoglaló mérete így 29,00x30,00 m. A tető lejtése 12%-os (7°-os). A főhajóban egy darupálya található, amelyen egy futómacska működik. A futómacska vonalmenti területet szolgál ki, csak keresztirányban fut. A feladat során többek között megtervezendő a darupályatartó szelvénye is, amely az oszlopokon lévő konzolokon helyezkedik el. A daru 5,00 t teherbírású, a darupálya tengelytávolsága 14,00 m. A tetőfedés és az oldalfalélhatárolás LINDAB trapézlemezről készülnek, LINDAB Z szelvényű szelemenekre támaszkodva. A keretoszlopok az alaptestbe befogottan csatlakoznak. Funkcióját tekintve az épület raktározási célokra alakítandó ki. A terepet alacsony beépítés jellemzi: ipari övezet, ezért III. terepkategóriába sorolható, a környezet viszontagsága széles. A csarnok padlószintje 500 mBf fekszik.

1.1 Felhasznált szabványok, előírások, programok:

A statikai számítás az alábbi szabványok figyelembevételével készült:

EC0/MSZ EN 1990
EC1/MSZ EN 1991-1
EC1/MSZ EN 1991-1-3
EC1/MSZ EN 1991-1-5
EC2/MSZ EN 1991-1-4
EC2/MSZ EN 1991-1-6
EC3/MSZ EN 1993-1
EC3/MSZ EN 1993-1-1

EC3/MSZ EN 1993-1-8
LINDAB tervezési segédlet

A tartószerkezetek tervezésének alapjai
A tartószerkezeteket érő hatások
Hóteher
Darupályatartók terhei
Szélteher
Acél darupályatartók méretezése
Acélszerkezetek tervezése
Általános és az épületszerkezetekre vonatkozó szabványok
Csomópontok tervezése

A méretezés során használt programok:
Axis VM 12
Lindab Structural Designer
ConSteel

1.2 Kiindulási adatok

1.2.1. Geometria

Keretoszlopok tengelytávolsága	$L_{oszloptáv} := 15\text{ m}$
Keretállások távolsága	$k := 5.0\text{ m}$
Váll tengelymagassága	$H_{váll} := 8.00\text{ m}$
Koronamagasság	$H_{max} := 9.35\text{ m}$
Hőszigetelés vastagsága:	$V_{hőszig} := 15\text{ cm}$

1.2.2. Anyagminőségek, anyagjellemzők

Szerkezeti acél anyagjellemzői: S235

Rugalmassági modulus:	$E_s := 210000 \frac{N}{mm^2}$
Nyírási rugalmassági modulus:	$G := 800000 \frac{N}{mm^2}$
Folyáshatár:	$f_{yk} := 235 \frac{N}{mm^2}$
Euler-féle karcsúsági tényező:	$\lambda_E := \pi \cdot \sqrt{\frac{E_s}{f_{yk}}} = 93.913$
Sűrűség:	$\rho := 7850 \frac{kg}{m^3}$

Szerkezeti acél szilárdsági jellemzői:

Acélfajta jele	Szerkezeti elem névleges vastagsága (mm)	
	t ≤ 40 mm	
	f _y [N/mm²]	f _u [N/mm²]
	S235	235 360

II. Acélszerkezetű darupálya tartó statikai számítása

1. Kiindulási adatok:

1.1. A statikai számítás célja:

Jelen számítás célja a főhajóban lévő darupálya tartó méretezése, a szilárdsági és alakváltozási követelmények figyelembe vételével.

A számítás az alábbi részekre terjed ki:

- A darupályatartó igénybevételeinek meghatározása
- A darupályatartó szelvényeinek méretezése
- Stabilitásvizsgálatok

1.2. A szerkezet leírása:

Az acélszerkezetű darupályán működő daru fesztávolsága 14,00 m, teherbírása 5t. A daru a darupályán 8,0 m/perc maximális sebességgel haladhat. Egy oldalon a feltámaszkodás vonalán a kerek tengelytávolsága 3 m. A tartó teljes hossza 30 m. A darupályatartó gerenda HEA szelvényből lesz kialakítva.

Daru fesztávolsága: $L_{daru} := 14.00 \text{ m}$

Teherbírása: $Q_h := 50 \text{ kN} \quad (5 \text{ t})$

Sebessége: $v := 8.0 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Kerék tengelytávolsága: $a := 3 \text{ m}$

Keréknyomás:

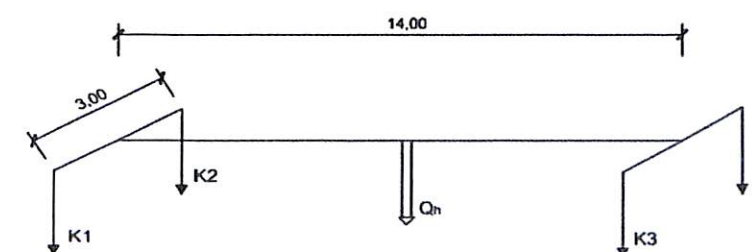
Keréknyomások

$K_1 := 73 \text{ kN}$

$K_2 := 56 \text{ kN}$

$K_3 := 32 \text{ kN}$

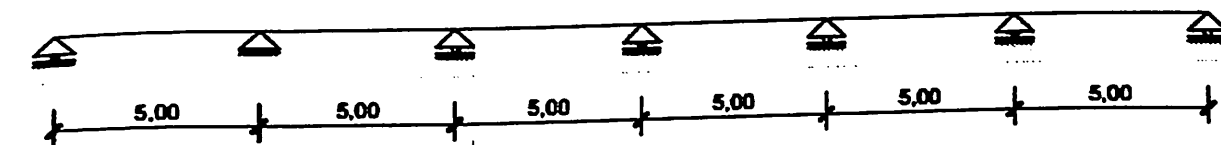
$K_4 := 24 \text{ kN}$



1.3. Statikai váz:

A darupályatartó statikai váza egy 7 támaszú folytatólagos tartó, amelynek támaszait a keretoszlopokra hegesztett konzolok biztosítják.

Darupálya Statikai váz



2. Terhek, teherkombinációk:

2.1. Állandó terhek:

Parciális biztonsági tényező:

$$\gamma_{G.sup} := 1.35$$

2.1.1. Önsúly jellegű teher:

Darupályatartó önsúlya:

Az alkalmazott szelvény önsúlya itt nincs feltüntetve, annak önsúlyterhét az AXIS végeelem program generálja, és számolja bele az igénybevételek meghatározásakor.

Daruhíd önsúlya:

A gyártó által megadott keréknyomások összesen:

$$\Sigma K := K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = (73 + 56 + 32 + 24) = 185 \text{ kN}$$

Emelt teher: $Q_h := 50 \text{ kN}$

$$G_{daru} := 185 \text{ kN} - 50 \text{ kN} = 135 \text{ kN}$$

2.2. A daru önsúlyából és mozgásából adódó erők:

2.2.1. Keréknyomás: (függőleges)

A keréknyomásokat a daru gyártója adja meg.

Egy kerékről átvitt legnagyobb függőleges erő:

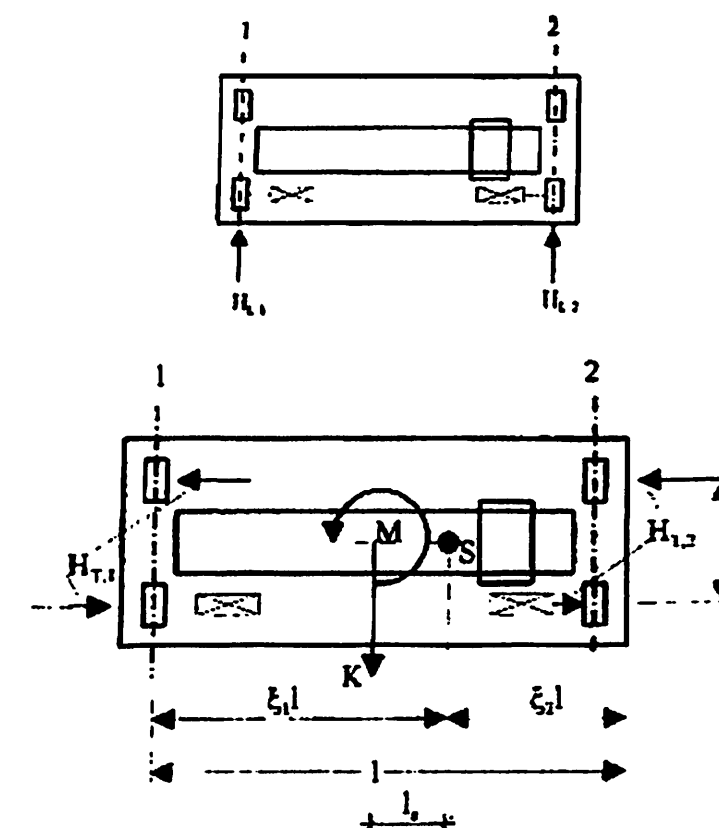
$$Q_{rmax} := K_1 = 73 \text{ kN}$$

Az egy darupálya tartóra eső erők összege:

$$\Sigma Q_{rmax} := 2 \cdot K_1 = 146 \text{ kN}$$

2.2.2. Fékezőerő: (vízszintes)

A daruhíd gyorsulásából és lassulásából a darupálya irányába eső (hosszirányú) és arra merőleges (keresztirányú) erők keletkeznek, melynek működése:



Segédmenyiségek:

A darukerék és a sín közötti súrlódási erő: $\mu_{daru} := 0.2$

Meghajtási erő: $\Sigma K := \mu_{daru} \cdot 2 \cdot K_1 = 29.2 \text{ kN}$

Darupálya tartók száma: $n := 2$

Hosszirányú fékezőerő: $H_L := \frac{29.2}{2} = 14.6 \text{ kN}$

Keresztirányú fékezőerő:

$$\xi_1 := \frac{(K_1 \cdot 2)}{(K_1 \cdot 2 + K_3 \cdot 2)} = 0.695$$

$$H_{T1} := \xi_1 \cdot \mu_{daru} \cdot 2 \cdot K_1 \cdot L_{daru} \cdot \frac{(\xi_1 - 0.5)}{a} = 18.496 \text{ kN}$$

2.2.3. Oldallökő erő: (vízszintes)

A darukocsi gyorsulásából és lassulásából származó erő. Mivel a daru felülnézetben a hossz tengelyére (a darupályatartóra merőleges tengelyre) szimmetrikus, ebben az esetben csak oldalirányú erők keletkeznek:

A darukocsi meghajtott kerekei és összes kereke számának hányadosa: $\eta_{wc} := 0.5$

$$G_{kocsi} := 15 \text{ kN}$$

$$H_{T3} := \mu_{daru} \cdot \eta_{wc} \cdot \frac{G_{kocsi}}{n} = 0.75 \text{ kN}$$

2.2.4. Ferdén futás: [befeszülés] (vízszintes)

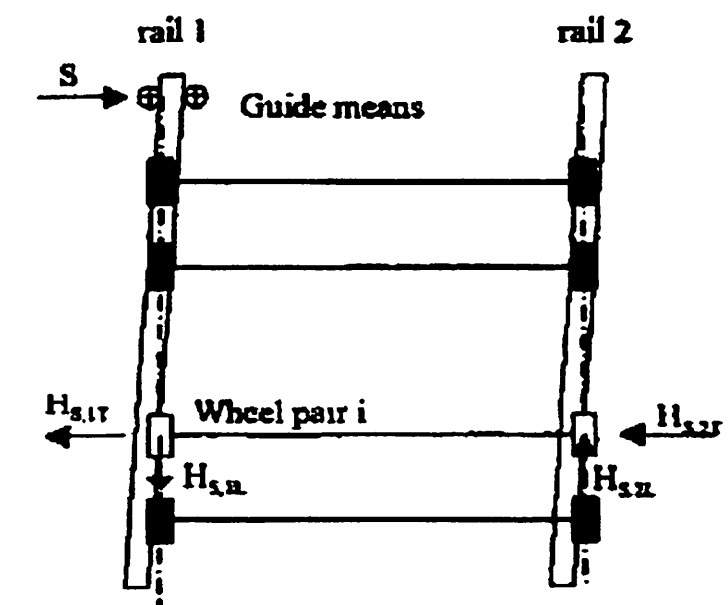
Feltételezhető, hogy az első kerekek mindkét oldalt karimásak, és ez veszi fel a megvezető eszköz szerepét. A befeszülésből keletkező erőkomponensek:

$$f = \alpha := 0.293$$

$$s := \alpha \cdot \left(1 - \frac{a}{2a}\right) \cdot 2 \cdot K_1 = 21.389 \text{ kN}$$

$$H_{S1T} := \frac{\xi_1}{n} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot K_1 = 14.87 \text{ kN}$$

$$H_s := s - H_{S1T} = 6.519 \text{ kN}$$



2.3. Dinamikus hatások:

Dinamikus tényezők:

A dinamikus terheket (daruszerkezet gerjesztett rezgéseit) dinamikus tényezők bevezetésével helyettesítem.

A daruszerkezet gerjesztett rezgése a tehernek a földről való felemelésekor: (daru önsúlyához tartozó szorzó)

$$\phi_1 := 1.10$$

$$\phi_{2min} := 1.10$$

Daru csoportosításától függő tényező: $\beta_2 := 0.34$

Sebesség: $v_h := \frac{8.0}{60} = 0.133 \text{ m/sec}$

Az emelt tehernek a földről adaruszerkezetre való átadódása következtében fellépő dinamikus hatás: (emelt teherhez tartozó szorzó)

$$\phi_2 := \phi_{2min} + \beta_2 \cdot v_h = 1.145$$

A daru (daruhíd és darukocsi) irányváloztatásaiból származó dinamikus hatás:

$$\phi_5 := 1.5$$

Dinamikus tényezővel felszorozott értékek:

Daru önsúly: $Q_{daru} := \phi_1 \cdot G_{daru} = 148.5 \text{ kN}$

Emelt teher: $Q_H := \phi_2 \cdot Q_h = 57.267 \text{ kN}$

Vízszintes terhek:

Hosszirányú: $H_L \cdot \phi_5 = 21.9 \text{ kN}$

Keresztirányú: $H_{T1} \cdot \phi_5 = 27.745 \text{ kN}$

Mértékadó függőleges erő:

$$G_{ED} = Q_{daru} + Q_H \cdot \gamma_{G.sup} = 277,76 \text{ kN}$$

$$\frac{K_1}{(K_1 + K_2 + K_3 + K_4)} = 0.395 \text{ kN}$$

$$K_{Ed}^{max} = G_{ED} \cdot \frac{K_1}{(K_1 + K_2 + K_3 + K_4)} = 109,60 \text{ kN}$$

3. Méretezés lehajlásból:

Megengedett lehajlás: $e_{megengedett} := \frac{k}{600} = 8.333 \text{ mm}$

Legyen a lehajlás: $e_z := e_{megengedett}$

$$\Sigma P \cdot \eta_{xy} = 109,60 \cdot 0,1093 - 109,60 \cdot 0,0192 = 9,875 \text{ kN} = 9875 \text{ Nmm}$$

$$e_z := \frac{k^3}{E_s \cdot I_y} \cdot \Sigma P \cdot \eta_{xy}$$

$$8.333 = \frac{5000^3}{210000 \cdot I_y} \cdot 9875$$

$$I_y := 70563939.86 \text{ mm}^4 = (7.056 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

A választott szelvény: **HEA 260**

$$I_{y,alk} := 104500000 \text{ mm}^4 = (1.045 \cdot 10^4) \text{ cm}^4$$

HEA 260 szelvény jellemzői:

$$h_{HEA260} := 250 \text{ mm}$$

$$b_{HEA260} := 260 \text{ mm}$$

$$t_{w,HEA260} := 7.5 \text{ mm}$$

$$t_{f,HEA260} := 12.5 \text{ mm}$$

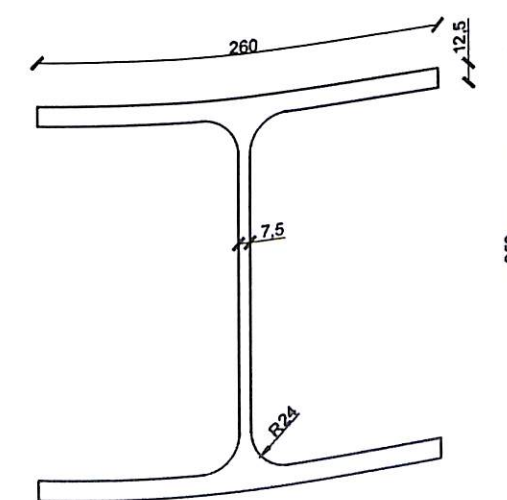
$$A_{HEA260} := 8682 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y,HEA260} := 919.8 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z,HEA260} := 430.2 \text{ cm}^3$$

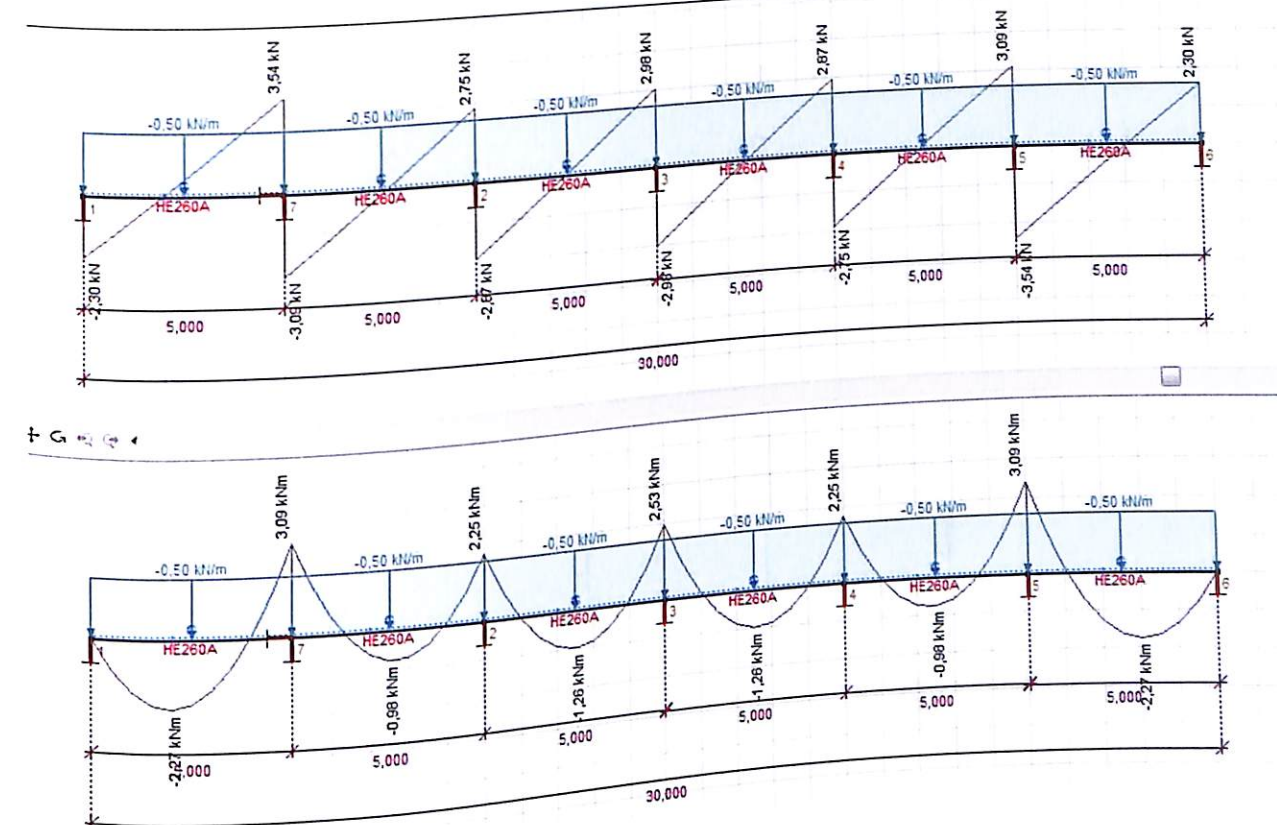
$$A_{vz,HEA260} := 2876 \text{ mm}^2$$

HEA 260



4. Igénybevételek:

4.1. Állandó teher: sín: 0,5 kN/m + tartó önsúlya (3,34 kN)



Nyomatéki ábra:

Nyíróerő ábra:

$$V_{z,G} := 3.54 \text{ kN}$$

$$M_{y,G}^{-} = -3,09 \text{ kNm}$$

$$M_{y,G}^{+} = +2,27 \text{ kNm}$$

4.2. Keréknyomás- hatásábrából:

(A hatásábrákat lásd: következő oldalon)

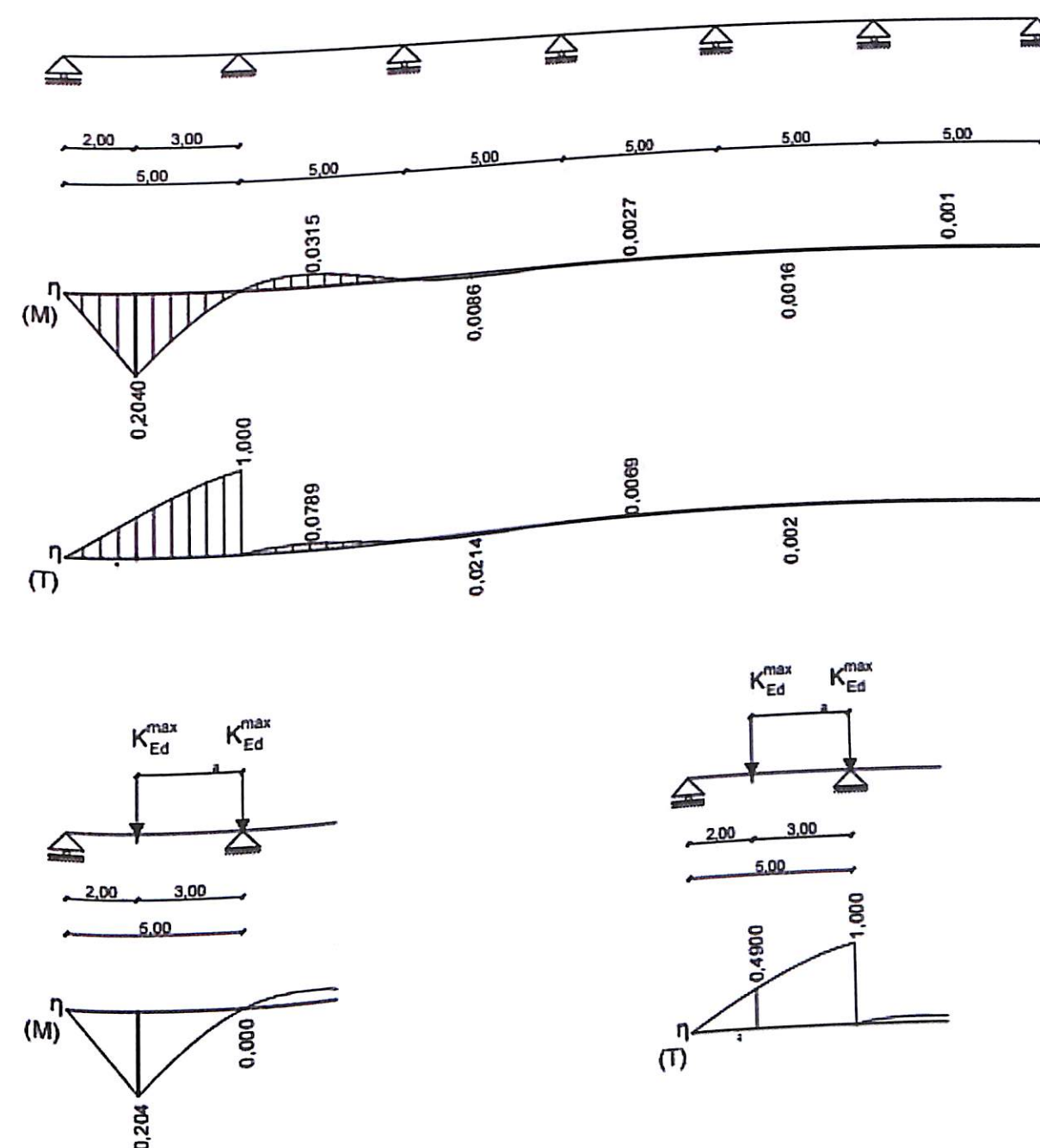
Keréknyomásból származó nyomaték:

$$M_{Ed,y}^{kerék} = (\eta_1 + \eta_2) \cdot K_{Ed}^{max} \cdot k = (0.204 + 0.00) \cdot 109.60 \cdot 5.00 = 111.792 \text{ kNm}$$

Keréknyomásból származó nyíróerő:

$$V_{Ed,z}^{kerék} = (\eta_1 + \eta_2) \cdot K_{Ed}^{max} = (0.490 + 1.00) \cdot 109.60 = 163.304 \text{ kN}$$

Hatásábrák



4.3. Vízszintes keresztirányú fékezőerő:

$$H_{T1} \cdot \phi_5 = 27.745 \text{ kN}$$

$$\gamma_{G.sup} := 1.35$$

$$H_{T1} \cdot \phi_5 \cdot \gamma_{G.sup} = 37.455 \text{ kN}$$

Vízszintes keresztirányú fékezőerőből származó nyomaték:

$$M_{z.Ed}^{fék,k} = (\eta_1 + \eta_2) \cdot H_{T1} \cdot \phi_5 \cdot \gamma_{G.sup} \cdot k = 0.204 \cdot 37.455 \cdot 5.0 = 38.204 \text{ kNm}$$

Vízszintes keresztirányú fékezőerőből származó nyíróerő:

$$V_{z.Ed}^{f_{ék.k}} = 1.49 \cdot 37.455 = 55.808 \text{ kN}$$

4.4 Vízszintes hosszirányú fékezőerő:

Vízszintes hosszirányú fékezőerőből származó normálerő:

$$H_L \cdot \phi_5 = 21.9 \text{ kN} \quad \gamma_{G.sup} := 1.35$$

$$N_{Ed.f_{ék.h}} := H_L \cdot \phi_5 \cdot \gamma_{G.sup} = 29.565 \text{ kN}$$

5. Teherbírási határállapot:

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

Tiszta nyomási ellenállás:

$$\gamma_{M0} := 1.00 \quad \gamma_{M1} := 1.00$$

$$N_{c.Rd.daru} := \frac{A_{HEA260} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (2.04 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Y tengely körüli tiszta hajlítás (erős tengely) :

$$M_{pl.y.Rd.daru} := \frac{f_y \cdot W_{pl.y.HEA260}}{\gamma_{M1}} = 216,153 \text{ kNm}$$

Z tengely körüli tiszta hajlítás (gyenge tengely) :

$$M_{pl.z.Rd.daru} := \frac{f_y \cdot W_{pl.z.HEA260}}{\gamma_{M1}} = 101,10 \text{ kNm}$$

Tiszta nyírási ellenállás:

$$V_{c.Rd.daru} := \frac{A_{vz.HEA260} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 390.208 \text{ kN}$$

5.1. Keresztmetszeti kihasználtságok:

Normálerő:

$$\frac{N_{Ed.f_{ék.h}}}{N_{c.Rd.daru}} = \frac{29.57}{2040.27} = 0.014 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

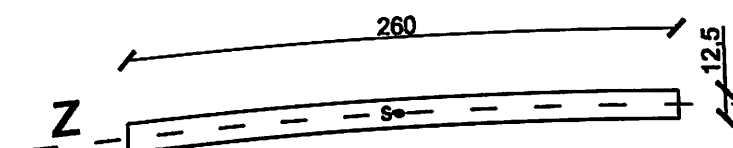
Nyírás:

$$\frac{V_{Ed.z}^{kerék}}{V_{c.Rd.daru}} = \frac{163.304}{390.208} = 0.419 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

Y irányú hajlítás:

$$\frac{M_{Ed.y}^{kerék}}{M_{pl.y.Rd.daru}} = \frac{111.792}{216.153} = 0.517 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

Öv hajlítás:



$$W_{pl.öv.HEA260} := (130 \cdot 12.5 \cdot 65) \cdot 2 = 2.113 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{c.Rd.öv.daru} := \frac{W_{pl.öv.HEA260} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2.113 \cdot 10^5 \cdot 235}{1.00} = 49,64 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z.Ed}^{fék.k}}{M_{c.Rd.öv.daru}} = \frac{38.204}{49.64} = 0.77 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

A hajlítás és normálerő kapcsolatát nem kell vizsgálni, ha:

$$0.25 \cdot N_{c.Rd.daru} = 510.068 \text{ kN} > N_{Ed.fék.h} = 29.565 \text{ kN} \quad \text{Nem kell vizsgálni!}$$

A hajlítás és nyírás kapcsolatát nem kell vizsgálni, ha:

$$0.5 \cdot V_{c.Rd.daru} = 195.104 \text{ kN} > V_{Ed.z}^{kerék} = 163.304 \text{ kN} \quad \text{Nem kell vizsgálni!}$$

Z tengely körüli hajlítás:

$$\frac{M_{z.Ed}^{fék.k}}{M_{pl.z.Rd.daru}} = \frac{38.204}{101.10} = 0.378 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

Kéttengelyű hajlítás:

$$\frac{M_{Ed,y}^{kerék}}{M_{pl,y,Rd,daru}} + \frac{M_{z,Ed}^{fék.k}}{M_{pl,z,Rd,daru}} = 0.895 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

6. Darupályatartó stabilitásának ellenőrzése:

Ezen statikai számítás az alábbi stabilitási vizsgálatokra terjed ki:

- Kifordulás vizsgálat (övmerevség vizsgálata)
- Gerinc nyírási horpadásának vizsgálata
- Beroppanás vizsgálat (a daru kereke alatt a koncentrált erő hatására)

6.1. Kifordulásvizsgálat:

Korrektíós tényező: $k_c := 0.82$

Határkarcsúság: $\bar{\lambda}_{c0} = 0,50$

Euler karcsúság: $\lambda_E := 93.90$

Oldalirányú megtámasztások távolsága: $L_c := 5000 \text{ mm}$

$$A_{fz} := 260 \cdot 12.5 + 41.67 \cdot 7.5 = 3.563 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} := 12.5 \cdot \frac{260^3}{12} + 41.67 \cdot \frac{7.5^3}{12} = 1.831 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} := \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = 71.691 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{fz} \cdot \lambda_E} = 0.609$$

$$\bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{pl,y,Rd,daru}}{M_{Ed,y}^{kerék}} = 0.5 \cdot \frac{216.153}{111.792} = 0.967$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{fz} \cdot \lambda_E} = 0.609 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{pl,y,Rd,daru}}{M_{Ed,y}^{kerék}} = 0.967$$

Nem következik be kifordulás!

6.2. Gerinc nyírási horpadásának vizsgálata:

A nyírási horpadás nem mértékadó a támaszok felett keresztbordával merevített gerinclemez esetén, ha az alábbi feltétel teljesül:

$$\varepsilon := 1.00$$

$$\eta_{horp} := 1.20$$

$$k_r := 5.34$$

A gerinc tiszta magassága: $h_{w.daru} := 177 \text{ mm}$

A gerinc szélessége: $t_{w.daru} := 7.5 \text{ mm}$

$$\frac{h_{w.daru}}{t_{w.daru}} = 23.6 < \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_r}}{\eta_{horp}} = 59.697$$

Nem kell elvégezni a vizsgálatot!

6.3. Beroppanás vizsgálat:

A beroppanási vizsgálatot a mezőben lévő kerék alatt kell elvégezni, ahol az alábbi eset jelenik meg:

A daruék által okozott keresztirányú nyomóerő: $F_{Ed.daru} := 73 \text{ kN}$

A gerinclemez horpadási ellenállása keresztirányú nyomóerőre megfelel, ha:

$$\frac{F_{Ed.daru}}{F_{Rd.daru}} \leq 1.00$$

Segédmenntiségek meghatározása:

Az öv és a gerinc (S235) folyáshatára:

$$f_{yw} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yf} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A HEA260 szelvény övlemezének szélessége:

Tételezzük fel, hogy: $\bar{\lambda}_f < 0.5$ Ekkor $m_2 := 0.00$ $b_{f.daru} := 260 \text{ mm}$

A kereké feltámaszkodása:

$$s_{s.kerek} := 188 \text{ mm}$$

Megtámasztás szélessége:

$$a_{támasz} := 5000 \text{ mm}$$

$$m_1 := \frac{f_{yf} \cdot b_{f.daru}}{f_{yw} \cdot t_{w.daru}} = 34.667$$

$$\text{Horpadási tényező: } k_{F.horp} := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_{w.daru}}{a_{támasz}} \right)^2 = 6.003$$

Gerinclemez kritikus feszültsége keresztirányú nyomóerő hatására:

$$F_{cr.daru} := 0.9 \cdot k_{F.horp} \cdot E_s \cdot \frac{t_{w.daru}^3}{h_{w.daru}} = (2.704 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Az effektív terhelt hossz:

$$\text{A szelvény övlemezének vastagsága: } t_{f.HEA260} := 12.5 \text{ mm}$$

$$l_{y,eff} := s_{s.kerék} + 2 \cdot t_{f.HEA260} \cdot (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 360.196 \text{ mm}$$

A viszonyított horpadási karcsúság:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_{y,eff} \cdot t_{w.daru} \cdot f_{yw}}{F_{cr.daru}}} = \sqrt{\frac{360.196 \cdot 7.5 \cdot 235}{2.704 \cdot 10^3 \cdot 10^3}} = 0.485 < 0.5$$

$$\bar{\lambda}_F := 0.485$$

Tehát helyes volt a következtetés, miszerint az $m_2 := 0.00$

Az effektív terhelt hosszra vonatkozó horpadási csökkentő tényező:

$$\chi_{F.daru} := \frac{0.5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0.5}{0.485} = 1.031 > 1.00 \text{ de a } \chi_{F.daru} \leq 1.00$$

$$\text{Ezért } \chi_{F.daru} := 1.00$$

A gerinclemez horpadási ellenállása:

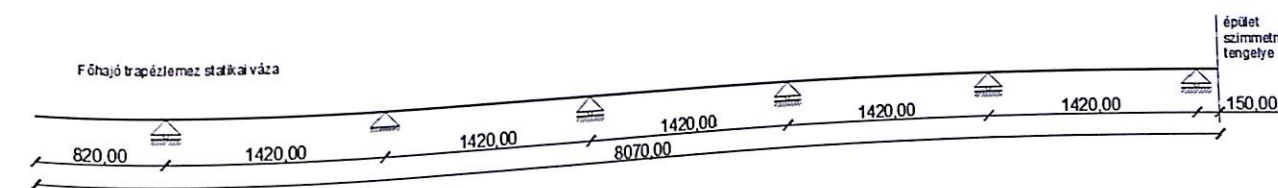
$$F_{Rd.daru} := \frac{f_{yw} \cdot l_{y,eff} \cdot t_{w.daru}}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \cdot 360.196 \cdot 7.5}{1.00 \cdot 10^3} = 634.845 \text{ kN}$$

Ellenőzés:

$$\frac{F_{Ed.daru}}{F_{Rd.daru}} = \frac{73}{634.845} = 0.115 < 1.00 \quad \text{Megfelel}$$

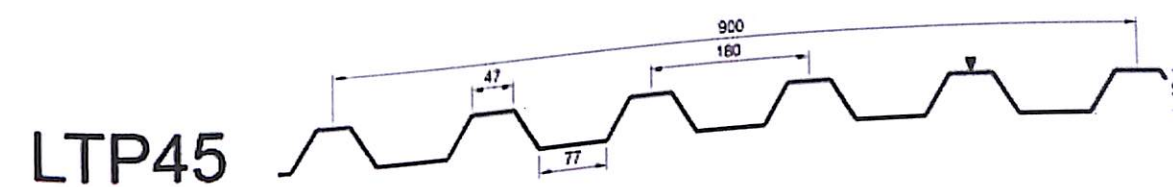
III. Trapézlemez méretezése

III/I.1. Főhajó trapézlemez statikai váza:



A statikai váz egy 6 támaszú folytatólagos tartó, amelynek támaszai a szelemenek.

2. Keresztmetszet: LTP 45



3. Terhek, teherkombinációk:

3.1. Állandó teher:

Trapézlemez önsúlya LTP 45 0.7:

Szelemen önsúlya Z200 2.5:

Hőszigetelés térfogatsúlya:

Hőszigetelés önsúlya 15 cm:

Párazáró fólia:

Belső trapézlemez:

$$\gamma_{G.sup} := 1.35 \quad \gamma_{G.inf} := 1.00$$

$$G_{LTP} := 0.068 \frac{kN}{m}$$

$$G_{szelemen} := 0.0724 \frac{kN}{m}$$

$$\gamma_{hőszig} := 0.8 \frac{kN}{m^3}$$

$$G_{hőszig} := \gamma_{hőszig} \cdot V_{hőszig} = 0.12 \frac{kN}{m^2}$$

$$G_{pf} := 0.014 \frac{kN}{m^2}$$

$$G_{bLTP} := 0.068 \frac{kN}{m}$$

$$\Sigma g_{áll.k} := G_{LTP} + G_{szelemen} + G_{hőszig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP} = 0.342 \frac{kN}{m^2}$$

3.2. Hasznos teher:

Nem járható lapostető

$$q_{hasznos} := 1 \frac{kN}{m^2} \quad \Psi_0 := 0$$

3.3 Meteorológiai terhek:

3.3.1. Hóteher:

$$\gamma_s := 1.5 \quad \Psi_{0,hó} := 0.5$$

Alaki tényező:

$$\mu_1 := 0.8$$

Szél hatását figyelembe vevő
tényező:

$$C_e := 1.0$$

Hőmérsékleti tényező:

$$C_t := 1.0$$

Felszíni hóteher karakterisztikus
értéke:

$$s_k := 1.25 \frac{kN}{m^2}$$

Tető hóterheinek karakterisztikus
értéke

$$s_{fó} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \frac{kN}{m^2}$$

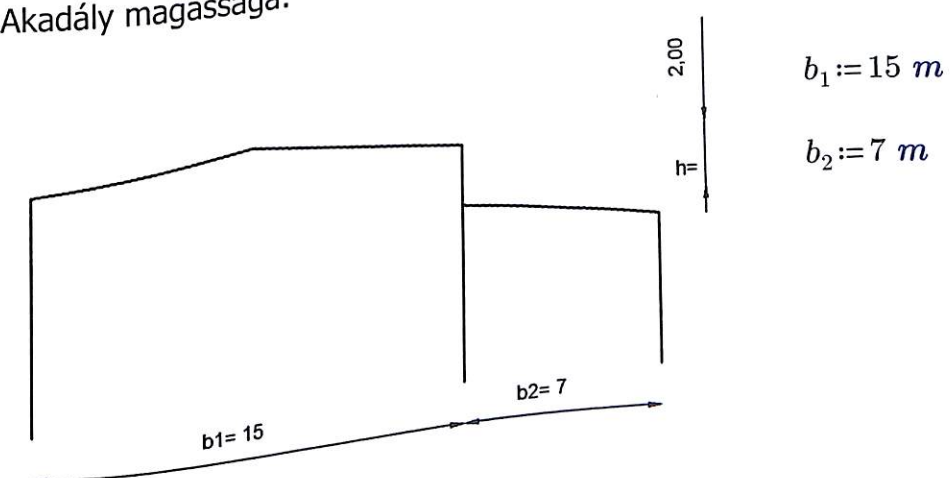
Hózugteher:

$$\gamma_{set} := 2 \frac{kN}{m^3}$$

A megüledett hó
térfogatsúlya:

$$h_{akadály} := 2.0 \text{ m}$$

Akadály magassága:



$$l_s := \min(5 \text{ m}, 2 \cdot h_{akadály}) = 4 \text{ m}$$

Hózugteher hossza:

$$b_2 > l_s$$

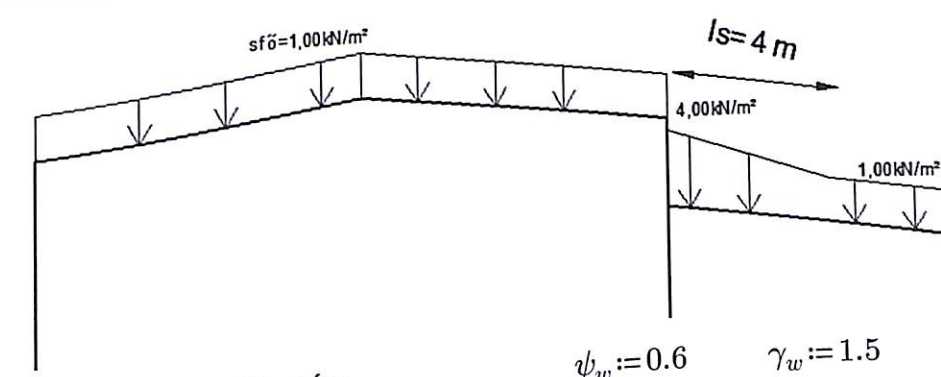
$\alpha := 7^\circ < 15^\circ$ ----> Nem kell lecsúszó havat feltételezni: $\mu_s := 0$

Alaki tényező:

$$\mu_w := \min \left(4, \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot h_{akadály}}, \frac{\gamma_{set} \cdot h_{akadály}}{s_k} \right) = 3.2$$

Tető hóterhelés
karakterisztikus értéke

$$s_{hózug} := \mu_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 4 \frac{kN}{m^2}$$



3.3.2. Szélteher a főhajón:

Szél torlónyomása: III. terepkategória

z magasság: $H_{max} + 0.5 \text{ m} = 9.85 \text{ m}$

Interpolálás:

9 --> 0,571

10 --> 0,595

Szél torlónyomása a főhajón:

$$q_{p,főz} := 0.5914 \frac{kN}{m^2}$$

Keresztirányú- külső nyomási tényezők:

$c_{pe,1}$

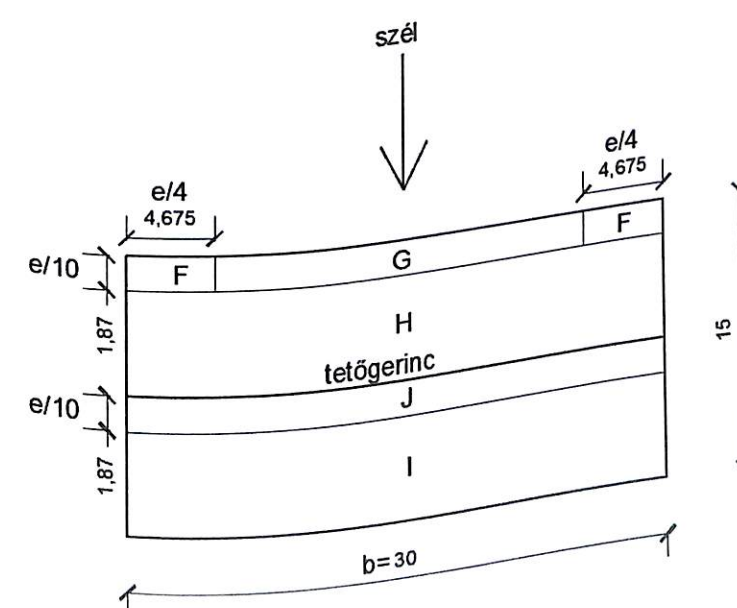
Szélirányra merőleges
méret, Csarnok hossza:

$$b_{cs} := 30 \text{ m}$$

$$e := \min(b_{cs}, H_{max} \cdot 2) = 18.7 \text{ m}$$

Terhelőmező:

$$t_{cs} := 1.0 \text{ m}$$



F zóna: 5° --> -2.50 interpolálás
15° --> -2.00

szélszívás: 7° --> $c_{pe.1.sz.F} := -2.40$

$$p_{w.e.sz.0.F.k} := t_{cs} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.1.sz.F} = -1.419 \frac{kN}{m}$$

szélnyomás: 5° --> 0.00 interpolálás

15° --> 0.2

7° --> $c_{pe.1.ny.F} := 0.027$

$$p_{w.e.ny.0.F.k} := t_{cs} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.1.ny.F} = 0.016 \frac{kN}{m}$$

H zóna:

szélszívás: 5° --> -1.20 interpolálás

15° --> -0.30

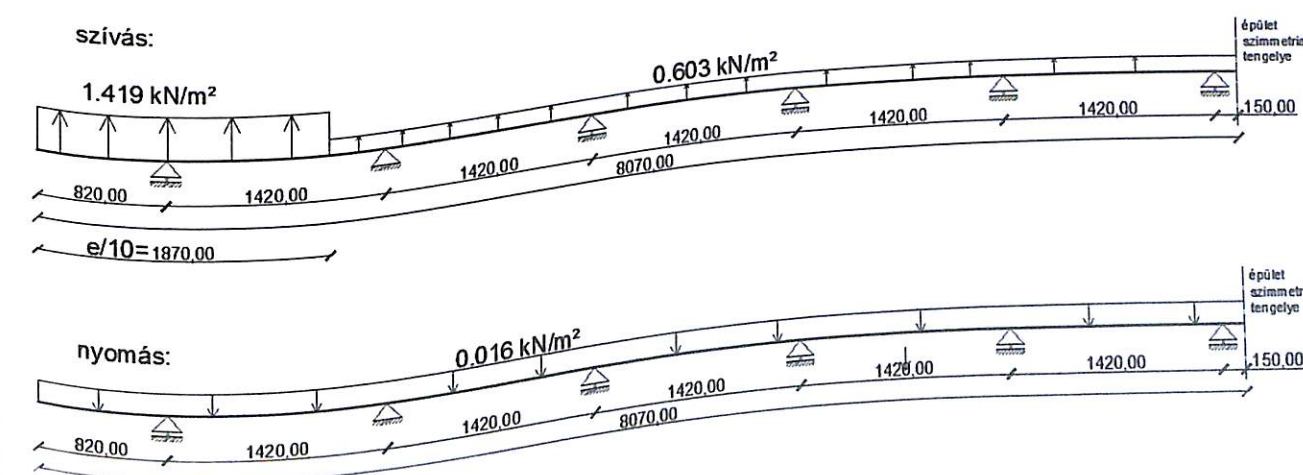
7° --> $c_{pe.1.sz.H} := -1.02$

$$p_{w.e.sz.0.H.k} := t_{cs} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.1.sz.H} = -0.603 \frac{kN}{m}$$

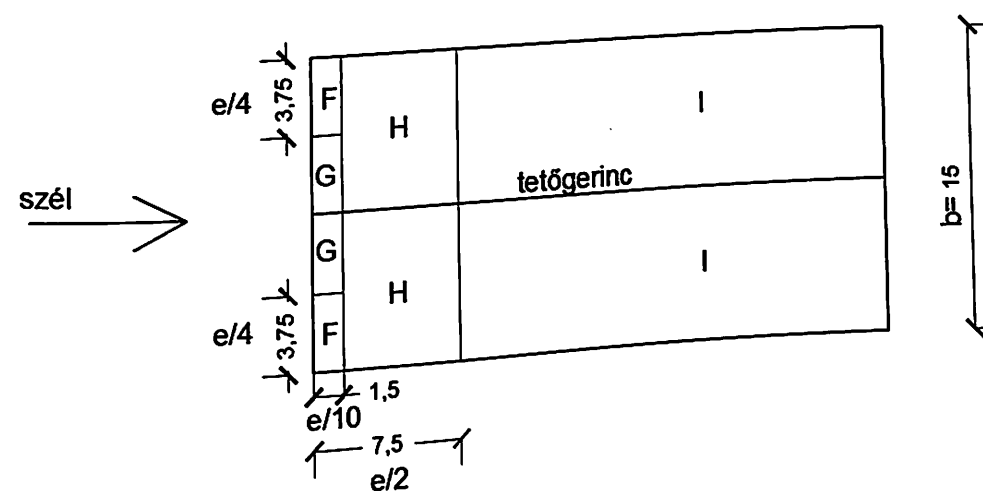
szélnyomás: $c_{pe.1.ny.H} := 0.027$

$$p_{w.e.ny.0.H.k} := t_{cs} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.1.ny.H} = 0.016 \frac{kN}{m}$$

Az I és a J zóna nyomási tényezői kisebbek, nem mértékadóak!



