

SZENT ISTVÁN
EGYETEM



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Mechanika és tartószerkezetek szakcsoport

Magasépítési szakirány

Szakdolgozat

Háromhajós, daruzott ipari csarnok

Készítette: Ronga Máté

Konzulens: Horváth Katalin

Budapest

2015



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 2015

Ronga Máté

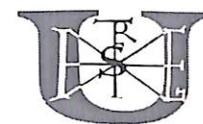
Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

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

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek 12⁰⁰

Budapest, 2015. május 28.


Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



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

Részletes feladatkiírás

Ronga Máté

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Háromhajós, daruzott ipari csarnok tervezése

című szakdolgozatához

Feladat leírása

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

Geometriai kialakítás, terhek

A csarnok hét keretállásból áll, a keretállások távolsága 6,60 m (1 – 7 tengelyek).

A csarnok főhajó oszlopok tengelytávolsága 18,00 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 : 17,00 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 ~9,30 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, 2015. május 28.

Horváth Katalin
Horváth Katalin
belső konzulens

Műszaki leírás

Háromhajós, acél szerkezetű, daruzott ipari csarnok
kivitelezéséhez

SZIE YMÉK

Ronga Máté



1. A feladat ismertetése

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

2. Tervezés adatai

2.1 Geometriai adatok

A csarnok hét keretállásból áll, a keretállások távolsága 6,6 méter.

A főhajó teljes belmagassága 9,00 méter, vállmagassága: 8,00 méter

A mellékhajó teljes belmagassága 5,9 méter, vállmagassága: 5,10 méter

Az főhajó oszlopainak tengelytávolsága 18 méter, illetve a főhajó oszlopaitól a mellékhajó oszlopainak tengelytávolsága 7 méter.

A csarnok hőszigetelt.

A csarnokba telepítésre kerülő daru:

Tengelytávolsága: 17,00 méter.

Sínkorona magassága: 5,00 méter.

Teherbírása: 5 tonna.

A $\pm 0,00$ szint megegyezik a csarnokoszlop alaptestének felső síkjával, valamint ugyancsak egybeesik az ipari padló felső vonalával.

A csarnokba való bejutást a személyzeti ajtókon kívül még három darab 3,00x3,00 méter méretű ipari kapu biztosítja.

2.2 Terhelési adatok

A csarnok terhelései az állandó terhekből (önsúly), hasznos terhekből, és esetleges terhekből áll. A hasznos terhelés a daru keréknyomásaiból adódik, melyek a következők:

K1=123 kN K2=99 kN

K3=50 kN K4=40 kN

Az esetleges terhek a szél és a hó teher, ahol a figyelembe vett tengerszint feletti magassága 300m alatt van.

2.3 Anyagminőségek

Az épületbe tervezett elemek anyaga és anyagminősége:

Idomacél anyaga:

S 235 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

Csavaranyag minőség:

10.9 $f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$ $f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$

Betonminőség:

C 20/25 $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ $f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2$

Betonacél minőség:

B 500 $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$

2.4 Talajadatok

A talajfeltárások során, a fúrások alapján a talajrétegződés a következő:

	$\rho_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\rho_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\phi \text{ (}^\circ\text{)}$	$C \text{ (kPa)}$	$E \text{ (MN/m}^2\text{)}$
humusz (0,00 m-0,30 m)	1,70	1,80	-	-	-
homok (0,30 m-5,10 m)	1,90	2,10	32	10	25
kavics (5,10 m-8,00 m)	1,95	2,00	34	-	60
agyag (8,00 m-10,00 m)	1,70	1,85	10	105	12

A helyszíni feltárások során a talajvíz a felszín alatt **7,00** méteres mélységben jelentkezett.

2.5 Felhasznált szabványok, és programok

EC: A tartószerkezetek tervezésének alapjai MSZ EN 1990

EC1: Hóteher MSZ EN 1991-1-3

EC1: Szélhatás MSZ EN 1991-1-4

EC3: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok MSZ EN 1993-1-1

EC3: Csomópontok tervezése MSZ EN 1993-1-8

LINDAB tervezési segédletek

MSZ EN 1991-1-5: Darupályatartók terhei

MSZ EN 1993-1-6: Acél darupályatartók méretezése

A számítások **AXIS-VM 12** véges elemes számítógépes program felhasználásával készültek.

A LINDAB szelvények és burkolati elemek a **Dimroof v3.5** programmal lettek méretezve.

A darupálya toldása és a merevítő keret kapcsolata **CONSTEEL Jonit 9.0** méretező program segítségével készült.

A rajzok elkészítéséhez **Autodesk AutoCAD** és **AutoCAD Structural Detailing** programokat használtam.

3. A csarnok adatai

3.1 Szerkezet kialakítása, statikai váz

A csarnok keretállásai sarok merev keretként lettek méretezve. A keret oszlopok és az alaptest kapcsolata befogott kialakítású.

A darupálya tartó többtámaszú gerendaként van méretezve, mely a darusínt teljes hosszában alátámasztja.

A falváz oszlopok csuklósan kapcsolódnak mindkét végükön.

3.2 Szelvények

A keret fő acél elemei:

Főhajó oszlop:	HEA 340
Főhajó gerenda:	IPE 450
Mellék hajó oszlop:	HEA 220
Mellék hajó gerenda:	IPE 300
Darupályát tartó konzol:	IPE 330
Darupálya tartó:	HEB 340
Falváz oszlop:	HEA 180

A csavaros kapcsolatok kialakítását lásd a csatolt terveken. A csatlakozó elemeket össze kell fűzni.

3.3 LINDAB elemek

Méretezésük a LINDAB által kiadott Dimroof v3.5 programmal történt.

Alkalmazott szelvények:

A trapézlemezek:

Főhajó felső trapézlemeze:	LTP 45 / 0,5 mm
Mellék hajó felső trapézlemeze:	LTP 45 / 0,6 mm
Tető alsó trapézlemeze:	LTP 45 / 0,5 mm
Oldalfal trapézlemeze:	LVP 20 / 0,5 mm
Oldalfal belső trapézlemeze:	LVP 20 / 0,5 mm

A Z szelemenek:

Tető Z szelemen:	Z 200/2,5 mm
Oldalfal Z szelemen:	Z 200/1,5 mm

A LINDAB tartószerkezeti elemeket az L-1 jelű terv mutatja.

3.4 A csarnok merevítése

A csarnokban a két szélső mezőben került kialakításra a merevítés, melyek a tetősíkban és a falsíkban is egyaránt betervezettek.

Kialakításukat az M-1, M-2 tervrajzszámú rajzok tartalmazzák.

Alkalmazott szelvények:

Oldalfali rácsozás húzott rúd:	Tömör acél körszelvény $\varnothing 20$
Oldalfali rácsozás nyomott rúd:	HEA100
Tető síkjában a nyomott rúd:	HEA100
Tető síkjában húzott rúd:	Tömör acél körszelvény $\varnothing 20$

A daru hosszirányú fékezőerejéből származó igénybevételeket a daru síkjában kialakított kerettel vesszük fel, melyet szintén a két szélső mezőben helyezünk.

Részletes kialakítása az M-2 rajzon látható.

Alkalmazott szelvény:

Nyomatékbíró kapcsolattal keretgerenda:	HEA140
---	--------

A kapcsolatok csavarozottak, kialakításuk szerint, csomólemezekhez csatlakoznak. A csomólemezek a keretállásokra hegesztett kapcsolattal a gyártó által rögzítendő.

3.5 Lehorgonyzás, alapozás

A lehorgonyzó csavarok:

Csavar anyagminősége: 10.9

A csavaralátét és a csavaranya minősége megfelel a csavar minőségének.

Az alaptestek pontalapok, melyeknek kialakítása az A-1 jelű csatolt terven található.

Az alaptesteket 20 cm vastag talpgerendával kell összekötni a süllyedés csökkentése és azonos mértéke végett.

Az alaptestek alatt 20 cm vastagon homokos kavics ágyazatot kell kialakítani.

Az alaptestek és a talpgerenda betonminősége: C 20/25

Statikai számítás

Háromhajós, daruzott ipari csarnok

SZIE-YMÉK

Ronga Máté



Tartalomjegyzék

1	Kiindulási adatok	5
1.1	A szerkezet bemutatása	5
1.2	Anyagminőségek	5
1.3	Felhasznált szabványok	5
2	Geometria.....	6
3	Terhek a főhajón	7
3.1	Állandó terhek	7
3.2	Esetleges terhek	7
4	Terhek a mellékhajón	14
4.1	Állandó terhek	14
4.2	Esetleges terhek	15
5	Főhajó külső trapézlemezének méretezése	21
5.1	Statikai váz	21
5.2	Terhek	23
5.3	Teherkombinációk	24
5.4	Eredmények	25
6	Főhajó "Z" szelemenének méretezése.....	25
6.1	Statikai váz	25
6.2	Keresztmetszet.....	25
6.3	Terhek	27
6.4	Teherkombinációk	29
6.5	Eredmények	30
7	Mellékhajó külső trapézlemezének méretezése	30
7.1	Statikai váz	30
7.2	Terhek	32
7.3	Teherkombinációk	34
7.4	Eredmények	35
8	Mellékhajó "Z" szelemenének méretezése	35
8.1	Statikai váz	35
8.2	Keresztmetszet.....	35
8.3	Terhek	37
8.4	Teherkombinációk	40
8.5	Eredmények	41
	Darupálya statikai számítás	41
9	Kiindulási adatok, darupálya méretezéséhez.....	41

.....	41
9.1 Felhasznált szabványok	41
9.2 Darupálya terhei	41
10 Darupálya mértékadó terhei	43
10.1 Teherbírási határállapot (ULS)	43
10.2 Használhatósági határállapot (SLS)	44
11 Darupálya igénybevételei	44
11.1 Állandó teher	44
11.2 Keréknyomás	45
11.3 Igénybevételek a fékezőerőből a terhelt oldalon:	45
11.4 Lehajlás vizsgálata	46
11.5 Támaszerők a terhelt oldalon	47
11.6 Támaszerők a terheletlen oldalon	49
11.7 Igénybevételek a terheletlen oldalon	49
12 Daru méretezése	50
12.1 Darupálya tartó méretezése	50
12.2 Darupálya tartó toldásának méretezése (CONSTEEL Joint 9.0)	54
12.3 Darupálya tartó konzol méretezése	56
13 Főhajó keret igénybevételek	60
13.1 Statikai váz	60
13.2 Anyagminőség	60
13.3 Keresztmetszetek	60
13.4 Állandó teher	61
13.5 Esetleges terhek	61
14 Mellékhajó keret terhei	66
14.1 Állandó teher	67
14.2 Esetleges teher	72
14.3 Teherkombinációk	73
15 Keresztmetszetek ellenőrzése	73
15.1 Mértékadó igénybevételek (AXIS)	75
15.2 Főhajó oszlopainak ellenőrzése	77
15.3 Mellékhajó oszlopainak ellenőrzése	79
15.4 Főhajó gerenda ellenőrzése	81
15.5 Mellékhajó gerenda ellenőrzése	83
15.6 Stabilitásvizsgálatok	87
16 Csomópontok méretezése	87
16.1 Főhajó oszlop-gerenda kapcsolat	87

16.2	Mellékrajó oszlop-gerenda kapcsolat.....	93
16.3	Főhajó gerenda-gerenda kapcsolat.....	100
16.4	Főhajó talplemezének méretezése.....	102
16.5	Mellékrajó talplemezének méretezése	105
16.6	Mellékrajó gerenda és főhajó oszlop kapcsolata.....	109
17	Merevítés	110
17.1	Falvázoszlop méretezése.....	110
17.2	Szélrács, hosszökötés méretezése	116
17.3	Daru síkjában hosszirányú merevítés.....	117
17.4	Szélrácsok kapcsolata	120
18	Alapozás	121
18.1	Főhajó oszlop alapozásának méretezése	121
18.2	Mellékrajó oszlop alapozásának méretezése	123
18.3	Falváz oszlop alapozásának méretezése	126

1 Kiindulási adatok

1.1 A szerkezet bemutatása

A csarnok szerkezete egy háromhajós, daruzott, hőszigetelt acélszerkezetű csarnok, ahol a héjazat és a szelemen Lindab trapézlemezzel, illetve Lindab Z hidegen alakított lemezzel van megoldva.

fő keretoszlopok tengelytávolsága	18,0 m	csarnok padlószint	$\pm 0,00 = 140\text{mBf}$
fő váll tengelymagasság	8,00m		
mellék kereto. tengelytávolsága	7,00 m		
mellék váll tengelymagasság	5,10 m		
keretoszlop típusa	befogott	terepviszonyok	szokásos
keretállások távolsága	6,60m		
keretállások száma	7 db		
héjazat és szelemen	Lindab trapézlemez Lindab Z	terepkategória	III.
tető hajlásszöge	12%		

1.2 Anyagminőségek

1.2.1 Acél

Jele: S235 $t \leq 40\text{mm}$ (EN 10025)

Rugalmassági modulus: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

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

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

Lin. hőtágulási együttható: $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

Sűrűség: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

1.2.2 Beton

Jele: C20/25-X0-24-F2

Rugalmassági modulus: $E_{cm} = 29 \text{ GPa}$

Nyomószil. karakterisztikus értéke: $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$

Nyomószil. tervezési értéke $f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2$

Sűrűség: $\gamma_s = 2400 \text{ kg/m}^3$

1.3 Felhasznált szabványok

A statikai számítás során az alábbi szabályzatok előírásait vettük figyelembe:

EC: A tartószerkezetek tervezésének alapjai MSZ EN 1990

EC1: Hóteher MSZ EN 1991-1-3

EC1: Szélhatás MSZ EN 1991-1-4

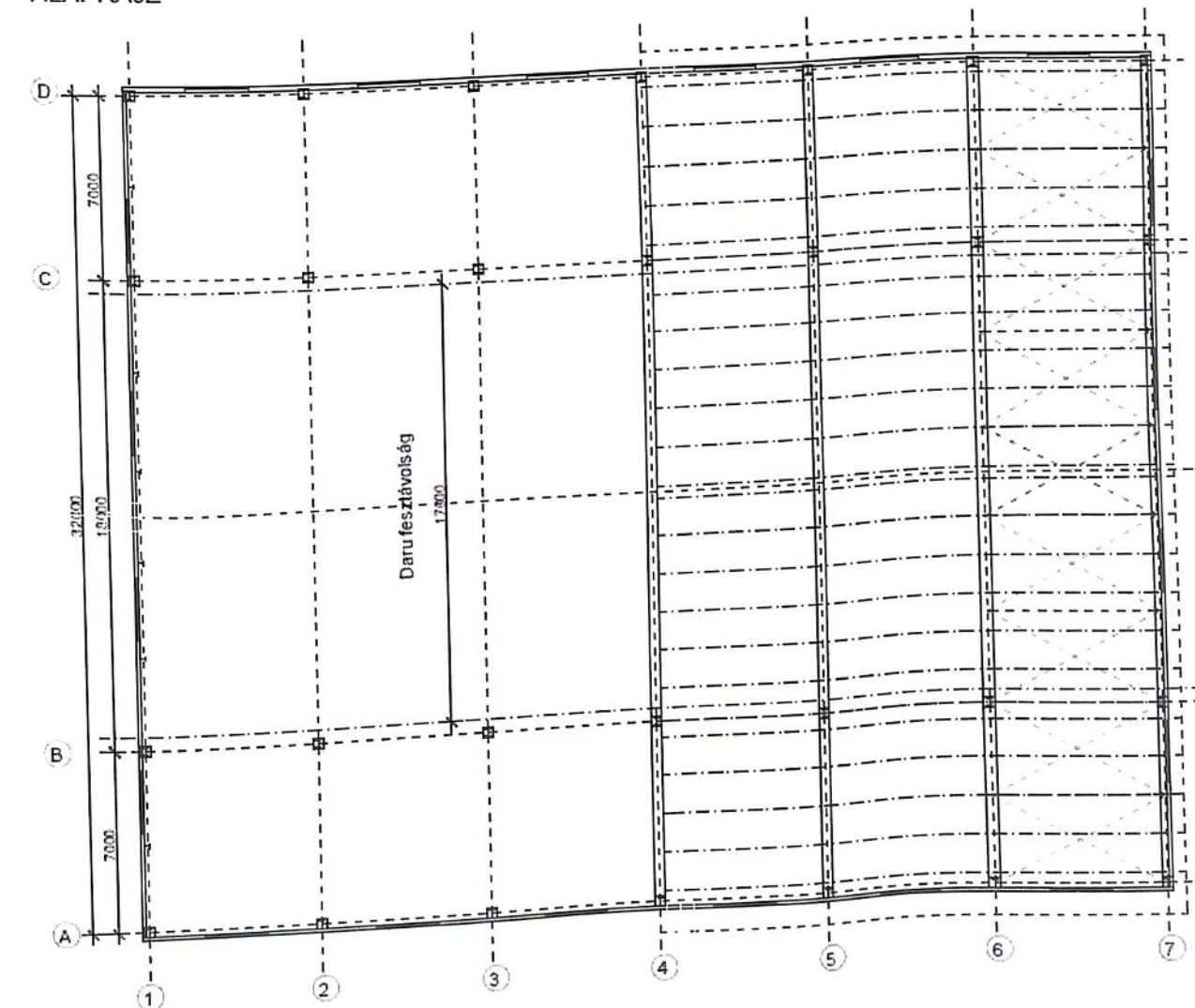
EC3: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok MSZ EN 1993-1-1

EC3: Csomópontok tervezése MSZ EN 1993-1-8

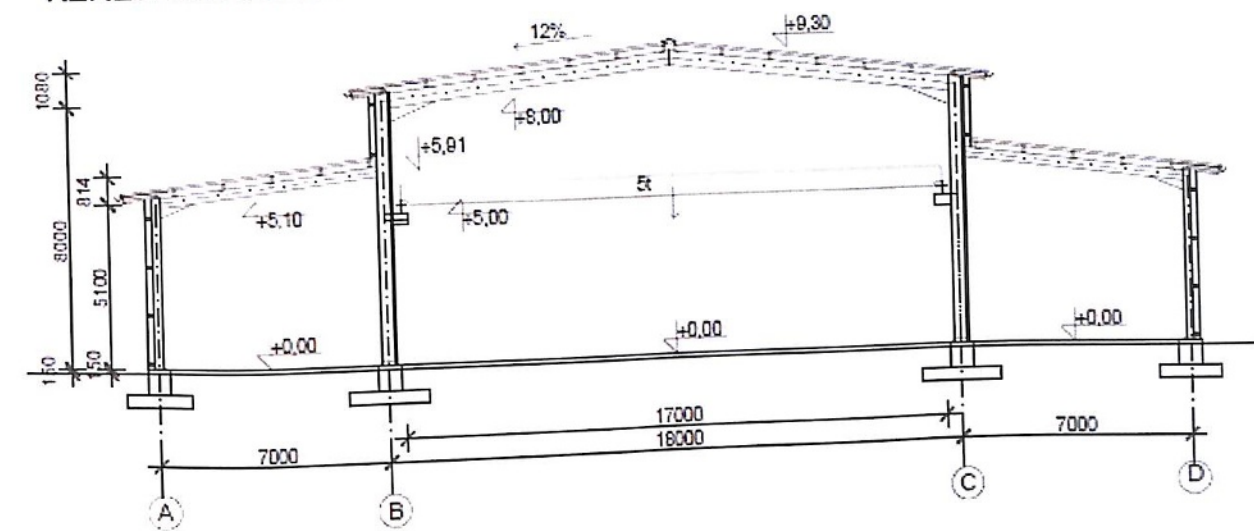
LINDAB tervezési segédletek

2 Geometria

ALAPRAJZ



KERESZTMETSZET

3 Terhek a főhajón3.1 Állandó terhek3.1.1 Tető önsúly

LTP 45/0,5 tető héjazat

$$0,054 \text{ kN/m}^2$$

Z200/2,5 szelemen

$$0,0724 \text{ kN/m}$$

15cm hőszigetelés

$$0,25 \text{ kN/m}^2$$

párazáró fólia

$$0,014 \text{ kN/m}^2$$

LTP20/0,5 belső tarpézlemez

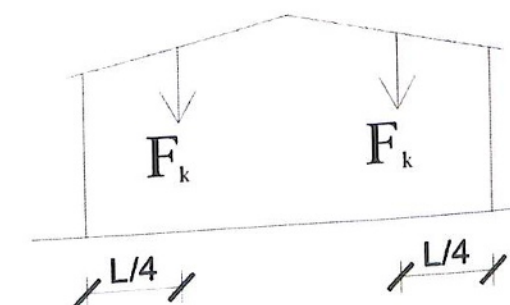
$$0,047 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2 Tartószerkezet önsúly (AXIS)3.1.3 Egyéb állandó teher (gépezési teher)

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

$$F_k = \gamma \cdot F_k = 1,35 \cdot 5 = 6,75 \text{ kN}$$

$$L/4 = 18/4 = 4,5 \text{ m}$$

3.2 Esetleges terhek

$$(\gamma=1,5)$$

3.2.1 Hóteher

$$\alpha = 7^\circ$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

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

$$C_t = 1,00$$

$$C_e = 1,00 \text{ (szokásos)}$$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 0,8, \quad \text{ha } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$$

$$\mu_2 = 0,8 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{30}\right) = 1,0$$

$$s_2 = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

Nincs a felső szakaszcól lecsúszó hó mennyiség.

$$\mu_s = 0,0 \quad \alpha < 15^\circ$$

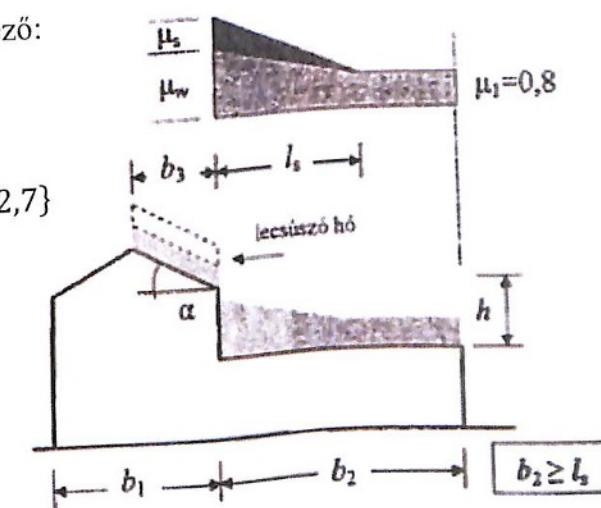
A szél átrendező hatásához tartozó alaki tényező:

$$l_s = \min\{5\text{m}; 2h\} \Rightarrow l_s = 2h = 3,4\text{m}$$

$$\mu_w = \min\left\{4,0; \frac{b_1 + b_2}{2h}; \frac{\gamma_{seth}}{s_k}\right\} = \{4,0; 5,8; 2,7\}$$

$$\mu_w = 2,7$$

$$s_w = 2,7 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 3,4 \text{ kN/m}^2$$



3.2.2 Szélteher

Biztonsági tényezők: $\gamma_Q = 1,5$; $\psi_{w0} = 0,6$; $\psi_{w1} = 0,5$

$$\text{Külső: } W_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

$$\text{Belső: } W_i = q_p(z_i) \cdot C_{pi}$$

3.2.3 Az alap értékű szélteherhez tartozó szélnyomás (torlónyomás) q_b

$$\frac{h}{b} = \frac{9,60}{18,00} \leq 1,00 \Rightarrow z_i = z_e = h$$

$$z = 9,60\text{m}$$

$$\text{Levegő sűrűsége: } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

3.2.4 Az alapértékű szélsősebesség

$$v_b = c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_{b,0}, \text{ ahol}$$

$$c_{\text{dir}} = 0,85$$

$$c_{\text{season}} = 1,00$$

$$v_{b,0} = 23,6 \text{ m/s}$$

$$v_b = 0,85 \cdot 1,00 \cdot 23,6 = 20,0 \text{ m/s}$$

$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot 0,00125 \cdot 20^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

3.2.5 A szélső értékű szélteherhez tartozó szélnyomás (torlónyomás) $q_{p(z)}$

$$q_{p(z)} = c_{e(z)} \cdot q_{b(z)}$$

$$q_{p(z)} = 0,423 \text{ kN/m}^2 \text{ (táblázatból)}$$

3.3 "C" alaki tényezők meghatározása

3.3.1 Külső trapézlemez, keresztirányú szélhatás ($C_{pe,1}$)

$$(\Theta=0^\circ) e = \min \begin{cases} b = 40,6\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 9,6 = 19,2\text{m} \end{cases}$$

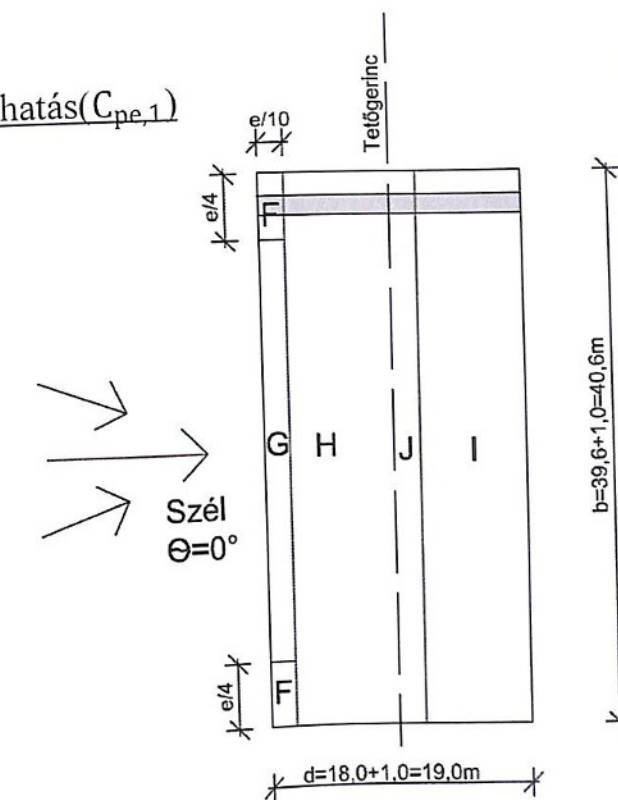
$$e = 19,2\text{m}$$

$$e/10 = 1,92\text{m}$$

$$e/4 = 4,8\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

F és H zóna lesz a mértékadó.



F zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,5 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,0 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -2,4$$

H zóna: szívás:

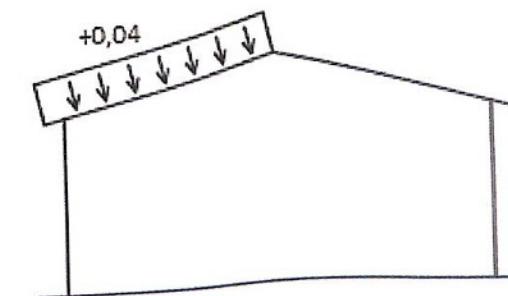
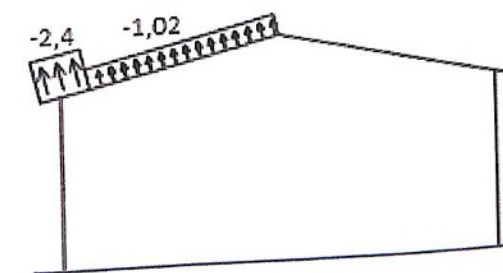
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,3 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^H = -1,02$$

nyomás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & +0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^F = +0,04$$

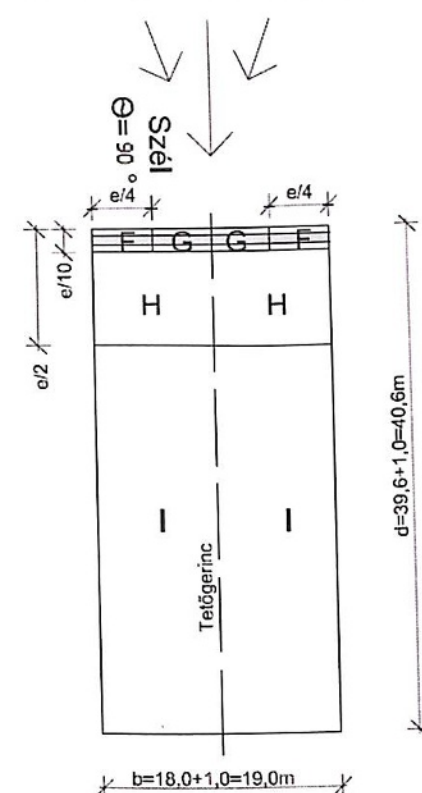
nyomás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & +0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^H = +0,04$$



3.3.2 Külső trapézlemez, hosszirányú szélhatás ($C_{pe,1}$)

($\Theta=90^\circ$)



$$e = \min \begin{cases} b = 19,0\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 9,6 = 19,2\text{m} \end{cases}$$

$$e = 19,0\text{m}$$

$$e/10 = 1,90\text{m}$$

$$e/4 = 4,75\text{m}$$

$$e/2 = 9,5\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

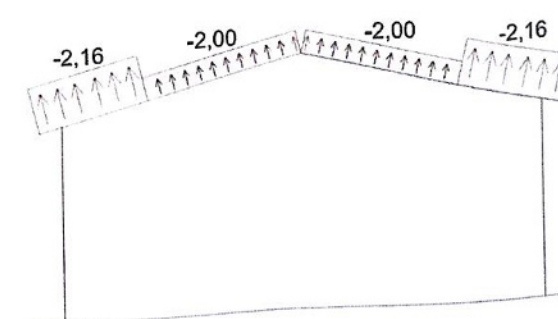
F és G zóna lesz a mértékadó.

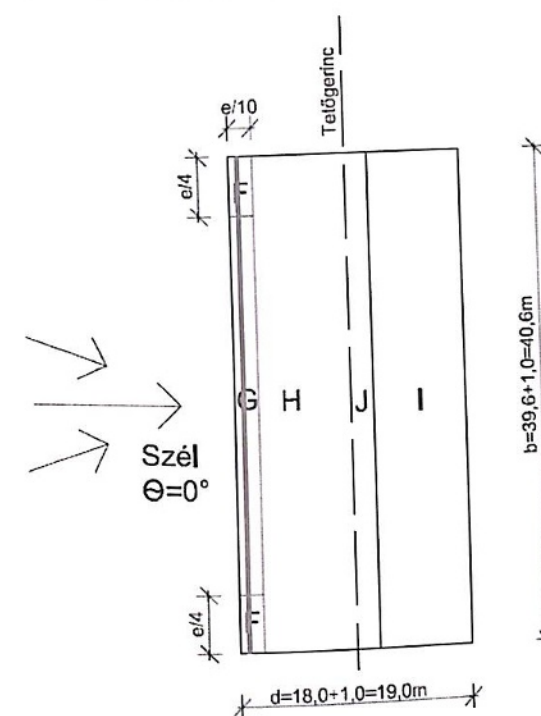
F zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,2 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,0 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -2,16$$

G zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,0 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,0 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^G = -2,0$$



3.3.3 "Z" szelemen keresztirányú szél hatása ($C_{pe,10}$)

$$e = \min \begin{cases} b = 40,6\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 9,6 = 19,2\text{m} \end{cases}$$

$$e = 19,2\text{m}$$

$$e/10 = 1,92\text{m}$$

$$e/4 = 4,80\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

Mértékadó az F és G zóna

F zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,7 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,9 \end{matrix} \} C_{pe,sz}^F = -1,54$$

nyomás:

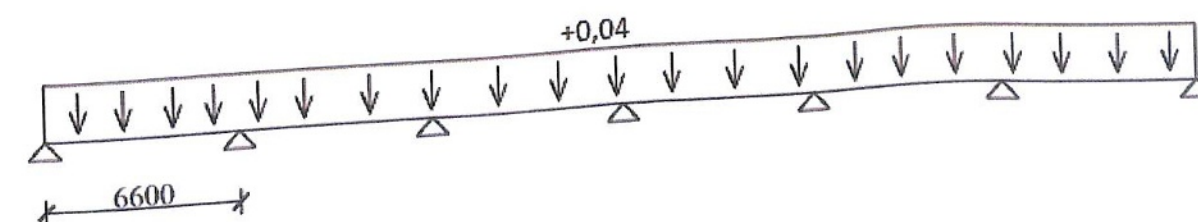
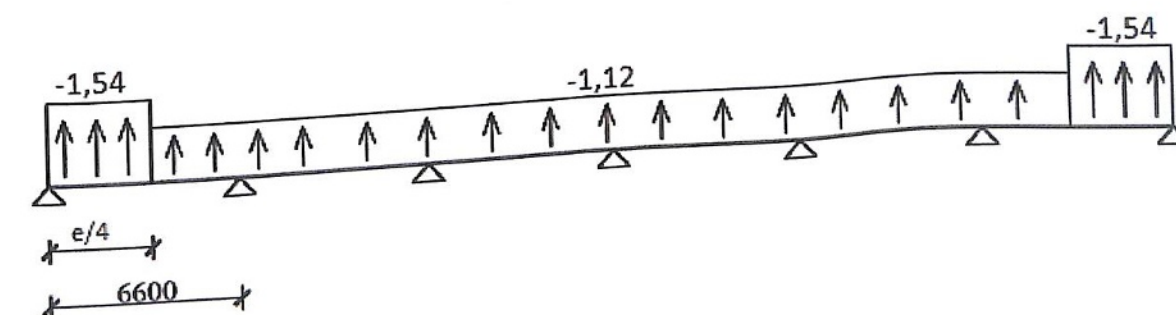
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & 0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & 0,2 \end{matrix} \} C_{pe,ny}^F = +0,04$$

G zóna: szívás:

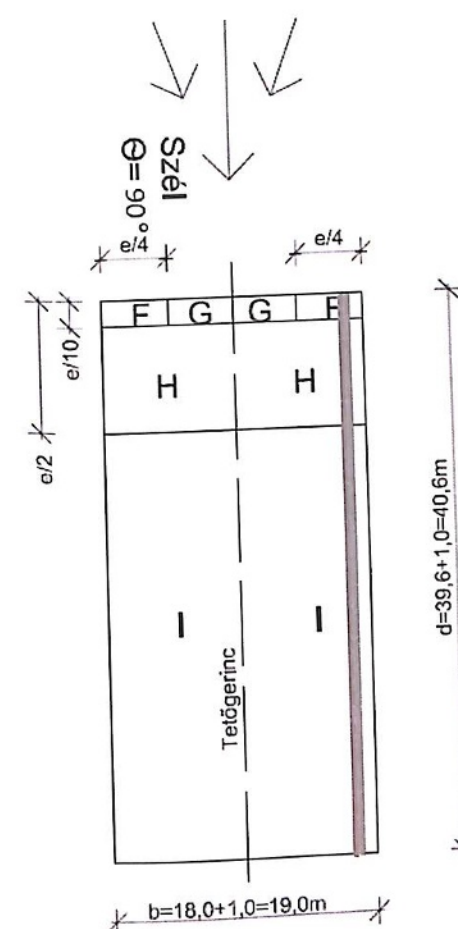
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,8 \end{matrix} \} C_{pe,sz}^G = -1,12$$

nyomás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & 0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & 0,2 \end{matrix} \} C_{pe,ny}^G = +0,04$$



Terhek a főhajlón

3.3.4 "Z" szelemen hosszirányú szél hatása ($C_{pe,10}$)

$$e = \min \begin{cases} b = 19,0\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 9,6 = 19,2\text{m} \end{cases}$$

$$e = 19,00\text{m}$$

$$e/10 = 1,9$$

$$e/4 = 4,75\text{m}$$

$$e/2 = 9,5\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

F, H és I zóna lesz a mértékadó.

F zóna: szívás:

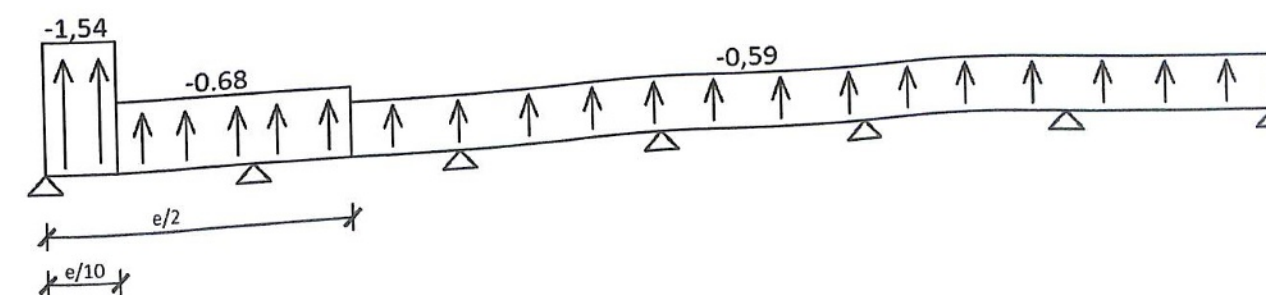
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,6 \\ 15^\circ \rightarrow & -1,3 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -1,54$$

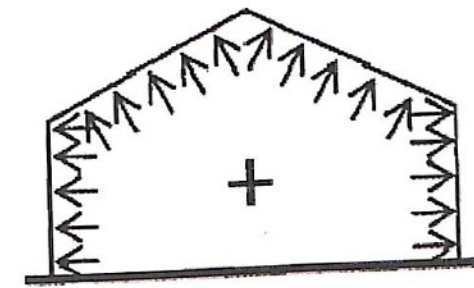
H zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -0,7 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,6 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^H = -0,68$$

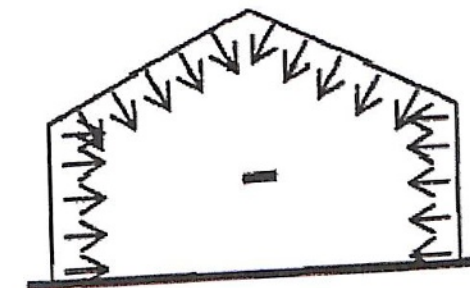
I zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,5 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^I = -0,59$$



3.3.5 Belső szélnyomás

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

3.3.6 Belső szélszívás

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

4 Terhek a mellékrajzon4.1 Állandó terhek4.1.1 Tető önsúly

LTP 45/0,5 tető héjazat

0,054 kN/m²

Z200/2,5 szelemen

0,0724 kN/m

15cm hőszigetelés

0,25 kN/m²

párázáró fólia

0,014 kN/m²

LTP20/0,5 belső tarpézlemez

0,047 kN/m²4.1.2 Tartószerkezet önsúly

$$s_w = 2,7 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 3,4 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2 Szélteher

$$\text{Biztonsági tényezők: } \gamma_Q = 1,5; \quad \Psi_{w_0} = 0,6; \quad \Psi_{w_1} = 0,5$$

$$\text{Külső: } W_e = q_p(z_e) \cdot C_{p_z}$$

$$\text{Belső: } W_i = q_p(z_i) \cdot C_{p_i}$$

4.2.2.1 Az alap értékű szélteherhez tartozó szélnyomás (torlónyomás) q_b

$$\frac{h}{b} = \frac{6,50}{7,00} \leq 1,00 \Rightarrow z_i = z_e = h$$

$$z = 6,50 \text{ m}$$

4.2.2.2 Az alapértékű szélesebség:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \text{ ahol}$$

$$c_{dir} = 0,85$$

$$c_{season} = 1,00$$

$$v_{b,0} = 23,6 \text{ m/s}$$

$$v_b = 0,85 \cdot 1,00 \cdot 23,6 = 20,0 \text{ m/s}$$

$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot 0,00125 \cdot 20^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2.3 A szélső értékű szélteherhez tartozó szélnyomás (torlónyomás) $q_{p(z)}$

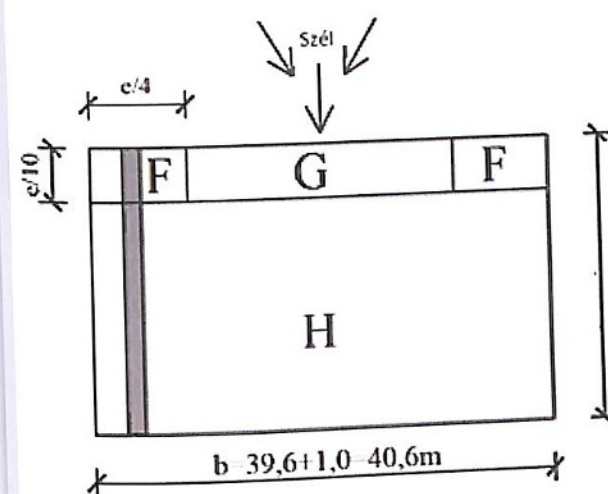
$$q_{p(z)} = c_{e(z)} \cdot q_{b(z)}$$

$$q_{p(z)} = 0,361 \text{ kN/m}^2$$

4.2.3 C" alaki tényezők meghatározása

4.2.3.1 Külső trapézlemez, keresztirányú szélhatás ($C_{pe,1}$)

$$(\theta=0^\circ)$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

F és H zóna lesz a mértékadó.

F zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,5 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,0 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -2,4$$

H zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,3 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^H = -1,02$$

$$e = \min \begin{cases} b = 40,6\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 6,5 = 13,00\text{m} \end{cases}$$

$$e = 13,00\text{m}$$

$$e/10 = 1,30\text{m}$$

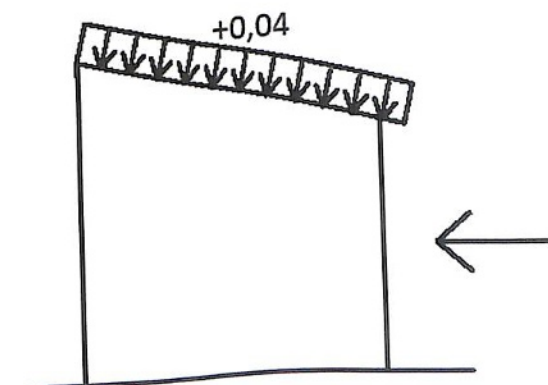
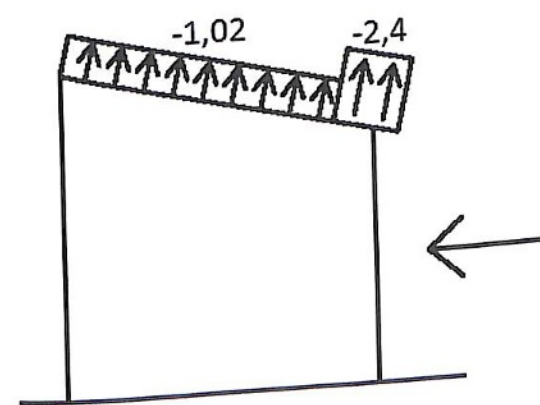
$$e/4 = 3,25\text{m}$$

nyomás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & +0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^F = +0,04$$

nyomás:

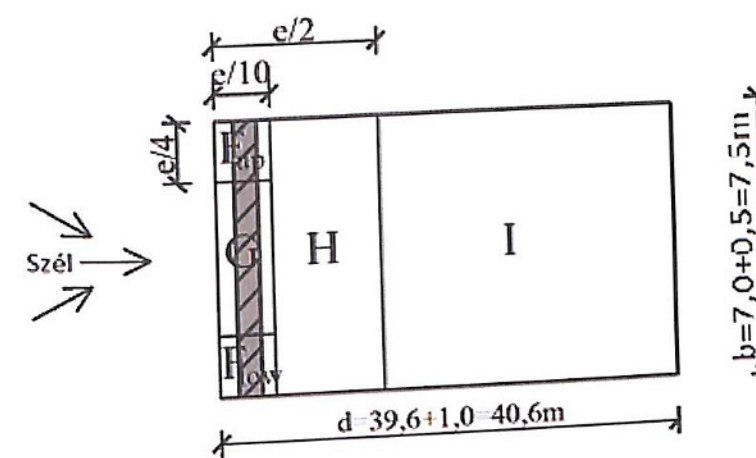
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & +0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^H = +0,04$$



Terhek a mellékhatáson

4.2.3.2 .Külső trapézlemez, hosszirányú szélhatás($C_{pe,1}$)

$$(\Theta=90^\circ)$$



$$e = \min \begin{cases} b = 7,5\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 6,5 = 13,00\text{m} \end{cases}$$

$$e = 7,5\text{m}$$

$$e/10 = 0,75\text{m}$$

$$e/4 = 1,875\text{m}$$

$$e/2 = 3,75\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

F és G zóna lesz a mértékadó.

