

SZENT ISTVÁN EGYETEM
YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR
ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

SZAKDOLGOZAT

Komlódi Péter András
2015

Daruzott csarnok statikai méretezése


Komlódi Péter András
levelező építőmérnök hallgató

2015



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

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



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

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2015

Komlódi Péter

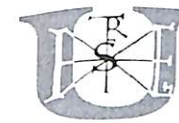
Levelező Építőmérnök szakos
hallgató részére

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

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. január 16., péntek 12⁰⁰

Budapest, 2015. január 5.


Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

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



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

Részletes feladatkiírás

Komlódi Péter

Levelező Építőmérnök
hallgató részére

Kéthajós, daruzott ipari csarnok tervezése
című szakdolgozatához

Megtervezendő egy kéthajós, daruzott, acélszerkezetű, hőszigetelt ipari csarnok és a mellékhajóban kialakításra kerülő acélszerkezetű technológiai állvány.

Geometriai kialakítás, terhek

A csarnok hat keretállásból áll, a keretállások távolsága 6,00 m.

A csarnok oszlopok tengelytávolsága ~17,10 m (A és B tengelyek), a mellék-hajó oszlop tengelytávolsága ~9,00 m (B és C tengelyek).

A csarnok hőszigetelt.

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

- tengelytávolsága : 16,300 m,
- sínkorona magassága: 7,70 m,
- teherbírása : 10 t.

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

**Az acélszerkezetű technológiai állvány a 2 és 5 jelű keretállás között helyezkedik el.
Az egyszintes, ~6,00 m széles, ~18,00 m hosszú, ~2,50 m magas állványra a feljutást lépcső biztosítja.**

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

Budapest, 2015. január 5.

Horváth Katalin
Horváth Katalin
belső konzulens

Tartalomjegyzék

1. A tervezés kiinduló adatai	4
1.1.A tervezés célja	4
1.2 A főtartó elméleti méretei	4
1.3 A főtartó szerkezet szelvény méretei.....	6
1.4 Szelemenek elrendezése és kiindulási szelvénye	7
1.5 Falvázoszlopok és falváztartók elrendezése és szelvénye.....	8
1.6 Merevítő szélrács rendszer	9
2. Anyagok.....	11
2.1 Szerkezeti acélok jellemzői	11
2.2 Másodlagos teherviselő elemek jellemzői	11
2.2.1 Lindab trapézlemezek jellemzői.....	11
2.2.2 Lindab vékonyfalú Z, C, U acél profilok.....	11
2.3 Kapcsolóelemek jellemzői	11
3. Csarnokra ható terhek és hatások	12
3.1 Állandó terhek	12
3.1.1 Tartószerkezeti elemek önsúlya	12
3.1.2. Tető- és a falburkolati rendszerek súlya	12
3.1.3 Világítási berendezések terhe	13
3.2 Hasznos terhek.....	13
3.2.1 Daruteher	14
3.3 Meteorológiai terhek	14
3.3.1 Hóteher	18
3.3.2 Szélhatás	18
3.3.2.1 Külső függőleges felületekre ható szélhatás	20
3.3.2.2. Félnyeregteretűre ható szélhatás	22
3.3.2.3. Nyeregteretűre ható szélhatás	24
4. Teherviselő elemek méretezése.....	24
4.1 Másodlagos teherviselő elemek méretezése.....	24
4.1.1 Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése.....	25
4.1.1.1 A főhajó tetőszerkezetén lévő trapézlemez méretezése.....	28
4.1.1.2 Az oldalhajó tetőszerkezetén lévő trapézlemez méretezése.....	31
4.1.2 Szelemenek méretezése	31
4.1.2.1 Főhajó gerendáján lévő Z-szelemen méretezése.....	31
4.1.2.2 Oldalhajó gerendáján, a hófelhalmozódás helyén lévő Z-szelemen méretezése.....	35
4.1.3 Falburkolati külső trapézlemez méretezése	39
4.2 Darusínt alátámasztó tartó méretezése	40
4.2.1 Szélső horogállás esetén a maximális igénybevételek számítása.....	41
4.2.2 Szélső horogállás esetén a minimális igénybevételek számítása.....	42
4.2.3 Szilárdsági ellenőrzés	42
4.2.4 Stabilitásvizsgálat	43
4.2.5 Darupályatartó toldása	45
4.3. Elsődleges teherviselő elemek méretezése	50
4.3.1 Terhek és teheresetek felvétele az AXIS statikai programban	50
4.3.2 Oszlopok és tartók szilárdsági ellenőrzés	61
4.3.3 Stabilitás vizsgálat	68
4.3.4 Kapcsolatok ellenőrzése	69
5. A pódium	80
5.1 Pódiumra ható terhek és hatások.....	81
5.2 Szelvények szilárdsági ellenőrzése	83
5.3 Csavarozott kapcsolatok méretezése	91
5.4 Stabilitás vizsgálatok	122
6. Alaptestek méretezése	127

6.1 B-sori tartóoszlopok alatti alaptestek méretezése	127
6.2 A és C-sori tartóoszlopok alatti alaptestek méretezése	132
6.3 Falváztartó oszlopok alatti alaptestek méretezése	137
7. Mellékletek	142

Tervjegyzék

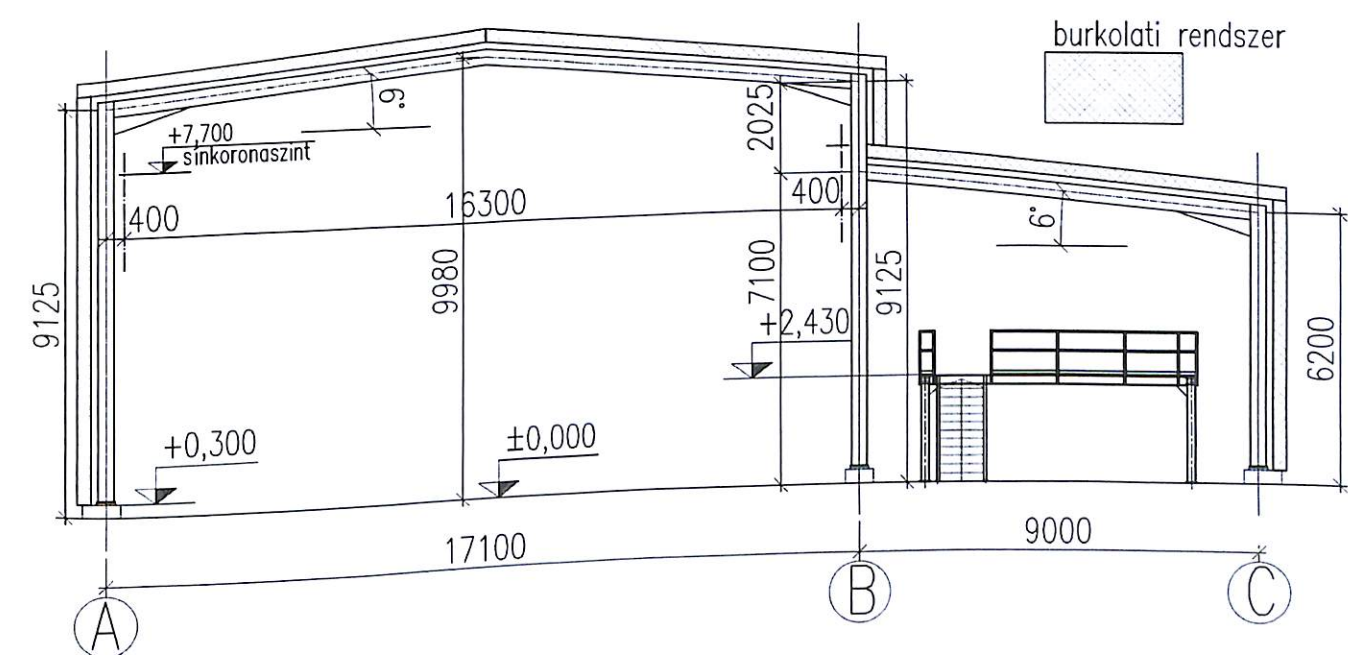
Csarnok – Felülnézet	1. lap
Csarnok – Metszetek I.	2. lap
Csarnok – Metszetek II.	3. lap
Csarnok – LINDAB terv	4. lap
Csarnok – Részletek	5. lap
Pódium – Alaprajz és metszet	6. lap
Pódium – Részletek	7. lap
Pódium – Lépcső és járórács terve	8. lap
Csarnok – Alapozási vázlatterv	9. lap

1. A tervezés kiinduló adatai

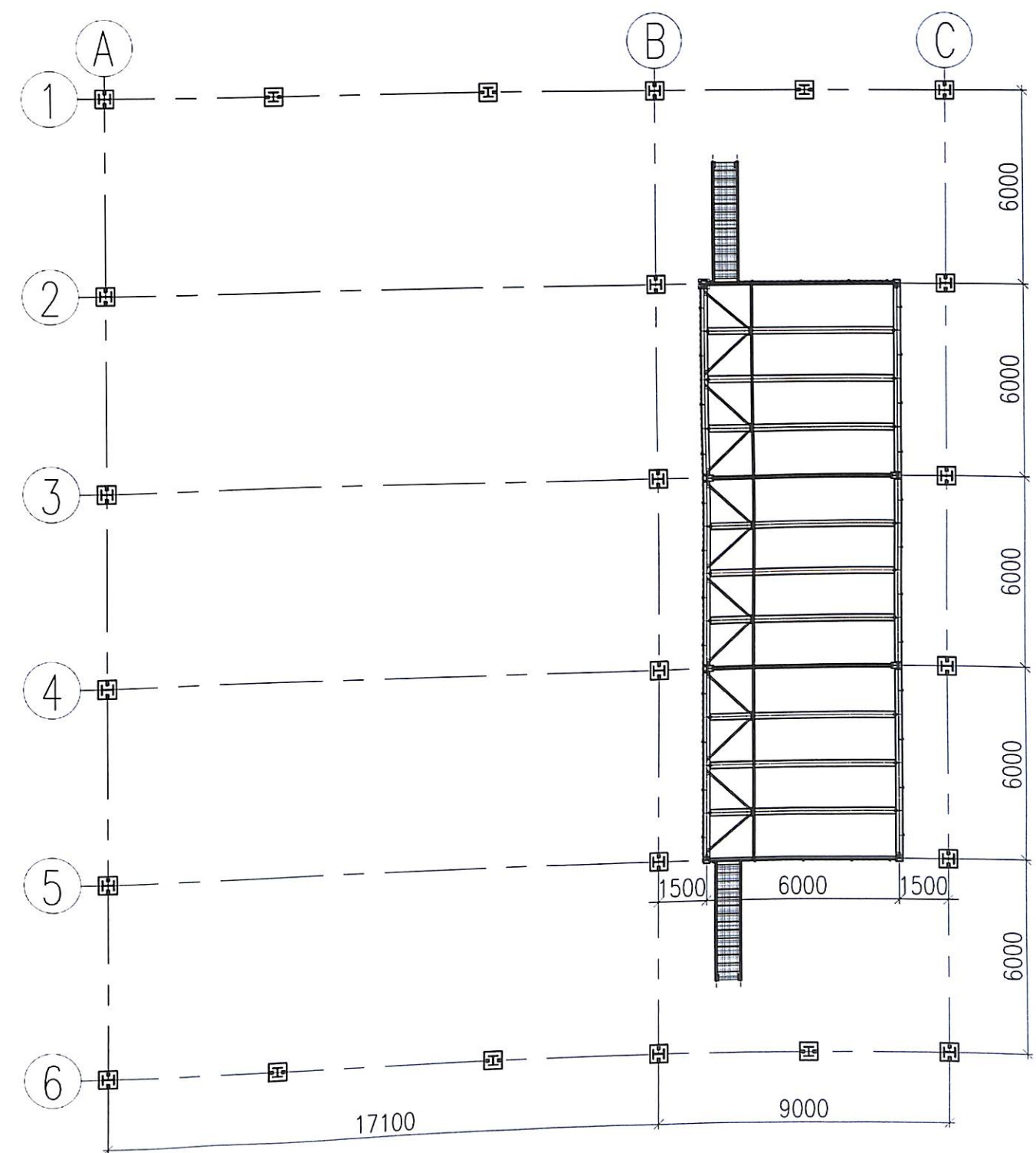
1.1.A tervezés célja

Megtervezendő egy aszimmetrikus oldalhajós daruzott nyeregtetős hőszigetelt csarnok acélszerkezetének teherviselő elemei. Az elsődleges teherviselő elemek a hengerelt szelvényekből kialakított és egymástól egyenlő távolságra elhelyezett keretszerkezetek. Az oszlopok és a ferde gerendák HEA szelvényekből készülnek. A másodlagos teherviselő rendszer a keretszerkezetre merőlegesen futó, egyenletesen kiosztott vékonyfalú LINDAB „Z” szelemenekből és LINDAB „C” falváz tartókból, valamint a rájuk merőlegesen teherviselő külső és belső trapézlemez fedésből áll. A csarnokszerkezet oromfali lezárását a szelemenek alatt elhelyezhető HEA szelvényből álló falvázoszlopok és az oldalfali falváz tartókkal azonos szinten elhelyezett falváz tartók biztosítják. A szerkezet térbeli merevségét a csarnok két végén elhelyezett szélrács rendszer biztosítja, melyek acélcsövekből készülnek. Az oszlopok rögzítése a bebetonozott M22 alapcsavar segítségével történik.