Hosszirányú - külső nyomási tényezők: $c_{pe,1}$



Szélirányra merőleges méret: $b_m := 15 \text{ m}$

$$e := \min(b_m, 2 \cdot H_{max}) = 15 \text{ m}$$

F zóna:

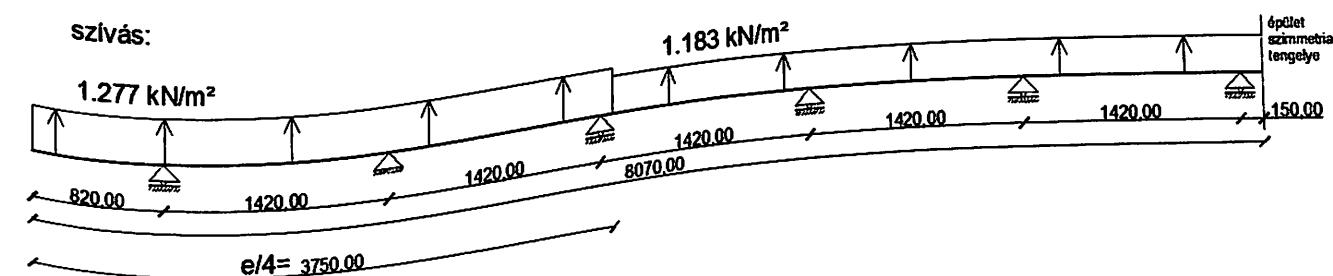
szélszívás:	5°	-->	-2.20	interpolálás
	15°	-->	-2.00	
	7°	-->	$c_{pe,1,sz,F} := -2.16$	

$$p_{w,e,sz,0,F,k} := t_{cs} \cdot q_{p,fő} \cdot c_{pe,1,sz,F} = -1.277 \frac{kN}{m}$$

G zóna:

$$c_{pe,1,sz,G} := -2.0$$

$$p_{w,e,sz,0,G,k} := t_{cs} \cdot q_{p,fő} \cdot c_{pe,1,sz,G} = -1.183 \frac{kN}{m}$$



3.4. Teherkombinációk:

3.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (külső-keresztirányú)

1. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.1} := \gamma_{G.sup} \cdot g_{all.k} + \gamma_s \cdot s_{fő} \cdot m + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot p_{w.e.ny.0.F.k} = 1.977 \frac{kN}{m}$$

2. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.2} := g_{all.k} + s_{fő} \cdot m + \psi_w \cdot p_{w.e.ny.0.F.k} = 1.352 \frac{kN}{m}$$

3.4.2. Önsúly+szélszívás (külső-keresztirányú)

3. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.3.F} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.F.k} = -1.787 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.3.H} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.H.k} = -0.562 \frac{kN}{m}$$

4. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.4.F} := g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.F.k} = -1.077 \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.4.H} := g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.H.k} = -0.261 \frac{kN}{m}$$

3.4.3. Önsúly+szélszívás (külső-hosszirányú)

5. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.5.F'} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.F'.k} = -1.574 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.G} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.G.k} = -1.432 \frac{kN}{m}$$

6. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.6.F'} := g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.F'.k} = -0.935 \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.G} := g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.G.k} = -0.84 \frac{kN}{m}$$

Trapézlemez méretezése Lindab Structural Designer programmal:

Lindab Structural Designer v1.2 - Névtele

Fájl | Opciók | Névtele

Alapbeállítások

Ország: Magyarország | Funkció: Tetőlemez | Projekt név:

Grafika

Szelvény: LTP45 | Átfedés: 1

Ehelyezés: Keskény ív felül

Geometria

No.	Poszció [mm]	Típus	Támaszok	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég. 1 [mm]	Vég. 2 [mm]	Csuklók
			Szélesség [mm]					Poszció [mm]		Poszció [mm]
1	0	C	50	820	-	1	1420	0.6	-	-
2	1420	C	50	-	-	2	1420	0.6	-	-
3	2840	C	50	-	-	3	1420	0.6	-	-
4	4260	C	50	-	-	4	1420	0.6	-	-
5	5680	C	50	-	-	5	1420	0.6	-	-
6	7100	C	50	-	150					

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőpont [N/m²]	Végpont	Szélesség	ULS
1	U			1.98			ULS
2	U			1.35			SLS
3							

Eredmények

ULS	SLS

Generálás: 5 nyílás | Statikai rendszer: Folytatósáv | Nyílás törlése

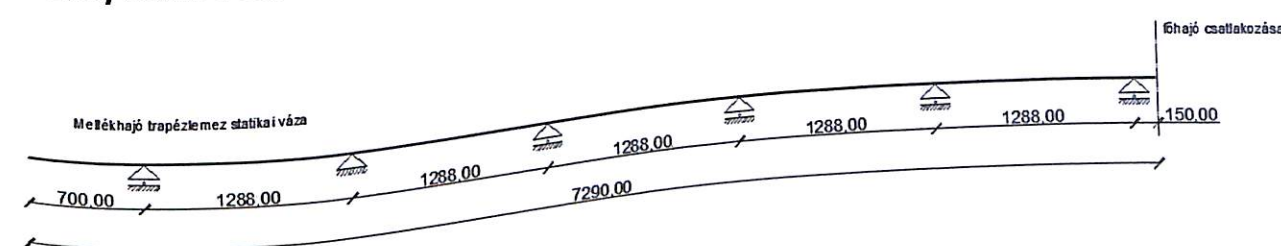
Lehajlás-számítás paraméterei

Határ Nyílás L / 200 | Határ Konzol L / 200

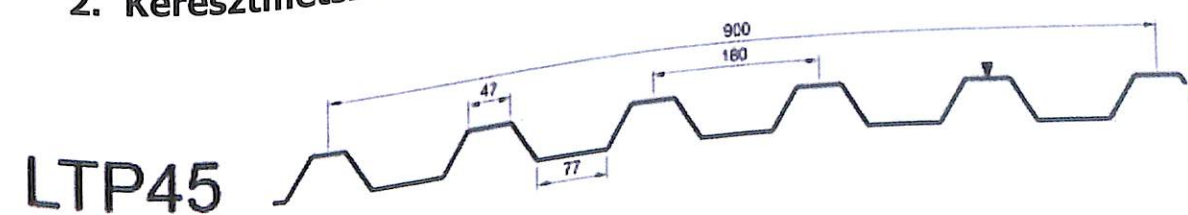
1.2-es volt; Önsúly+hó+szélterhelés (külső)

A mértékadó teherkombináció az 1-2-es volt: Önsúly+hó+szélnyomás (külső-keresztirányú) ezáltal a **főhajó trapézlemez** típusa: **LTP 45 0.6**

III/II.1. Mellékhajó trapézlemez statikai váza:



2. Keresztmetszet: LTP 45



3. Terhek, teherkombinációk:

3.1. Állandó teher:

$$g_{all.k} := 0.342 \frac{kN}{m}$$

3.2. Meteorológiai terhek:

Szélteher a mellékhajón:

$$\psi_w := 0.6 \quad \gamma_w := 1.5$$

Szél torlónyomása: III. terepkategória

Mellékhajó magassága a
főhajó csatlakozásánál: $H_{mh} := 6.45 \text{ m}$

z magasság=referencia magasság: (h=z) $H_{mh} := 6.45 \text{ m}$

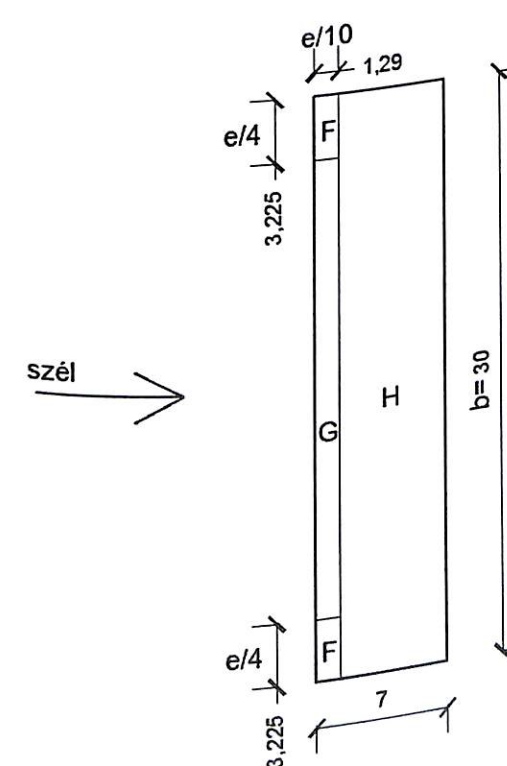
Interpolálás:

$$6 \rightarrow 0.484$$

$$7 \rightarrow 0.516$$

Szél torlónyomása a mellékhajón: $q_{p,mh,z} := 0.4984 \frac{kN}{m^2}$

Keresztirányú- külső nyomási tényezők: $c_{pe,1}$



Szélirányra merőleges
méret, Csarnok hossza:

$$b_{cs} := 30 \text{ m}$$

$$e := \min(b_{cs}, H_{mh} \cdot 2) = 12.9 \text{ m}$$

Terhelőmező:

$$t_{cs} := 1.0 \text{ m}$$

F zóna:

$$5^\circ \rightarrow -2.50$$

interpolálás

szélszívás:

15° --> -2.00

$$7^\circ \quad \rightarrow \quad c_{pe.1.sz.F} := -2.40$$

$$p_{w.e.sz.0.F.k} := t_{cs} \cdot q_{p.mh} z \cdot c_{pe.1.sz.F} = -1.196 \frac{kN}{m}$$

szélnyomás:

5° --> 0.00

interpolálás

15° --> 0.2

$$7^\circ \quad \rightarrow \quad c_{pe.1.ny.F} := 0.027$$

$$p_{w.e.ny.0.F.k} := t_{cs} \cdot q_{p.mh.z} \cdot c_{pe.1.ny.F} = 0.013 \frac{kN}{m}$$

H zóna:

5° --> -1.20

interpolálás

15° --> -0.30

$$7^\circ \quad \rightarrow \quad c_{pe.1.sz.H} := -1.02$$

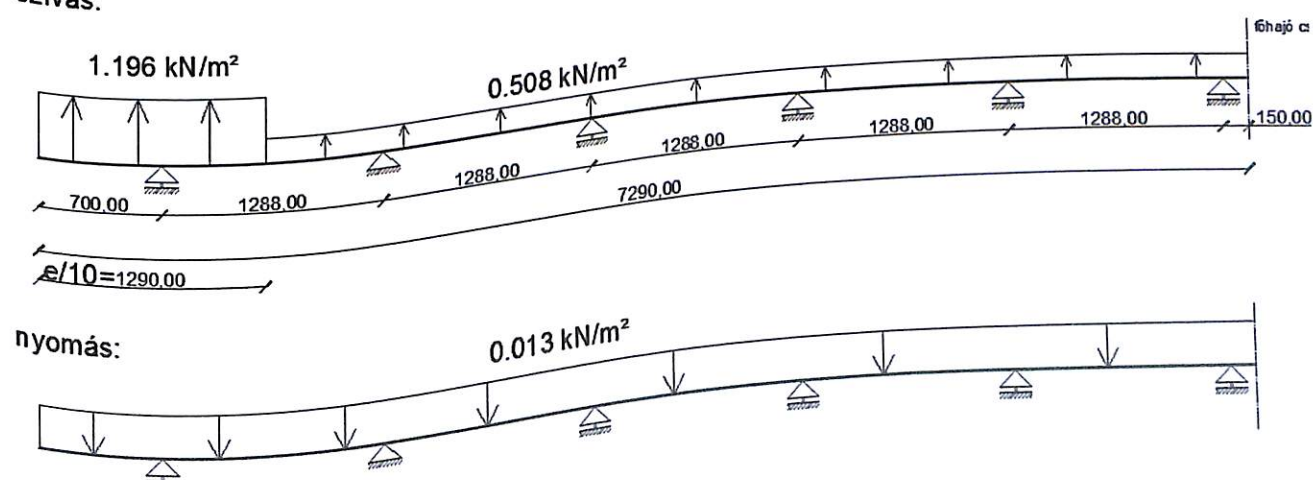
$$p_{w.e.sz.0.H.k} := t_{cs} \cdot q_{p.mh} z \cdot c_{pe.1.sz.H} = -0.508 \frac{kN}{m}$$

szélnyomás:

$$c_{pe.1.ny.H} := 0.027$$

Élőnyomás: $p_{w.e.ny.0.F.k} := t_{cs} \cdot q_{p.mh} \cdot z \cdot c_{pe.1.ny.H} = 0.013 \frac{kN}{m}$

szívás:



[illegible]

3.3. Teherkombinációk:

3.3.1. Önsúly+hó+szélnyomás

1. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.1.m} := g_{áll.k} \cdot \gamma_{G.sup} + \gamma_s \cdot s_{hózug} \cdot m + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot p_{w.e.ny.0.F.k} = 6.474 \frac{kN}{m}$$

2. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.2.m} := g_{áll.k} + s_{hózug} \cdot m + \psi_w \cdot p_{w.e.ny.0.F.k} = 4.35 \frac{kN}{m}$$

3.3.2. Önsúly+szélszívás

3. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.3.F.m} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.F.k} = -1.452 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.3.H.m} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.H.k} = -0.421 \frac{kN}{m}$$

4. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.4.F} := g_{áll.k} + p_{w.e.sz.0.F.k} = -0.854 \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.4.H} := g_{áll.k} + p_{w.e.sz.0.H.k} = -0.166 \frac{kN}{m}$$

5. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.5.Fup} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.Fup.k} = -1.647 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.Flow} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.Flow.k} = -1.452 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.G} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + \gamma_w \cdot p_{w.e.sz.0.G.k} = -1.228 \frac{kN}{m}$$

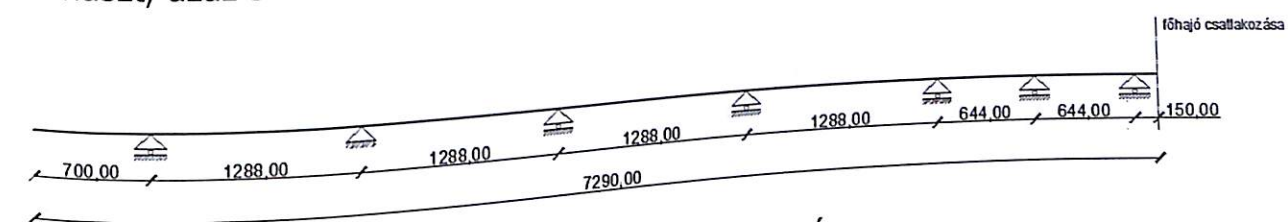
6. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.6.Fup} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{áll.k} + p_{w.e.sz.0.Fup.k} = -0.984 \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.Flow} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.Flow.k} = -0.854 \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.G} := \gamma_{G.inf} \cdot g_{all.k} + p_{w.e.sz.0.G.k} = -0.705 \frac{kN}{m}$$

Az 1-es 2-es teherkombináció lett a mértékadó (önsúly+hó+szélnyomás) amelyet modelleztem a Lindab Structural Designer-ben, és ezzel a statikai vázzal nem felelt meg, ezért a főhajó csatlakozásánál, ahol a húzugteher nagy, beraktam plusz egy támaszt, azaz szelelement. Így a statikai váz:



Az új statikai váz egy 7 támaszú folytatólagos tartó.

Trapézlemez méretezése Lindab Structural Designer programmal:

Alapbeállítások

Ország: Magyarország Funkció: Tetőlemez Projektnev: Statikai váz

Geometria

No.	Pozíció [mm]	Típus	Széless. [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vtg.1 [mm]	Vtg.2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	50	150	-	1	644	0,5	-	-
2	644	C	50	-	-	2	644	0,5	-	-
3	1288	C	50	-	-	3	1288	0,5	-	-
4	2576	C	50	-	-	4	1288	0,5	-	-
5	3864	C	50	-	-	5	1288	0,5	-	-
6	5152	C	50	-	-	6	1288	0,5	-	-
7	6440	C	50	-	700	-	-	-	-	-

Támaszok

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőp.	Végp.	Széless.	ULS
1	L	-150	3850	6,47	1,97	-	ULS
2	L	3850	7140	1,97	1,97	-	ULS
3	L	-150	3850	4,35	1,35	-	SLS
4	L	3850	7140	1,35	1,35	-	SLS

Lehajlás-számítás paraméterei

Határ Nyílás L / 200 Határ Konzol L / 200

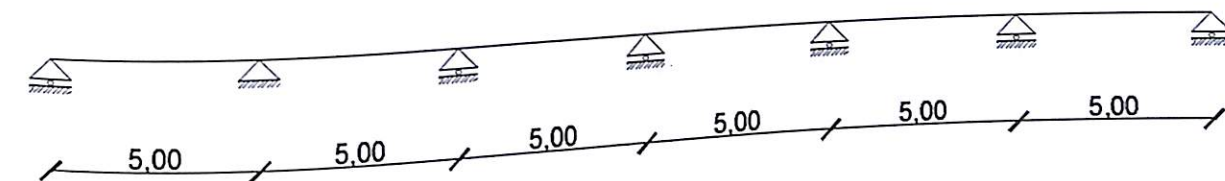
Generálás 6 nyílás Statikai rendszer Folytatólagos Számítás Optimat

Eredmények ULS 40% SLS 100% Input adatok Kivonat Eredmények Részletes Eredmények Képek

A mellékhajó trapézlemez típusa: LTP 45 0.5

IV. Z szelemen méretezése

IV/I.1. Főhajó szelemen statikai váza:



A statikai váz egy folytatólagos 7 támaszú tartó, amelynek támaszai a keretgerendák, távolságuk a keretállások távolságával egyenlő.

2. Keresztmetszet szelvény : Z200



3. Terhek, teherkombinációk:

3.1. Állandó teher:

A terhelőmező a szelemenkiosztással egyenlő, azaz:

$$t_{sz.fő} := 1.42 \text{ m}$$

$$p_{g.sz.fő} := (G_{LTP} + G_{hőszig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) \cdot t_{sz.fő} + G_{szelemen} \cdot m = 0.456 \text{ kN}$$

3.2 Meteorológiai terhek:

3.2.1 Hóteher:

$$\gamma_s := 1.5$$

$$\Psi_{0.hó} := 0.5$$

$$s_{fő} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

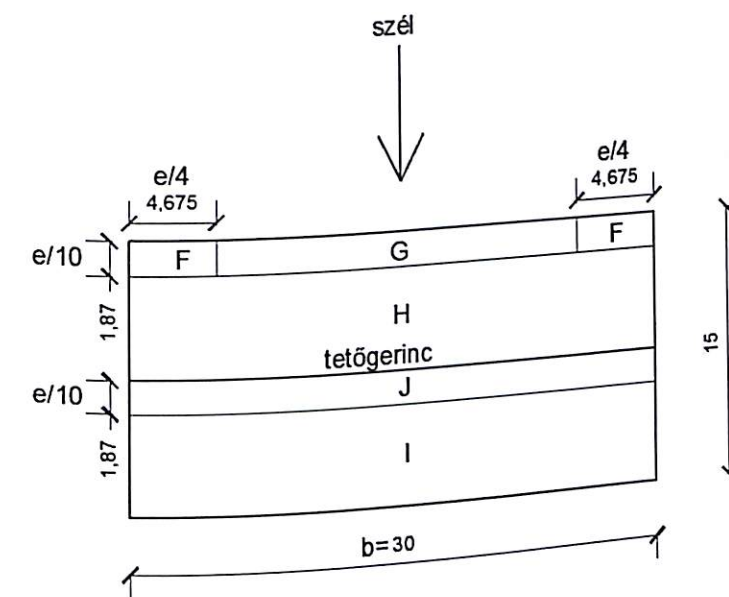
Tető hóterheinek karakterisztikus értéke

$$t_{s.fő} := 1.42 \text{ m}$$

Terhelőmező:

$$p_{s.fő.k} := t_{s.fő} \cdot s_{fő} = 1.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2.2. Szélteher: keresztirányú külső c_{pe10}



$$e := \min(b_{cs}, H_{max} \cdot 2) = 18.7 \text{ m}$$

Terhelőmező:

$$t_{z.fő} := 1.420 \text{ m}$$

F zóna: $5^\circ \rightarrow -1.70$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow -0.9$

szélszívás: $7^\circ \rightarrow c_{pe.10.sz.F} := -1.54$

$$p_{w.e.sz.0.F.k} := t_{z.fő} \cdot q_{p.fő} \cdot c_{pe.10.sz.F} = -1.293 \frac{kN}{m}$$

szélnyomás: $5^\circ \rightarrow 0.00$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow 0.2$

$7^\circ \rightarrow c_{pe.10.ny.F} := 0.04$

$$p_{w.e.ny.0.F.k} := t_{z.fő} \cdot q_{p.fő} \cdot c_{pe.10.ny.F} = 0.034 \frac{kN}{m}$$

G zóna:

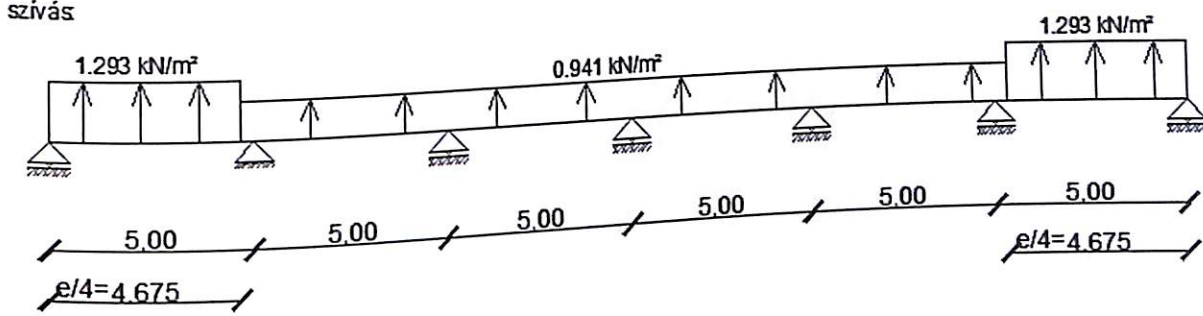
szélszívás: $5^\circ \rightarrow -1.20$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow -0.80$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe.10.sz.G} := -1.12$

$$p_{w.e.sz.0.G.k} := t_{z.fő} \cdot q_{p.fő} \cdot c_{pe.10.sz.G} = -0.941 \frac{kN}{m}$$

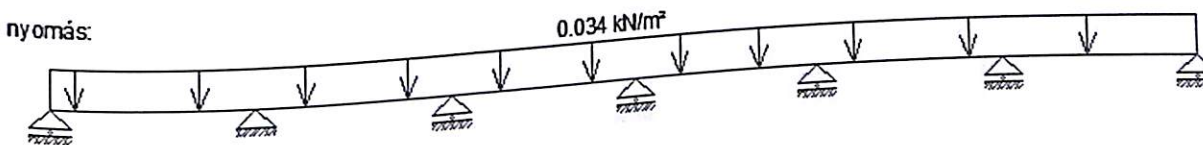
szélnyomás: $c_{pe.10.ny.G} := 0.04$

$$p_{w.e.ny.0.G.k} := t_{z.fő} \cdot q_{p.fő} \cdot c_{pe.10.ny.G} = 0.034 \frac{kN}{m}$$

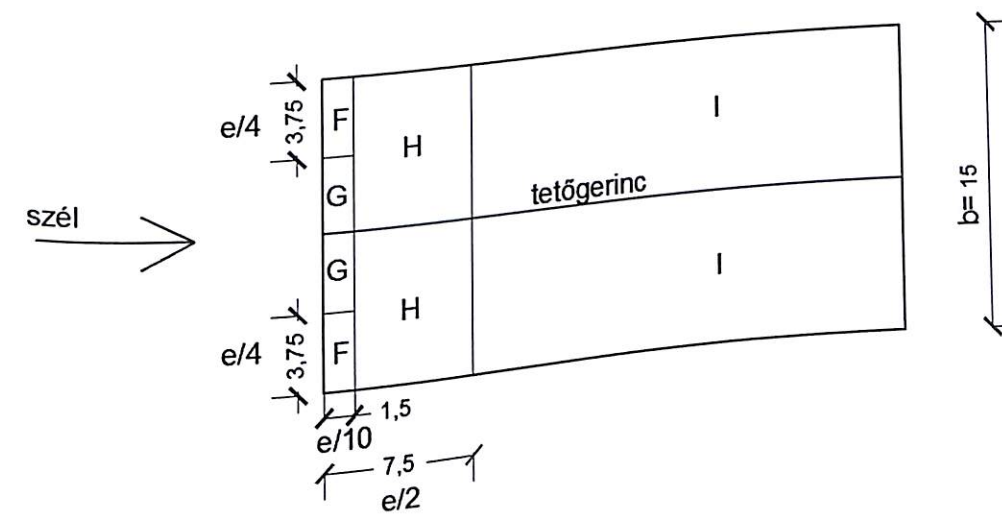
szívás



nyomás:



Hosszirányú - külső nyomási tényezők:

 $C_{pe.10}$ 

Szélirányra merőleges méret: $b_m := 15 \text{ m}$

$$e := \min(b_m, 2 \cdot H_{max}) = 15 \text{ m}$$

F zóna:

F zóna:

szélszívás:	5°	-->	-1.60	interpolálás
	15°	-->	-1.30	
	7°	-->	$c_{pe.10.sz.F} := -1.54$	

kN

$$p_{w.e.sz.90.F.k} := t_{z.f\phi} \cdot q_{p.f\phi} z \cdot c_{pe.10.sz.F} = -1.293 \frac{kN}{m}$$

H zóna:

H zóna:

szélszívás:	5°	-->	-0.70	interpolálás
	15°	-->	-0.60	
	7°	-->	$c_{pe,10.sz.H} := -0.68$	

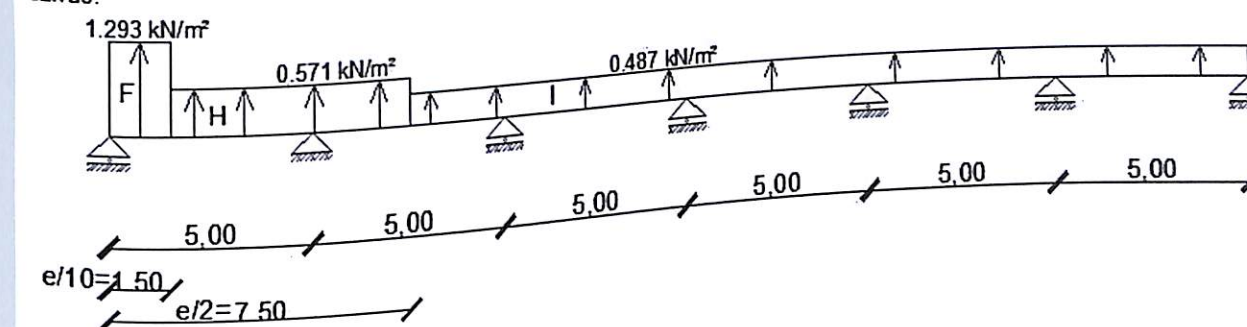
$$p_{w.e.sz.90.H.k} := t_{z.f\ddot{o}} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.10.sz.H} = -0.571 \frac{kN}{m}$$

I zóna:

5°	-->	-0.60	interpolálás
15°	-->	-0.50	
7°	-->	$c_{pe.10.sz.I} := -0.58$	

$$p_{w.e.sz.90.I.k} := t_{z.f\ddot{o}} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.10.sz.I} = -0.487 \frac{kN}{m}$$

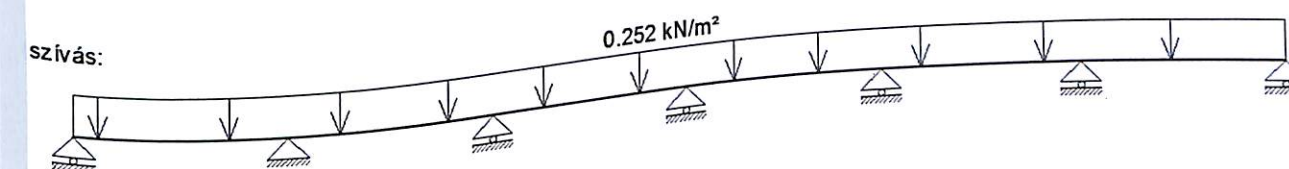
szívás:



Szélteher belső szívás-nyomás: Terhelőmező: $t_{z.f\ddot{o}} := 1.420 \text{ m}$

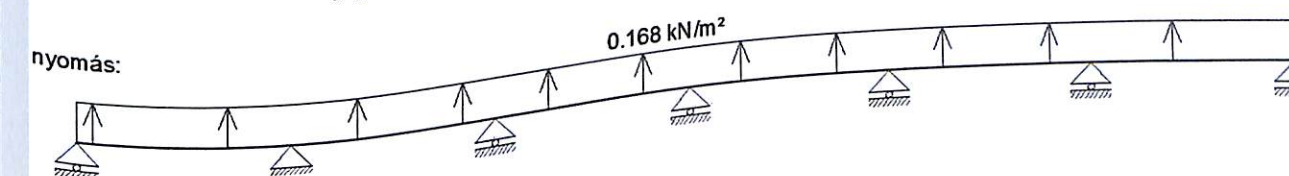
szívás: $c_{p.i.sz} := -0.3$

$$p_{w.i.sz.k} := t_{z.f\ddot{o}} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{p.i.sz} = -0.252 \frac{kN}{m}$$



nyomás: $c_{p.i.ny} := 0.2$

$$p_{w.i.ny.k} := t_{z.f\ddot{o}} \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{p.i.ny} = 0.168 \frac{kN}{m}$$



3.3. Teherkombinációk:

3.3.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső):

1. teherkombináció: ULS

$$p_{U.1.f\ddot{o}} := \gamma_{G.sup} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_s \cdot p_{s.f\ddot{o}.k} \cdot m + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.G.k} + p_{w.i.sz.k}) = 2.549 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

2. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.2.f\ddot{o}} := p_{g.sz.f\ddot{o}} + p_{s.f\ddot{o}.k} \cdot m + \psi_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.G.k} + p_{w.i.sz.k}) = 1.745 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

3.3.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső+belső):

3. teherkombináció: ULS

$$p_{U.3.F.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.i.ny.k}) = -1.232 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.3.G.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.G.k} + p_{w.i.ny.k}) = -0.703 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

4. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.4.F.f\ddot{o}} := p_{g.sz.f\ddot{o}} + (p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.i.ny.k}) \cdot m = -0.67 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.4.G.f\ddot{o}} := p_{g.sz.f\ddot{o}} + m \cdot (p_{w.e.sz.0.G.k} + p_{w.i.ny.k}) = -0.317 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

3.3.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső+belső):

5. Teherkombináció: ULS

$$p_{U.5.F.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.F.k} + p_{w.i.ny.k}) = -1.232 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.H.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.H.k} + p_{w.i.ny.k}) = -0.149 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.I.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.I.k} + p_{w.i.ny.k}) = -0.023 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

6. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.6.F.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.F.k} + p_{w.i.ny.k}) = -0.67 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.H.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.H.k} + p_{w.i.ny.k}) = 0.053 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.I.f\ddot{o}} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.f\ddot{o}} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.I.k} + p_{w.i.ny.k}) = 0.137 \text{ m} \cdot \frac{kN}{m}$$

Főhajó Z szelemen méretezése Lindab Structural Designer programmal:

LindabStructuralDesigner v1.2 - Névtelen

Fájl Opciók Névjegy

Alapbeállítások

Ország: Magyarország Funkció: Z profil Projektnev:

Statikai váz

Gratika

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z200 Csavarok: 4,8

Elhelyezés: Erős

Geometria

Támaszok				Nyílások				Csatlakozások	
No.	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	No.	Méret [mm]	Vtg.1 [mm]	Vtg.2 [mm]	Pozíció [mm]	
Alapértékek									
1	0	H	Merevített	1	5000	1,5	-		
2	5000	O	Merevített	2	5000	1,2	-		
3	10000	O	Merevített	3	5000	1,2	-		
4	15000	O	Merevített	4	5000	1,2	-		
5	20000	O	Merevített	5	5000	1,2	-		
6	25000	O	Merevített	6	5000	1,5	-		
7	30000	H	Merevített						

Dv. megtámasztása

Megtámasztás: Felső öv: Folytatódagos Alsó öv: Folytatódagos

Lemez / Megtámasztások (mm): Csavar

LLP20 0,4 2 hullám

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőint. [kN/m]	Végint.	Széless.	ULS
1	U			2,55			SLS
2	U			1,75			SLS
3							

Teher törése

Generálás: 6 nyílás Statikai rendszer: Átfedésses Számolás: Optimál

Léghajós-számítás paraméterei

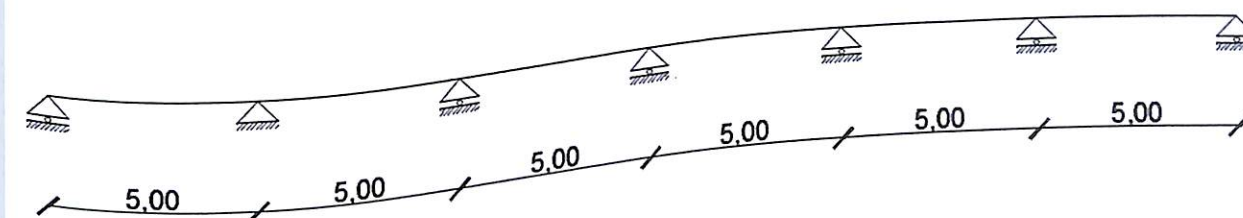
Határ Nyílás L / 200 Határ Konzol L / 200

Eredmények: ULS SLS

Input adatok: Kivonat: Részletes: Képlet:

A mértékadó teherkombináció az 1-es 2-es lett (Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső), ezáltal a **Z szelemen** típusa: **Z200 1.5**

IV/I.2. Mellékhajó szelemen statikai váza:



A statikai váz egy folytatódagos 7 támaszú tartó, amelynek támaszai a keretgerendák, távolságuk a keretállások távolságával egyenlő.