Fup zóna: szívás:

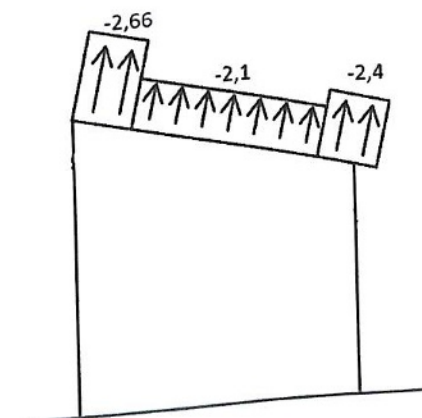
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,6 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,9 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^{Fup} = -2,66$$

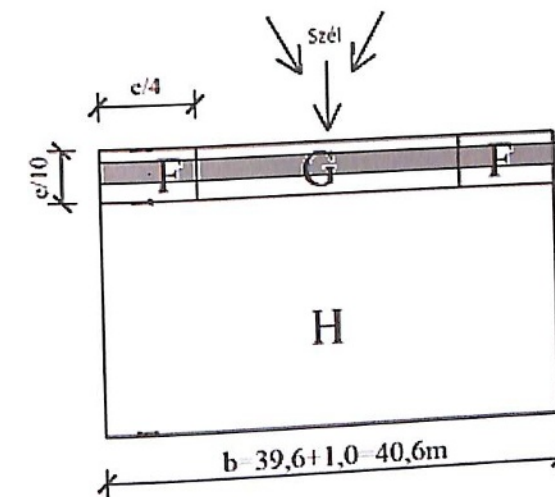
Flow zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,4 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,4 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^{Flow} = -2,40$$

G zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,0 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,5 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^G = -2,1$$



4.2.3.3 "Z" szelemen keresztirányú szél hatása ($C_{pe,10}$)

$$e = \min \begin{cases} b = 40,6\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 6,5 = 13,00\text{m} \end{cases}$$

$$e = 13,00\text{m}$$

$$e/10 = 1,30\text{m}$$

$$e/4 = 3,25\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$

Mértékadó az F és G zóna

F zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,7 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,9 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -1,54$$

nyomás:

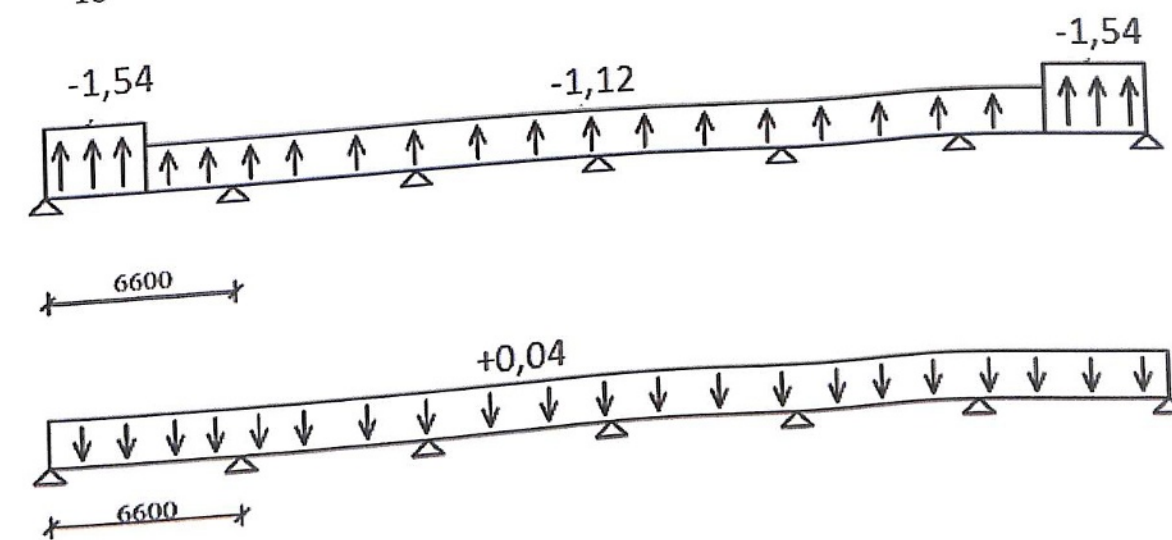
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & 0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & 0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^F = +0,04$$

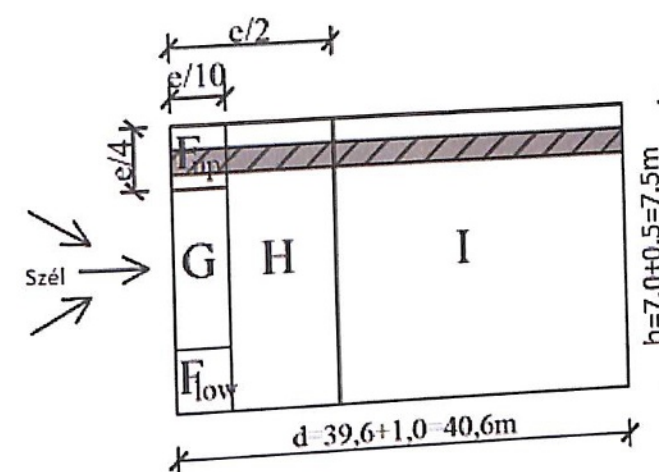
G zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,8 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^G = -1,12$$

nyomás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & 0,0 \\ 15^\circ \rightarrow & 0,2 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,ny}^G = +0,04$$



4.2.3.4 "Z" szelemen hosszirányú szél hatása ($C_{pe,10}$) $(\Theta=90^\circ)$ 

$$e = \min \begin{cases} b = 7,5\text{m} \\ 2h = 2 \cdot 6,5 = 13,0\text{m} \end{cases}$$

$$e = 7,5\text{m}$$

$$e/10 = 0,75$$

$$e/4 = 1,875\text{m}$$

$$e/2 = 3,75\text{m}$$

Tető hajlása: $7,0^\circ$ F_{up}, H és I zóna lesz a mértékadó.F_{up} zóna: szívás:

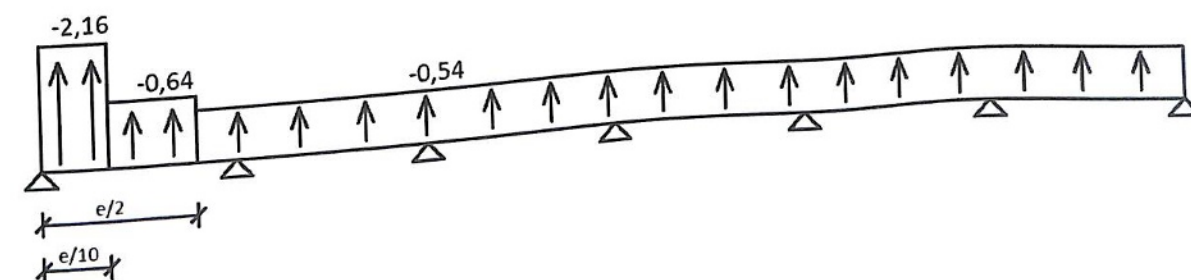
$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -2,1 \\ 15^\circ \rightarrow & -2,4 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^F = -2,16$$

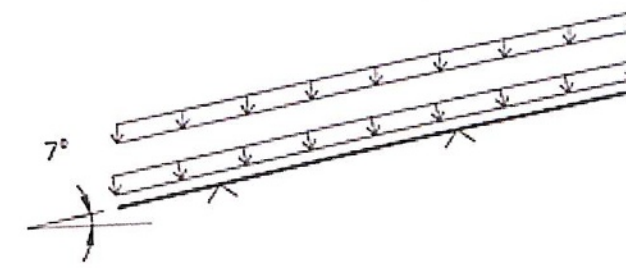
H zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,8 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^H = -0,64$$

I zóna: szívás:

$$\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow & -0,5 \\ 15^\circ \rightarrow & -0,7 \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 5^\circ \rightarrow \\ 15^\circ \rightarrow \end{matrix}} \right\} C_{pe,sz}^I = -0,54$$

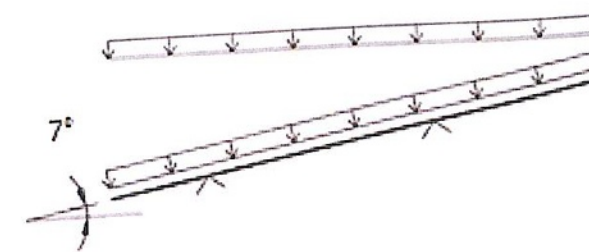


5.2.2 Hóteher

$$\gamma_s = 1,50 ; \Psi_0 = 0,50$$

terhelési sáv: $t=1\text{m}$

$$P_{s\perp}^k = p_s \cdot \cos^2 \alpha = 1,0 \cdot 1 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

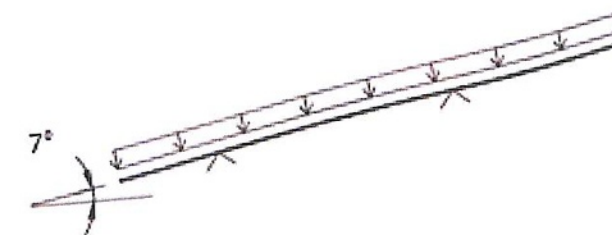
5.2.3 Szélteher

$$\gamma_w = 1,50 ; \Psi_0 = 0,60$$

terhelési sáv: $t=1\text{m}$

$$q_{p(z)} = 1,65 \cdot 0,25 = 0,423 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = q_p \cdot C_{p_z}$$



5.2.3.1 Keresztirányú külső szélhatás

Nyomás

$$W_{e,ny}^k = 0,04 \cdot 0,423 = 0,017 \text{ kN/m}^2$$

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -2,4 \cdot 0,423 = -1,02 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,sz,H}^k = -1,02 * 0,423 = -0,43 \text{ kN/m}^2$$

5.2.3.2 Hosszirányú külső szélhatás

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -2,16 * 0,423 = -0,91 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,sz,G}^k = -2,0 * 0,423 = -0,85 \text{ kN/m}^2$$

5.3 Teherkombinációk

5.3.1 teherkombináció: önsúly+hó+szélnyomás (KK)

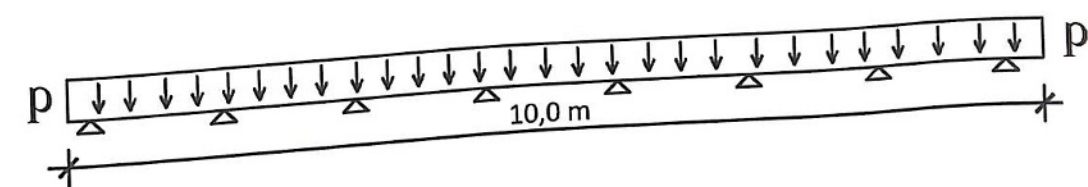
5.3.1.1 Teherbírasi határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g,\perp}^k + \gamma_s * p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * \gamma_w * p_{w,ny}^k$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 * 0,054 + 1,5 * 1,0 + 0,6 * 1,5 * 0,017 = 1,589 \text{ kN/m}$$

5.3.1.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,1} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * p_{w,ny}^k = 0,054 + 1,0 + 0,6 * 0,017 = 1,06 \text{ kN/m}$$



5.3.2 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (KK)

5.3.2.1 Teherbírasi határállapot (ULS):

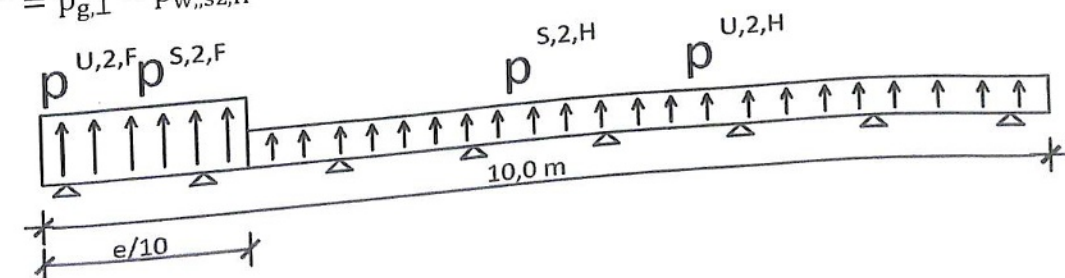
$$p_{\perp}^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,F}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 1,02 = -1,48 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,2,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,H}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,43 = -0,59 \text{ kN/m}$$

5.3.2.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,2,F} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,F}^k = 0,054 - 1,02 = -0,966 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,2,H} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,H}^k = 0,054 - 0,43 = -0,376 \text{ kN/m}$$



5.3.3 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (HK)

5.3.3.1 Teherbírási határállapot (ULS):

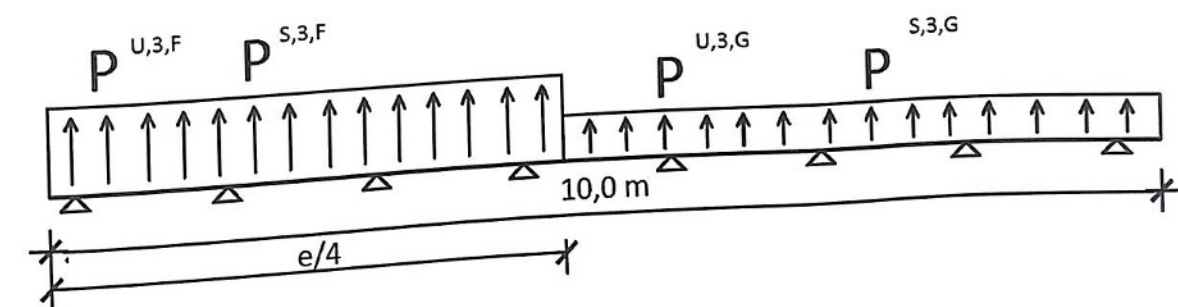
$$p_{\perp}^{U,3,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,F}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,91 = -1,311 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,G}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,85 = -1,221 \text{ kN/m}$$

5.3.3.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,3,F} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,F}^k = 0,054 - 0,91 = -0,856 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,G} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,G}^k = 0,054 - 0,85 = -0,796 \text{ kN/m}$$

5.4 Eredmények

$$\text{Lehajlás: } e_H = \frac{L}{200}$$

5.4.1 Szélnyomás

Lemez vastagság: 0,5mm

ULS: 43%

SLS: 48%

5.4.2 Keresztirányú szélszívás:

Lemez vastagság: 0,5mm

ULS: 18%

SLS: 17%

5.4.3 Hosszirányú szélszívás

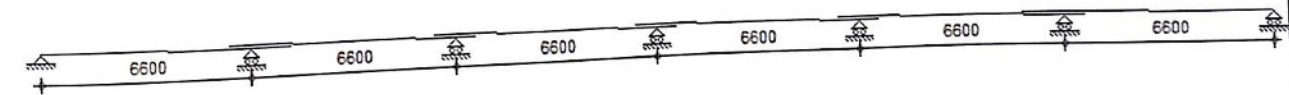
Lemez vastagság: 0,5mm

ULS: 26%

SLS: 36%

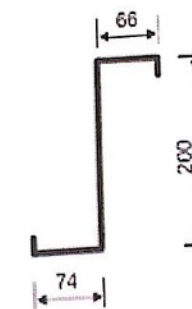
6 Főhajó "Z" szelemenének méretezése

6.1 Statikai váz



6.2 . Keresztmetszet

Z200/2,5



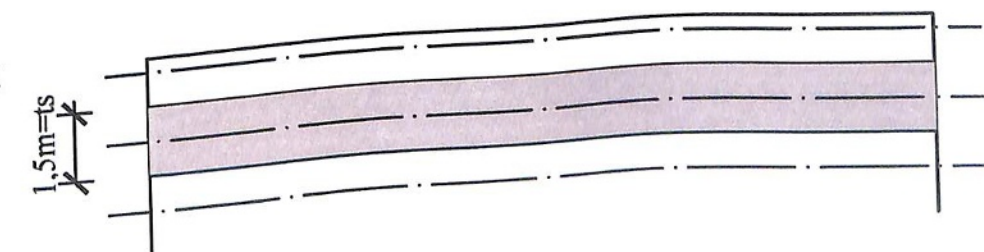
Profil	t [mm]	H	B ₂	B ₁	g [kg/m]	f _y [N/mm ²]	I _y [cm ⁴]	I _{ey} [cm ⁴]	M _H [kNm]	T _H [kN]	F _{He} [kN]	F _{Hl} [kN]
Z200	1.00	200.00	74.00	66.00	2.90	350	217.1	125.0	3.22	4.75	3.56	7.12
	1.20	200.00	74.00	66.00	3.48	350	263.5	176.3	4.84	6.54	4.98	9.95
	1.50	200.00	74.00	66.00	4.34	350	330.4	258.1	7.69	10.96	7.36	14.72
	2.00	200.00	74.00	66.00	5.79	350	443.1	405.1	13.43	18.38	12.23	24.46
	2.50	200.00	74.00	66.00	7.24	350	555.0	542.9	18.97	26.13	18.10	36.19

6.3 Terhek

A tető hajlásszöge: $\alpha = 7^\circ \Rightarrow$ a terhek redukálását a biztonság javára elhanyagoljuk.

terhelési sáv: $t=1,5\text{m}$

6.3.1 Állandó teher



Rétegrend:

0,054 kN/m²

LTP 45/0,5 tető héjazat

0,25 kN/m²

15cm hőszigetelés

0,014 kN/m²

párázáró fólia

LTP20/0,5 belső tarpézlemez

0,047 kN/m²

Z200/2,5 szelemen

0,0724 kN/m

$$p_{g,\perp}^k = (g_{k1} + g_{b1} + g_{hőszig} + g_{folia}) \cdot \cos \alpha \cdot t_s + g_z \cdot \cos \alpha$$

$$p_{g,\perp}^k = (0,054 + 0,047 + 0,25 + 0,014) \cdot 1 \cdot 1,5 + 0,0724 \cdot 1$$

$$p_{g,\perp}^k = 0,62 \text{ kN/m}$$

6.3.2 Hóteher

$$p_{s,\perp}^k = t_s \cdot p_s \cdot \cos^2 \alpha = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1 = 1,50 \text{ kN/m}$$

6.3.3 Szélteher

$$\gamma_w = 1,50 ; \Psi_0 = 0,60$$

$$\text{terhelési sáv: } t = 1,5 \text{ m}$$

$$q_{p(z)} = 0,423 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = q_p \cdot C_{pe} \cdot t$$

6.3.3.1 Keresztirányú külső szélhatás

Nyomás

$$W_{e,ny}^k = 0,04 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = 0,026 \text{ kN/m}$$

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -1,54 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = -0,977 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,G}^k = -1,12 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = -0,71 \text{ kN/m}$$

6.3.3.2 Hosszirányú külső szélhatás

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -1,54 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = -0,977 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,H}^k = -0,68 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = -0,431 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,I}^k = -0,59 \cdot 0,423 \cdot 1,5 = -0,374 \text{ kN/m}$$

6.3.3.3 Belső szélnyomás

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

$$W_{i,ny}^k = 0,2 * 0,423 * 1,5 = 0,127 \text{ kN/m}$$

6.3.3.4 Belső szélszívás

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

$$W_{i,sz}^k = -0,3 * 0,423 * 1,5 = -0,19 \text{ kN/m}$$

6.4 Teherkombinációk

6.4.1 1. teherkombináció: önsúly+hó+szélnyomás (KK+B)

6.4.1.1 Teherbírési határállapot (ULS):

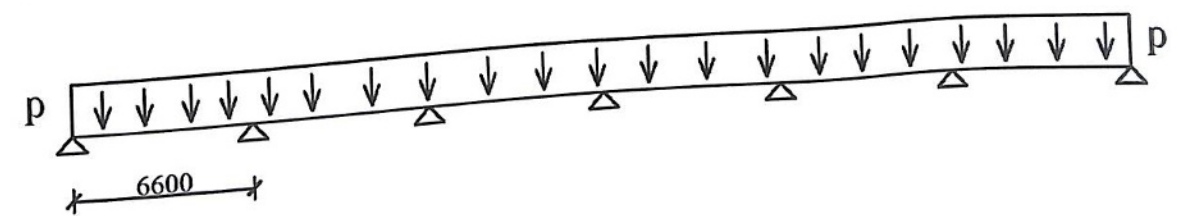
$$p_{\perp}^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g,\perp}^k + \gamma_s * p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * \gamma_w * (p_{w,e,ny}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 * 0,62 + 1,5 * 1,5 + 0,6 * 1,5 * (0,026 + 0,19) = 3,28 \text{ kN/m}$$

6.4.1.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,1} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * (p_{w,e,ny}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,1} = 0,62 + 1,5 + 0,6 * (0,026 + 0,19) = 2,25 \text{ kN/m}$$



6.4.2 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (KK+B)

6.4.2.1 Teherbírési határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,2,F} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,977 + 0,127) = -1,04 \text{ kN/m}$$

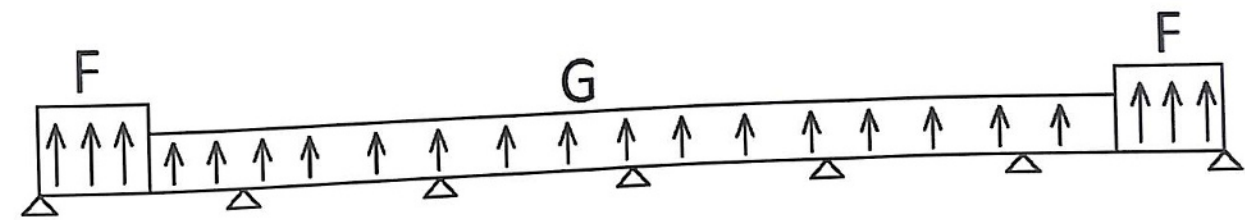
$$p_{\perp}^{U,2,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{G,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,2,G} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,71 + 0,127) = -0,636 \text{ kN/m}$$

6.4.2.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,2,F} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k) = 0,62 - (0,977 + 0,127) = -0,484 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,2,G} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{G,k} + p_{w,i,ny}^k) = 0,62 - (0,71 + 0,127) = -0,217 \text{ kN/m}$$



6.4.3 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (HK+B)

6.4.3.1 Teherbírési határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,3,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

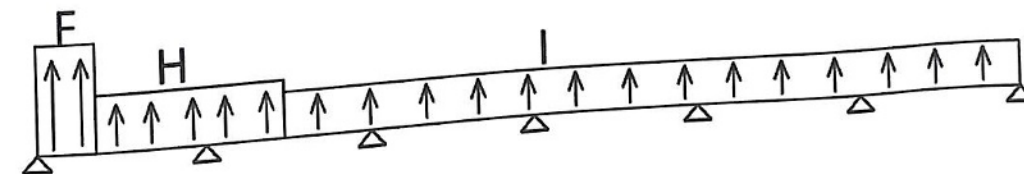
$$p_{\perp}^{U,3,F} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,977 + 0,127) = -1,04 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{H,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,431 + 0,127) = -0,217 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,I} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{I,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,I} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,374 + 0,127) = -0,132 \text{ kN/m}$$



6.4.3.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,3,F} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

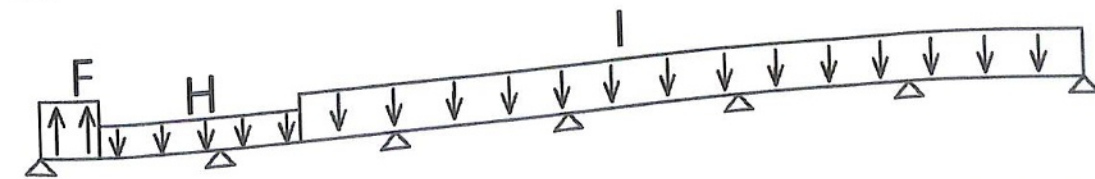
$$p_{\perp}^{S,3,F} = 0,62 - (0,977 + 0,127) = -0,484 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{H,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = 0,62 - (0,431 + 0,127) = 0,062 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,I} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{I,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,I} = 0,62 - (0,374 + 0,127) = 0,119 \text{ kN/m}$$



6.5 Eredmények

$$\text{Lehajlás: } e_H = \frac{L}{200}$$

6.5.1 Szélnyomás

Lemez vastagság: 2,5mm

ULS: 77%

SLS: 61%

6.5.2 Keresztirányú szélszívás:

Lemez vastagság: 2,5mm

ULS: 20%

SLS: 15%

6.5.3 Hosszirányú szélszívás

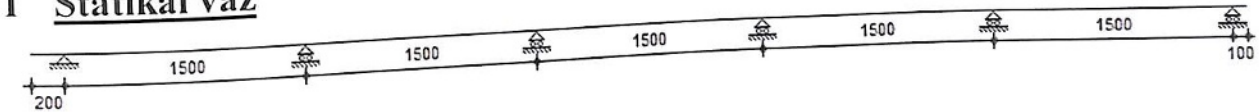
Lemez vastagság: 2,5mm

ULS: 13%

SLS: 4%

7 Mellékhajó külső trapézlemezének méretezése

7.1 Statikai váz



Szerkezeti acél anyagminősége: S235

Feltételezett keresztmetszet: LTP 45-0,5

A tető hajlásszöge: $\alpha = 7^\circ \Rightarrow$ a terhek redukálását a biztonság javára elhanyagoljuk.

7.2 Terhek

7.2.1 Állandó terhek

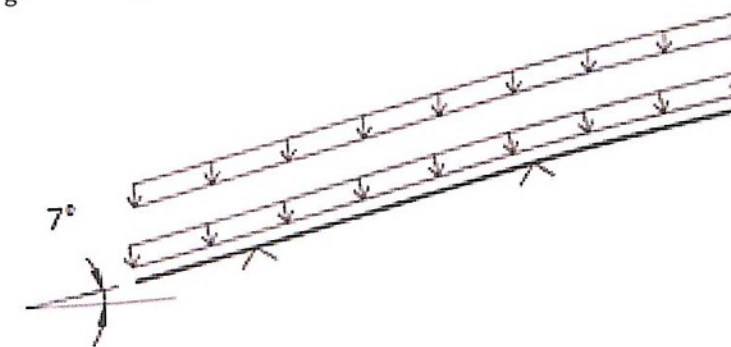
$$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35 ; \gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$$

terhelési sáv: $t=1\text{m}$

LTP 45/0,5 tető héjazat

$$g_{kT} = 5,36 \text{ kg/m}^2 = 0,054 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{g\perp}^k = t \cdot g_{kT} \cdot \cos \alpha = 1 \cdot 0,054 \cdot 1 = 0,054 \text{ kN/m}^2$$



7.2.2 Hóteher

$$\gamma_s = 1,50 ; \Psi_0 = 0,50$$

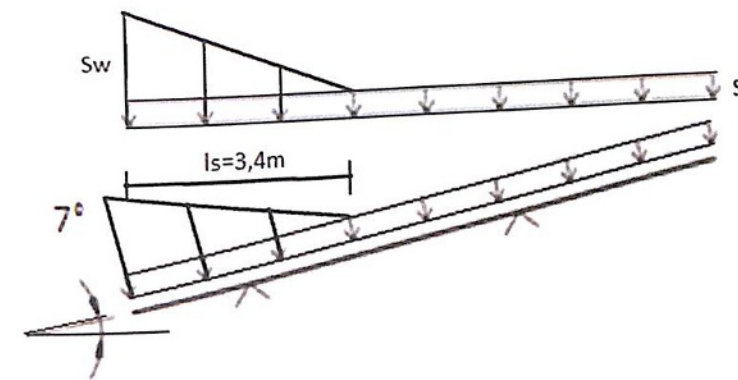
terhelési sáv: $t=1\text{m}$

$$P_{s,1\perp}^k = p_s \cdot \cos^2 \alpha = 1,0 \cdot 1 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{s,w}^k = p_w \cdot \cos^2 \alpha = 3,4 \cdot 1 = 3,4 \text{ kN/m}^2$$

$$l_s = \min\{5\text{m}; 2h\} \Rightarrow l_s = 2h = 3,4 \text{ m}$$

$$s_w = 2,7 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 3,4 \text{ kN/m}^2$$



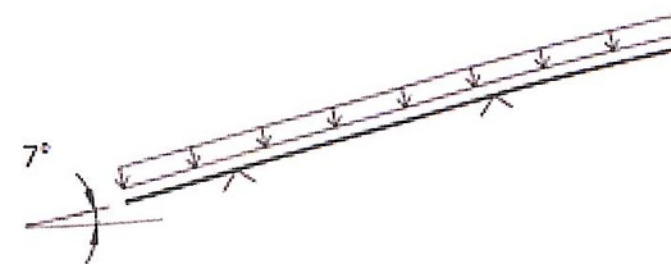
7.2.3 Szélteher

$$\gamma_w = 1,50 ; \Psi_0 = 0,60$$

terhelési sáv: $t=1\text{m}$

$$q_{p(z)} = 0,361 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = q_p \cdot C_{pz}$$



7.2.3.1 Keresztirányú külső szélhatás

Nyomás

$$W_{e,ny}^k = 0,04 \cdot 0,361 = 0,014 \text{ kN/m}^2$$

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -2,4 \cdot 0,361 = -0,87 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,sz,H}^k = -1,02 \cdot 0,361 = -0,368 \text{ kN/m}^2$$

7.2.3.2 Hosszirányú külső szélhatás

Szívás

$$W_{e,sz,Fup}^k = -2,66 \cdot 0,361 = -0,906 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,sz,G}^k = -2,1 \cdot 0,361 = -0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,sz,Flow}^k = -2,4 \cdot 0,361 = -0,87 \text{ kN/m}^2$$

7.3 Teherkombinációk

7.3.1 teherkombináció: önsúly+hó+szélnyomás (KK)

7.3.1.1 Teherbírási határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g,\perp}^k + \gamma_s * p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * \gamma_w * p_{w,ny}^k$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 * 0,054 + 1,5 * 1,0 + 0,6 * 1,5 * 0,014 = 1,586 \text{ kN/m}$$

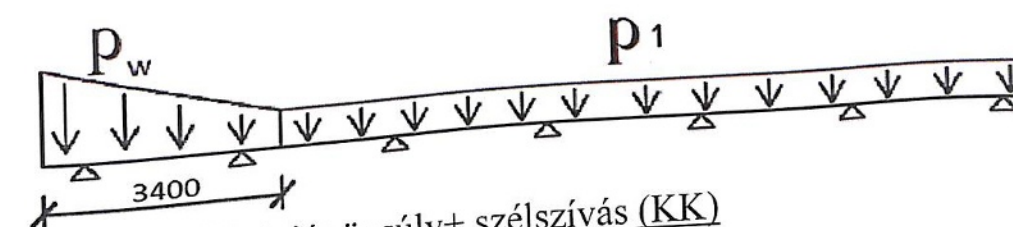
$$p_{\perp}^{U,w} = 1,35 * 0,054 + 1,5 * 3,4 + 0,6 * 1,5 * 0,014 = 5,01 \text{ kN/m}$$

7.3.1.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,1} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * p_{w,ny}^k$$

$$p_{\perp}^{S,1} = 0,054 + 1,0 + 0,6 * 0,014 = 1,06 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,w} = 0,054 + 3,4 + 0,6 * 0,014 = 3,3 \text{ kN/m}$$



7.3.2 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (KK)

7.3.2.1 Teherbírási határállapot (ULS):

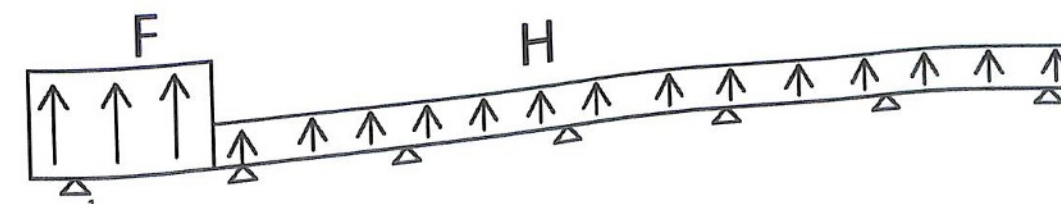
$$p_{\perp}^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,F}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,87 = -1,25 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,2,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,H}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,368 = -0,49 \text{ kN/m}$$

7.3.2.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,2,F} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,F}^k = 0,054 - 0,87 = -0,816 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,2,H} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,H}^k = 0,054 - 0,368 = -0,314 \text{ kN/m}$$



7.3.3 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (HK)

7.3.3.1 Teherbírési határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,3,Fup} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,Fup}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,906 = -1,31 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,G}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,76 = -1,09 \text{ kN/m}$$

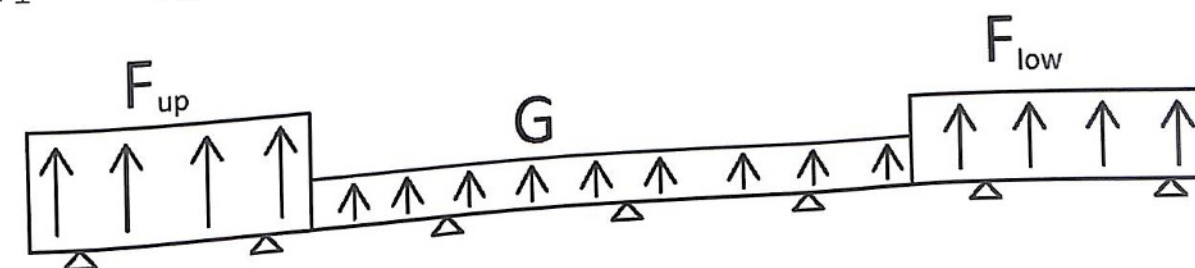
$$p_{\perp}^{U,3,Flow} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * p_{w,sz,Flow}^k = 1,0 * 0,054 - 1,5 * 0,87 = -1,25 \text{ kN/m}$$

7.3.3.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,3,Fup} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,Fup}^k = 0,054 - 0,906 = -0,852 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,G} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,G}^k = 0,054 - 0,76 = -0,71 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,Flow} = p_{g,\perp}^k - p_{w,sz,Flow}^k = 0,054 - 0,87 = -0,816 \text{ kN/m}$$



7.4 Eredmények

$$\text{Lehajlás: } e_H = \frac{L}{200}$$

7.4.1 Szélnyomás

Lemez vastagság: 0,5mm

ULS: 102% → Nem felel meg!

SLS: 128% → Nem felel meg!

Lemez vastagság: 0,6mm

ULS: 72%

SLS: 97% → Megfelel!

7.4.2 Keresztirányú szélszívás:

Lemez vastagság: 0,6mm

ULS: 13%

SLS: 29%

7.4.3 Hosszirányú szélszívás

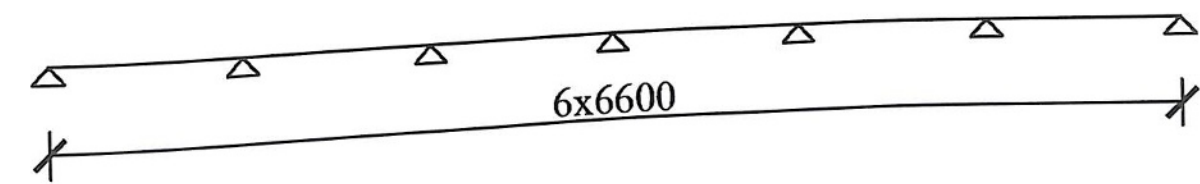
Lemez vastagság: 0,6mm

ULS: 19%

SLS: 31%

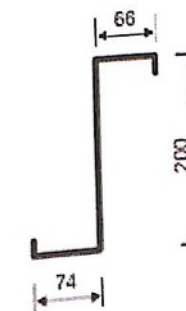
8 . Mellékhajó "Z" szelemenek méretezése

8.1 Statikai váz



8.2 Keresztmetszet

Z200/2,5

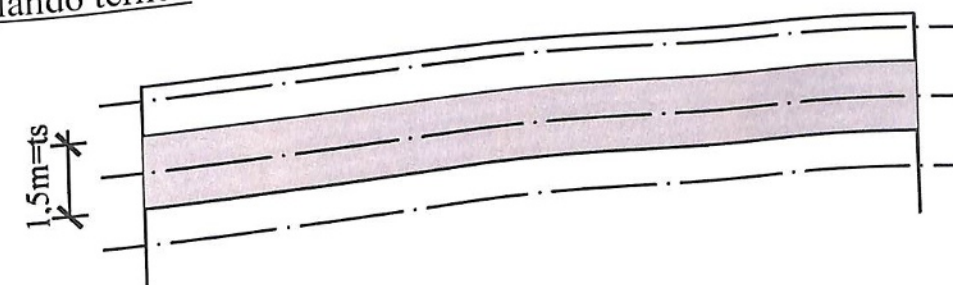


8.3 Terhek

A tető hajlásszöge: $\alpha = 7^\circ \Rightarrow$ a terhek redukálását a biztonság javára elhanyagoljuk.

terhelési sáv: $t=1,5\text{m}$

8.3.1 Állandó terhek



Rétegtrend:	0,054 kN/m ²
LTP 45/0,5 tető héjazat	0,25 kN/m ²
15cm hőszigetelés	0,014 kN/m ²
párazáró fólia	0,047 kN/m ²
LTP20/0,5 belső tarpézlemez	0,0724 kN/m
Z200/2,5 szelemen	

$$p_{g,1}^k = (g_{ktl} + g_{btl} + g_{hőszig} + g_{fólia}) \cdot \cos \alpha \cdot t_s + g_z \cdot \cos \alpha$$

$$p_{g,\perp}^k = (0,054 + 0,047 + 0,25 + 0,014) \cdot 1 \cdot 1,5 + 0,0724 \cdot 1$$

$$p_{g,\perp}^k = 0,62 \text{ kN/m}$$

8.3.2 Hóteher

1. **belső.szelemenre:** terhelési sáv = 0,75m

$$p_{s,\perp}^k = t_s \cdot p_{sw} \cdot \cos^2 \alpha = 0,75 \cdot 3,4 \cdot 1 = 2,55 \text{ kN/m}$$

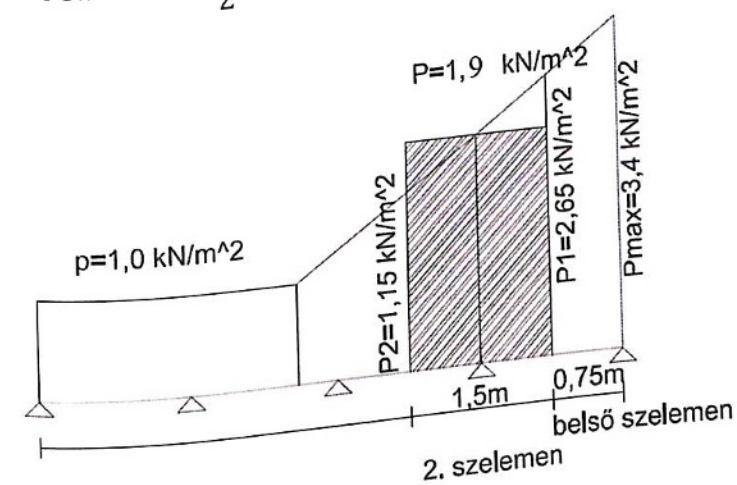
2. **szelemere:** terhelési sáv = 1,5m

$$l_s = 3,4\text{m}; p_{sw} = 3,4 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{sw1} = 3,4 - 0,75 = 2,65$$

$$p_{sw2} = 2,65 - 1,5 = 1,15$$

$$p_{sw} = \frac{1,15 + 2,65}{2} = 1,9$$



$$p_{s,\perp}^k = t_s \cdot p_{sw} \cdot \cos^2 \alpha = 1,5 \cdot 1,9 \cdot 1 = 2,85 \text{ kN/m}$$

8.3.3 Szélteher

$$\gamma_w = 1,50; \Psi_0 = 0,60$$

$$\text{terhelési sáv: } t = 1,5\text{m}$$

$$q_{p(z)} = 0,361 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = q_p \cdot C_{p_z} \cdot t$$

8.3.3.1 Keresztirányú külső szélhatás

Nyomás

$$W_{e,ny}^k = 0,04 * 0,361 * 1,5 = 0,0216 \text{ kN/m}$$

Szívás

$$W_{e,sz,F}^k = -1,54 * 0,361 * 1,5 = -0,834 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,G}^k = -1,12 * 0,361 * 1,5 = -0,606 \text{ kN/m}$$

8.3.3.2 Hosszirányú külső szélhatás

Szívás

$$W_{e,sz,Fup}^k = -2,16 * 0,361 * 1,5 = -1,17 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,H}^k = -0,64 * 0,361 * 1,5 = -0,347 \text{ kN/m}$$

$$W_{e,sz,I}^k = -0,54 * 0,361 * 1,5 = -0,292 \text{ kN/m}$$

8.3.3.3 Belső szélnyomás

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

$$W_{i,ny}^k = 0,2 * 0,361 * 1,5 = 0,108 \text{ kN/m}$$

8.3.3.4 Belső szélszívás

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

$$W_{i,sz}^k = -0,3 * 0,361 * 1,5 = -0,162 \text{ kN/m}$$

8.4 Teherkombinációk8.4.1 1. teherkombináció: önsúly+hó+szélnyomás (KK+B)

8.4.1.1 Teherbírási határállapot (ULS):

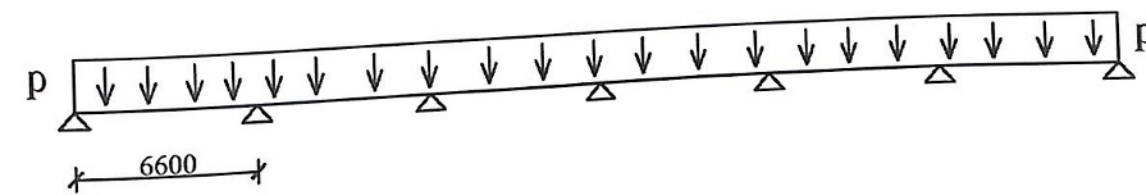
$$p_{\perp}^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g,\perp}^k + \gamma_s * p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * \gamma_w * (p_{w,e,ny}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 * 0,62 + 1,5 * 2,85 + 0,6 * 1,5 * (0,022 + 0,16) = 5,28 \text{ kN/m}$$

8.4.1.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,1} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * (p_{w,e,ny}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,1} = 0,62 + 2,85 + 0,6 * (0,022 + 0,16) = 3,58 \text{ kN/m}$$



8.4.2 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (KK+B)

8.4.2.1 Teherbírési határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,2,F} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,834 + 0,108) = -1,04 \text{ kN/m}$$

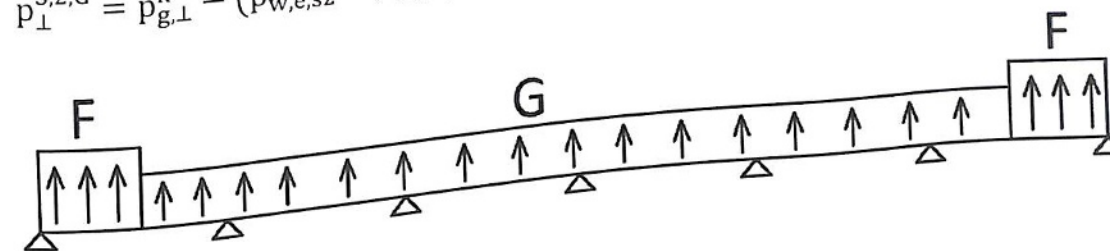
$$p_{\perp}^{U,2,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{G,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,2,G} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,606 + 0,108) = -0,636 \text{ kN/m}$$

8.4.2.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,2,F} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{F,k} + p_{w,i,ny}^k) = 0,62 - (0,834 + 0,108) = -0,484 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,2,G} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{G,k} + p_{w,i,ny}^k) = 0,62 - (0,606 + 0,108) = -0,217 \text{ kN/m}$$