1.2 A főtartó elméleti méretei



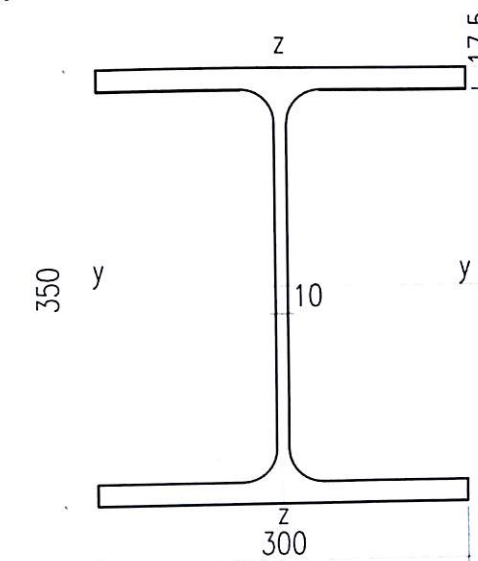
1. ábra: A főtartó szerkezet főbb méretei



2. ábra: Alaprajzi elrendezés

1.3 A főtartó szerkezet szelvény méretei

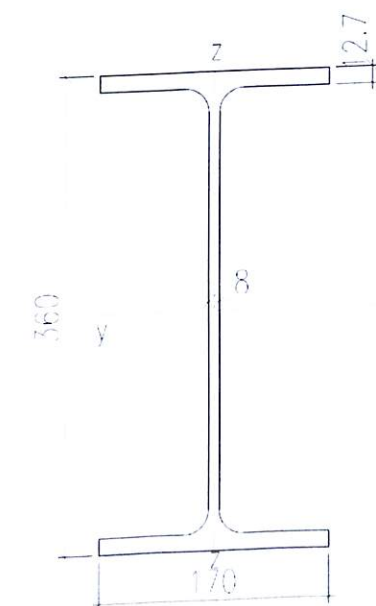
Az oszlop szelvénye: HEA 360



3.ábra: HEA360 szelvény méretei

$A \text{ [cm}^2\text{]}=142,79$
 $I_y \text{ [cm}^4\text{]}=33096,1$
 $I_z \text{ [cm}^4\text{]}=7886,9$
 $W_y \text{ [cm}^3\text{]}=1891,2$
 $W_z \text{ [cm}^3\text{]}=525,8$
 $i_y \text{ [cm]}=15,2$
 $i_z \text{ [cm]}=7,4$

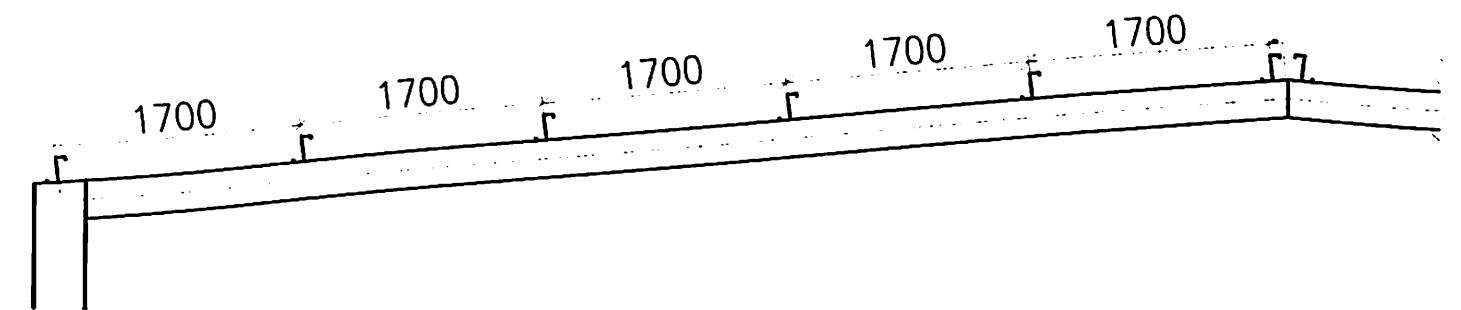
A gerenda szelvénye: IPE 360



4.ábra: IPE360 szelvény méretei

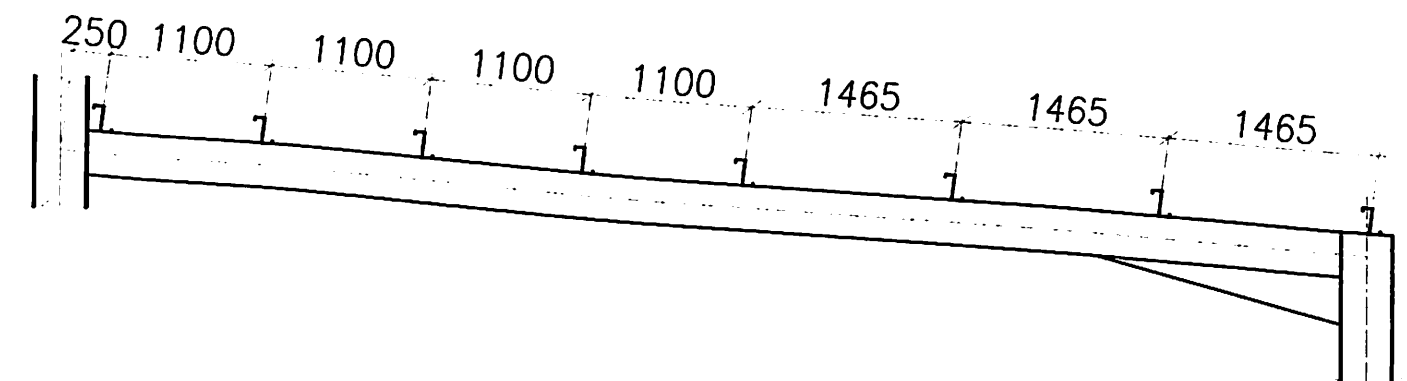
$A \text{ [cm}^2\text{]}=72,70$
 $I_y \text{ [cm}^4\text{]}=16270,0$
 $I_z \text{ [cm}^4\text{]}=1040,0$
 $W_y \text{ [cm}^3\text{]}=904,0$
 $W_z \text{ [cm}^3\text{]}=123,0$
 $i_y \text{ [cm]}=15,0$
 $i_z \text{ [cm]}=3,79$

1.4 Szelemenek elrendezése és kiindulási szelvénye



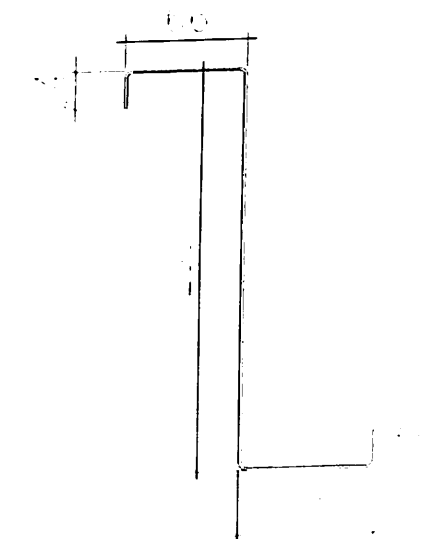
5. ábra: Szelemenek elhelyezése a főhajón

Az oldalhajó tetőszerkezetén hófelhalmozódás várható, ezért ezen a szakaszon sűrűbben helyezzük el a szelemeneket.



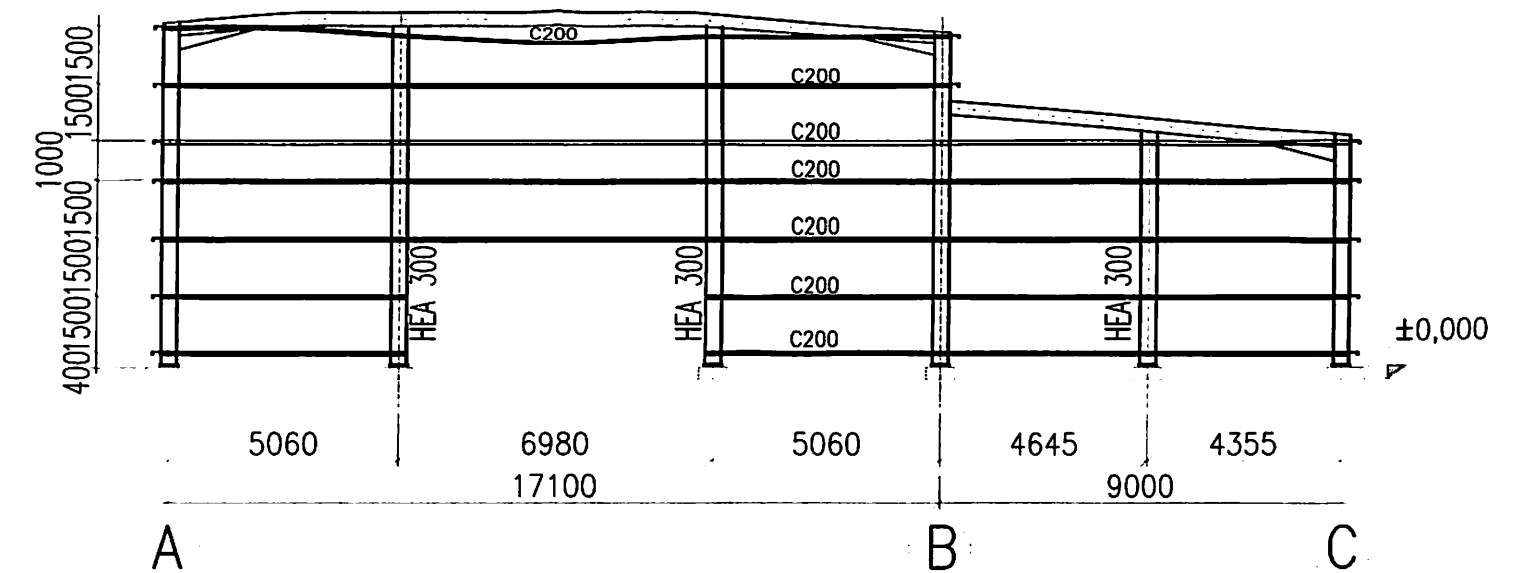
6. ábra: Szelemenek elhelyezése az oldalhajón

A szelemenek szelvénye Lindab Z250 $t=2,5$ mm.