2. Keresztmetszet szelvény:



3. Terhek, teherkombinációk:3.1. Állandó teher:

A terhelőmező a szelemenkiosztással egyenlő, így mindkét esetet megvizsgálom:

$$t_{sz.m.1} := 1.288 \text{ m}$$

$$t_{sz.m.2} := 0.644 \text{ m}$$

$$p_{g.sz.m.1} := (G_{LTP} + G_{hószig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) \cdot t_{sz.m.1} + G_{szelemen} \cdot m = 0.42 \text{ kN}$$

$$p_{g.sz.m.2} := (G_{LTP} + G_{hószig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) \cdot t_{sz.m.2} + G_{szelemen} \cdot m = 0.246 \text{ kN}$$

3.2 Meteorológiai terhek:

$$3.2.1 \text{ Hóteher: } \gamma_s := 1.5 \quad \psi_{0.hó} := 0.5$$

Tető hóterheinek karakterisztikus értéke

$$s_{fó} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Terhelőmező:

$$t_{s.m.1} := 1.288 \text{ m} \quad t_{s.m.2} := 0.644 \text{ m}$$

Tető hózugterhének karakterisztikus értéke

$$s_{hózug} := \mu_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mellékahajó külső részénél:

Mellékahajó belső részénél
(Hózugtehernél):

$$p_{s.m.1} := t_{s.m.1} \cdot s_{hózug} = 5.152 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{s.m.1.1} := t_{s.m.1} \cdot s_{fó} = 1.288 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_{s.m.2} := t_{s.m.2} \cdot s_{hózug} = 2.576 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2.2. Szélteher a mellékahajón:

Szél torlónyomása a mellékahajón:

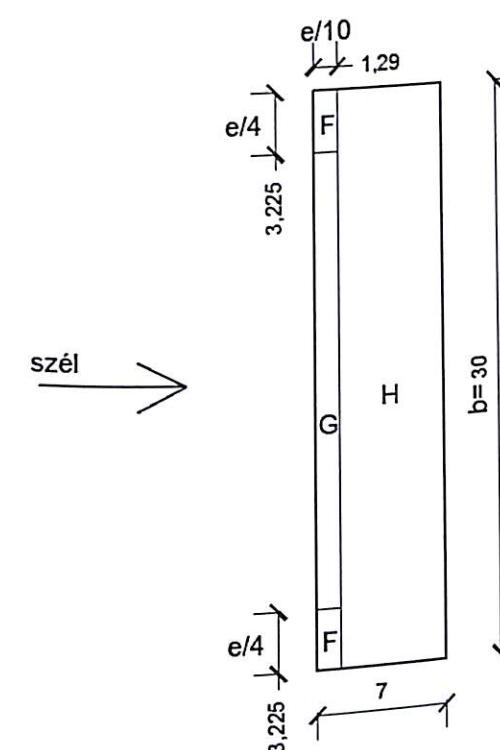
$$\psi_w := 0.6 \quad \gamma_w := 1.5$$

$$q_{p.mhZ} := 0.4984 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Szélirányra merőleges méret, Csarnok
hossza:

$$b_{cs} := 30 \text{ m}$$

$$e := \min(b_{cs}, H_{mh} \cdot 2) = 12.9 \text{ m}$$

Keresztirányú- külső nyomási tényezők: $c_{pe.10}$ 

Terhelőmező: szelemenkiosztás

$$t_{sz.m.1} := 1.288 \text{ m}$$

$$t_{sz.m.2} := 0.644 \text{ m}$$

F zóna:

szélszívás:

$$5^\circ \rightarrow -1.70 \quad \text{interpolálás}$$

$$15^\circ \rightarrow -0.90$$

$$7^\circ \rightarrow c_{pe.10.sz.F} := -1.54$$

$$p_{w.e.sz.0.F.k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.sz.F} = -0.989 \frac{kN}{m}$$

$$\text{szélnyomás: } 5^\circ \rightarrow 0.00 \quad \text{interpolálás}$$

$$15^\circ \rightarrow 0.2$$

$$7^\circ \rightarrow c_{pe.10.ny.F} := 0.04$$

$$p_{w.e.ny.0.F.k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.ny.F} = 0.026 \frac{kN}{m}$$

G zóna:

$$\text{szélszívás: } 5^\circ \rightarrow -1.20 \quad \text{interpolálás}$$

$$15^\circ \rightarrow -0.80$$

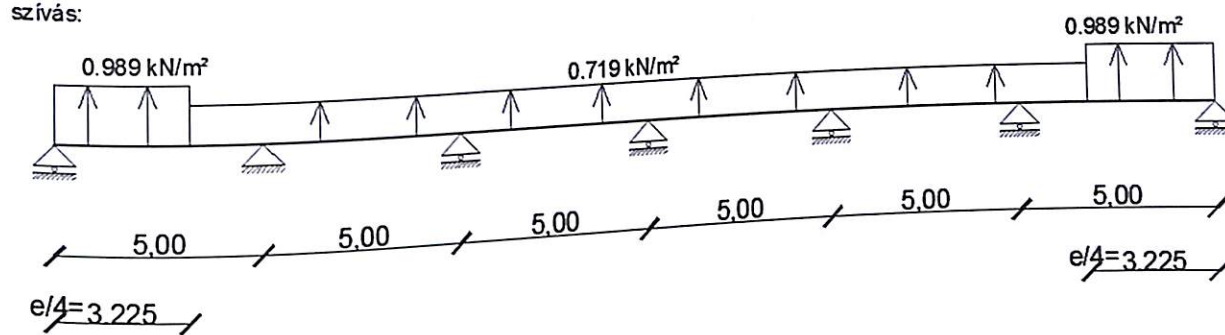
$$7^\circ \rightarrow c_{pe.10.sz.G} := -1.12$$

$$p_{w.e.sz.0.G.k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.sz.G} = -0.719 \frac{kN}{m}$$

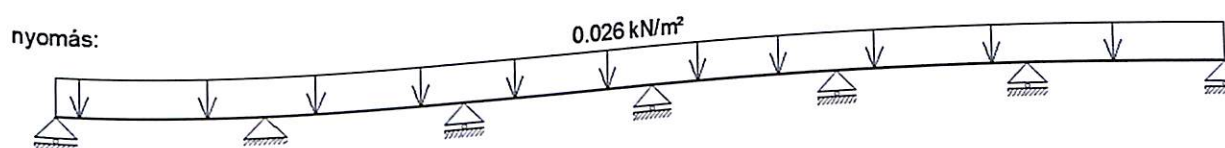
$$\text{szélnyomás: } c_{pe.10.ny.G} := 0.04$$

$$p_{w.e.ny.0.G.k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.ny.G} = 0.026 \frac{kN}{m}$$

szívás:



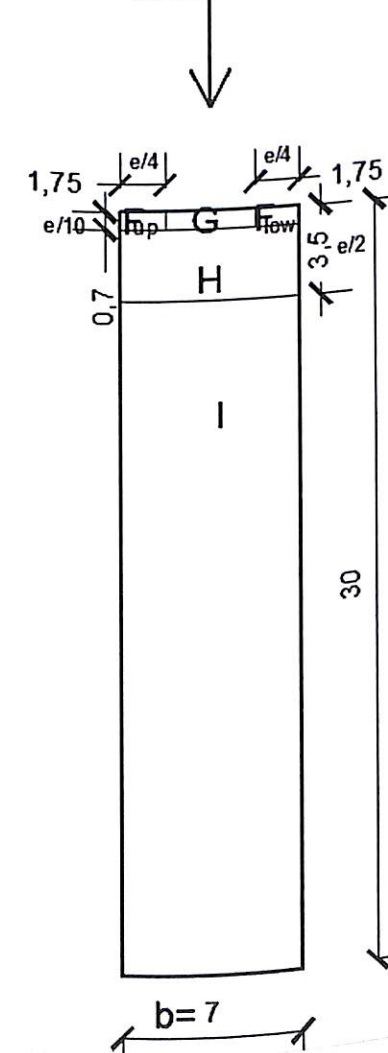
nyomás:



Hosszirányú - külső nyomási tényezők:

$c_{pe.10}$

szél



$$e := \min(b_{m,h}, 2 \cdot H_{mh}) = 7 \text{ m}$$

Fup zóna:

szélszívás:	5°	-->	-2.10	interpolálás
	15°	-->	-2.40	
	7°	-->	$c_{pe.10.sz.Fup} := -2.16$	

$$p_{w.e.sz.90.Fup,k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.sz.Fup} = -1.387 \frac{kN}{m}$$

H zóna:

szélszívás:	5°	-->	-0.60	interpolálás
	15°	-->	-0.80	
	7°	-->	$c_{pe.10.sz.H} := -0.64$	

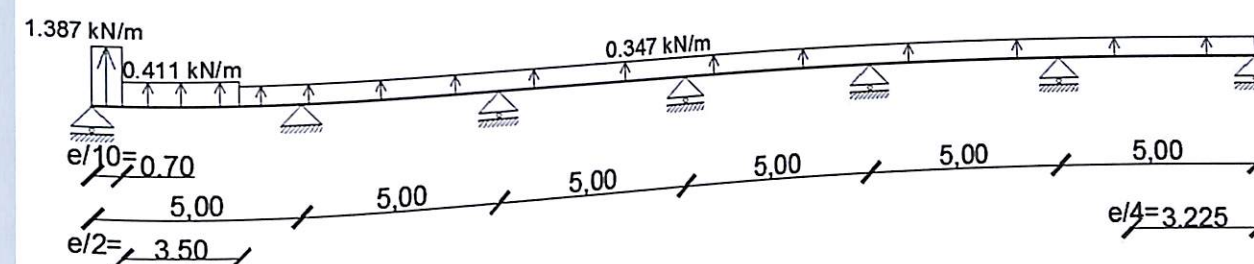
$$p_{w.e.sz.90.H,k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.sz.H} = -0.411 \frac{kN}{m}$$

I zóna:

szélszívás:	5°	-->	-0.50	interpolálás
	15°	-->	-0.70	
	7°	-->	$c_{pe.10.sz.I} := -0.54$	

$$p_{w.e.sz.90.I,k} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{pe.10.sz.I} = -0.347 \frac{kN}{m}$$

szívás:



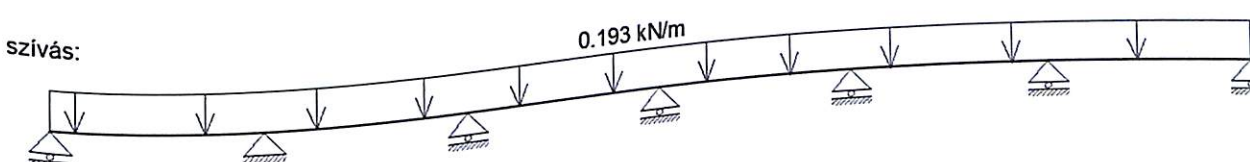
Szélteher belső szívás-nyomás:

Terhelőmező: $t_{sz.m.1} := 1.288 \text{ m}$

szívás: $c_{p.i.sz} := -0.3$

$$p_{w.i.sz.mk} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{p.i.sz} = -0.193 \frac{kN}{m}$$

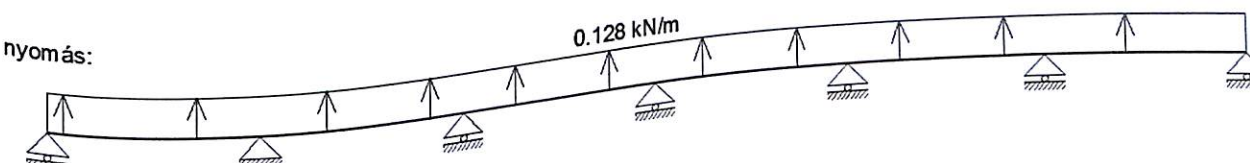
szívás:



nyomás: $c_{p.i.ny} := 0.2$

$$p_{w.i.ny.mk} := t_{sz.m.1} \cdot q_{p.mh} \cdot c_{p.i.ny} = 0.128 \frac{kN}{m}$$

nyomás:



3.3. Teherkombinációk:

3.3.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső):

1. teherkombináció: ULS

$$p_{U.1.m1} := \gamma_{G.sup} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_s \cdot p_{s.m.1.1} \cdot m + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.F.k} + p_{w.i.sz.mk}) = 2.349 \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.1.m2} := \gamma_{G.sup} \cdot p_{g.sz.m.2} + \gamma_s \cdot p_{s.m.1} \cdot m + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.F.k} + p_{w.i.sz.mk}) = 7.91 \frac{kN}{m}$$

2. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.2.m1} := p_{g.sz.m.1} + p_{s.m.1.1} \cdot m + \psi_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.F.k} + p_{w.i.sz.mk}) = 1.608 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.2.m2} := p_{g.sz.m.2} + p_{s.m.1} \cdot m + \psi_w \cdot m \cdot (p_{w.e.ny.0.F.k} + p_{w.i.sz.mk}) = 5.298 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

3.3.2. Önsúly+szél szívás (keresztirányú-külső+belső):3. teherkombináció: ULS

$$p_{U.3.F.m} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -0.87 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.3.G.m} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.G.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -0.466 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

4. Teherkombináció: SLS

$$p_{S.4.F.m} := p_{g.sz.m.1} + \psi_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -0.096 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.4.G.m} := p_{g.sz.m.1} + \psi_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.0.G.k} + p_{w.i.ny.mk}) = 0.066 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

3.3.3. Önsúly+szél szívás (hosszirányú-külső+belső):5. teherkombináció: ULS

$$p_{U.5.Fup.m} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.Fup.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -1.467 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.H.m} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.H.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -0.004 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{U.5.I.m} := \gamma_{G.inf} \cdot p_{g.sz.m.1} + \gamma_w \cdot m \cdot (p_{w.e.sz.90.I.k} + p_{w.i.ny.mk}) = 0.093 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

6. teherkombináció: SLS

$$p_{S.6.Fup.m} := p_{g.sz.m.1} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.Fup.k} + p_{w.i.ny.mk}) = -0.838 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.H.m} := p_{g.sz.m.1} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.H.k} + p_{w.i.ny.mk}) = 0.138 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

$$p_{S.6.I.m} := p_{g.sz.m.1} + m \cdot (p_{w.e.sz.90.I.k} + p_{w.i.ny.mk}) = 0.202 \, m \cdot \frac{kN}{m}$$

Mellékahajó Z szelemen méretezése Lindab Structural Designer programmal:

A hógtehernél, ahogy a terhelőmező 0,644m:

LindabStructuralDesigner v1.2 - Névtelen

Fájl Opciók Névjegy

Ország: Magyarország Funkció: Z profil Projectnév:

Alapbeállítások

Grafika

Szelvény: Z200

Ehelyezés: Erős

Szerkezeti beállítások

Csavarok: 4,8

Öv megtámasztása

Lemez / Megtámasztások (mm) Csavar

Felső öv: Folytatós

Alsó öv: Folytatós

LTP45 0,5

2 hullám

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőpont [m]	Végpont [m]	Széless.	ULS
1	U			7,91			ULS
2	U			5,30			SLS
3							

Teljes terhelés

Generálás: 6 nyílás Statikai rendszer: Átfedések

Lehajlás-számítás paramétereivel

Számítási módszer: 1

Számolás Optimál

Határ Nyílás L / 150 Határ Konzol L / 150

A mértékadó teherkombináció az 1-es 2-es lett (Önsúly+hó+szélnyomás keresztirányú-külső+belső), és a főhajó csatlakozásnál, ahol a hógteher miatt nagyobb a terhelés, a nagyobb teher alatti 4 szelemen típusa így: **Z200 2.5**

LindabStructuralDesigner v1.2 - Névtelen

Fájl Opciók Névjegy

Ország: Magyarország Funkció: Tetőlemez Projectnév:

Alapbeállítások

Grafika

Szelvény: Z200

Ehelyezés: Erős

Szerkezeti beállítások

Csavarok: 4,8

Öv megtámasztása

Lemez / Megtámasztások (mm) Csavar

Felső öv: Folytatós

Alsó öv: Folytatós

LTP45 0,5

2 hullám

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőpont [m]	Végpont [m]	Széless.	ULS
1	U			7,91			ULS
2	U			5,30			SLS
3							

Teljes terhelés

Generálás: 6 nyílás Statikai rendszer: Átfedések

Lehajlás-számítás paramétereivel

Számítási módszer: 1

Számolás Optimál

Határ Nyílás L / 150 Határ Konzol L / 150

Mellékhajó Z szelemen méretezése Lindab Structural Designer programmal:

A hógtehernél, ahogy a terhelőmező 1,288m:

LindabStructuralDesigner v1.2 - Névtelen

Fájl Opciók Névleg

Ország: Magyarország Funkció: Z profil Projektnev:

Alapbeállítások

Statikai utat Szervező

S

U

1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7

5000 5000 5000 5000 5000 5000 5000

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z200 Csavarok: 4,8

Elhelyezés: Erős

Geometria

No.	Pozíció (mm)	Típus	Széless. (mm)	Támaszok		No.	Mérlet (mm)	Nyílások		Csatlak. Pozíció (mm)
				L1 (mm)	L2 (mm)			Vig.1 (mm)	Vig.2 (mm)	
1	0	H	Merevített	-	-	1	5000	1,2	-	-
2	5000	O	Merevített	500	1000	2	5000	1,2	-	-
3	10000	O	Merevített	500	500	3	5000	1,2	-	-
4	15000	O	Merevített	500	500	4	5000	1,2	-	-
5	20000	O	Merevített	500	500	5	5000	1,2	-	-
6	25000	O	Merevített	1000	500	6	5000	1,2	-	-
7	30000	H	Merevített	-	-	-	-	-	-	-

Alapértékek: 0

6000 1

Nyílás törése

Generálás: 6 nyílás Statikai rendszer: Átfedésses Számítási módszer: 1 Számolás Optimál

Lehajlás-számítás paraméterei

Határ Nyílás L / 150 Határ Konzol L / 150

Megtámasztás

Lemez / Megtámasztások (mm) Csavar

Felső öv: Folytatódagos LTP45 0,5 2 hullám

Alsó öv: Folytatódagos

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőnt. (kNm)	Végint.	Széless.	ULS	SLS
1	U			2,35			ULS	SLS
2	U			1,61			ULS	SLS
3								

Téher törése

SLS

Eredmények

ULS SLS

Input adatok

Kivonat Eredmények

Részletes Eredmények

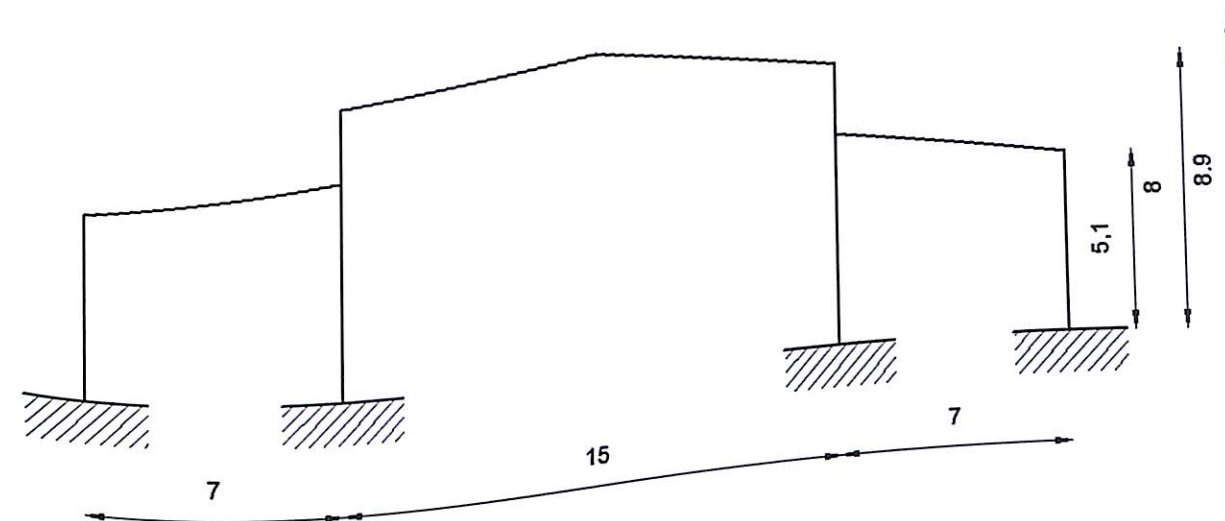
Kilépés

A mértékadó teherkombináció az 1-es 2-es lett (Önsúly+hó+szélnyomás keresztirányú-külső+belső), és a mellékhajó külső szélénél, ahol kisebb a terhelés, a kisebb teher alatti 3 szelemen típusa így: **Z200 1.2**

V. Főtartó keret méretezése

1. Statikai váz:

A 2. keretállást méretezem: a terhelési sáv a keretállások távolsága ($t=5,00\text{m}$)
Tengely modell: keret X-Z síkban
A mellékrajók csuklósan csatlakoznak a főhajóhoz



2. Anyagminőség: S235

3. Keresztmetszet:

gerenda szelvény: IPE

oszlop szelvény: HEA

4. Terhek, teherkombinációk:

4.1. Állandó terhek:

4.1.1. Önsúly teher--> Axis generálja

4.1.2. Burkolat önsúly: $\gamma_{G.sup} := 1.35$ $\gamma_{G.inf} := 1.00$

Terhelési sáv:

Főhajón a szelemenek távolsága:

Mellékrajón a szelemenek távolsága:

Mellékrajón a szelemenek távolsága:

Főhajón:

$$p_{burk.fő.k} := t_k \cdot (G_{LTP} + G_{hószig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) + \frac{t_k \cdot G_{szelemen}}{t_{sz.fő}} \cdot m = 1.605 \text{ kN}$$

Mellékhajón:

$$p_{burk.fő.k} := t_k \cdot (G_{LTP} + G_{hószig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) + \frac{t_k \cdot G_{szelemen}}{t_{sz.m.1}} \cdot m = 1.631 \text{ kN}$$

$$p_{burk.fő.k} := t_k \cdot (G_{LTP} + G_{hószig} \cdot m + G_{pf} \cdot m + G_{bLTP}) + \frac{t_k \cdot G_{szelemen}}{t_{sz.m.2}} \cdot m = 1.912 \text{ kN}$$

4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher: (gépészeti teher)

$$g_{gép.k} := 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_{G.sup} := 1.35$$

$$\gamma_{G.inf} := 1.00$$

4.2. Meteorológiai teher:

$$4.2.1. Hóteher: \quad \gamma_s := 1.5 \quad \Psi_{0.hó} := 0.5$$

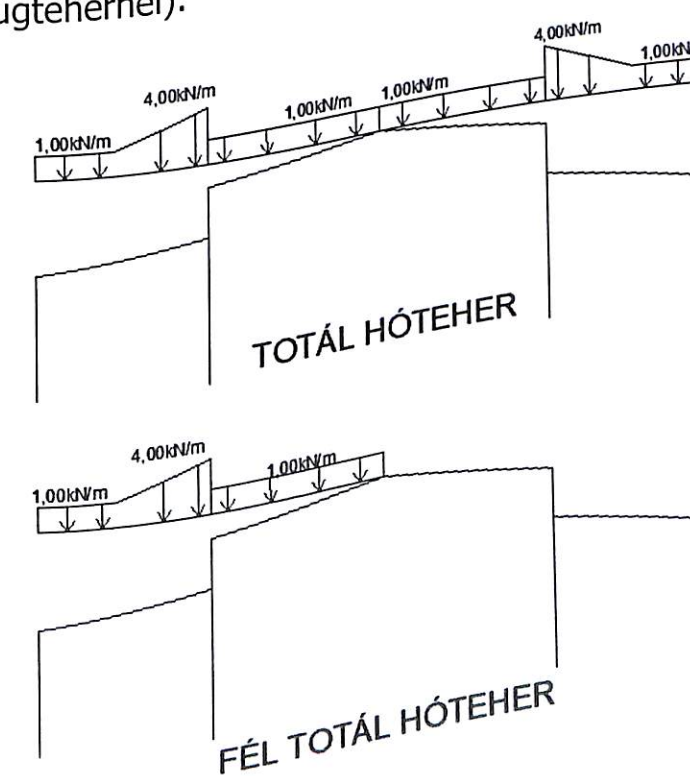
$$\text{Terhelési sáv:} \quad t_k := 5.00 \text{ m}$$

Hóteher a főhajón és a mellékhajó külső szélén:

$$p_{s.fő.k} := t_k \cdot s_{fő} = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hóteher a mellékhajón (hózugtehernél):

$$p_{s.m.k} := t_k \cdot s_{hózug} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



4.2.2. Szélteher:

$$\psi_w := 0.6 \quad \gamma_w := 1.5$$

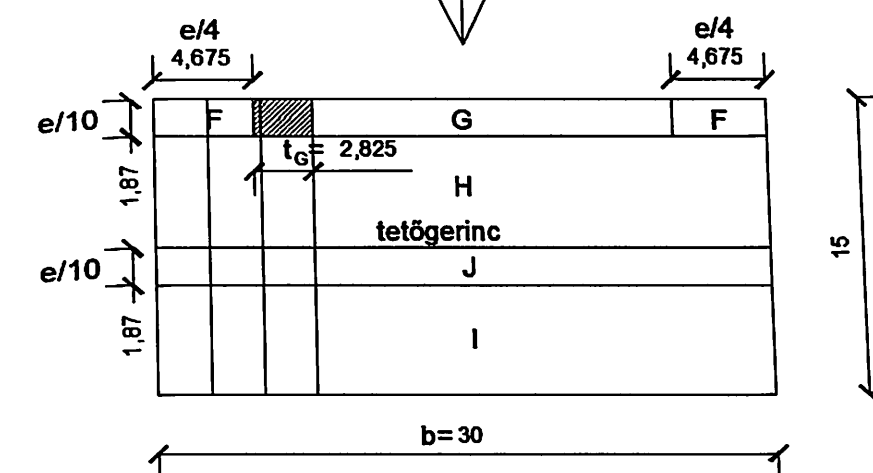
Szélteher 1KK és 2KK (keresztirányú külső):

$C_{pe.10}$

TETŐ:

**Főhajó szélteher:
Keresztirányú - külső**

szél



$$e := \min(b_{cs}, H_{max} \cdot 2) = 18.7 \text{ m}$$

$$t_G := 2.825 \text{ m}$$

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

$$t_F := 2.175 \text{ m}$$

I zóna:

szélszívás:

5° --> -0.60

interpolálás

15° --> -0.40

$$7^\circ \quad \rightarrow \quad c_{pe.10.sz1.I} := -0.56$$

$$p_{w.e.sz1.0.I.k} := t_k \cdot q_{p.f\sigma z} \cdot c_{pe.10.sz1.I} = -1.656 \frac{kN}{m}$$

szélszívás:

$$5^\circ \rightarrow -0.60$$

interpolálás

15° --> 0.00

$$7^{\circ} \quad \rightarrow \quad c_{pe.10.sz2.I} := -0.48$$

$$p_{w.e.sz1.0.I.k} := t_k \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.10.sz2.I} = -1.419 \frac{kN}{m}$$

J zóna:

szélnyomás: $5^\circ \rightarrow 0.2$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow -0.10$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,sz1,J} := 0.08$

$$p_{w,e,sz1,0,J,k} := t_k \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,sz1,J} = 0.237 \frac{kN}{m}$$

szélszívás: $5^\circ \rightarrow -0.60$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow 0.00$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,sz2,J} := -0.48$

$$p_{w,e,sz1,0,J,k} := t_k \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,sz2,J} = -1.419 \frac{kN}{m}$$

H zóna:

szélszívás: $5^\circ \rightarrow -0.60$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow -0.30$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,sz,H} := -0.54$

$$p_{w,e,sz,0,H,k} := t_k \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,sz,H} = -1.597 \frac{kN}{m}$$

szélnyomás: $5^\circ \rightarrow 0.0$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow 0.20$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,ny,H} := 0.04$

$$p_{w,e,ny,0,H,k} := t_k \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,ny,H} = 0.118 \frac{kN}{m}$$

F zóna:

szélszívás: $5^\circ \rightarrow -1.70$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow -0.90$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,sz,F} := -1.54$

$$p_{w,e,sz,0,F,k} := t_F \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,sz,F} = -1.981 \frac{kN}{m}$$

nyomás: $5^\circ \rightarrow 0.00$ interpolálás
 $15^\circ \rightarrow 0.20$
 $7^\circ \rightarrow c_{pe,10,ny,F} := 0.04$

$$p_{w,e,ny,0,F,k} := t_F \cdot q_{p,f\acute{o}z} \cdot c_{pe,10,ny,F} = 0.051 \frac{kN}{m}$$

G zóna:

szélszívás: $5^\circ \rightarrow -1.20$
 $15^\circ \rightarrow -0.80$ interpolálás
 $7^\circ \rightarrow c_{pe.10.sz.G} := -1.12$

$$p_{w.e.sz.0.G.k} := t_G \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.10.sz.G} = -1.871 \frac{kN}{m}$$

nyomás: $5^\circ \rightarrow 0.00$
 $15^\circ \rightarrow 0.20$ interpolálás
 $7^\circ \rightarrow c_{pe.10.ny.G} := 0.04$

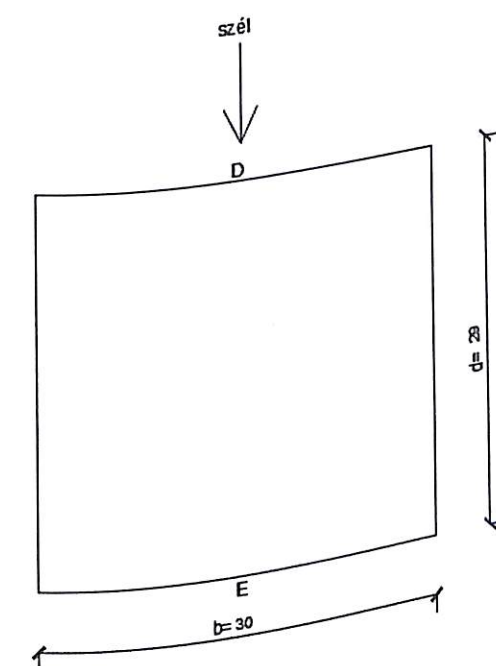
$$p_{w.e.ny.0.G.k} := t_G \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{pe.10.ny.G} = 0.067 \frac{kN}{m}$$

F és G zóna összege:

$$p_{w.e.sz.0.FG.k} := p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.e.sz.0.G.k} = -3.852 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w.e.ny.0.FG.k} := p_{w.e.sz.0.F.k} + p_{w.e.ny.0.G.k} = -1.914 \frac{kN}{m}$$

FAL:



$$H_{max} := 9.35 \text{ m}$$

$$d := 29 \text{ m}$$

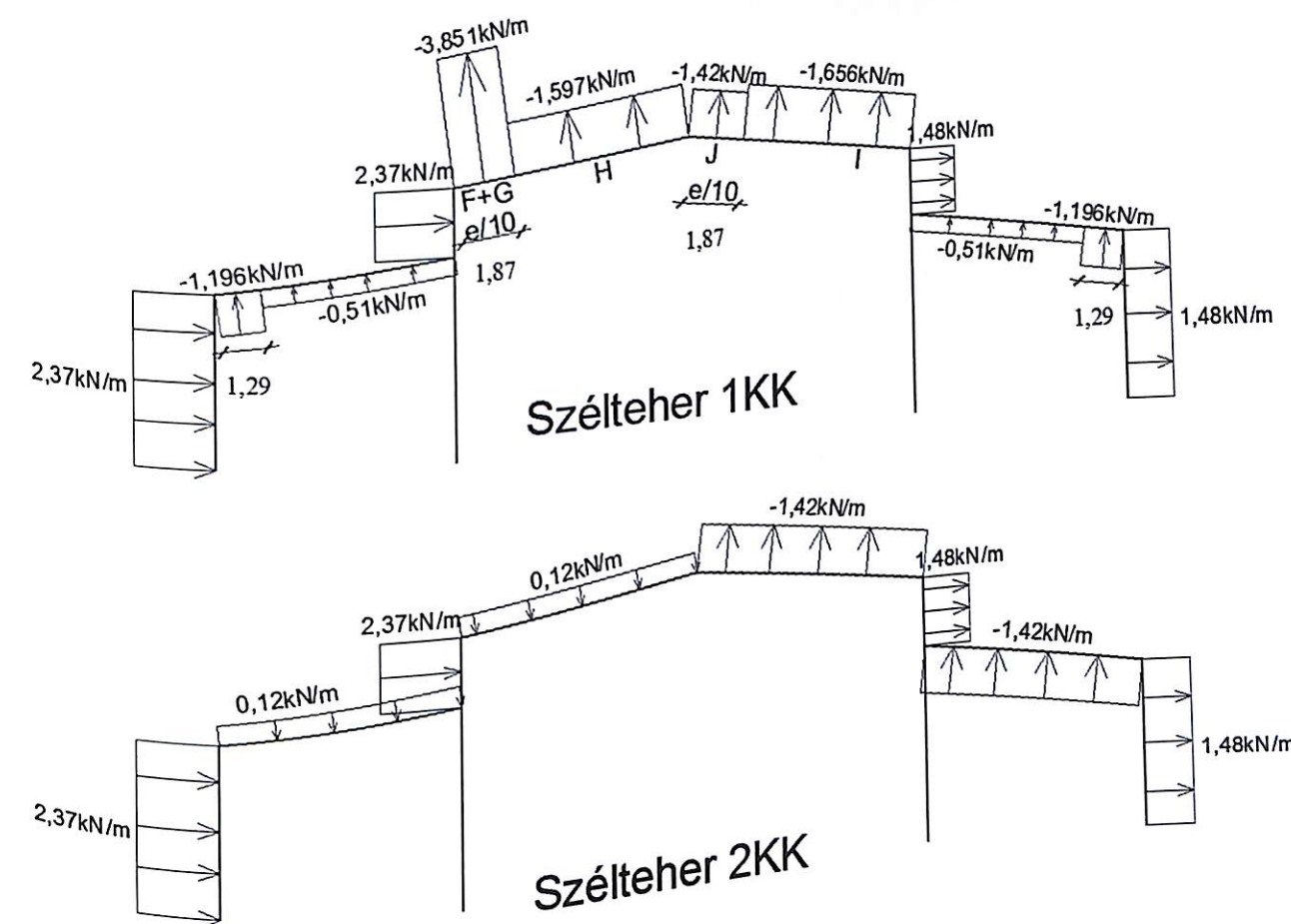
$$\frac{H_{max}}{d} = 0.322$$

$$c_{p.e.10.sz.E} := -0.50$$

$$c_{p.e.10.ny.D} := 0.80$$

szívás: $p_{w.e.sz.0.E.k} := t_k \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{p.e.10.sz.E} = -1.479 \frac{kN}{m}$

nyomás: $p_{w.e.sz.0.D.k} := t_k \cdot q_{p.f\ddot{o}z} \cdot c_{p.e.10.ny.D} = 2.366 \frac{kN}{m}$

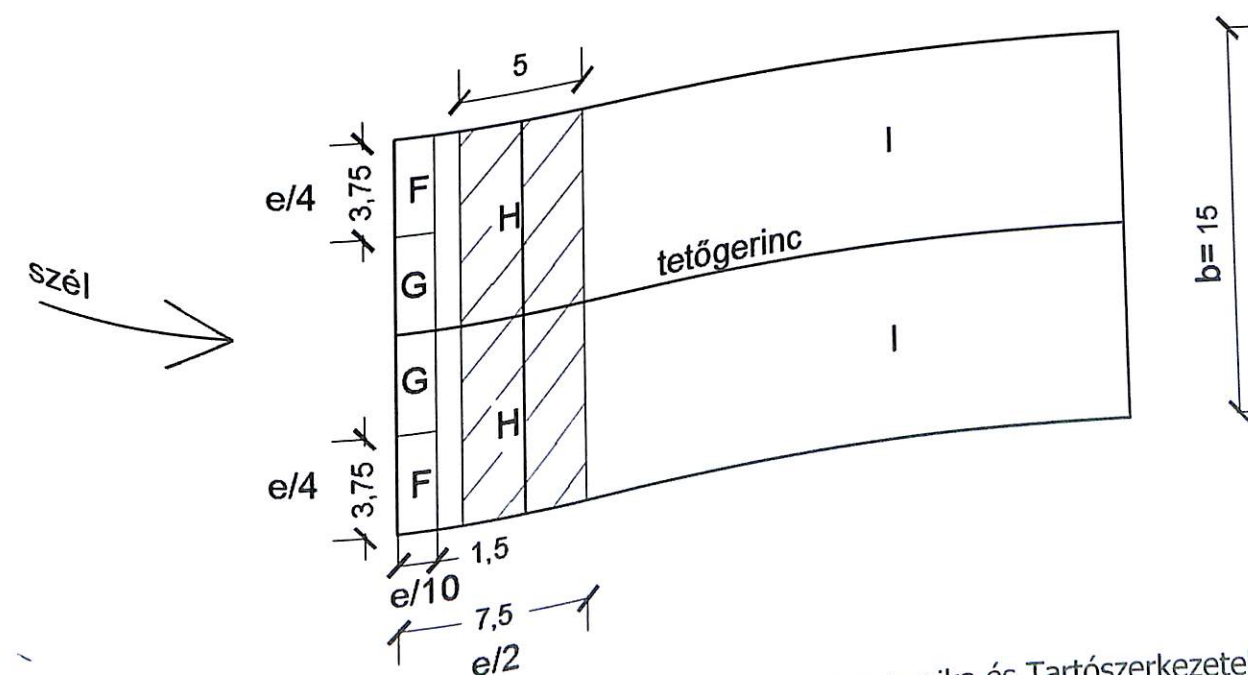


Szélteher 3HK (hosszirányú külső):

$C_{pe.10}$

TETŐ:

Főhajó szélteher:
Hosszirányú - külső



Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

A keret terhelőmezője teljes egészében a "H" zónába esik:

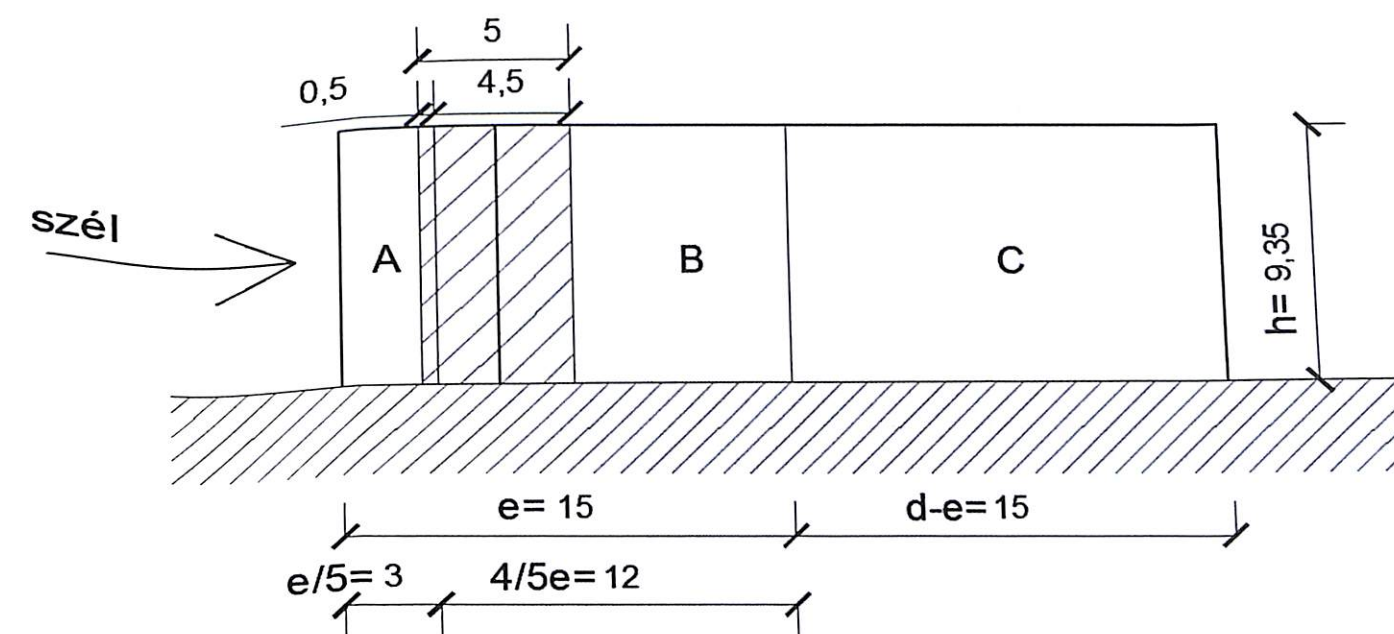
$$t_H := 5.00 \text{ m}$$

H zóna:

szélszívás:	5°	-->	-0.70	interpolálás
	15°	-->	-0.60	
	7°	-->	$c_{pe,10,sz,H} := -0.68$	

$$p_{w,e,sz,90,H,k} := t_H \cdot q_{p,f\ddot{o}z} \cdot c_{pe,10,sz,H} = -2.011 \frac{kN}{m}$$

FAL:



$$e = 15m < d = 30m$$

$$t_A := 0.50 \text{ m}$$

$$c_{p,e,10,sz,A} := -1.20$$

$$t_B := 4.50 \text{ m}$$

$$c_{p,e,10,sz,B} := -0.80$$

$$t_A + t_B = 5 \text{ m}$$

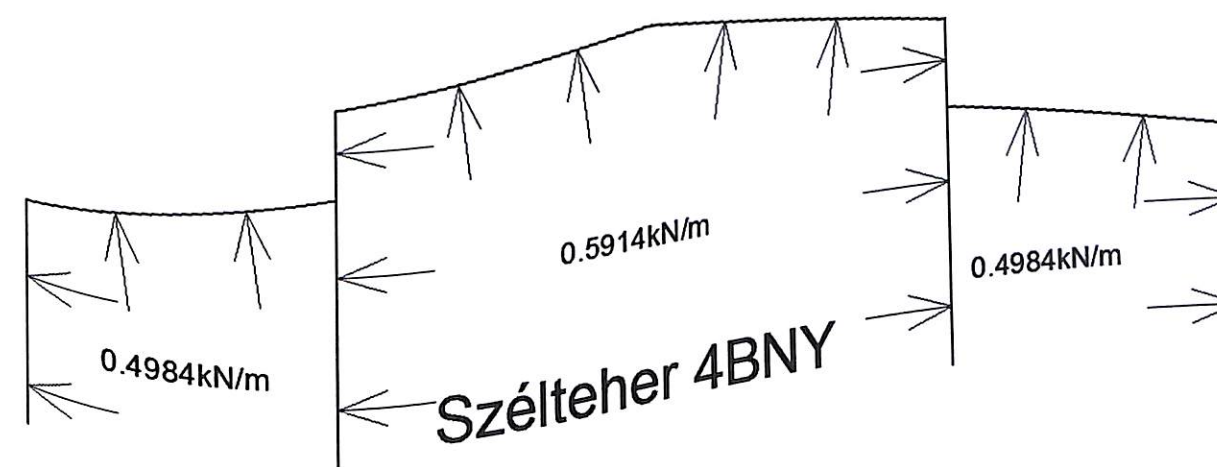
$$p_{w,e,sz,0,A,k} := t_A \cdot q_{p,f\ddot{o}z} \cdot c_{p,e,10,sz,A} = -0.355 \frac{kN}{m}$$

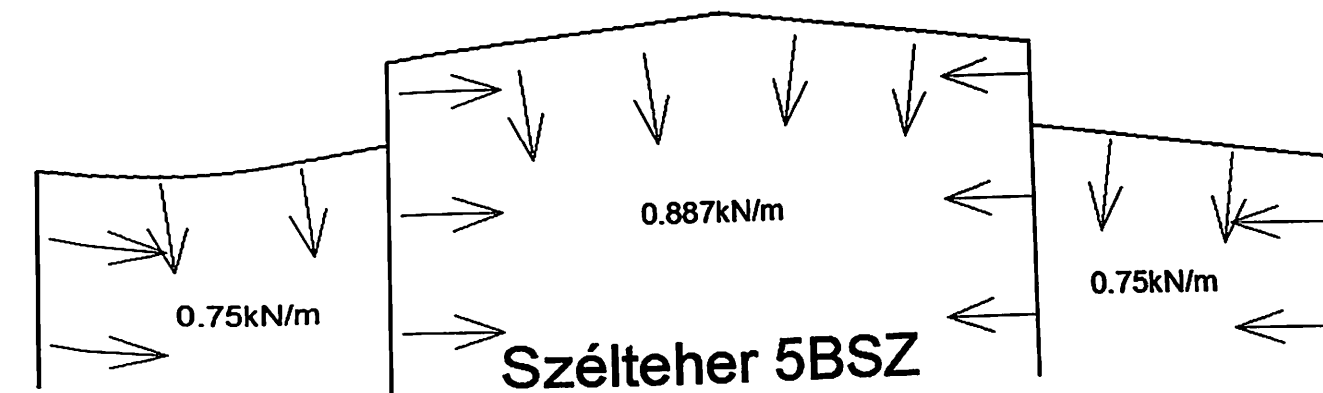
$$p_{w,e,sz,0,B,k} := t_B \cdot q_{p,f\ddot{o}z} \cdot c_{p,e,10,sz,B} = -2.129 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,sz,AB} := p_{w,e,sz,0,A,k} + p_{w,e,sz,0,B,k} = -2.484 \frac{kN}{m}$$


$$c_{p.i.ny} := 0.20$$
$$p_{w.i.ny.f\sigma.k} := t_k \cdot q_{p.f\sigma.z} \cdot c_{p.i.ny} = 0.591 \frac{kN}{m}$$
$$p_{w.i.ny.mellék.k} := t_k \cdot q_{p.mh.z} \cdot c_{p.i.ny} = 0.498 \frac{kN}{m}$$