8.4.3 teherkombináció: önsúly+ szélszívás (HK+B)

8.4.3.1 Teherbírési határállapot (ULS):

$$p_{\perp}^{U,3,Fup} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{Fup,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

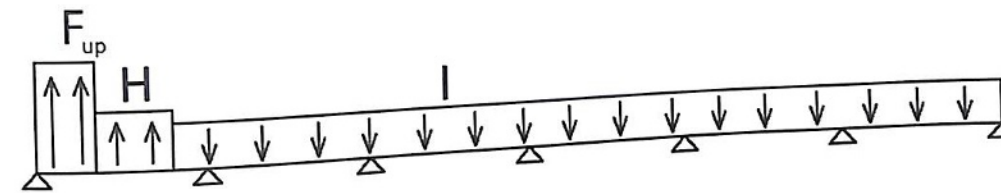
$$p_{\perp}^{U,3,Fup} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (1,17 + 0,108) = -1,297 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{H,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,347 + 0,108) = -0,0625 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,I} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz}^{I,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,I} = 1,0 * 0,62 - 1,5 * (0,292 + 0,108) = 0,02 \text{ kN/m}$$



8.4.3.2 Használhatósági határállapot (SLS):

$$p_{\perp}^{S,3,Fup} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{Fup,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

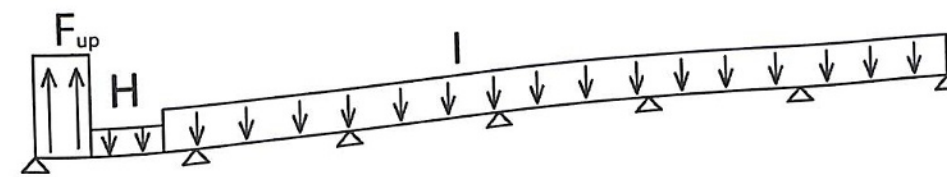
$$p_{\perp}^{S,3,Fup} = 0,62 - (1,17 + 0,108) = -0,658 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{H,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = 0,62 - (0,347 + 0,108) = 0,165 \text{ kN/m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,I} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz}^{I,k} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,I} = 0,62 - (0,292 + 0,108) = 0,22 \text{ kN/m}$$



8.5 Eredmények

$$\text{Lehajlás: } e_H = \frac{L}{200}$$

8.5.1 Szélnyomás

Lemez vastagság: 2,5mm

ULS: 98%

SLS: 98%

8.5.2 Keresztirányú szélszívás:

Lemez vastagság: 2,5mm

ULS: 18%

SLS: 11%

8.5.3 Hosszirányú szélszívás

Lemez vastagság: 2,5mm

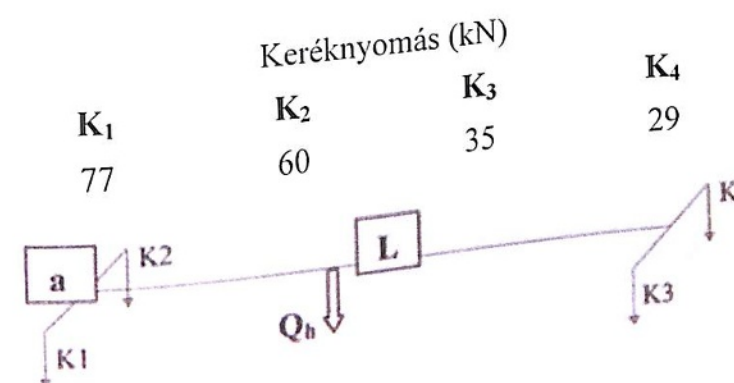
ULS: 5%

SLS: 3%

Darupálya statikai számítás

9 Kiindulási adatok, darpálya méretezéséhez

Daru fesztávolsága L	17 m
Keretállások távolság k	6,6 m
Teherbírás Q_h	5 t
Sebesség	8,6 m/perc
Kerék tengelytávolsága a	2,7 m



9.1 Felhasznált szabványok

MSZ EN 1991-1-5: Darupályatartók terhei

MSZ EN 1993-1-6: Acél darupályatartók méretezése

9.2 Darupálya terhei

9.2.1 Keréknyomás

$$K_1 = 77 \text{ kN} > K_2 = 60 \text{ kN} \rightarrow \Sigma Q_{r,max} = 2 * K_1 = 154 \text{ kN}$$

$$K_3 = 35 \text{ kN} > K_4 = 29 \text{ kN} \rightarrow \Sigma Q_r^{max} = 2 * K_3 = 70 \text{ kN}$$

$$G_{daru} = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) - Q_h = 201 - 50 = 151 \text{ kN}$$

9.2.2 Fékezőerő

9.2.3 Meghajtási erő

Súrlódási tényező: $\mu = 0,2$

$$\Sigma K_1 = \mu * \Sigma Q_{r,max} = 0,2 * 154 = 30,8 \text{ kN}$$

$$\Sigma K_2 = \mu * \Sigma Q_r^{max} = 0,2 * 70 = 14,0 \text{ kN}$$

9.2.4 Hosszirányú fékezőerő:

$$H_{L1} = \frac{\Sigma K_1}{n} = \frac{30,8}{2} = 15,40 \text{ kN}$$

$$H_{L2} = \frac{\Sigma K_2}{n} = \frac{14,0}{2} = 7,0 \text{ kN}$$

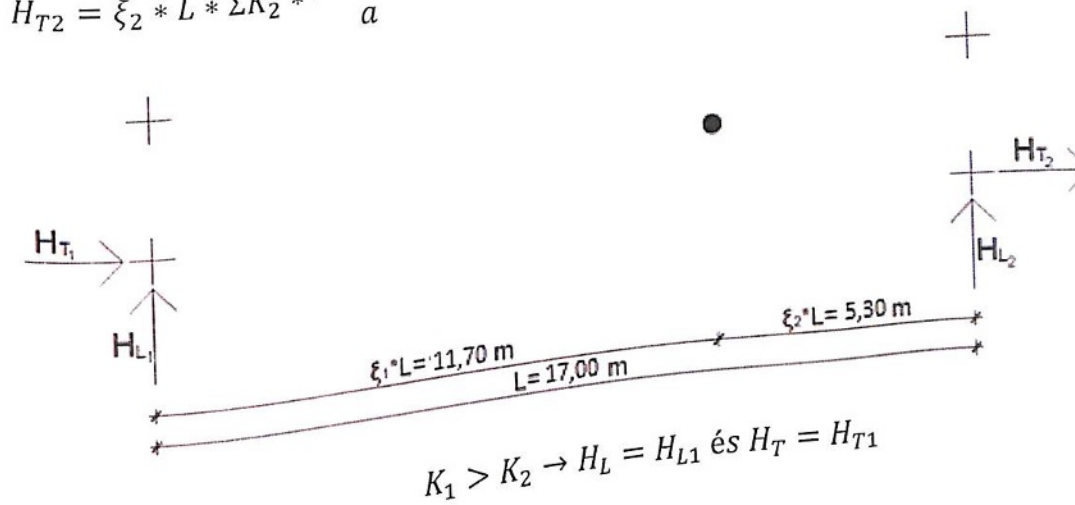
9.2.5 Keresztirányú fékezőerő:

$$\xi_1 = \frac{\Sigma Q_{r,max}}{\Sigma Q_{r,max} + \Sigma Q_r^{max}} = \frac{154}{154 + 70} = 0,688$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 0,312$$

$$H_{T1} = \xi_1 * L * \Sigma K_1 * \frac{\xi_1 - 0,5}{a} = 0,688 * 17,0 * 30,8 * \frac{0,688 - 0,5}{2,7} = 25,08 \text{ kN}$$

$$H_{T2} = \xi_2 * L * \Sigma K_2 * \frac{\xi_2 - 0,5}{a} = 0,312 * 17,0 * 14,0 * \frac{0,688 - 0,5}{2,7} = 5,17 \text{ kN}$$



9.2.6 Oldallökő erő

$$H_{T3} = \frac{\mu * \eta_{WC} * G_{kocsi}}{n_r} = \frac{0,2 * 0,5 * 15}{2} = 0,75 \text{ kN}$$

9.2.7 Ferdén futás (befeszülés)

$$\alpha_{max} = 0,015 * \text{rad}(0,293^\circ)$$

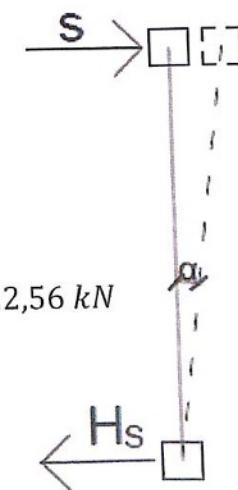
$$s_1 = \alpha * \left(1 - \frac{a}{2a}\right) * \Sigma Q_{r,max} = 0,293^\circ * (1 - 0,5) * 154 = 22,56 \text{ kN}$$

$$s_2 = \alpha * \left(1 - \frac{a}{2a}\right) * \Sigma Q_r^{max} = 0,293^\circ * (1 - 0,5) * 70 = 10,24 \text{ kN}$$

$$H_{S1T} = \frac{\xi_1}{n} * \alpha * \Sigma Q_{r,max} = \frac{0,688}{2} * 0,293^\circ * 154 = 15,52 \text{ kN}$$

$$H_{S2T} = \frac{\xi_2}{n} * \alpha * \Sigma Q_r^{max} = \frac{0,312}{2} * 0,293^\circ * 70 = 3,2 \text{ kN}$$

$$H_{S1} = s_1 - H_{S1T} = 22,56 - 15,52 = 7,04 \text{ kN}$$



Kiindulási adatok, darpálya méretezéséhez

$$H_{s_2} = s_2 - H_{s_2T} = 10,24 - 3,2 = 7,04 \text{ kN}$$

10 Darupálva mértékadó terhei

10.1 Teherbírási határállapot (ULS)

10.1.1 Daru önsúly:

$$\varphi_1 = 1,1$$

$$Q_C = \varphi_1 * G_{\text{daru}} = 1,1 * 151 = 166,1 \text{ kN}$$

10.1.2 Emelt teher:

$$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 * v_h = 1,1 + 0,34 * \frac{8,6}{60} = 1,15$$

$$Q_H = \varphi_2 * Q_h = 1,15 * 50 = 57,50 \text{ kN}$$

10.1.3 Önsúly:

$$G_{Ed}^{ULS} = \gamma * (Q_C + Q_H) = 1,35 * (166,1 + 57,50) = 301,86 \text{ kN}$$

10.1.4 Keréksúlyok:

$$K_{Ed,1}^{ULS} = \frac{K_1}{\sum K_i} * G_{Ed}^{ULS} = \frac{77}{201} * 301,86 = 0,385 * 301,86 = 116,22 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,2}^{ULS} = \frac{K_2}{\sum K_i} * G_{Ed}^{ULS} = \frac{60}{201} * 301,86 = 0,305 * 301,86 = 92,07 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,3}^{ULS} = \frac{K_3}{\sum K_i} * G_{Ed}^{ULS} = \frac{33}{201} * 301,86 = 0,164 * 301,86 = 49,51 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,4}^{ULS} = \frac{K_4}{\sum K_i} * G_{Ed}^{ULS} = \frac{29}{201} * 301,86 = 0,145 * 301,86 = 43,77 \text{ kN}$$

$$\text{Maximális keréksúly: } K_{Ed,\max}^{ULS,1} = 116,22 \text{ kN}$$

$$\text{Maximális keréksúly terheletlen oldalon: } K_{Ed,\max}^{ULS,2} = 49,51 \text{ kN}$$

10.1.5 Vízszintes terhek:

$$\varphi_5 = 1,5$$

$$\text{Hosszirányú fékezőerő: } H_{L1,Ed} = H_L * \varphi_5 = 15,40 * 1,5 = 23,10 \text{ kN}$$

$$H_{L2,Ed} = H_L * \varphi_5 = 7,0 * 1,5 = 10,50 \text{ kN}$$

$$\text{Keresztirányú fékezőerő: } H_{T1,Ed} = H_T * \varphi_5 = 25,08 * 1,5 = 37,62 \text{ kN}$$

$$H_{T2,Ed} = H_T * \varphi_5 = 5,17 * 1,5 = 7,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oldallökő erő: } H_{T3} * \varphi_5 = 0,75 * 1,5 = 1,13 \text{ kN} \rightarrow \text{nem mértékadó}$$

$$\text{Ferdén futás: } H_{S1} * \varphi_5 = 7,04 * 1,5 = 10,56 \text{ kN} \rightarrow \text{nem mértékadó}$$

10.2 Használhatósági határállapot (SLS)

Önsúly:

$$G_{Ed}^{SLS} = Q_C + Q_H = 166,1 + 57,50 = 223,6 \text{ kN}$$

Keréksúlyok:

$$K_{Ed,1}^{SLS} = \frac{K_1}{\sum K_i} * G_{Ed}^{SLS} = \frac{77}{201} * 223,6 = 0,385 * 223,6 = 86,09 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,2}^{SLS} = \frac{K_2}{\sum K_i} * G_{Ed}^{SLS} = \frac{60}{201} * 223,6 = 0,305 * 223,6 = 68,19 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,3}^{SLS} = \frac{K_3}{\sum K_i} * G_{Ed}^{SLS} = \frac{33}{201} * 223,6 = 0,164 * 223,6 = 36,67 \text{ kN}$$

$$K_{Ed,4}^{SLS} = \frac{K_4}{\sum K_i} * G_{Ed}^{SLS} = \frac{29}{201} * 223,6 = 0,145 * 223,6 = 32,42 \text{ kN}$$

$$\text{Maximális keréksúly: } K_{Ed,max}^{SLS} = 86,09 \text{ kN}$$

11 Darupálya igénybevételei

11.1 Állandó teher

Tartó önsúlya (HEB 340): 1,34 kN/m

Sín önsúlya: 0,50 kN/m

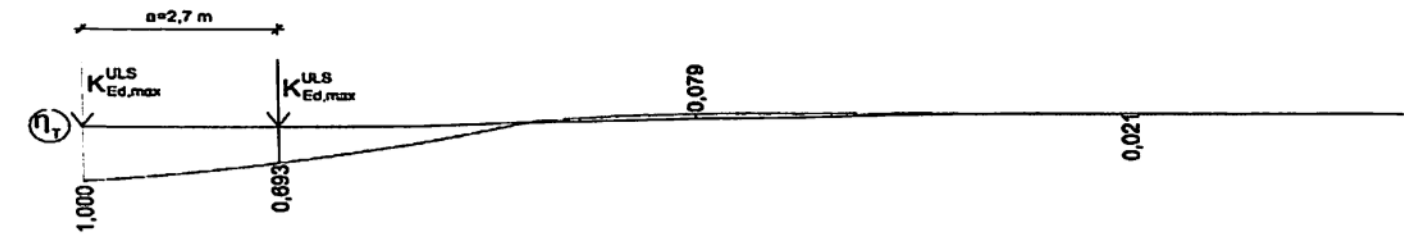
Igénybevételek:

$$V_z^G = 9,8 \text{ kN}$$

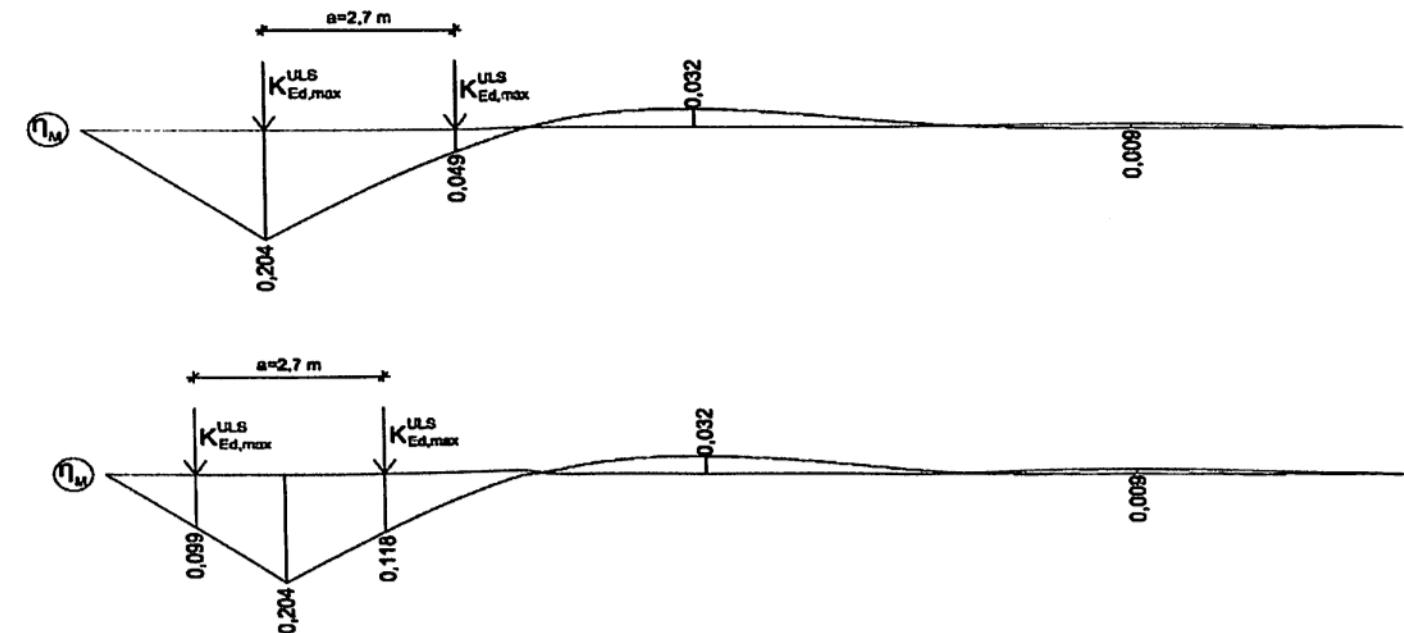
$$M_y^G = 11,3 \text{ kNm}$$

11.2 Keréknyomás

11.2.1 Nyíróerő hatására:



11.2.2 Nyomatéki hatásabrák:



11.2.3 Igénybevételek:

$$V_z^K = K_{Ed,max}^{ULS} * (\eta_{T1} + \eta_{T2}) = 116,22 * (1,0 + 0,693) = 196,76 \text{ kN}$$

$$M_y^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS} * (\eta_{M1} + \eta_M) * k = 116,22 * (0,204 + 0,049) * 6,6 = 194,06 \text{ kNm}$$

$$M_y^{K,2} = K_{Ed,max}^{ULS} * (\eta_{M1} + \eta_M) * k = 116,22 * (0,099 + 0,118) * 6,6 = 166,45 \text{ kNm}$$

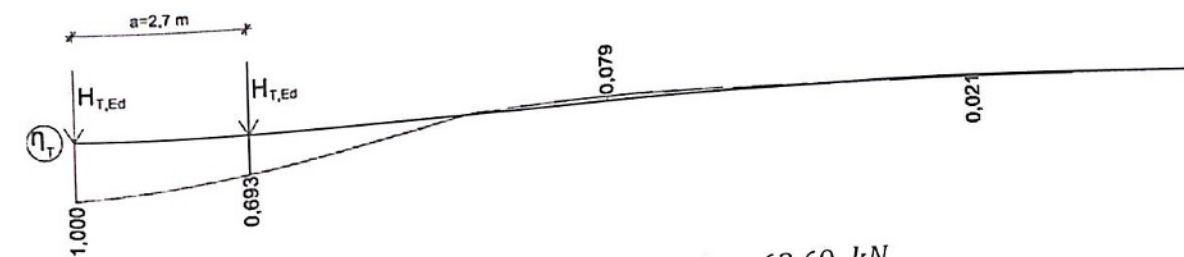
$$M_y^{K,max} = M_y^{K,1} = 194,06 \text{ kNm}$$

11.3 Igénybevételek a fékezőerőből a terhelt oldalon:

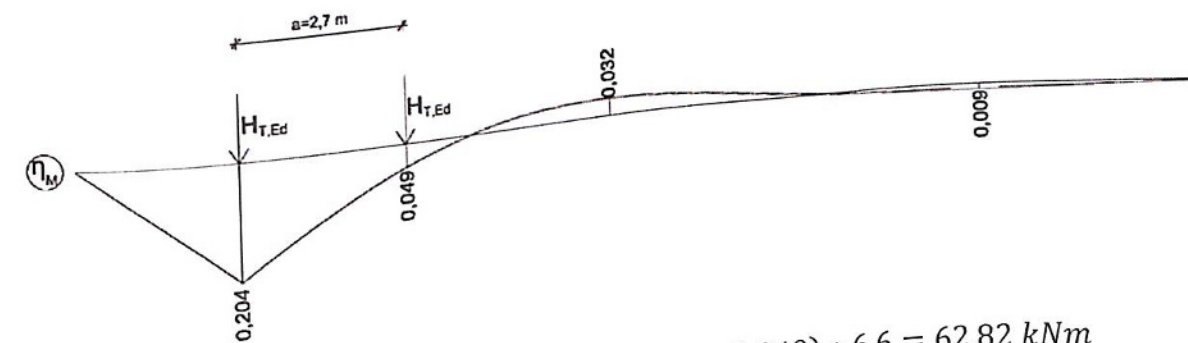
11.3.1 Hosszirányú fékezőerőből:

$$N_x = H_{L,Ed} = 23,1 \text{ kN}$$

11.3.2 Keresztirányú fékezőerőből:



$$V_y^{fek} = H_{T,Ed} * (\eta_{T1} + \eta_{T2}) = 37,62 * (1,0 + 0,693) = 63,69 \text{ kN}$$



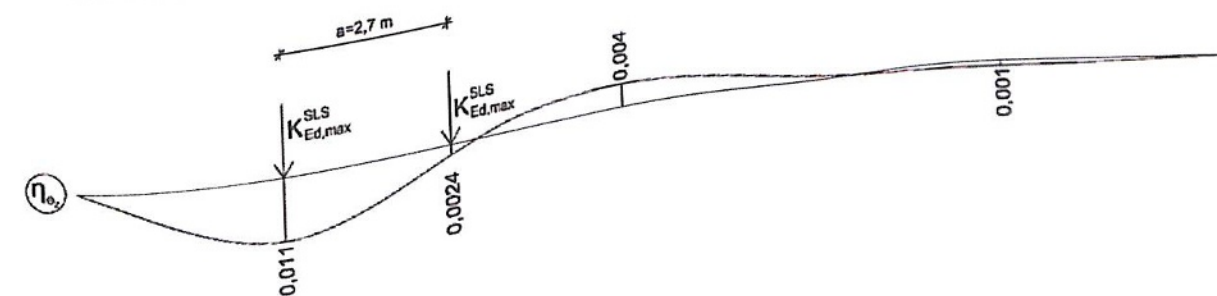
$$M_z^{fek} = H_{T,Ed} * (\eta_{M1} + \eta_{M2}) * k = 37,62 * (0,204 + 0,049) * 6,6 = 62,82 \text{ kNm}$$

11.4 Lehajlás vizsgálata

11.4.1 Maximális lehajlás:

$$e_{z,max} = \frac{L}{600} = \frac{k}{600} = \frac{6600}{600} = 11,00 \text{ mm}$$

11.4.2 Lehajlási hatására:

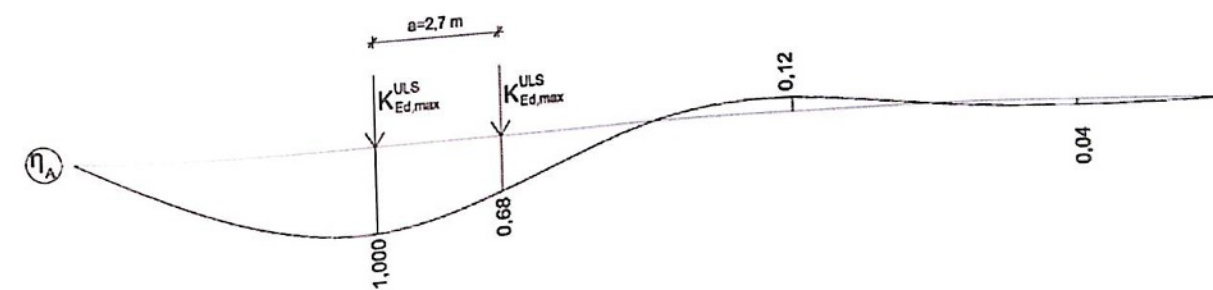


11.4.3 Mértékadó lehajlás:

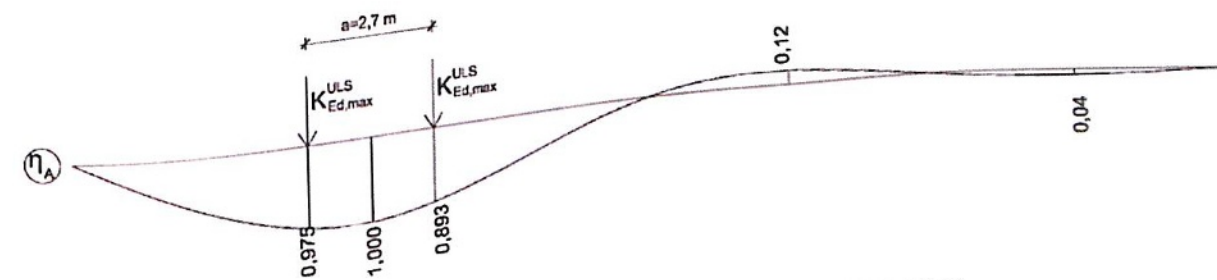
$$e_z = \frac{L^3}{E * I} * K_{Ed,max}^{SLS} * (\eta_1 + \eta_2)$$

$$e_z = \frac{6600^3}{2,1 * 10^5 * 366,6 * 10^6} * 86,09 * 10^3 * (0,011 + 0,0024) = 4,31 \text{ mm} \leq 11,00 \text{ mm}$$

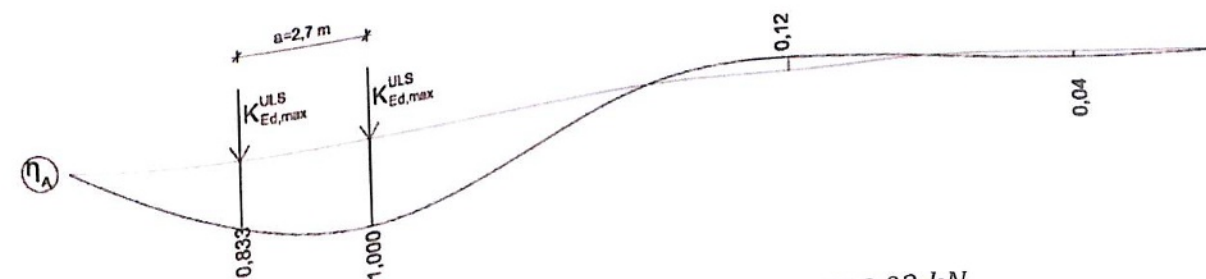
(HEB 340)

11.5 Támaszerők a terhelt oldalon**11.5.1 Függőleges támaszerő:**

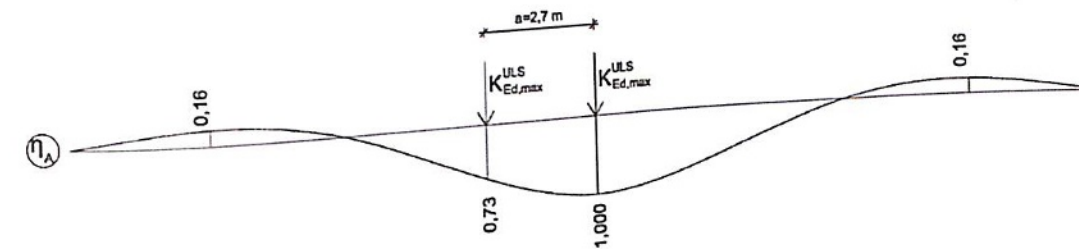
$$A_z^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS,1} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 116,22 * (1,00 + 0,68) = 195,25 \text{ kN}$$



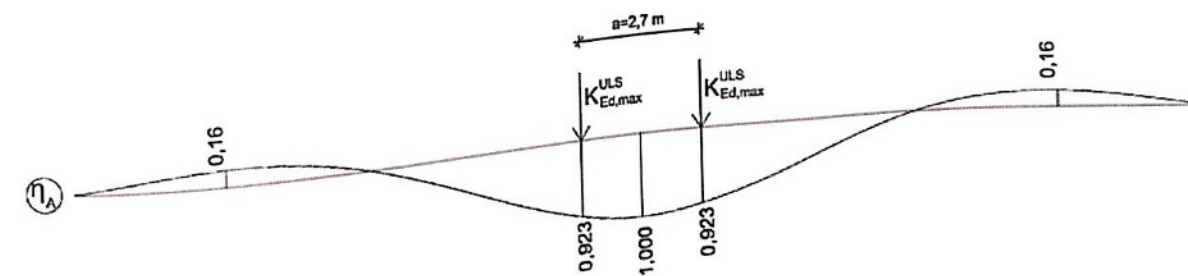
$$A_z^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS,1} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 116,22 * (0,975 + 0,893) = 217,1 \text{ kN}$$



$$A_z^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS,1} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 116,22 * (1,00 + 0,833) = 213,03 \text{ kN}$$



$$A_z^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS,1} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 116,22 * (1,00 + 0,73) = 201,06 \text{ kN}$$

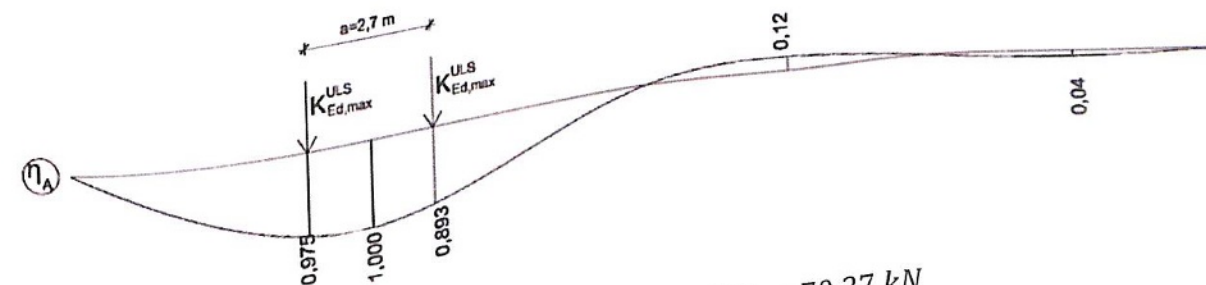


$$A_z^{K,1} = K_{Ed,max}^{ULS,1} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 116,22 * (0,923 + 0,923) = 214,54 \text{ kN}$$

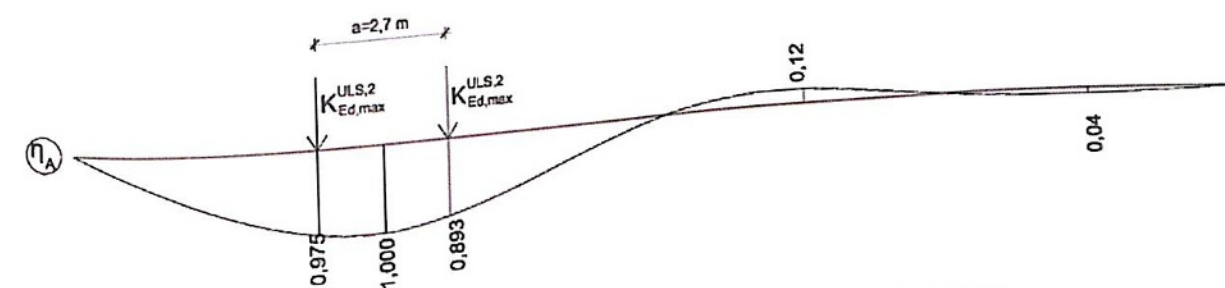
$$A_z^{K,1,max} = 217,1 \text{ kN}$$

11.5.2 Vízszintes támaszerő:

A keresztirányú fékezőerőből:



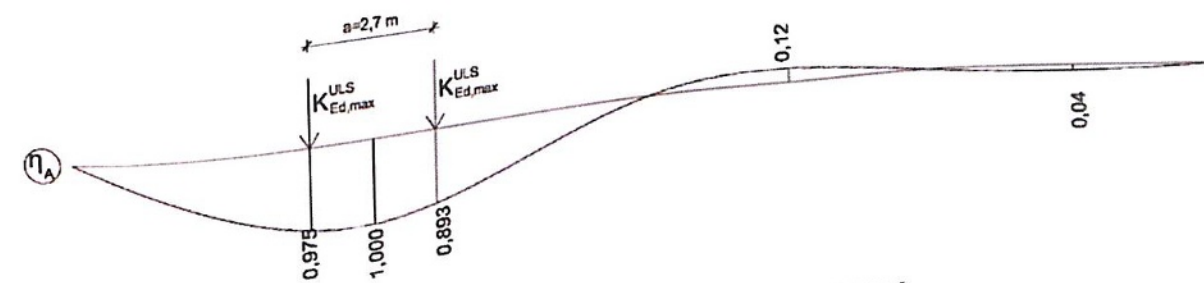
$$A_y^{K,1} = H_{T1,Ed} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 37,62 * (0,975 + 0,893) = 70,27 \text{ kN}$$

11.6 Támaszerők a terheletlen oldalon**11.6.1 Függőleges támaszerő:**

$$A_z^{K,2} = K_{Ed,max}^{ULS,2} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 49,51 * (0,975 + 0,893) = 92,48 \text{ kN}$$

11.6.2 Vízszintes támaszerő:

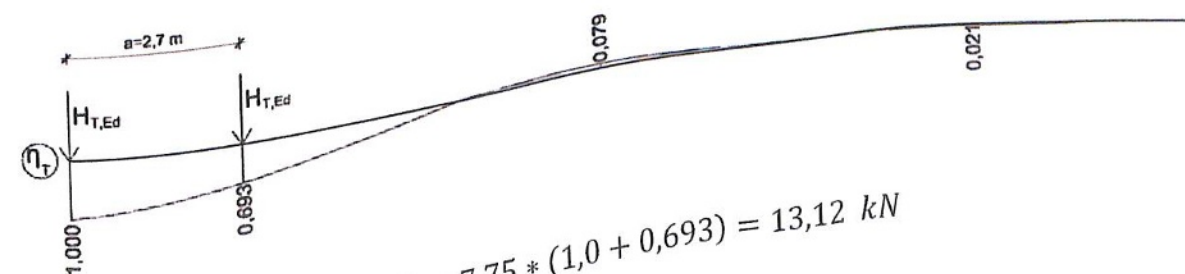
A keresztirányú fékezőerőből:



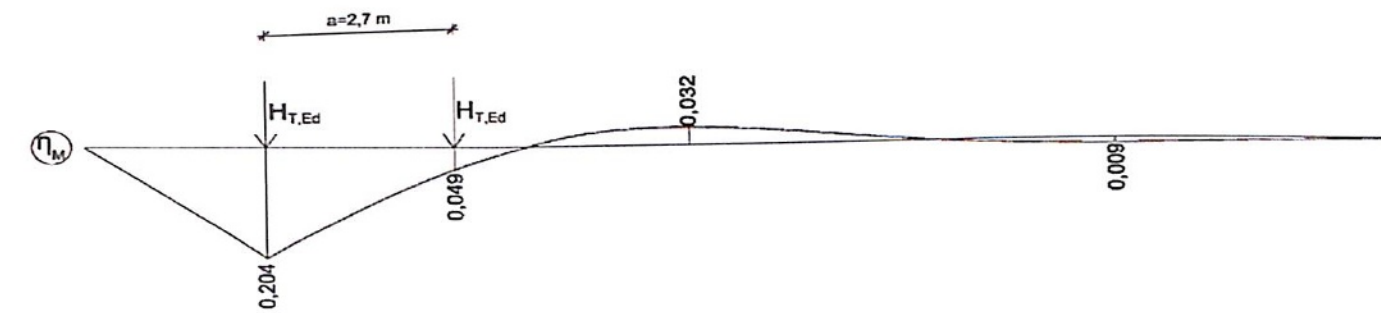
$$A_y^{K,2} = H_{T2,Ed} * (\eta_{A1} + \eta_A) = 7,75 * (0,975 + 0,893) = 14,48 \text{ kN}$$

11.7 Igénybevételek a terheletlen oldalon**11.7.1 Hosszirányú fékezőerőből:**

$$N_{x2} = H_{L2,Ed} = 10,50 \text{ kN}$$

11.7.2 Keresztirányú fékezőerőből:

$$V_y^{fek,2} = H_{T2,Ed} * (\eta_{T1} + \eta_{T2}) = 7,75 * (1,0 + 0,693) = 13,12 \text{ kN}$$



$$M_z^{f_{ék}} = H_{T,Ed} * (\eta_{M1} + \eta_{M2}) * k = 7,75 * (0,204 + 0,049) * 6,6 = 12,94 \text{ kNm}$$

12 Daru méretezése

12.1 Darupálya tartó méretezése

12.1.1 Keresztmetszeti adatok:

HEB 340

$b = 300 \text{ mm}$

$t_f = 21,5 \text{ mm}$

$h = 340 \text{ mm}$

$t_w = 12 \text{ mm}$

$s_s = 86,6 \text{ mm}$

$A = 17090 \text{ mm}^2$

$A_{v,z} = 5609 \text{ mm}^2$

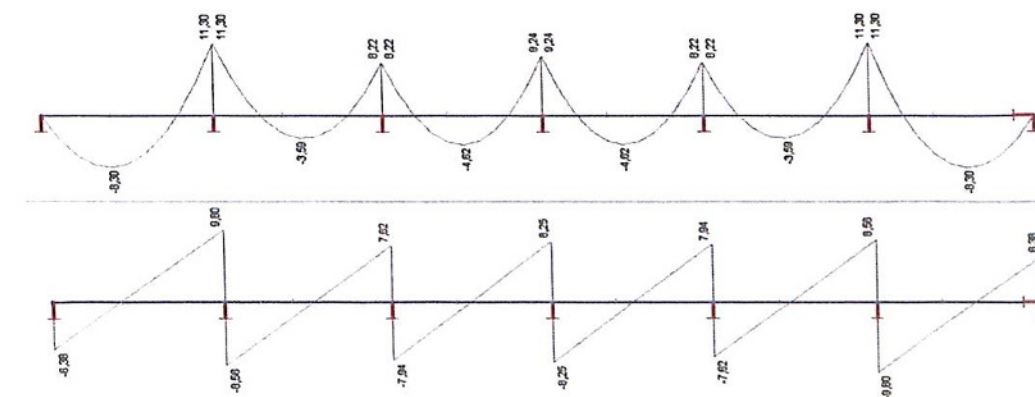
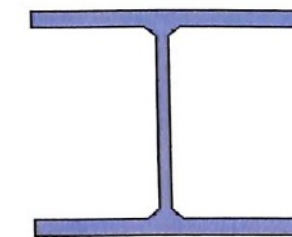
$A_{v,y} = 12900 \text{ mm}^2$

$W_{pl,y} = 2,41 * 10^6 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z,öv} = 483,75 * 10^3 \text{ mm}^3$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 1. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 1. osztály → Képlékeny méretezés



12.1.2 Igénybevételek:

$$V_z^G = 9,8 \text{ kN} \quad M_y^G = 11,3 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,z} = 206,56 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 205,36 \text{ kNm}$$

12.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra-húzásra:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17090 * 235}{1,0} = 4016,15 \text{ kN} > N_x = 23,1 \text{ kN}$$

Megfelel!

12.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,41 * 10^6 * 235}{1,0} = 565,88 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 205,36 \text{ kNm}$$

Megfelel!

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z,öv} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{483,75 * 10^3 * 235}{1,0} = 113,68 \text{ kNm} > M_{z,Ed} = 62,82 \text{ kNm}$$

Megfelel!

12.1.5 Nyírási ellenőrzés:

12.1.5.1 Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{340 - 2 * 21,5}{12} = \frac{297}{12} = 24,8 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 * 1,0}{1,2} = 60,0$$

A nyírási horpadás nem mértékadó.

12.1.5.2 Nyírási ellenállás:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5609 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 761,01 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 206,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{6450 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 875,12 \text{ kN} > V_{Ed,y} = 63,69 \text{ kN}$$

Megfelel!

12.1.6 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

12.1.6.1 Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,z}} = \frac{206,56}{761,01} = 0,27 < 0,5 \text{ és } \frac{V_{Ed,y}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{63,69}{875,12} = 0,07 < 0,5$$

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

12.1.6.2 Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 23,1 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 1004,04 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 23,1 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 297 * 12 * 235}{1,0} = 418,77 \text{ kN}$$

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

12.1.6.3 Kétirányú nyírás, kétirányú hajlítás:

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd,y}} + \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd,z}} = 0,07 + 0,27 = 0,34 < 1,0$$

Megfelel!

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{23,1}{4016,15} + \frac{205,36}{565,88} + \frac{62,82}{113,68} = 0,93 < 1,0$$

Megfelel!

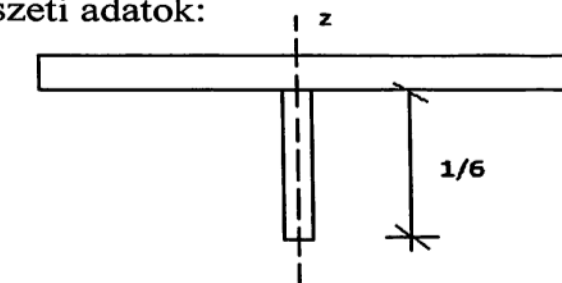
12.1.7 Stabilitási vizsgálat12.1.8 Kifordulás vizsgálat

12.1.8.1 Vizsgálathoz szükséges keresztmetszeti adatok:

$$A_{fz} = 7044 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 48,38 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{48,38 * 10^6}{7044}} = 82,87 \text{ mm}$$



12.1.8.2 Kifordulás vizsgálat:

y-irányban:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = \frac{0,91 * 6600}{82,87 * 93,9} = 0,77 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{pl,Rd,y}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{565,88}{205,36} = 1,38$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

z-irányban:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = 0,77 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{pl,Rd,z}}{M_{z,Ed}} = 0,5 * \frac{113,68}{62,82} = 0,9$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

12.1.9 Beroppanás vizsgálat

$$m_1 = \frac{f_{yf} * b_f}{f_{yw} * t_w} = \frac{235 * 300}{235 * 12} = 25,0$$

Feltételezzük, hogy:

$$\bar{\lambda}_F > 0,5 \rightarrow m_2 = 0,02 * \left(\frac{h_w}{t_f}\right)^2 = 0,02 * \left(\frac{297}{21,5}\right)^2 = 3,817$$

Effektív hossz:

$$l_y = s_s + 2 * t_f * (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 86,6 + 2 * 18 * (1 + \sqrt{25,0 + 3,817}) = 315,9 \text{ mm}$$

Horpadási tényező:

$$k_F = 6 + 2 * \left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2 * \left(\frac{297}{6600}\right)^2 = 6,0041$$

Gerinclemez kritikus ereje:

$$F_{cr} = 0,9 * k_F * E * \frac{t_w^3}{h_w} = 0,9 * 6,0041 * 2,1 * 10^5 * \frac{12^3}{297} = 6601,78 \text{ kN}$$

Viszonyított horpadási karcsúság:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{315,9 * 12 * 235}{6601,78 * 10^3}} = 0,367 < 0,5$$

↓

$$m_2 = 0$$

Módosított effektív hossz:

$$l_y = s_s + 2 * t_f * (1 + \sqrt{m_1}) = 86,6 + 2 * 18 * (1 + \sqrt{25}) = 302,6 \text{ mm}$$

Módosított karcsúság:

$$\overline{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{302,6 * 12 * 235}{6601,78 * 10^3}} = 0,360 < 0,5$$

Horpadási csökkentő tényező:

$$\chi_F = \frac{0,5}{\overline{\lambda}_f} = \frac{0,5}{0,367} = 1,36 > 1,0 \rightarrow \chi_F = 1,0$$

Effektív erő-megoszlási hossz:

$$L_{eff} = \chi_F * l_y = 302,6 \text{ mm}$$

Gerinclemez horpadási ellenállása:

$$F_{Rd} = \frac{L_{eff} * t_w * f_{yw}}{\gamma_{M1}} = \frac{302,6 * 12 * 235}{1,0} = 853,32 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 206,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

12.2 Darupálya tartó toldásának méretezése (CONSTEEL Joint 9.0)

A darupálya tartó 5 egyenlő (7,92m) darabból fog állni, tehát 4 db toldás lesz egy oldalon.