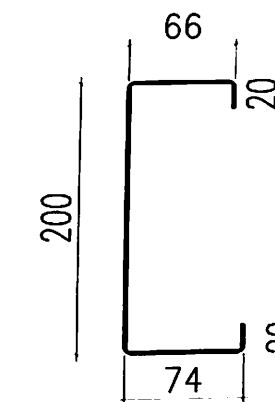
7. ábra: Lindab Z250 szelvény méretei

1.5 Falvázoszlopok és falváztartók elrendezése és szelvénye



8. ábra: Falvázelemek elrendezése az oromfalon

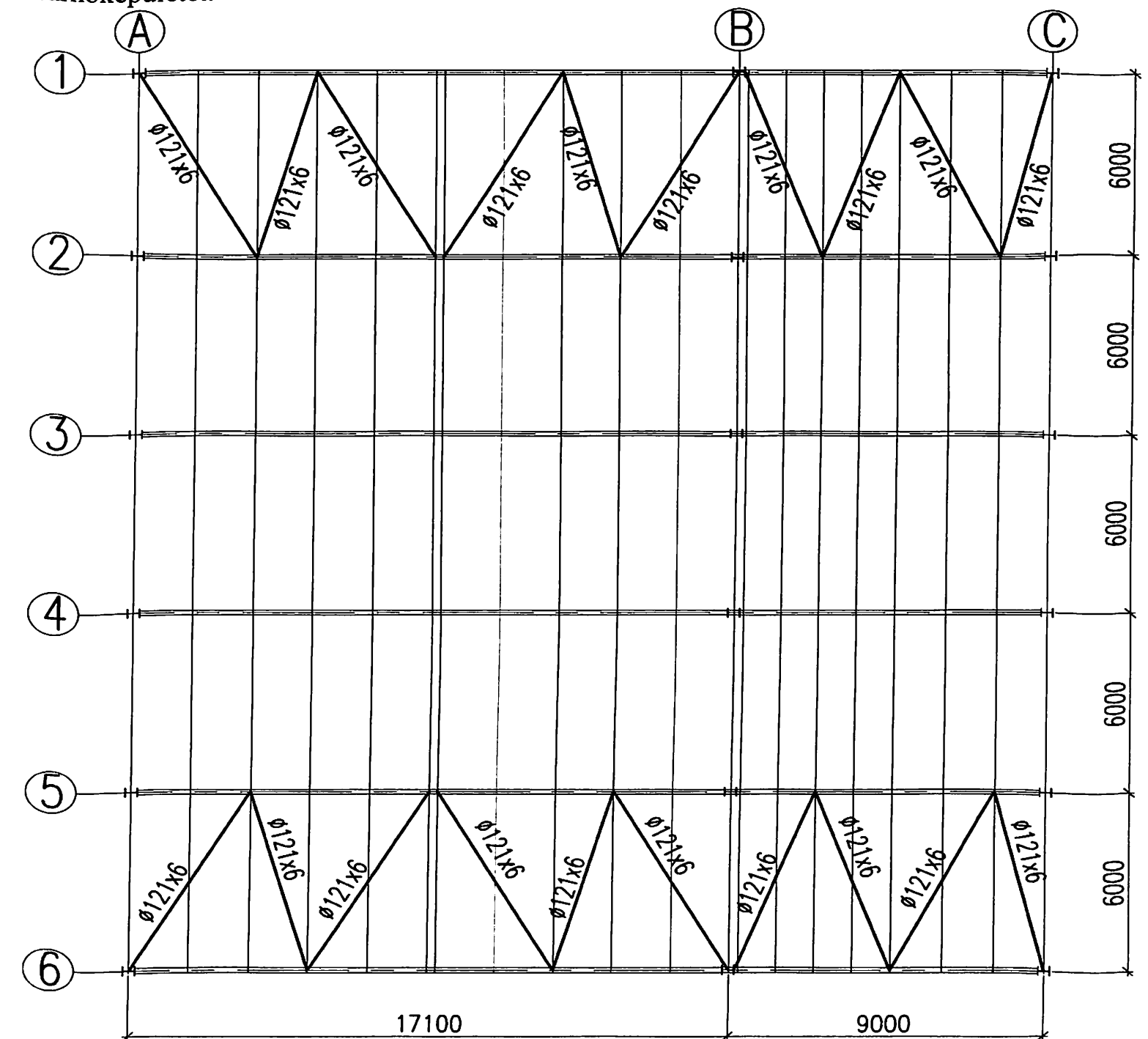
Az oromfalon HEA 300 szelvényből falvázoszlopokat helyezünk el. A falváztartók Lindab C200 $t=2,0$ mm szelvényből készülnek.



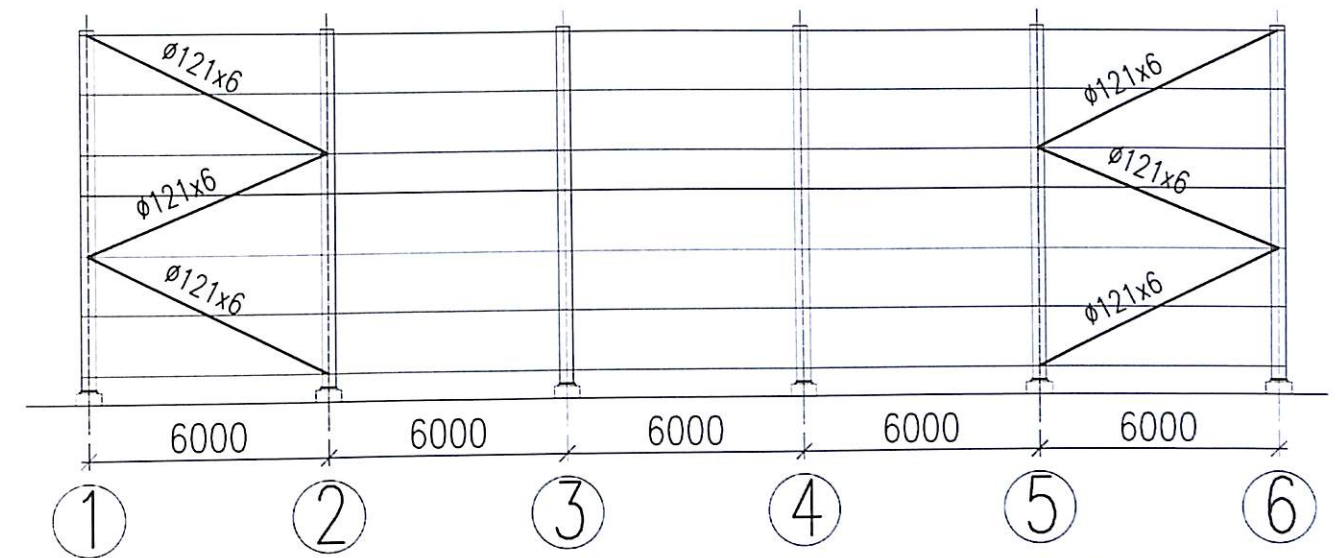
9. ábra: Lindab C200 szelvény méretei

1.6 Merevítő szélrács rendszer

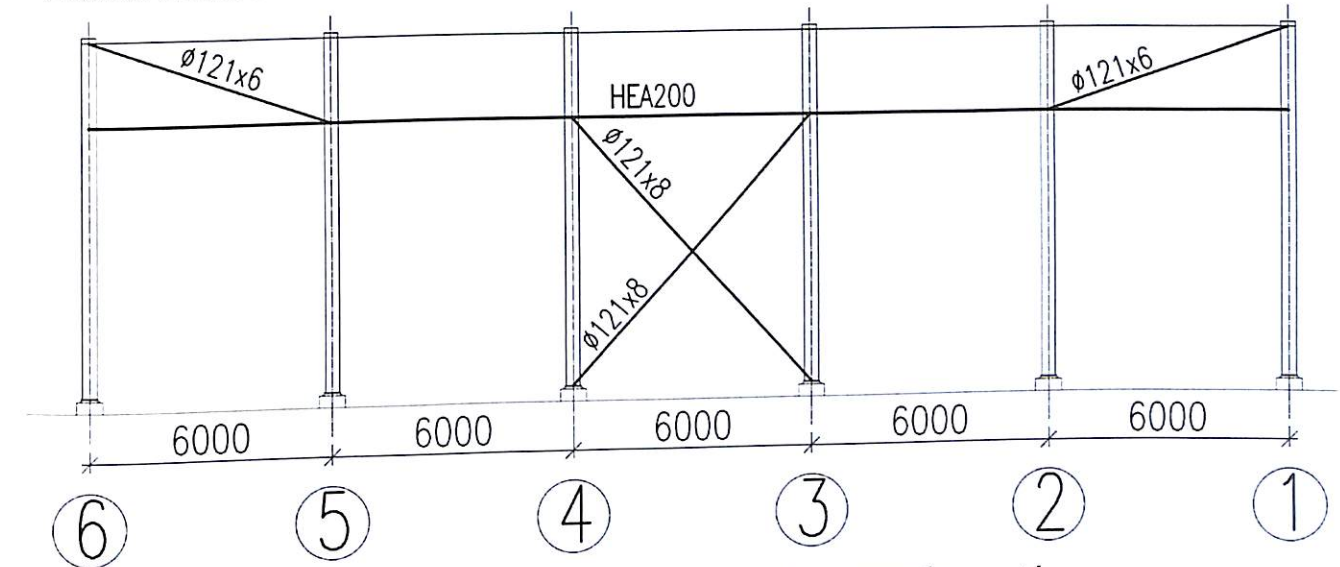
A acélcsővekből kialakított merevítő szélrács rendszert alakítunk ki a legelső és a legutolsó mezőben. Ezen kívül a „B” tengely által meghatározott síkban egy acélcsővekből álló andráskereszttel és egy HEA200-as vízszintesen elhelyezett tartóval tovább merevítjük a csarnoképületet.



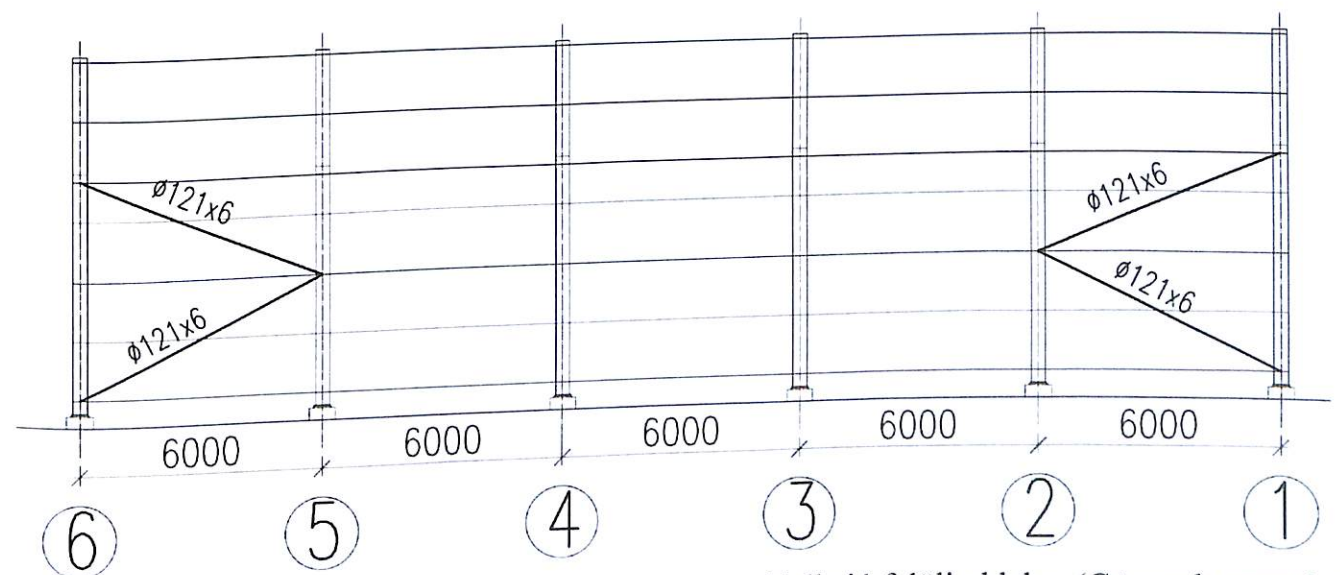
10.ábra: Mervevítő szélrács elrendezés felülnézete



11. ábra: Merevítő szélrács elrendezése a főhajó felőli oldalon (A tengely mentén)



12. ábra: Merevítő szélrács elrendezése B tengely mentén



12. ábra: Merevítő szélrács elrendezése az oldalhajó felőli oldalon (C tengely mentén)

2. Anyagok

2.1 Szerkezeti acélok jellemzői

Az EC3 szerint méretezett tartószerkezetekhez az EN 10025 szerinti melegen hengerelt acéltermékek, finomszemcsés nagyszilárdságú acélok, valamint az EN 10210-1 és EB 10219-1 szerinti zártszelvények használhatók. A számításba vehető szilárdsági jellemzők karakterisztikus értékeit az előbb felsorolt szabványok szerinti acélokra az 1. táblázat mutatja.