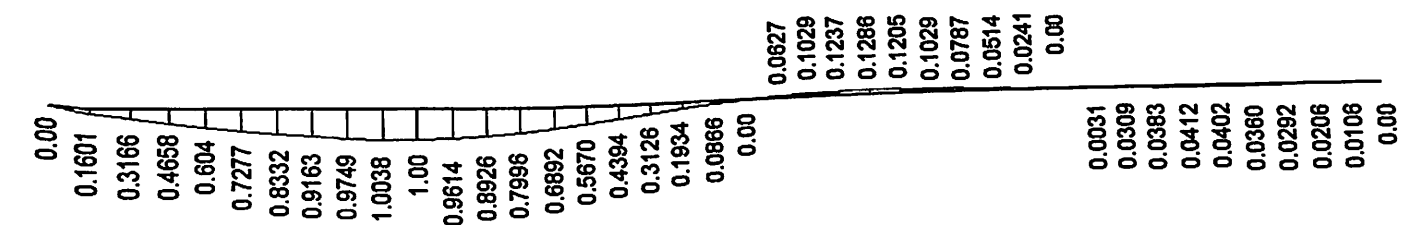
P.w.i.ny.mellék.k :- *ok* 1 p.m.


$$c_{p.i.sz} := -0.3$$
$$p_{w.i.sz.\tilde{f}0.k.} := t_k \cdot q_{p.\tilde{f}0z} \cdot c_{p.i.sz} = -0.887 \frac{kN}{m}$$
$$p_{w.i.sz.mellék.k.} := t_k \cdot q_{p.mh} z \cdot c_{p.i.sz} = -0.748 \frac{kN}{m}$$
$$p_{w.i.sz.mellék.k.} := t_k \circ q_{p.mellék.k.}$$



4.3. Darupálya reakcióerő:

Darupálya reakcióerő
hatására



$$K_1 := 73 \text{ kN}$$

$$G_{Ed.daru} := 277.76 \text{ kN}$$

$$K_2 := 56 \text{ kN}$$

$$\Sigma K := 185 \text{ kN}$$

$$K_3 := 32 \text{ kN}$$

$$K_4 := 24 \text{ kN}$$

Bal oldali koncentrált erő: $\Sigma \frac{K_1}{K} \cdot G_{Ed.daru} = 109.603 \text{ kN}$

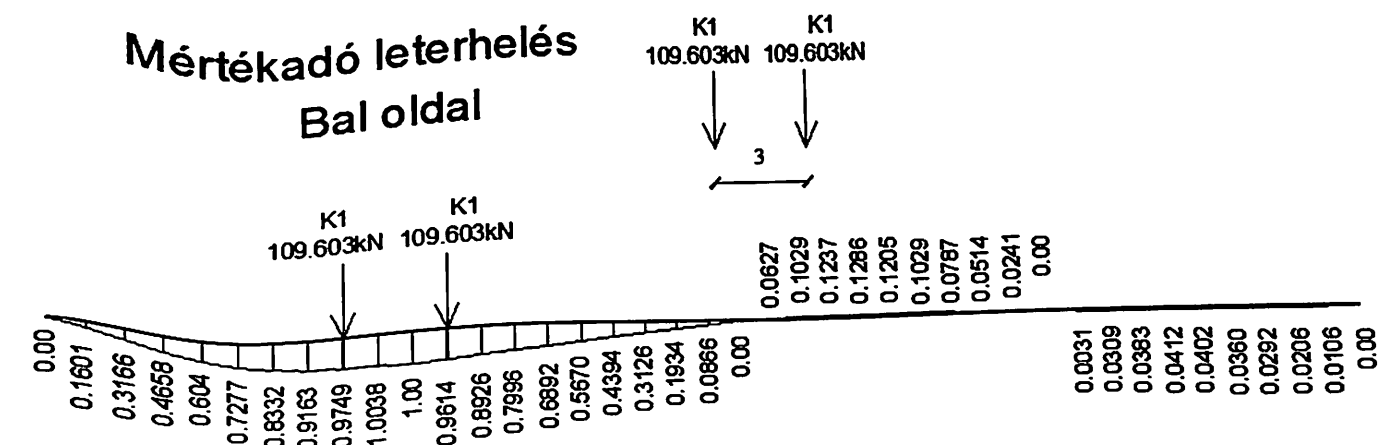
Jobb oldali koncentrált erő: $\Sigma \frac{K_3}{K} \cdot G_{Ed.daru} = 48.045 \text{ kN}$

Mértékadó leterhelés ordinátái:

$$\xi_1 := 0.9749$$

$$\xi_2 := 0.9614$$

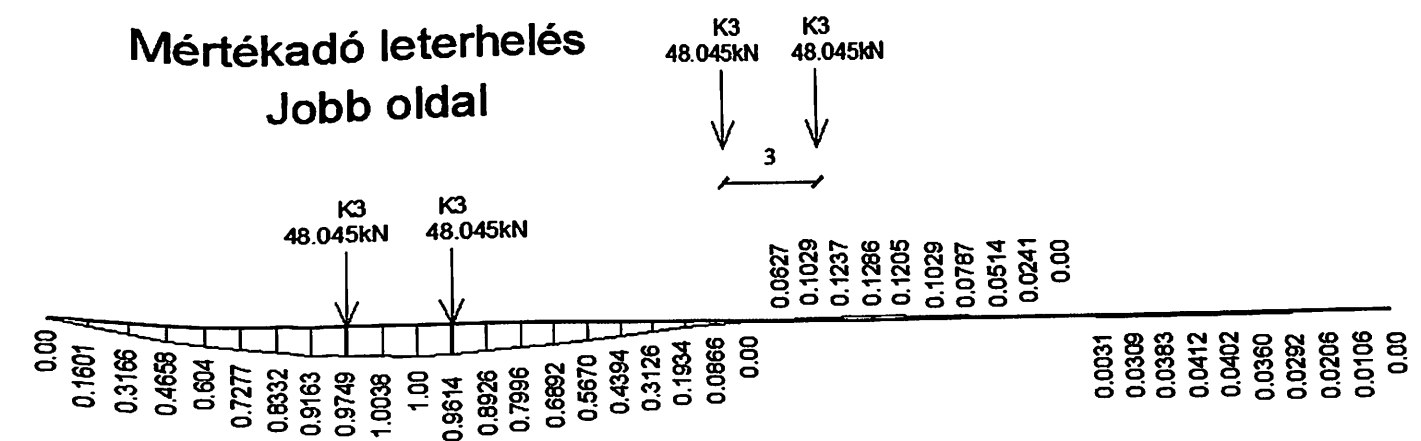
Mértékadó leterhelés Bal oldal



Darupálya bal oldali függőleges reakcióereje:

$$\sum \frac{K_1}{K} \cdot G_{Ed.daru} \cdot \xi_1 + \frac{K_1}{\sum K} \cdot G_{Ed.daru} \cdot \xi_2 = 212.224 \text{ kN}$$

Mértékadó leterhelés Jobb oldal



Darupálya jobb oldali függőleges reakcióereje:

$$\sum \frac{K_3}{K} \cdot G_{Ed.daru} \cdot \xi_1 + \frac{K_3}{\sum K} \cdot G_{Ed.daru} \cdot \xi_2 = 93.029 \text{ kN}$$

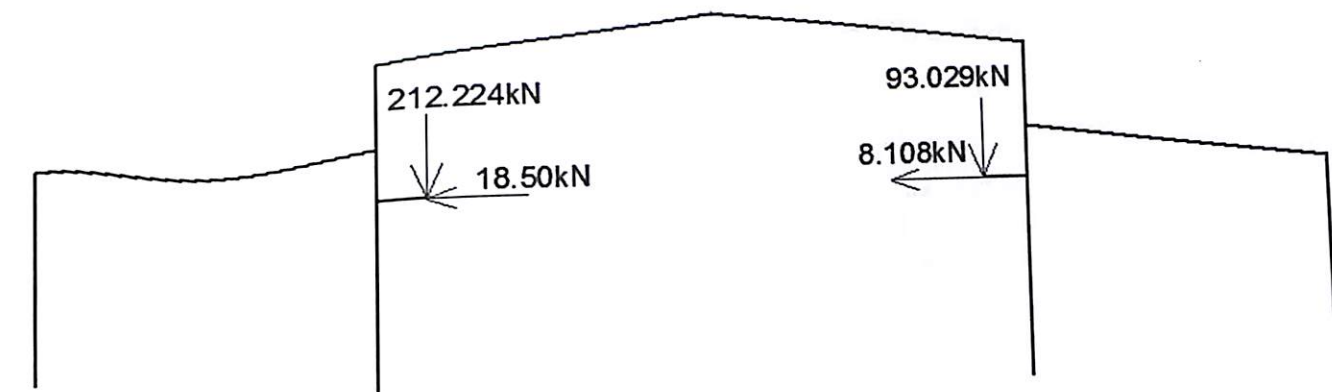
Darupálya jobb oldali vízszintes reakcióereje:

Keresztirányú fékezőerő: $H_{T1} := 18.50 \text{ kN}$

Darupálya bal oldali vízszintes reakcióereje:

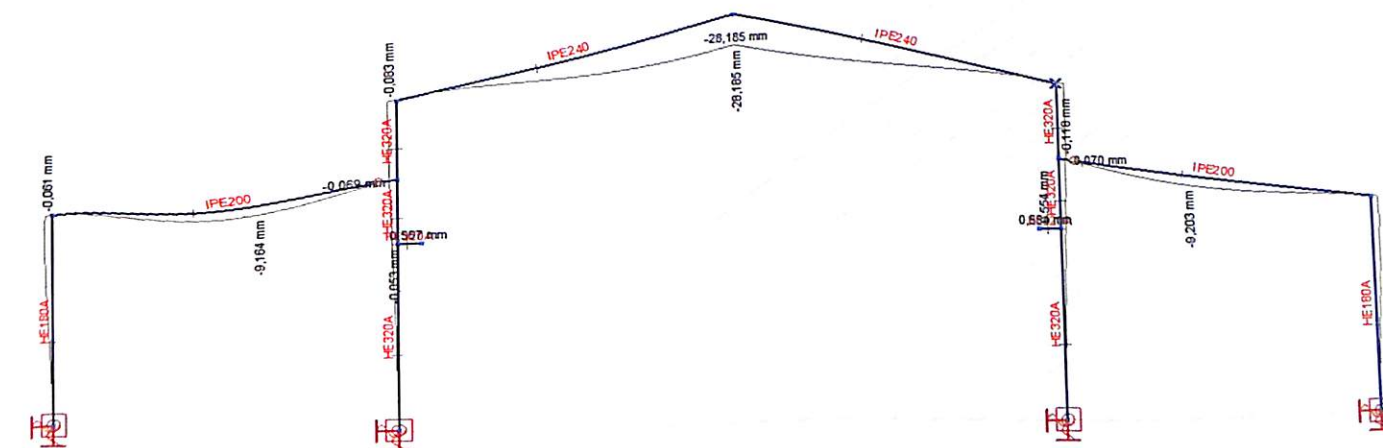
$$\xi_1 := \frac{(K_1 \cdot 2)}{(K_1 \cdot 2 + K_3 \cdot 2)} = 0.695$$

$$H_{Tb} := \xi_1 \cdot \mu_{daru} \cdot 2 \cdot K_3 \cdot L_{daru} \cdot \frac{(\xi_1 - 0.5)}{a} = 8.108 \text{ kN}$$



5. Lehajlásvizsgálat Axisban:

Az alábbi ábra SLS (használhatósági) határállapotot mutatja önsúly teherre.



Főhajó gerenda lehajlása: 28,185mm

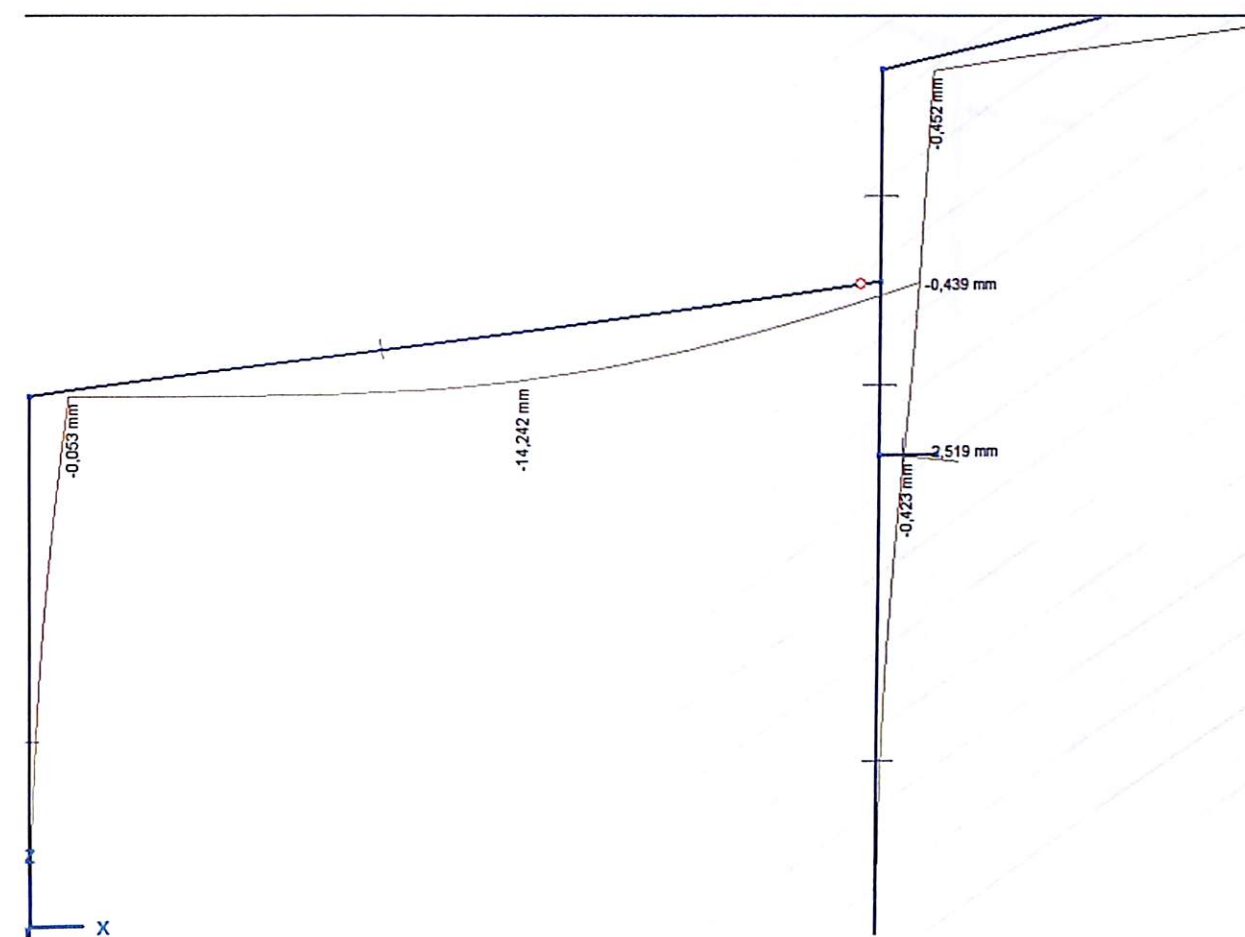
$$l_{f\delta h} := 15000 \text{ mm}$$

Megengedett lehajlás:

$$\frac{l_{f\delta h}}{300} = 50 \text{ mm}$$

28,185mm < 50mm Megfelel!

Az alábbi ábra szintén SLS teherkombinációban készült, de a darupálya reakcióerői is rajta vannak, ezzel vizsgálom meg a darupályatartó konzol lehajlását:



Mellékrajz gerenda lehajlása: 14,242mm

$$l_{mh} := 7000 \text{ mm}$$

Megengedett lehajlás:

$$\frac{l_{mh}}{300} = 23.333 \text{ mm}$$

14,242mm < 23,333mm Megfelel!

Konzol lehajlása: 2,519mm

$$l_{konzol} := 500 \text{ mm}$$

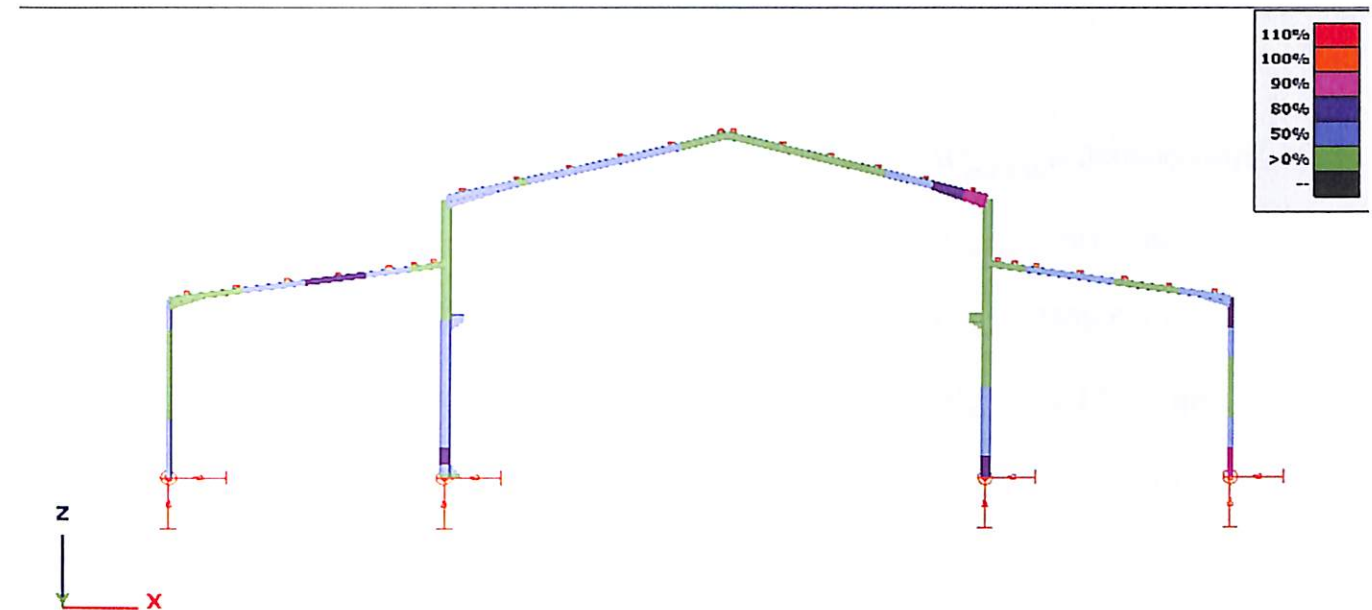
Megengedett lehajlás:

$$\frac{l_{konzol}}{150} = 3.333 \text{ mm}$$

2,519mm < 3,333mm tehát megfelel (HEA320 szelvény)

Felépítettem a modellt a ConSteel programba is, ahol a kihasználtság függvényében vettem fel a szelvényeket, figyelembe véve a lehajlást is. Kialakítottam a kiékeléseket a keretsarkokban és a konzolnál.

Az alábbi ábrán látható a szelvények kihasználtsága:



Rúd	Elem	Pont	Teherkombináció	Vizsgálat	Kihasználtság [%]
R6	161	k	Teherkombináció-10	Globális stabilitási ellenállás	93,0
R6	160	k	Teherkombináció-10	Globális stabilitási ellenállás	92,1
R4	90	j	Teherkombináció-94	Globális stabilitási ellenállás	91,1
R6	159	k	Teherkombináció-10	Globális stabilitási ellenállás	90,9
R6	158	k	Teherkombináció-10	Globális stabilitási ellenállás	89,1
R6	157	k	Teherkombináció-10	Globális stabilitási ellenállás	87,2
R2	72	j	Teherkombináció-94	Globális stabilitási ellenállás	86,4

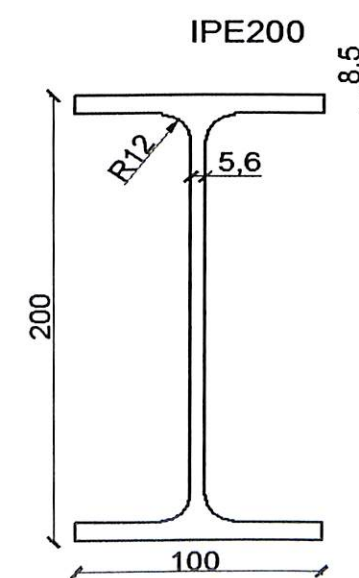
A mellékrajzok gerendái IPE200 kihasználtsága: 84,1%

A főhajók gerendái IPE240 kihasználtsága: 93,0%

A mellékrajzok oszlopai HEA180 kihasználtsága: 91,1%

A főhajók oszlopai HEA320 kihasználtsága: 86,4% de ezt a darupályatartó konzol lehajlása miatt nem csökkenthetem, mert kisebb szelvénnel már nem felel meg.

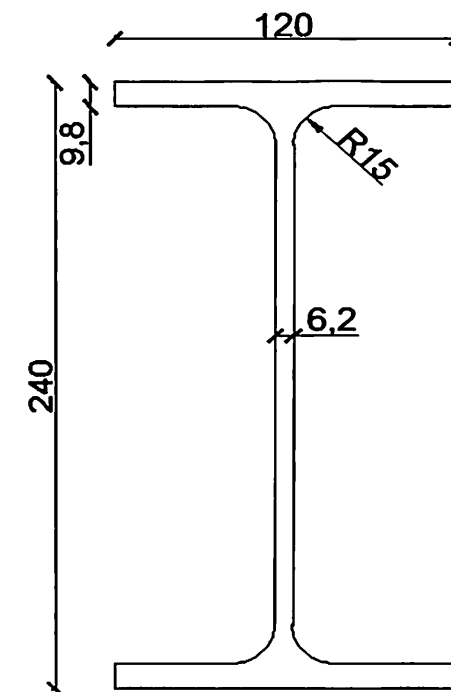
Mellékrajzok gerendái



$$\begin{aligned}
 h_{mhg} &:= 200 \text{ mm} & W_{pl.y.mhg} &:= 220600 \text{ mm}^3 \\
 b_{mhg} &:= 100 \text{ mm} & A_{vz.mhg} &:= 1400 \text{ mm}^2 \\
 t_{w.mhg} &:= 5.6 \text{ mm} & I_{z.mhg} &:= 1424000 \text{ mm}^4 \\
 t_{f.mhg} &:= 8.5 \text{ mm} & W_{el.z.mhg} &:= 28470 \text{ mm}^3 \\
 r_{mhg} &:= 12 \text{ mm} & W_{pl.z.mhg} &:= 44610 \text{ mm}^3 \\
 A_{mhg} &:= 2848 \text{ mm}^2 \\
 I_{y.mhg} &:= 19430000 \text{ mm}^4 & i_{y.mhg} &:= 82.59 \text{ mm} \\
 W_{el.y.mhg} &:= 194300 \text{ mm}^3 & i_{z.mhg} &:= 22.36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Főhajók gerendái

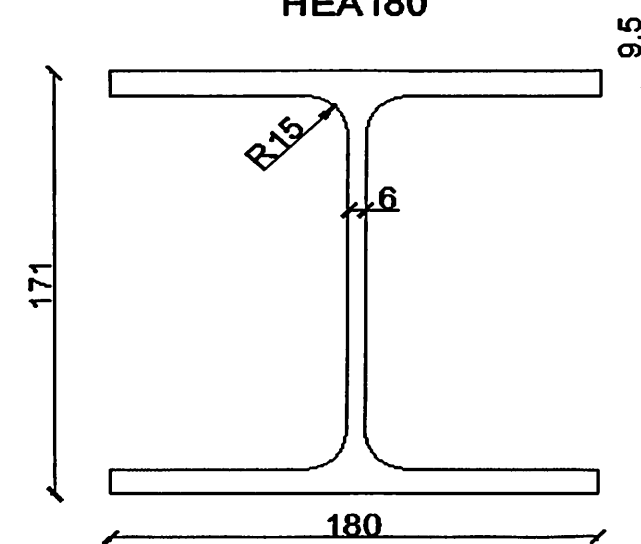
IPE240

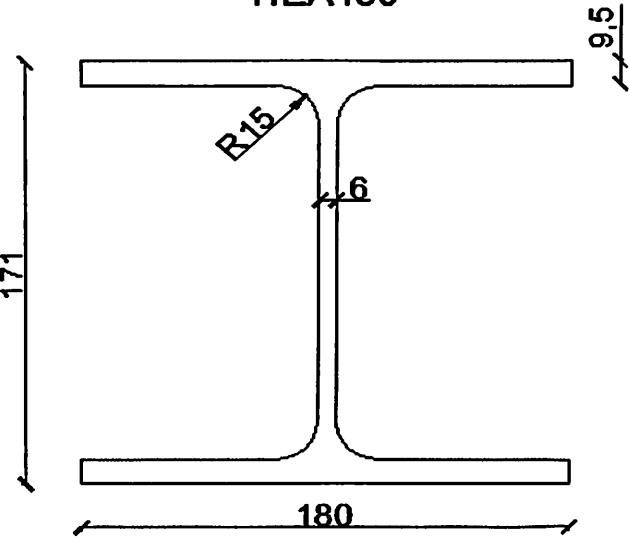


$h_{fhg} := 240 \text{ mm}$	$W_{pl.y.fhg} := 366600 \text{ mm}^3$
$b_{fhg} := 120 \text{ mm}$	$A_{vz.fhg} := 1914 \text{ mm}^2$
$t_{w.fhg} := 6.2 \text{ mm}$	$I_{z.fhg} := 2836000 \text{ mm}^4$
$t_{f.fhg} := 9.8 \text{ mm}$	$W_{el.z.fhg} := 47270 \text{ mm}^3$
$r_{fhg} := 15 \text{ mm}$	$W_{pl.z.fhg} := 73920 \text{ mm}^3$
$A_{fhg} := 3912 \text{ mm}^2$	
$I_{y.fhg} := 38920000 \text{ mm}^4$	$i_{y.fhg} := 99.74 \text{ mm}$
$W_{el.y.fhg} := 324300 \text{ mm}^3$	$i_{z.fhg} := 26.93 \text{ mm}$

Mellékhajók oszlopai

HEA180



Mellékhajók oszlopai HEA180 	$h_{mho} := 171 \text{ mm}$ $b_{mho} := 180 \text{ mm}$ $t_{w.mho} := 6 \text{ mm}$ $t_{f.mho} := 9.5 \text{ mm}$ $r_{mho} := 15 \text{ mm}$ $A_{mho} := 4525 \text{ mm}^2$ $I_{y.mho} := 25100000 \text{ mm}^4$ $I_{z.mho} := 9246000 \text{ mm}^4$ $A_{vz.mho} := 1450 \text{ mm}^2$
$W_{el.y.mho} := 293600 \text{ mm}^3$ $W_{pl.y.mho} := 324900 \text{ mm}^3$ $i_{y.mho} := 74.5 \text{ mm}$	$W_{el.z.mho} := 102700 \text{ mm}^3$ $W_{pl.z.mho} := 156500 \text{ mm}^3$ $i_{z.mho} := 45.2 \text{ mm}$

Főhajók oszlopai HEA320			
	$h_{fho} := 310 \text{ mm}$	$W_{pl.y,fho} := 1628000 \text{ mm}^3$	
	$b_{fho} := 300 \text{ mm}$	$A_{vz,fho} := 4113 \text{ mm}^2$	
	$t_{w,fho} := 9 \text{ mm}$	$I_{z,fho} := 69850000 \text{ mm}^4$	
	$t_{f,fho} := 15.5 \text{ mm}$	$W_{el.z,fho} := 465700 \text{ mm}^3$	
	$r_{fho} := 27 \text{ mm}$	$W_{pl.z,fho} := 709700 \text{ mm}^3$	
	$A_{fho} := 12440 \text{ mm}^2$		
	$I_{y,fho} := 229300000 \text{ mm}^4$	$i_{y,fho} := 135.8 \text{ mm}$	
	$W_{el.y,fho} := 1479000 \text{ mm}^3$	$i_{z,fho} := 74.9 \text{ mm}$	

6. Geometriai imperfekció:

Teljes keretre vonatkozó imperfekciót nem kell figyelembe venni:

$$H_{Ed} \geq 0.15 \cdot V_{Ed}$$

$H_{Ed} := 248.61 \text{ kN}$ keretre ható vízszintes eltoló erők eredője

$V_{Ed} := 70.68 \text{ kN}$ függőleges terhek eredője

$$248,61 \text{ kN} > 0,15 \cdot 70,68 = 10,602 \text{ kN}$$

6.1. Kezdeti ferdeség (imperfekt modell):

kezdeti ferdeség alapértéke: $\phi_0 := 0.005$

magasságtól függő tényező: $\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{8}} = 0.707$ de $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1.00$

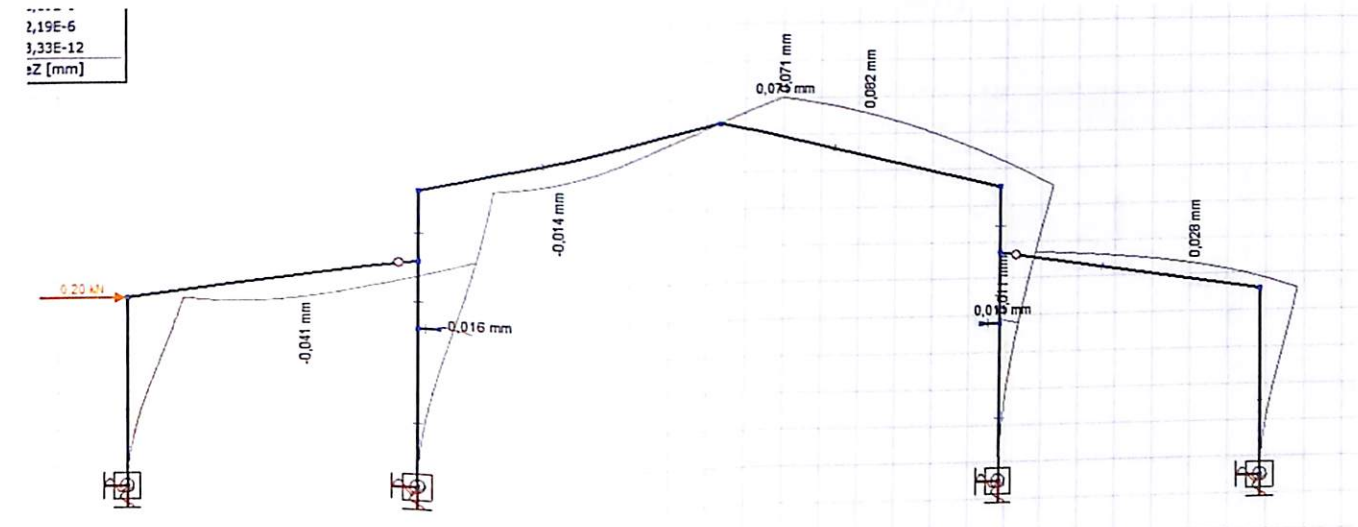
kapcsolt elemek számát
figyelembe vevő tényező: $\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0.791$

oszlopok száma a keret síkjában: $m_o := 4$

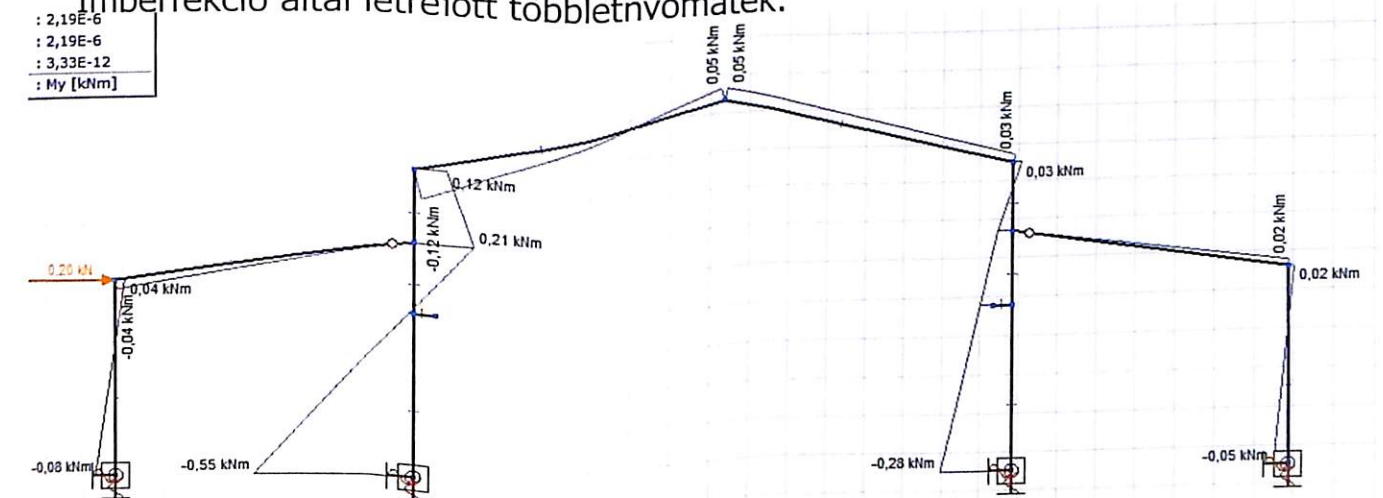
ferdeség: $\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$ $\phi := 0.005 \cdot 0.707 \cdot 0.791 = 0.003$

6.2. Helyettesítő erő: $\phi \cdot V_{Ed} = 0.198 \text{ kN}$

Helyettesítő erő által okozott elmozdulás:

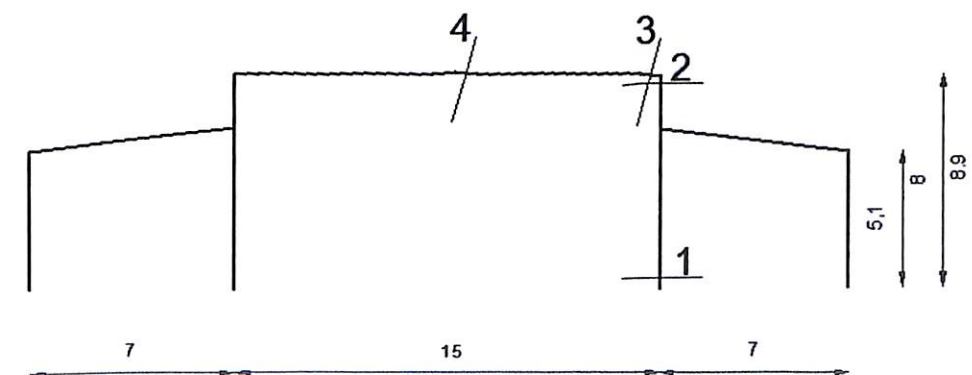


Imperfekció által létrejött többletnvomaték:

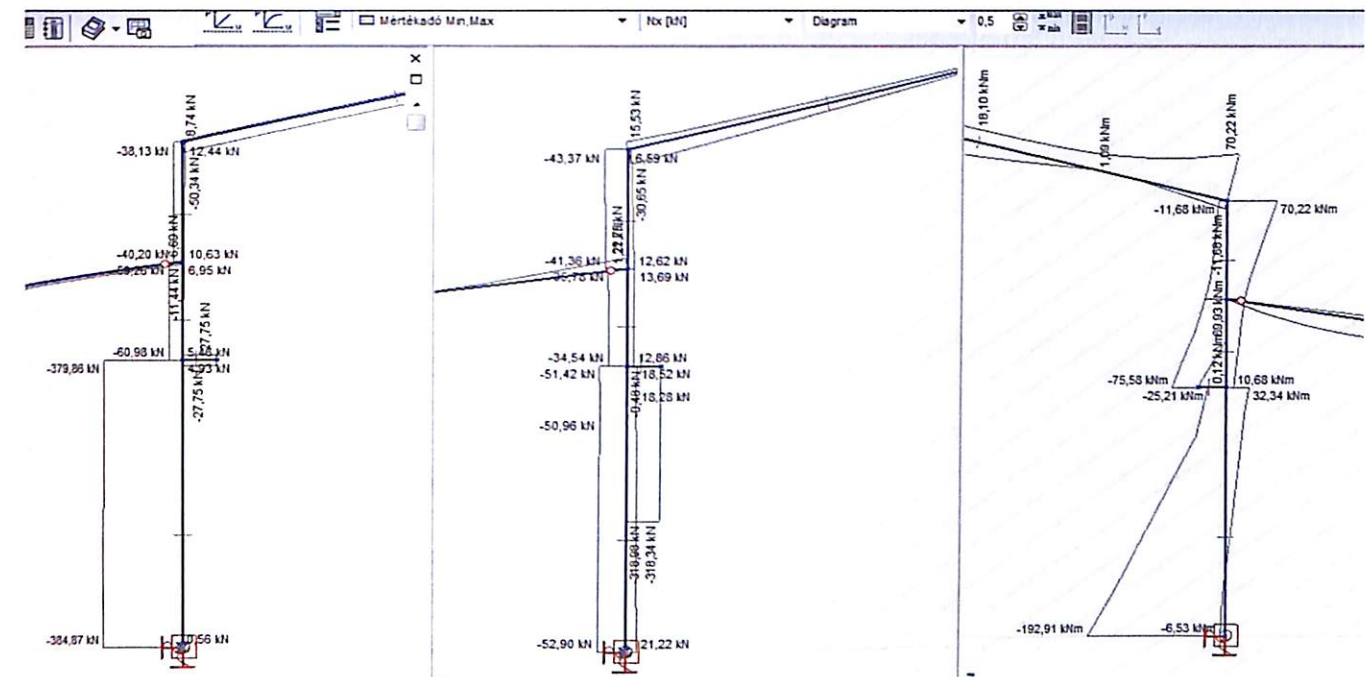


7. Keresztmetszetek ellenőrzése:

Jellemző vizsgálandó keresztmetszetek:



7.1. Főhajó oszlop ellenőrzése (1-es, 2-es km):



1-es km ellenőrzése (oszlop alja):

szelvény: HEA320

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.f.o} := 192.91 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.f.o} := 52.90 \text{ kN} \quad N_{Ed.f.o} := 384.87 \text{ kN}$$

Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$\text{Segédmenntiségek: } f_{yk} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_{vz.fho} := 4113 \text{ mm}^2 \quad \gamma_{M0} := 1.0$$

$$V_{pl.Rd.f.o} := \frac{A_{vz.fho} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 558.041 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.o} > V_{Ed.f.o}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.o} = 279.02 \text{ kN} > V_{Ed.f.o} := 52.90 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

M_{max} és vele egyidejű normálerő (N):

Segédmenyiségek: $A_{fho} := 12440 \text{ mm}^2$ $t_{w.fho} := 9 \text{ mm}$ $h_{w.fho} := 225 \text{ mm}$

$$N_{pl.Rd.f.o} := \frac{A_{fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = (2.923 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.o} > N_{Ed.f.o} \quad \text{és} \quad N_{Ed.f.o} < \frac{0.5 \cdot h_{w.fho} \cdot t_{w.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.o} = 730.85 \text{ kN} > N_{Ed.f.o} := 384.87 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.fho} \cdot t_{w.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 237.938 \text{ kN} < N_{Ed.f.o} := 384.87 \text{ kN} \quad \text{Nem felel meg}$$

Tehát számolni kell a normálerő hatásával:

$$\text{Segédmenyiségek: } n_{s.f.o} := \frac{N_{Ed.f.o}}{N_{pl.Rd.f.o}} = 0.132$$

$$a_{f.o} := \frac{A_{fho} - 2 \cdot b_{fho} \cdot t_{f.fho}}{A_{fho}} = 0.252 < 0,5$$

$$M_{pl.y.Rd.f.o} := \frac{W_{pl.y.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 382.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{N.y.Rd.f.o} := M_{pl.y.Rd.f.o} \cdot \left(\frac{1 - n_{s.f.o}}{1 - 0.5 \cdot a_{f.o}} \right) = 380.196 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{pl.y.Rd.f.o}$$

$$\frac{M_{Ed.f.o}}{M_{N.y.Rd.f.o}} = 0.507 < 1,00 \quad \text{Megfelel!}$$

Hajlítás és normálerő kölcsönhatására megfelel!