12.2.1 Anyagjellemzők:

$$\text{Alapanyag: S235} \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

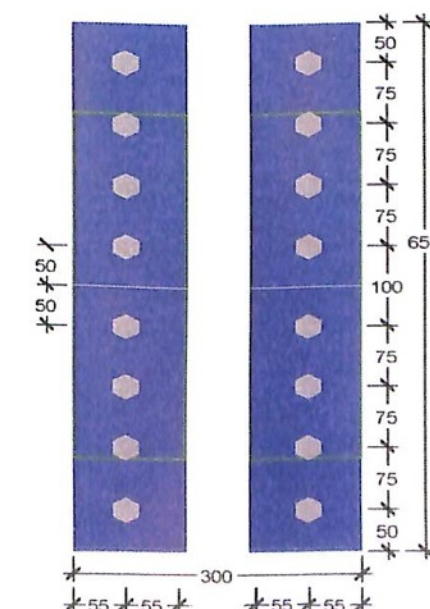
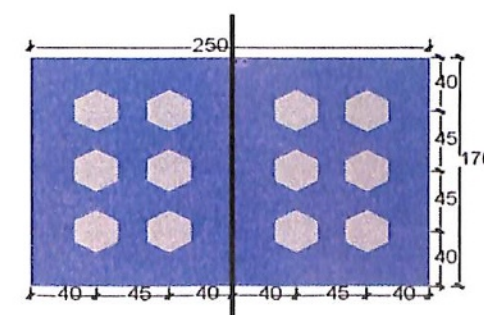
$$\text{Csavarok: M16 10.9} \quad f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

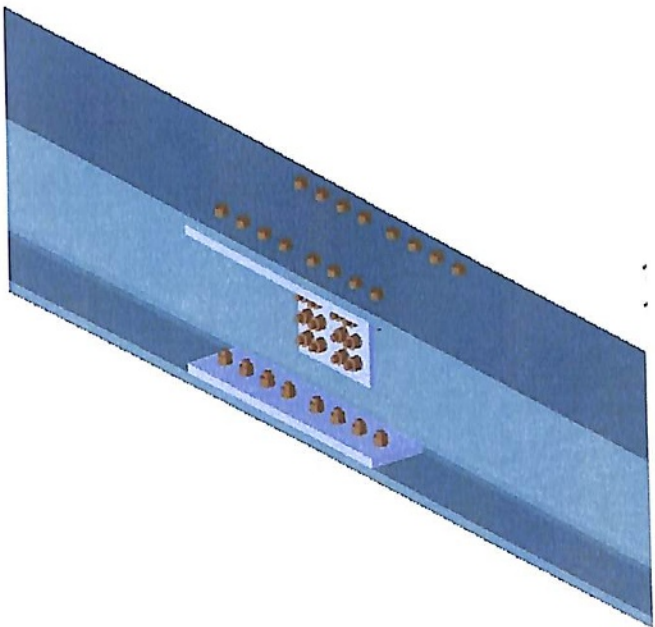
12.2.2 Igénybevételek:

$$V_{Ed,z} = 206,56 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 205,36 \text{ kNm}$$

A csomópont kihasználtsága 90%.

Csomóponti kialakítás:





Eredmények

Csomóponti terhek

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Elem neve	23,10	0,00	206,56	0,00	205,36	0,00
Bal öv	23,10	0,00	206,56	0,00	205,36	0,00
Jobb öv						

Összefoglalás

Gerinc:

Mértékadó csavar nyírási ellenállása:

Csavarok nyírási kihasználtsága:

A mértékadó csavar palástnyomási ellenállása:

Mértékadó csavar palástnyomási kihasználtsága:

Hevederlemezek húzási és nyomási kihasználtsága:

Hevederlemezek nyírási ellenállása:

Hevederlemezek nyírási kihasználtsága:

Hevederlemezek hajlítási ellenállása:

Hevederlemezek hajlítási kihasználtsága:

Öv:

Összes csavar nyírási ellenállása:

Csavarok nyírási kihasználtsága:

Összes csavar palástnyomási ellenállása:

Csavarok palástnyomási kihasználtsága:

Hevederlemezek húzási és nyomási kihasználtsága:

Hevederlemezek húzási és nyomási kihasználtsága:

Belső hevederlemezek csoportos kiszakadási kihasználtsága:

Hevederlemezek csoportos kiszakadási kihasználtsága:

$F_{v,Do,Rd} = 193,02 \text{ kN}$

48 % Megfelelő

$F_{b,Do,Rd} = 102,40 \text{ kN}$

90 % Megfelelő

$N_{Rd,min,v} = 721,61 \text{ kN}$

1 % Megfelelő

$V_{Rd,min,v} = 435,89 \text{ kN}$

47 % Megfelelő

$M_{Rd,min,w} = 41,46 \text{ kN}$

57 % Megfelelő

$F_{v,Rd,f} = 772,08 \text{ kN}$

84 % Megfelelő

$F_{b,Rd,f} = 1536,00 \text{ kN}$

42 % Megfelelő

$N_{Rd,min,f} = 923,79 \text{ kN}$

70 % Megfelelő

$V_{aRd} = 923,79 \text{ kN}$

70 % Megfelelő

12.3 Darupálya tartó konzol méretezése.**12.3.1 Teherbírási határállapot:****12.3.1.1 Igénybevételek:**

$$N_x = 70,27 \text{ kN}$$

$$V_z = 229,57 \text{ kN}$$

$$M_y = 114,79 \text{ kNm}$$

$$M_z = 11,55 \text{ kNm}$$

12.3.1.2 Keresztmetszeti adatok:

IPE 330

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 330 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$A = 6261 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 3081 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 117,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 137,1 \text{ mm}$$

$$i_z = 35,48 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 2. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 2. osztály $\rightarrow$ Képlékeny méretezés**12.3.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra:**

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6261 \cdot 235}{1,0} = 1471,34 \text{ kN} > N_{Ed} = 70,27 \text{ kN}$$

Megfelel!

12.3.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,804 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 188,94 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 114,79 \text{ kNm}$$

Megfelel!

12.3.1.5 Ellenőrzés tiszta hajlításra z-síkban:

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{153700 \cdot 235}{1,0} = 36,12 \text{ kNm} > M_{z,Ed} = 11,55 \text{ kNm}$$

12.3.1.6 Nyírási ellenőrzés:

- Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{330 - 2 * 12}{7,5} = \frac{306}{7,5} = 40,8 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 * 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

- Nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{3081 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 418,02 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 229,57 \text{ kN}$$

Megfelel!

12.3.1.7 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

- Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{229,57}{418,02} = 0,55 < 0,5$$

↓

Kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

$$\rho = \left(\frac{2 * V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,z}} - 1 \right)^2 = 0,00968$$

$$M_{V,Rd,y} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_w^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \left(0,804 * 10^6 - \frac{0,00968 * 2295^2}{4 * 7,5} \right) * \frac{235}{1,0}$$

$$= 188,53 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 114,79 \text{ kNm}$$

- Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 70,27 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 367,75 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 70,27 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 306 * 7,5 * 235}{1,0} = 269,66 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

12.3.1.8 Kétirányú hajlítás:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{70,27}{1471,37} + \frac{114,79}{188,53} + \frac{11,55}{36,12} = 0,96 < 1,0$$

Megfelel!

12.3.2 Használhatósági határállapot:

$$e_{z,max} = 0,39 \text{ mm} \leq e_{z,eng} = L/600 = 500/600 = 0,83 \text{ mm}$$

Megfelel!

12.4 Stabilitási vizsgálat

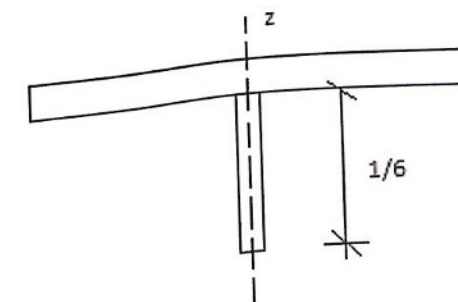
12.4.1 Kifordulás vizsgálat

12.4.1.1 Vizsgálathoz szükséges keresztmetszeti adatok:

$$A_{fz} = 4151 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 27,01 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{27,01 * 10^6}{4151}} = 80,7 \text{ mm}$$



12.4.1.2 Kifordulás vizsgálat:

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{114,79} = 0$$

$$\psi = 0$$

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 * \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 * 0} = 0,75$$

y-irányban:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = \frac{0,75 * 500}{80,7 * 93,9} = 0,05 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{pl,Rd,y}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{188,53}{114,79} = 0,82$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

z-irányban:

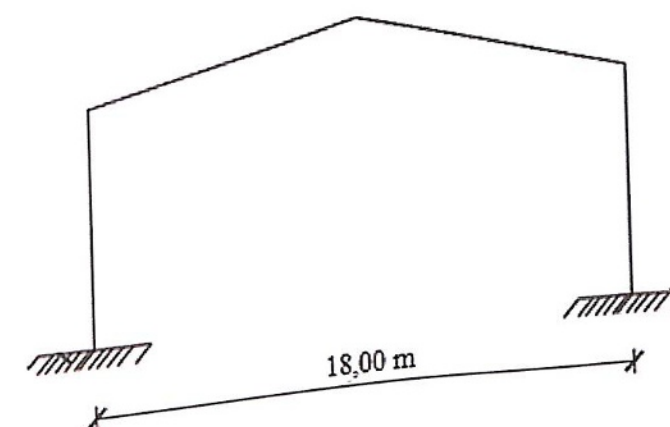
$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = 0,05 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{pl,Rd,z}}{M_{z,Ed}} = 0,5 * \frac{113,68}{62,82} = 1,56$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

13 Főhajó keret igénybevételek**13.1 Statikai váz**

Terhelési sáv: 6,6m

**13.2 Anyagminőség**

S235

13.3 Keresztmetszetek

IPE 450

HEA 340

13.4 Állandó teher $\gamma_{G,sup}=1,35$; $\gamma_{G,inf}=1,00$ **13.4.1 keret önsúly**

összsúly (AXIS)

13.4.2 burkolat súlya

$$p_{burk}^k = (g_{kti} + g_{bti} + g_{hőszig} + g_{folia}) \cdot t_s + g_z$$

$$p_{burk}^k = (0,054 + 0,047 + 0,25 + 0,014) \cdot 6,6 + \frac{0,0724 \cdot 6,6}{1,50}$$

$$p_{burk}^k = 2,73 \text{ kN/m}$$

13.4.3 Állandó jellegű hasznos teher (gépészeti teher)

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

13.5 Esetleges terhek13.5.1 Hóteher

$$t_s = 6,60 \text{ m}$$

$$s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_s = 1,50$$

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

$$p_s^k = 1,00 \cdot 6,60 = 6,6 \text{ kN/fm}$$

13.5.2 Szélteher

$$t_s = 6,60 \text{ m}$$

$$\gamma_w = 1,50$$

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

$$q_{p(z)} = 0,423 \text{ kN/m}^2$$

13.5.2.1 Külső szélterő:

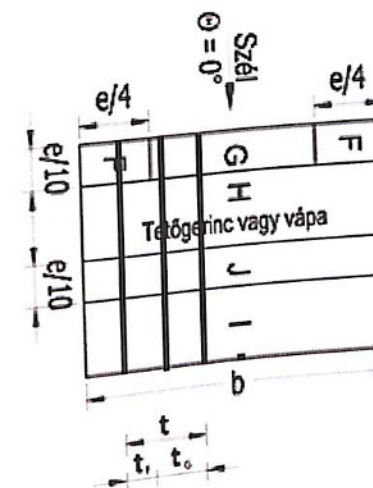
$$p_{w,e} = c_s \cdot c_d \cdot t \cdot w_e \quad , \text{ ahol } c_s \cdot c_d = 1,00, \text{ mert } h < 15 \text{ m}$$

$$t_s = 6,6 \text{ m}$$

13.5.2.2 Belső szélterő:

$$p_{w,i} = t \cdot w_i \quad , \text{ ahol}$$

$$t_s = 6,6 \text{ m}$$

13.5.2.3 Szélteher 1 KK- keresztirányú külső ($\theta = 0^\circ$) $c_{pe,10}$ Tető:I zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow -0,4 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^I = -0,56$$

$$p_{w,e,I} = (0,423 \cdot 0,56) \cdot 6,60 = -1,56 \text{ kN/fm}$$

J zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,2 \\ 15^\circ \rightarrow -1,0 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^J = -0,04$$

$$p_{w,e,J} = (0,423 \cdot 0,04) \cdot 6,60 = -0,111 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,Jsz} = p_{w,e,I} = (0,423 \cdot 0,48) \cdot 6,60 = -1,34 \text{ kN/fm}$$

H zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow -0,3 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^H = -0,54$$

$$p_{w,e,H} = (0,423 \cdot 0,54) \cdot 6,60 = -1,51 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,H} = (0,423 \cdot 0,04) \cdot 6,60 = +0,112 \text{ kN/fm}$$

F zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -1,7 \\ 15^\circ \rightarrow -0,9 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^F = -1,54$$

$$p_{w,e,F} = (0,423 \cdot 1,54) \cdot 1,5 = -0,977 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,F} = (0,423 \cdot 0,04) \cdot 1,5 = +0,025 \text{ kN/fm}$$

szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow +0,0 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^I = -0,48$$

szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow +0,0 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^I = -0,48$$

nyomás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow +0,2 \end{array} \right\} c_{pe,ny}^H = +0,04$$

nyomás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow +0,2 \end{array} \right\} c_{pe,ny}^F = +0,04$$

G zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow -0,8 \end{array} \right\} C_{pe,sz}^G = -1,12$$

nyomás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow +0,2 \end{array} \right\} C_{pe,ny}^G = +0,04$$

$$p_{w,e,G} = (0,423 \cdot 1,12) \cdot 5,1 = -2,416 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,G} = (0,423 \cdot 0,04) \cdot 5,1 = +0,086 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,F+G} = 0,977 + 2,416 = -3,39 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,F+G}^{NY} = p_{w,e,H}^{NY} = 0,025 + 0,086 = +0,112 \text{ kN/fm}$$

Oldalfal(globálisan):

$$h/d = \frac{9,6}{19,0} = 0,505$$

nyomás:

D zóna:

$$\left. \begin{array}{l} h/d = 0,25 \rightarrow +0,7 \\ h/d = 1,00 \rightarrow +0,8 \end{array} \right\} \Rightarrow C_{pe,ny}^D = +0,733$$

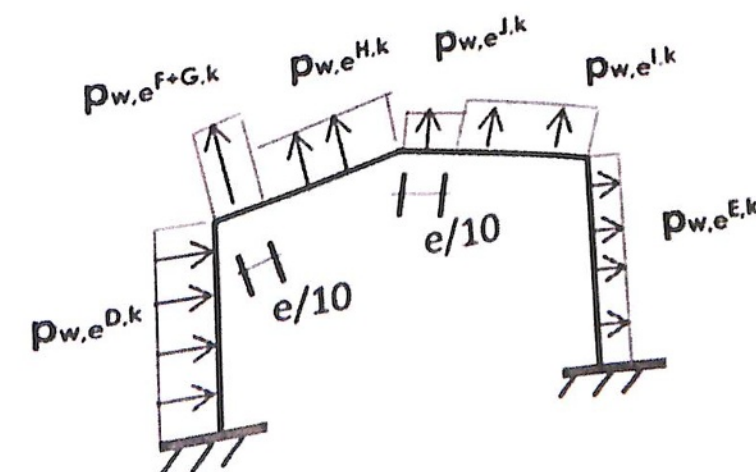
$$p_{w,e,D} = (0,423 \cdot 0,732) \cdot 6,60 = +2,04 \text{ kN/fm}$$

szívás:

E zóna:

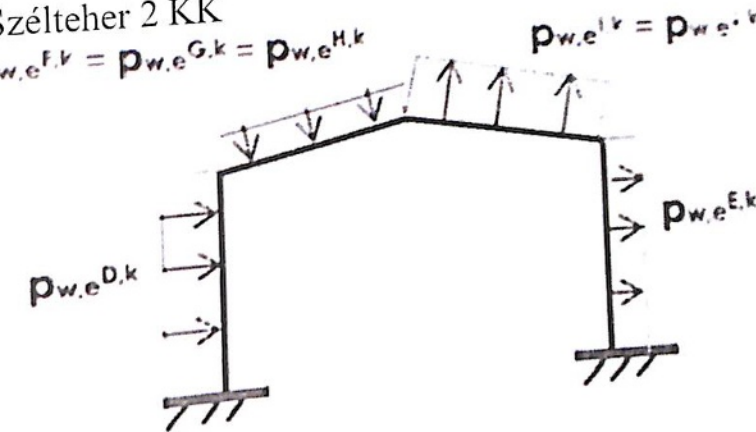
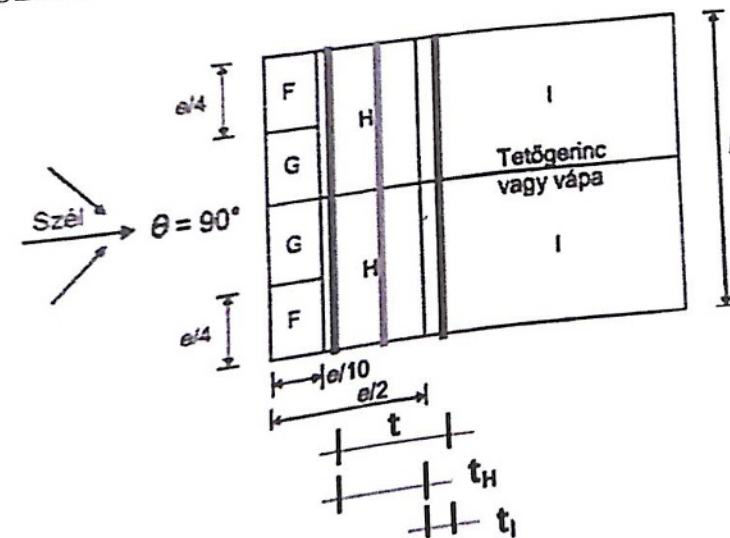
$$\left. \begin{array}{l} h/d = 0,25 \rightarrow -0,3 \\ h/d = 1,00 \rightarrow -0,5 \end{array} \right\} \Rightarrow C_{pe,sz}^E = -0,365$$

$$p_{w,e,E} = (0,423 \cdot 0,365) \cdot 6,60 = -1,02 \text{ kN/fm}$$



13.5.2.4 Szélteher 2 KK

$$p_{w,e}^{F,v} = p_{w,e}^{G,k} = p_{w,e}^{H,k} \quad p_{w,e}^{I,v} = p_{w,e}^{I,k}$$

13.5.2.5 Szélteher 3 HK- hosszirányú külső ($\theta = 90^\circ$) $c_{pe,10}$ Tető:H zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,7 \\ 15^\circ \rightarrow -0,6 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^H = -0,68$$

$$p_{w,e,H} = (0,423 \cdot 0,68) \cdot 6,3 = -1,81 \text{ kN/m}$$

I zóna: szívás:

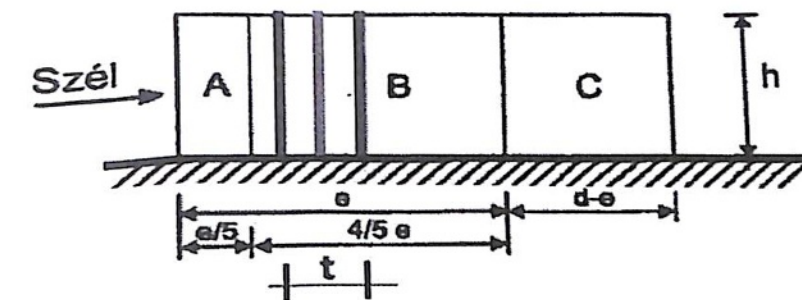
$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow -0,5 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^I = -0,58$$

$$p_{w,e,I} = (0,423 \cdot 0,58) \cdot 0,3 = -0,073 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,e,I+H} = -(1,81 + 0,073) = -1,883 \text{ kN/m}$$

Oldalfal:

$$e < d = 19,0\text{m} < 40,6\text{m}$$



$$h/d = \frac{9,60}{40,6} = 0,24$$

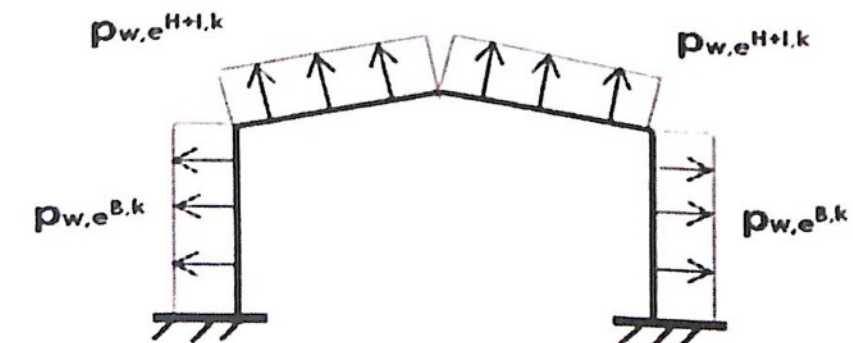
B zóna:

nyomás:

$$h/d < 0,25 \Rightarrow C_{pe,sz}^B = -0,80$$

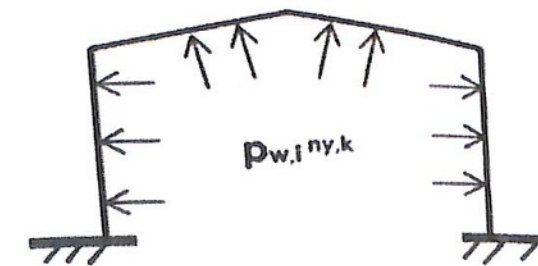
Oldalfal:

$$p_{w,e,B} = (0,423 \cdot 0,80) \cdot 6,60 = -2,23 \text{ kN/m}$$



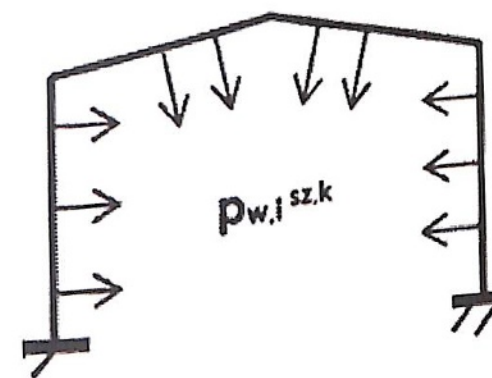
13.5.2.6 Szélteher 4 BNY-belső nyomás

$$p_{w,i,ny}^k = (0,423 \cdot 0,2) \cdot 6,6 = +0,558 \text{ kN/m}$$

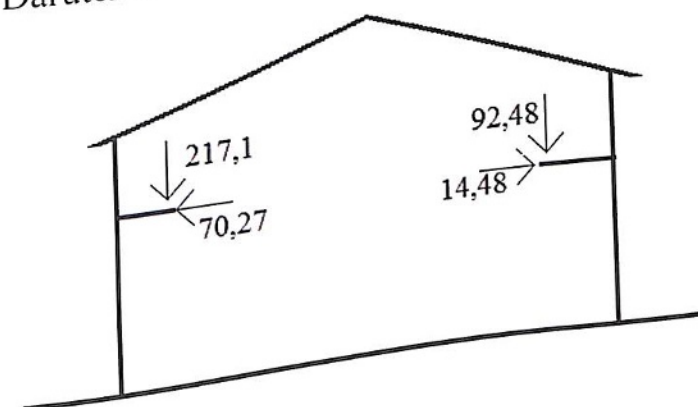


13.5.2.7 Szélteher 5 BSZ- belső szívás

$$p_{w,i,sz}^k = (0,423 \cdot 0,3) \cdot 6,6 = +0,837 \text{ kN/m}$$



13.5.2.8 Daruteher



14 Mellékrajó keret terhei

14.1 Állandó teher

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

14.1.1 keret önsúly

14.1.2 burkolat súlya

$$p_{burk}^k = (g_{kti} + g_{bti} + g_{hőszig} + g_{folia}) \cdot t_s + g_z$$

$$p_{burk}^k = (0,054 + 0,047 + 0,25 + 0,014) \cdot 6,6 + \frac{0,0724 \cdot 6,6}{1,50}$$

$$p_{burk}^k = 2,73 \text{ kN/m}$$

14.1.3 Állandó jellegű hasznos teher (gépészeti teher)

14.2 Esetleges teher

14.2.1 Hóteher

$$t_s = 6,60m$$

$$s_1 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s_w = 3,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_s = 1,50$$

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

$$p_{s1}^k = 1,0 \cdot 6,60 = 6,6 \text{ kN/fm}$$

$$p_{s1}^k = 3,4 \cdot 6,60 = 22,4 \text{ kN/fm}$$

14.2.2 Szélteher

$$t_s = 6,60m$$

$$\gamma_w = 1,50$$

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

$$q_{p(z)} = 0,361 \text{ kN/m}^2$$

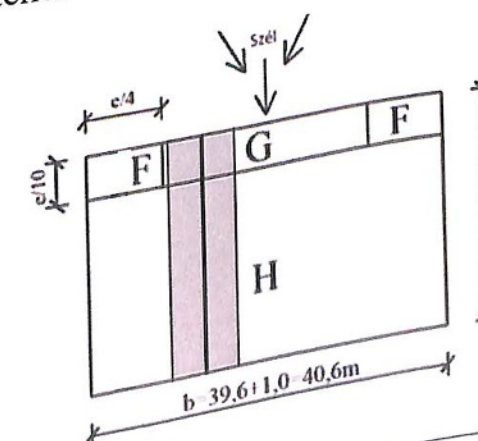
14.2.2.1 Külső szélterő:

$$p_{w,e} = c_s \cdot c_d \cdot b \cdot w_e, \text{ ahol } c_s \cdot c_d = 1,00, \text{ mert } h < 15m$$

$$t_s = 6,6m$$

14.2.2.2 Belső szélterő:

$$p_{w,i} = b \cdot w_i, \text{ ahol } t_s = 6,6m$$

14.2.2.3 Szélteher 1 KK- keresztirányú külső ($\theta = 0^\circ$) $c_{pe,10}$ 

Tető:H zóna: szivás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow -0,3 \end{array} \right\} C_{pe,sz}^H = -0,54$$

nyomás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow +0,2 \end{array} \right\} C_{pe,ny}^H = +0,04$$

$$p_{w,e,H} = (0,361 \cdot 0,54) \cdot 6,60 = -1,29 \text{ kN/fm}$$

G zóna: szivás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -1,2 \\ 15^\circ \rightarrow -0,8 \end{array} \right\} C_{pe,sz}^G = -1,12$$

nyomás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow +0,0 \\ 15^\circ \rightarrow +0,2 \end{array} \right\} C_{pe,ny}^G = +0,04$$

$$p_{w,e,G} = (0,361 \cdot 1,12) \cdot 6,60 = -2,67 \text{ kN/fm}$$

Oldalfal(globálisan):

$$h/d = \frac{6,5}{7,5} = 0,87$$

D zóna: nyomás:

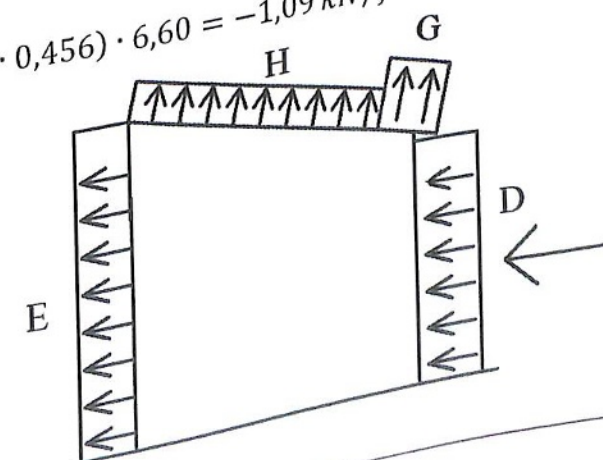
$$\left. \begin{array}{l} h/d = 0,25 \rightarrow +0,7 \\ h/d = 1,00 \rightarrow +0,8 \end{array} \right\} \Rightarrow C_{pe,ny}^D = +0,783$$

$$p_{w,e,D} = (0,361 \cdot 0,783) \cdot 6,60 = +1,87 \text{ kN/fm}$$

E zóna: szivás:

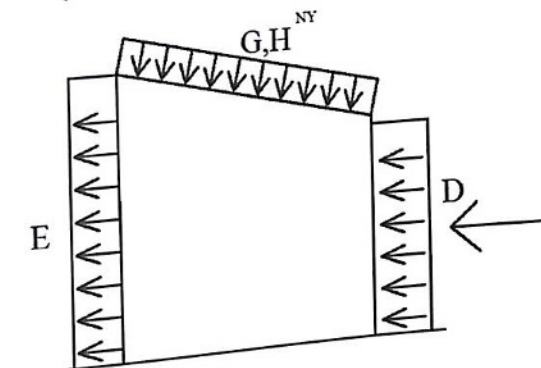
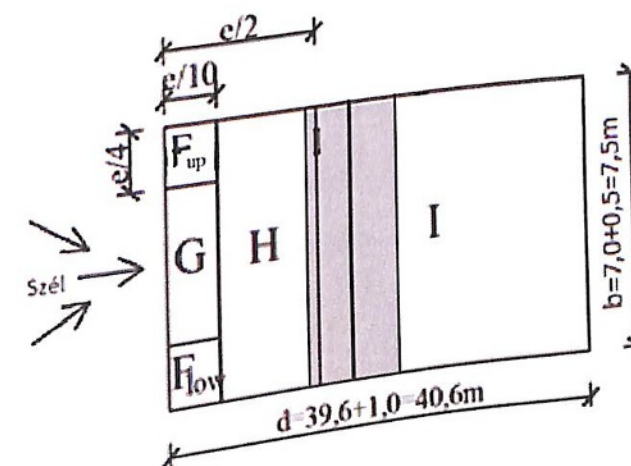
$$\left. \begin{array}{l} h/d = 0,25 \rightarrow -0,3 \\ h/d = 1,00 \rightarrow -0,5 \end{array} \right\} \Rightarrow C_{pe,sz}^E = -0,465$$

$$p_{w,e,E} = (0,361 \cdot 0,465) \cdot 6,60 = -1,09 \text{ kN/fm}$$



14.2.2.4 Szélteher 2 KK

$$p_{w,e,G}^{NY} = p_{w,e,H}^{NY} = (0,361 \cdot 0,04) \cdot 6,60 = +0,095 \text{ kN/fm}$$

14.2.2.5 Szélteher 3 HK- hosszirányú külső ($\theta = 90^\circ$) $c_{pe,10}$ Tető:

H zóna: szívás:

$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,6 \\ 15^\circ \rightarrow -0,8 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^H = -0,64$$

$$p_{w,e,H} = (0,361 \cdot 0,64) \cdot 0,45 = -0,104 \text{ kN/fm}$$

I zóna: szívás:

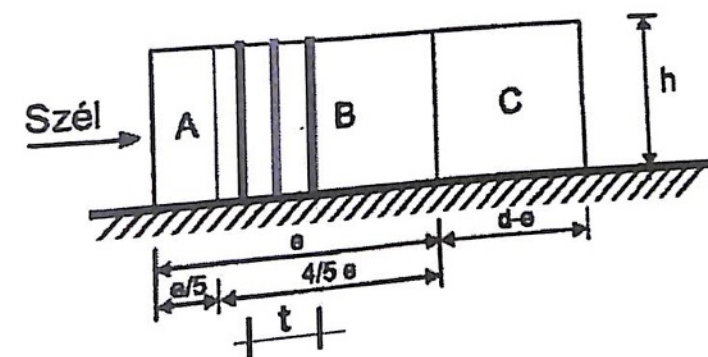
$$\left. \begin{array}{l} 5^\circ \rightarrow -0,5 \\ 15^\circ \rightarrow -0,7 \end{array} \right\} c_{pe,sz}^I = -0,54$$

$$p_{w,e,I} = (0,361 \cdot 0,54) \cdot 6,15 = -1,19 \text{ kN/fm}$$

$$p_{w,e,I+H} = -(0,104 + 1,19) = -1,294 \text{ kN/fm}$$

Oldalfal:

$$e < d = 8,5m < 40,6m$$

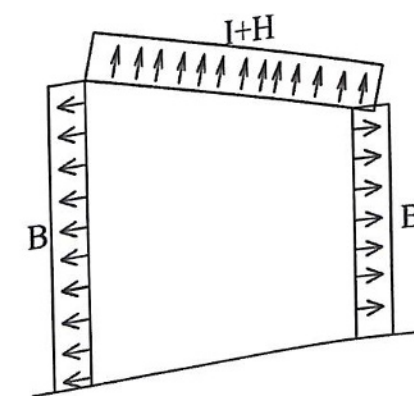


$$h/d = \frac{6,5}{40,6} = 0,16$$

B zóna: nyomás:

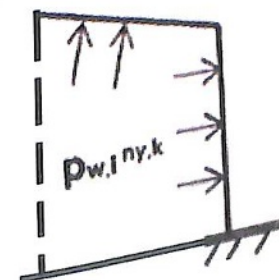
$$h/d > 0,25 \Rightarrow C_{pe,sz}^B = -0,80$$

$$p_{w,e,B} = (0,361 \cdot 0,80) \cdot 6,60 = -1,91 \text{ kN/m}$$



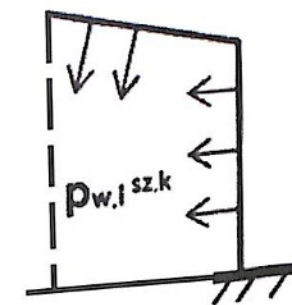
14.2.2.6 Szélteher 4 BNY-belső nyomás

$$p_{w,i,ny}^k = (0,361 \cdot 0,2) \cdot 6,6 = +0,477 \text{ kN/m}$$



14.2.2.7 Szélteher 5 BSZ- belső szívás

$$p_{w,i,sz}^k = (0,361 \cdot 0,3) \cdot 6,6 = +0,715 \text{ kN/m}$$



Daru:

Biztonsági tényezők: $\gamma_D = 1,35$; $\psi_{w_0} = 1,0$; $\psi_{w_1} = 0,9$; $\psi_{w_2} = \frac{151}{201} = 0,75$ darupálya függőleges keréknyomás: $\varphi = 1,2$ mert, $v \leq 1,5$ m/s

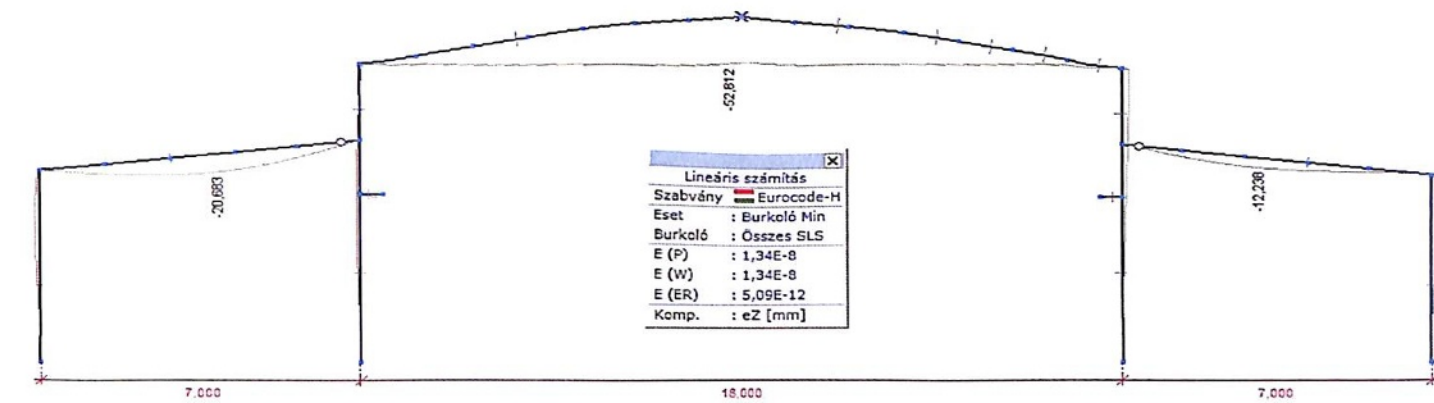
14.3 Teherkombinációk

1. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|)
2. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)}$
3. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|) + hó totál
4. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó totál}$
5. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|) + hó totál + $\Psi_{w,0} \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \text{szél5BSZ}$
6. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó totál} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél5BSZ}$
7. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|) + hó jobb fél + $\Psi_{w,0} \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \text{szél5BSZ}$
8. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó jobb fél} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél5BSZ}$
9. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (|) + szél1KK + szél4BNY
10. $\gamma_{G,inf} \cdot \text{önsúly} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{burkolat} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{gépészet} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{daru áll.} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{daru (|)} + \gamma_w \cdot \text{szél1KK} + \gamma_w \cdot \text{szél4BNY}$
11. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (|) + hó jobb fél + $\Psi_{w,0} \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \text{szél5BSZ}$
12. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó jobb fél} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél2KK} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél5BSZ}$
13. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (|) + hó jobb fél + $\Psi_{w,0} \cdot \text{szél3HK} + \Psi_{w,0} \cdot \text{szél4BNY}$
14. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó jobb fél} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél3HK} + \Psi_{w,0} \cdot \gamma_w \cdot \text{szél4BNY}$
15. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|) + szél1KK
16. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_w \cdot \text{szél1KK}$
17. önsúly + burkolat + daru áll. + daru (|) + szél1KK
18. $\gamma_{G,inf} \cdot \text{önsúly} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{burkolat} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{daru áll.} + \gamma_{G,inf} \cdot \text{daru (|)} + \gamma_w \cdot \text{szél1KK}$
19. önsúly + burkolat + gépészet + daru áll. + daru (–) + daru (|) + hó totál + $\Psi_{w,0} \cdot \text{szél1KK}$
20. $\gamma_G \cdot \text{önsúly} + \gamma_b \cdot \text{burkolat} + \gamma_g \cdot \text{gépészet} + \gamma_d \cdot \text{daru áll.} + \gamma_d \cdot \text{daru (–)} + \gamma_d \cdot \text{daru (|)} + \gamma_s \cdot \text{hó totál} + \gamma_w \cdot \Psi_{w,0} \cdot \text{szél1KK}$

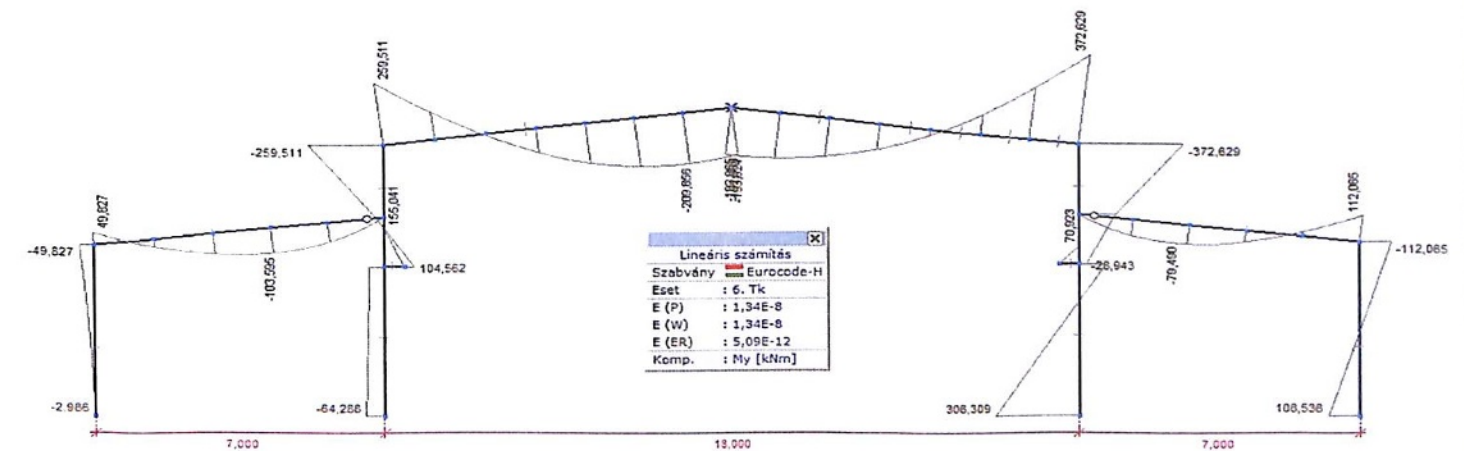
15 Keresztmetszetek ellenőrzése

15.1 Mértékadó igénybevételek (AXIS)

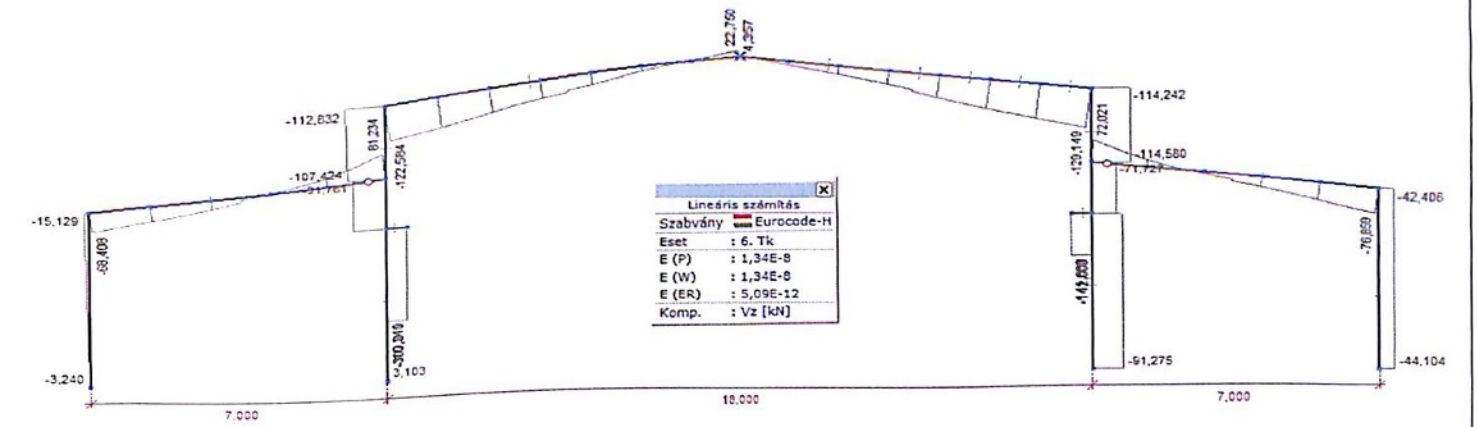
15.1.1 Lehajlás



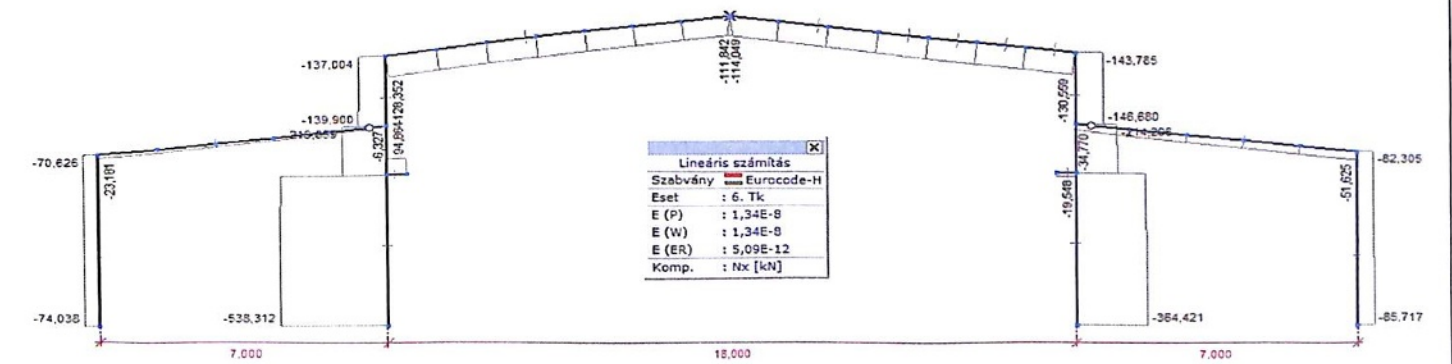
15.1.2 Nyomaték:



15.1.3 Nyíróerő:



15.1.4 Normálerő:



15.2 Főhajó oszlopainak ellenőrzése

AXIS VM-ből optimalizált szelvény: HEA 340

Mértékadó teherkombináció: 6. teherkombináció

15.2.1 Teherbírási határállapot:**15.2.1.1 Igénybevételek:**

$$N_{Ed} = 146,82 \text{ kN} \quad V_{z,Ed} = 114,58 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 372,63 \text{ kNm}$$

15.2.1.2 Keresztmetszeti adatok:

$$b = 300 \text{ mm} \quad t_f = 16,5 \text{ mm}$$

$$h = 330 \text{ mm} \quad t_w = 9,5 \text{ mm}$$

$$A = 13347 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 4495 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 276,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 1,85 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 144,0 \text{ mm} \quad i_z = 74,6 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 1. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 1. osztály → Képlékeny méretezés

15.2.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13347 \cdot 235}{1,0} = 3136,55 \text{ kN} > N_{Ed} = 146,82 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.2.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,85 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 434,75 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 372,63 \text{ kNm}$$

Megfelel!