Az EN 10025 szerinti szerkezeti acélok f_y folyáshatárának és f_u szakítószilárdságának névleges értékei				
A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]				
		$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm
Acélfajta jele	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025				
S235	235	360	215	360

1. táblázat

2.2 Másodlagos teherviselő elemek jellemzői

2.2.1 Lindab trapézlemezek jellemzői

A Lindab trapézlemezek három anyagminőségű lemezből készülnek:

- EN 10147, FeE 250G;
- EN 10147, FeE 320G;
- EN 10147, FeE 350G.

A folyási feszültség alapértéke és a szakítószilárdság a 2. táblázatban szerepelnek a különböző anyagminőségekre.

	FeE 250G	FeE 320G	FeE 350G
f_{yb}	250 MPa	320 MPa	350 MPa
f_{ub}	320 MPa	390 MPa	420 MPa

2. táblázat

2.2.2 Lindab vékonyfalú Z, C, U acél profilok

A Lindab által gyártott, hidegen hengerelt, vékonyfalú Z, C, U-profilok minden esetben S350GD jelölésű alapanyagból készülnek, melynek névleges folyáshatára 350MPa, névleges szakítószilárdsága 420MPa.

2.3 Kapcsolóelemek jellemzői

A csavarozott kapcsolatokhoz olyan csavarokat, anyákat és alátéteket kell használni, amelyek az EC3-1-8-ban szerepelnek. A szabványos csavaranyagok szilárdsági jellemzőinek karakterisztikus értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

Csavaranyagok szilárdassági jellemzői [N/mm ²]					
Csavaranyag minősége	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f _{yb}	240	300	480	640	900
f _{ub}	400	500	600	800	1000

3. táblázat

3. Csarnokra ható terhek és hatások

3.1 Állandó terhek

3.1.1 Tartószerkezeti elemek önsúlya

A tartószerkezeti elemek önsúlyát a kiindulási adatok alapján, az EC1-1-1 szabvány előírásainak megfelelően, súlyelemzéssel kell meghatározni. Az acélanyag fajsúlyát 78,5 kN/m³ értékre kell felvenni. A tartószerkezeti elemek elméleti önsúlyát az analízis programok (pl. Axis, ConSteel, FEM-Design) automatikusan figyelembe veszik, de például a szelemenek és trapézlemezek tervezésénél használt DimRoof program esetén azokat a nekünk kell megadni.

3.1.2. Tető- és a falburkolati rendszerek súlya

Tetőburkolat rétegrend

		kN/m ²
külső trapézlemez LTP 45 t=0,5 mm	5,36 kg/m ²	0,0536
kőzetgyapot hőszigetelés 150 mm vastag	60 kg/m ³	0,09
párazáró fólia	180 g/m ²	0,0018
belső trapézlemez LTP 20 t=0,5 mm	3,76 kg/m ²	0,0376

4. táblázat

Falburkolat rétegrend

		kN/m ²
külső trapézlemez LVP 20 t=0,5 mm	4,7 kg/m ²	0,047
kőzetgyapot hőszigetelés 150 mm vastag	60 kg/m ³	0,09
párazáró fólia	180 g/m ²	0,0018
belső trapézlemez LVP 20 t=0,5 mm	3,76 kg/m ²	0,0376

5. táblázat

3.1.3 Világítási berendezések terhe

A világítási berendezések terhét a tetőfelületen totálisan megoszló 0,1 kN/m² állandó jellegű teherként vesszük figyelembe.

3.2 Hasznos terhek

3.2.1 Daruteher

A daru feladata a hatáskörzetébe telepített technológia kiszolgálása, és egyéb emelési és szállítási munkák elvégzése. A futódaru a csarnokban meglévő acélszerkezetű darupályára kerül telepítésre. A darusínek az „A” és a „B” tengelyek mentén vannak elhelyezve és az „1”-es és „6”-os tengelyek közötti teret tudja kiszolgálni.

Műszaki adatok

Sínkorona magassága:	7,70m
Darufesztáv:	16,30m
Keréktáv:	2,50m
Teherbírás:	10t
Daru típusa:	NSC EX 10tx16,3m(SWF)
Daru Ex besorolása:	Zóna2,ExII3GcEExdenA IIBT3
Daru csoportbeosztása:	H2,B3 (DIN 15018)
Maximális kerékterhelés szélső horogállás esetén:	$R_{\max}=63,9 \text{ kN}$
Minimális kerékterhelés szélső horogállás esetén:	$R_{\min}=17,0 \text{ kN}$
Oldalerő:	$F_{\text{oldal}}=25,0 \text{ kN}$
Fékező erő:	$F_{\text{fék}}=\pm 9,2 \text{ kN}$
Ütköző erő:	$F_{\text{ütk}}=\pm 6,4 \text{ kN}$

A darupályatartó több szempontból speciális szerkezet. A rajta mozgó híddaru elemei több irányban mozognak, és ezáltal függőleges és kétirányú vízszintes (hossz- és keresztirányú) hatásokat adnak át a darupályatartóra. Jellemzőségei miatt az EC-n belül külön rész foglalkozik a darupályatartót terhelő daruteherrel (EC1 Part 5 – ENV 1991-5), illetve az acél darupályatartók méretezésével (EC3 Part 6 – ENV 1993-6).

A daruteher biztonsági tényezője $\gamma_{\text{daru}}=1,35$, a dinamikus tényezője $\varphi=1,5$.

ψ tényezők:

$$\psi_0=1,00$$

$$\psi_1=0,9$$

ψ_2 =a daru önsúlyának, mint állandó tehernek és a teljes daruteher hányadosa.

$$\text{Tehát } \psi_2 = \frac{2 \cdot 63,92 + 2 \cdot 17,0 - 100}{2 \cdot 63,92 + 2 \cdot 17,0} = \frac{61,8}{161,8} = 0,38$$

Szélső horogállás esetén a maximális terhelések

A tartón végighaladó erőcsoport:



14.ábra

Szélső horogállás esetén a minimális terhelések

A tartón végighaladó erőcsoport:



15.ábra

3.3 Meteorológiai terhek

3.3.1 Hóteher

A szerkezetek hóterheit az EC1-1-3 szabvány alapján kell meghatározni. A szabvány alkalmazásához rendelkezésre áll a magyarországi Nemzeti Melléklet (NA). A felszíni hóteher értékét az alábbiak szerint kell kiszámítani:

- tartós és ideiglenes tervezési állapotokra: $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

ahol

- s a tetőre ható felszíni hóteher [kN/m²]-ben;
- μ_i az épületre vonatkozó alaki tényező;
- C_e a szélhatás tényező;
- C_t a hőmérsékleti tényező;
- s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke [kN/m²]-ben;

A felszíni hóteher karakterisztikus értékét az NA1.5 paragrafus értelmében Magyarország területén a következőképpen kell felvenni:

$$s_k = 0,25 \cdot \left(1 + \frac{A}{100}\right) \text{ de } s_k \geq 1,25 \text{ kN/m}^2$$

ahol A az építési terep tengerszint feletti magassága [m]-ben.

Az építési terep tenger szint feletti magassága 100 m

$$s_k = 0,25 \cdot \left(1 + \frac{100}{100}\right) = 0,5 \rightarrow s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

A C_e szélhatás tényező értéke a terepviszonytól függ:

- szeles terep esetén: $C_e = 0,8$
- szokásos terep esetén: $C_e = 1,0$
- védett terep esetén: $C_e = 1,2$

Jelen esetben a szokásos terep vehető figyelembe, ezért C_e értéke 1,0.

A jelen feladatban feltételezhető, hogy a hó lecsúszását a tetőről semmi sem akadályozza, ezért a μ_i alaki tényező a 6. táblázat alapján vehető fel.

tető hajlásszöge (α)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha$
μ_i	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0

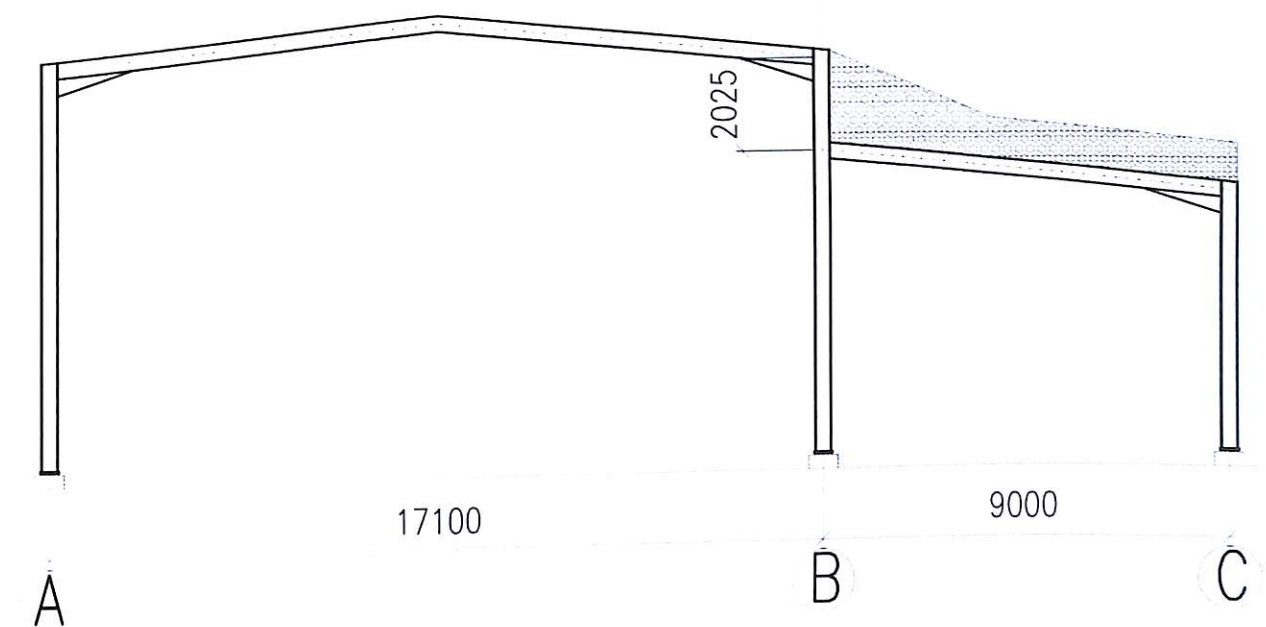
6. táblázat: Alaki tényező nyeregtető esetére (szabadon lecsúszó hó)

A C_t hőmérsékleti tényezőt - a nagy ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) hőátbocsátási tényezőjű tetők, különösen egyes üvegtetők esetén - a hőveszteség miatt bekövetkező hóolvadás figyelembevételére alkalmazzák. A jelen tervezési feladatban $C_t=1,0$ alkalmazható.