2-es km ellenőrzése (oszlop teteje):

szelvény: HEA320

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.f.o.2} := 70.22 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.f.o.2} := 43.37 \text{ kN} \quad N_{Ed.f.o.2} := 38.13 \text{ kN}$$

M_{max} és vele egyidejű nyíróerő (V): $V_{pl.Rd.f.o} := \frac{A_{vz.fho} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 558.041 \text{ kN}$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.o} > V_{Ed.f.o.2}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.o} = 279.02 \text{ kN} > V_{Ed.f.o.2} := 43.37 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

M_{max} és vele egyidejű normálerő (N):

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

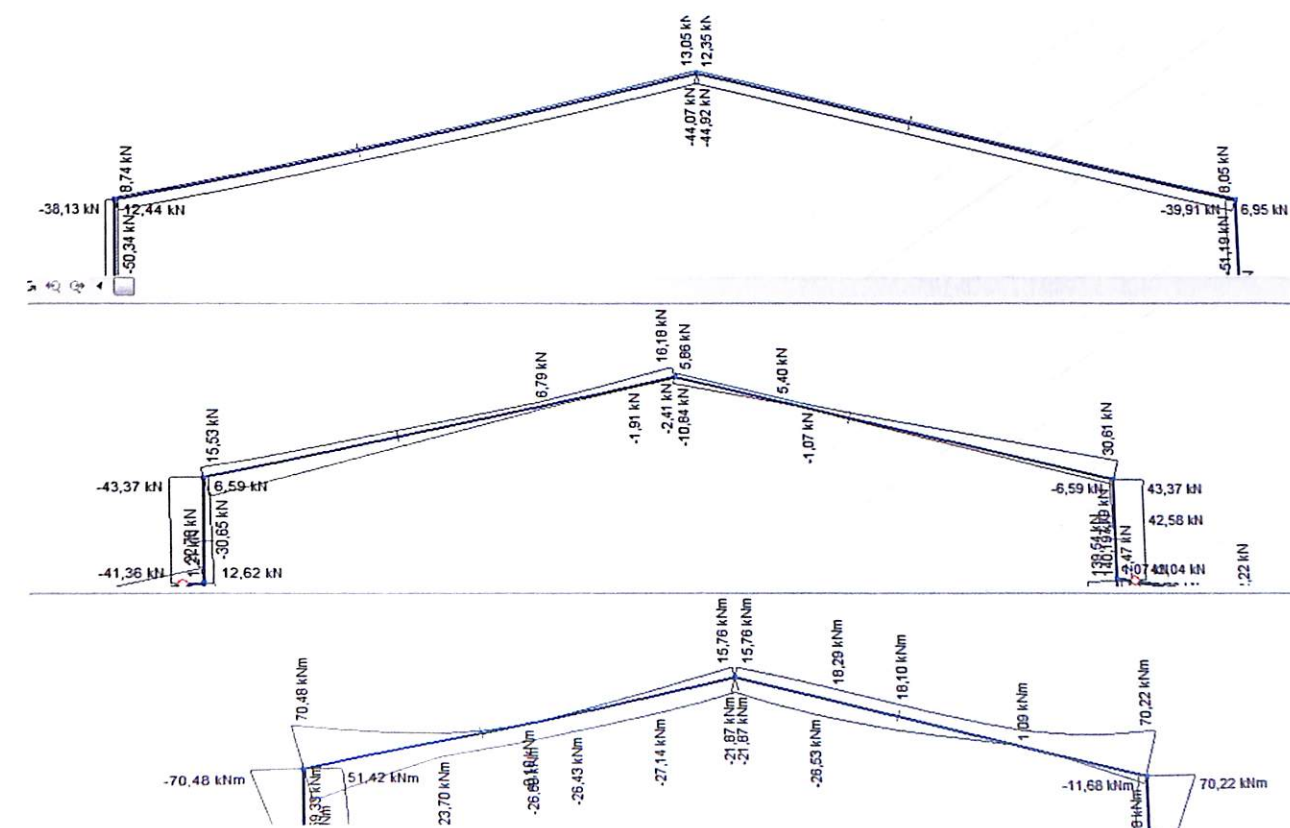
$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.o} > N_{Ed.f.o} \quad \text{és} \quad N_{Ed.f.o} < \frac{0.5 \cdot h_{w.fho} \cdot t_{w.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.o} = 730.85 \text{ kN} > N_{Ed.f.o.2} := 38.13 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.fho} \cdot t_{w.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 237.938 \text{ kN} > N_{Ed.f.o.2} := 38.13 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

7.2. Főhajó gerenda ellenőrzése (3-as, 4-es km):



3-as km ellenőrzése (gerenda):

szelvény: IPE240

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.f.g} := 70.48 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.f.g} := 30.65 \text{ kN} \quad N_{Ed.f.g} := 51.19 \text{ kN}$$

Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$\text{Segédmenyiségek: } f_{yk} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_{vz.fhg} := 1914 \text{ mm}^2 \quad \gamma_{M0} := 1.0$$

$$V_{pl.Rd.f.g} := \frac{A_{vz.fhg} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 259.686 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} > V_{Ed.f.g}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} = 129.843 \text{ kN} > V_{Ed.f.g} := 30.65 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

Mmax és vele egyidejű normálerő (N):

$$h_{w.fh.g} := 190.4 \text{ mm}$$

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} > N_{Ed.f.g} \quad \text{és} \quad N_{Ed.f.g} < \frac{0.5 \cdot h_{w.fh.g} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl.Rd.f.g} := \frac{A_{fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 919.32 \text{ kN}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} = 229.83 \text{ kN} > N_{Ed.f.g} := 51.19 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.fh.g} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 138.706 \text{ kN} > N_{Ed.f.g} := 51.19 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

4-es km ellenőrzése (gerenda):

szelvény: IPE240

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.f.g.2} := 21.87 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.f.g.2} := 16.18 \text{ kN} \quad N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN}$$

M_{max} és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$V_{pl.Rd.f.g} := \frac{A_{vz.fhg} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 259.686 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} > V_{Ed.f.g}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} = 129.843 \text{ kN} > V_{Ed.f.g.2} := 16.18 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

M_{max} és vele egyidejű normálerő (N):

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} > N_{Ed.f.g.2} \quad \text{és} \quad N_{Ed.f.g.2} < \frac{0.5 \cdot h_{w.fhg} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} = 229.83 \text{ kN} > N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.fhg} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 138.706 \text{ kN} > N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

4-es km ellenőrzése (gerenda):

szelvény: IPE240

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.f.g.2} := 21.87 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.f.g.2} := 16.18 \text{ kN} \quad N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN}$$

Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$V_{pl.Rd.f.g} := \frac{A_{vz.fhg} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 259.686 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} > V_{Ed.f.g}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.f.g} = 129.843 \text{ kN} > V_{Ed.f.g.2} := 16.18 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

Mmax és vele egyidejű normálerő (N):

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

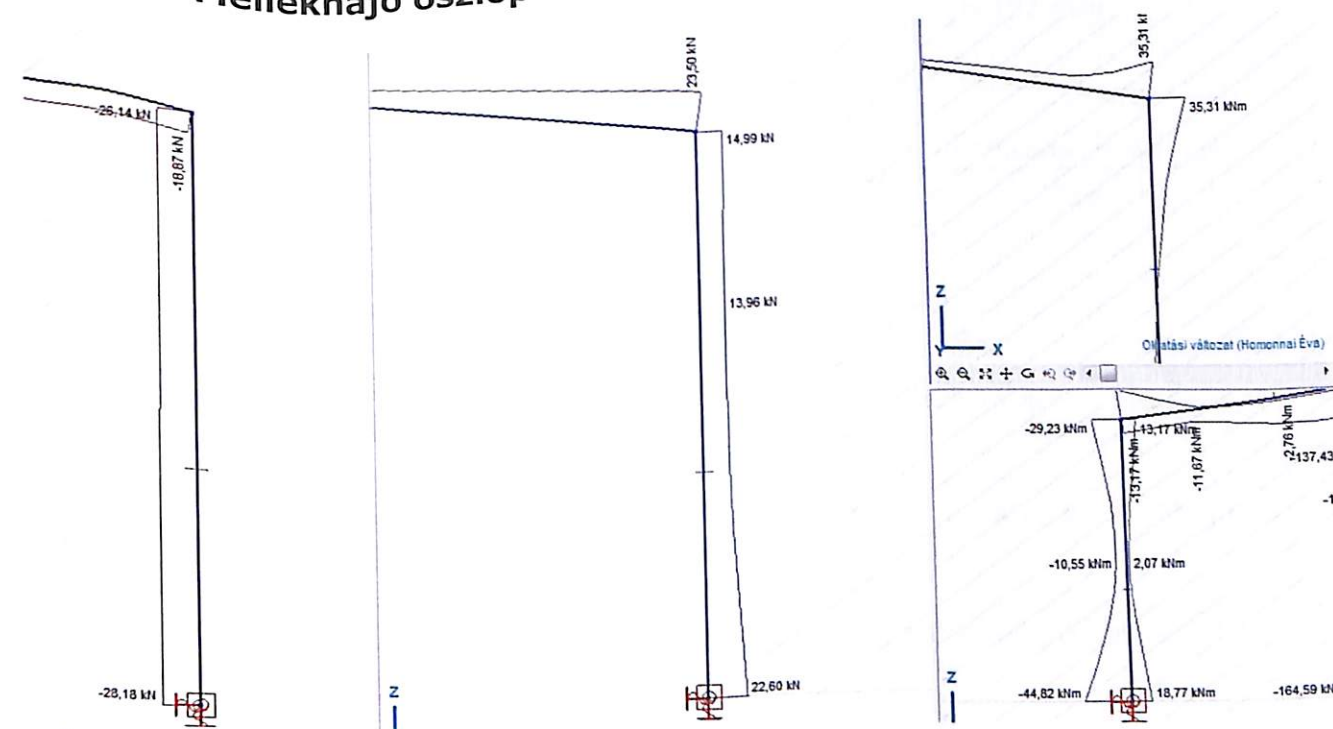
$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} > N_{Ed.f.g.2} \quad \text{és} \quad N_{Ed.f.g.2} < \frac{0.5 \cdot h_{w.fhg} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.f.g} = 229.83 \text{ kN} > N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.fhg} \cdot t_{w.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 138.706 \text{ kN} > N_{Ed.f.g.2} := 44.92 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

7.3. Mellékhajó oszlop ellenőrzése (1-as, 2-es km):



1-es km ellenőrzése (oszlop alja):

szelvény: HEA180

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.m.o} := 44.82 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.m.o} := 22.60 \text{ kN} \quad N_{Ed.m.o} := 28.18 \text{ kN}$$

Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$\text{Segédmenntiségek: } f_{yk} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_{vz.mho} := 1450 \text{ mm}^2 \quad \gamma_{M0} := 1.0$$

$$V_{pl.Rd.m.o} := \frac{A_{vz.mho} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 196.732 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.o} > V_{Ed.m.o}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.o} = 98.366 \text{ kN} > V_{Ed.m.o} := 22.60 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

Mmax és vele egyidejű normálerő (N): $h_{w.mh.o} := 122 \text{ mm}$

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.o} > N_{Ed.m.o} \quad \text{és} \quad N_{Ed.m.o} < \frac{0.5 \cdot h_{w.mh.o} \cdot t_{w.mh.o} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl.Rd.m.o} := \frac{A_{mho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = (1.063 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.o} = 265.844 \text{ kN} > N_{Ed.m.o} := 28.18 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.mh.o} \cdot t_{w.mh.o} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 86.01 \text{ kN} > N_{Ed.m.o} := 28.18 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

2-es km ellenőrzése (oszlop teteje):

szelvény: HEA180

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed.m.o.2} := 35.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{Ed.m.o.2} := 14.99 \text{ kN} \quad N_{Ed.m.o.2} := 26.14 \text{ kN}$$

Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$V_{pl.Rd.m.o} := \frac{A_{vz.mho} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 196.732 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.o} > V_{Ed.m.o.2}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.o} = 98.366 \text{ kN} > V_{Ed.m.o.2} := 14.99 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

Mmax és vele egyidejű normálerő (N):

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.o} > N_{Ed.m.o.2} \quad \text{és} \quad N_{Ed.m.o.2} < \frac{0.5 \cdot h_{w.mh.o} \cdot t_{w.mh.o} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl.Rd.m.o} := \frac{A_{mho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = (1.063 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.o} = 265.844 \text{ kN} > N_{Ed.m.o.2} := 26.14 \text{ kN} \text{ Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.mh.o} \cdot t_{w.mh.o} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 86.01 \text{ kN} > N_{Ed.m.o.2} := 26.14 \text{ kN} \text{ Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

7.4. Mellékshajó gerenda ellenőrzése (3-as, 4-es km):

3-as km ellenőrzése (gerenda):

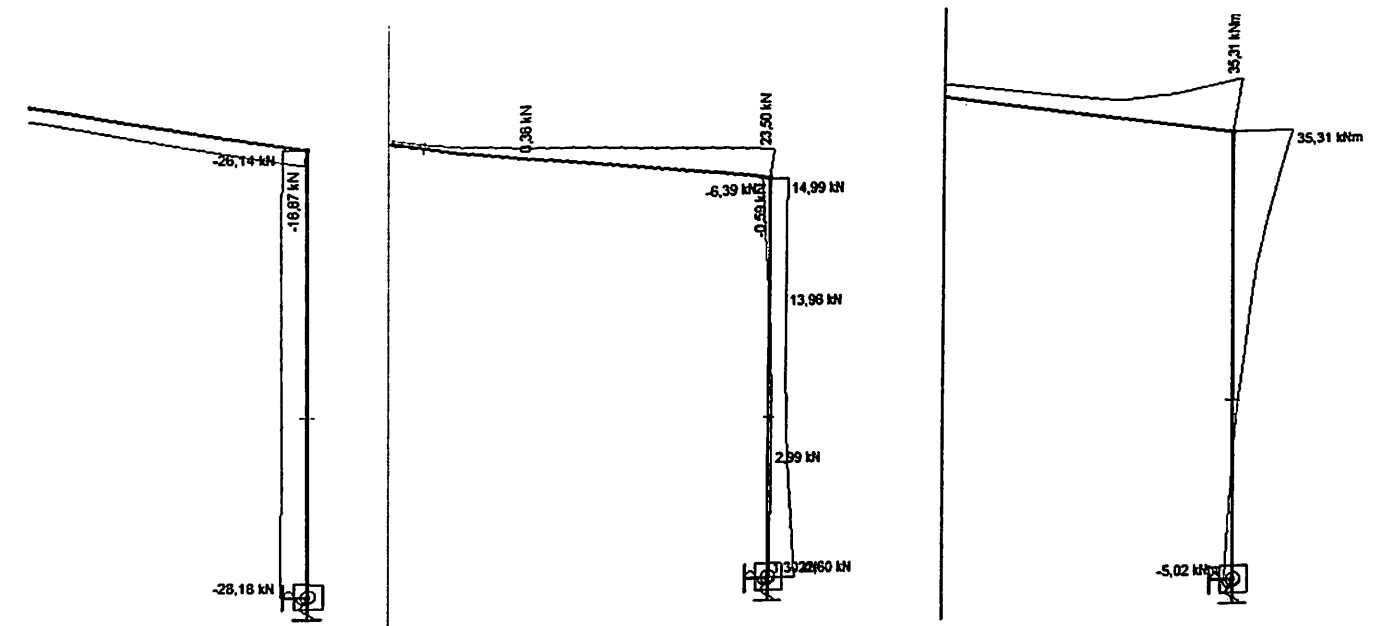
szelvény: IPE200

Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed.m.g} := 18.87 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.m.g} := 23.50 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.m.g} := 35.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Mmax és vele egyidejű nyíróerő (V):

$$A_{vz.mhg} := 1400 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.m.g} := \frac{A_{vz.mhg} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 189.948 \text{ kN}$$

A nyíróerő hatásával nem kell számolni, ha: $0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.g} > V_{Ed.m.g}$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.m.g} = 94.974 \text{ kN} > V_{Ed.m.g} := 23.50 \text{ kN}$$

Tehát nem kell számolni a nyíróerő hatásával.

M_{max} és vele egyidejű normálerő (N): $h_{w.mh.g} := 159 \text{ mm}$

A normálerő hatásával nem kell számolni, ha:

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.g} > N_{Ed.m.g} \quad \text{és} \quad N_{Ed.m.g} < \frac{0.5 \cdot h_{w.mh.g} \cdot t_{w.mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl.Rd.m.g} := \frac{A_{mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 669.28 \text{ kN}$$

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd.m.g} = 167.32 \text{ kN} > N_{Ed.m.g} := 18.87 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_{w.mh.g} \cdot t_{w.mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 104.622 \text{ kN} > N_{Ed.m.g} := 18.87 \text{ kN} \quad \text{Megfelel}$$

Tehát nem kell számolni a normálerő hatásával.

4-es km ellenőrzése (gerenda):

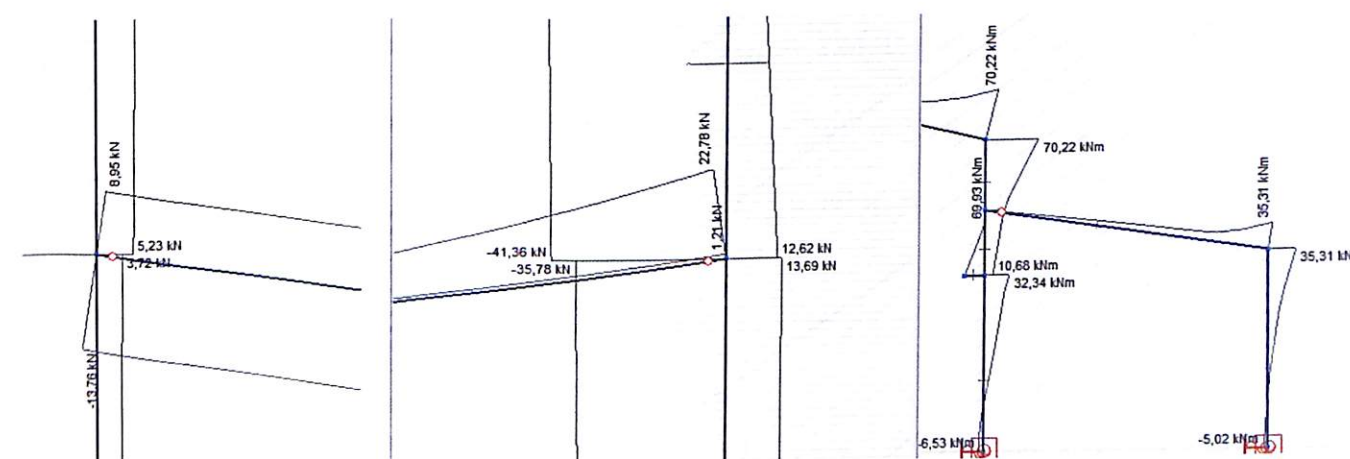
szelvény: IPE200

Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed.m.g.2} := 13.76 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.m.g.2} := 22.78 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.m.g.2} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



A főhajó - mellékhajó csatlakozásánál csuklós kapcsolat kerül kialakításra, azért, hogy ne adódjon át nyomaték a mellékhajóról a főhajóra, ezért ott 0 a nyomaték.

Ellenőrzés nyírásra:

$$V_{pl.Rd.m.g} := \frac{A_{vz.mhg} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 189.948 \text{ kN} > V_{Ed.m.g.2} := 22.78 \text{ kN}$$

Megfelel nyírásra!

Ellenőrzés normálerőre:

$$N_{pl.Rd.m.g} := \frac{A_{mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 669.28 \text{ kN} > N_{Ed.m.g.2} := 13.76 \text{ kN}$$

Megfelel normálerőre!

8. Stabilitásvizsgálatok:

8.1. Főhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjában:

Szelvény: HEA320 --> 1. keresztmetszeti osztály $N_{Ed.f.o} := 384.87 \text{ kN}$

Anyagminőség: S235 --> $\lambda_E := 93.90$

Gerenda inerciája: $I_{y.fhg} := 38920000 \text{ mm}^4$

Oszlop inerciája: $I_{y.fho} := 229300000 \text{ mm}^4$

Oszlop keresztmetszeti területe: $A_{fho} := 12440 \text{ mm}^2$

Főhajó oszlopainak távolsága: $L_{f.o} := 15000 \text{ mm}$

Főhajó oszlopainak magassága: $H_{váll} := 8000 \text{ mm}$

$$c_{1.1} := \frac{I_{y.fho} \cdot L_{f.o}}{I_{y.fhg} \cdot H_{váll}} = 11.047 > 10 \quad \text{--->} \quad c_1 := 10$$

$$\alpha_{s.f.o} := \frac{I_{y.fho} \cdot 4}{L_{f.o}^2 \cdot A_{fho}} = 3.277 \cdot 10^{-4} < 0.2 \quad \text{Megfelel}$$

Befogott keret:

$$\nu_{y.1} := \sqrt{1 + 0.35 \cdot (c_1 + 6 \cdot \alpha_{s.f.o}) - 0.017 \cdot (c_1 + 6 \cdot \alpha_{s.f.o})^2} = 1.673$$

$$\lambda_{y,fo} := \frac{\nu_{y,1} \cdot H_{váll}}{i_{y,fho}} = 98.576 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{y,fo} := \frac{\lambda_{y,fo}}{\lambda_E} = 1.05 \quad \rightarrow \text{"b" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{y,1} := 0.5661$ $\gamma_{M1} := 1.00$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b,Rd,y,fo} := \frac{\chi_{y,1} \cdot A_{fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = (1.655 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed,f,o}}{N_{b,Rd,y,fo}} = 0.233 < 1,00$ Megfelel!

8.2. Mellékrajó oszlop kihajlászizsgálata a keret síkjában:

Szelvény: HEA180 $\rightarrow$ 1. keresztmetszeti osztály $N_{Ed,m,o} := 28.18 \text{ kN}$

Anyagminőség: S235 $\rightarrow$ $\lambda_E := 93.90$ $i_{y,mho} := 74.5 \text{ mm}$

Gerenda inerciája: $I_{y,mhg} := 19430000 \text{ mm}^4$

Oszlop inerciája: $I_{y,mho} := 25100000 \text{ mm}^4$

Oszlop keresztmetszeti területe: $A_{mho} := 4525 \text{ mm}^2$

Mellék- és főhajó oszlopainak távolsága: $L_{m,o} := 7000 \text{ mm}$

Mellékrajó oszlopainak magassága: $H_{m,o} := 5100 \text{ mm}$

$$c_2 := \frac{I_{y,mho} \cdot L_{m,o}}{I_{y,mhg} \cdot H_{m,o}} = 1.773 < 10 \quad \text{Megfelel}$$

$$\alpha_{s,mo} := \frac{I_{y,mho} \cdot 4}{L_{m,o}^2 \cdot A_{mho}} = 4.528 \cdot 10^{-4} < 0.2 \quad \text{Megfelel}$$

Befogott keret:

$$\nu_{y,2} := \sqrt{1 + 0.35 \cdot (c_2 + 6 \cdot \alpha_{s,mo}) - 0.017 \cdot (c_2 + 6 \cdot \alpha_{s,mo})^2} = 1.252$$

$$\lambda_{y,mo} := \frac{\nu_{y,2} \cdot H_{m,o}}{i_{y,mho}} = 85.719 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{y,fo} := \frac{\lambda_{y,mo}}{\lambda_E} = 0.913 \quad \rightarrow \text{"b" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{y,2} := 0.6529$ $\gamma_{M1} := 1.00$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.y.mo} := \frac{\chi_{y,2} \cdot A_{mho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 694.278 \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.m.o}}{N_{b.Rd.y.mo}} = 0.041 < 1,00$ Megfelel!

8.3. Főhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen:

Oszlop felső szakasza: keretsaroktól első-második falvázartóig

$$\nu_{z,f} := 1 \quad l_{ff} := 1400 \text{ mm} \quad \nu_{z,f} \cdot l_{ff} = (1.4 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Oszlop alsó szakasza: oszloptalptól első-második falvázartóig

$$\nu_{z,a} := 0.7 \quad l_{af} := 3000 \text{ mm} \quad \nu_{z,a} \cdot l_{af} = (2.1 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

A biztonság érdekében a nagyobb értékkel számolok: 1556mm

Az oszlop 1. keresztmetszeti osztályú: HEA320

$$\lambda_{z,1} := \frac{\nu_{z,a} \cdot l_{af}}{i_{z,fho}} = 28.037 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{z,f,o} := \frac{\lambda_{z,1}}{\lambda_E} = 0.299 \quad \rightarrow \text{"c" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{z,1} := 0.9893$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.z,fo} := \frac{\chi_{z,1} \cdot A_{fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = (2.892 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.f,o}}{N_{b.Rd.z,fo}} = 0.133 < 1,00$ Megfelel!

8.4. Mellékhajó oszlop kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen:

Oszlop felső szakasza: keretsaroktól első-második falvázartóig

$$\nu_{z,f} := 1 \quad l_{fm} := 1500 \text{ mm} \quad \nu_{z,f} \cdot l_{fm} = (1.5 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Oszlop alsó szakasza: oszloptalptól első-második falvázartóig

$$\nu_{z,a} := 0.7 \quad l_{am} := 3000 \text{ mm} \quad \nu_{z,a} \cdot l_{am} = (2.1 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

A biztonság érdekében a nagyobb értékkel számolok: 1500mm

Az oszlop 1. keresztmetszeti osztályú: HEA180

$$\lambda_{z,2} := \frac{\nu_{z,f} \cdot l_{fm}}{i_{z,mho}} = 33.186 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{z,m.o} := \frac{\lambda_{z,2}}{\lambda_E} = 0.353 \quad \rightarrow \text{"c" görbe}$$

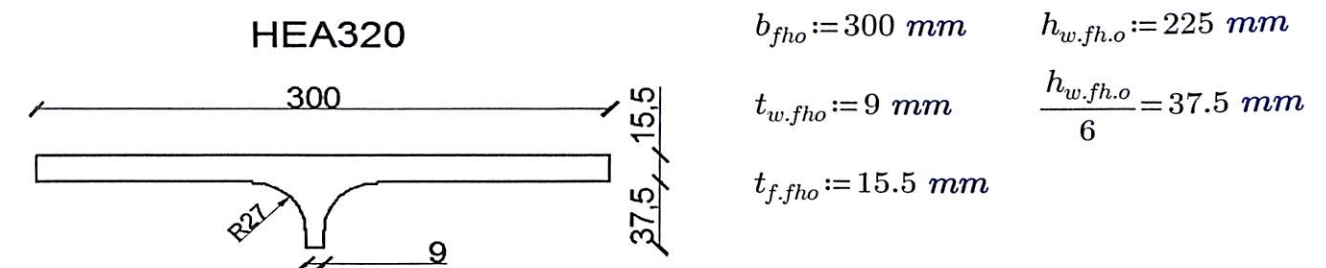
$$\text{Kihajlást csökkentő tényező: } \chi_{z,2} := 0.9216$$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b,Rd,z.mo} := \frac{\chi_{z,2} \cdot A_{mho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 980.006 \text{ kN}$$

$$\text{Ellenőrzés: } \frac{N_{Ed,m.o}}{N_{b,Rd,z.mo}} = 0.029 < 1,00 \quad \text{Megfelel!}$$

8.5. Főhajó oszlop kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen:
(Övmerevség vizsgálat)



$$A_{fz,1} := b_{fho} \cdot t_{f,fo} + \frac{h_{w,fo}}{6} \cdot t_{w,fo} = (4.988 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_{fz,1} := t_{f,fo} \cdot \frac{b_{fho}^3}{12} + \frac{h_{w,fo}}{6} \cdot \frac{t_{w,fo}^3}{12} = (3.488 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$i_{fz,1} := \sqrt{\frac{I_{fz,1}}{A_{fz,1}}} = 83.624 \text{ mm}$$

$$\text{Határkarcsúság: } \bar{\lambda}_{c0} := 0.5$$

$$\text{Nyomatékok aránya: } \psi_{fo} := \frac{70.22}{192.91} = 0.364$$

Korrektíós tényező:

$$k_{c.1} := \frac{1}{1.33 - 0.33 \cdot \psi_{fo}} = 0.827$$

Oldalirányú megtámasztások távolsága: $L_{c.fo} := 1500 \text{ mm}$

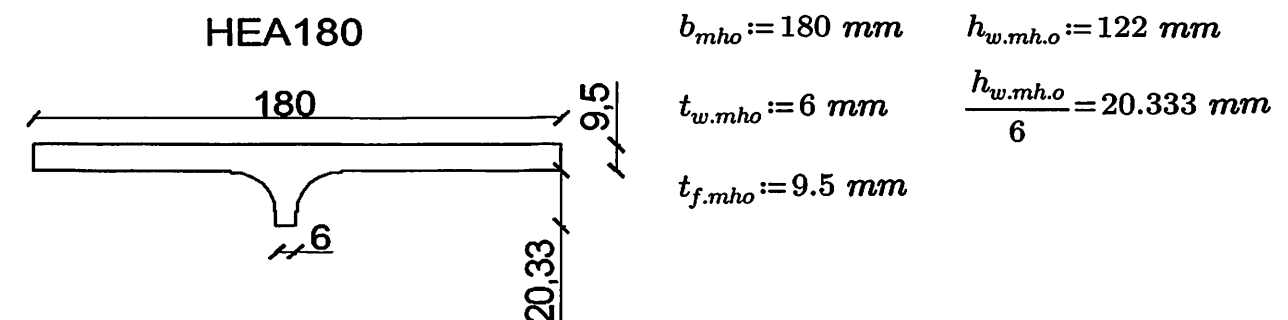
Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele:

$$M_{c.Rd.1} := \frac{W_{el.y.fho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 347.565 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed.f.o} := 192.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{f.1} := \frac{k_{c.1} \cdot L_{c.fo}}{i_{fz.1} \cdot \lambda_E} = 0.158 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c.Rd.1}}{M_{Ed.f.o}} = 0.901$$

Tehát nem következik be kifordulás!

8.6. Mellékhajó oszlop kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen:
(Övmerevség vizsgálat)



$$A_{fz.2} := b_{mho} \cdot t_{f.mho} + \frac{h_{w.mh.o}}{6} \cdot t_{w.mho} = (1.832 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_{fz.2} := t_{f.mho} \cdot \frac{b_{mho}^3}{12} + \frac{h_{w.mh.o}}{6} \cdot \frac{t_{w.mho}^3}{12} = (4.617 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$i_{fz.2} := \sqrt{\frac{I_{fz.2}}{A_{fz.2}}} = 50.204 \text{ mm}$$

Határkarcsúság: $\bar{\lambda}_{c0} := 0.5$

Nyomatékok aránya: $\psi_{mo} := \frac{35.31}{44.82} = 0.788$

Korrektíós tényező: $k_{c.2} := \frac{1}{1.33 - 0.33 \cdot \psi_{mo}} = 0.935$

Oldalirányú megtámasztások távolsága: $L_{c.mo} := 1500 \text{ mm}$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele:

$$M_{c.Rd.2} := \frac{W_{el.y.mho} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 68.996 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed.m.o} := 44.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\bar{\lambda}_{f.2} := \frac{k_{c.2} \cdot L_{c.mo}}{i_{fz.2} \cdot \lambda_E} = 0.297 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c.Rd.2}}{M_{Ed.m.o}} = 0.77$$

Tehát nem következik be kifordulás!

8.7. Kihajlás és kifordulás interakciója: (Főhajó oszlop vizsgálata)

$$c_{my} := 0.9$$

Interakciós tényezők:

$$k_{yy.1} := c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_{y.f.o} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.f.o} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.1} \cdot A_{fho} \cdot f_{yk}} \right) = 1.049$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy.1}, c_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.f.o} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.1} \cdot A_{fho} \cdot f_{yk}} \right) \right) = 1.067$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.63$$

Kifordulási ellenállás:

korrekciós tényező: $k_{fl} := 1.1$

$$\bar{\lambda}_{f.1} := \frac{k_{c.1} \cdot L_{c.fo}}{i_{fz.1} \cdot \lambda_E} = 0.158 \rightarrow \text{"c" görbe} \rightarrow \chi_{k.1} := 1.00$$

$$M_{b.Rd.1} := \chi_{k.1} \cdot k_{fl} \cdot M_{c.Rd.1} = 382.322 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{fo.y} := \frac{N_{Ed.f.o}}{N_{b.Rd.y.fo}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{Ed.f.o}}{M_{b.Rd.1}} = 0.762 < 1.00 \text{ Megfelel!}$$

$$\eta_{fo.z} := \frac{N_{Ed.f.o}}{N_{b.Rd.z.fo}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{Ed.f.o}}{M_{b.Rd.1}} = 0.451 < 1.00 \text{ Megfelel!}$$

8.8. Kihajlás és kifordulás interakciója: (Mellékrajz oszlop vizsgálata)

$$c_{my} := 0.9$$

Interakciós tényezők:

$$k_{yy.2} := c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_{y.f.o} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.m.o} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.2} \cdot A_{mho} \cdot f_{yk}} \right) = 0.926$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy.2}, k_{yy.2} := c_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.m.o} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.2} \cdot A_{mho} \cdot f_{yk}} \right) = 0.929 \right) = 0.926$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.556$$

Kifordulási ellenállás:

korrekciós tényező: $k_{fl} := 1.1$

$$\bar{\lambda}_{f.2} := \frac{k_{c.2} \cdot L_{c.mo}}{i_{fz.2} \cdot \lambda_E} = 0.297 \quad \rightarrow \text{"c" görbe} \quad \rightarrow \chi_{k.2} := 0.9025$$

$$M_{b.Rd.2} := \chi_{k.2} \cdot k_{fl} \cdot M_{c.Rd.2} = 68.496 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{mo.y} := \frac{N_{Ed.m.o}}{N_{b.Rd.y.mo}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{Ed.m.o}}{M_{b.Rd.2}} = 0.647 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

$$\eta_{mo.z} := \frac{N_{Ed.m.o}}{N_{b.Rd.z.mo}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{Ed.m.o}}{M_{b.Rd.2}} = 0.392 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

8.9. Főhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjában:

Szelvény: IPE240 $\rightarrow$ 1. keresztmetszeti osztály $N_{Ed.f.g} := 51.19 \text{ kN}$

Anyagminőség: S235 $\rightarrow \lambda_E := 93.90$

Gerenda keresztmetszeti területe: $A_{fhg} := 3912 \text{ mm}^2$

Kihajlás hossza: $L_{f.o} := 15000 \text{ mm}$

Kihajlási tényező: $\nu_g := 1.00$

$$\lambda_{y.fg} := \frac{\nu_g \cdot L_{f.o}}{i_{y.fho}} = 110.457 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{y.f.g} := \frac{\lambda_{y.fg}}{\lambda_E} = 1.176 \quad \rightarrow \text{"a" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{y,g1} := 0.5458$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.y.fg} := \frac{\chi_{y,g1} \cdot A_{fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 501.765 \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.f.g}}{N_{b.Rd.y.fg}} = 0.102 < 1,00$ Megfelel!

8.10. Mellékajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjában:

Szelvény: IPE200 --> 1. keresztmetszeti osztály $N_{Ed.m.g} := 18.87 \text{ kN}$

Anyagminőség: S235 --> $\lambda_E := 93.90$

Gerenda keresztmetszeti területe: $A_{mhg} := 2848 \text{ mm}^2$

Kihajlás hossza: $l_{mh} := 7000 \text{ mm}$

Kihajlási tényező: $\nu_g := 1.00$

$$\lambda_{y.mg} := \frac{\nu_g \cdot l_{mh}}{i_{y.mhg}} = 84.756 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{y.m.g} := \frac{\lambda_{y.mg}}{\lambda_E} = 0.903 \quad \rightarrow \text{"a" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{y,g2} := 0.7319$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.y.mg} := \frac{\chi_{y,g2} \cdot A_{mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 489.846 \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.m.g}}{N_{b.Rd.y.mg}} = 0.039 < 1,00$ Megfelel!

8.11. Főhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen:

A gerenda 1. keresztmetszeti osztályú: IPE240

Kihajlási tényező: $\nu_{g-} := 0.7$

$$\lambda_{z.3} := \frac{\nu_{g-} \cdot L_{f.o}}{i_{z.fhg}} = 389.9 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{z.f.g} := \frac{\lambda_{z.3}}{\lambda_E} = 4.152 \quad \rightarrow \text{"a" görbe}$$

Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{z.3} := 0.1178$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.z.fg} := \frac{\chi_{z.3} \cdot A_{fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 108.296 \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.f.g}}{N_{b.Rd.z.fg}} = 0.473 < 1,00$ Megfelel!

8.12. Mellékhajó gerenda kihajlásvizsgálata a keret síkjára merőlegesen:

A gerenda 1. keresztmetszeti osztályú: IPE200

Kihajlási tényező: $\nu_{g-} := 0.7$

$$\lambda_{z.4} := \frac{\nu_{g-} \cdot l_{mh}}{i_{z.mhg}} = 219.141 \quad \rightarrow \quad \bar{\lambda}_{z.m.g} := \frac{\lambda_{z.4}}{\lambda_E} = 2.334 \quad \rightarrow \text{"a" görbe}$$

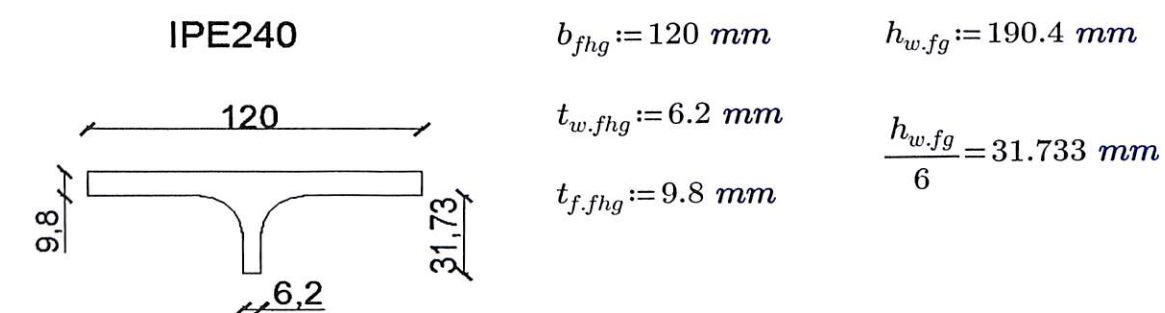
Kihajlást csökkentő tényező: $\chi_{z.4} := 0.1672$

Kihajlási ellenállás:

$$N_{b.Rd.z.mg} := \frac{\chi_{z.4} \cdot A_{mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 111.904 \text{ kN}$$

Ellenőrzés: $\frac{N_{Ed.m.g}}{N_{b.Rd.z.mg}} = 0.169 < 1,00$ Megfelel!

8.13. Főhajó gerenda kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen:
(Övmerevség vizsgálat)



$$A_{fz.3} := b_{fhg} \cdot t_{f.fhg} + \frac{h_{w.fg}}{6} \cdot t_{w.fhg} = (1.373 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_{fz.3} := t_{f.fhg} \cdot \frac{b_{fhg}^3}{12} + \frac{h_{w.fg}}{6} \cdot \frac{t_{w.fhg}^3}{12} = (1.412 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$i_{fz.3} := \sqrt{\frac{I_{fz.3}}{A_{fz.3}}} = 32.07 \text{ mm}$$

Határkarcsúság: $\bar{\lambda}_{c0} := 0.5$

Nyomatékok aránya: $\psi_{fg} := \frac{21.87}{70.48} = 0.31$

Korrektíós tényező: $k_{c.3} := \frac{1}{1.33 - 0.33 \cdot \psi_{fg}} = 0.815$

Oldalirányú megtámasztások távolsága: $L_{c.fg} := 1420 \text{ mm}$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele:

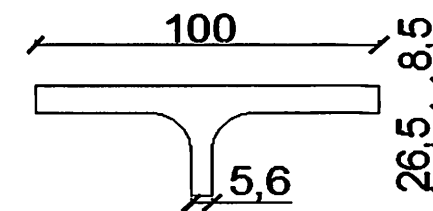
$$M_{c.Rd.3} := \frac{W_{el.y.fhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 76.211 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed.f.g} := 70.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\bar{\lambda}_{f.3} := \frac{k_{c.3} \cdot L_{c.fg}}{i_{fz.3} \cdot \lambda_E} = 0.384 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c.Rd.3}}{M_{Ed.f.g}} = 0.541$$

Tehát nem következik be kifordulás!

8.14. Mellékrajz gerenda kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen:
(Övmerevség vizsgálat)

IPE200



$b_{mhg} := 100 \text{ mm}$ $h_{w.mg} := 159 \text{ mm}$

$t_{w.mhg} := 5.6 \text{ mm}$

$t_{f.mhg} := 8.5 \text{ mm}$

$W_{el.y.mhg} := 194300 \text{ mm}^3$

$\frac{h_{w.mg}}{6} = 26.5 \text{ mm}$

$$A_{fz.4} := b_{mhg} \cdot t_{f.mhg} + \frac{h_{w.mg}}{6} \cdot t_{w.mhg} = 998.4 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz.4} := t_{f.mhg} \cdot \frac{b_{mhg}^3}{12} + \frac{h_{w.mg}}{6} \cdot \frac{t_{w.mhg}^3}{12} = (7.087 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$i_{fz.4} := \sqrt{\frac{I_{fz.4}}{A_{fz.4}}} = 26.643 \text{ mm}$$

Határkarcsúság: $\bar{\lambda}_{c0} := 0.5$

Korrektíós tényező: $k_{c.4} := 0.91$

Oldalirányú megtámasztások távolsága: $L_{c.mg} := 1288 \text{ mm}$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele:

$$M_{c.Rd.4} := \frac{W_{el.y.mhg} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 45.661 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed.m.g} := 35.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\bar{\lambda}_{f.4} := \frac{k_{c.4} \cdot L_{c.mg}}{i_{fz.4} \cdot \lambda_E} = 0.468 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c.Rd.4}}{M_{Ed.m.g}} = 0.647$$

Tehát nem következik be kifordulás!