15.2.1.5 Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{330 - 2 \cdot 16,5}{9,5} = \frac{297}{9,5} = 31,26 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

Nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{4495 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 609,87 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 114,58 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.2.1.6 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{114,58}{609,87} = 0,188 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 146,82 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 784,14 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 146,82 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 297 * 9,5 * 235}{1,0} = 331,53 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

15.2.2 Használhatósági határállapot:

$$e_{x,max} = 33,55 \text{ mm} < e_{x,eng} = H/150 = 8000/150 = 53,3 \text{ mm}$$

Megfelel!

15.3 Mellékhajó oszlopainak ellenőrzése

AXIS VM-ből optimalizált szelvény: HEA 220

Mértékadó teherkombináció: 6. teherkombináció

15.3.1 Teherbírási határállapot:**15.3.1.1 Igénybevételek:**

$$N_{Ed} = 82,31 \text{ kN} \quad V_{z,Ed} = 42,41 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 112,07 \text{ kNm}$$

15.3.1.2 Keresztmetszeti adatok:

$$b = 220 \text{ mm} \quad t_f = 11,0 \text{ mm}$$

$$h = 210 \text{ mm} \quad t_w = 7,0 \text{ mm}$$

$$A = 6434 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 2067 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 54,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 0,57 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 91,7 \text{ mm} \quad i_z = 55,1 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 1. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 1. osztály → Képlékeny méretezés

15.3.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6434 \cdot 235}{1,0} = 1511,9 \text{ kN} > N_{Ed} = 82,31 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.3.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,57 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 133,95 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 112,07 \text{ kNm}$$

Megfelel!

15.3.1.5 Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{210 - 2 \cdot 11,0}{7,0} = \frac{188}{7,0} = 26,86 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

Nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{2067 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 280,45 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 42,41 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.3.1.6 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{42,41}{280,45} = 0,151 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 82,31 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 377,98 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 82,31 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 188 * 7,0 * 235}{1,0} = 154,63 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

15.3.2 Használhatósági határállapot:

$$e_{x,max} = 5,2 \text{ mm} < e_{x,eng} = H/150 = 5100/150 = 34,0 \text{ mm}$$

Megfelel!

15.4 Főhajó gerenda ellenőrzése

AXIS VM-ből optimalizált szelvény: IPE 450

Mértékadó teherkombináció: 6. teherkombináció

15.4.1 Teherbírési határállapot:**15.4.1.1 Igénybevételek:**

$$N_{Ed} = 130,56 \text{ kN} \quad V_{z,Ed} = 129,15 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 372,63 \text{ kNm}$$

15.4.1.2 Keresztmetszeti adatok:

$$b = 190 \text{ mm} \quad t_f = 14,6 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm} \quad t_w = 9,4 \text{ mm}$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 5085 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 337,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 184,8 \text{ mm} \quad i_z = 41,2 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 3. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 3. osztály

A kis nyomóerő miatt képlékeny méretezést alkalmazunk.

15.4.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9882 \cdot 235}{1,0} = 2332,2 \text{ kN} > N_{Ed} = 130,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.4.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,7 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 399,5 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 372,63 \text{ kNm}$$

Megfelel!

15.4.1.5 Nyírási ellenőrzés:

- Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{450 - 2 * 14,6}{9,4} = \frac{420,8}{9,4} = 44,76 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 * 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

- Nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5085 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 689,92 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 129,15 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.4.1.6 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

- Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{129,15}{689,92} = 0,187 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 130,56 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 583,05 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 130,56 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 420,8 * 9,4 * 235}{1,0} = 464,77 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

15.4.2 Használhatósági határállapot:

$$e_{z,max} = 52,77 \text{ mm} < e_{z,eng} = L/300 = 18000/300 = 60,0 \text{ mm}$$

Megfelel!

15.5 Mellékhajó gerenda ellenőrzése

AXIS VM-ből optimalizált szelvény: IPE 300

Mértékadó teherkombináció: 6. teherkombináció

15.5.1 Teherbírási határállapot:**15.5.1.1 Igénybevételek:**

$$N_{Ed} = 51,63 \text{ kN} \quad V_{z,Ed} = 76,86 \text{ kN} \quad M_{y,Ed} = 112,7 \text{ kNm}$$

15.5.1.2 Keresztmetszeti adatok:

$$b = 150 \text{ mm} \quad t_f = 10,7 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm} \quad t_w = 7,1 \text{ mm}$$

$$A = 5381 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 2568 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 83,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 0,628 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 124,6 \text{ mm} \quad i_z = 33,5 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 2. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 2. osztály $\rightarrow$ Képlékeny méretezés

15.5.1.3 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5381 \cdot 235}{1,0} = 1264,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 51,63 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.5.1.4 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,628 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 147,58 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 112,7 \text{ kNm}$$

Megfelel!

15.5.1.5 Nyírási ellenőrzés:

- Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300 - 2 \cdot 10,7}{7,1} = \frac{278,6}{7,1} = 39,23 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

- Nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{2568 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 348,42 \text{ kN} > V_{Ed,z} = 76,86 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.5.1.6 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

- Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{76,86}{348,42} = 0,221 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

- Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 51,63 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 316,12 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 51,63 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 278,6 * 7,1 * 235}{1,0} = 232,42 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

15.5.2 Használhatósági határállapot:

$$e_{z,max} = 20,68 \text{ mm} < e_{z,eng} = L/300 = 7000/300 = 23,3 \text{ mm}$$

Megfelel!

15.6 Stabilitásvizsgálatok**15.6.1 Kihajlás vizsgálata a keret síkjában**

Befogott keret esetén:

$$c = \frac{I_{y,oszlop} * L}{I_{y,gerenda} * H} = \frac{276,9 * 10^6 * 18000}{337,4 * 10^6 * 8000} = 1,85 \leq 10,0$$

$$\alpha = \frac{I_{y,oszlop} * 4}{L^2 * A_{oszlop}} = \frac{276,9 * 10^6 * 4}{18000^2 * 13347} = 2,56 * 10^{-4} \leq 0,2$$

$$v_y = \sqrt{1 + 0,35 * c - 0,017 * c^2} = 1,26$$

$$v_y = \sqrt{1 + 0,35 * (c + 6\alpha) - 0,017 * (c + 6\alpha)^2} = 1,26$$

15.6.1.1 Gerenda kihajlása:

$$\lambda_y = \frac{v_y * l}{i_y} = \frac{1,26 * 9065}{184,8} = 61,81$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{61,81}{93,9} = 0,658 \rightarrow \chi_y = 0,866 \quad \text{„a” görbe}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,866 * 9882 * 235}{1,0} = 2011,1 \text{ kN} > N_{Ed} = 130,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.6.1.2 Oszlop kihajlása:

$$\lambda_y = \frac{v_y * l}{i_y} = \frac{1,26 * 8000}{144,0} = 70,0$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{70,0}{93,9} = 0,745 \rightarrow \chi_y = 0,758 \quad \text{„b” görbe}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,758 * 13347 * 235}{1,0} = 2377,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 538,31 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.6.2 Kihajlás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen

15.6.2.1 Gerenda kihajlása:

$$\lambda_z = \frac{v_z * l}{i_z} = \frac{1,0 * 1500}{41,2} = 36,41$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{36,41}{93,9} = 0,388 \rightarrow \chi_y = 0,931 \quad \text{„b” görbe}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,931 * 9882 * 235}{1,0} = 2162,03 \text{ kN} > N_{Ed} = 130,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.6.2.2 Oszlop kihajlása:

$$\lambda_z = \frac{v_z * l}{i_z} = \frac{0,7 * 1500}{74,6} = 14,08$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{14,08}{93,9} = 0,15 \rightarrow \chi_y = 1,0 \rightarrow \text{nem kell csökkenteni a nyomási ellenállást!}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,0 * 13347 * 235}{1,0} = 3136,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 538,31 \text{ kN}$$

Megfelel!

15.6.3 Kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen (övmerevség vizsgálat)

15.6.3.1 Gerenda kifordulása:

Keresztmetszet:

$$A_{fz} = 3686,5 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 8,43 * 10^6 \text{ mm}^4$$

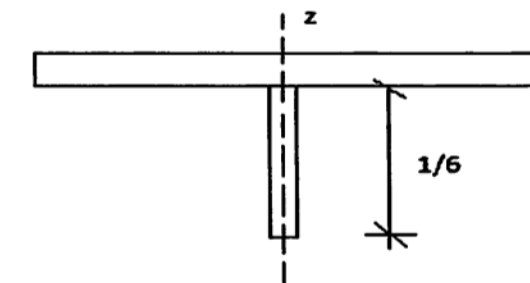
$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{8,43 * 10^6}{3686,5}} = 47,8 \text{ mm}$$

Kifordulás-vizsgálat:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = \frac{0,90 * 1500}{47,8 * 93,9} = 0,3 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{399,5}{372,63} = 0,54$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.



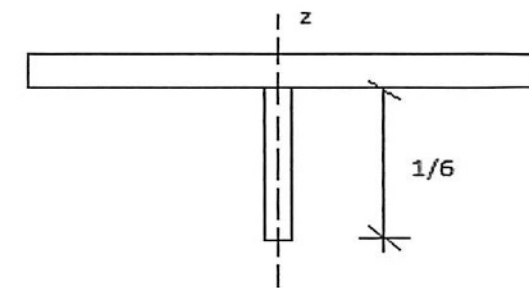
15.6.3.2 Oszlop kifordulása:

Keresztmetszet:

$$A_{fz} = 5785,6 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 37 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{37 \cdot 10^6}{5785,6}} = 80,2 \text{ mm}$$



Kifordulás-vizsgálat:

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{193,27}{372,63} = 0,519$$

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot 0,519} = 0,863$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{fz} \cdot \lambda_E} = \frac{0,863 \cdot 1500}{80,2 \cdot 93,9} = 0,17 < \bar{\lambda}_{co} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 \cdot \frac{434,75}{372,63} = 0,583$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

15.6.3.3 Kihajlás és kifordulás interakciója

Gerendánál:

Kölcsönhatási tényezők:

$$k_{yy} = \min \begin{cases} C_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right] \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0,9 \cdot \left[1 + (0,658 - 0,2) \cdot \frac{143,79 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,866 \cdot 9880 \cdot 235} \right] \\ 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{143,79 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,866 \cdot 9880 \cdot 235} \right) \end{cases} = 0,929$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,557$$

Kölcsönhatás:

y-irányban:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{130,56}{2011,1} + 0,929 * \frac{372,63}{399,5} = 0,931 < 1,0$$

Megfelel!

z-irányban:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{130,56}{2162,03} + 0,557 * \frac{372,63}{399,5} = 0,579 < 1,0$$

Megfelel!

Oszlopnál:

Kölcsönhatási tényezők:

$$k_{yy} = \min \begin{cases} C_{my} * \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{M1}}{\chi_y * A * f_y} \right] \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{M1}}{\chi_y * A * f_y} \right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0,9 * \left[1 + (0,745 - 0,2) * \frac{146,68 * 10^3 * 1,0}{0,758 * 13347 * 235} \right] \\ 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{146,68 * 10^3 * 1,0}{0,758 * 13347 * 235} \right) \end{cases} = 0,930$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,558$$

Kölcsönhatás:

y-irányban:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{146,82}{2377,5} + 0,930 * \frac{372,63}{434,75} = 0,859 < 1,0$$

Megfelel!

z-irányban:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{146,82}{3136,5} + 0,558 * \frac{372,63}{434,75} = 0,525 < 1,0$$

Megfelel!

16 Csomópontok méretezése**16.1 Főhajó oszlop-gerenda kapcsolat**

$$M_{Ed} = 372,63 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 129,92 \text{ kNm}$$

16.1.1 anyagminőségek:

$$S235 \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{csavarok: } M20 \text{ 10.9.} \quad f_{yb} &= 900 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2 \\ d &= 20 \text{ mm} \quad d_0 = 22 \text{ mm} \quad A = 314 \text{ mm}^2 \quad A_s = 245 \text{ mm}^2 \\ d_m &= 32,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

16.1.2 A húzott csavarok ellenállása:**16.1.2.1 - húzási ellenállás**

$$F_{t,Rd}^1 = 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{245 \cdot 1000}{1,25} = 176,4 \text{ kN}$$

16.1.2.2 - kigombolódási ellenállás

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 32,4 \cdot 0,165 \cdot 360}{1,25} = 290,2 \text{ kN}$$

16.1.2.3 - csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Ed} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 314}{1,25} = 301,44 \text{ kN}$$

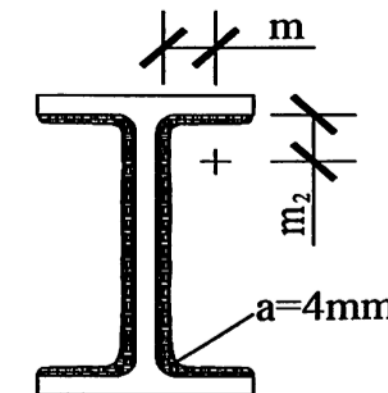
16.1.3 A gerenda homloklemezének ellenállása

16.1.3.1 A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot a_c \cdot \sqrt{2} = \frac{110}{2} - 4,7 - 0,8 \cdot 4,0 \cdot \sqrt{2} = 45,8 \text{ mm}$$

$$n = e_{min} = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 50 - 0,8 \cdot 4,0 \cdot \sqrt{2} = 45,5 \text{ mm}$$



$$2a \leq t_w$$

$$a \leq \frac{9,4}{2}$$

$$a \leq 4,70 \text{ mm}$$

$$a = 4,0 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{45,8}{45,8 + 45} = 0,504$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{45,5}{45,8 + 45} = 0,501$$

α tényezőt a segédlet 2.8 ábrája alapján határozzuk meg.

$$\alpha = 5,7$$

16.1.3.2 Az effektív hossz számítása

- Nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = 0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e) = 0,5 \cdot 120 + 5,7 \cdot 45,8 - (2 \cdot 45,8 + 0,625 \cdot 45)$$

$$l_{eff} = 201,34 \text{ mm} \Rightarrow \text{Ez lesz a mértékadó!}$$

- Kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 45,8 + 120 = 263,88 \text{ mm}$$

16.1.3.3 A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$t_v = v = 18 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 201,34 \cdot 18^2 \cdot \frac{235}{1} = 3,83 \text{ kNm}$$

16.1.3.4 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \cdot \frac{3,83 \cdot 10^6}{45,8} = 334,5 \text{ kN}$$

16.1.3.5 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 3,83 \cdot 10^6 + 45 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{45,8 + 45} = 259,21 \text{ kN}$$

16.1.3.6 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,85 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód a 2.

16.1.4 A gerenda öve alatti második csavarsor ellenőrzése.

16.1.4.1 effektív hosszak:

-nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 120 + 2 \cdot 45,8 + 0,625 \cdot 45 = 179,73 \text{ mm}$$

Kör alakú töréskép nem mértékadó.

A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$t_v = v = 18 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 179,73 \cdot 18^2 \cdot \frac{235}{1} = 3,42 \text{ kNm}$$

16.1.4.2 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \cdot \frac{3,42 \cdot 10^6}{45,8} = 298,69 \text{ kN}$$

16.1.4.3 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 3,42 \cdot 10^6 + 45 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{45,8 + 45} = 250,18 \text{ kN}$$

16.1.4.4 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,85 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód a 2.

16.1.4.5 A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

A csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 930 - 80 - 15 - \frac{15}{2} = 827,5 \text{ mm} \quad z_2 = z_1 - 120 = 707,5 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = \sum z_i \cdot F_{t,Ri} = 827,5 \cdot 259,21 \cdot 10^3 + 707,5 \cdot 250,18 \cdot 10^3 = 391,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{372,63}{391,5} = 0,952 < 1 \Rightarrow \text{Megfelel!}$$

16.1.5 Az oszlop övének ellenállása.

16.1.5.1 A felső csavarsor ellenőrzése

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{110}{2} - \frac{9,5}{2} - 0,8 \cdot 27 = 28,7 \text{ mm}$$

$$e_{min} = 45 \text{ mm}$$

$$n = 1,25m = 1,25 \cdot 28,7 = 35,9 \text{ mm}$$

$$e_1 = 80 \text{ mm}$$

16.1.5.2 effektív hossz:

Nem kör alakú töréskép

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 4m + 1,25e = 4 \cdot 28,7 + 1,25 \cdot 45 = 171,1 \text{ mm} \\ e_1 + 2m + 0,625e = 80 + 2 \cdot 28,7 + 0,625 \cdot 45 = \mathbf{160,5 \text{ mm}} \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min \begin{cases} 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 120 + 2 \cdot 28,7 + 0,625 \cdot 45 = 166,55 \\ e_1 + 0,5p = 80 + 0,5 \cdot 120 = \mathbf{140,0 \text{ mm}} \end{cases}$$

Az övlemez határnyomatéka $t_v = 16,5 \text{ mm}$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 140 \cdot 16,5^2 \cdot \frac{235}{1} = 2,24 \text{ kNm}$$

16.1.5.3 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{2,24 \cdot 10^6}{28,7} = 312,2 \text{ kN}$$

16.1.5.4 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot 2,24 \cdot 10^6 + 35,9 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{28,7 + 35,9} = 265,41 \text{ kN}$$

16.1.5.5 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,85 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód a 2.

16.1.5.6 A második csavarsor ellenőrzése:

effektív hosszak

Nem kör alakú töréskép

$$l_{eff2} = 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 120 + 2 \cdot 28,7 + 0,625 \cdot 45 = 145,5 \text{ mm}$$

A kör alakú nem mértékadó.

16.1.5.7 Az övlemez határnyomatéka

$$t_v = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 145,5 \cdot 16,5^2 \cdot \frac{235}{1} = 2,33 \text{ kNm}$$

16.1.5.8 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{2,33 \cdot 10^6}{28,7} = 324,5 \text{ kN}$$

16.1.5.9 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot 2,33 \cdot 10^6 + 35,9 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{28,7 + 35,9} = 268,1 \text{ kN}$$

16.1.5.10 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,85 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód a 2.

16.1.5.11 A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \sum z_i \cdot F_{t,Ri} = 827,5 \cdot 265,41 \cdot 10^3 + 707,5 \cdot 268,1 \cdot 10^3 = 409,31 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{372,63}{409,31} = 0,91 < 1 \Rightarrow \text{Megfelel!}$$

16.1.6 Az oszlop gerincének ellenállása:

16.1.6.1 Az oszlop gerincében a nyomás:

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{M_{jEd}}{z} = \frac{372,63 \cdot 10^6}{762,5} = 488,7 \text{ kN}$$

$$z = 930 - 15 - \frac{15}{2} - \frac{120}{2} - 80 = 762,5 \text{ mm}$$

A hatékony szélesség

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + t_p = 14,6 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 4 + 5 \cdot (16,5 + 27) + 18 = 263,41 \text{ mm}$$

egyoldali oszlop-gerenda kapcsolat $\beta=1,0$ csökkentő tényező:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (263,41 \cdot 9,5 / 4495)^2}} = 0,844$$

16.1.6.2 tengelyirányú nyomófeszültségtől függő csökkentő tényező

$$\sigma_{c,Ed} = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right) \cdot \frac{d}{h} \cdot f_y = (0,0468 + 0,857) \cdot \frac{243}{340} \cdot f_y = 0,646 \cdot f_y$$

$$\sigma_{c,Ed} = 0,646 \cdot f_y < 0,7 \cdot f_y \Rightarrow k_{wc} = 1,0$$

16.1.6.3 A gerinclemez karcsúsága:

$$\bar{\lambda}_p = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_y}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{263,41 \cdot 243 \cdot 235}{210000 \cdot 9,5^2}} = 0,83$$

$$\rho = (\bar{\lambda}_p - 0,2) / \bar{\lambda}_p^2 = \frac{0,83 - 0,2}{0,83^2} = 0,915$$

16.1.6.4 A merevítés nélküli oszlopgerinc ellenállása

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\rho \cdot w \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{0,915 \cdot 0,844 \cdot 1,0 \cdot 263,41 \cdot 9,5 \cdot 235}{1,0} =$$

$$F_{c,wc,Rd} = 454,14 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{c,wc,Ed}}{F_{c,wc,Rd}} = \frac{488,7}{454,14} = 1,08 > 1,0 \quad \text{Nem felel meg}$$

Merevítés nélkül nem felel meg $\Rightarrow$ megoldás diafragma alkalmazása

16.1.6.5 Húzott zóna ellenőrzése:

$$b_{eff,t,wc} = l_{eff1} + l_{eff2} = 140,0 + 145,5 = 285,5 \text{ mm}$$

$$w = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (285,5 \cdot 9,5 / 4495)^2}} = 0,824$$

16.1.6.6 oszlop gerincének húzó ellenállása:

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{w \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,824 \cdot 285,5 \cdot 9,5 \cdot 235}{1} = 525,2 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,wc,Ed}}{F_{t,wc,Rd}} = \frac{488,7}{525,2} = 0,930 < 1,0$$

Megfelel!

16.1.6.7 oszlop gerincének nyírási ellenállása:

nyírási horpadásra megfelel, ha

$$\frac{d}{t_w} = \frac{243}{9,5} = 25,58 < 69\varepsilon = 69$$

gerinc nyírási ellenállása

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 235 \cdot 4495}{\sqrt{3} \cdot 1} = 548,88 > 129,92 \text{ kN}$$

Megfelel!

16.2 Mellékhajó oszlop-gerenda kapcsolat

$$M_{Ed} = 112,07 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 76,86 \text{ kNm}$$

anyagminőségek:

S235

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

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

csavarok: M16 10.9.

$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$

$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$

$d = 16 \text{ mm}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$A = 201 \text{ mm}^2$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

$d_m = 24,6 \text{ mm}$

16.2.1 A húzott csavarok ellenállása:

16.2.1.1 - húzási ellenállás

$$F_{t,Rd}^1 = 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{157 \cdot 1000}{1,25} = 125,6 \text{ kN}$$

16.2.1.2 - kigombolódási ellenállás

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 24,6 \cdot 11,0 \cdot 360}{1,25} = 244,83 \text{ kN}$$

16.2.1.3 - csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Ed} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 201}{1,25} = 192,96 \text{ kN}$$

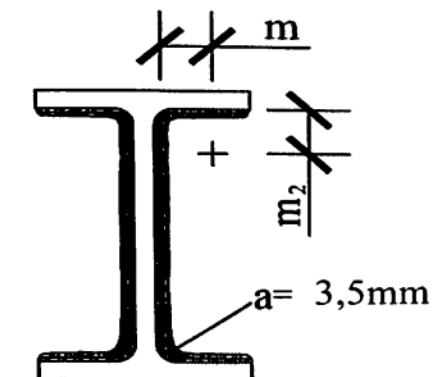
16.2.2 A gerenda homloklemezének ellenállása

16.2.2.1 A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot a_c \cdot \sqrt{2} = \frac{80}{2} - 3,5 - 0,8 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{2} = 32,54 \text{ mm}$$

$$n = e_{min} = 40 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 30 - 0,8 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{2} = 26,04 \text{ mm}$$



$$2a \leq t_w$$

$$a \leq \frac{7}{2}$$

$$a \leq 3,5 \text{ mm}$$

$$a = 3,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{32,54}{32,54+40} = 0,449$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{26,04}{32,54+40} = 0,359$$

α tényezőt a segédlet alapján határozzuk meg.

$$\alpha = 6,14$$

16.2.2.2 Az effektív hossz számítása

- Nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = 0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e) = 0,5 \cdot 70 + 6,14 \cdot 32,54 - (2 \cdot 32,54 + 0,625 \cdot 40)$$

$$l_{eff} = 144,72 \text{ mm} \Rightarrow \text{Ez lesz a mértékadó!}$$

- Kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 32,54 + 70 = 172,23 \text{ mm}$$

16.2.2.3 A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$t_v = v = 14 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 144,72 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1} = 1,67 \text{ kNm}$$

16.2.2.4 A T-elem 1. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \cdot \frac{1,67 \cdot 10^6}{32,54} = 205,29 \text{ kN}$$

16.2.2.5 A T-elem 2. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^6 + 40 \cdot 2 \cdot 125,6 \cdot 10^3}{32,54+40} = 184,56 \text{ kN}$$

16.2.2.6 A T-elem 3. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 125,6 = 251,2 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkrementeteli mód a 2.

16.2.2.7 A gerenda öve alatti második csavarsor ellenőrzése.

effektív hosszak:

-nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff} = 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 70 + 2 \cdot 32,54 + 0,625 \cdot 40 = 125,08 \text{ mm}$$

Kör alakú töréskép nem mértékadó.

16.2.2.8 A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$t_v = v = 14 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 125,08 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1} = 1,44 \text{ kNm}$$

16.2.2.9 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \cdot \frac{1,44 \cdot 10^6}{32,54} = 177,01 \text{ kN}$$

16.2.2.10 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 1,44 \cdot 10^6 + 40 \cdot 2 \cdot 125,6 \cdot 10^3}{32,54 + 40} = 178,22 \text{ kN}$$

16.2.2.11 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 125,6 = 251,2 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód az 1.

16.2.2.12 A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

A csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 630 - 76 - 15 - \frac{11}{2} = 533,5 \text{ mm} \quad z_2 = z_1 - 70 = 463,5 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = \sum z_i \cdot F_{t,Ri} = 533,5 \cdot 184,56 \cdot 10^3 + 463,5 \cdot 177,01 \cdot 10^3 = 180,51 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{112,07}{180,51} = 0,63 < 1$$

Megfelel!

16.2.3 Az oszlop övének ellenállása.

16.2.3.1 A felső csavarsor ellenőrzése

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{80}{2} - \frac{7}{2} - 0,8 \cdot 18 = 22,1 \text{ mm}$$

$$e_{min} = 40 \text{ mm}$$

$$n = 1,25m = 1,25 \cdot 22,1 = 27,63mm$$

$$e_1 = 76mm$$

effektív hossz:

Nem kör alakú töréskép

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 4m + 1,25e = 4 \cdot 22,1 + 1,25 \cdot 40 = 138,4mm \\ e_1 + 2m + 0,625e = 76 + 2 \cdot 22,1 + 0,625 \cdot 40 = 145,2mm \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min \begin{cases} 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 70 + 2 \cdot 22,1 + 0,625 \cdot 40 = 104,2mm \\ e_1 + 0,5p = 76 + 0,5 \cdot 70 = 111,0mm \end{cases}$$

Az övlemez határnyomatéka $t_v = 11,0mm$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 104,2 \cdot 11,0^2 \cdot \frac{235}{1} = 0,74 kNm$$

16.2.3.2 A T-elem 1. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{0,74 \cdot 10^6}{22,1} = 133,94 kN$$

16.2.3.3 A T-elem 2. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 0,74 \cdot 10^6 + 27,63 \cdot 2 \cdot 125,6 \cdot 10^3}{22,1 + 27,63} = 169,33 kN$$

16.2.3.4 A T-elem 3. tönkrementeteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 125,6 = 251,2 kN$$

A legkisebb értéket adó tönkrementeteli mód az 1.

16.2.3.5 A második csavarsor ellenőrzése:

effektív hosszak

Nem kör alakú töréskép

$$l_{eff2} = 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 70 + 2 \cdot 22,1 + 0,625 \cdot 40 = 104,2mm$$

A kör alakú nem mértékadó.

16.2.3.6 Az övlemez határnyomatéka

$$t_v = 11,0mm$$

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_v^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 104,2 \cdot 11,0^2 \cdot \frac{235}{1} = 0,74 kNm$$

16.2.3.7 A T-elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{0,74 \cdot 10^6}{22,1} = 133,94 \text{ kN}$$

16.2.3.8 A T-elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 0,74 \cdot 10^6 + 27,63 \cdot 2 \cdot 125,6 \cdot 10^3}{22,1 + 27,63} = 169,33 \text{ kN}$$

16.2.3.9 A T-elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 125,6 = 251,2 \text{ kN}$$

A legkisebb értéket adó tönkremeneteli mód a 1.

16.2.3.10 A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

A csavarsorok távolsága:

$$z_1 = 630 - 76 - 15 - \frac{11}{2} = 533,5 \text{ mm} \quad z_2 = z_1 - 70 = 463,5 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = \sum z_i \cdot F_{t,Rd} = 533,5 \cdot 133,94 \cdot 10^3 + 463,5 \cdot 133,94 \cdot 10^3 = 133,54 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{112,07}{133,54} = 0,84 < 1$$

Megfelel!

16.2.4 Az oszlop gerincének ellenállása:

16.2.4.1 Az oszlop gerincében a nyomás:

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{M_{jEd}}{z} = \frac{112,07 \cdot 10^6}{498,5} = 224,81 \text{ kN}$$

$$z = 630 - 15 - \frac{11}{2} - \frac{70}{2} - 76 = 498,5 \text{ mm}$$

16.2.4.2 A hatékony szélesség

$$\begin{aligned} b_{eff,c,wc} &= t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + t_p \\ &= 11,0 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,5 + 5 \cdot (11,0 + 18) + 14 = 179,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

egyoldali oszlop-gerenda kapcsolat $\beta=1,0$

csökkentő tényező:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot (179,9 \cdot 7 / 2070)^2}} = 0,822$$

16.2.4.3 tengelyirányú nyomófeszültségtől függő csökkentő tényező

$$\sigma_{c,Ed} = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right) \cdot \frac{d}{h} \cdot f_y = (0,056 + 0,837) \cdot \frac{152}{210} \cdot f_y = 0,646 \cdot f_y$$

$$\sigma_{c,Ed} = 0,646 \cdot f_y < 0,7 \cdot f_y \Rightarrow k_{wc} = 1,0$$

16.2.4.4 A gerinclemez karcsúsága:

$$\bar{\lambda}_p = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} \cdot d_{wc} \cdot f_y}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{179,9 \cdot 152 \cdot 235}{210000 \cdot 7^2}} = 0,74$$

$$\rho = (\bar{\lambda}_p - 0,2) / \bar{\lambda}_p^2 = \frac{0,74 - 0,2}{0,74^2} = 0,986$$

16.2.4.5 A merevítés nélküli oszlopgerinc ellenállása

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\rho \cdot w \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,986 \cdot 0,822 \cdot 1,0 \cdot 179,9 \cdot 7 \cdot 235}{1,0} =$$

$$F_{c,wc,Rd} = 239,85 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{c,wc,Ed}}{F_{c,wc,Rd}} = \frac{224,81}{239,85} = 0,94 < 1,0$$

Megfelel!

16.2.4.6 Oszlop gerincének nyírási ellenállása:

nyírási horpadásra megfelel, ha

$$\frac{d}{t_w} = \frac{152}{7} = 21,71 < 69\varepsilon = 69$$

gerinc nyírási ellenállása

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 235 \cdot 2070}{\sqrt{3} \cdot 1} = 252,77 > 76,86 \text{ kN}$$

Megfelel!

16.3 Főhajó gerenda-gerenda kapcsolat

$$M_{j,Ed} = M_{Ed} = 193,32 \text{ kNm}$$

csomólemez:

$$h' = 600 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$v = 18 \text{ mm} \quad d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$\alpha = 7,0^\circ$$

16.3.1 anyagminőségek:

S235

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

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

csavarok: M20 10.9.

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$d_m = 32,4 \text{ mm}$$

16.3.2 A húzott csavarok ellenállása:

- húzási ellenállás

$$F^1_{t,Rd} = 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{245 \cdot 1000}{1,25} = 176,4 \text{ kN}$$

16.3.3 Gerenda homloklemezének ellenállása**16.3.3.1 - A gerenda öve feletti alsó csavarsor ellenőrzése**

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8r_c = \frac{110}{2} - \frac{9,4}{2} - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 45,77 \text{ mm}$$

$$n = e = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 58 - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 53,47 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{45,77}{45,77 + 45} = 0,504$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{53,47}{45,77 + 45} = 0,589$$

 α tényezőt a segédlet alapján a görbékkel interpolálva határozzuk meg.

$$\alpha = 5,5$$

effektív hossz:

Nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff1} = \alpha \cdot m = 5,5 \cdot 45,77 = 251,74 \text{ mm}$$

Kör alakú töréskép

$$l_{eff2} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot 3,14 \cdot 45,77 = 287,58 \text{ mm}$$

Nem mértékadó!

16.3.3.2 homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot 251,74 \cdot 18^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 4,79 \text{ kNm}$$

16.3.3.3 T-elem tönkremeneteli módjai:

$$1. \quad F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{4,79 \cdot 10^6}{45,77} = 418,6 \text{ kN}$$

$$2. \quad F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot 4,79 \cdot 10^6 + 45 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{45,77 + 45} = 280,45 \text{ kN}$$

$$3. \quad F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,8 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a 2.

16.3.3.4 A gerenda öve alatti "külső" csavarsor ellenőrzése

$$l_{eff1} = e_1 + \alpha \cdot m - (2m + 0,625e) = 80 + 5,5 \cdot 45,77 - (2 \cdot 45,77 + 0,625 \cdot 45) = 212,07 \text{ mm}$$

16.3.3.5 homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 212,07 \cdot 18^2 \cdot \frac{235}{1} = 4,04 \text{ kNm}$$

16.3.3.6 T-elem tönkremeneteli módjai:

$$1. \quad F_{t,1,Rd} = 4 \cdot \frac{M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 4 \cdot \frac{4,04 \cdot 10^6}{45,77} = 353,07 \text{ kN}$$

$$2. \quad F_{t,2,Rd} = \frac{2 \cdot 4,04 \cdot 10^6 + 45 \cdot 2 \cdot 176,4 \cdot 10^3}{45,77 + 45} = 263,92 \text{ kN}$$

$$3. \quad F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 176,4 = 352,8 \text{ kN}$$

Mértékadó tönkremeneteli mód a 2.

16.3.3.7 A homloklemez hajlítási ellenállása:

$$z_1 = 320 + 70 - 10 - \frac{15}{2} = 372,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = z_1 + 130 = 502,5 \text{ mm}$$

$$M_{j,Rd} = \sum z_i \cdot F_{t,i,Rd} = 280,45 \cdot 10^3 \cdot 372,5 + 263,92 \cdot 10^3 \cdot 502,5 = 237,09 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{jEd}}{M_{jRd}} = \frac{193,32}{237,09} = 0,82 < 1,0$$

Megfelel!

16.4 Főhajó talplemezének méretezése

alapanyag: S235

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

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

C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\text{csavarok: } d \geq 2,9 \cdot t_{\delta v} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{f_{ub}}} = 2,9 \cdot 16,5 \cdot \sqrt{\frac{235}{1000}} = 23,19 \text{ mm} \rightarrow \text{legyen: M24}$$

M24 10.9

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{Ed} = 306,31 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 538,31 \text{ kN}$$

HEA340: oszlop adatai

öv szélesség:

$$b_{fc} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{öv vastagság: } t_{fc} = 16,5 \text{ mm}$$

$$\text{szelvény magasság: } h_c = 330 \text{ mm}$$

$$\text{gerincvastagság: } t_w = 9,5 \text{ mm}$$

16.4.1 Homloklemez geometriai adatok:

$$\text{szélesség: } b_p = 650 \text{ mm}$$

$$\text{hosszúság: } h_p = 680 \text{ mm}$$

Anyagminőség: S235

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

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

$$\text{vastagság: } t_p = 40 \text{ mm}$$

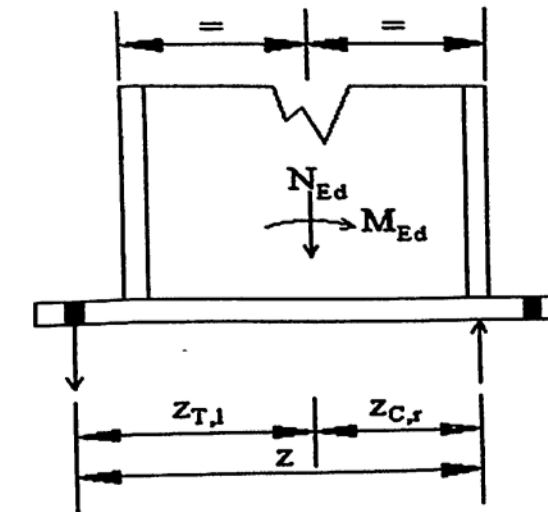
16.4.2 Az oszlop nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{T,Rd} \cdot Z}{\frac{Z_c}{e} + 1} \\ -\frac{F_{C,Rd} \cdot Z}{\frac{Z_T}{e} - 1} \end{array} \right.$$

F_{cRd} = nyomott T elem ellenállása

$F_{t,Rd}$ = húzott T elem ellenállása

ahol, $e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{306,31}{-538,31} = -569 \text{ mm}$



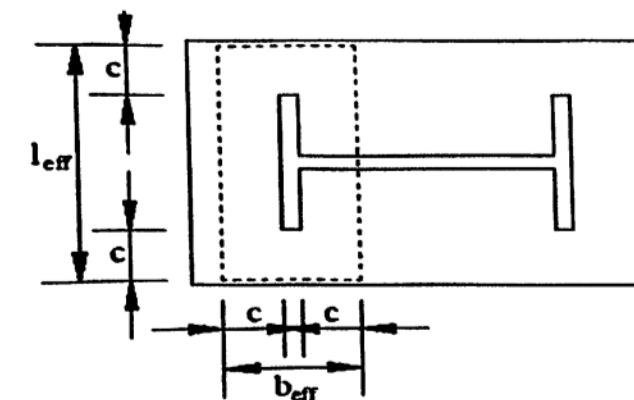
$$z_C = 156,75 \text{ mm}$$

$$z_T = 240 \text{ mm}$$

$$z = z_T + z_C = 396,75 \text{ mm}$$

16.4.3 Nyomott T-elem ellenállása:

Helyettesítő T-elem méreteinek számítása:



$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 40 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 8,87 \cdot 1}} = 118,87 \text{ mm}$$

$$f_j = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 13,3 = 8,87 \text{ N/mm}^2$$

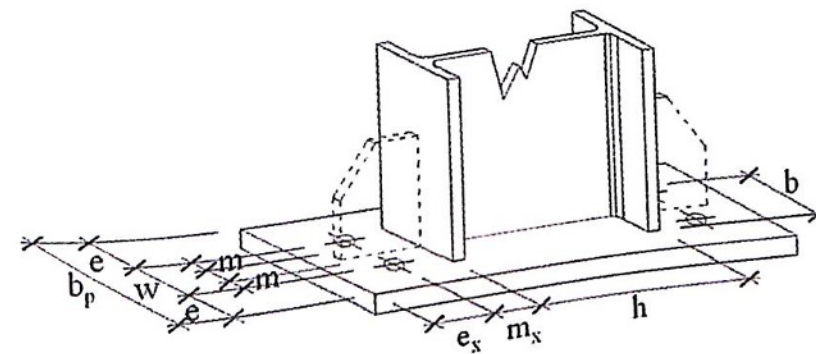
$$b_{eff} = 2c + t_f = 2 \cdot 118,87 + 16,5 = 254,24 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 650 \text{ mm}$$

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 8,87 \cdot 254,24 \cdot 650 \text{ mm} = 1465,82 \text{ kN}$$

16.4.4 Húzott T-elem ellenállása:

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2m_x \\ \pi m_x + w \\ \pi m_x + 2e \\ 4m_x + 1,25e_x \\ e + 2m_x + 0,625e_x \\ 0,5b_p \\ 0,5w + 2m_x + 0,625e_x \end{cases} = 303,44 \text{ mm}$$



$$e_x = 100 \text{ mm}, \quad m_x = 75 - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} = 70,47 \text{ mm}$$

$$e = 225 \text{ mm}, \quad w = b_p - 2 \cdot e = 200 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 303,44 \cdot 40^2 \cdot 235}{1} = 28,52 \text{ kNm}$$

$$F_{T,Rd} = \min \begin{cases} F_{T,1,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} = \frac{2 \cdot 28,52 \cdot 10^6}{70,47} = 800,34 \text{ kN} \\ F_{T,3,Rd} = 579,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{T,Rd} = 579,85 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,b} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 452}{1,25} = 650,88 \text{ kN}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{m_x \cdot \gamma_{M0}} = \frac{b_p \cdot t_p^2 \cdot f_y}{6 \cdot m_x \cdot \gamma_{M0}} = \frac{650 \cdot 40^2 \cdot 235}{6 \cdot 70,47 \cdot 1,0} = 579,85 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \min(F_{t,Rd,b}; F_{pl,Rd}) \Rightarrow 579,85 \text{ kN}$$

16.4.5 Oszlop nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_{T,Rd} \cdot Z}{\frac{Z_c}{e} + 1} \\ -\frac{F_{C,Rd} \cdot Z}{\frac{Z_T}{e} - 1} \end{array} \right.$$

$$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{579,85 \cdot 10^3 \cdot 396,75}{\frac{156,75}{-569} + 1} = 317,53 \text{ kNm} \\ -\frac{1465,82 \cdot 10^3 \cdot 396,75}{\frac{240}{-569} - 1} = 409,04 \text{ kNm} \end{array} \right. \Rightarrow 317,53 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{306,31}{317,53} = 0,96 < 1$$

Megfelel!