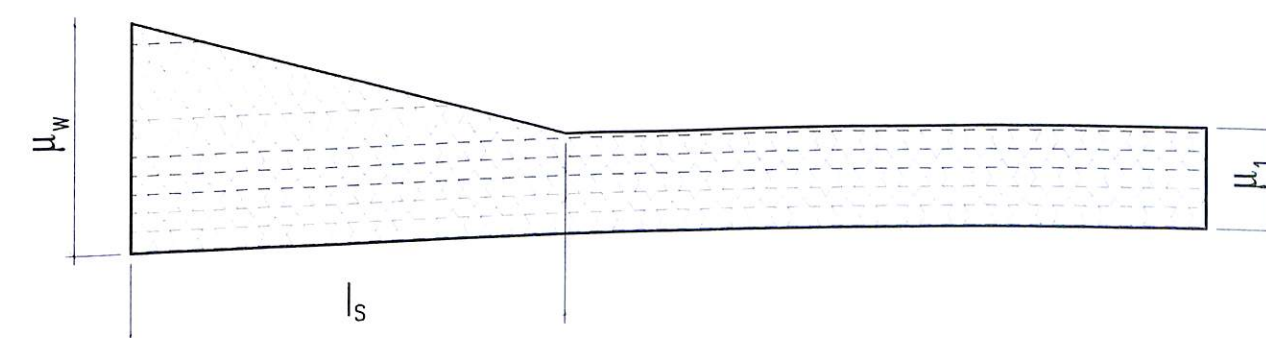
A felszíni hőteher értéke:

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

Mivel az oldalhajó tetőszerkezete alacsonyabban helyezkedik el, mint a főhajó tetőszerkezete, ezért az oldalhajó tetőszerkezetén hófelhalmozódás várható. Hófelhalmozódás kétféle módon keletkezhet. Az egyik eset, hogy a magasabban lévő tetőről lecsúszik a hó az alacsonyabban fekvő tetőre. Ezzel a hatással, csak akkor kell számolni, ha a magasabban fekvő tető hajlásszöge nagyobb mint 15° . Mivel esetünkben a tető hajlásszöge 6° , ezért ezzel a hatással nem kell számolni. A másik eset, hogy a szél átrendező hatásának következtében a hó felhalmozódik.



17.ábra: Hófelhalmozódás az oldalhajó tetőszerkezetén



18.ábra: Hófelhalmozódást is tartalmazó, a hőteher átrendeződése utáni teherelrendezés és alaki tényezők

Az l_s értéke a következőképpen határozható meg:

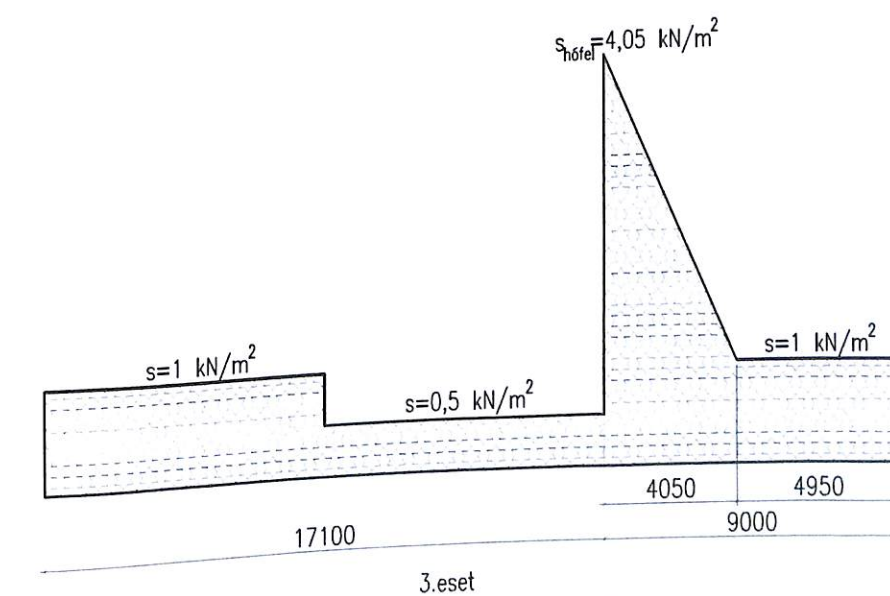
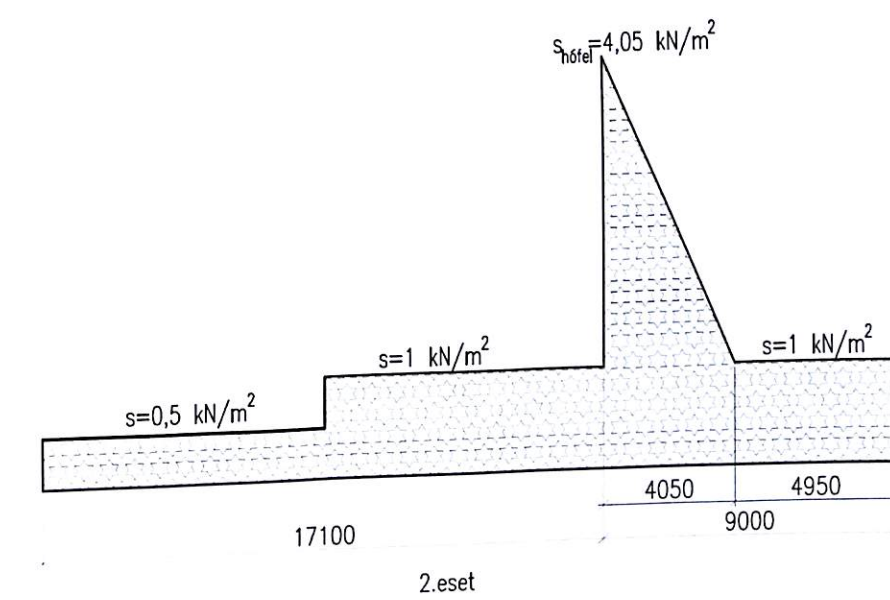
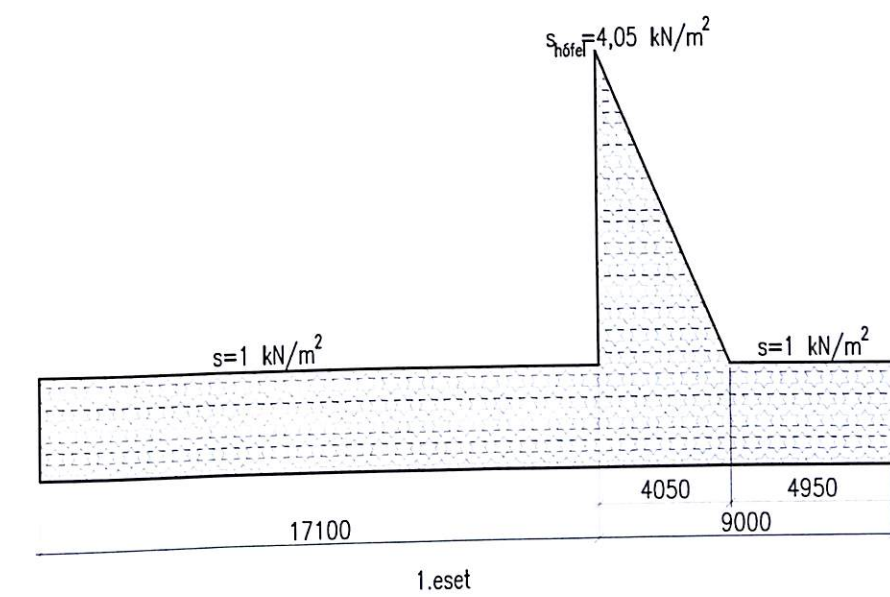
$$l_s = \min \{5\text{m} ; 2h\} = \{5\text{m} ; 4,05\text{m}\} = 4,05 \text{ m}$$

$$\mu_w = \min \left\{ 4,0; \frac{b_1 + b_2}{2h}; \frac{\gamma_{set} \cdot h}{s_k} \right\} = \min \left\{ 4,0; \frac{17,1 + 9,0}{2 \cdot 2,025}; \frac{2 \cdot 2,025}{1,25} \right\} = \min \{4,0 \quad 6,44 \quad 3,24\} = 3,24$$

A hófelhalmozódás miatt hőteher maximális értéke:

$$s_{hófel} = 3,24 \cdot 1,25 = 4,05 \text{ kN/m}^2$$

A hőteher szempontjából az alábbi tehereseteket kell megvizsgálni.



19.ábra: Hőteher esetek

3.3.2 Szélhatás

A szélhatásból származó terheket az EC1-1-4 szabvány alapján kell meghatározni. A szélhatás az épület felületeire merőlegesen ható nyomó vagy szívó hatás. A hatás a felület külső és belső felületén is jelentkezhet. A felületre merőleges hatáson kívül létrejöhet a felülettel párhuzamos súrlódó hatás is. A szélhatást egyszerűsített teherelrendezéssel vesszük figyelembe, amely egyenértékű a turbulens szél szélsőséges hatásával. A szélhatás az esetleges hatások csoportjába tartozik. A szél hatása általánosságban az alábbi főbb paraméterektől függ:

- az épület méretei;
- az épület alakja;
- terepviszony;
- nyílások mérete és elrendezése;
- az épület dinamikai tulajdonsága.

A külső és a belső felületre ható szélnyomást az alábbi képletek adják meg:

$w_e = q_p (z_e) \cdot c_{pe}$
 $w_i = q_p (z_i) \cdot c_{pi}$

- ahol
- $q_p (z)$ - a szélső értékű szélsébséghez tartozó szélnyomás;
 - z_e, z_i - a külső és a belső referenciamagasság;
 - c_{pe}, c_{pi} - a külső és a belső nyomási tényező.

A beépítési kategória: II. Mezőgazdasági terület. A terepszint feletti magasság $z=9,98$ m.

A szél torlónyomásának értékei Magyarországon				
Terepszint feletti magasság	Terep- (beépítési) kategória			
	I	II	III	IV
z [m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]			
1	0,536	0,495	0,446	0,409
2	0,654	0,495	0,446	0,409
3	0,727	0,571	0,446	0,409
4	0,781	0,627	0,446	0,409
5	0,824	0,672	0,446	0,409
6	0,86	0,709	0,484	0,409
7	0,891	0,742	0,516	0,409
8	0,918	0,77	0,545	0,409
9	0,942	0,796	0,571	0,409
10	0,964	0,819	0,595	0,409

7. táblázat: A szél torlónyomásának értékei Magyarországon

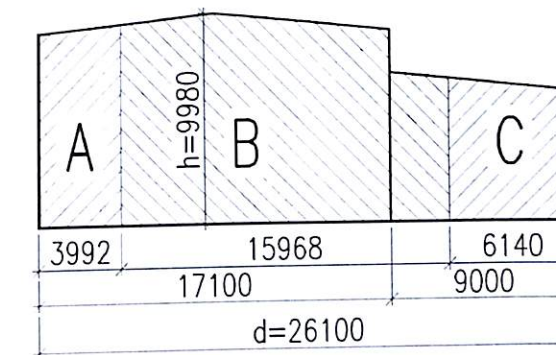
A fenti táblázatból interpolálással számítható a pontos torlónyomás értéke:

$q_p=(0,819-0,796) \cdot 0,98+0,796=0,8185 \text{ kN/m}^2$

3.3.2.1 Külső függőleges felületekre ható szélhatás

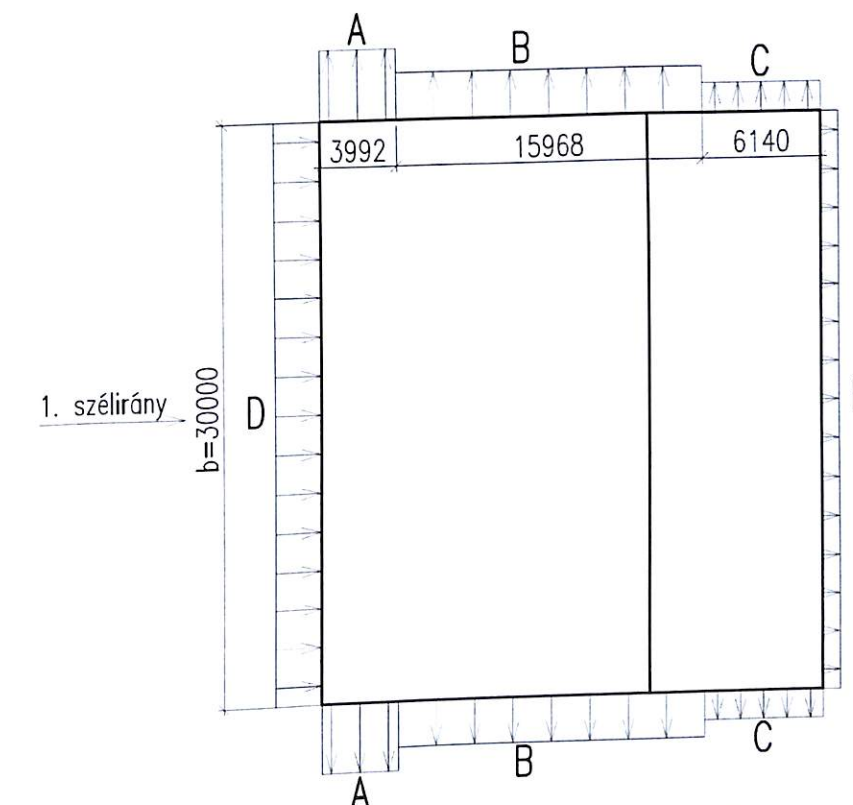
$e=\min \{b;2h\}=\min \{30;19,96\}=19,96\text{m}$

$$h/d=9,98/26,1=0,382$$



20.ábra: Oromfalon lévő szélszívás zónái

Mivel a csarnok nem szimmetrikus ezért mind a két szélirányból meg kell vizsgálni a szél hatását.



21.ábra: Függőleges felületekre ható szélhatás 1. szélirány esetén

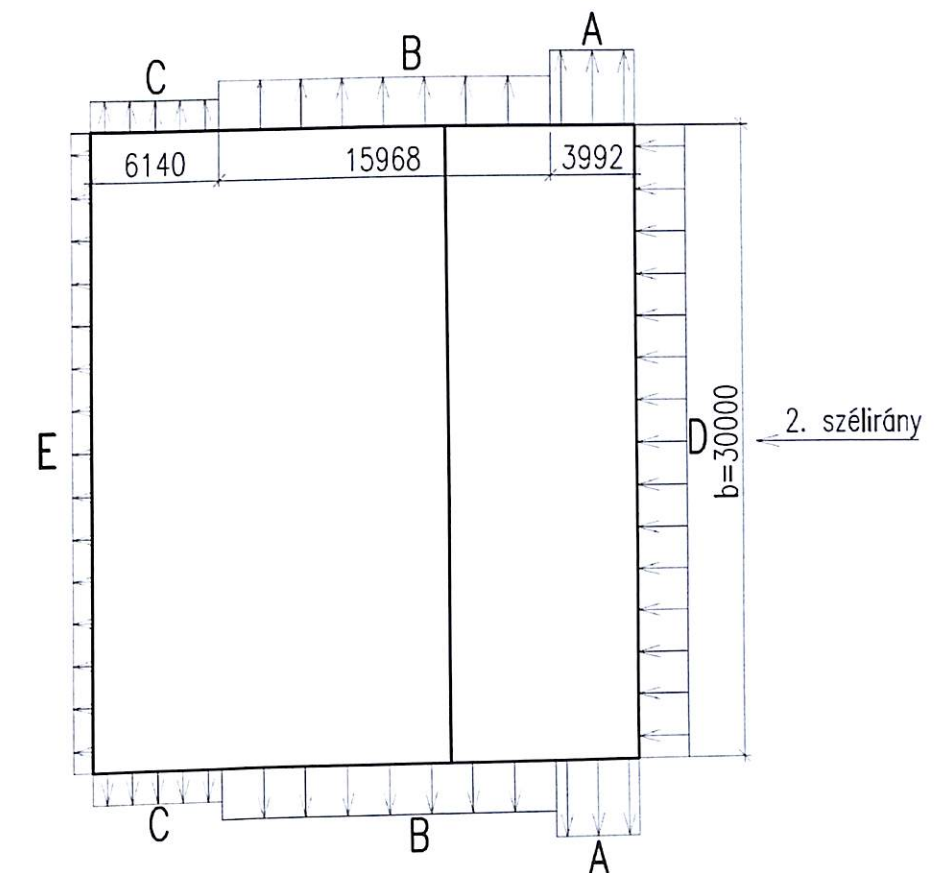
Interpolálással számítható a D zóna $c_{pe,10}$ értéke és az E zóna $c_{pe,10}$ és $c_{pe,1}$ értéke:

$$c_{D,pe,10} = (0,8 - 0,7) / (1 - 0,25) \cdot (0,382 - 0,25) + 0,7 = 0,7176$$

$$c_{E,pe,10} = c_{E,pe,1} = (-0,5 - (-0,3)) / (1 - 0,25) \cdot (0,382 - 0,25) - 0,3 = -0,3347$$

Függőleges felületek külső tényezői									
h/d	A		B		C		D		E
	Széliránnyal párhuzamos felület		Széliránnyal párhuzamos felület		Széliránnyal párhuzamos felület		Széltámadta oldal		Széltámadta oldal
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3
0,382	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,7173	+1,0	-0,3344

8. táblázat: Függőleges felületek külső tényezői



22. ábra: Függőleges felületekre ható szélhatás 2. szélirány esetén

3.3.2.2. Félnyereg tetőre ható szélhatás

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{30; 14,2\} = 14,2 \text{ m}$$

Félnyereg tetők külső nyomási tényezői - tetőélre merőleges szélirány						
Tető sík hajlásszög $e (\alpha)$	Tető sík a szél támadta oldalon ($\Theta = 0^\circ$)					
	A tető síkon szélszívás jelenik meg					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2	-0,6	-1,2
15°	-0,9	-2	-0,8	-1,5	-0,3	
6°	-1,62	-2,45	-1,16	-1,95	-0,57	-1,11

9. táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői – tetőélre merőleges szélirány esetén ($\Theta = 0^\circ$)

Félnyereg tetők külső nyomási tényezői - tetőélre merőleges szélirány						
Tető sík hajlásszög $e (\alpha)$	Tető sík a szél támadta oldalon ($\Theta = 0^\circ$)					
	A tető síkon szélnyomás jelenik meg					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	0		0		0	
15°	0,2		0,2		0,2	
6°	0,02		0,02		0,02	

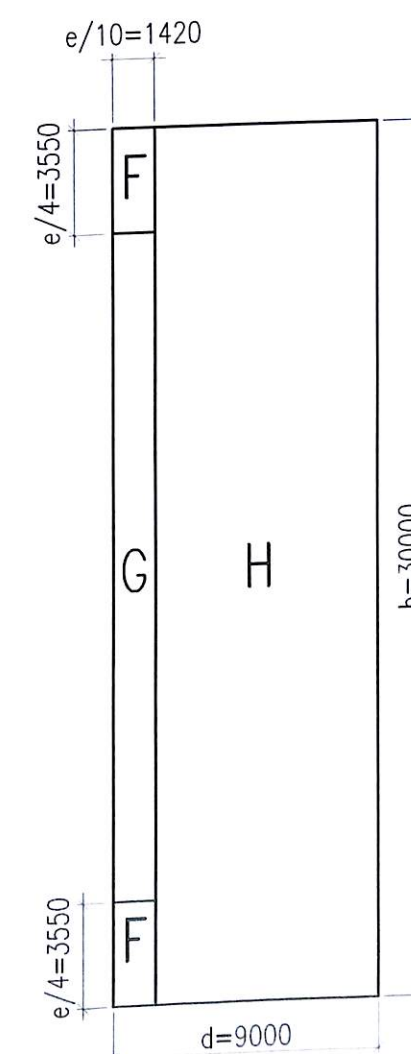
10. táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői – tetőélre merőleges szélirány esetén ($\Theta = 0^\circ$)

Félnyereg tetők külső nyomási tényezői - tetőélre merőleges szélirány						
Tetősíkhajlásszög $e (\alpha)$	Tetősíkok a szélárnyékos oldalon ($\Theta=180^\circ$)					
	A tetősíkokon szélszívás jelenik meg					
	F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,3	-2,5	-1,3	-2	-0,8	-1,2
15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2	-0,9	-1,2
6°	-2,32	-2,53	-1,3	-2	-0,81	-1,2

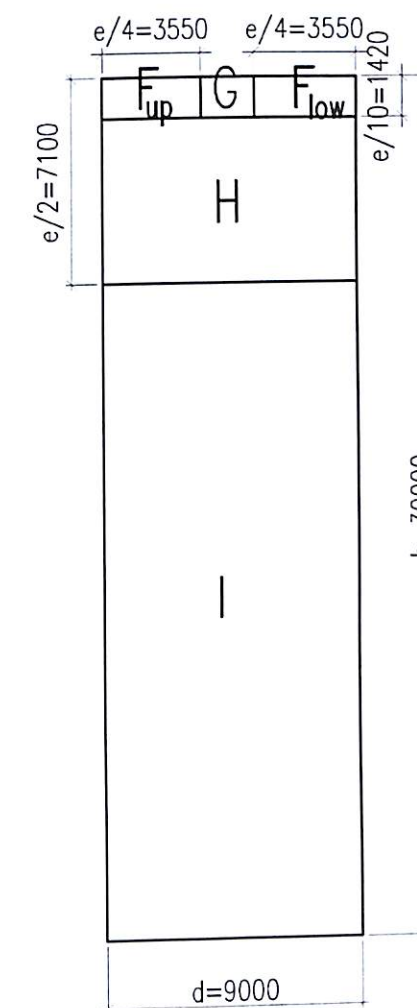
11. táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői – tetőélre merőleges szélirány esetén ($\Theta=180^\circ$)

Félnyereg tetők külső nyomási tényezői - tetőéllal párhuzamos szélirány										
Tetősíkhajlásszög $e (\alpha)$	Dőlt tetősíkok a szél irányában ($\Theta=90^\circ$)									
	A tetősíkokon szélszívás jelenik meg									
	F		F_{low}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
6°	-2,13	-2,63	-2,05	-2,4	-1,81	-2,05	-0,62	-1,2	-0,52	-0,57

12. táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői – tetőéllal párhuzamos szélirány esetén ($\Theta=90^\circ$)



23. ábra: Zónák elhelyezkedése a tetőélre merőleges szélirány esetén



24.ábra: Zónák elhelyezkedése a tetőéllal párhuzamos szélirány esetén

3.3.2.3. Nyeregtetőre ható szélhatás

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{30; 19,96\} = 19,96\text{m}$$

Nyeregtetők külső nyomási tényezői, ha $\Theta=0^\circ$									
Tetősíkhajlás-szöge (α)	A tetősíkon szélszívás jelenik meg								
	F		G		H		I		J
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2	-0,6	-1,2	0		0,2
15°	-0,9	-2	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1 -1,5
6°	-1,62	-2,45	-1,16	-1,95	-0,57	-1,11	-0,04		0,08 0,03