8.15. Kihajlás és kifordulás interakciója: (Főhajó gerenda vizsgálata)

$$c_{my} := 0.9$$

Interakciós tényezők:

$$k_{yy.3} := c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_{y.f.g} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.f.g} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.g1} \cdot A_{fhg} \cdot f_{yk}} \right) = 0.99$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy.3}, c_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.f.g} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.g1} \cdot A_{fhg} \cdot f_{yk}} \right) \right) = 0.973$$

$$k_{zy.3} := 0.6 \cdot k_{yy.3} = 0.584$$

Kifordulási ellenállás:

korrekciós tényező: $k_{fl} := 1.1$

$$\bar{\lambda}_{f.3} := \frac{k_{c.3} \cdot L_{c.fg}}{i_{fz.3} \cdot \lambda_E} = 0.384 \quad \rightarrow \text{"c" görbe} \quad \rightarrow \chi_{k.3} := 0.9322$$

$$M_{b.Rd.3} := \chi_{k.3} \cdot k_{fl} \cdot M_{c.Rd.3} = 78.148 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{fg.y} := \frac{N_{Ed.f.g}}{N_{b.Rd.y.fg}} + k_{yy.3} \cdot \frac{M_{Ed.f.g}}{M_{b.Rd.3}} = 0.98 < 1.00 \text{ Megfelel!}$$

$$\eta_{fg.z} := \frac{N_{Ed.f.g}}{N_{b.Rd.z.fg}} + k_{zy.3} \cdot \frac{M_{Ed.f.g}}{M_{b.Rd.3}} = 0.999 < 1.00 \text{ Megfelel!}$$

8.16. Kihajlás és kifordulás interakciója: (Mellékahajó gerenda vizsgálata)

$$c_{my} := 0.9$$

Interakciós tényezők:

$$k_{yy.4} := c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_{y.m.g} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.m.g} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.g2} \cdot A_{mhg} \cdot f_{yk}} \right) = 0.924$$

$$k_{yy} = \min \left(k_{yy.4}, k_{yy.4} := c_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.m.g} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{y.g2} \cdot A_{mhg} \cdot f_{yk}} \right) = 0.928 \right) = 0.924$$

$$k_{zy.4} := 0.6 \cdot k_{yy.4} = 0.555$$

Kifordulási ellenállás:

korrekciós tényező: $k_{fl} := 1.1$

$$\bar{\lambda}_{f.4} := \frac{k_{c.4} \cdot L_{c.mg}}{i_{fz.4} \cdot \lambda_E} = 0.468 \quad \text{--> "c" görbe} \quad \text{--> } \chi_{k.4} := 0.8604$$

$$M_{b.Rd.4} := \chi_{k.4} \cdot k_{fl} \cdot M_{c.Rd.4} = 43.215 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{mg.y} := \frac{N_{Ed.m.g}}{N_{b.Rd.y.mg}} + k_{yy.4} \cdot \frac{M_{Ed.m.g}}{M_{b.Rd.4}} = 0.794 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

$$\eta_{mg.z} := \frac{N_{Ed.m.g}}{N_{b.Rd.z.mg}} + k_{zy.4} \cdot \frac{M_{Ed.m.g}}{M_{b.Rd.4}} = 0.622 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

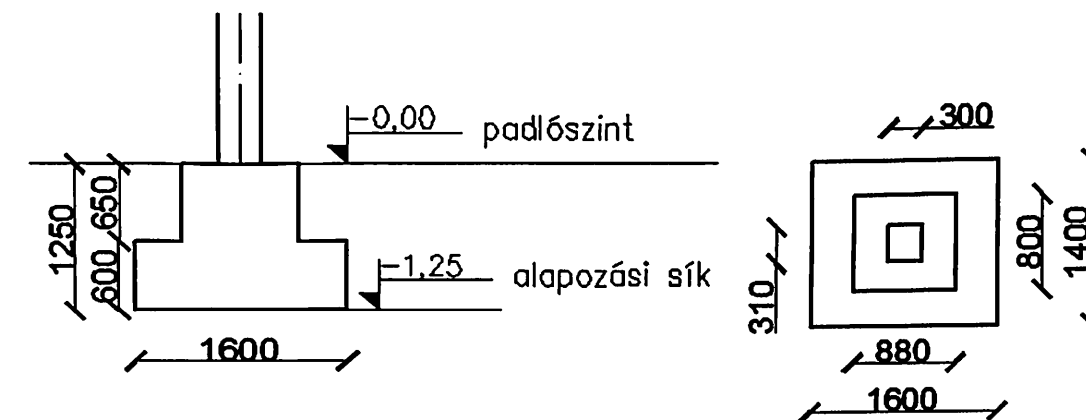
9. Alapozás tervezése:

Alap alatti talaj: barnás szürke tömör agyag talaj

Főhajó oszlop alján lévő
igénybevételek: $N_{Ed.f.o} := 384.87 \text{ kN}$

$V_{Ed.f.o} := 52.90 \text{ kN}$

Alaptest geometriája: $M_{Ed.f.o} := 192.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$



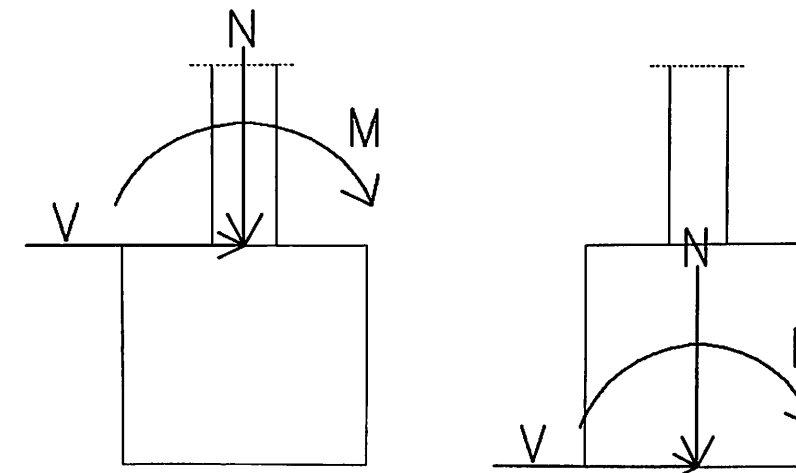
$L_{f.a} := 1.60 \text{ m}$ $h_{f.a} := 1.20 \text{ m}$ $B_{f.a} := 1.40 \text{ m}$

Beton: C20/25 $\gamma_{beton} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Alaptest önsúlya: $G_{f.a} := 45.04 \text{ kN}$

9.1. Pontalap alatti talajtörés ellenőrzése drénezett terhelés feltételezésével:

Az alapra ható igénybevétel:



A normálerőhöz hozzáadódik a humusz és padló rétegrend súlya, amit a kettő átlagával számítok (plusz az alaptest önsúlya):

$$\gamma_{humusz} := 18 \frac{kN}{m^3} \quad \gamma_{brtg} := 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$\gamma_{padló} := \frac{\gamma_{humusz} + \gamma_{brtg}}{2} = 21 \frac{kN}{m^3} \quad h_{padló} := 0.6 \text{ m} \quad L_{fm} := 1.00 \text{ m}$$

$$N_{padló} := \gamma_{padló} \cdot h_{padló} \cdot B_{f,a} \cdot L_{fm} = 17.64 \text{ kN}$$

Az alapra ható igénybevételek:

$$N_{alaptest} := N_{Ed,f,o} + N_{padló} + G_{f,a} = 447.55 \text{ kN}$$

$$V_{alaptest} := V_{Ed,f,o} = 52.9 \text{ kN}$$

$$M_{alaptest} := M_{Ed,f,o} + V_{Ed,f,o} \cdot h_{f,a} = 256.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Az eredő helye az alapsíkon: $e_{alap} := \frac{M_{alaptest}}{N_{alaptest}} = 0.573 \text{ m}$

Az alap alatti talaj talajfizikai paraméterei:

Rugalmassági modulus: $E_{a,t} := 20 \frac{MN}{m^2} = (2 \cdot 10^4) \frac{kN}{m^2}$

Kohézió: $C_{a,t} := 115 \text{ kPa} = 115 \frac{kN}{m^2}$

Belső súrlódási szög: $\phi_{a,t} := 17^\circ$

Talaj száraz halomsűrűsége: $\rho_d := 18.5 \frac{kN}{m^3}$

Talaj nedves halomsűrűsége: $\rho_n := 22.0 \frac{kN}{m^3}$

9.2. Az alap talajtörési ellenállása:

Az alap dolgozó szélessége: $B' := B_{f,a} - 2 \cdot e_{alap} = 0.254 \text{ m}$

Az alap dolgozó hossza: $L_{f,a} := 1.60 \text{ m}$

Az alap dolgozó területe: $A' := B' \cdot L_{f.a} = 0.407 \text{ m}^2$

Teherbírási tényezők:

$$N_q := e^{\pi \cdot \tan(\phi)} \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi_{a.t}}{2}\right)^2 = N_q := 4.7722$$

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(\phi_{a.t}) = 12.338$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\phi_{a.t}) = 2.307$$

Alaki tényezők:

$$s_q := 1 + \frac{B'}{L_{f.a}} \cdot \sin(\phi_{a.t}) = 1.046$$

$$s_c := \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.059$$

$$s_\gamma := 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L_{f.a}} = 0.952$$

Alapferdeségi tényező: $b_q := 1.0$

$$b_c := 1.0$$

$$b_\gamma := 1.0$$

A ferdeségi tényező paraméterei:

$$f := \frac{V_{Ed.f.o}}{N_{alapest} + B' \cdot L_{f.a} \cdot C_{a.t} \cdot \cot(\phi_{a.t})} = 0.088$$

$$m_B := \frac{2 + \left(\frac{B'}{L_{f.a}}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L_{f.a}}\right)} = 1.863$$

m: nyíróerő a "B" mérettel
párhuzamos

$$m_L := \frac{2 + \left(\frac{L_{f.a}}{B'}\right)}{1 + \left(\frac{L_{f.a}}{B'}\right)} = 1.137$$

$$m := m_B = 1.863$$

Ferdeségi tényezők:

$$m := m_B = 1.863$$

$$i_q := (1 - f)^{1.838} = 0.844$$

$$i_c := \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 0.803$$

$$i_\gamma := (1 - f)^{1.838 + 1} = 0.77$$

Alap alatti térfogatsúly:

$$\gamma' := 22 \frac{kN}{m^3}$$

Kohézió:

$$C_{a,t} := 115 \text{ kPa} = 115 \frac{kN}{m^2}$$

Hatékony takarási feszültség:

segédmenységek:

$$h_{t,1} := 0.6 \text{ m}$$

$$\gamma_{humusz} := 18 \frac{kN}{m^3}$$

$$h_{t,2} := 1.20 \text{ m}$$

$$\rho_n := 22.0 \frac{kN}{m^3}$$

$$q' := h_{t,1} \cdot \gamma_{humusz} + h_{t,2} \cdot \rho_n = q' := 37.2 \frac{kN}{m^2}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke (függőleges erőben értelmezve) :

$$R_k := A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + C_{a,t} \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R_k := 695.63 \text{ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$\gamma_R := 1.40$$

$$R_d := \frac{R_k}{\gamma_R} = 496.879 \text{ kN} > N_{alapest} := N_{Ed,f.o} + N_{padló} + G_{f.a} = 447.55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{alapest}}{R_d} = 0.901 < 1.00$$

Az alaptest megfelel!

10. Szélrács méretezése:

10.1. Oromfalra jutó szélteher:

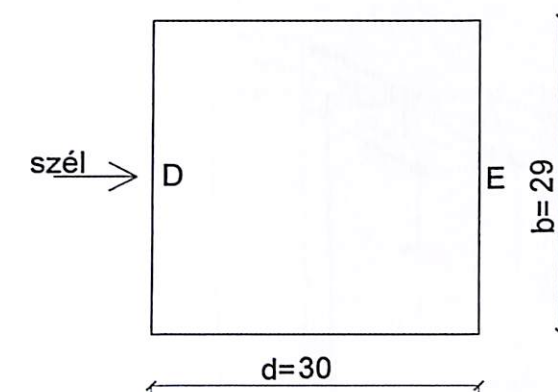
$$h/d=0,308$$

Szélátadta oldal: "D"

$$c_{pe.10.D} := 0.7087$$

Szélárnyékos oldal: "E"

$$c_{pe.10.E} := -0.315$$



Szél torlónyomása a főhajón: $q_{p.főz} := 0.5914 \frac{kN}{m^2}$

Szél torlónyomása a mellékrajzon: $q_{p.mh} := 0.4984 \frac{kN}{m^2}$

Szélátadta oldali szélteher:

Főhajón: $p_{w.D.fh} := c_{pe.10.D} \cdot q_{p.főz} = p_{w.D.fh} := 0.419 \frac{kN}{m^2}$

Mellékrajzon: $p_{w.D.mh} := c_{pe.10.D} \cdot q_{p.mh} = p_{w.D.mh} := 0.353 \frac{kN}{m^2}$

Szélárnyékos oldali szélteher:

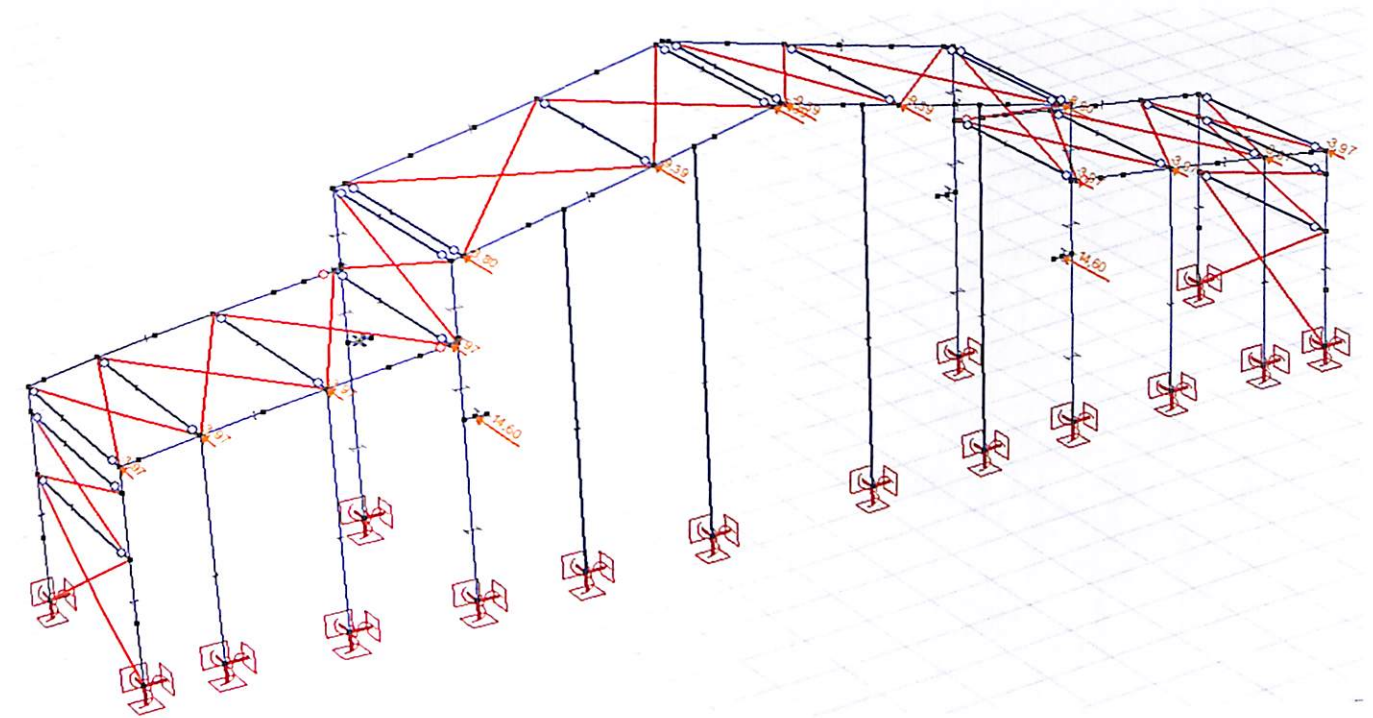
Főhajón: $p_{w.E.fh} := c_{pe.10.E} \cdot q_{p.főz} = p_{w.E.fh} := -0.1863 \frac{kN}{m^2}$

Mellékrajzon: $p_{w.E.mh} := c_{pe.10.E} \cdot q_{p.mh} = p_{w.E.mh} := -0.157 \frac{kN}{m^2}$

10.2. Modellezés Axisban:

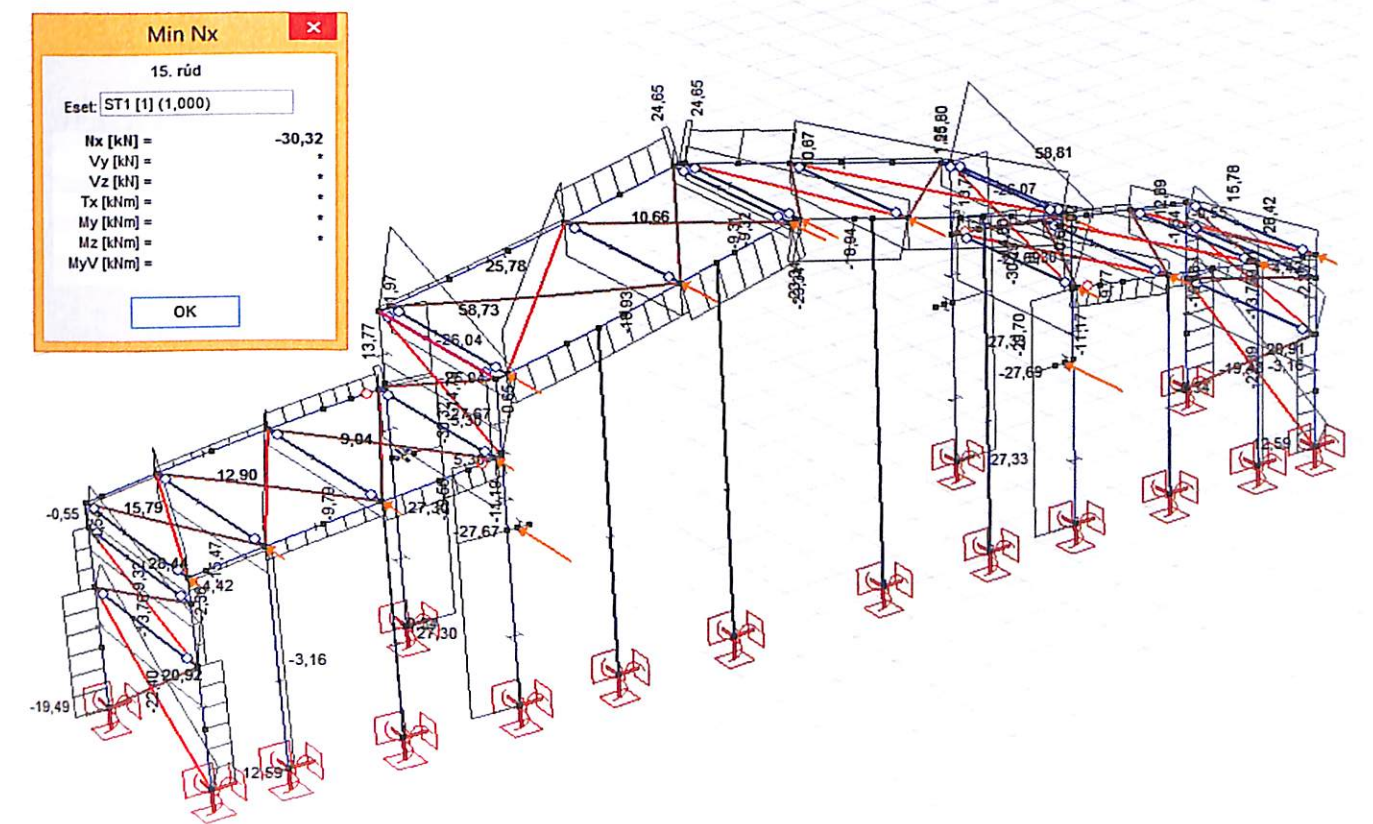
A modellem elkészítése: Az első 2 keretállást rajzoltam meg, ezek közé pedig berajzoltam az X szélrácsokat, amelyek csak húzást vesznek fel, ezeket O acél körszelvényekből alakítottam ki, és berajzoltam a mindkét végén y tengely körüli csuklós összekötő elemeket, amelyek a nyomást veszik fel, ezek pedig HEA szelvények. A modellemre rátettem a darupálya hosszirányú fékezőerejéből származó koncentrált erőt, és a homlokzati szélteherből átszámított koncentrált erőket a csomópontokba.

Szélrács modell Axis VM programban:

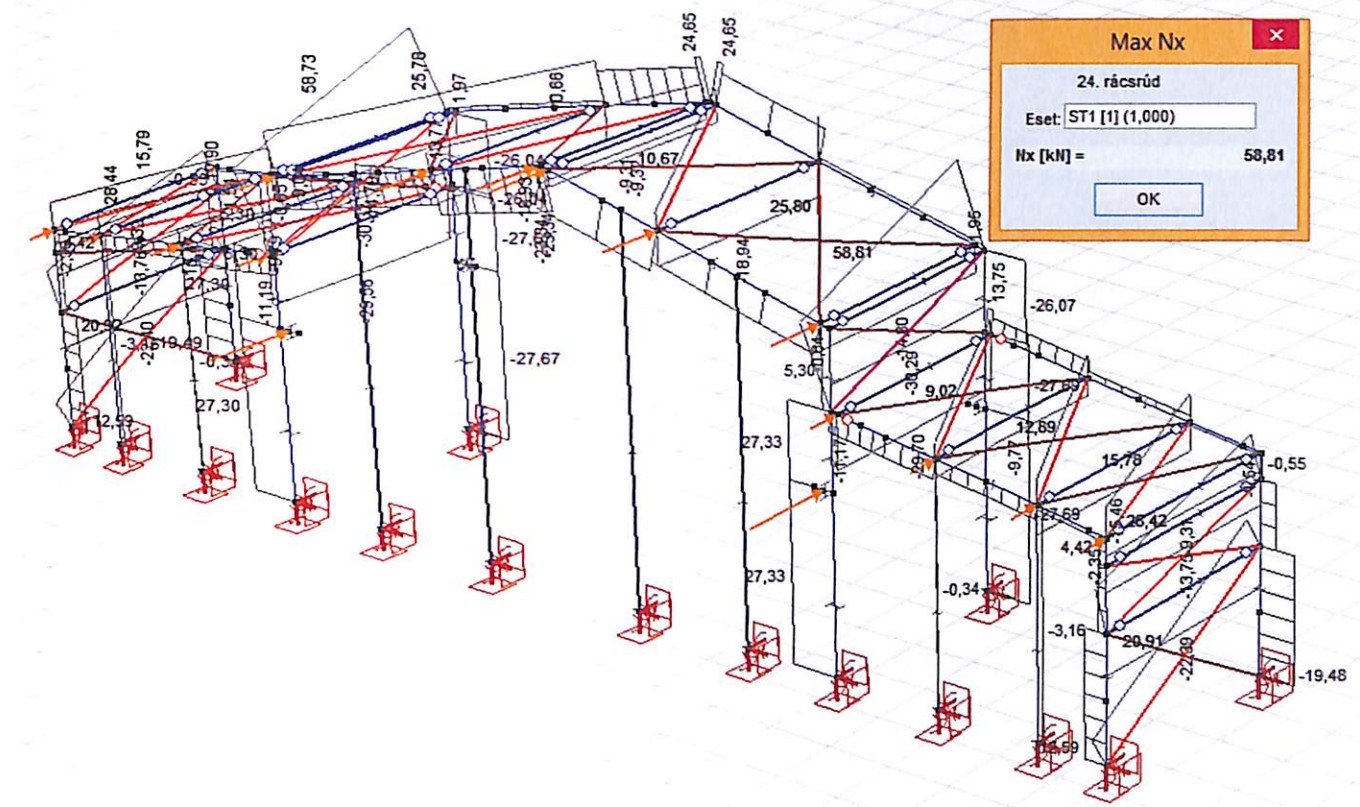


Eredmények:

A maximális nyomóerő: -30.32 kN



A maximális húzóerő: 58.81 kN



10.3. Központosan húzott rúd méretezése:

$$N_{Ed.sz.h} := 58.81 \text{ kN}$$

Feltételezett rúdátmérő: O20

$$d_{O20} := 20 \text{ mm}$$

$$A_{O20} := \frac{d_{O20}^2 \cdot \pi}{4} = 314.159 \text{ mm}^2$$

$$N_{t.Rd.sz.h} := \frac{A_{O20} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 73.827 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.sz.h}}{N_{t.Rd.sz.h}} = 0.797 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

10.4. Központosan nyomott összekötő elem méretezése:

$$N_{Ed.sz.ny} := 30.32 \text{ kN}$$

$$\text{Szelvény: HEA120} \quad A_{HEA120} := 2534 \text{ mm}^2$$

$$N_{t.Rd.sz.ny} := \frac{A_{HEA120} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 595.49 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.sz.ny}}{N_{t.Rd.sz.ny}} = 0.051 < 1.00 \quad \text{Megfelel!}$$

10.5. Stabilitásvizsgálatok:

10.5.1. Kihajlávizsgálat a keret síkjában: (HEA ellenőrzése)

$$\lambda_E := 93.90 \quad i_{y.HEA120} := 48.9 \text{ mm} \quad \nu_{y,k} := 1.00 \quad l_{HEA120} := 5000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,hea} := \frac{\nu_{y,k} \cdot l_{HEA120}}{i_{y.HEA120}} = 102.249 \quad \bar{\lambda}_{xy} := \frac{\lambda_{y,hea}}{\lambda_E} = 1.089 \quad \chi_{xy} := 0.542$$

$$N_{b.Rd.y.sz} := \chi_{xy} \cdot A_{HEA120} \cdot f_{yk} = 322.756 \text{ kN} > N_{Ed.sz.ny} := 30.32 \text{ kN}$$

Megfelel!

10.5.2. Kihajlávizsgálat a keret síkjára merőlegesen:

$$i_{z.HEA} := 30.20 \text{ mm} \quad \nu_{z,k} := 1.00$$

$$\lambda_{z,hea} := \frac{\nu_{z,k} \cdot l_{HEA120}}{i_{z.HEA}} = 165.563 \quad \bar{\lambda}_{xy} := \frac{\lambda_{z,hea}}{\lambda_E} = 1.763 \quad \chi_{xz} := 0.243$$

$$N_{b.Rd.z.sz} := \chi_{xz} \cdot A_{HEA120} \cdot f_{yk} = 144.704 \text{ kN} > N_{Ed.sz.ny} := 30.32 \text{ kN}$$

Megfelel!

11. Csomópontok méretezése:

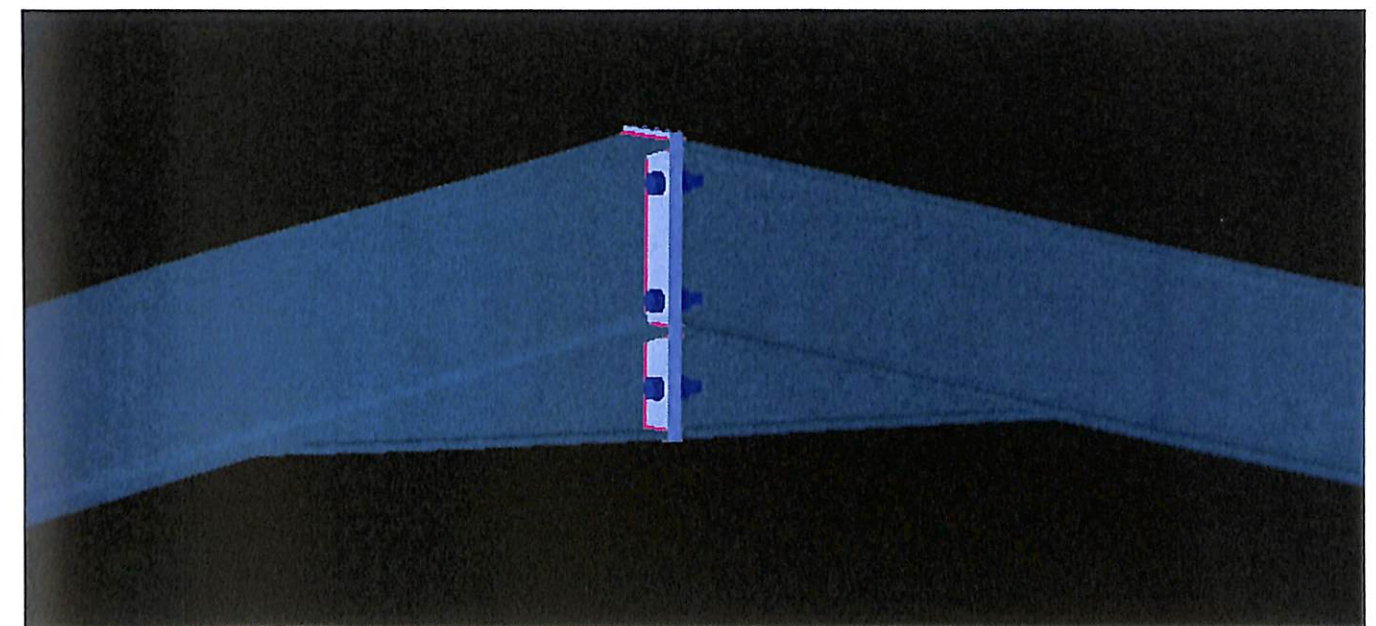
A csarnok csomópontjait Consteel program segítségével terveztem meg:

1. Keretgerendák kapcsolata
2. Főhajó oszlop-gerenda kapcsolata
3. Főhajó oszlop-mellékrajó gerenda kapcsolata
4. Mellékrajó oszlop-gerenda kapcsolata
5. Mellékrajó oszlop-alap kapcsolata
6. Főhajó oszlop-alap kapcsolata
7. Főhajó oszlop-darupályatartó konzol kapcsolata

Egy csomópontot kézi számítással is leellenőrzök: ez az 1-es csomópont lesz, a keretgerendák kapcsolata. A többi csomópont részletes számítása megtalálható a mellékletekben, melyet a Consteel dokumentáció segítségével készítettem el.

11.1. Keretgerendák kapcsolata:

Gerenda: IPE240	$h_{fhg} := 240 \text{ mm}$	$t_{f.fhg} := 9.8 \text{ mm}$
	$b_{fhg} := 120 \text{ mm}$	$A_{fhg} := 3912 \text{ mm}^2$
	$t_{w.fhg} := 6.2 \text{ mm}$	$\gamma_{M2} := 1.25$
Csavar: M16 5.8 (6db)	$d_0 := 18 \text{ mm}$	$A_{16} := 201 \text{ mm}^2$ $f_{ub5.8} := 520 \frac{N}{\text{mm}^2}$
Anyagminőség: S235	$A_{s.16} := 157 \text{ mm}^2$	



Kapcsolat modellje Consteel programban

Homloklemez:

vastagsága: $t_{hl} := 10 \text{ mm}$

magassága: $h_{hl} := 390 \text{ mm}$

szélessége: $b_{hl} := 120 \text{ mm}$

$$w := 2 \cdot 38 \text{ mm} = 76 \text{ mm}$$

$$a_{varrat} := 3 \text{ mm}$$

$$e_{1.csp} := 65 \text{ mm}$$

11.1.1. A gerenda homloklemezének ellenállása:

I, Gerenda öve feletti alsó csavarsor ellenőrzése:

$$m_{1csp} := \frac{w}{2} - \frac{t_{w.fhg}}{2} - 0.8 \cdot a_{varrat} \cdot \sqrt{2} = 31.506 \text{ mm}$$

$$p_{1csp} := 3 \cdot m_{1csp} = 94.518 \text{ mm}$$

$$e_{1csp} := 22 \text{ mm}$$

$$a_{f.1csp} := 4 \text{ mm}$$

$$e_{f.1csp} := d_0 \cdot 2.5 = 45 \text{ mm}$$

$$m_{2.1csp} := e_{f.1csp} - 0.8 \cdot a_{f.1csp} \cdot \sqrt{2} = 40.475 \text{ mm}$$

A kapcsolatot hajlítónyomatéokra kell méretezni: $M_{Ed.f.g.2} := 21.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\lambda_{1.1csp} := \frac{m_{1csp}}{m_{1csp} + e_{1csp}} = 0.589$$

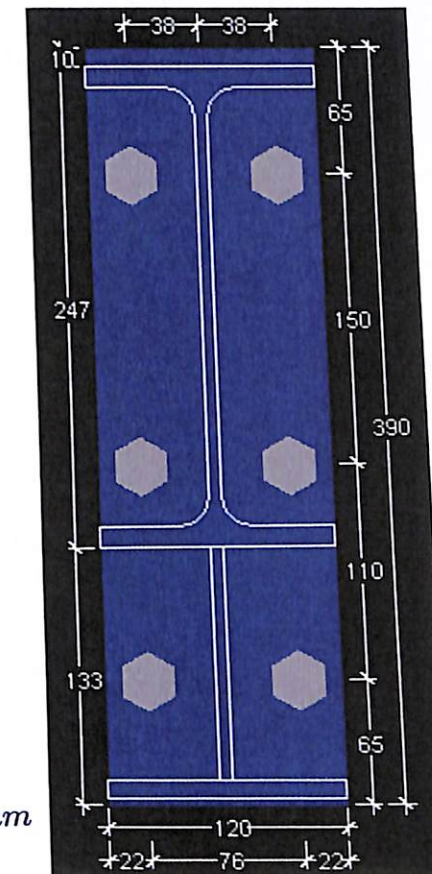
$$\alpha_{1csp} := 5.00$$

$$\lambda_{2.1csp} := \frac{m_{2.1csp}}{m_{1csp} + e_{1csp}} = 0.756$$

Effektív hossz számítása: (nem kör alakú töréskép esetén)

$$l_{eff.1csp} := \alpha_{1csp} \cdot m_{1csp} = 157.529 \text{ mm}$$

A kör alakú töréskép nem mértékadó.



A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl.Rd.hl} := 0.25 \cdot l_{eff.1csp} \cdot t_{hl}^2 \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0.925 \text{ kN} \cdot m$$

1, A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t.1.Rd} := 4 \cdot \frac{M_{pl.Rd.hl}}{m_{1csp}} = 117.5 \text{ kN}$$

2, A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$\text{Húzott csavarok ellenállása: } F_{t.Rd.16} := 0.9 \cdot \frac{A_{s.16} \cdot f_{ub5.8}}{\gamma_{M2}} = 58.781 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.Rd.hl} + e_{1csp} \cdot 2 \cdot F_{t.Rd.16}}{m_{1csp} + e_{1csp}} = 82.932 \text{ kN}$$

3, A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t.3.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd.16} = 117.562 \text{ kN}$$

A 3 tönkremeneteli mód közül a legkisebb lesz a mértékadó, így: $F_{t.2.Rd} = 82.932 \text{ kN}$

II, A gerenda öve alatti alsó, külső csavarsor ellenőrzése:

$$l_{eff.2.css} := e_{1.cs} + \alpha_{1csp} \cdot m_{1csp} - (2 \cdot m_{1csp} + 0.625 \cdot e_{1csp}) = 145.768 \text{ mm}$$

A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl.Rd.hl2} := 0.25 \cdot l_{eff.2.css} \cdot t_{hl}^2 \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0.856 \text{ kN} \cdot m$$

1, A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t.1.Rd2} := 4 \cdot \frac{M_{pl.Rd.hl2}}{m_{1csp}} = 108.727 \text{ kN}$$

2, A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t.2.Rd2} := \frac{2 \cdot M_{pl.Rd.hl2} + e_{1csp} \cdot 2 \cdot F_{t.Rd.16}}{m_{1csp} + e_{1csp}} = 80.349 \text{ kN}$$

Mivel a 3. tönkremeneteli mód azonos az előzővel, most is a 2. tönkremenetel lesz a mértékadó:

$$F_{t.2.Rd2} = 80.349 \text{ kN}$$

A teljes homloklemez hajlítási ellenállása- az alsó és felső csavarsor teherbírásának figyelembe vételével- :

$$z_1 := 37.1 \text{ mm} \quad z_2 := 72.8 \text{ mm}$$

$$M_{j.Rd.1csp} := (h_{fhg} - z_1) \cdot F_{t.2.Rd} + (h_{fhg} + z_2) \cdot F_{t.2.Rd2} = 41.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A teherbírás ellenőrzése:

$$\frac{M_{Ed.f.g.2}}{M_{j.Rd.1csp}} = 0.52 < 1.00$$

Következtetés: A Consteelben 48% lett a kihasználtság, kézi számítással ez 52%, ami a kézi számítás pontatlanságából adódik, így kijelenthetem, hogy a csomópont megfelel és szinte megegyezik a program által kijött eredménnyel!

Kapcsolódó tervek:

AC1 - Általános terv

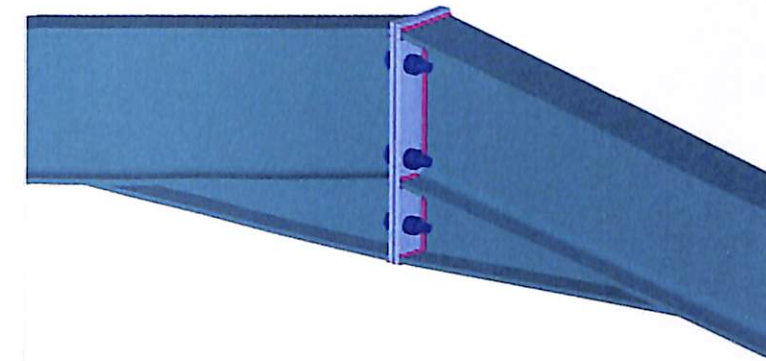
AC2 - Kiviteli terv

AC3 - Lindab elemek terve

AC4 - Csarnok merevítése

AC5- Alapozás terve

Mellékletek



Csomópont dokumentáció

Gerenda-gerenda kapcsolata

Projekt:	Háromhajós ipari csarnok tervezése
Modell:	csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod
Tervező:	Homonnai Éva
Tervezési szabvány:	Eurocode
Használt nemzeti melléklet:	EN magyar NA
Keretszerkezet típusa:	merevítetlen
Csomóponti elrendezés:	Gerendaillesztés



Tartalomjegyzék

1. Terhek táblázata
 - 1.1 1. Tehereset
2. Bal gerenda: Nyomatékbíró homloklemezkes kapcsolat
 - 2.1 Kapcsolati kialakítás
 - 2.2 Eredmények
 - 2.2.1 Mértékadó terhelési eset
 - 2.2.1.1 Csomóponti terhek
 - 2.2.1.2 Összefoglalás
 - 2.2.1.3 Nyomatéki ellenállás
 - 2.2.1.4 Normálereő ellenállás
 - 2.2.1.5 Nyírási ellenállás
 - 2.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása
 - 2.2.1.7 Merevség
3. Jobb gerenda: Nyomatékbíró homloklemezkes kapcsolat
 - 3.1 Kapcsolati kialakítás
 - 3.2 Eredmények
 - 3.2.1 Mértékadó terhelési eset
 - 3.2.1.1 Csomóponti terhek
 - 3.2.1.2 Összefoglalás
 - 3.2.1.3 Nyomatéki ellenállás
 - 3.2.1.4 Normálereő ellenállás
 - 3.2.1.5 Nyírási ellenállás
 - 3.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása
 - 3.2.1.7 Merevség



1. Terhek táblázata

1.1 1. Tehereset

Elem neve	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Bal öv	-44,07	0,00	16,18	0,00	-21,87	0,00
Jobb öv	-44,92	0,00	-10,84	0,00	-21,87	0,00



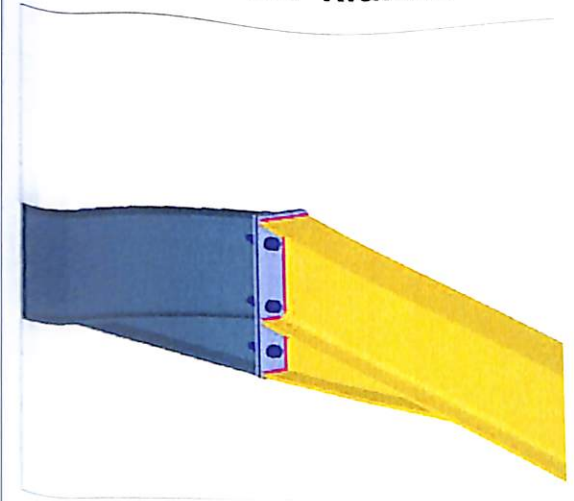
1. Terhek táblázata

1.1 1. Tehereset

Elem neve	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Bal öv	-44,07	0,00	16,18	0,00	-21,87	0,00
Jobb öv	-44,92	0,00	-10,84	0,00	-21,87	0,00

2. Bal gerenda: Nyomatékbíró homloklemezes kapcsolat

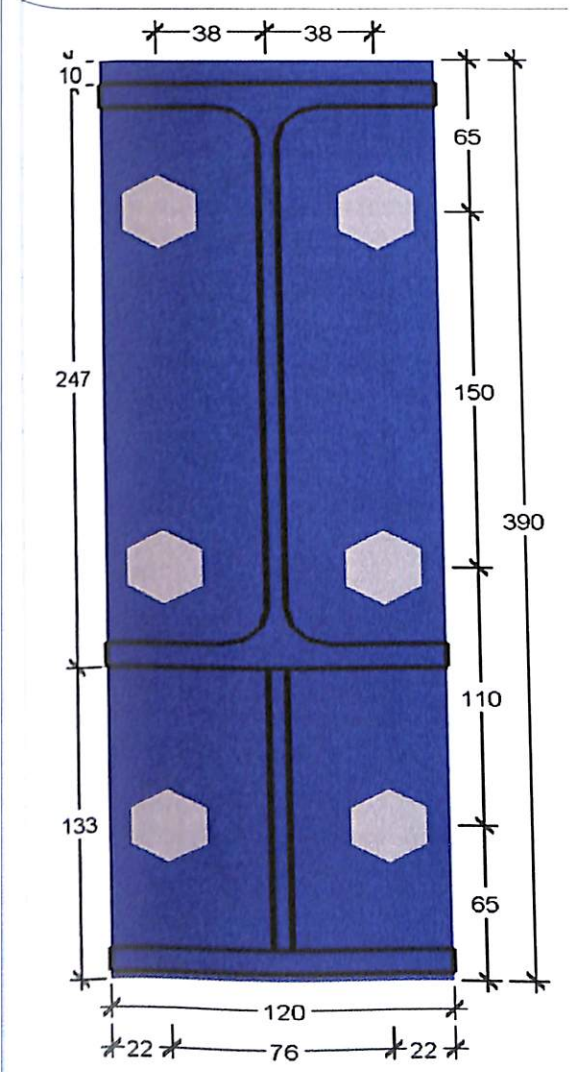
2.1 Kapcsolati kialakítás



Általános adatok:

Gerenda: IPE 240
S 235 EN 10025-2
Lb= 7500 mm

Gerenda helyzete: Lx= 0 mm
a= -13,69 fok
b= 0,00 fok



Komponensek:

Homloklemez: bp= 120,0 mm
hp= 390,0 mm
tp= 10,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -10,0 mm

Csavarok: M16 (ISO 7412)
5.8
w1= 22 mm
csavarfej a lemez felőli oldalon
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt

Varratok: körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 3 mm
aw.w= 3 mm
aw.fl= 3 mm

Alsó kiékelés: kiékelés övlemezzel
Lw= 500 mm
hw= 120 mm
tw= 6 mm
aw.w= 3 mm
bf= 120 mm
tf= 10 mm
aw.f= 3 mm



2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 Csomóponti terhek

Elem neve	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Bal öv	-44,07	0,00	16,18	0,00	-21,87	0,00
Jobb öv	-44,92	0,00	-10,84	0,00	-21,87	0,00