16.5 Mellékhajó talplemezének méretezése

alapanyag: S235

C20/25

M20 10.9

d=20mm

 $f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$ $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ $d_0 = 22 \text{ mm}$ $f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$ $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_c = 1,5$ $A = 314 \text{ mm}^2$ $A_s = 245 \text{ mm}^2$ $M_{Ed} = 108,54 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = 85,72 \text{ kN}$

HEA220: oszlop adatai

öv szélesség:

szelvény magasság: $h_c = 210 \text{ mm}$ $b_{fc} = 220 \text{ mm}$ öv vastagság: $t_{fc} = 11,0 \text{ mm}$ gerincvastagság: $t_w = 7,0 \text{ mm}$

16.5.1 Homloklemez geometriai adatok:

szélesség: $b_p = 420 \text{ mm}$ vastagság: $t_p = 40 \text{ mm}$ hosszúság: $h_p = 510 \text{ mm}$

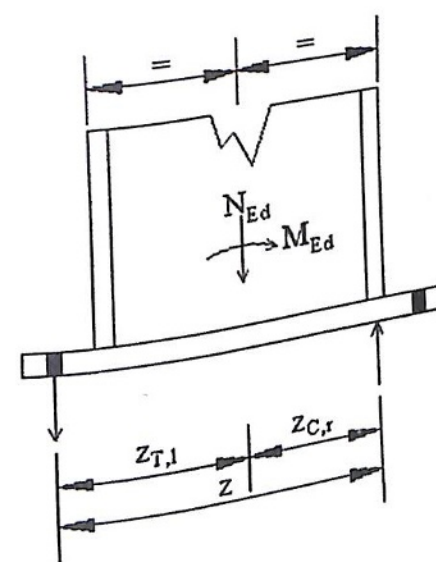
Anyagminőség: S235

16.5.2 Az oszlop nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min \begin{cases} \frac{F_{T,Rd} * Z}{\frac{z_c}{e} + 1} \\ -\frac{F_{C,Rd} * Z}{\frac{z_T}{e} - 1} \end{cases}$$

 F_{cRd} = nyomott T elem ellenállása $F_{T,Rd}$ = húzott T elem ellenállása

$$\text{ahol, } e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{108,54}{-85,72} = -1266 \text{ mm}$$



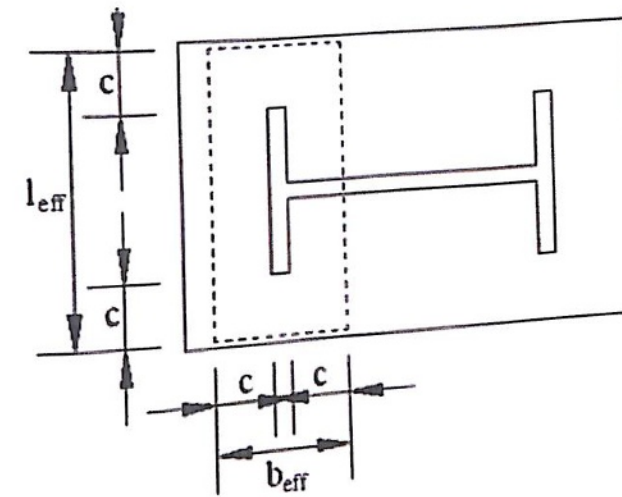
$$z_c = 99,5 \text{ mm}$$

$$z_T = 155 \text{ mm}$$

$$z = z_T + z_c = 254,5 \text{ mm}$$

16.5.3 Nyomott T-elem ellenállása:

Helyettesítő T-elem méreteinek számítása:



$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 40 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 8,87 \cdot 1}} = 118,87 \text{ mm}$$

$$f_j = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 13,3 = 8,87 \text{ N/mm}^2$$

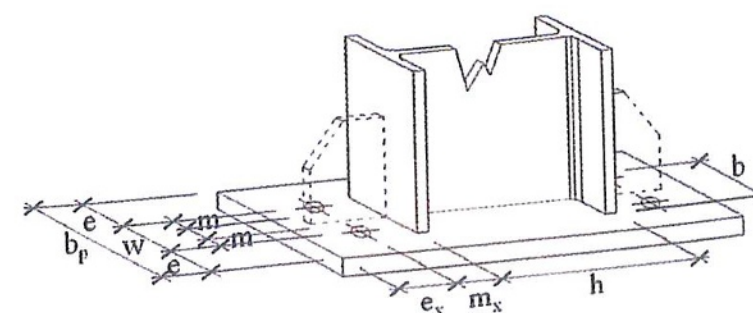
$$b_{eff} = 2c + t_f = 2 \cdot 118,87 + 11 = 248,74 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 420 \text{ mm}$$

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 8,87 \cdot 248,74 \cdot 420 \text{ mm} = 926,66 \text{ kN}$$

16.5.4 Húzott T-elem ellenállása:

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m_x \\ \pi m_x + w \\ \pi m_x + 2e \\ 4m_x + 1,25e_x \\ e + 2m_x + 0,625e_x \\ 0,5b_p \\ 0,5w + 2m_x + 0,625e_x \end{cases} = 210 \text{ mm}$$



$$e_x = 100 \text{ mm}, \quad m_x = 50 - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} = 45,47 \text{ mm}$$

$$e = 150 \text{ mm}, \quad w = b_p - 2 \cdot e = 120 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 210 \cdot 40^2 \cdot 235}{1} = 19,7 \text{ kNm}$$

$$F_{T,Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} F_{T,1,Rd} &= \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} = \frac{2 \cdot 19,7 \cdot 10^6}{45,47} = 866,51 \text{ kN} \\ F_{T,3,Rd} &= 452,16 \text{ kN} \end{aligned} \right.$$

$$F_{T,Rd} = 452,16 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,b} = n \cdot \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 314}{1,25} = 452,16 \text{ kN}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{m_x \cdot \gamma_{M0}} = \frac{b_p \cdot t_p^2 \cdot f_y}{6 \cdot m_x \cdot \gamma_{M0}} = \frac{420 \cdot 40^2 \cdot 235}{6 \cdot 45,47 \cdot 1,0} = 578,84 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \min(F_{t,Rd,b}; F_{pl,Rd}) \Rightarrow 452,16 \text{ kN}$$

16.5.5 Oszlop nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} &\frac{F_{T,Rd} \cdot z}{\frac{z_c}{e} + 1} \\ &\frac{-F_{C,Rd} \cdot z}{\frac{z_T}{e} - 1} \end{aligned} \right.$$

$$M_{j,Rd} = \min \left\{ \begin{aligned} &\frac{452,16 \cdot 10^3 \cdot 254,5}{\frac{99,5}{-1266} + 1} = 124,89 \text{ kNm} \\ &\frac{-926,66 \cdot 10^3 \cdot 254,5}{\frac{155}{-1266} - 1} = 210,11 \text{ kNm} \end{aligned} \right. = 124,89 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{108,54}{124,89} = 0,87 < 1$$

16.6 Mellékhajó gerenda és főhajó oszlop kapcsolata

$$V_{Ed} = 82,16 \text{ kN}$$

anyagminőségek:

S235	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
csavarok: M12 10.9.	$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$
$d = 12 \text{ mm}$	$d_0 = 14 \text{ mm}$	$A = 113 \text{ mm}^2$ $A_s = 84,3 \text{ mm}^2$

csomólemez:

$$h = 330 \text{ mm} \quad b = 180 \text{ mm}$$

$$v = 14 \text{ mm}$$

16.6.1 - csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 113}{1,25} = 108,48 \text{ kN}$$

16.6.2 - kigombolódási ellenállás

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 20,5 \cdot 14 \cdot 360}{1,25} = 155,8 \text{ kN}$$

16.6.3 Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = 1$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{1 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 14}{1,25} = 120,96 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 108,48 \text{ kN} > V_{Ed} = 82,16 \text{ kN}$$

Megfelel!

17 Merevítés**17.1 Falvázoszlop méretezése****17.1.1 Statikai váz, keresztmetszet**

Mértékadó falvázoszlop statikai váza:

Szerkezeti acél anyagminősége: S235

Alkalmazott szelvény: HEA 180

17.1.2 Terhek, igénybevételek**17.1.2.1 Állandó terhek**Terhelő mező: $t = b * h = 3,6 * 8,65 = 31,14 \text{ m}^2$ Falvázoszlop önsúlya: $g_{oszlop}^k = 0,355 \text{ kN/m}$ Burkolat önsúlya: $p_{burk}^k = t * (g_{kti} + g_{bti} + g_{hőszig} + g_{folia}) + n * b * g_z$

$$g_{burk}^k = 31,70 * (0,054 + 0,047 + 0,25 + 0,014) + 6 * 3,6 * 0,073 = 13,15 \text{ kN}$$

Igénybevétel:

$$N_{Ed}^g = \gamma_G * (L * g_{oszlop}^k + g_{burk}^k) = 1,35 * (8,65 * 0,355 + 13,15) = 21,9 \text{ kN}$$

1.1.1.1. Esetleges terhek

Szélteher:

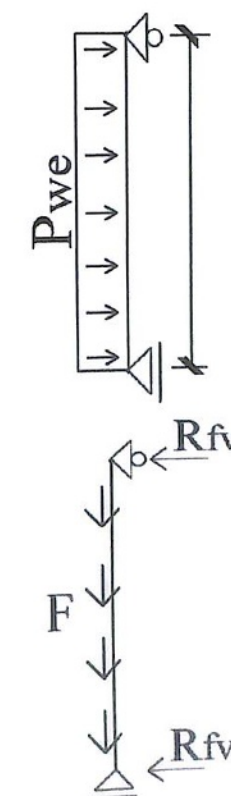
$$w_e^k = q_p * c_{pe,10,D} = 0,423 * 0,8 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,e}^d = \gamma_w * w_e^k * b = 1,5 * 0,39 * 3,6 = 2,11 \text{ kN/m}$$

Igénybevételek:

$$M_{Ed} = \frac{p_{w,e}^d * L^2}{8} = \frac{2,11 * 8,65^2}{8} = 19,73 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{p_{w,e}^d * L}{2} = \frac{2,11 * 8,65}{2} = 9,13 \text{ kN}$$



Merevítés

17.1.3 Keresztmetszet ellenőrzése

17.1.3.1 Teherbírási határállapot

17.1.3.1.1 Keresztmetszeti adatok: HEA 180

$$b = 180 \text{ mm} \quad t_f = 9,5 \text{ mm}$$

$$h = 171 \text{ mm} \quad t_w = 6 \text{ mm}$$

$$A = 4525 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 1450 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 25,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 324,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 74,5 \text{ mm} \quad i_z = 45,2 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 1. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 1. osztály $\rightarrow$ Képlékeny méretezés

17.1.3.1.2 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4525 \cdot 235}{1} = 1063,37 \text{ kN} > N_{Ed} = 21,9 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.1.3.1.3 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{324,9 \cdot 10^3 \cdot 235}{1} = 76,35 \text{ kNm} > M_{Ed} = 19,73 \text{ kNm}$$

Megfelel!

17.1.3.1.4 Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{171 - 2 \cdot 9,5}{6,0} = 25,33 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1,0}{1,2} = 60,0$$

$\downarrow$

A nyírási horpadás nem mértékadó.

$\downarrow$

Nyírási ellenállás:

$$V_{CRd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1450 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 196,73 \text{ kN} > V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

Megfelel!

Merevítés

17.1.3.1.5 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{9,13}{196,73} = 0,04 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 21,9 \text{ kN} < 0,25 * N_{pl,Rd} = 265,7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 21,9 \text{ kN} < \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 * 152 * 6 * 235}{1,0} = 107,16 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

17.1.3.2 Használhatósági határállapot

$$e_{max} = 27,2 \text{ mm} < e_{eng} = L/300 = 8650/300 = 28,8 \text{ mm}$$

Megfelel!

17.1.3.3 Stabilitásvizsgálatok

17.1.3.3.1 Kihajlásvizsgálat a falsíkban:

$$\lambda_y = \frac{v_y * l}{i_y} = \frac{1,0 * 1500}{74,5} = 20,13$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{20,13}{93,9} = 0,2 \rightarrow \chi_y = 1,0 \text{ Nem kell csökkenteni}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4525 * 235}{1} = 1063,37 \text{ kN} > N_{Ed} = 21,9 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.1.3.3.2 Kihajlásvizsgálat a falsíkra merőlegesen:

$$\lambda_z = \frac{v_z * l}{i_z} = \frac{1,0 * 8650}{45,2} = 191,37$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{191,37}{93,9} = 2,05 \rightarrow \chi_y = 0,188$$

Merevítés

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,188 * 4525 * 235}{1,0} = 199,91 \text{ kN} > N_{Ed} = 21,9 \text{ kN}$$

Megfelel!

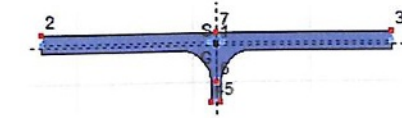
17.1.3.3.3 Kifordulásvizsgálat (övmerevség vizsgálat):

Keresztmetszet:

$$A_{fz} = 1978 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 4,62 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{4,62 * 10^6}{1978}} = 48 \text{ mm}$$



$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 * \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 * 0} = 0,75$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = \frac{0,75 * 1500}{48 * 93,9} = 0,25 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{76,35}{19,73} = 1,91$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

17.1.3.3.4 Kihajlás és kifordulás interakciója:

Kölcsönhatási tényezők:

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{M1}}{\chi_y * A * f_y} \right] \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{M1}}{\chi_y * A * f_y} \right) \end{array} \right.$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,9 * \left[1 + (2,05 - 0,2) * \frac{21,9 * 10^3 * 1,0}{0,188 * 4525 * 235} \right] \\ 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{21,9 * 10^3 * 1,0}{0,188 * 4525 * 235} \right) \end{array} \right. = 0,98$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,59$$

Kölcsönhatás:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{21,9}{1063,37} + 0,98 * \frac{19,73}{76,35} = 0,27 < 1,0$$

Megfelel!

Merevítés

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{21,9}{199,91} + 0,59 \cdot \frac{19,73}{76,35} = 0,26 < 1,0$$

Megfelel!

17.1.4 Falvázoszlop talpcsomópontjának méretezése:

$$V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

anyagminőségek:

S235	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
csavarok: M10 10.9.	$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$
$d = 10 \text{ mm}$	$d_0 = 11 \text{ mm}$	$A = 78,5 \text{ mm}^2$ $A_s = 58 \text{ mm}^2$

csomólemez:

$$h' = 200 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$v = 10 \text{ mm}$$

17.1.5 csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 78,5}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

17.1.6- kigombolódási ellenállás

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 18 \cdot 10 \cdot 360}{1,25} = 97,72 \text{ kN}$$

17.1.7 Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = 1$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{1,0 \cdot 360 \cdot 10 \cdot 10}{1,25} = 72,0 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 72,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

Megfelel!

Merevítés

17.1.8 Falvázoszlop felső csomópontjának méretezése:

$$V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

anyagminőségek:

S235	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
csavarok: M10 10.9.	$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$
$d = 10 \text{ mm}$	$d_0 = 11 \text{ mm}$	$A = 78,5 \text{ mm}^2$ $A_s = 58 \text{ mm}^2$

csomólemez:

$$h' = 180 \text{ mm} \quad b = 80 \text{ mm}$$

$$v = 10 \text{ mm}$$

17.1.9- csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 78,5}{1,25} = 37,68 \text{ kN}$$

17.1.10 - kigombolódási ellenállás

$$\text{HEA180 } t_{min} = t_w = 6 \text{ mm}$$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 18 \cdot 6 \cdot 360}{1,25} = 58,63 \text{ kN}$$

17.1.11 Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = 2,5$$

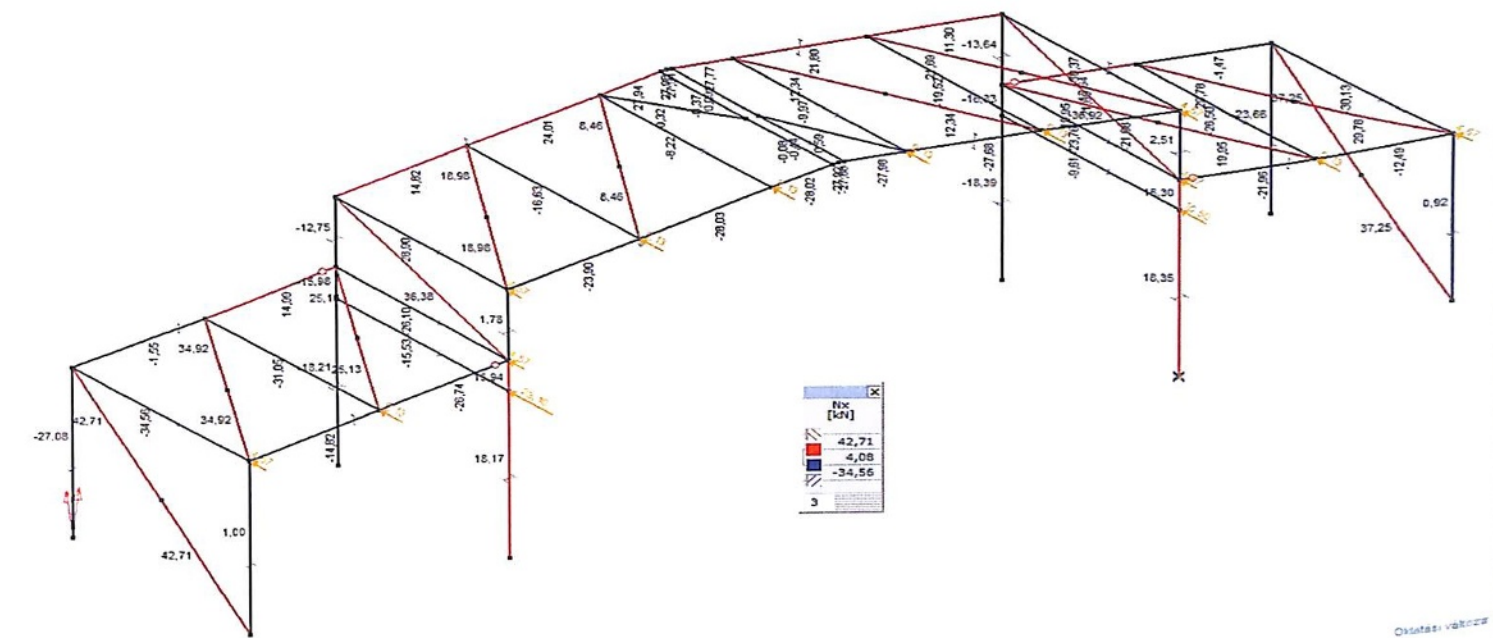
$$\alpha_b = 1$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{1,0 \cdot 360 \cdot 10 \cdot 6}{1,25} = 43,2 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 37,68 \text{ kN} > V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

Megfelel!

Merevítés

17.2 Szélrács, hossz-kötés méretezése**17.2.1 Axis modell****17.2.1.1 Húzott rúd**

$$N_x = 42,71 \text{ kN}$$

Szelvény: Acél körszelvény $\phi 20$ -as.

Ellenőrzés húzásra:

$$N_{C,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{314,16 \cdot 235}{1} = 73,83 \text{ kN} > N_{Ed} = 42,71 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.2.1.2 Nyomott rúd

$$N_x = 34,56 \text{ kN}$$

Szelvény: HEA 100

Kihajlási ellenállás:

Merevítés

A kihajlási hossz: $l_y = 6,6 \text{ m}$

$$\lambda = \frac{l_y}{i} = \frac{6600}{40,6} = 162,56 \rightarrow \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{162,56}{93,9} = 1,73 \rightarrow \chi = 0,27$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,27 \cdot 1560 \cdot 235}{1,0} = 98,98 \text{ kN} > N_{Ed} = 34,56 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.3 Daru síkjában hosszirányú merevítés

A daru hosszirányú fékezőerejéből származó vízszintes erőket az utolsó keretállások közötti merev kerettel veszem fel.

17.3.1 Igénybevételek

Axis VM alapján

$$M_{Ed} = 7,44 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 2,23 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 15,53 \text{ kN}$$

17.3.2 Keresztmetszet ellenőrzése

17.3.2.1 Teherbírási határállapot

17.3.2.1.1 Keresztmetszeti adatok: HEA 140

$$b = 140 \text{ mm} \quad t_f = 8,5 \text{ mm}$$

$$h = 133 \text{ mm} \quad t_w = 5,5 \text{ mm}$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2 \quad A_{v,z} = 1010 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 10,33 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad W_{pl,y} = 173,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 57,3 \text{ mm} \quad i_z = 35,2 \text{ mm}$$

Keresztmetszet osztálya tiszta nyomásra: 1. keresztmetszeti osztály

Keresztmetszet osztálya tiszta hajlításra: 1. keresztmetszeti osztály

A keresztmetszet osztálya 1. osztály $\rightarrow$ Képlékeny méretezés

17.3.2.1.2 Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3142 \cdot 235}{1} = 738,37 \text{ kN} > N_{Ed} = 15,53 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.3.2.1.3 Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173,5 \cdot 10^3 \cdot 235}{1} = 40,77 \text{ kNm} > M_{Ed} = 7,44 \text{ kNm}$$

Megfelel!

17.3.2.1.4 Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{133 - 2 \cdot 8,5}{5,5} = 21,8 < \frac{72 \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1,0}{1,2} = 60,0$$

↓

A nyírási horpadás nem mértékadó.

↓

Nyírási ellenállás:

$$V_{CRd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1010 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 137,03 \text{ kN} > V_{Ed} = 2,23 \text{ kN}$$

Megfelel!

17.3.2.1.5 Tiszta igénybevételek kölcsönhatása:

Hajlítás és nyírás kölcsönhatása:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{2,23}{137,03} = 0,02 < 0,5$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyírás hatására!

Hajlítás és nyomás kölcsönhatása:

$$N_{Ed} = 15,53 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 96,5 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 15,53 \text{ kN} < \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 116 \cdot 5,5 \cdot 235}{1,0} = 69,58 \text{ kN}$$

↓

Nem kell csökkenteni a nyomatéki teherbírást a nyomás hatására!

17.3.2.2 Használhatósági határállapot

$$e_{max} = 2,6 \text{ mm (AXIS)} < e_{eng} = L/300 = 6600/300 = 22 \text{ mm}$$

Megfelel!

17.3.2.3 Stabilitásvizsgálatok

17.3.2.3.1 Kihajlásvizsgálat a falsíkra merőlegesen:

$$\lambda_z = \frac{v_z * l}{i_z} = \frac{0,5 * 6600}{35,2} = 93,8$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{93,8}{93,9} = 1 \rightarrow \chi_y = 0,59$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 * 3174 * 235}{1,0} = 440,75 \text{ kN} > N_{Ed} = 13,94 \text{ kN}$$

Megfelel!

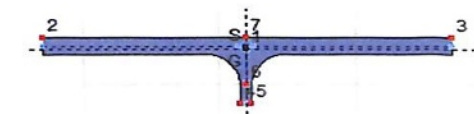
17.3.2.3.2 Kifordulásvizsgálat (övmerevség vizsgálat):

Keresztmetszet:

$$A_{fz} = 1346 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = 1,94 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = 38 \text{ mm}$$



$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} = \frac{0,9 * 6600}{38 * 93,9} = 1,66 < \bar{\lambda}_{co} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{40,77}{7,44} = 2,7$$

↓

A kifordulás-vizsgálatot nem kell elvégezni.

17.3.3 Keret-oszlop kapcsolat méretezése (CONSTEEL Joint 9.0)

anyagminőségek:

S235

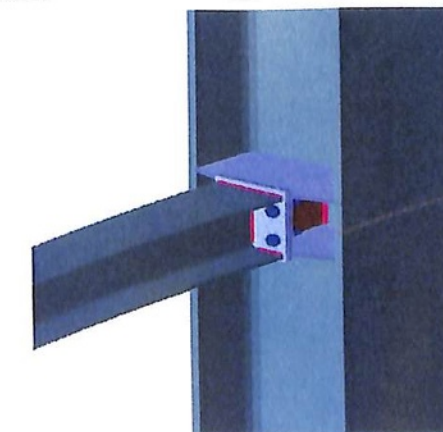
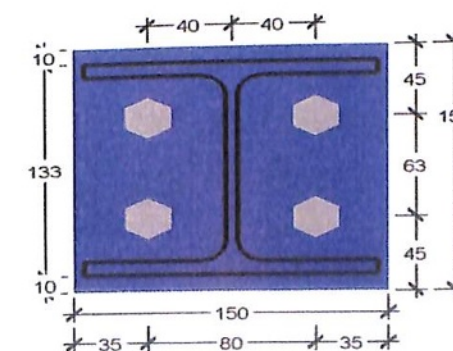
$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

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

csavarok: M12 10.9.

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$$



Eredmények**Tehereset**

Elem neve	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Gerinc elől homlok vég	2,23	0,00	15,50	0,00	7,50	0,00
Oszlop fent	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oszlop lent	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Összefoglalás

Nyomatéki ellenállás:	$M_{j,Rd} = 11,55 \text{ kNm}$
Nyomatéki kihasználtság:	65 % Megfelelő
Normálterő ellenállás:	$N_{j,Rd} = 175,57 \text{ kN}$
Nyírási ellenállás:	$V_{j,Rd} = 104,98 \text{ kN}$
Nyírási kihasználtság:	15 % Megfelelő
Mértékadó varrat komponens:	Gerincvarrat
Mértékadó varrat kihasználtság:	14 % Megfelelő
Kezdeti merevség:	$S_{j,in} = 2275,10 \text{ kNm/rad}$
Aktuális nyomatékhoz tartozó szekáns merevség:	$S_{j,Rd} = 2275,10 \text{ kNm/rad}$
Merevségi osztály:	Félmerev (25,2%)
Szilárdsági osztály:	Részleges szilárdságú
Mértékadó nyomott komponens:	
Gerendaöv és gerinc nyomása (6.2.6.7):	$F_{c,fd,Rd} = 327,48 \text{ kN}$
Mértékadó húzott komponens:	
1. csavarsor	
Homloklemez keresztirányú hajlítása:	$F_{t1,Rd} = 97,70 \text{ kN}$
2. tönkremeneteli mód: csavarszakadás és T-idom megfolyása	

17.4 Szélrácsok kapcsolata

$$F_{Ed} = 58,74 \text{ kN}$$

anyagminőségek:

S235	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
csavarok: M10 10.9.	$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$
d=10mm	$d_0 = 11 \text{ mm}$	$A = 78,5 \text{ mm}^2$ $A_s = 58 \text{ mm}^2$

csomólemez:

$$v \text{ változó} \quad v = 10 \text{ mm}$$

17.4.1 - csavar nyírási ellenállása

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 78,5}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

17.4.2 Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = 1$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{1,0 \cdot 360 \cdot 10 \cdot 10}{1,25} = 72,0 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 72,0 \text{ kN} > F_{Ed} = 58,74 \text{ kN}$$

Megfelel!

18 Alapozás

18.1 Főhajó oszlop alapozásának méretezése

18.1.1 A talaj fizikai jellemzői:

$$\text{kohézió: } c = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{belső súrlódási szög: } \varphi = 32^\circ$$

$$\text{térfogatsúly: } \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

18.1.2 Az alaptest méretei:

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$h = 0,8 \text{ m}$$

18.1.3 Állandó terhek:

$$\text{önsúly: } G_a = 75 \text{ kN}$$

$$\text{alaptest feletti föld súlya: } (2,5 \cdot 1,5 - 0,95 \cdot 0,95) \cdot (0,3 \cdot 19 + 0,35 \cdot 21)$$

$$G_f = 37,16 \text{ kN}$$

18.1.4 Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed} = 306,31 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 538,31 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 91,28 \text{ kN}$$

18.1.5 Az alapra jutó igénybevétel:

$$V_d = \gamma_G \cdot (G_a + G_f) + N_{Ed} = 1,35 \cdot (75 + 37,16) + 538,31 = 689,73 \text{ kN}$$

$$H_d = V_{Ed} = 91,28 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{Ed} + H_d \cdot 1,25 = 306,31 + 91,28 \cdot 0,8 = 397,33 \text{ kNm}$$

18.1.6 Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,K} = \frac{M_d}{V_d} = \frac{397,33}{689,73} = 0,62 \text{ m}$$

18.1.7 Az alaptest dolgozó mérete:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,K} = 2,5 - 2 \cdot 0,62 = 1,26 \text{ m}$$

$$L' = L = 1,5 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,26 \cdot 1,5 = 1,89 \text{ m}^2$$

18.1.8 A teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = e^{\pi \cdot \tan 32^\circ} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{32^\circ}{2} \right) = 23,176$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi = 2 \cdot (23,176 - 1) \cdot \tan 32^\circ = 27,71$$

18.1.9 Az alaki tényezők:

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi = 1 + \frac{1,26}{1,5} \cdot \sin 32^\circ = 1,45$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,26}{1,5} \cdot \sin 32^\circ = 0,75$$

18.1.10 A ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' \cdot L' \cdot c \cdot \tan \varphi} = \frac{67,61}{510,91 + 1,26 \cdot 1,5 \cdot 10 \cdot \tan 32^\circ} = 0,125$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'} \right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'} \right)} = \frac{2 + \left(\frac{1,26}{1,5} \right)}{1 + \left(\frac{1,26}{1,5} \right)} = 1,54$$

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0,125)^{1,54} = 0,81$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0,125)^{1,54+1} = 0,71$$

18.1.11 Hatékony takarási feszültség:

$$q' = t \cdot \gamma = 1,0 \cdot 21 = 21,0 \text{ kN/m}$$

18.1.12 A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \\ &= 1,89 \cdot (21,0 \cdot 23,176 \cdot 1,45 \cdot 0,81 + 0,5 \cdot 21 \cdot 1,26 \cdot 27,71 \cdot 0,75 \cdot 0,71) \\ &= 1296,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{1296,05}{1,4} = 925,75 \text{ kN}$$

18.1.13 Ellenőrzés:

$$\frac{V_d}{R_d} = \frac{689,73}{925,75} = 0,75 < 1$$

Megfelel!

18.1.14 A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{1296,05}{510,91} = 2,54 > 2$$

Megfelel!

18.2 Mellékhajó oszlop alapozásának méretezése18.2.1 A talaj fizikai jellemzői:

$$\text{kohézió: } c = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{belső súrlódási szög: } \varphi = 32^\circ$$

$$\text{térfogatsúly: } \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

18.2.2 Az alaptest méretei:

$$B = 2,0 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

18.2.3 Állandó terhek:

$$\text{önsúly: } G_a = 37,5 \text{ kN}$$

$$\text{alaptest feletti föld súlya: } (2,0 \cdot 1,5 - 0,8 \cdot 0,7) \cdot (0,3 \cdot 19 + 0,35 \cdot 21)$$

$$G_f = 31,84 \text{ kN}$$

18.2.4 Mértékadó igénybevételek:

$$M_{Ed} = 108,54 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 85,72 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 44,1 \text{ kN}$$

18.2.5 Az alapra jutó igénybevétel:

$$V_d = \gamma_G \cdot (G_a + G_f) + N_{Ed} = 1,35 \cdot (37,5 + 31,84) + 85,72 = 179,33 \text{ kN}$$

$$H_d = V_{Ed} = 44,1 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{Ed} + H_d \cdot 1,25 = 108,54 + 44,1 \cdot 0,5 = 130,5 \text{ kNm}$$

18.2.6 Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,K} = \frac{M_d}{V_d} = \frac{130,5}{179,33} = 0,72 \text{ m}$$

18.2.7 Az alaptest dolgozó mérete:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,K} = 2,0 - 2 \cdot 0,72 = 0,56 \text{ m}$$

$$L' = L = 1,5 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 0,56 \cdot 1,5 = 0,84 \text{ m}^2$$

18.2.8 A teherbírasi tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = e^{\pi \cdot \tan 32^\circ} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{32^\circ}{2} \right) = 23,176$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi = 2 \cdot (23,176 - 1) \cdot \tan 32^\circ = 27,71$$

18.2.9 Az alak tényezők:

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin \varphi = 1 + \frac{0,56}{1,5} \cdot \sin 32^\circ = 1,2$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi = 1 - 0,3 \cdot \frac{0,56}{1,5} = 0,89$$

18.2.10 A ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' \cdot L' \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} = \frac{32,67}{132,84 + 0,56 \cdot 1,5 \cdot 10 \cdot \operatorname{ctg} 32^\circ} = 0,22$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} = \frac{2 + \left(\frac{0,56}{1,5}\right)}{1 + \left(\frac{0,56}{1,5}\right)} = 1,73$$

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0,22)^{1,73} = 0,65$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0,22)^{1,73+1} = 0,51$$

18.2.11 Hatékony takarási feszültség:

$$q' = t \cdot \gamma = 1,0 \cdot 21 = 21,0 \text{ kN/m}$$

18.2.12 A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \\ &= 0,84 \cdot (21,0 \cdot 23,176 \cdot 1,2 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 21 \cdot 0,56 \cdot 27,71 \cdot 0,89 \cdot 0,51) \\ &= 381,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{381,01}{1,4} = 272,15 \text{ kN}$$

18.2.13 Ellenőrzés:

$$\frac{V_d}{R_d} = \frac{179,33}{272,15} = 0,66 < 1$$

Megfelel!

18.2.14 A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{381,01}{132,84} = 2,86 > 2$$

Megfelel!

18.3 Falváz oszlop alapozásának méretezése**18.3.1 A talaj fizikai jellemzői:**

$$\text{kohézió: } c = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{belső súrlódási szög: } \varphi = 32^\circ$$

$$\text{térfogatsúly: } \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

18.3.2 Az alaptest méretei:

$$B = 0,7 \text{ m}$$

$$L = 0,7 \text{ m}$$

$$h = 0,4 \text{ m}$$

18.3.3 Állandó terhek:

$$\text{önsúly: } G_a = 4,9 \text{ kN}$$

$$\text{alaptest feletti föld súlya: } (0,7 \cdot 0,7 - 0,5 \cdot 0,5) \cdot (0,3 \cdot 19 + 0,35 \cdot 21)$$

$$G_f = 3,13 \text{ kN}$$

18.3.4 Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed} = 21,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

18.3.5 Az alapra jutó igénybevétel:

$$V_d = \gamma_G \cdot (G_a + G_f) + N_{Ed} = 1,35 \cdot (4,9 + 3,13) + 21,9 = 32,74 \text{ kN}$$

$$H_d = V_{Ed} = 9,13 \text{ kN}$$

$$M_d = 0 \text{ kNm}$$

18.3.6 Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,K} = \frac{M_d}{V_d} = \frac{0}{9,13} = 0 \text{ m}$$

18.3.7 Az alaptest dolgozó mérete:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,K} = 0,7 - 2 \cdot 0 = 0,7 \text{ m}$$

$$L' = L = 0,7 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ m}^2$$

18.3.8 A teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = e^{\pi \cdot \text{tg} 32^\circ} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{32^\circ}{2} \right) = 23,176$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot (23,176 - 1) \cdot \text{tg} 32^\circ = 27,71$$

18.3.9 Az alakí tényezők:

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi = 1 + \frac{0,7}{0,7} \cdot \sin 32^\circ = 1,53$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,0}{1,0} = 0,7$$

18.3.10 A ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' \cdot L' \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} = \frac{6,76}{24,25 + 0,7 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot \text{ctg} 32^\circ} = 0,21$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'} \right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'} \right)} = \frac{2 + \left(\frac{0,7}{0,7} \right)}{1 + \left(\frac{0,7}{0,7} \right)} = 1,5$$

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0,21)^{1,5} = 0,7$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0,21)^{1,5+1} = 0,55$$

18.3.11 Hatékony takarási feszültség:

$$q' = t \cdot \gamma = 1,0 \cdot 21 = 21,0 \text{ kN/m}$$

18.3.12 A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= A' \cdot \left(q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \right) \\ &= 0,49 \cdot (21,0 \cdot 23,176 \cdot 1,53 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 21 \cdot 0,7 \cdot 27,71 \cdot 0,7 \cdot 0,55) \\ &= 251,34 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{251,34}{1,4} = 179,53 \text{ kN}$$

18.3.13 Ellenőrzés:

$$\frac{V_d}{R_d} = \frac{32,74}{179,53} = 0,19 < 1$$

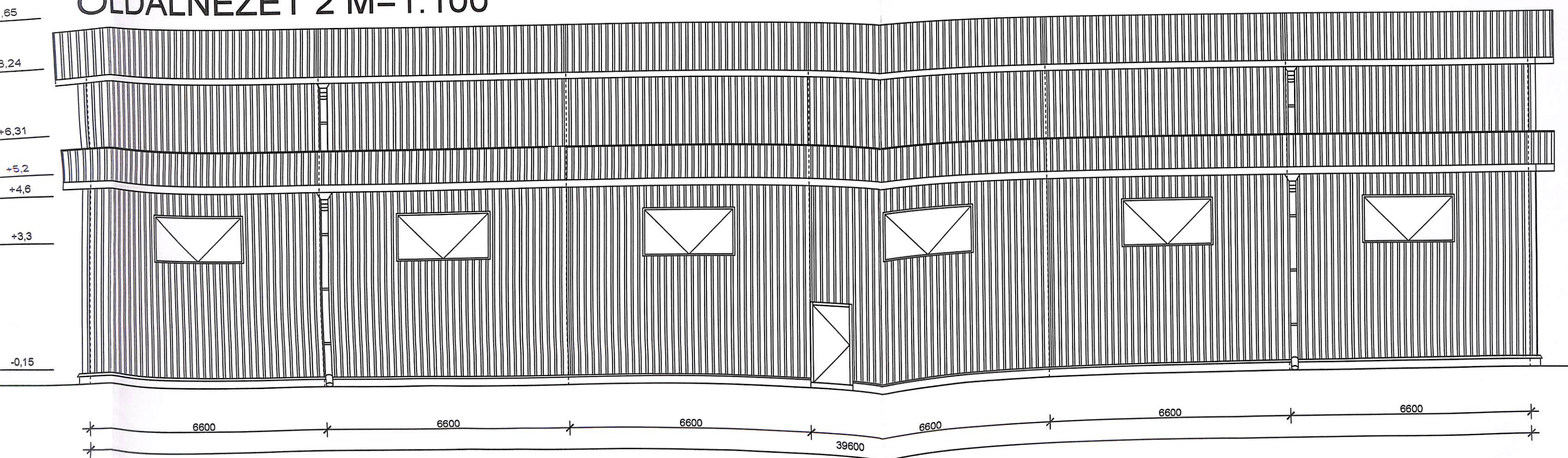
Megfelel!

18.3.14 A globális biztonság:

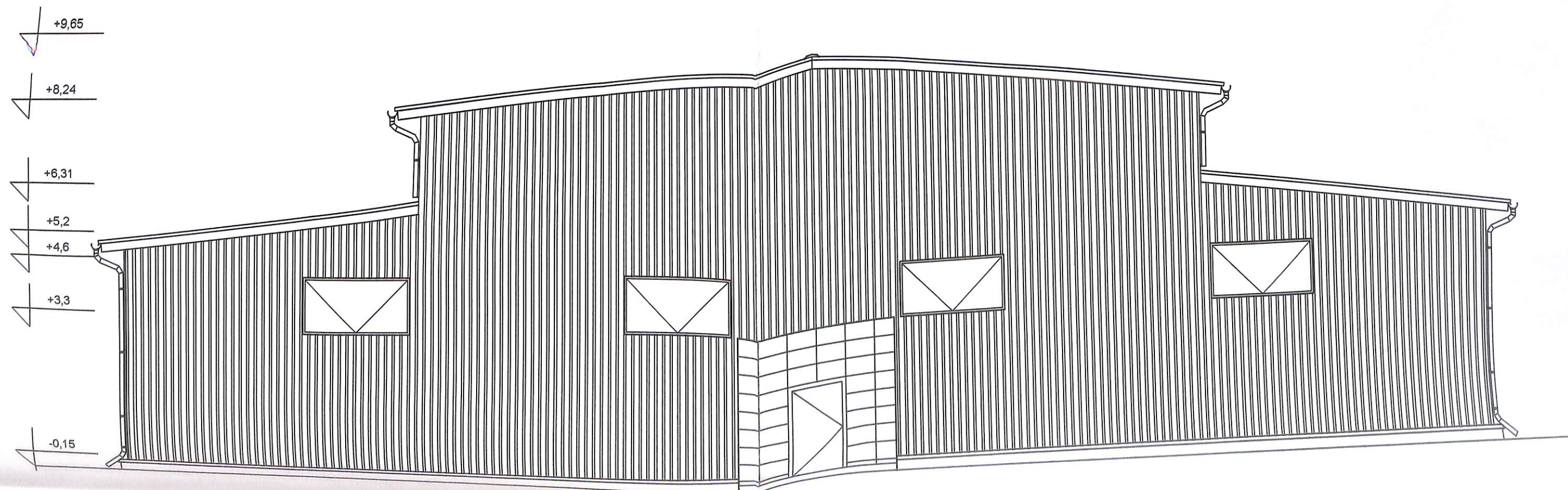
$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{251,3}{24,25} = 10,04 > 2$$

Megfelel!