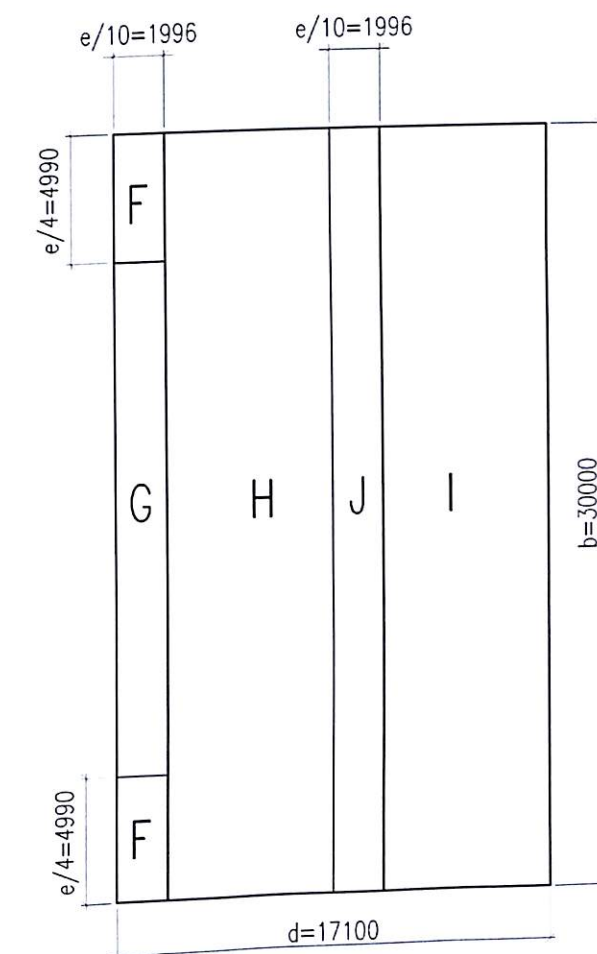
13. táblázat: Nyeregtetők külső nyomási tényezői $\Theta=0^\circ$ esetén

Nyeregtetők külső nyomási tényezői, ha $\Theta=0^\circ$									
Tetősíkhajlás-szöge (α)	A tetősíkon szélnyomás jelenik meg								
	F		G		H		I		J
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$
5°	0		0		0		-0,6		-0,6
15°	0,2		0,2		0,2		0		0 0
6°	0,02		0,02		0,02		-0,54		-0,54 -0,54

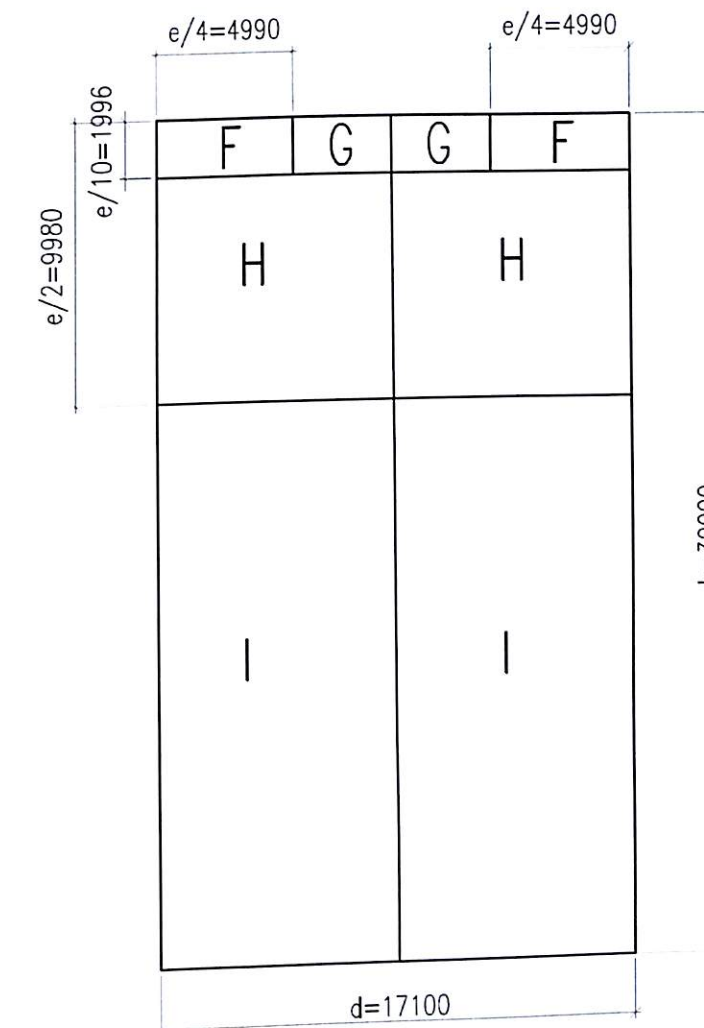
14. táblázat: Nyeregtetők külső nyomási tényezői $\Theta=0^\circ$ esetén

Nyeregtek külső nyomási tényezői, ha $\Theta=90^\circ$								
Tetőszík hajlás- szöge (α)	A tetőszíkon szélszívás jelenik meg							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2	-1,3	-2	-0,6	-1,2	-0,5	
6°	-1,57	-2,18	-1,3	-2	-0,69	-1,2	-0,59	

15. táblázat: Nyeregtek külső nyomási tényezői $\Theta=90^\circ$ esetén



25. ábra: Zónák elhelyezkedése $\Theta=0^\circ$ esetén



26.ábra: Zónák elhelyezkedése $\Theta=90^\circ$ esetén

4. Teherviselő elemek méretezése

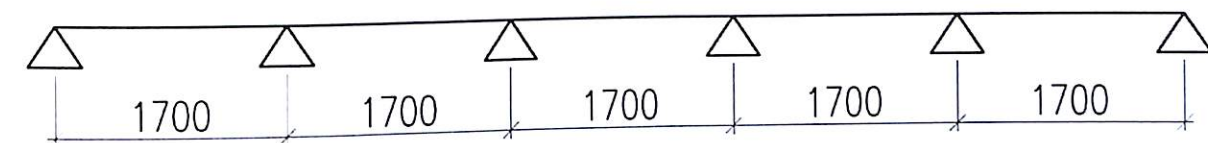
4.1 Másodlagos teherviselő elemek méretezése

4.1.1 Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése

A burkolat fő teherviselő eleme (rétege) a teljes tetőfelületen általában azonos méretű külső trapézlemez. A vizsgálatra mértékadó 1000 mm széles sáv konkrét helyét a terhek eloszlása határozza meg: ott vesszük fel a tehermodellt meghatározó sávot, ahol a teher a vizsgálatra mértékadó. Az állandó teher és a hőteher egyenletesen megoszló teher, ezért azok szempontjából a lemezsáv helye közömbös. A szélteher a tetőfelületen változó intenzitású zónákra oszlik, ezért meg kell keresnünk a legnagyobb szélnyomás és a legnagyobb szélszívás helyét. A szélnyomás az állandó teherrel és a hőteherrel, a szélszívás az állandó teherrel alkot mértékadó teherkombinációt.

A teherviselő trapézlemez tartószerkezeti modellje egy folytatódó többszárú gerenda, amely a szelemenekre merőlegesen fut (a lemez bordázata merőleges a szelemenek irányára), és amelyet a szelemenek mereven támasztanak alá. A tartó tengelye a tető síkjában fekszik. A megtámasztási pontokat - a vázlatterv alapján - a szelemeneknél kell felvenni.

4.1.1.1 A főhajó tetőszerkezetén lévő trapézlemez méretezése



27.ábra: Tartószerkezeti modell

A tetőburkolati trapézlemez és a szelemenek tervezési terheinek számításánál figyelembe kell venni a tetőhajlás, a terhek iránya és a szerkezeti kialakítás következményeit:

- az állandó- és a hőteher gravitációs teher, ezért az irányuk függőleges;
- a szélnyomás (szélszívás) merőleges a szeltámadta felületre;
- a tervezési teherben csak a tartómodell tengelyére merőleges teherkomponenseket kell figyelembe venni.

A fentiek alapján a szabvány által megadott karakterisztikus terheket redukálni kell:

A hőteher redukálása:

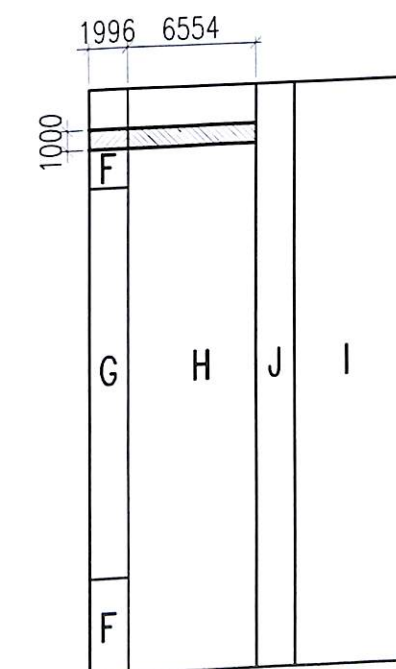
$$p_{s,red} = s \cdot \cos^2 \alpha = 1 \cdot \cos^2 6 = 0,9891 \text{ kN/m}^2$$

A állandó teher redukálása:

$$p_{g,red} = q_{tr,külső} \cdot \cos \alpha = 0,0536 \cdot \cos 6 = 0,0533 \text{ kN/m}^2$$

Szélteher

Keresztirányú szélhatás $\Theta = 0^\circ$



28.ábra 1000 mm széles tehersáv helye keresztirányú szélhatás $\Theta = 0^\circ$ esetén

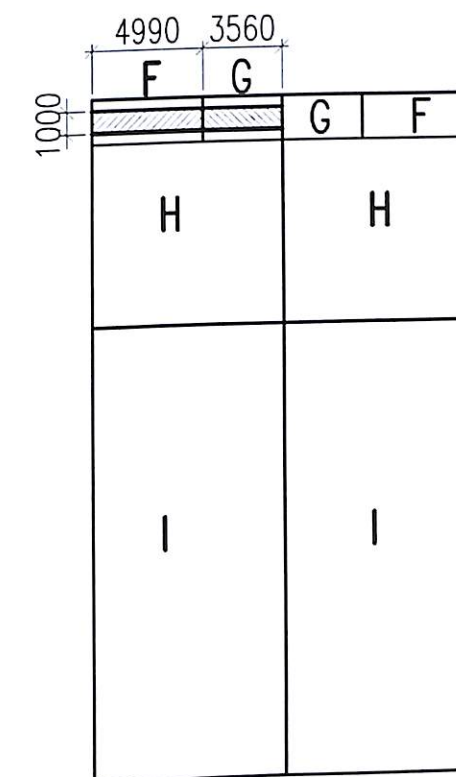
Szélszívás:

$$p_{w,0,F,szívás} = -2,45 \cdot 0,8185 = -2,005 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,0,H,szívás} = -1,1 \cdot 0,8185 = -0,9004 \text{ kN/m}^2$$

Szélnyomás:

$$p_{w,0,F,H,nyomás} = 0,02 \cdot 0,8185 = 0,01637 \text{ kN/m}^2$$



29.ábra 1000 mm széles tehersáv helye hosszirányú szélhatás $\Theta=90^\circ$ esetén

Hosszirányú szélhatás $\Theta=90^\circ$

$$p_{w,90,F,szívás} = -2,18 \cdot 0,8185 = -1,78433 \text{ kN/m}^2$$

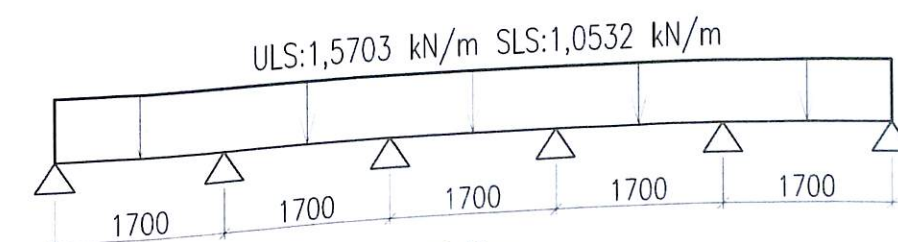
$$p_{w,90,G,szívás} = -2 \cdot 0,8185 = -1,637 \text{ kN/m}^2$$

Mértékadó teherkombinációk

1. teherkombináció: "Nyomóhatás"