2.2.1.2 Összefoglalás

Nyomatéki ellenállás:	$M_{j,Rd} = 45,42 \text{ kNm}$
Nyomatéki kihasználtság:	48 % Megfelelő
Normálerő ellenállás:	$N_{j,Rd} = 1178,83 \text{ kN}$
Nyírási ellenállás:	$V_{j,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Nyírási kihasználtság:	11 % Megfelelő
Mértékadó varrat komponens:	Gerincvarrat
Mértékadó varrat kihasználtság:	36 % Megfelelő
Kezdeti merevség:	$S_{j,im} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:	$S_{j,sec} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$

Merevségi osztály:	Merev
Szilárdsági osztály:	Részleges szilárdságú

Mértékadó nyomott komponens:	$F_{c,fb,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
------------------------------	-----------------------------------

Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):	
Mértékadó húzott komponens:	$F_{t1,Rd} = 80,52 \text{ kN}$

- csavarsor
- Homloklemez keresztirányú hajlítása
- tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

2.2.1.3 Nyomatéki ellenállás

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)	$F_{c,fb,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
---	-----------------------------------

Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):

Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

1. csavarsor

Erőkar:	$z_1 = 310 \text{ mm}$
---------	------------------------

Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 80,52 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 225,85 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	

Mértékadó húzóerő:	$F_{t1,Rd} = 80,52 \text{ kN}$
--------------------	--------------------------------

- Homloklemez keresztirányú hajlítása
- tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

2. csavarsor

Erőkar:	$z_2 = 200 \text{ mm}$
---------	------------------------

Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 82,32 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 237,78 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	

Mértékadó húzóerő:	$F_{t2,Rd} = 82,32 \text{ kN}$
--------------------	--------------------------------

- Homloklemez keresztirányú hajlítása
- tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

3. csavarsor



Húzott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

1. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:	$k_s = 4,46 \text{ mm}$
Húzott csavarok:	$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$
Hatékony merevségi tényező (6.30):	$k_{\text{eff},1} = 2,62 \text{ mm}$

2. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:	$k_s = 4,65 \text{ mm}$
Húzott csavarok:	$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$
Hatékony merevségi tényező (6.30):	$k_{\text{eff},2} = 2,68 \text{ mm}$

3. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:	$k_s = 4,46 \text{ mm}$
Húzott csavarok:	$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$
Hatékony merevségi tényező (6.30):	$k_{\text{eff},3} = 2,62 \text{ mm}$

Ekvivalens erőkar (6.31):	$z_{\text{eq}} = 247,08 \text{ mm}$
Ekvivalens merevségi tényező (6.29):	$k_{\text{eq}} = 5,99 \text{ mm}$

Kezdeti merevség:	$S_{j,\text{ini}} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:	$S_{j,\text{sec}} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Merevségi osztály:	Merev



3. Jobb gerenda: Nyomatékbíró homloklemezes kapcsolat

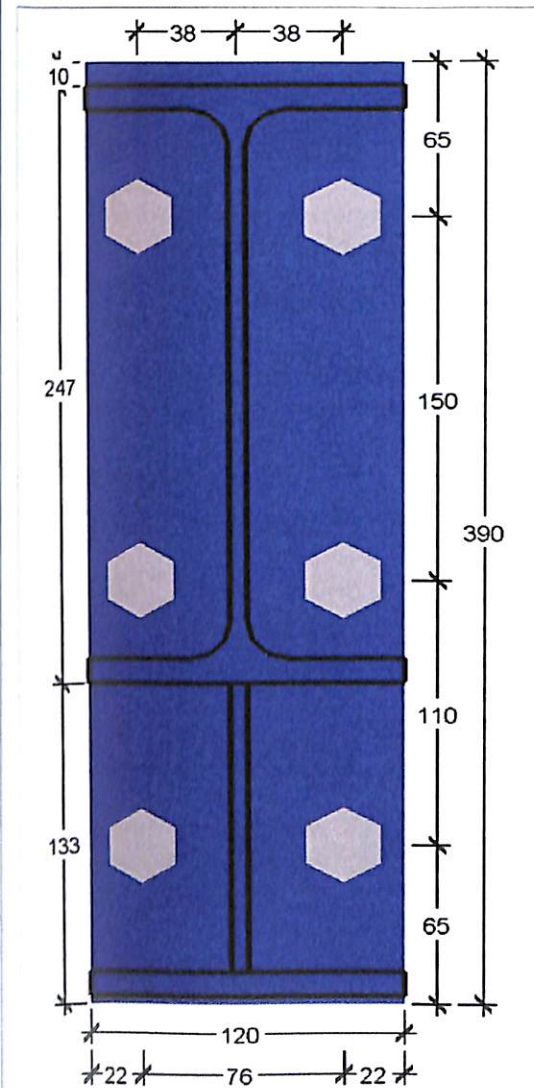
3.1 Kapcsolati kialakítás



Általános adatok:

Gerenda: IPE 240
S 235 EN 10025-2
Lb= 7500 mm

Gerenda helyzete: Lx= 0 mm
a= -13,69 fok
b= 0,00 fok



Komponensek:

Homloklemez: bp= 120,0 mm
hp= 390,0 mm
tp= 10,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -10,0 mm

Csavarok: M16 (ISO 7412)
5.8
w1= 22 mm
csavaranya a lemez felőli oldalon
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt

Varratok: körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 3 mm
aw.w= 3 mm
aw.fl= 3 mm

Alsó kiékelés: kiékelés övlemezzel
Lw= 500 mm
hw= 120 mm
tw= 6 mm
aw.w= 3 mm
bf= 120 mm
tf= 10 mm
aw.f= 3 mm



3.2 Eredmények

3.2.1 Mértékadó terhelési eset

3.2.1.1 Csomóponti terhek

Elem neve	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Bal öv	-44,07	0,00	16,18	0,00	-21,87	0,00
Jobb öv	-44,92	0,00	-10,84	0,00	-21,87	0,00

3.2.1.2 Összefoglalás

Nyomatéki ellenállás:	$M_{i,Rd} = 45,42 \text{ kNm}$
Nyomatéki kihasználtság:	48 % Megfelelő
Normálerő ellenállás:	$N_{j,Rd} = 1178,83 \text{ kN}$
Nyírási ellenállás:	$V_{j,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Nyírási kihasználtság:	8 % Megfelelő
Mértékadó varrat komponens:	Gerincvarrat
Mértékadó varrat kihasználtság:	36 % Megfelelő
Kezdeti merevség:	$S_{j,ini} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:	$S_{j,sec} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Merevségi osztály:	Merev
Szilárdsági osztály:	Részleges szilárdságú

Mértékadó nyomott komponens:	$F_{c,fb,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):	
Mértékadó húzott komponens:	$F_{t1,Rd} = 80,52 \text{ kN}$
1. csavarsor	
Homloklemez keresztirányú hajlítása	
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	

3.2.1.3 Nyomatéki ellenállás

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)	$F_{c,fb,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):	
Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)	
1. csavarsor	$z_1 = 310 \text{ mm}$
Erőkar:	
Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 80,52 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 225,85 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	
Mértékadó húzóerő:	$F_{t1,Rd} = 80,52 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása	
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	
2. csavarsor	$z_2 = 200 \text{ mm}$
Erőkar:	
Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 82,32 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 237,78 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	
Mértékadó húzóerő:	$F_{t2,Rd} = 82,32 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása	
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	
3. csavarsor	



Erőkar:	$z_3 = 50 \text{ mm}$
Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 80,86 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 228,14 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	
2-3 csavarsor-csoport	$F_{t,ep,Rd} = 162,41 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 460,79 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	$F_{t3,Rd} = 80,09 \text{ kN}$
Mértékadó húzóerő:	
2-3 csavarsor-csoport	$M_{j,Rd} = 45,42 \text{ kNm}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása	48 % Megfelelő
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	Részleges szilárdságú
Nyomatéki ellenállás:	
Nyomatéki kihasználtság:	
Szilárdsági osztály:	

3.2.1.4 Normálerő ellenállás
Nyomási ellenállás

Nyomott övek száma:	3
Mértékadó nyomott komponens:	$F_{c,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
Normálerő ellenállás:	$N_{j,Rd} = 1178,83 \text{ kN}$

3.2.1.5 Nyírási ellenállás
Csavarok nyírása (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

Húzott és nyírt csavarok interakciós ellenállása:	$F_{v,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Palástnyomás (MSZ EN 1993-1-8 3.6)	
Palástnyomás a homloklemezen:	$F_{b,ep,Rd} = 476,16 \text{ kN}$
Varratok ellenállása (MSZ EN 1993-1-8 4.5)	
Gerincvarrat nyírási ellenállása:	$F_{ww,Rd} = 395,09 \text{ kN}$
Nyírási ellenállás:	$V_{j,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Nyírási kihasználtság:	8 % Megfelelő

3.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása
Gerincvarrat ellenállása:

Varrat kihasználtság:	$F_{ww,Rd} = 395,09 \text{ kN}$ 36 % Megfelelő
Felső övvarrat ellenállása:	$F_{wfu,Rd} = 155,64 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	
Alsó övvarrat ellenállása:	$F_{wfl,Rd} = 155,64 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	
Alsó kiékelés övvarratának ellenállása:	$F_{whl,Rd} = 172,07 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	

3.2.1.7 Merevség



Erőkar:	$z_3 = 50 \text{ mm}$
Egyedülálló csavarsor	$F_{t,ep,Rd} = 80,86 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 228,14 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	
2-3 csavarsor-csoport	$F_{t,ep,Rd} = 162,41 \text{ kN}$
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):	$F_{t,wb,Rd} = 460,79 \text{ kN}$
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):	$F_{t3,Rd} = 80,09 \text{ kN}$
Mértékadó húzóerő:	
2-3 csavarsor-csoport	
Homloklemez keresztirányú hajlítása	$M_{j,Rd} = 45,42 \text{ kNm}$
2. tönkrementeteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	48 % Megfelelő
Nyomatéki ellenállás:	Részleges szilárdságú
Nyomatéki kihasználtság:	
Szilárdsági osztály:	

3.2.1.4 Normálerő ellenállás

Nyomási ellenállás

Nyomott övek száma:	3
Mértékadó nyomott komponens:	$F_{c,Rd} = 392,94 \text{ kN}$
Normálerő ellenállás:	$N_{j,Rd} = 1178,83 \text{ kN}$

3.2.1.5 Nyírási ellenállás

Csavarok nyírása (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

Húzott és nyírt csavarok interakciós ellenállása:	$F_{v,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Palástnyomás (MSZ EN 1993-1-8 3.6)	
Palástnyomás a homloklemezen:	$F_{b,ep,Rd} = 476,16 \text{ kN}$
Varratok ellenállása (MSZ EN 1993-1-8 4.5)	
Gerincvarrat nyírási ellenállása:	$F_{ww,Rd} = 395,09 \text{ kN}$
Nyírási ellenállás:	$V_{j,Rd} = 141,38 \text{ kN}$
Nyírási kihasználtság:	8 % Megfelelő

3.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása

Gerincvarrat ellenállása:

Varrat kihasználtság:	$F_{ww,Rd} = 395,09 \text{ kN}$ 36 % Megfelelő
Felső övvarrat ellenállása:	$F_{wfu,Rd} = 155,64 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	
Alsó övvarrat ellenállása:	$F_{wfl,Rd} = 155,64 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	
Alsó kiékelés övvarratának ellenállása:	$F_{whl,Rd} = 172,07 \text{ kN}$ 0 % Megfelelő
Varrat kihasználtság:	

3.2.1.7 Merevség



Hízott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

1. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$$k_5 = 4,46 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$$
$$k_{\text{eff},1} = 2,62 \text{ mm}$$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

2. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$$k_5 = 4,65 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$$
$$k_{\text{eff},2} = 2,68 \text{ mm}$$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

3. csavarsor

Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$$k_5 = 4,46 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 6,36 \text{ mm}$$
$$k_{\text{eff},3} = 2,62 \text{ mm}$$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

Ervivalens erőkar (6.31):

$$z_{eq} = 247,08 \text{ mm}$$
$$k_{eq} = 5,99 \text{ mm}$$

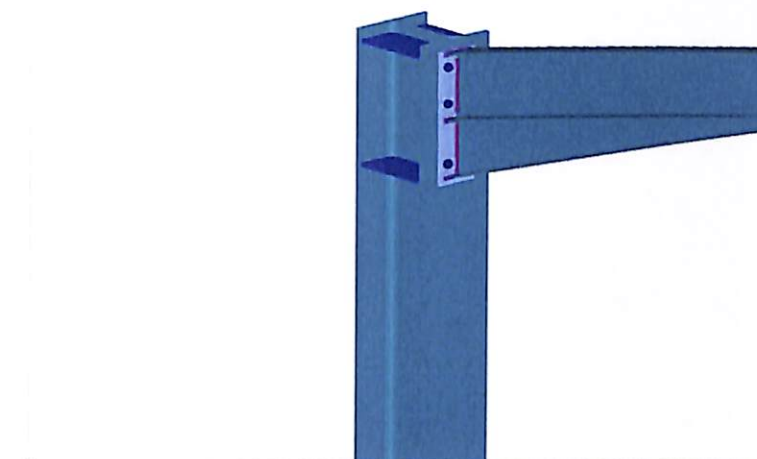
Kezdeti mérték (6.29):

$S_{j,ini} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
 $S_{j,sec} = 76810,70 \text{ kNm/rad}$
Merev

Kezdeti merevség:
Aktuális nyomtatás:
Merevség:

Merevségi osztály: *tartozó szekáns merevség:*

Merevségi osztály:



Csomópont dokumentáció

Főhajó oszlop-gerenda kapcsolata

Projekt:	Háromhajós ipari csarnok tervezése
Modell:	csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod
Tervező:	Homonnai Éva
Tervezési szabvány:	Eurocode
Használt nemzeti melléklet:	EN magyar NA
Keretszerkezet típusa:	merevítetlen
Csomóponti elrendezés:	Oszlop-gerenda csomópont (felső csomópont)

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 84

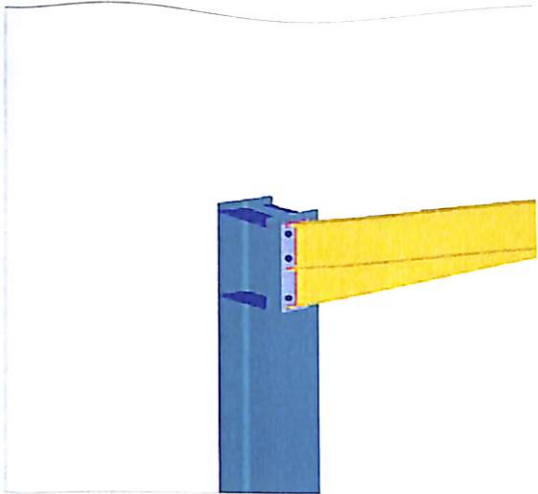
| N] | Mx [kNm] | My [kNm] |
|-------|----------|----------|
| 30,65 | 0,00 | 70,4 |
| | 0,00 | 0,0 |

| | | |
|-------|------|------|
| 0,00 | | |
| 43,37 | 0,00 | 70,4 |

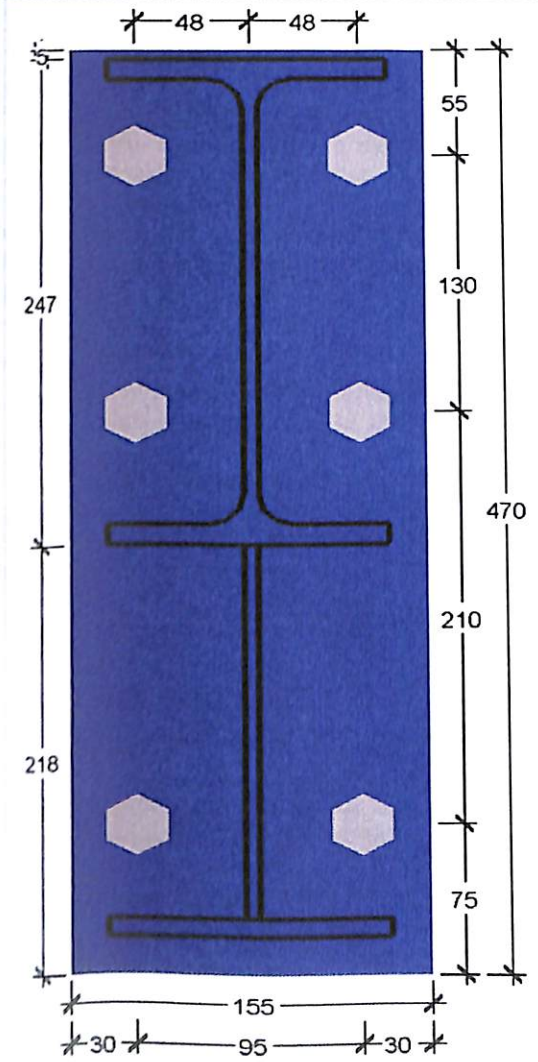


2. Jobb öv: Nyomatékbíró homloklemezes kapcsolat

2.1 Kapcsolati kialakítás



| | |
|-------------------------|--|
| Általános adatok: | |
| Gerenda: | IPE 240
S 235 EN 10025-2
Lb= 7500 mm |
| Gerenda helyzete: | Lx= 0 mm
Ly= 0 mm
a= 13,69 fok
b= 0,00 fok |
| Oszlop: | HEA 320
S 235 EN 10025-2 |
| Szerkezeti elem típusa: | Állandó keresztmetszet |
| Oszlop helyzete: | Lc= 8000 mm
Lsr= 40 mm |
| Komponensek: | |
| Homloklemez: | bp= 155,0 mm
hp= 470,0 mm
tp= 10,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -5,0 mm |
| Csavarok: | M16 (ISO 7412)
8.8
w1= 30 mm
csavarfej a lemez felőli oldalon
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt |
| Varratok: | körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 3 mm
aw.w= 3 mm
aw.fl= 3 mm |
| Alsó kiékelés | kiékelés övlemezzel
Lw= 2000 mm
hw= 190 mm
tw= 6 mm
aw.w= 3 mm
bf= 120 mm
tf= 9 mm
aw.f= 3 mm |
| Felső gerinc merevítő: | ts= 12 mm
aw= 4 mm |
| Alsó gerinc merevítő: | ts= 12 mm
aw= 4 mm |





2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 1. Tehereset

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Jobb öv | -51,19 | 0,00 | 30,65 | 0,00 | 70,48 | 0,00 |
| Oszlop fent | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oszlop lent | -39,91 | 0,00 | 43,37 | 0,00 | 70,48 | 0,00 |

2.2.1.2 Összefoglalás

Nyomatéki ellenállás:
Nyomatéki kihasználtság:
Normálerő ellenállás:
Nyírási ellenállás:
Nyírási kihasználtság:
Mértékadó varrat komponens:
Mértékadó varrat kihasználtság:
Kezdeti merevség:
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:

$M_{j,Rd} = 73,97 \text{ kNm}$
95 % Megfelelő
 $N_{j,Rd} = 1216,00 \text{ kN}$
 $V_{j,Rd} = 266,94 \text{ kN}$
11 % Megfelelő
Gerincvarrat
93 % Megfelelő
 $S_{j,ini} = 33628,98 \text{ kNm/rad}$
 $S_{j,sec} = 12820,02 \text{ kNm/rad}$

Merevségi osztály:
Szilárdsági osztály:

Merev
Részleges szilárdságú

Mértékadó nyomott komponens:
Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):

$F_{c,fb,Rd} = 405,33 \text{ kN}$

Mértékadó húzott komponens:
1. csavarsor
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

$F_{t1,Rd} = 112,11 \text{ kN}$

2.2.1.3 Nyomatéki ellenállás

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

Oszlopgerinc keresztirányú nyírása (6.2.6.1):
Oszlopgerinc keresztirányú nyomása (6.2.6.2):
Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):
Kiékelte gerenda gerincének nyomása (6.2.6.7 (3)):

$V_{wp,Rd} = 533,64 \text{ kN}$
Nem releváns!
 $F_{c,fb,Rd} = 405,33 \text{ kN}$
 $F_{c,wb,Rd} = 256,29 \text{ kN}$

Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

1. csavarsor

Erőkar:

$z_1 = 387 \text{ mm}$

Egyedülálló csavarsor
Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3):
Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4):
Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):
Gerendagerinc húzása (6.2.6.8):

$F_{t,wc,Rd} = 269,62 \text{ kN}$
 $F_{t,fc,Rd} = 180,86 \text{ kN}$
 $F_{t,ep,Rd} = 112,11 \text{ kN}$
 $F_{t,wb,Rd} = 314,26 \text{ kN}$

Mértékadó húzóerő:
Homloklemez keresztirányú hajlítása
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

$F_{t1,Rd} = 112,11 \text{ kN}$

2. csavarsor

Erőkar:

$z_2 = 257 \text{ mm}$

Egyedülálló csavarsor
Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3):
Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4):

$F_{t,wc,Rd} = 269,62 \text{ kN}$
 $F_{t,fc,Rd} = 180,86 \text{ kN}$



Csomópont dokumentáció

| | |
|--|----------------------------------|
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{Lep,Rd} = 110,48 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{Lwb,Rd} = 299,92 \text{ kN}$ |
| 1-2 csavarsor-csoport | $F_{Lwc,Rd} = 509,28 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{Lfc,Rd} = 361,73 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{Lep,Rd} = 210,75 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{Lwb,Rd} = 509,97 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{L2,Rd} = 98,64 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő: | |
| 1-2 csavarsor-csoport | |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| 3. csavarsor | |
| Erőkar: | $z_3 = 47 \text{ mm}$ |
| Egyedülálló csavarsor | $F_{Lwc,Rd} = 269,62 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{Lfc,Rd} = 180,86 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{Lep,Rd} = 111,15 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{Lwb,Rd} = 307,24 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | |
| 2-3 csavarsor-csoport | $F_{Lwc,Rd} = 584,23 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{Lfc,Rd} = 361,73 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | Nem releváns! |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | Nem releváns! |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | |
| 1-3 csavarsor-csoport | $F_{Lwc,Rd} = 644,28 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{Lfc,Rd} = 542,59 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | Nem releváns! |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | Nem releváns! |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{L3,Rd} = 111,15 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő: | |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| Nyomatéki ellenállás: | $M_{Ji,Rd} = 73,97 \text{ kNm}$ |
| Nyomatéki kihasználtság: | 95 % Megfelelő |
| Szilárdsági osztály: | Részteljes szilárdságú |

2.2.1.4 Normálerő ellenállás

Nyomási ellenállás

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Nyomott övek száma: | 3 |
| Mértékadó nyomott komponens: | $F_{c,Rd} = 405,33 \text{ kN}$ |
| Normálerő ellenállás: | $N_{j,Rd} = 1216,00 \text{ kN}$ |

2.2.1.5 Nyírési ellenállás

Csavarok nyírása (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

| | |
|---|--------------------------------|
| Húzott és nyírt csavarok interakciós ellenállása: | $F_{v,Rd} = 266,94 \text{ kN}$ |
|---|--------------------------------|

Palástnyomás (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

| | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Palástnyomás az oszlop övében: | $F_{b,fc,Rd} = 1071,36 \text{ kN}$ |
| Palástnyomás a homloklemezen: | $F_{b,ep,Rd} = 691,20 \text{ kN}$ |

Varratok ellenállása (MSZ EN 1993-1-8 4.5)



Gerincvarrat nyírási ellenállása:
Nyírási ellenállás:
Nyírási kihasználtság:

$F_{ww,Rd} = 482,38 \text{ kN}$
 $V_{j,Rd} = 266,94 \text{ kN}$
11 % Megfelelő

2.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása

Gerincvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

$F_{ww,Rd} = 482,38 \text{ kN}$
93 % Megfelelő

Felső övvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

$F_{wfu,Rd} = 155,64 \text{ kN}$
0 % Megfelelő

Alsó övvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

$F_{wfl,Rd} = 155,64 \text{ kN}$
0 % Megfelelő

Alsó kiékelés övvarratának ellenállása:
Varrat kihasználtság:

$F_{whl,Rd} = 172,22 \text{ kN}$
0 % Megfelelő

2.2.1.7 Merevség

Nyomott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

Oszlopgerinc keresztirányú nyírása:
Oszlopgerinc keresztirányú nyomása:

$k_1 = 4,85 \text{ mm}$
Nem releváns!

Húzott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

1. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,62 \text{ mm}$
 $k_4 = 44,23 \text{ mm}$
 $k_5 = 2,35 \text{ mm}$
 $k_{10} = 5,58 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

$k_{eff,1} = 1,11 \text{ mm}$

2. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,76 \text{ mm}$
 $k_4 = 45,98 \text{ mm}$
 $k_5 = 2,22 \text{ mm}$
 $k_{10} = 5,58 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

$k_{eff,2} = 1,09 \text{ mm}$

3. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,76 \text{ mm}$
 $k_4 = 45,98 \text{ mm}$
 $k_5 = 2,73 \text{ mm}$
 $k_{10} = 5,58 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

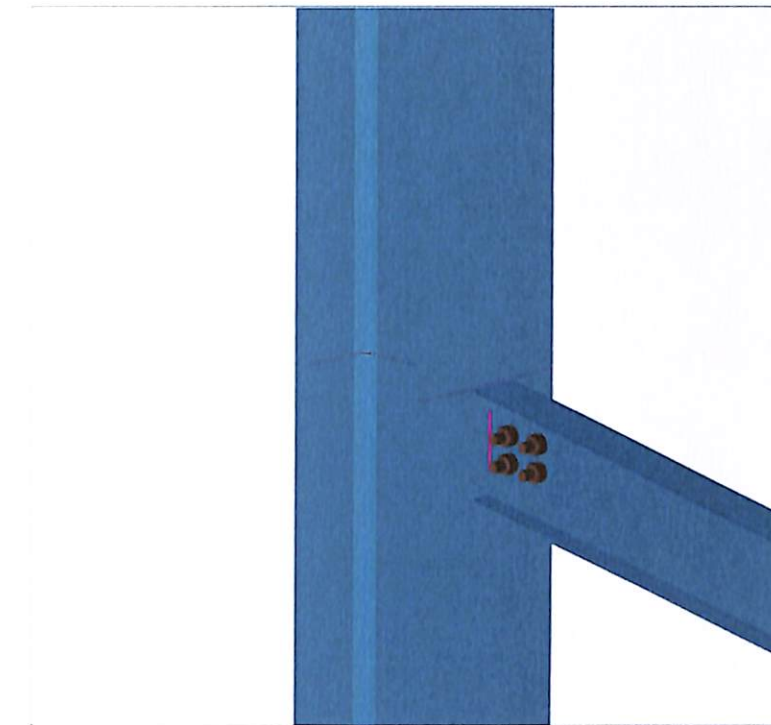
$k_{eff,3} = 1,20 \text{ mm}$

Ekvivalens erőkar (6.31):
Ekvivalens merevségi tényező (6.29):

$z_{eq} = 314,29 \text{ mm}$
 $k_{eq} = 2,43 \text{ mm}$

Kezdeti merevség:
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:
Merevségi osztály:

$S_{j,ini} = 33628,98 \text{ kNm/rad}$
 $S_{j,sec} = 12820,02 \text{ kNm/rad}$
Merev



Csomópont dokumentáció

Mellékhajó gerenda-főhajó oszlop kapcsolata

| | |
|-----------------------------|---|
| Projekt: | Háromhajós ipari csarnok tervezése |
| Modell: | csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod |
| Tervező: | Homonnai Éva |
| Tervezési szabvány: | Eurocode |
| Használt nemzeti melléklet: | EN magyar NA |
| Keretszerkezet típusa: | merevítetlen |
| Csomóponti elrendezés: | Oszlop-gerenda csomópont (közbenső csomópont) |



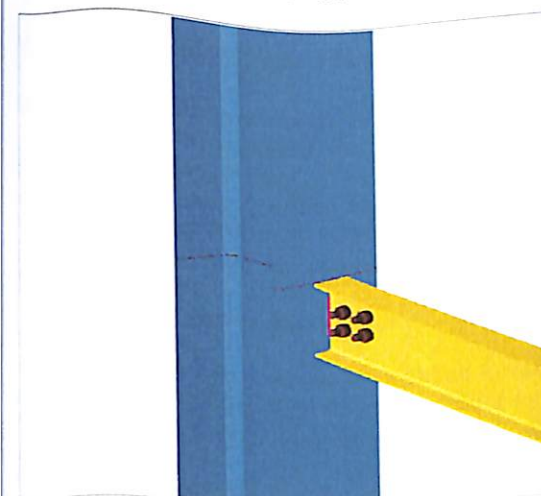
Tartalomjegyzék

1. Terhek táblázata
 - 1.1 1. Tehereset
2. Bal öv: Bekötőlemez gerendagerinc kapcsolat
 - 2.1 Kapcsolati kialakítás
 - 2.2 Eredmények
 - 2.2.1 Mértékadó terhelési eset
 - 2.2.1.1 1. Tehereset
 - 2.2.1.2 Összefoglalás
 - 2.2.1.3 Nyírási ellenállás



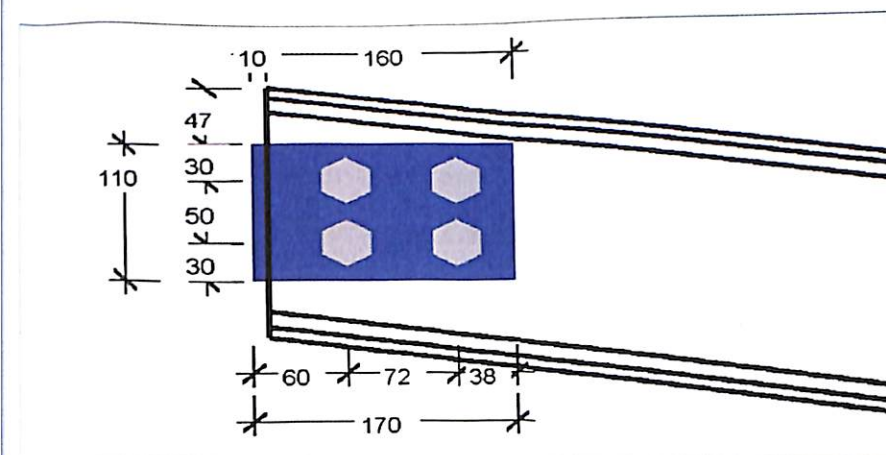
2. Bal öv: Bekötőlemez gerendagerinc kapcsolat

2.1 Kapcsolati kialakítás



Általános adatok:

| | |
|-------------------------|---|
| Gerenda: | IPE 200
S 235 EN 10025-2
Lb= 7000 mm |
| Gerenda helyzete: | Lx= 0 mm
Ly= 0 mm
a= -8,23 fok
b= 0,00 fok |
| Oszlop: | HEA 320
S 235 EN 10025-2 |
| Szerkezeti elem típusa: | Állandó keresztmetszet |
| Oszlop helyzete: | Lc= 6113 mm |



Komponensek:

| | |
|--------------|--|
| Homloklemez: | bp= 170,0 mm
hp= 110,0 mm
tp= 8,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= 47,0 mm |
| Csavarok: | M20 (ISO 7412)
8.8
w1= 60 mm
csavarfej a lemez felőli
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt |
| oldalon | |

2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 1. Tehereset

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Bal öv | -13,76 | 0,00 | 22,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oszlop fent | -59,26 | 0,00 | -43,04 | 0,00 | 69,16 | 0,00 |
| Oszlop lent | -59,26 | 0,00 | -43,04 | 0,00 | 69,16 | 0,00 |

2.2.1.2 Összefoglalás

Nyírási ellenállás:
Nyírási kihasználtság:

$V_{I,Rd} = 39,49$ kN
67 % Megfelelő

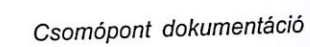
Mértékadó komponens
Bekötőlemez hajlítása:

$F_{fp,b,Rd} = 39,49$ kN

~T0000 Megjegyzés:

~T0000 A kapcsolat tervezési ellenállása a "Joints in Steel Construction Simple Joints to Eurocode 3" című könyv előírásai alapján készült (SCI Publication P358 ISBN: 978-1-85942-201-4).

2.2.1.3 Nyírási ellenállás


$$F_{Ed} = 26,61 \text{ kN}$$
$$F_{v,Rd} = 157,43 \text{ kN}$$
$$\begin{aligned} F_{b,fp,ver,Rd} &= 209,45 \text{ kN} \\ F_{b,fp,hor,Rd} &= 224,79 \text{ kN} \\ F_{b,fp,Rd} &= 141,65 \text{ kN} \\ F_{b,bw,ver,Rd} &= 163,72 \text{ kN} \\ F_{b,bw,hor,Rd} &= 225,70 \text{ kN} \\ F_{b,b,Rd} &= 111,58 \text{ kN} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} V_{fp,g,Rd} &= 94,02 \text{ kN} \\ V_{fp,n,Rd} &= 87,80 \text{ kN} \\ V_{eff,Rd} &= 139,72 \text{ kN} \end{aligned}$$
$$N_{t,gr,Rd} = 206,80 \text{ kN}$$

$$N_{u,net,Rd} = 136,86 \text{ kN}$$
$$F_{ww,Rd} = 137,18 \text{ kN}$$
$$V_{b,Rd} = 191,82 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 143,19 \text{ kN}$$
$$F_{fp,ltb,Rd} = 65,82 \text{ kN}$$
$$F_{fp,b,Rd} = 39,49 \text{ kN}$$

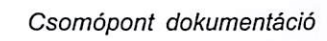
$V_{j,Rd} = 39,49 \text{ kN}$
67 % Megfelelő



Csomópont dokumentáció

Mellékhajó oszlop-gerenda kapcsolata

| | |
|-----------------------------|--|
| Projekt: | Háromhajós ipari csarnok tervezése |
| Modell: | csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod |
| Tervező: | Homonnai Éva |
| Tervezési szabvány: | Eurocode |
| Használt nemzeti melléklet: | EN magyar NA |
| Keretszerkezet típusa: | merevítetlen |
| Csomóponti elrendezés: | Oszlop-gerenda csomópont (felső csomópont) |



- 3
3
4
4
5
5
5
5
5
6
6
7
7



1. Terhek táblázata

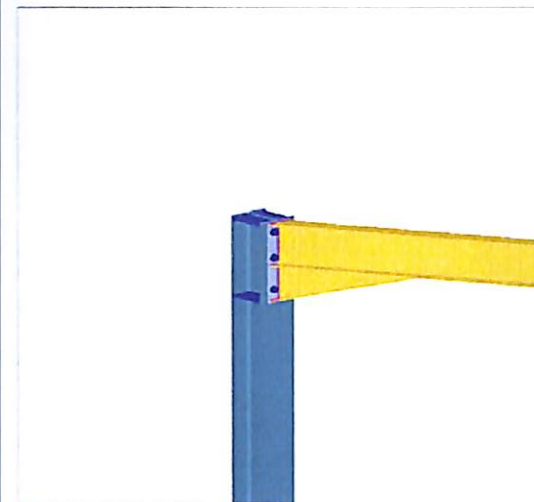
1.1 1. Tehereset

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Jobb öv | -18,87 | 0,00 | 23,50 | 0,00 | 35,31 | 0,00 |
| Oszlop fent | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oszlop lent | -26,14 | 0,00 | 14,99 | 0,00 | 35,31 | 0,00 |



2. Jobb öv: Nyomatékbíró homloklemezkes kapcsolat

2.1 Kapcsolati kialakítás

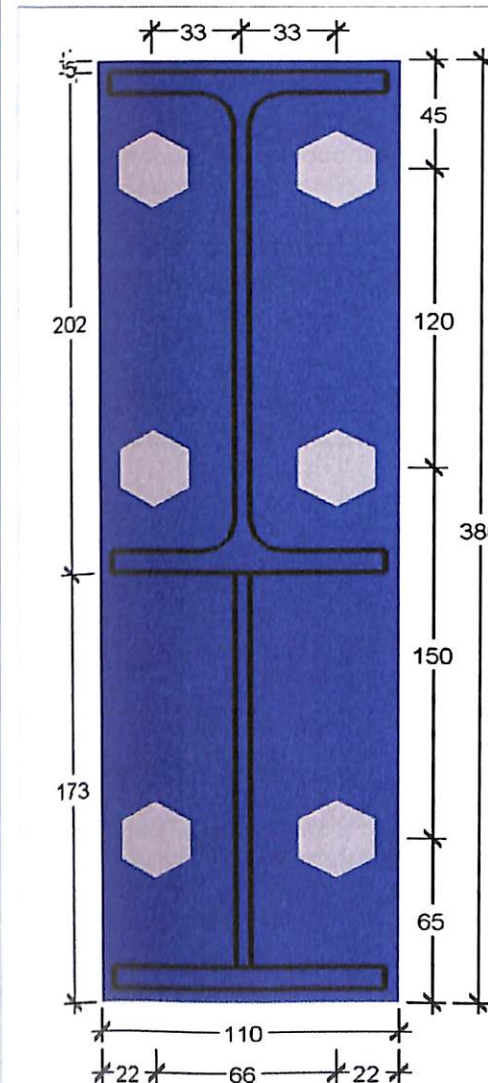


Általános adatok:

| | |
|-------------------------|--|
| Gerenda: | IPE 200
S 235 EN 10025-2
Lb= 7000 mm |
| Gerenda helyzete: | Lx= 0 mm
Ly= 0 mm
a= 8,23 fok
b= 0,00 fok |
| Oszlop: | HEA 180
S 235 EN 10025-2 |
| Szerkezeti elem típusa: | Állandó keresztmetszet |
| Oszlop helyzete: | Lc= 5100 mm
Lsr= 10 mm |

Komponensek:

| | |
|------------------------|--|
| Homloklemez: | bp= 110,0 mm
hp= 380,0 mm
tp= 10,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -5,0 mm |
| Csavarok: | M16 (ISO 7412)
5.8
w1= 22 mm
csavarfej a lemez felőli oldalon
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt |
| Varratok: | körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 3 mm
aw.w= 3 mm
aw.fl= 3 mm |
| Alsó kiékelés | kiékelés övlemezzel
Lw= 800 mm
hw= 159 mm
tw= 6 mm
aw.w= 3 mm
bf= 100 mm
tf= 9 mm
aw.f= 3 mm |
| Felső gerinc merevítő: | ts= 10 mm
aw= 4 mm |
| Alsó gerinc merevítő: | ts= 10 mm
aw= 4 mm |





2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 1. Tehereset

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Jobb öv | -18,87 | 0,00 | 23,50 | 0,00 | 35,31 | 0,00 |
| Oszlop fent | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oszlop lent | -26,14 | 0,00 | 14,99 | 0,00 | 35,31 | 0,00 |

2.2.1.2 Összefoglalás

| | |
|--|--|
| Nyomatéki ellenállás: | $M_{j,Rd} = 44,74 \text{ kNm}$ |
| Nyomatéki kihasználtság: | 79 % Megfelelő |
| Normálerő ellenállás: | $N_{j,Rd} = 931,09 \text{ kN}$ |
| Nyírási ellenállás: | $V_{j,Rd} = 175,16 \text{ kN}$ |
| Nyírási kihasználtság: | 13 % Megfelelő |
| Mértékadó varrat komponens: | Gerincvarrat |
| Mértékadó varrat kihasználtság: | 61 % Megfelelő |
| Kezdeti merevség: | $S_{j,ini} = 17988,83 \text{ kNm/rad}$ |
| Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség: | $S_{j,sec} = 11404,96 \text{ kNm/rad}$ |

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Merevségi osztály: | Merev |
| Szilárdsági osztály: | Részleges szilárdságú |

| | |
|--|---------------------------------|
| Mértékadó nyomott komponens: | |
| Oszlopgerinc keresztirányú nyírása (6.2.6.1): | $V_{wp,Rd} = 187,54 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzott komponens: | |
| 1. csavarsor | |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása: | $F_{t1,Rd} = 85,09 \text{ kN}$ |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |

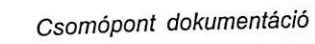
2.2.1.3 Nyomatéki ellenállás

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

| | |
|---|-----------------------------------|
| Oszlopgerinc keresztirányú nyírása (6.2.6.1): | $V_{wp,Rd} = 187,54 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú nyomása (6.2.6.2): | Nem releváns! |
| Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7): | $F_{c,fb,Rd} = 310,36 \text{ kN}$ |
| Kiévelt gerenda gerincének nyomása (6.2.6.7 (3)): | $F_{c,wb,Rd} = 179,67 \text{ kN}$ |

Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

| | |
|--|-----------------------------------|
| 1. csavarsor | |
| Erőkar: | $z_1 = 321 \text{ mm}$ |
| Egyedülálló csavarsor | |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{t,wc,Rd} = 140,63 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{t,fc,Rd} = 100,35 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{t,ep,Rd} = 85,09 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{t,wb,Rd} = 186,61 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő: | $F_{t1,Rd} = 85,09 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| 2. csavarsor | |
| Erőkar: | $z_2 = 201 \text{ mm}$ |
| Egyedülálló csavarsor | |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{t,wc,Rd} = 140,63 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{t,fc,Rd} = 100,15 \text{ kN}$ |



| | |
|--|----------------------------------|
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{lep,Rd} = 84,77 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{twb,Rd} = 184,85 \text{ kN}$ |
| 1-2 csavarsor-csoport | $F_{twc,Rd} = 232,76 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{tfc,Rd} = 194,33 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{lep,Rd} = 166,32 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{twb,Rd} = 352,09 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{t2,Rd} = 81,23 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő: | |
| 1-2 csavarsor-csoport | |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| 3. csavarsor | |
| Erőkar: | $z_3 = 51 \text{ mm}$ |
| Egyedülálló csavarsor | |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{twc,Rd} = 140,63 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | $F_{tfc,Rd} = 100,35 \text{ kN}$ |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{lep,Rd} = 83,54 \text{ kN}$ |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{twb,Rd} = 178,15 \text{ kN}$ |
| 2-3 csavarsor-csoport | $F_{twc,Rd} = 242,11 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{tfc,Rd} = 202,29 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | Nem releváns! |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | Nem releváns! |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | |
| 1-3 csavarsor-csoport | $F_{twc,Rd} = 265,70 \text{ kN}$ |
| Oszlopgerinc keresztirányú húzása (6.2.6.3): | $F_{tfc,Rd} = 296,47 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv keresztirányú hajlítása (6.2.6.4): | Nem releváns! |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | Nem releváns! |
| Gerendagerinc húzása (6.2.6.8): | $F_{t3,Rd} = 21,23 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő: | |
| Homloklemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| az oszlopgerinc keresztirányú nyírásával redukálva | |
| Nyomatéki ellenállás: | $M_{j,Rd} = 44,74 \text{ kNm}$ |
| Nyomatéki kihasználtság: | 79 % Megfelelő |
| Szilárdsági osztály: | Részleges szilárdságú |

Nyomási ellenállás

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Nyomott övek száma: | 3 |
| Mértékadó nyomott komponens: | $F_{c,Rd} = 310,36 \text{ kN}$ |
| Normálerő ellenállás: | $N_{j,Rd} = 931,09 \text{ kN}$ |

Csavarok nyírása (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

| | |
|---|-----------------------------------|
| Húzott és nyírt csavarok interakciós ellenállása: | $F_{v,Rd} = 175,16 \text{ kN}$ |
| <i>Palástnyomás (MSZ EN 1993-1-8 3.6)</i> | |
| Palástnyomás az oszlop övén: | $F_{b,fc,Rd} = 656,64 \text{ kN}$ |
| Palástnyomás a homloklemezen: | $F_{b,ep,Rd} = 476,16 \text{ kN}$ |



Varratok ellenállása (MSZ EN 1993-1-8 4.5)

Gerincvarrat nyírási ellenállása:

$F_{wv,Rd} = 398,95 \text{ kN}$

Nyírási ellenállás:

$V_{j,Rd} = 175,16 \text{ kN}$

Nyírási kihasználtság:

13 % Megfelelő

2.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása

Gerincvarrat ellenállása:

$F_{wv,Rd} = 398,95 \text{ kN}$

Varrat kihasználtság:

61 % Megfelelő

Felső övvarrat ellenállása:

$F_{wfu,Rd} = 130,13 \text{ kN}$

Varrat kihasználtság:

0 % Megfelelő

Alsó övvarrat ellenállása:

$F_{wfl,Rd} = 130,13 \text{ kN}$

Varrat kihasználtság:

0 % Megfelelő

Alsó kiékelés övvarratának ellenállása:

$F_{whl,Rd} = 141,98 \text{ kN}$

Varrat kihasználtság:

0 % Megfelelő

2.2.1.7 Merevség

Nyomott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

Oszlopgerinc keresztirányú nyírása:

$k_1 = 2,11 \text{ mm}$

Oszlopgerinc keresztirányú nyomása:

Nem releváns!