OLDALNÉZET 2 M=1:100



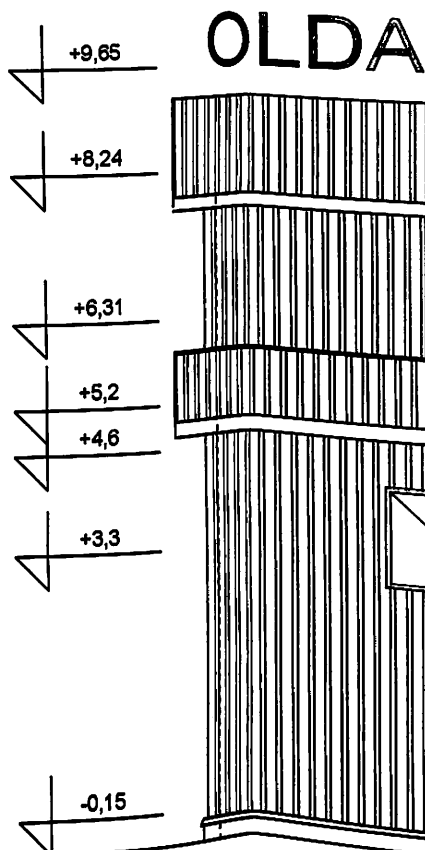
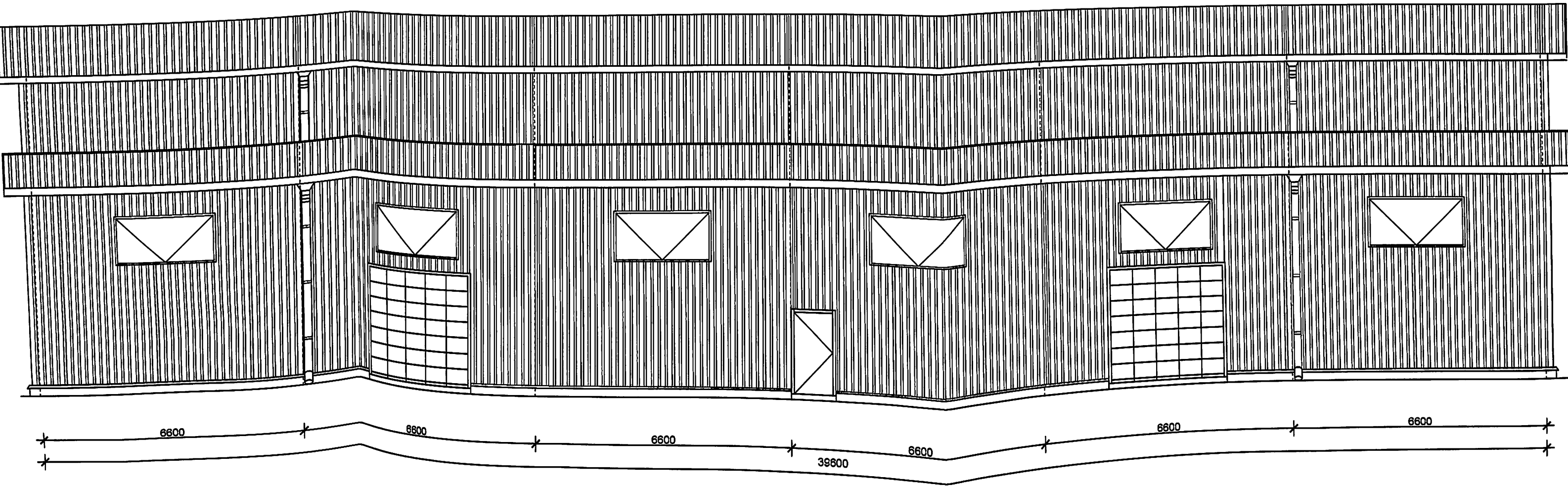
ELÖLNÉZET M=1:100



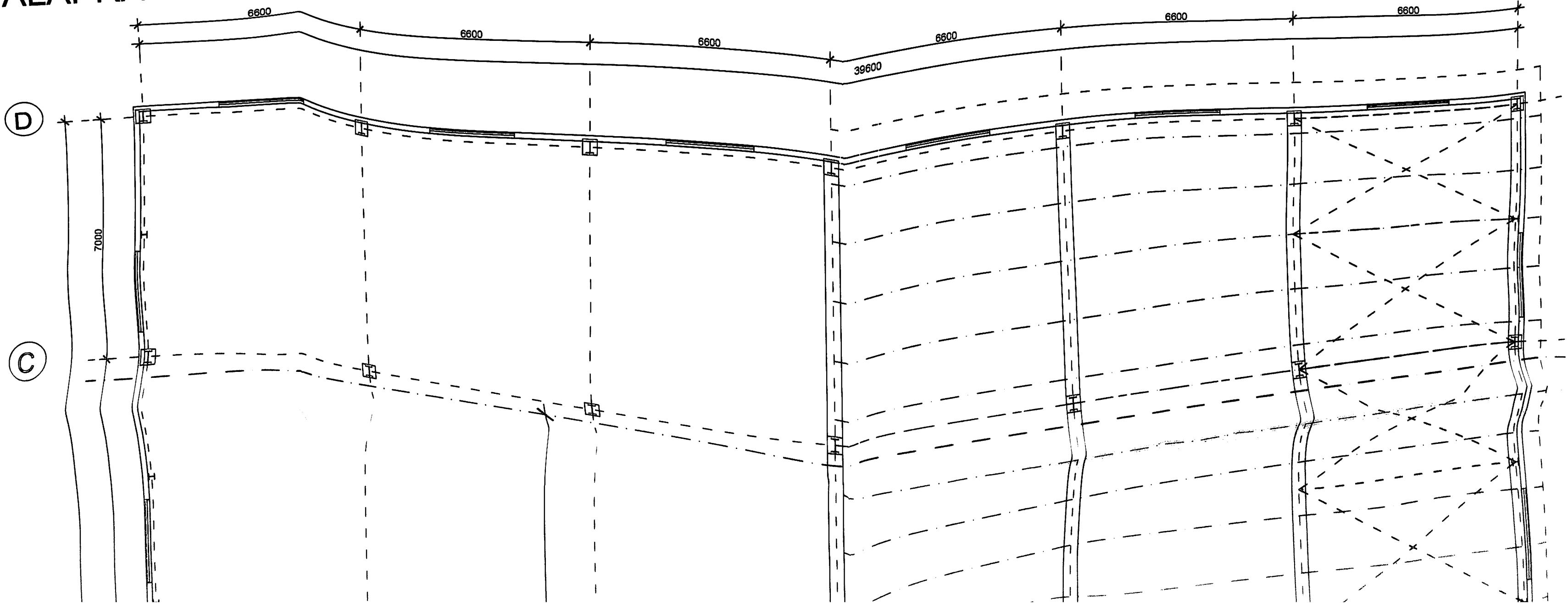
KERESZTMETSZET M=1:100



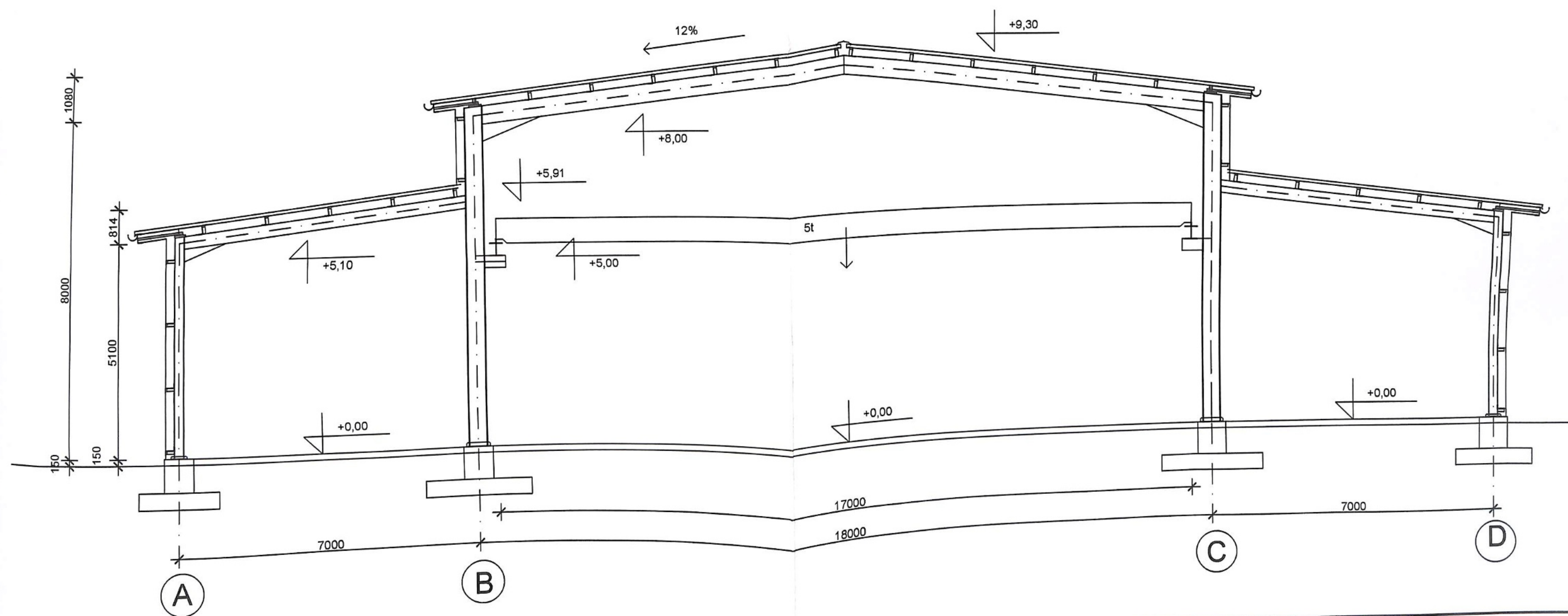
OLDALNÉZET 1 M=1:100



ALAPRAJZ M=1:100



KERESZTMETSZET M=1:100

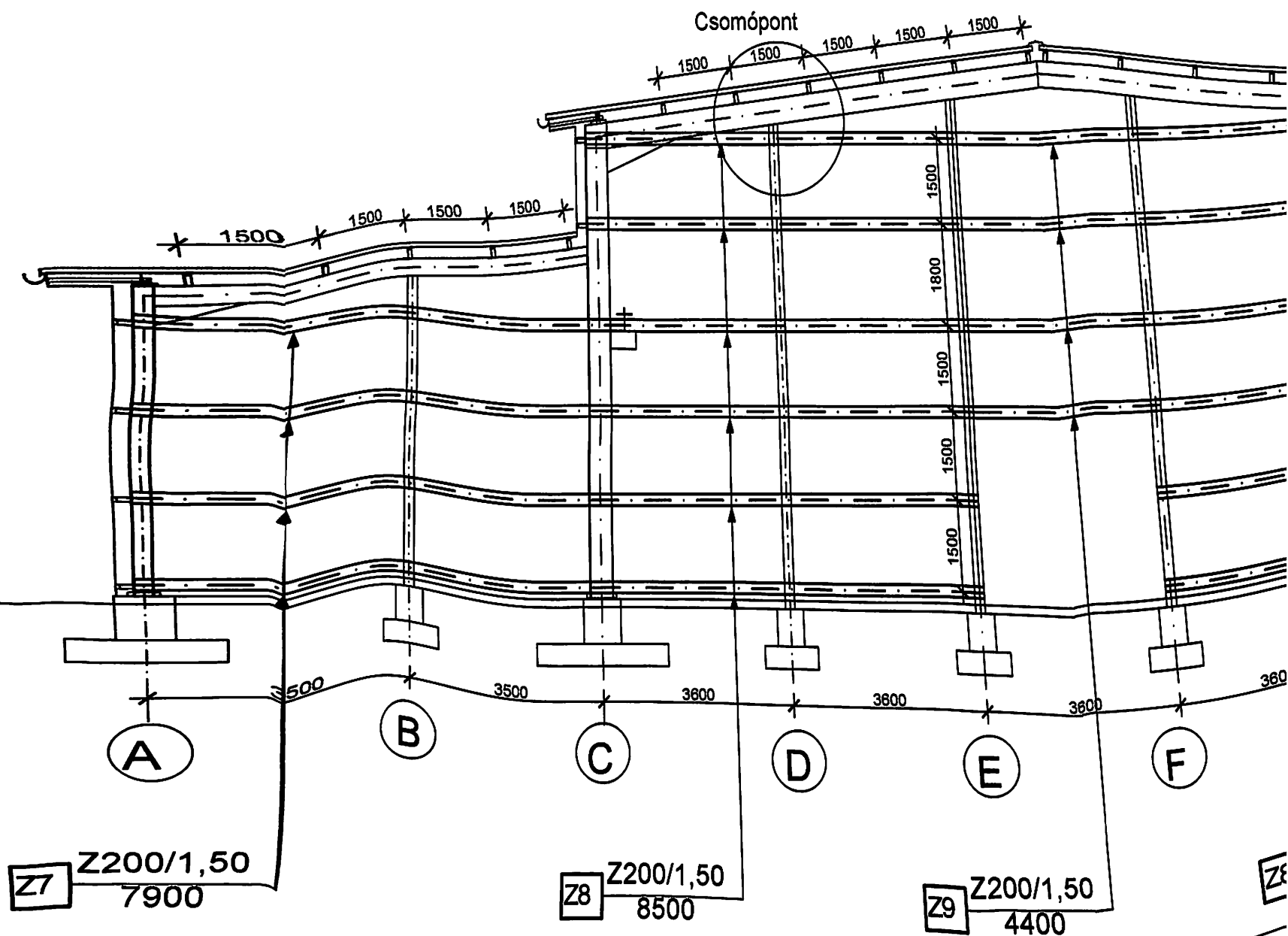


Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

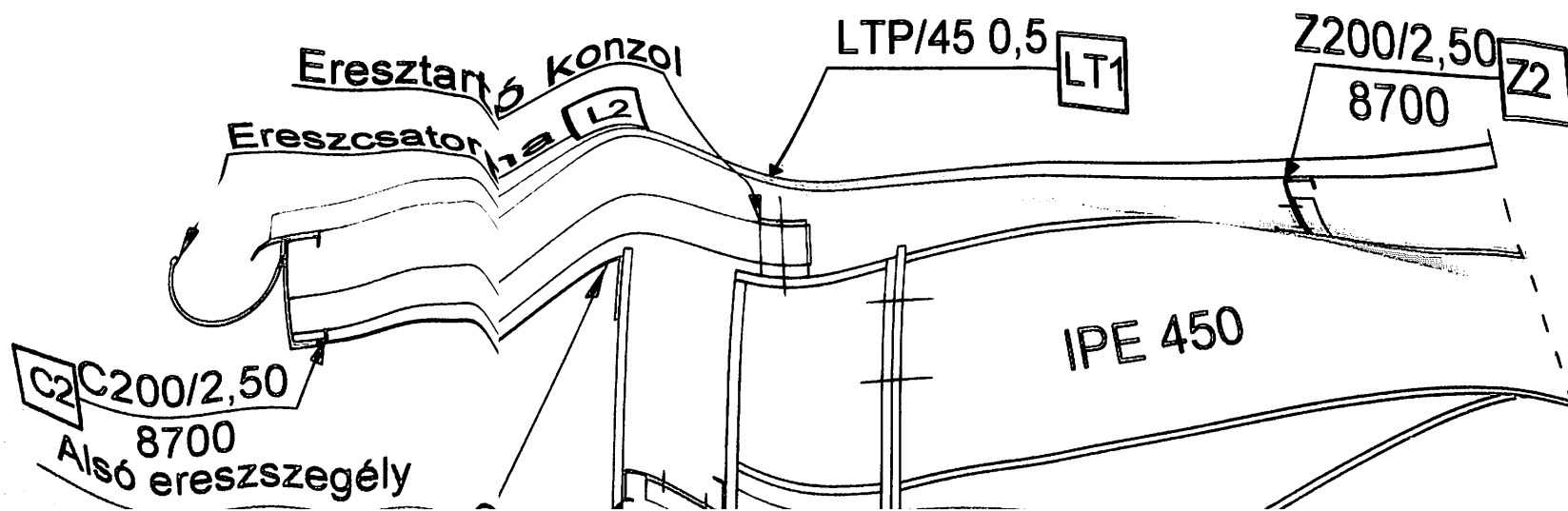
Tárgy:	Szakdolgozat	Rajzsám:	A-1
Téma:	Háromhajós, daruzott ipari csarnok tervezése	Méretarány:	M=1:100
Terv:	Általános terv	Dátum:	2015.június 5.
Tervező:	Ronga Máté <i>Ronga Máté</i>	Konzulens:	Horváth Katalin
	Neptun kód:		



KERESZTMETSZET M=1:100

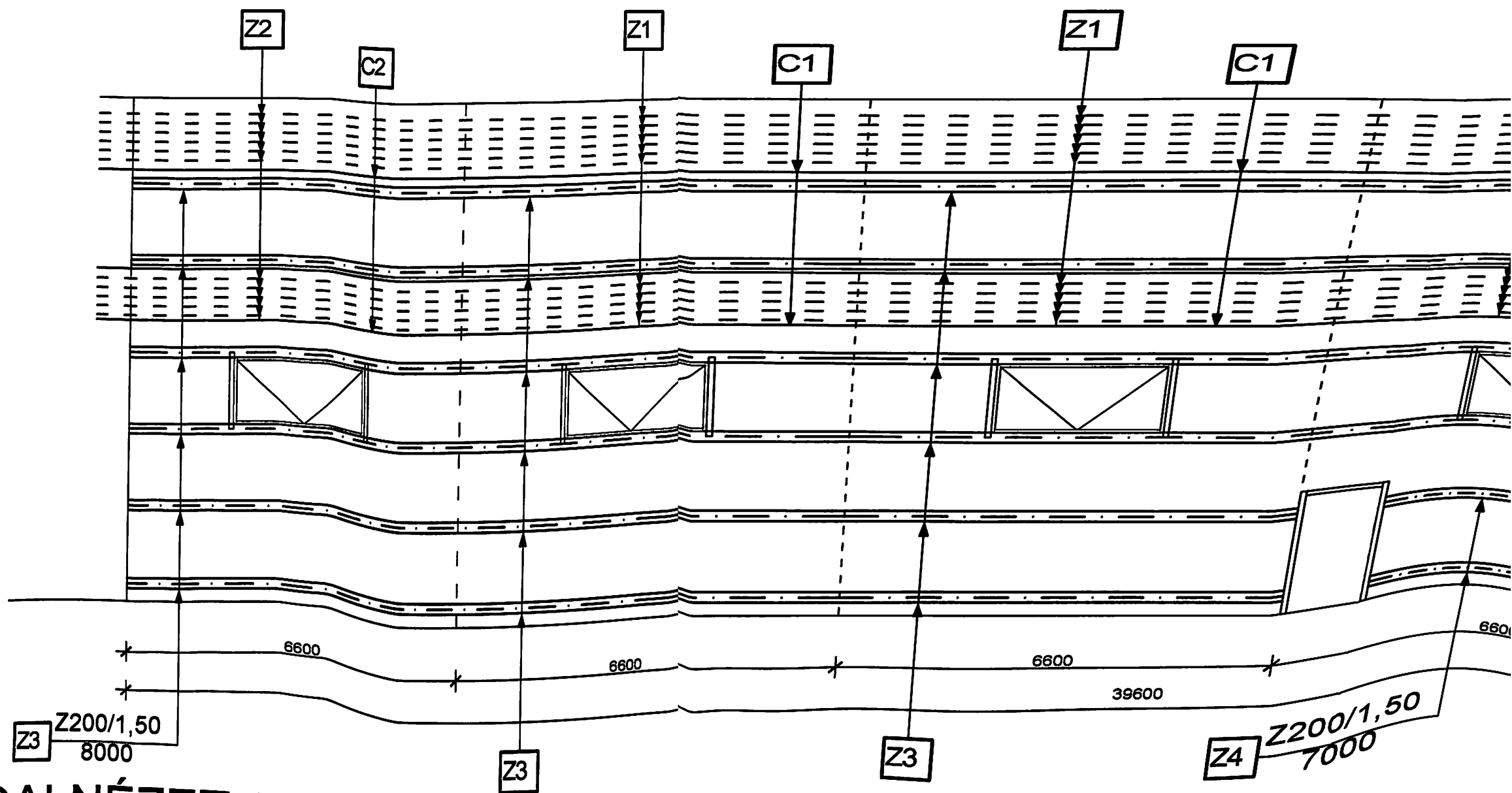


Csomópont $M=1:20$

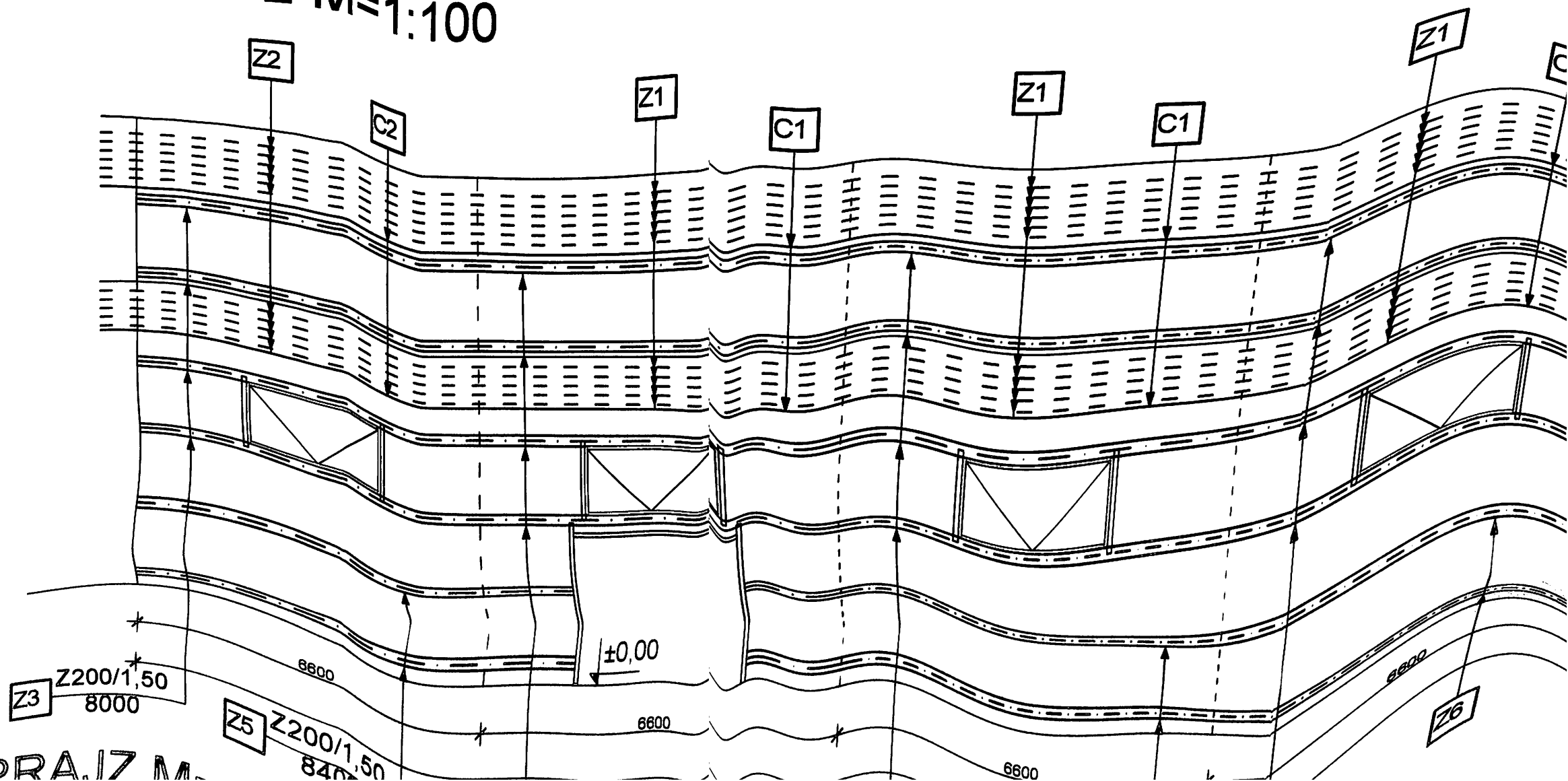


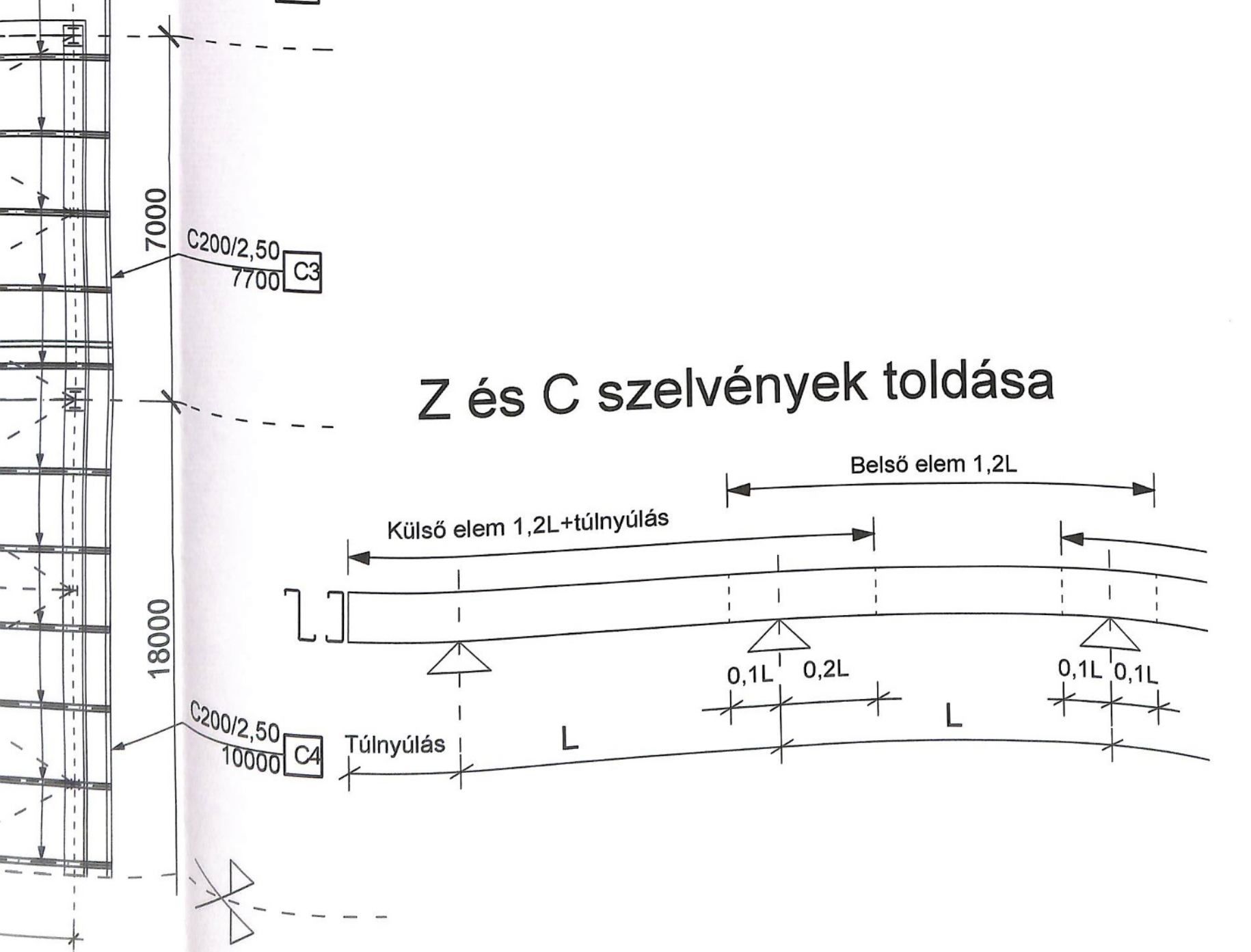
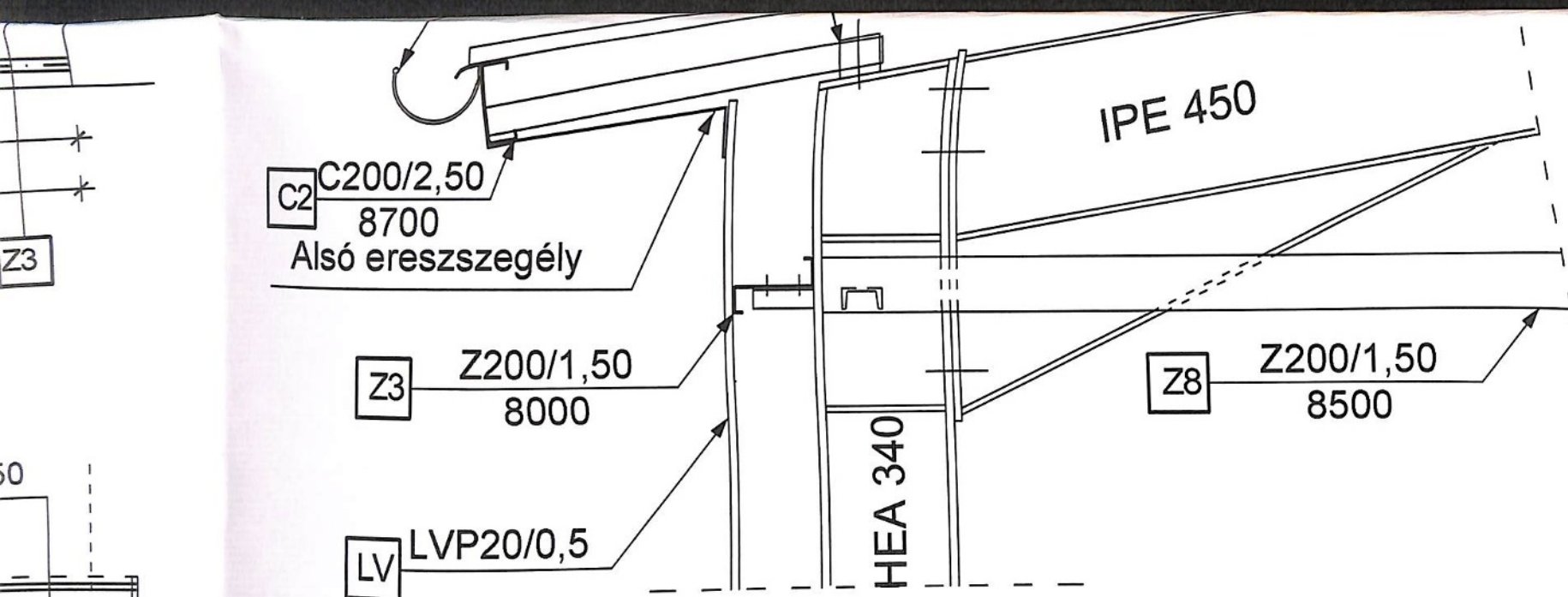
Tétel szám
Z1
Z2
Z3
Z4
Z5
Z6
Z7
Z8
Z9
C1
C2
C3
C4
LT1
LT2
LP
LV
L1
L2

OLDALNÉZET 1 M=1:100



OLDALNÉZET 2 M=1:100





Z és C szelvények toldása

LT1	főhajó külső trapéz	LTP45/0,5	820,00	5,36	4395
LT2	mellékhajó külső trapéz	LTP45/0,6	640,00	6,44	4122
LP	tető belső trapézlemez	LTP20/0,5	1460,00	4,8	7008
LV	oldal külső-belső trapéz	LTP20/0,5	2150,00	4,8	10320
L1	gerinc		42,00	1,5	63
L2	ereszcsatorna		168,00	1,5	252
Össztömeg: (kg)					39945

Megjegyzés:

Kapcsolódó tervek:

A-1 Általános terv

M-1 Csarnok merevítése 1

M-2 Csarnok merevítése 2

K-1 Kiviteli terv

Acélminőség: S 235

Az elemkimutatásban a trapézlemezek mennyisége átfedés nélkül van megadva.

Csak a LINDAB elemek vannak feltüntetve a rajzon, további elemek a kapcsolódó terveken találhatóak.

A szegések és élhajlítások nincsenek feltüntetve a rajzon.

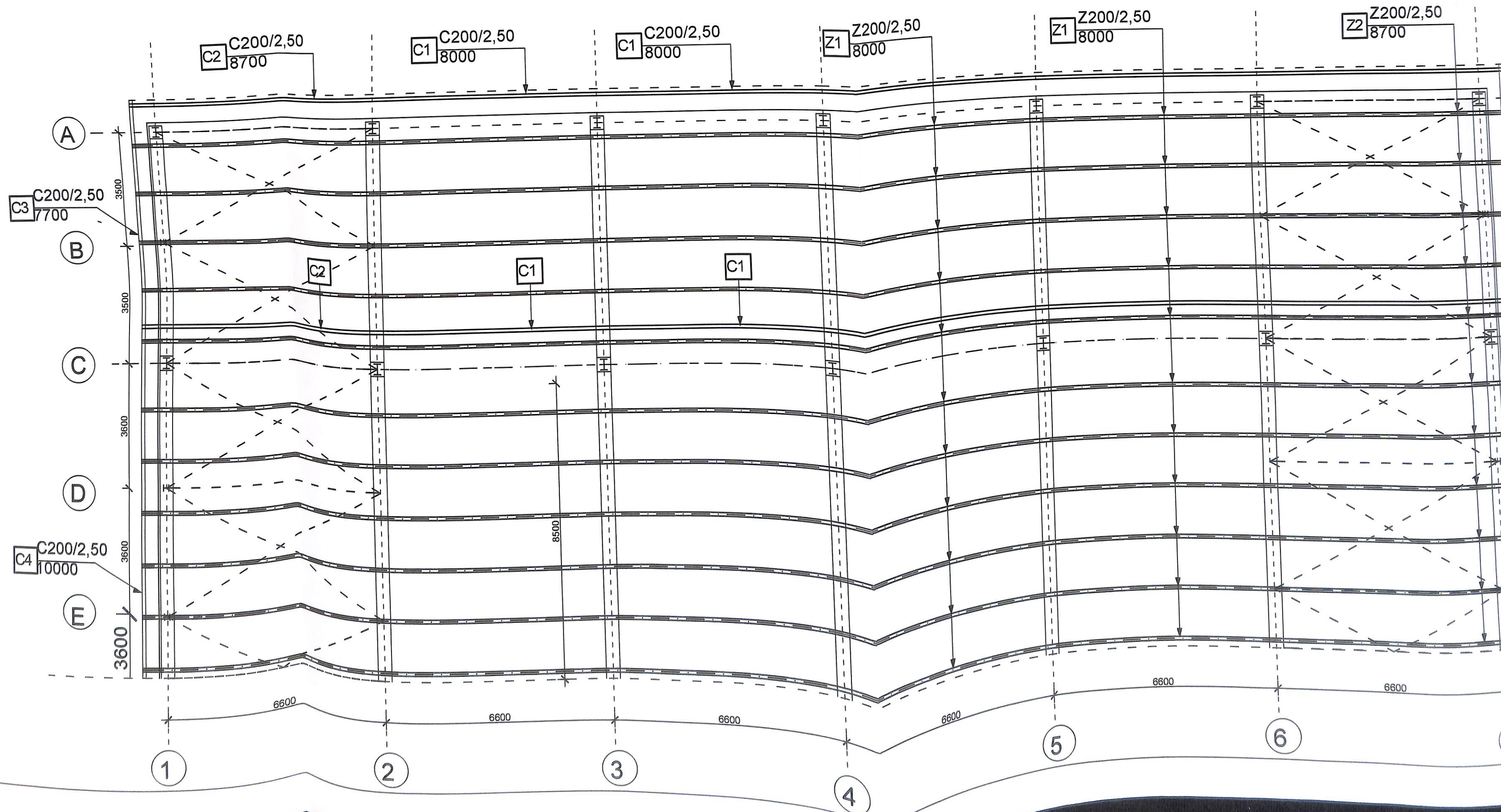
A terv a műszaki leírással együtt érvényes.



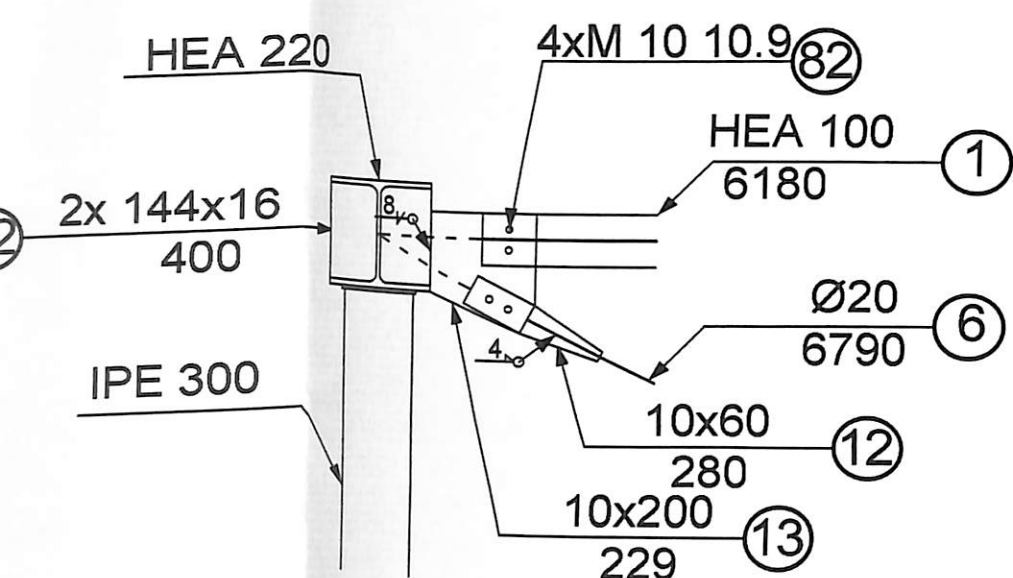
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Tárgy:	Szakdolgozat	Rajzszám:	L-1
Téma:	Háromhajós, daruzott ipari csarnok tervezése	Méretarány:	M=1:100 ; M=1:20
Terv:	LINDAB elemek terve	Dátum:	2015.június 5.
Tervező:	Ronga Máté	Konzulens:	Horváth Katalin

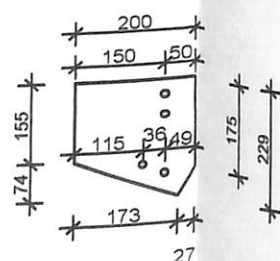
ALAPRAJZ M=1:100



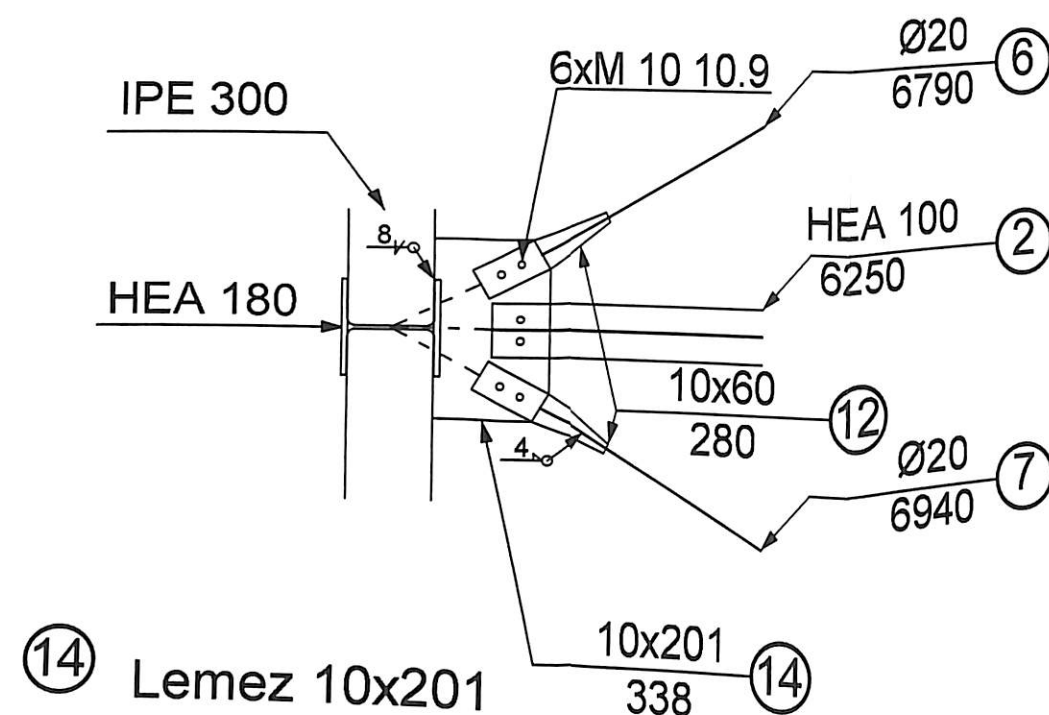
csp M=1:15



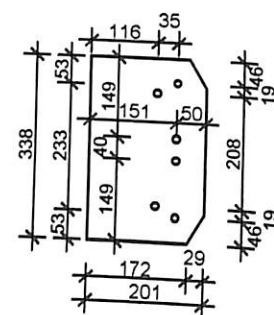
Lemez 10x200



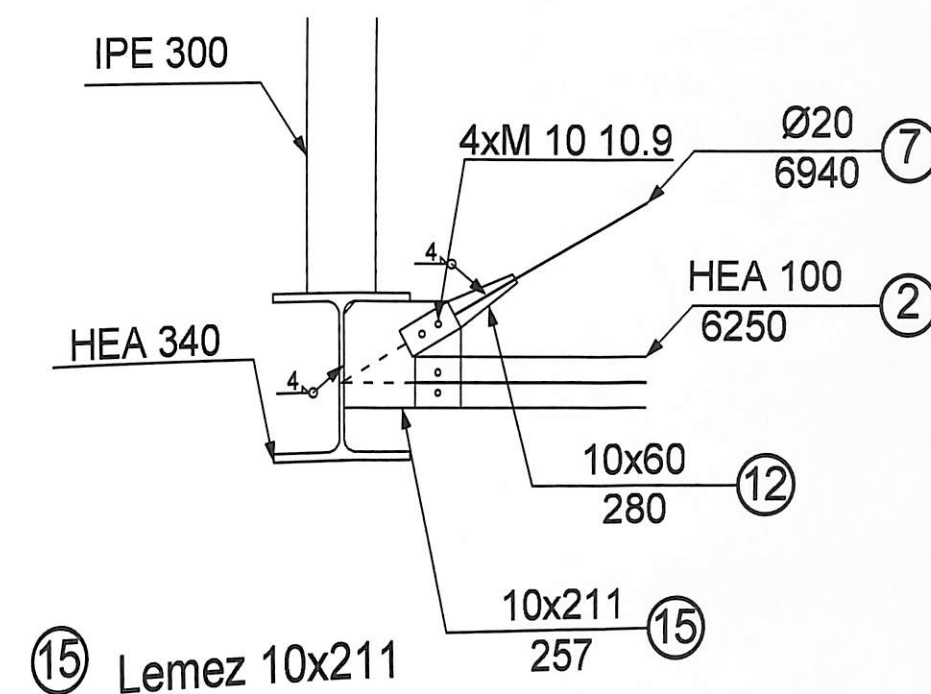
2. csp M=1:15



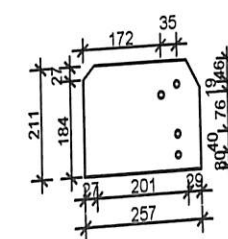
⑭ Lemez 10x201



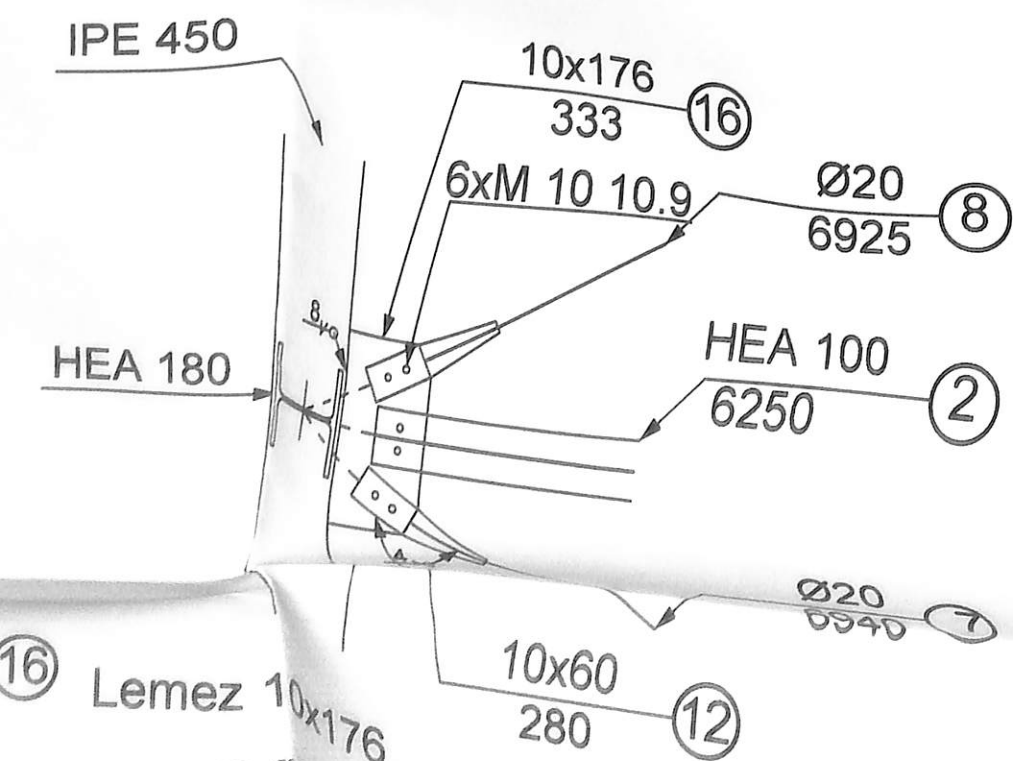
3. csp M=1:15



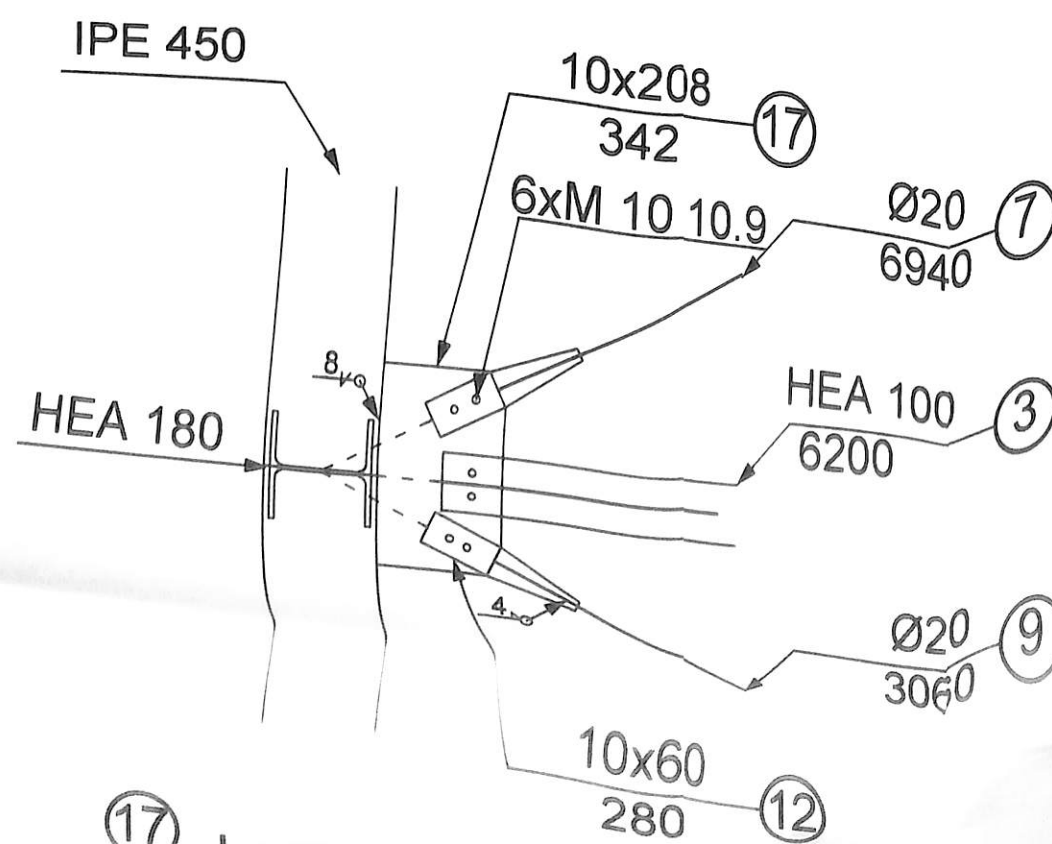
⑮ Lemez 10x211



sp $M=1:15$



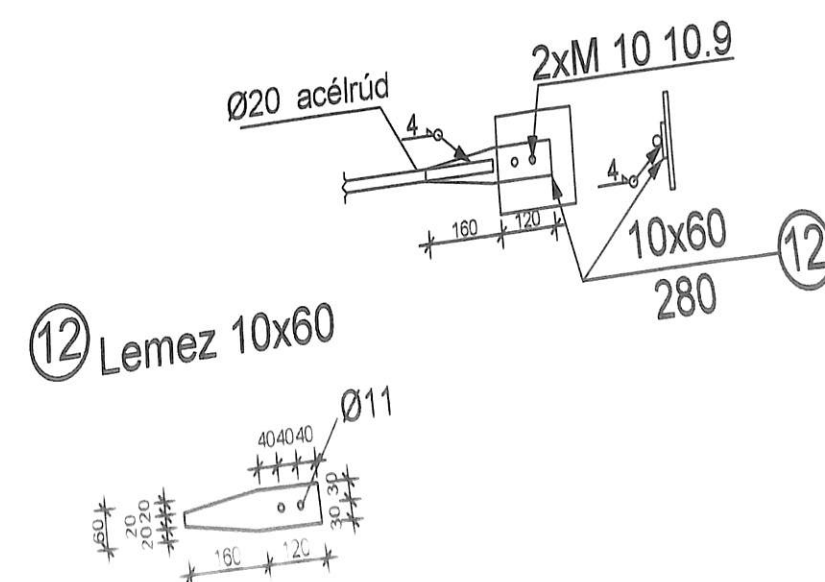
①⑥ Lemez 10x176



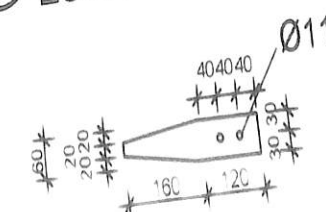
17

Húzott acélrúd kapcsolat

M=1:15



⑫ Lemez 10x60



Technical drawing of a building floor plan, showing a grid of rooms and corridors. The drawing includes dimensions (6600, 3500, 3600) and labels for various rooms (1. csp, 2. csp, 3. csp, 4. csp, 5. csp, 6. csp, 7. csp) and corridors (A, B, C, D, E, F, G, H).