Húzott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

1. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,89 \text{ mm}$

$k_4 = 14,96 \text{ mm}$

$k_5 = 6,28 \text{ mm}$

$k_{10} = 6,44 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

$k_{eff,1} = 1,57 \text{ mm}$

2. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,89 \text{ mm}$

$k_4 = 14,96 \text{ mm}$

$k_5 = 6,22 \text{ mm}$

$k_{10} = 6,44 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

$k_{eff,2} = 1,56 \text{ mm}$

3. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

$k_3 = 3,89 \text{ mm}$

$k_4 = 14,96 \text{ mm}$

$k_5 = 6,33 \text{ mm}$

$k_{10} = 6,44 \text{ mm}$

Hatékony merevségi tényező (6.30):

$k_{eff,3} = 1,57 \text{ mm}$

Ekvivalens erőkar (6.31):

$z_{eq} = 254,94 \text{ mm}$

Ekvivalens merevségi tényező (6.29):

$k_{eq} = 3,52 \text{ mm}$

Kézdeti merevség:

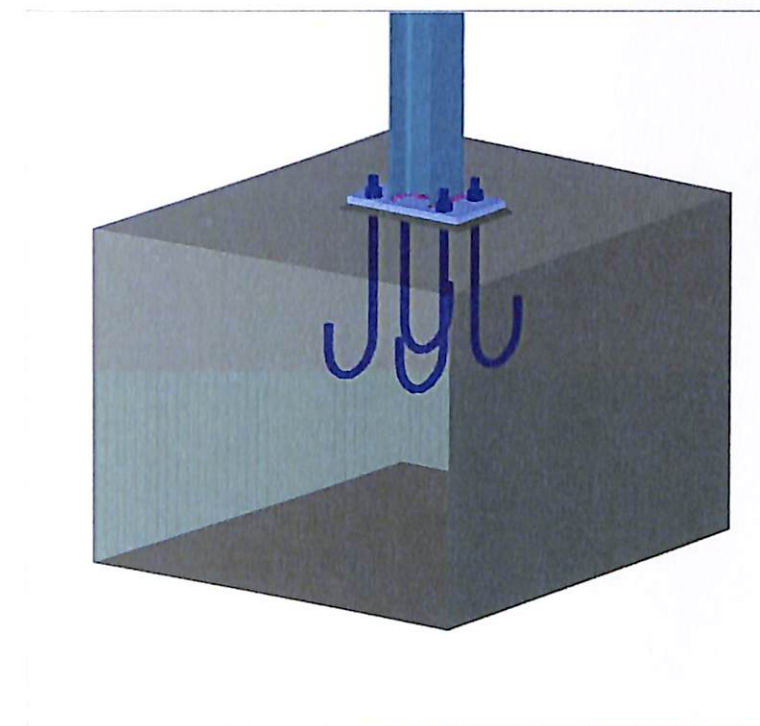
$S_{j,ini} = 17988,83 \text{ kNm/rad}$

Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:

$S_{j,sec} = 11404,96 \text{ kNm/rad}$

Merevségi osztály:

Merev

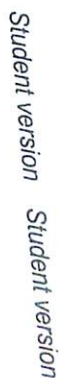


Csomópont dokumentáció

Mellékhajó oszlop-alap kapcsolata

Projekt:
Modell:
Tervező:
Tervezési szabvány:
Használt nemzeti melléklet:
Keretszerkezet típusa:
Csomóponti elrendezés:

Háromhajós ipari csarnok tervezése
csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod
Homonnai Éva
Eurocode
EN magyar NA
merevítetlen
Oszloptalp csomópont



2 / 6 oldal

- Háromhajós ipari csarnok tervezése

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|----------------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Oszlop talp síkjában | -28,18 | 0,00 | 22,60 | 0,00 | -44,82 | 0,00 |

| Elem neve | N [kN] | V _y [kN] | V _z [kN] | M _x [kNm] | M _y [kNm] | M _z [kNm] |
|-----------------------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Oszlop talp sikkjában | -28,18 | 0,00 | 22,60 | 0,00 | -44,82 | 0,00 |

A 3D perspective diagram showing a yellow vertical pile foundation. The pile is connected to a grey rectangular pile cap. The cap is secured with four blue bolts. Four blue U-shaped piles are shown extending downwards from the cap into a grey, blocky ground surface.

| | |
|-------------------------|---|
| Oszlop: | HEA 180
S 235 EN 10025-2 |
| Szerkezeti elem típusa: | Állandó keresztmetszet |
| Alaptest: | Szélesség $bb = 1600$ mm
Hossz: $ab = 1400$ mm
Magasság: $hb = 1200$ mm
$hs = 0$ mm
$bsa = 0$ mm
$bsb = 0$ mm
$ex = 0$ mm
$ey = 0$ mm
Anyagminőség: C20/25 EN 1992-1-1:2010 |

Anyagminőség:
 Alsó betonfedés: 40 mm
 Hosszirányú vasalás X irányban:
 $a_{sx} = 100,00 \text{ mm}^2/\text{m}$
 Átmérő: 12 mm
 Keresztirányú vasalás Y irányban:
 $a_{sy} = 100,00 \text{ mm}^2/\text{m}$
 Átmérő: 12 mm

2016.05.24.



Csomópont dokumentáció

- Komponensek:

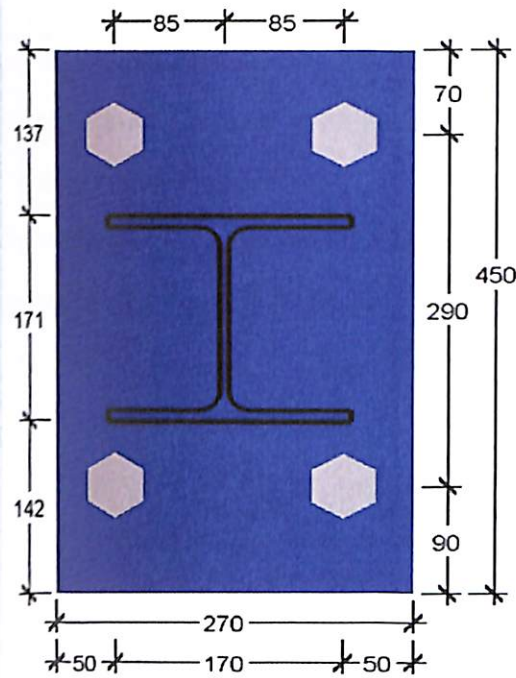
Talplemez:

bp= 270,0 mm
hp= 450,0 mm
tp= 25,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -137,0 mm
- Csavarok:

M30 (700/100)
5.8
w1= 50 mm
csavaranya a lemez felőli oldalon
alátét az anya alatt
- Varratok:

körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 5 mm
aw.w= 5 mm
aw.fl= 5 mm
- Kiöntés:

tg= 20 mm
C16/20 EN 1992-1-1:2010



2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 Csomóponti terhek

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|----------------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Oszlop talp síkjában | -28,18 | 0,00 | 22,60 | 0,00 | -44,82 | 0,00 |

2.2.1.2 Összefoglalás

- Nyomatéki ellenállás:

Nyomatéki kihasználtság:

Normálerő ellenállás:

Normálerő kihasználtság:

Nyírási ellenállás:

Nyírási kihasználtság:

Mértékadó varrat komponens:

Mértékadó varrat kihasználtság:

Kezdeti merevség:

Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:
- $M_{j,Rd} = 49,19 \text{ kNm}$
91 % Megfelelő
 $N_{j,Rd} = 30,93 \text{ kN}$
91 % Megfelelő
 $V_{j,Rd} = 292,87 \text{ kN}$
8 % Megfelelő
Felső övvarrat
81 % Megfelelő
 $S_{j,im} = 24619,49 \text{ kNm/rad}$
 $S_{j,sec} = 10588,91 \text{ kNm/rad}$

- Merevségi osztály:

Mértékadó komponensek:

Bal oldal

Oszlopöv alatti beton nyomása (6.2.6.9):

Jobb oldal

Talplemez keresztirányú hajlítása:
- Félmerev

$F_{c,pl,Rd} = 406,18 \text{ kN}$
 $F_{t,pl,Rd} = 213,93 \text{ kN}$



2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

Megjegyzés:

A számítás a lehorgonyzócsavar betonból való kiszakadásának ellenőrzését nem tartalmazza! A csavarban az EN 1993-1-8 szabvány szerint számított húzási ellenállással megegyező nagyságú erő léphet fel.

2.2.1.3 Részletes eredmények

Nyomatéki ellenállás

Terhelési eset (MSZ EN 1993-1-8 6.2.8.1)

Teher külpontossága: e= 1590 mm

Bal öv nyomott, jobb öv húzott (6.18 (c) ábra)

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

Bal oldal

| | |
|--|-----------------------------------|
| Erőkar (6.2.8.1): | $z_{C,l} = 81 \text{ mm}$ |
| Oszlopöv alatti beton nyomása (6.2.6.9): | $F_{c,pl,Rd} = 406,18 \text{ kN}$ |
| Oszlopöv és gerinc nyomása (6.2.6.7): | $F_{c,fc,Rd} = 472,70 \text{ kN}$ |
| Kiékeltszlop gerincének nyomása (6.2.6.7 (3)): | Nem releváns! |
| Mértékadó nyomóerő a bal oldalon: | $F_{C,l,Rd} = 406,18 \text{ kN}$ |

Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

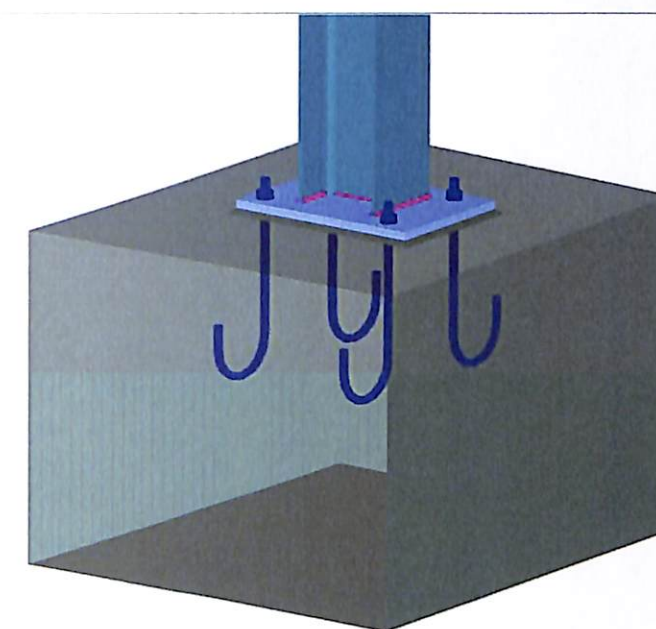
Jobb oldal

1. csavarsor

| | |
|--|-----------------------------------|
| Erőkar: | $z_1 = 138 \text{ mm}$ |
| Egyedülálló csavarsor | |
| Oszlopgerinc húzása (6.2.6.8): | Nem releváns! |
| Talplemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5): | $F_{t,pl,Rd} = 213,93 \text{ kN}$ |
| Mértékadó húzóerő (6.2.6.5): | $F_{t1,Rd} = 213,93 \text{ kN}$ |
| Talplemez keresztirányú hajlítása | |
| 2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása | |
| Egyedülálló csavarsor | |

Eredő mértékadó húzóerő: $F_{T,r,Rd} = 213,93 \text{ kN}$
Eredő erőkar (6.2.8.1): $z_{T,r} = 138 \text{ mm}$

Erőkar: $z = 218 \text{ mm}$
Nyomatéki ellenállás: $M_{j,Rd} = 49,19 \text{ kNm}$
Nyomatéki kihasználtság: 91 % Megfelelő



Csomópont dokumentáció

Főhajó oszlop-alap kapcsolata

Projekt:
Modell:
Tervező:
Tervezési szabvány:
Használt nemzeti melléklet:
Keretszerkezet típusa:
Csomóponti elrendezés:

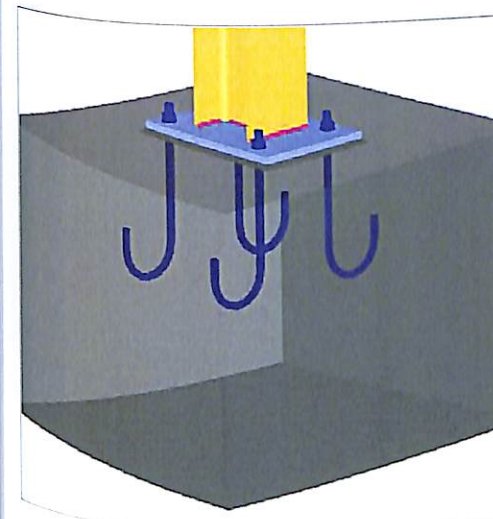
Háromhajós ipari csarnok tervezése
csarnok modell_0520_kapcsolatok
Homonnai Éva
Eurocode
EN magyar NA
merevítetlen
Oszloptalp csomópont

1. Terhek táblázata
 - 1.1 1. Tehereset
2. Oszloptalp: Talplemezes kapcsolat
 - 2.1 Kapcsolati kialakítás
 - 2.2 Eredmények
 - 2.2.1 Mértékadó terhelési eset
 - 2.2.1.1 Csomóponti terhek
 - 2.2.1.2 Összefoglalás
 - 2.2.1.3 Részletes eredmények



2. Oszloptalp: Talplemezes kapcsolat

2.1 Kapcsolati kialakítás



Általános adatok:

Oszlop: HEA 320
S 235 EN 10025-2
Szerkezeti elem típusa: Állandó keresztmetszet
Alaptest: Szélesség $bb = 1600 \text{ mm}$
Hossz: $ab = 1400 \text{ mm}$
Magasság: $hb = 1200 \text{ mm}$
 $hs = 0 \text{ mm}$
 $bsa = 0 \text{ mm}$
 $bsb = 0 \text{ mm}$
 $ex = 0 \text{ mm}$
 $ey = 0 \text{ mm}$
Anyagminőség: C20/25 EN 1992-1-1:2010

Alsó vasalás:

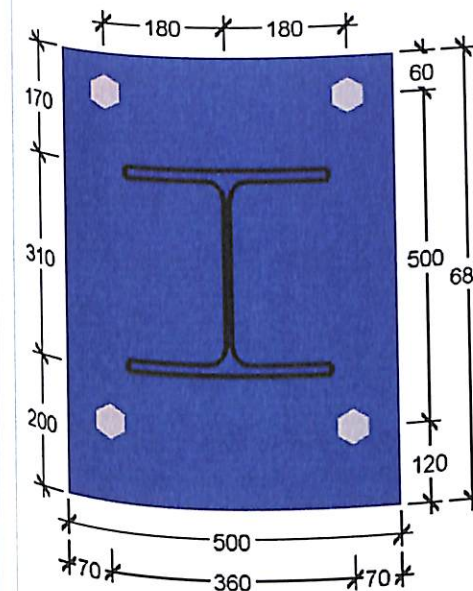
Anyagminőség:
Alsó betonfedés: 40 mm
Hosszirányú vasalás X irányban:
 $a_{sx} = 100,00 \text{ mm}^2/\text{m}$
Átmérő: 12 mm
Keresztirányú vasalás Y irányban:
 $a_{sy} = 100,00 \text{ mm}^2/\text{m}$
Átmérő: 12 mm

Oszlop helyzete:

$L_c = 8000 \text{ mm}$



Csomópont dokumentáció



| | |
|---------------------|--|
| Komponensek: | |
| Talplemez: | bp= 500,0 mm
hp= 680,0 mm
tp= 30,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -170,0 mm |
| Csavarok: | M30 (700/100)
5.8
w1= 70 mm
csavaranya a lemez felőli oldalon
alátét az anya alatt |
| Varratok: | körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 8 mm
aw.w= 5 mm
aw.fl= 8 mm |
| Kiöntés: | tg= 20 mm
C20/25 EN 1992-1-1:2010 |

2.2 Eredmények

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

2.2.1.1 Csomóponti terhek

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Oszlop talp síkjában | -384,87 | 0,00 | 52,90 | 0,00 | -192,91 | 0,00 |

2.2.1.2 Összefoglalás

Nyomatéki ellenállás:
Nyomatéki kihasználtság:
Normálerő ellenállás:
Normálerő kihasználtság:
Nyírási ellenállás:
Nyírási kihasználtság:
Mértékadó varrat komponens:
Mértékadó varrat kihasználtság:
Kezdeti merevség:
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:

$M_{j,Rd} = 201,69$ kNm
96 % Megfelelő
 $N_{j,Rd} = 402,38$ kN
96 % Megfelelő
 $V_{j,Rd} = 364,21$ kN
15 % Megfelelő
Felső övvarrat
86 % Megfelelő
 $S_{j,m} = 95394,98$ kNm/rad
 $S_{j,sec} = 35995,85$ kNm/rad

Félmerev

$F_{c,pl,Rd} = 933,83$ kN
 $F_{t,pl,Rd} = 372,63$ kN

Merevségi osztály:

Mértékadó komponensek:
Bal oldal

Oszlopöv alatti beton nyomása (6.2.6.9):

Jobb oldal

Talplemez keresztirányú hajlítása:

2016.05.24.

Háromhajós ipari csarnok tervezése



2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

Megjegyzés:

A számítás a lehorgonyzócsavar betonból való kiszakadásának ellenőrzését nem tartalmazza! A csavarban az EN 1993-1-8 szabvány szerint számított húzási ellenállással megegyező nagyságú erő léphet fel.

2.2.1.3 Részletes eredmények

Nyomatéki ellenállás

Terhelési eset (MSZ EN 1993-1-8 6.2.8.1)

$e = 501 \text{ mm}$

Teher külpontossága:

Bal öv nyomott, jobb öv húzott (6.18 (c) ábra)

Nyomott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

Bal oldal

$z_{c,l} = 147 \text{ mm}$

Erőkar (6.2.8.1):

$F_{c,pl,Rd} = 933,83 \text{ kN}$

Oszlopöv alatti beton nyomása (6.2.6.9):

$F_{c,fc,Rd} = 1299,15 \text{ kN}$

Oszlopöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):

Nem releváns!

Kiékeltszlop gerincének nyomása (6.2.6.7 (3)):

$F_{c,l,Rd} = 933,83 \text{ kN}$

Mértékadó nyomóerő a bal oldalon:

Húzott komponensek (MSZ EN 1993-1-8 6.2.6)

Jobb oldal

1. csavarsor

$z_1 = 235 \text{ mm}$

Erőkar:

Nem releváns!

Egyedülálló csavarsor

$F_{t,pl,Rd} = 372,63 \text{ kN}$

Oszlopgerinc húzása (6.2.6.8):

$F_{t1,Rd} = 372,63 \text{ kN}$

Talplemez keresztirányú hajlítása (6.2.6.5):

Mértékadó húzóerő (6.2.6.5):

$F_{t,r,Rd} = 372,63 \text{ kN}$

Talplemez keresztirányú hajlítása

$z_{t,r} = 235 \text{ mm}$

2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása

Egyedülálló csavarsor

Eredő mértékadó húzóerő:

$z = 382 \text{ mm}$

Eredő erőkar (6.2.8.1):

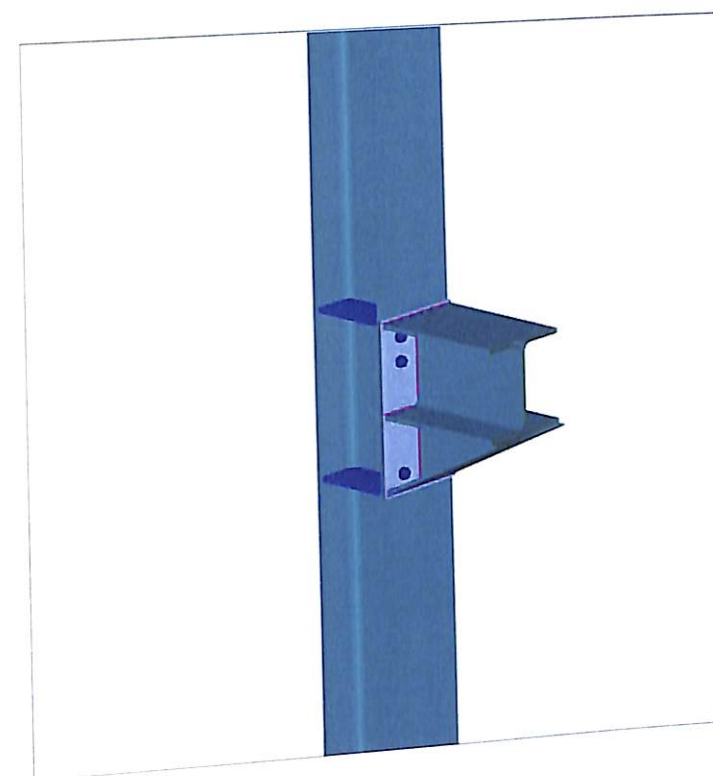
$M_{j,Rd} = 201,69 \text{ kNm}$

Erőkar:

96 % Megfelelő

Nyomatéki ellenállás:

Nyomatéki kihasználtság:



Csomópont dokumentáció

Oszlop- konzol kapcsolata

Projekt:
Modell:
Tervező:
Tervezési szabvány:
Használt nemzeti melléklet:
Keretszerkezet típusa:
Csomóponti elrendezés:

Háromhajós ipari csarnok tervezése
csarnok-modell_0520_kapcsolatok_mod
Homonnai Éva
Eurocode
EN magyar NA
merevítetlen
Oszlop-gerenda csomópont (közberső csomópont)

2016.05.24.

ConSteel 10



Tartalomjegyzék

1. Áltanános csomóponti hibák
2. Terhek táblázata
 - 2.1 1. Tehereset
3. Bal öv: Nyomatékbíró homloklemezkes kapcsolat
 - 3.1 Kapcsolati kialakítás
 - 3.2 Eredmények
 - 3.2.1 Mértékadó terhelési eset
 - 3.2.1.1 1. Tehereset
 - 3.2.1.2 Összefoglalás
 - 3.2.1.3 Nyomatéki ellenállás
 - 3.2.1.4 Normálerő ellenállás
 - 3.2.1.5 Nyírási ellenállás
 - 3.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása
 - 3.2.1.7 Merevség

Student version Student version Student version Student version Student version Student version Student version Student version
3
4
4
5
5
6
6
6
6
7
7
8
8



1. Áltanános csomóponti hibák

2. Terhek táblázata

2.1 1. Tehereset

| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Bal öv | -27,75 | 0,00 | -318,98 | 0,00 | 159,33 | 0,00 |
| Oszlop fent | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oszlop lent | -379,86 | 0,00 | -51,42 | 0,00 | 137,43 | 0,00 |

A diagram illustrating a connection between a yellow I-beam and a blue vertical column. The I-beam is positioned horizontally, and the column is vertical. A blue bracket is used to connect them, with four bolts visible on the bracket's face.

Gerenda: HEA 320
S 235 EN 10025-2
Lb= 500 mm

Gerenda helyezete: $L_x = 0 \text{ mm}$
 $L_y = 0 \text{ mm}$
 $a = 0,00 \text{ fok}$
 $b = 0,00 \text{ fok}$

Oszlop: HEA 320
S 235 EN 10025-2
Szerkezeti elem típusa: Állandó keresztmetszet

Oszlop helyzete: $L_c = 6000 \text{ mm}$

bp= 300,0 mm
hp= 570,0 mm
tp= 15,0 mm
S 235 EN 10025-2
ep= -10,0 mm

Csavarok: M20 (ISO 7412)
10.9
w1= 70 mm
csavarfej a lemez felőli oldal
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt

Varratok: körbefutó sarokvarrat
aw.fu= 3 mm
aw.w= 3 mm
aw.fl= 3 mm

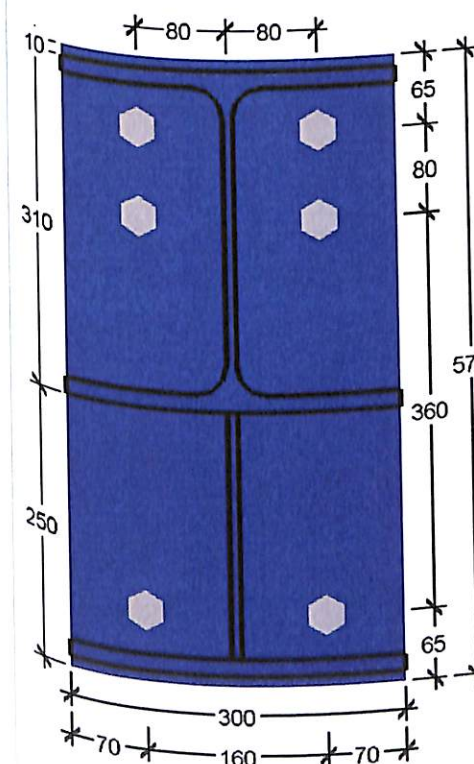
Alsó kiékelés

kiékelés övlemezzel
Lw= 500 mm
hw= 225 mm
tw= 9 mm
aw.w= 3 mm
bf= 300 mm
tf= 16 mm
aw.f= 3 mm

Felső gerinc merevítő: ts= 16 mm
aw= 4 mm

Övmerevítő:

merevítő lemez
 ts= 16 mm
 aw= 4 mm
 a1= 550 mm
 hs= 279 mm



$$F_{t,ep,Rd} = 243,81 \text{ kN}$$

$$F_{t,wb,Rd} = 796,07 \text{ kN}$$
$$\begin{aligned} F_{t,wc,Rd} &= 625,69 \text{ kN} \\ F_{t,fc,Rd} &= 499,07 \text{ kN} \\ F_{t,ep,Rd} &= 407,58 \text{ kN} \\ F_{t,wb,Rd} &= 1057,41 \text{ kN} \end{aligned}$$
$$F_{t2,Rd} = 222,64 \text{ kN}$$
$$z_3 = 40 \text{ mm}$$
$$\begin{aligned} F_{t,wc,Rd} &= 469,84 \text{ kN} \\ F_{t,fc,Rd} &= 278,93 \text{ kN} \\ F_{t,ep,Rd} &= 187,50 \text{ kN} \\ F_{t,wb,Rd} &= 486,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$F_{t,wc,Rd} = 739,82 \text{ kN}$
 $F_{t,fc,Rd} = 558,73 \text{ kN}$
 Nem releváns!
 Nem releváns!

$F_{t,wc,Rd} = 770,48 \text{ kN}$
 $F_{t,fc,Rd} = 791,25 \text{ kN}$
 Nem releváns!
 Nem releváns!

$$F_{t3,Rd} = 94,70 \text{ kN}$$

$M_{j,Rd} = 181,61 \text{ kNm}$
88 % Megfelelő
Névleges csuklós

$$F_{c,Rd} = 1106,83 \text{ kN}$$
$$F_{v,Rd} = 387,76 \text{ kN}$$
$$F_{b,fc,Rd} = 1322,29 \text{ kN}$$

$$F_{b,ep,Rd} = 1273,09 \text{ kN}$$

7 / 8 oldal

csarnok tervezése

Student version Student version

Student version



Varratok ellenállása (MSZ EN 1993-1-8 4.5)

Gerincvarrat nyírási ellenállása:

Nyírási ellenállás:
Nyírási kihasználtság:

$$F_{wv,Rd} = 561,20 \text{ kN}$$
$$V_{j,Rd} = 387,76 \text{ kN}$$

82 % Megfelelő

3.2.1.6 Hegesztési varratok ellenállása

Gerincvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

Felső övvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

Alsó övvarrat ellenállása:
Varrat kihasználtság:

Alsó kiékelés övvarratának ellenállása:
Varrat kihasználtság:

$$F_{wv,Rd} = 561,20 \text{ kN}$$

95 % Megfelelő

$$F_{wfu,Rd} = 410,10 \text{ kN}$$

0 % Megfelelő

$$F_{wfl,Rd} = 410,10 \text{ kN}$$

0 % Megfelelő

$$F_{whl,Rd} = 444,86 \text{ kN}$$

0 % Megfelelő

3.2.1.7 Merevség

Nyomott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

Oszlopgerinc keresztirányú nyírása:
Oszlopgerinc keresztirányú nyomása:

Húzott komponensek merevségi tényezői (MSZ EN 1993-1-8 6.3.2)

1. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

Hatékony merevségi tényező (6.30):

2. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

Hatékony merevségi tényező (6.30):

3. csavarsor

Oszlopgerinc keresztirányú húzása:
Oszlopöv keresztirányú hajlítása:
Homloklemez keresztirányú hajlítása:
Húzott csavarok:

Hatékony merevségi tényező (6.30):

Ekvivalens erőkar (6.31):
Ekvivalens merevségi tényező (6.29):

Kezdeti merevség:
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:
Merevségi osztály:

$$k_1 = 3,55 \text{ mm}$$

Nem releváns!

$$k_3 = 5,29 \text{ mm}$$
$$k_4 = 4,05 \text{ mm}$$
$$k_5 = 1,57 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 7,40 \text{ mm}$$
$$k_{eff,1} = 0,83 \text{ mm}$$

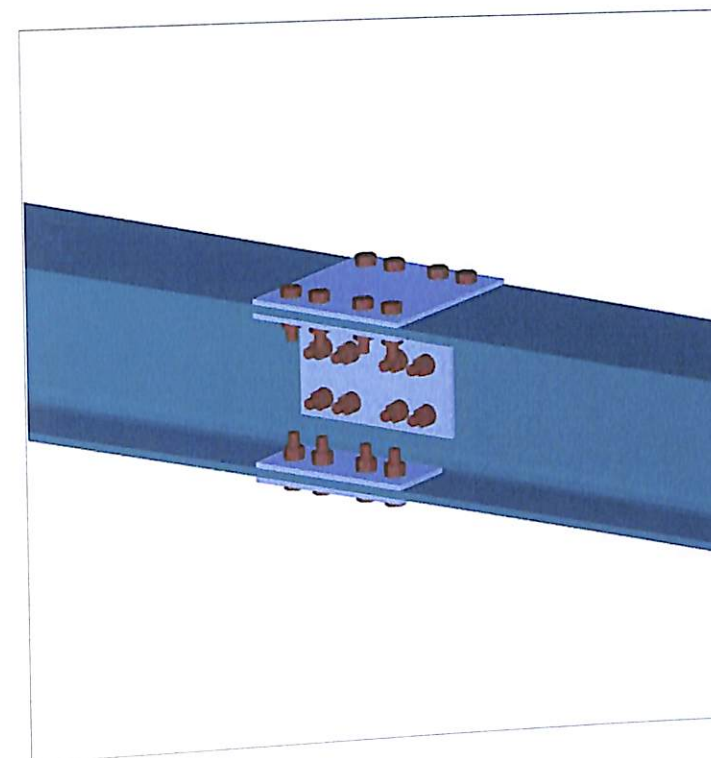
$$k_3 = 5,36 \text{ mm}$$
$$k_4 = 4,10 \text{ mm}$$
$$k_5 = 1,85 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 7,40 \text{ mm}$$
$$k_{eff,2} = 0,90 \text{ mm}$$

$$k_3 = 7,47 \text{ mm}$$
$$k_4 = 5,71 \text{ mm}$$
$$k_5 = 1,86 \text{ mm}$$
$$k_{10} = 7,40 \text{ mm}$$
$$k_{eff,3} = 1,02 \text{ mm}$$

$$Z_{eq} = 421,36 \text{ mm}$$
$$k_{eq} = 1,90 \text{ mm}$$

$$S_{j,ini} = 46110,37 \text{ kNm/rad}$$
$$S_{j,sec} = 21971,31 \text{ kNm/rad}$$

Csuklós



Csomópont dokumentáció

Darupálya toldása

Projekt:
Modell:
Tervező:
Tervezési szabvány:
Használt nemzeti melléklet:
Keretszerkezet típusa:
Csomóponti elrendezés:

Háromhajós ipari csarnok tervezése
csarnok modell_0520_kapcsolatok
Homonnai Éva
Eurocode
EN magyar NA
merevítettlen
Gerendaillesztés

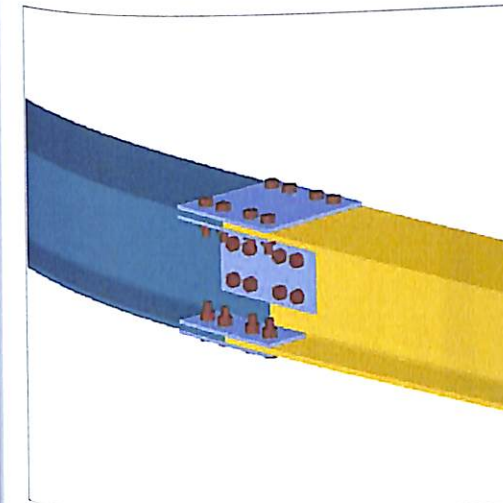
2016.06.02.

ConSteel 10

1.1 1. Tehereset

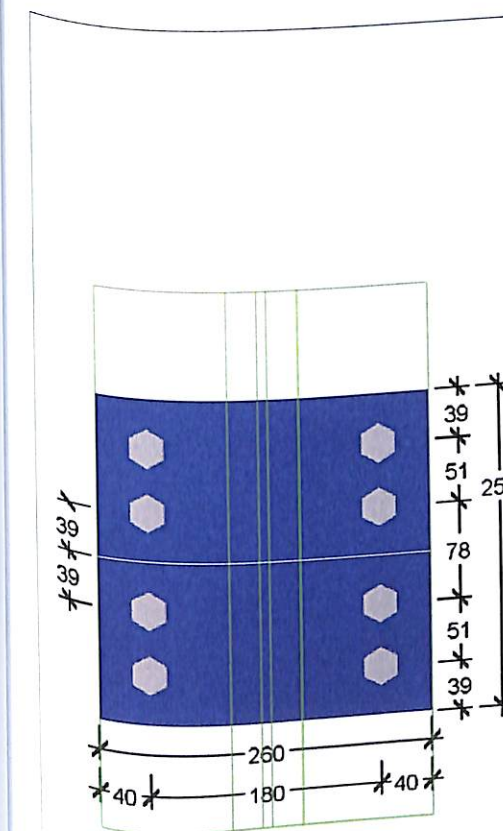
| Elem neve | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-----------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Bal öv | 0,00 | 0,00 | 166,00 | 0,00 | 3,09 | 0,00 |
| Jobb öv | 0,00 | 0,00 | 166,00 | 0,00 | 3,09 | 0,00 |

2.1 Kapcsolati kialakítás



Gerenda: HEA 260
S 235 EN 10025-2
Lb= 6000 mm

Gerenda helyzete: $L_x = 0 \text{ mm}$
 $a = 0,00 \text{ fok}$
 $b = 0,00 \text{ fok}$



Komponensek:
Hevederlemez

bp= 260,0 mm
hp= 258,0 mm
tp= 8,0 mm
S 235 EN 10025-2
Hézag
g= 0,0 mm

Belső hevederlemez: Igen
Külső hevederlemez: Igen

Csavarok: M16 (ISO 7412)
5.8
csavarfej a lemez felőli oldalán
alátét a csavarfej alatt
alátét az anya alatt
Nyírási sík a menetes részen: Nem

Csavarok vízszintes elhelyezése
Éltávolság
 $e_2 = 40 \text{ mm}$
Osztástávolság
 $p_2 = 180 \text{ mm}$
Csavarok vízszintes elhelyezése
Éltávolság
 $e_1 = 43 \text{ mm}$
Osztástávolság
 $p_1 = 49 \text{ mm}$



Csavarok:

Csavarok vízszintes elhelyezése
 Éltávolság
 $e_2 = 30 \text{ mm}$
 Osztástávolság
 $p_2 = 75 \text{ mm}$
 Csavarok vízszintes elhelyezése
 Éltávolság
 $e_1 = 43 \text{ mm}$
 Osztástávolság
 $p_1 = 49 \text{ mm}$

2.2.1 Mértékadó terhelési eset

| Elem neve | N [kN] | V _y [kN] | V _z [kN] | M _x [kNm] | M _y [kNm] | M _z [kNm] |
|-----------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Bal öv | 0,00 | 0,00 | 166,00 | 0,00 | 3,09 | 0,00 |
| Jobb öv | 0,00 | 0,00 | 166,00 | 0,00 | 3,09 | 0,00 |

Gerinc:

$F_{v,Db,Rd} = 77,21 \text{ kN}$
58 % Megfelelő
 $F_{b,Db,Rd} = 48,00 \text{ kN}$
93 % Megfelelő



Gerinclemez hajlítási ellenállása:
Hevederlemezek hajlítási kihasználtsága:

$M_{Rd,w} = 14,87 \text{ kNm}$
10 % Megfelelő

Folyási feltétel (EN 1993-1-1 6.1)

Összetett feszültség folyási feltétel alapján hevederlemezre:

Összetett feszültség folyási feltétel alapján gerinclemezre:

Lemezek folyási feltétel szerinti kihasználtsága:

$\sigma_{\varepsilon_{sp}} = 456,38 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{\varepsilon_{p1}} = 255,57 \text{ N/mm}^2$
109 % Nem megfelelő

Öv:

Igénybevételek:

Az övre ható nyomaték:

Egy övre ható összes normálerő:

$$M_{Ed,fl} = 13,32 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,fl} = 56,09 \text{ kN}$$

Csavarok nyírása (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

Összes csavar nyírási ellenállása az övön:

Összes csavar nyírási kihasználtsága az övön:

$F_{v,Rd,II} = 386,04 \text{ kN}$
15 % Megfelelő

Palástnyomás (MSZ EN 1993-1-8 3.6)

Összeállása a külső hevederlemezen:

Összes csavar palástnyomási ellenállása a külső hevederlemezen:
Összes csavar palástnyomási ellenállása a belső hevederlemezen:

Összes csavar palástnyomási ellenállása az övlemezen:

Összes csavar palástnyomási ellenállása:

Csavarok palástnyomási kihasználtsága::

$F_{b,Rd,osp} = 266,24 \text{ kN}$
 $F_{b,Rd,isp} = 266,24 \text{ kN}$
 $F_{b,Rd,fl} = 416,00 \text{ kN}$
 $F_{b,Rd,fl} = 416,00 \text{ kN}$
 13 % Megfelelő

Lemezek húzási és nyomási ellenállása az övön

Lemez húzási és nyomási ellenállása az övön

Külső hevederlemezek húzási és nyomási ellenállása teljes keresztmetszetre: $N_{Rd, gross, flisp} = 384,46 \text{ kN}$
 Belső hevederlemezek húzási és nyomási ellenállása teljes keresztmetszetre: $N_{Rd, gross, n} = 763,75 \text{ kN}$

Belső hevederlemezek húzási és nyírási ellenállása teljes keresztmetszetre:

Öblemez húzási és nyomási ellenállása teljes keresztmetszetre: $N_{Rd,net,fl,osp} = 464,49 \text{ kN}$
 Öblemez húzási és nyomási ellenállása nettó keresztmetszetre: $N_{Rd,net,fl,isp} = 349,40 \text{ kN}$

ellenállása nettó keresztmetszetre: $N_{Rd,net,fi,asp} = 349,40 \text{ kN}$
 ellenállása nettó keresztmetszetre: $N_{Rd,net,n} = 725,76 \text{ kN}$

Belső hevederlemezek húzási és nyomási ellenállása netto keresztmetszetre:

Övlemez húzási és nyomási ellenállása nettó keresztmetszetre: $N_{Rd,min,fl} = 725,76 \text{ kN}$
8 % Megfelelő

Lemezek húzási és nyomási ellenállása az övön:

Csoportos kiszakadási ellenállás (EN 1993-1-8 3.10.2)

...tis kiszakadási ellenállása:

Külső bevederlemezek csoportos kiszakadási ellenállása:

Belső hevederlemezek csoportos kiszakadási ellenállása:

$V_{\text{eff,Rd}, \text{fl,osp}} = 279,61 \text{ kN}$
 $V_{\text{eff,Rd}, \text{fl,isp}} = 349,40 \text{ kN}$
 9 % Megfelelő