HEA 220

4xM 10 10.9 (82)

HEA 100 (1)

6180

2x 144x16 (12)

400

IPE 300

Ø20 (6)

6790

10x60 (12)

280

10x200 (13)

229

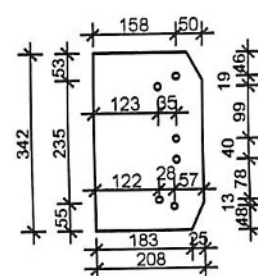
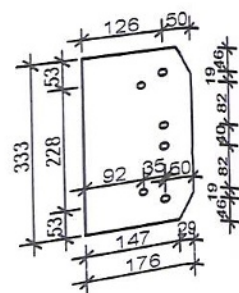
5. csp Λ

HEA 180

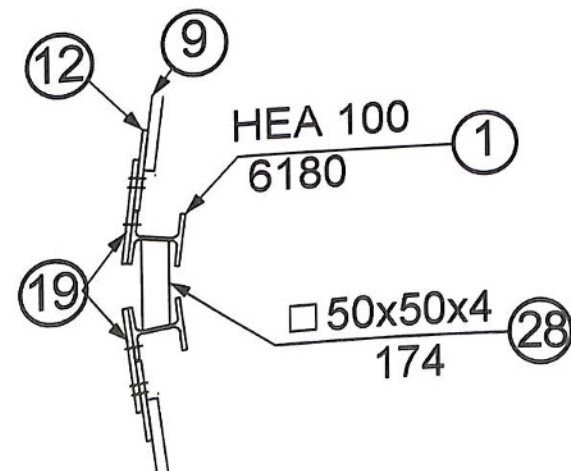
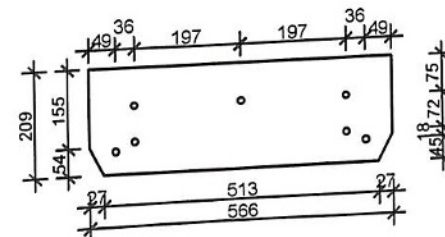
① 17 Le

$$\frac{10 \times 60}{280}$$
$$\frac{10 \times 60}{280}$$

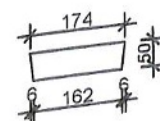
① Lemez 10x208



① Lemez 10x209



28 ☐ 6x Zártszelvény 50x50x4



Kapcsolódó tervek:

L-1 Lindab elemek terve
M-2 Csarnok merevítése 2
K-1 Kiviteli terv

Acélminőség: S 235

A szélrács, illetve a hosszmerítések csomólemezeit a HEA, illetve az IPE szelvények külső övéhez kell tompavarrattal hegeszteni!

A csavarozott kapcsolatok megfelelőségét a műszaki ellenőr építési naplóban minősíti és rögzíti.

Anyagkimutatás az M-2-es terven!

A terv a műszaki leírással együtt érvényes.



Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Tárgy:

Szakedolgozat

Rajzsám:

M-

Téma:

Háromhajós, daruzott ipari csarnok tervezése

Méretarány:

$M=1:100$; $M=1:15$

Terv:

Csarnok merevítése 1

Dátum:

2015.június 5.

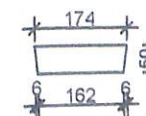
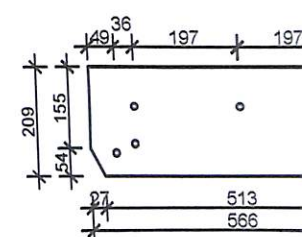
Tervező:

ervező:
Ronga Máté

Neptun kód:

Konzulens:

Horváth Katalin



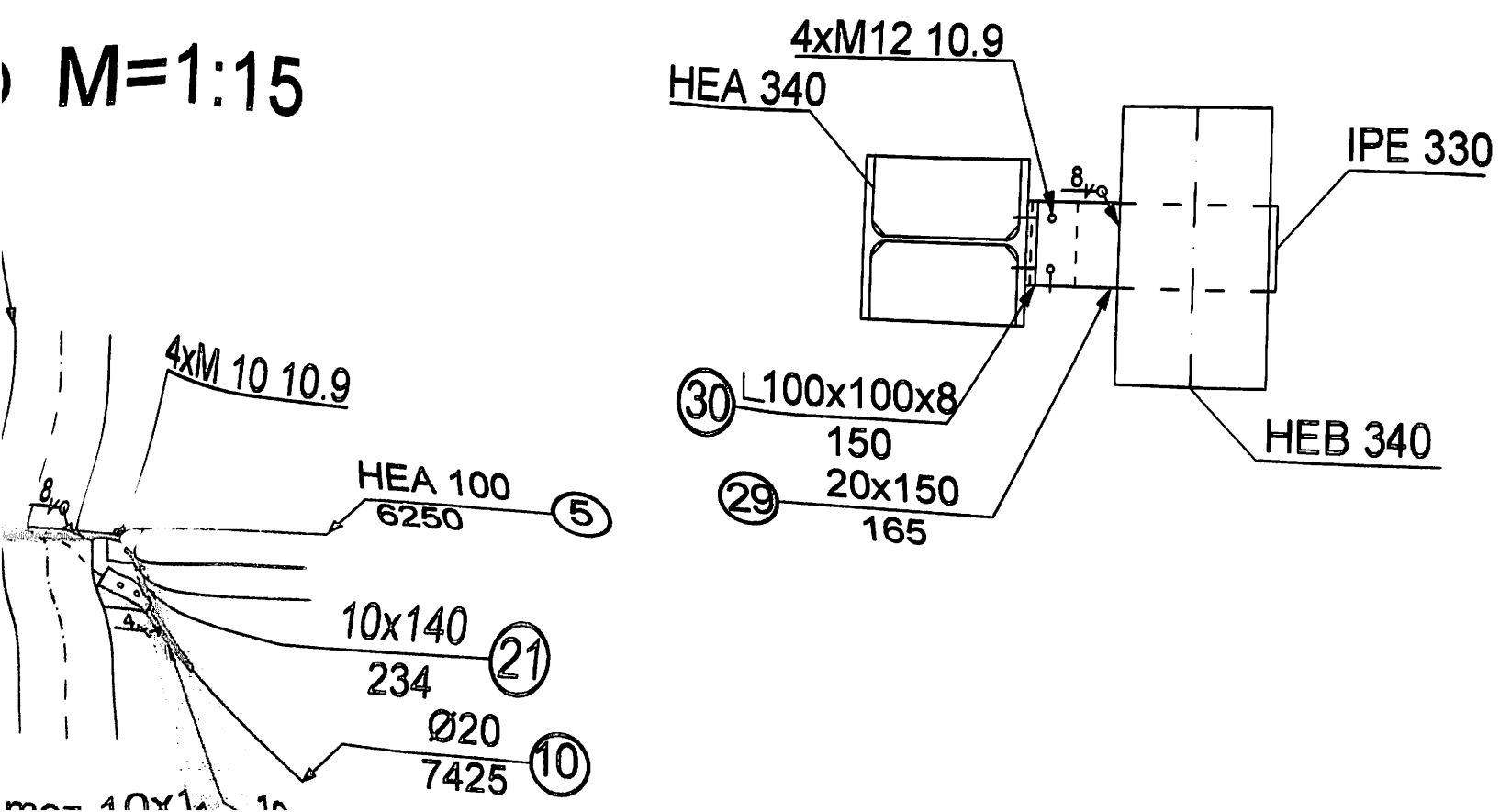
Technical drawing of a steel connection detail. The drawing shows a vertical HEA 340 column on the left, connected to a horizontal HEB 340 beam. A vertical IPE 330 beam is also shown, intersecting the HEB 340 beam. The connection is reinforced with an L 100x100x8 angle and a 20x150 plate. Dimensions include 150, 165, 185, 500, and 4xM12 10.9. Callouts 29 and 30 are present.

Technical drawing of a square plate. The overall dimensions are 165 mm by 150 mm. A square hole with a diameter of $\varnothing 13$ mm is located in the upper left corner. The hole is positioned 30 mm from the left edge and 30 mm from the top edge. The distance from the hole's center to the right edge is 135 mm. The distance from the hole's center to the bottom edge is 90 mm. The distance from the hole's center to the right edge is 135 mm. The distance from the hole's center to the bottom edge is 90 mm.

Technical drawing of a square plate with the following dimensions and features:

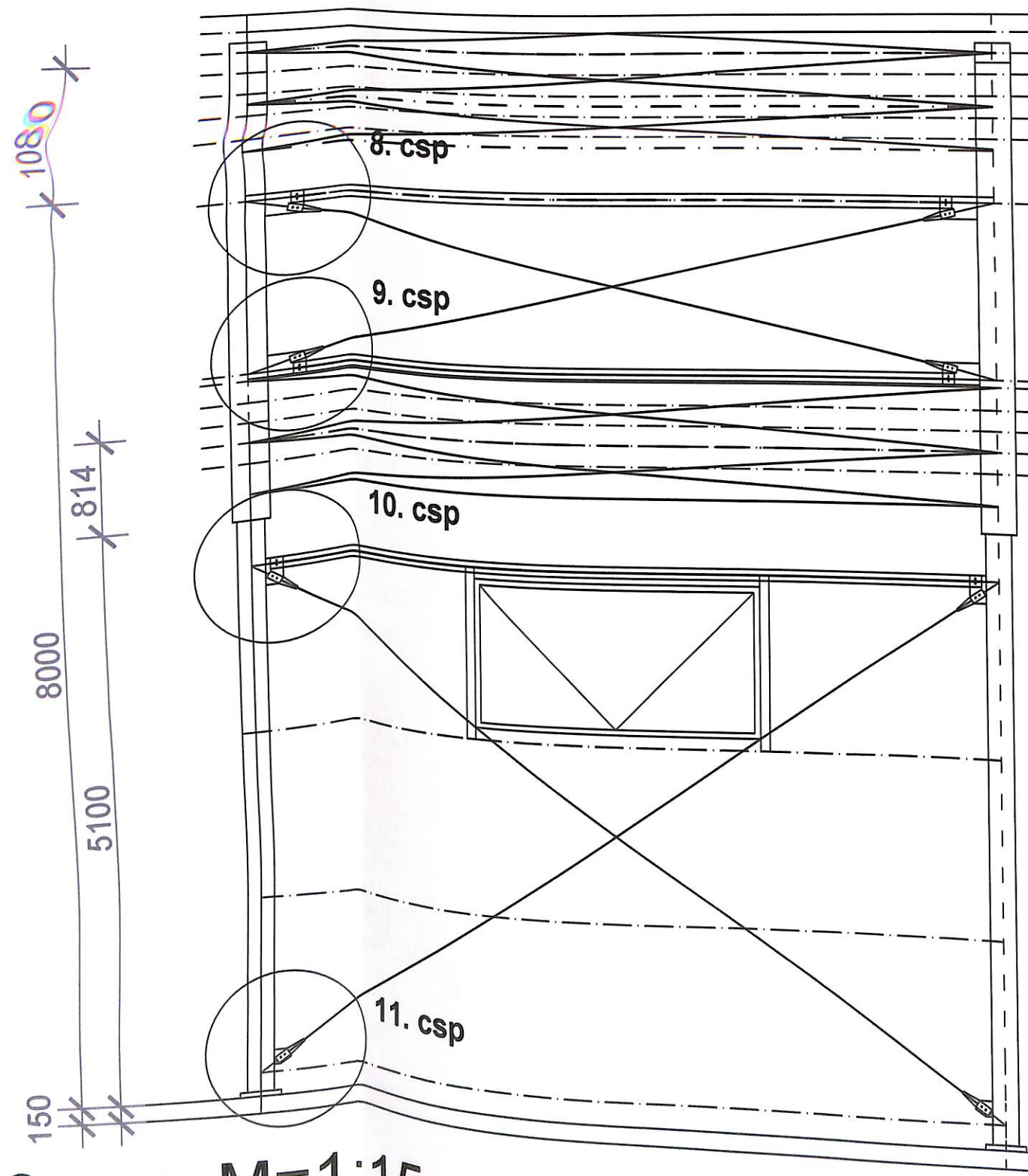
- Overall width: 150
- Overall height: 100
- Two circular holes, each with a diameter of $\varnothing 13$.
- Horizontal dimensions from the left edge: 30 to the center of the first hole, 90 between the centers of the two holes, and 30 to the center of the second hole.
- Vertical dimensions from the bottom edge: 50 to the center of the first hole and 50 to the center of the second hole.

b) $M=1:15$

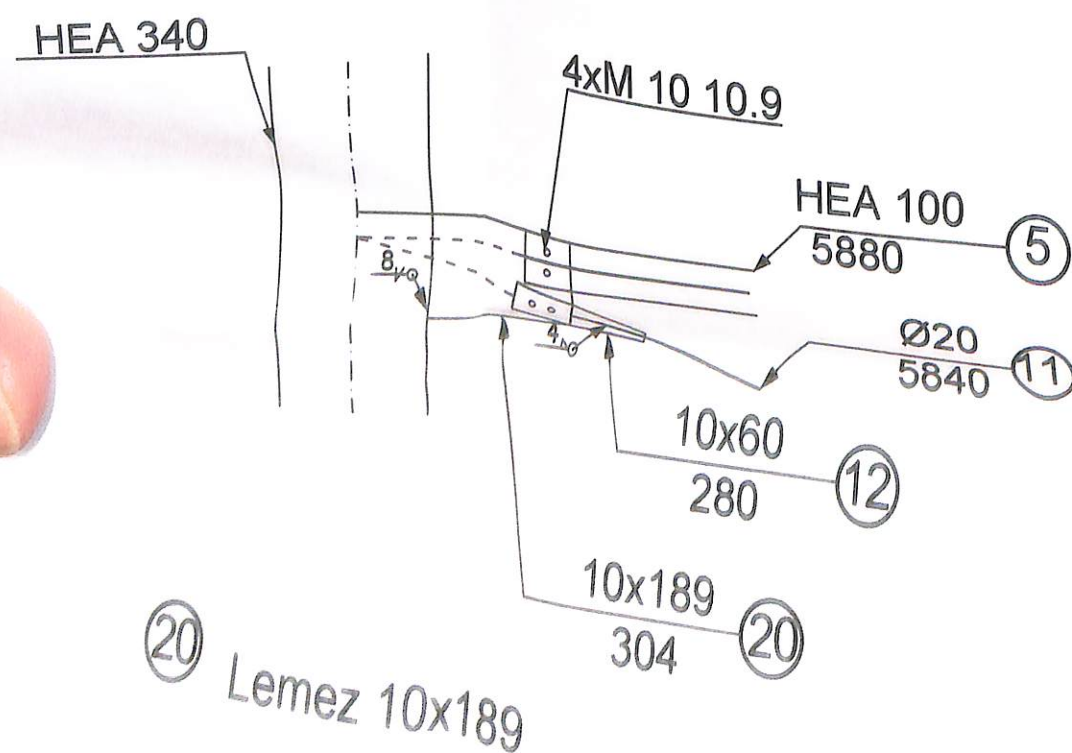


Elemkimutatás merevítő rendszere						
Jel	Elem	Hossz (mm)	Darab	Súly		
				(kg/m)	Súly/elem (kg)	Elem (kg)
1	HEA 100	6180	4	16,7	103,21	412,82
2	HEA 100	6250	12	16,7	104,38	1252,50
3	HEA 100	6200	4	16,7	103,54	414,16
4	HEA 100	6390	4	16,7	106,71	426,85
5	HEA 100	5880	4	16,7	98,20	392,78
6	Ø 20 acélrúd	6790	8	2,47	16,77	134,17
7	Ø 20 acélrúd	6940	16	2,47	17,14	274,27
8	Ø 20 acélrúd	6925	8	2,47	17,10	136,84
9	Ø 20 acélrúd	3060	8	2,47	7,56	60,47
10	Ø 20 acélrúd	7425	8	2,47	18,34	146,72
11	Ø 20 acélrúd	5840	8	2,47	14,42	115,40
12	Lemez 10x60	280	104		1,32	137,28
13	Lemez 10x200	229	8		3,6	28,80
14	Lemez 10x201	338	8		5,33	42,64
15	Lemez 10x211	257	16		4,26	68,16
16	Lemez 10x176	333	8		4,6	36,80
17	Lemez 10x208	342	8		5,58	44,64
18	Lemez 10x110	120	8		1,04	8,32
19	Lemez 10x209	566	4		9,29	37,16
20	Lemez 10x189	304	16		4,51	72,16
21	Lemez 10x140	234	8		2,57	20,56
22	Lemez 10x123	140	8		1,35	10,80
23	Lemez 18x110	650	32		10,10	323,20
24	Lemez 12x170	250	16		4,00	64,00
25	Lemez 10x150	153	16		1,80	28,80
26	Lemez 10x145	297	16		3,38	54,08
27	Lemez 10x113	145	8		1,29	10,32
28	Zártszelvény 50x50x4	174	12	35,522	6,18	74,17
29	Lemez 20x150	165	14		3,89	54,46
30	Szögacél 100x100x8	150	14	12,2	1,83	25,62
Össz tömeg (kg)						4754,70

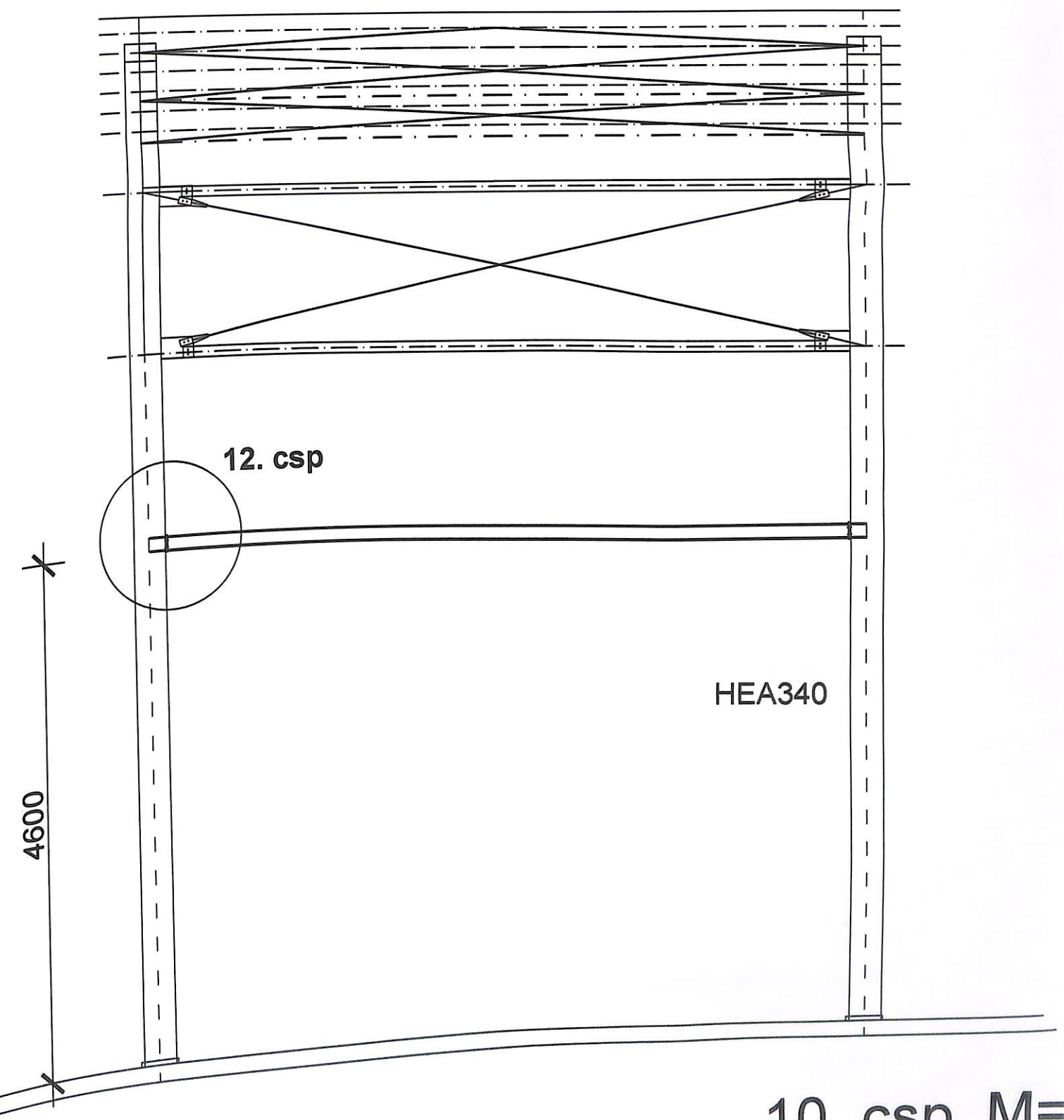
OLDALNÉZET M=1:50



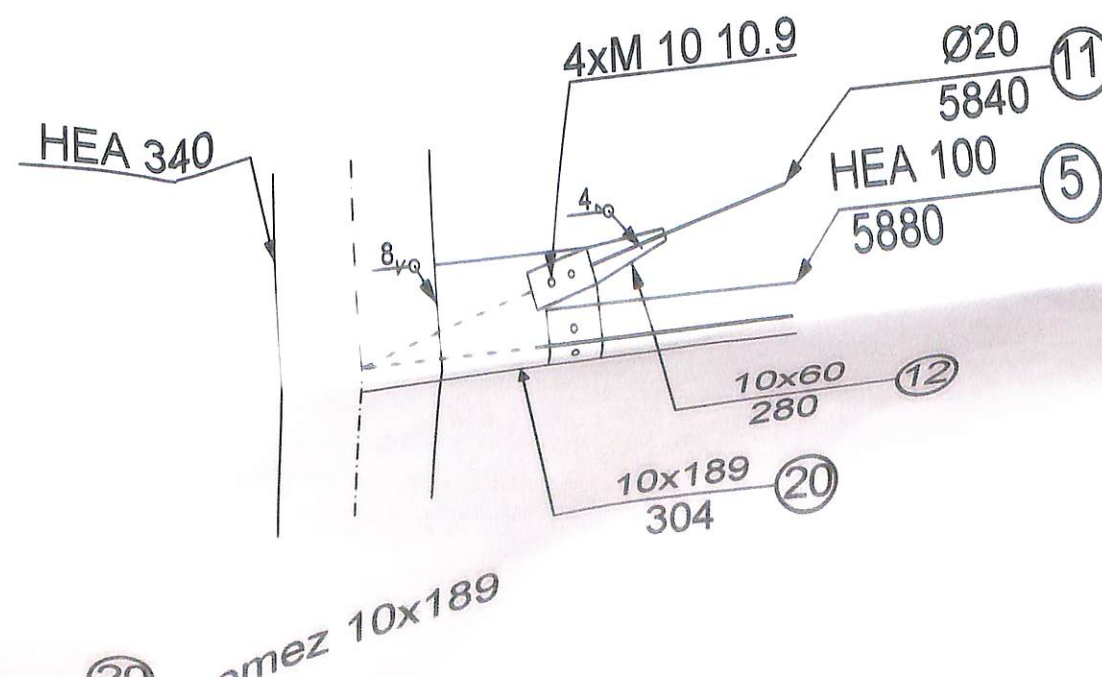
8. csp M=1:15



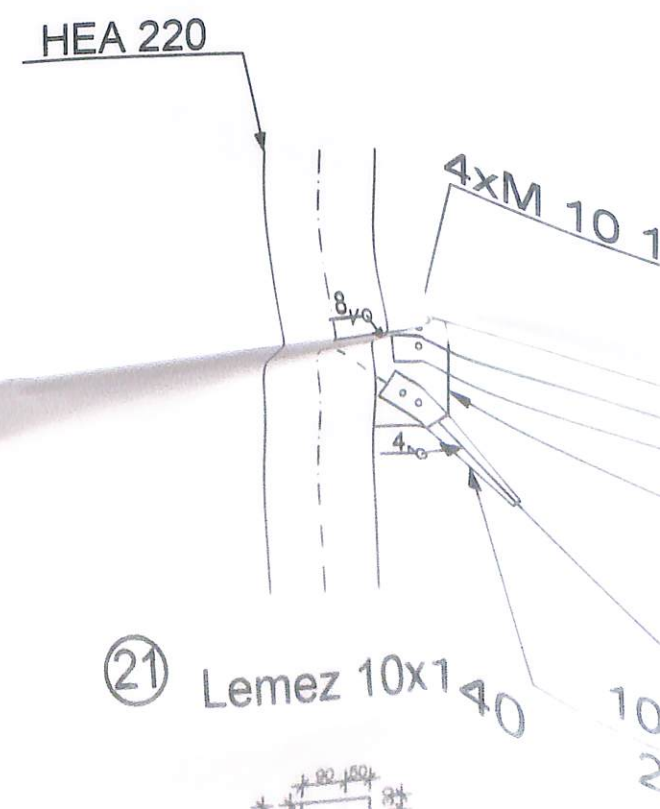
METSZET M=1:50

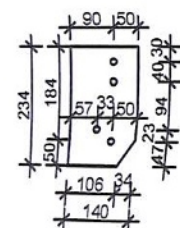
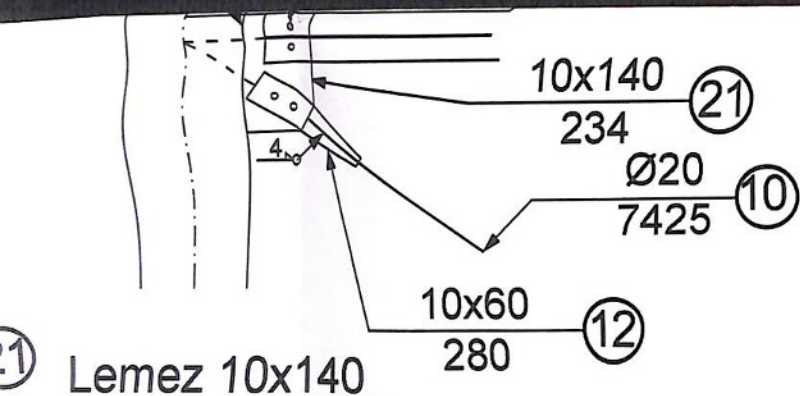


9. csp M=1:15

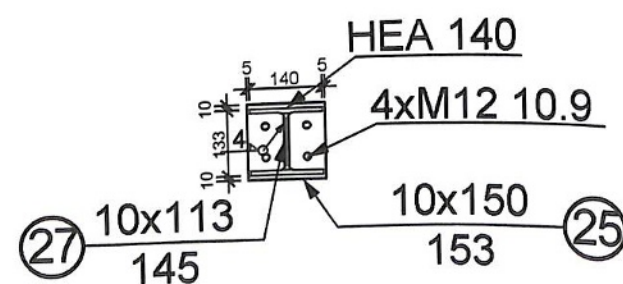
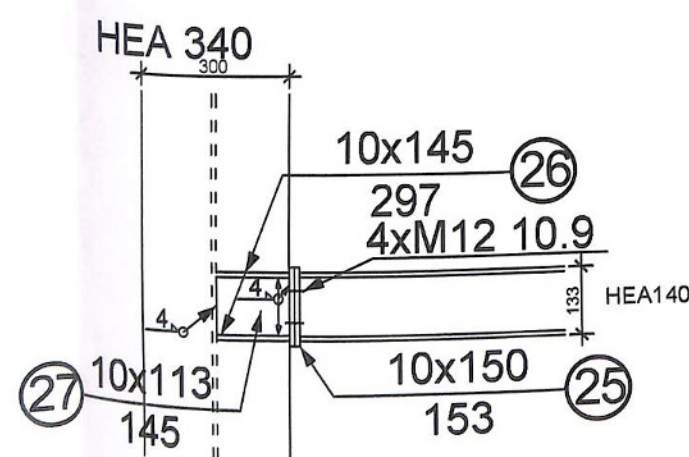


10. csp M=1:15





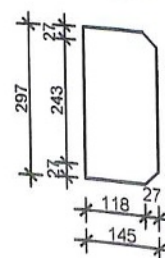
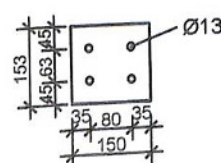
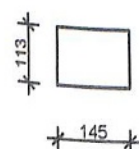
Merevítő keret 12.csp M=1:15



②⑦ Lemez 10x113

②⑤ 2x Lemez 10x150

②⑥ 2x Lemez 10x145



Megjegyzés:

Kapcsolódó tervek:
L-1 Lindab elemek terve
M-1 Csarnok merevítése 1
K-1 Kiviteli terv

Acélminőség: S 235

A szélrács, illetve a hosszmerítések csomólemezeit a HEA, illetve az IPE szelvények külső övéhez kell tompavarrattal hegeszteni!

A csavarozott kapcsolatok megfelelőségét a műszaki ellenőr építési naplóban minősíti és rögzíti.

A terv a műszaki leírással együtt érvényes.

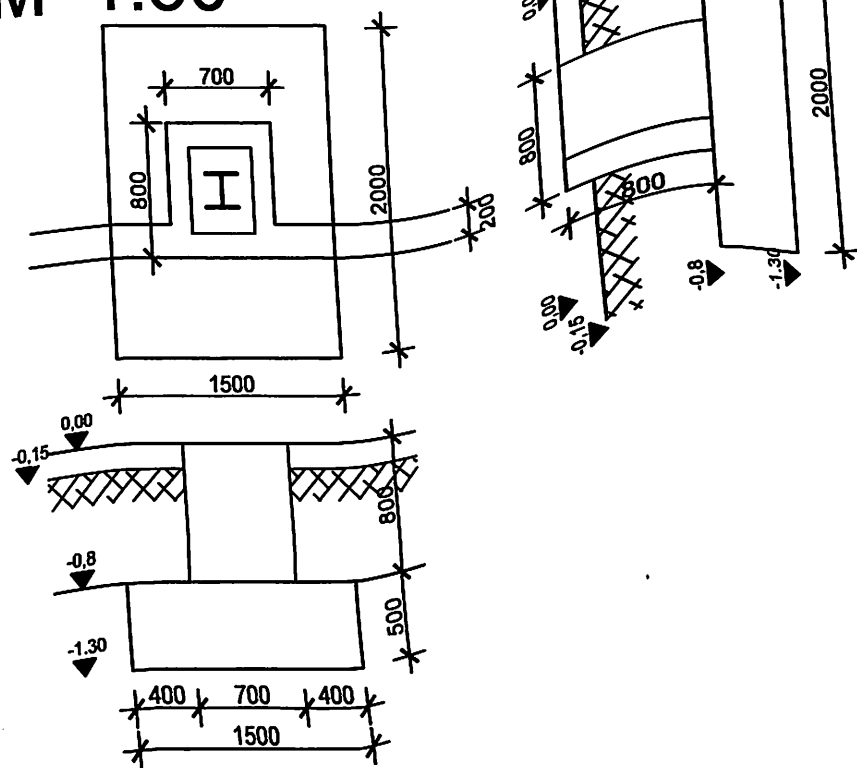


Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Tárgy:	Szakdolgozat	Rajzszám:	M-2
Téma:	Háromhajós, daruzott ipari csarnok tervezése	Méretarány:	M=1:50 ; M=1:15
Terv:	Csarnok merevítése 2	Dátum:	2015.június 5.
Tervező:	Ronga Máté <i>Ronga Máté</i>	Konzulens:	Horváth Katalin

② Mellékhajó alapozás
M=1:50

M=1:50



Megjegyzés:

Megjegyzés:
Kapcsolódó tervek:
A-1 Általános terv
K-1 Kiviteli terv
Ellátási szintje 0,00 m.

A csarnok padlószintje 0,00 m.
Minőség: S 235
Minőség: C20/25

Minőség: S 235
Minőség: C20/

Össég: C20/25

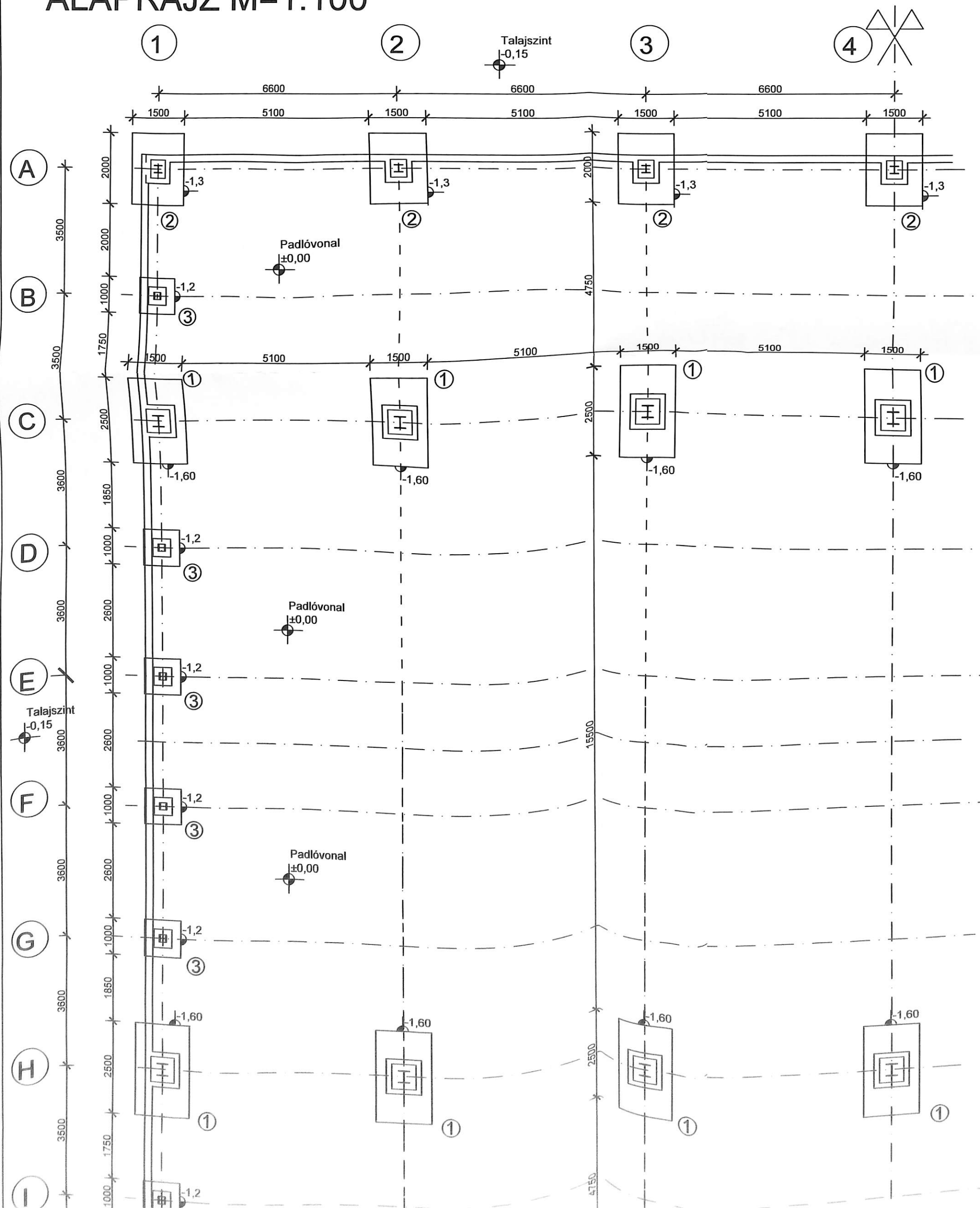
0,00 m

20 cm homokos kavics feltöltéstől

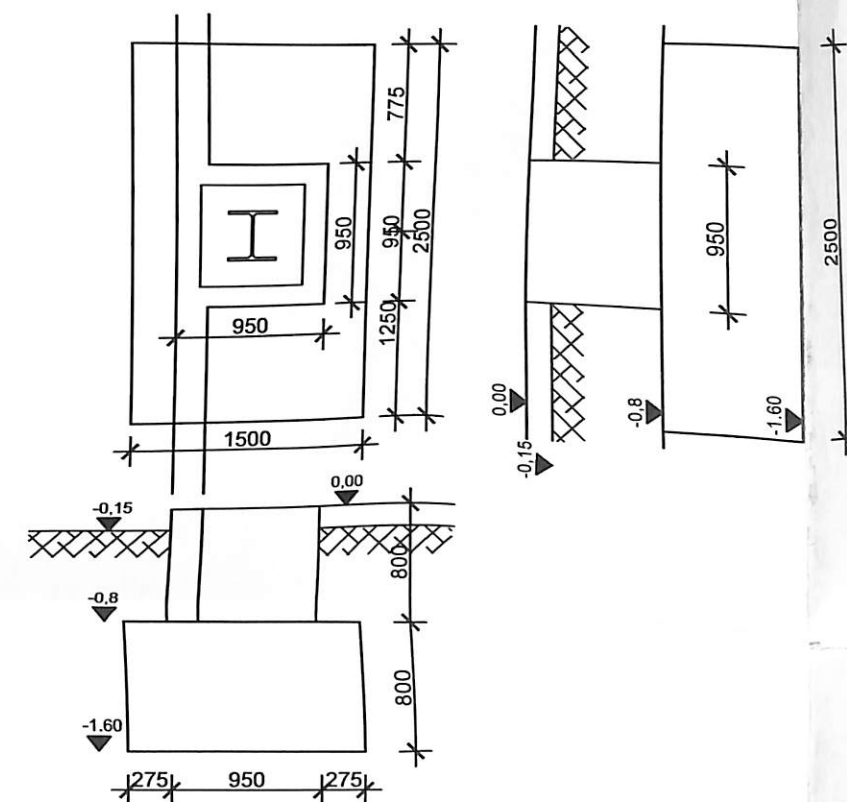
80 cm magas

Wastage 80cm 1 bag

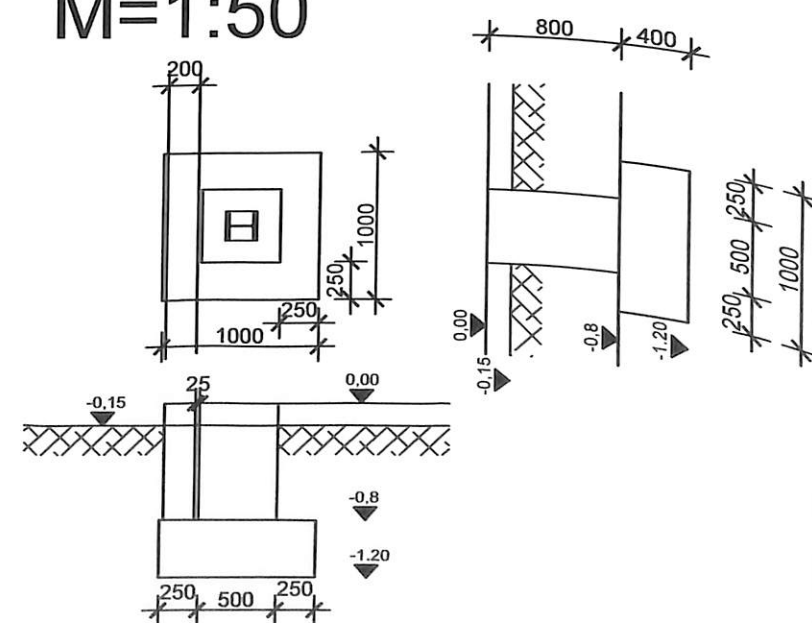
ALAPRAJZ M=1:100



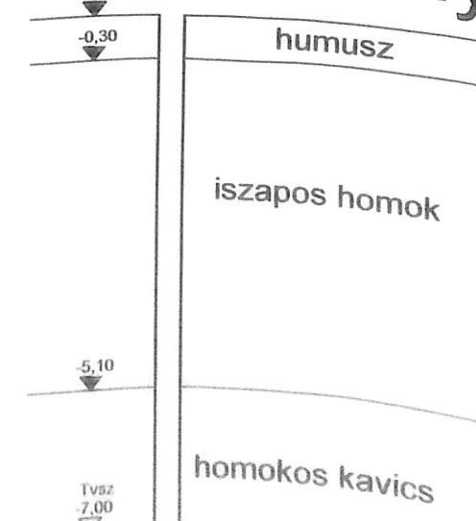
① Főhajó alapozás M=1:50



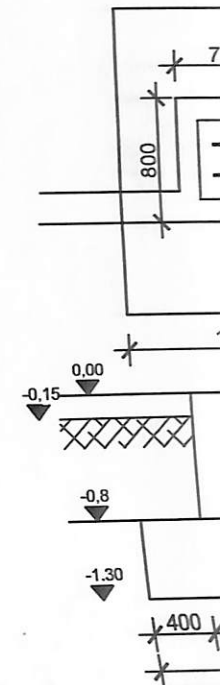
③ Falvázoszlop alapozás M=1:50



Fúrászelvény



② Mellék M=1:50



Megjegyzés:

Kapcsolódó tervek:

A-1 Általános
K-1 Kiviteli

A csarnok padlószintje

Acélminőség: S 235
Betonminőség: C20/25

Az alaptestek alatt mindig alkalmazunk.

A süllyedések elkerülése talpgerendával kell össze

A terv a műszaki leírassa



Mechanika

Szak