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{nyomás,ULS} &= \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,red} + \gamma_s \cdot p_{s,red} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot p_{w,0,F,H,nyomás} \\ p_{nyomás,ULS} &= 1,35 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot 0,9891 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,01637 = 1,5703 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SLS: } p_{nyomás,SLS} &= p_{g,red} + p_{s,red} + \psi_w \cdot p_{w,0,F,H,nyomás} \\ p_{nyomás,SLS} &= 0,0533 + 0,9891 + 0,6 \cdot 0,01637 = 1,0532 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



30.ábra

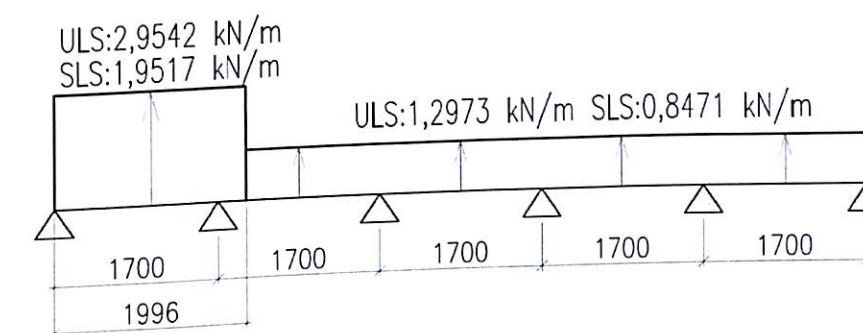
2. teherkombináció: "Szívóhatás"
Szélszívás keresztirányú szélhatásból

F zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,0,F,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,ULS,F}} &= 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-2,005) = -2,9542 \text{ kN/m}^2 \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,0,F,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,F}} &= 0,0533 - 2,005 = -1,9517 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

H zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,H}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,0,H,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,ULS,H}} &= 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-0,9004) = -1,2973 \text{ kN/m}^2 \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,H}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,0,H,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,H}} &= 0,0533 - 0,9004 = -0,8471 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



31. ábra

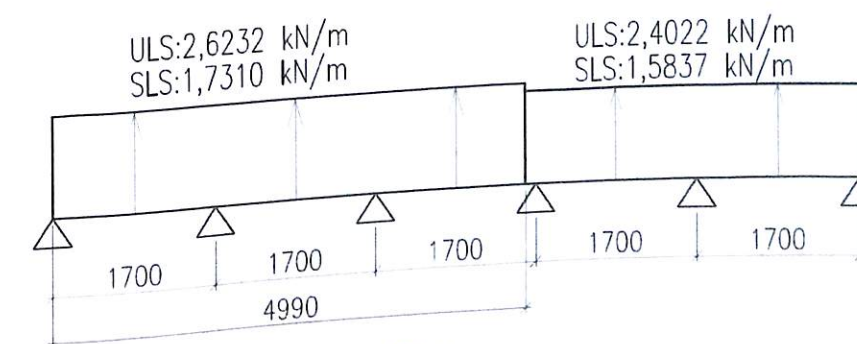
3. teherkombináció: "Szívóhatás"
Szélszívás hosszirányú szélhatásból

F zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,90,F,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,ULS,F}} &= 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-1,78433) = -2,6232 \text{ kN/m}^2 \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,90,F,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,F}} &= 0,0533 - 1,78433 = -1,73103 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

G zóna

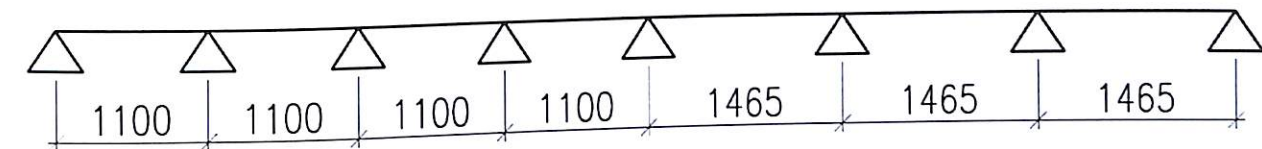
$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,G}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,90,G,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,ULS,G}} &= 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-1,637) = -2,4022 \text{ kN/m}^2 \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,G}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,90,G,\text{szívás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,G}} &= 0,0533 - 1,637 = -1,5837 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



32. ábra

A szilárdsági ellenőrzés a LINDAB által fejlesztett DimRoof méretező szoftver segítségével készítjük el. A számítás eredménye a mellékletben található.

4.1.1.2 Az oldalhajó tetőszerkezetén lévő trapézlemez méretezése



33.ábra: Tartószerkezeti modell

A hóteher redukálása:

$$p_{s,red} = s \cdot \cos^2 \alpha = 1 \cdot \cos^2 6 = 0,9891 \text{ kN/m}^2$$

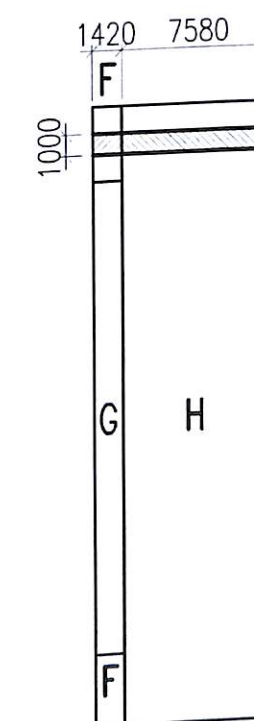
$$p_{s,hófel,red} = s_{hófel} \cdot \cos^2 \alpha = 4,05 \cdot \cos^2 6 = 4,006 \text{ kN/m}^2$$

A állandó teher redukálása:

$$p_{g,red} = q_{tr,külső} \cdot \cos \alpha = 0,0536 \cdot \cos 6 = 0,0533 \text{ kN/m}^2$$

Szélteher

Keresztirányú szélhatás



34.ábra 1000 mm széles tehersáv helye keresztirányú szélhatás esetén

Szélszívás

$$p_{w,F,szívás} = -2,53 \cdot 0,8185 = -2,0708 \text{ kN/m}^2$$

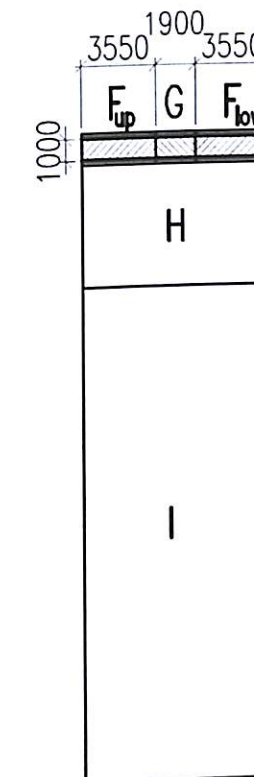
$$p_{w,H,szívás} = -1,2 \cdot 0,8185 = -0,9822 \text{ kN/m}^2$$

Szélnyomás

$$p_{w,F,nyomás} = 0,02 \cdot 0,8185 = 0,01637 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,H,nyomás} = 0,02 \cdot 0,8185 = 0,01637 \text{ kN/m}^2$$

Hosszirányú szélhatás



35.ábra 1000 mm széles tehersáv helye hosszirányú szélhatás esetén

Szélszívás

$$p_{w,F \text{ up}, \text{szívás}} = -2,63 \cdot 0,8185 = -2,152655 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,G, \text{szívás}} = -2,05 \cdot 0,8185 = -1,6779 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,F \text{ low}, \text{szívás}} = -2,4 \cdot 0,8185 = -1,9644 \text{ kN/m}^2$$

Mértékadó teherkombinációk

1. teherkombináció: "Nyomóhatás"

Hófelhalmozódás maximális értékénél:

$$\text{ULS: } p_{\text{nyomás, ULS}} = \gamma_{G, \text{sup}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_s \cdot p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot p_{w, F, H, \text{nyomás}}$$

$$p_{\text{nyomás, ULS}} = 1,35 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot 4,006 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,01637 = 6,0957 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{nyomás, SLS}} = p_{g, \text{red}} + p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot p_{w, F, H, \text{nyomás}}$$

$$p_{\text{nyomás, SLS}} = 0,0533 + 4,006 + 0,6 \cdot 0,01637 = 4,069 \text{ kN/m}^2$$

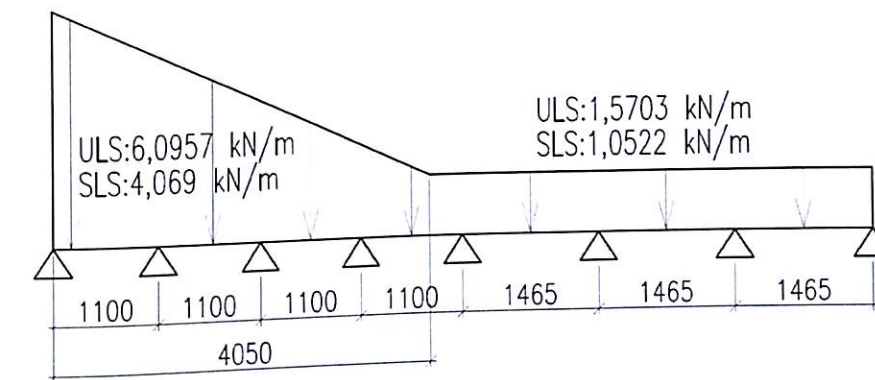
A tető azon szakaszán, ahol hófelhalmozódás nem lép fel:

$$\text{ULS: } p_{\text{nyomás, ULS}} = \gamma_{G, \text{sup}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_s \cdot p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot p_{w, F, H, \text{nyomás}}$$

$$p_{\text{nyomás, ULS}} = 1,35 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot 0,9891 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,01637 = 1,5703 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{nyomás, SLS}} = p_{g, \text{red}} + p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot p_{w, F, H, \text{nyomás}}$$

$$p_{\text{nyomás, SLS}} = 0,0533 + 0,9891 + 0,6 \cdot 0,01637 = 1,0522 \text{ kN/m}^2$$



36.ábra

2. teherkombináció: "Szívóhatás"

Szélszívás keresztirányú szélhatásból

F zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} = \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,F,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,ULS,F}} = 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-2,0708) = -3,0529 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,F,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,F}} = 0,0533 - 2,0708 = -2,0175 \text{ kN/m}^2$$

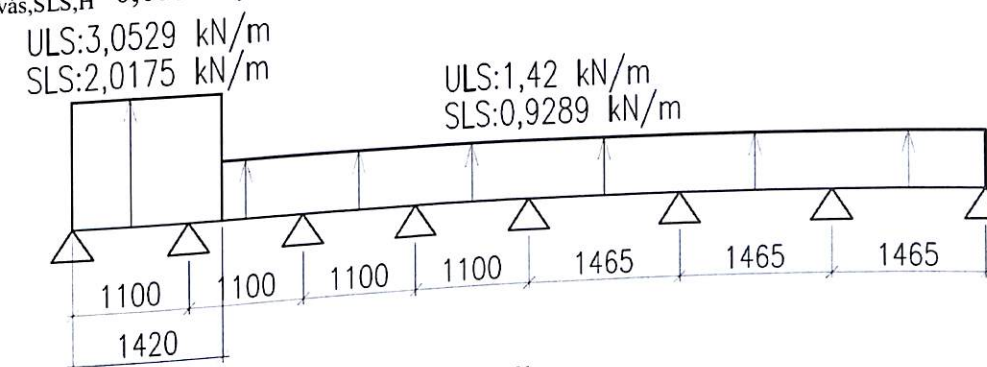
H zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,H}} = \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,H,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,ULS,H}} = 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-0,9822) = -1,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,H}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,H,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,H}} = 0,0533 - 0,9822 = -0,9289 \text{ kN/m}^2$$



37.ábra

3. teherkombináció: "Szívóhatás"

Szélszívás hosszirányú szélhatásból

F_{up} zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} = \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w p_{w,F,\text{up,szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,ULS,F}} = 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-2,1527) = -3,17575 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,F,\text{up,szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,F}} = 0,0533 - 2,1527 = -2,0994 \text{ kN/m}^2$$

G zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,G}} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot p_{w,G,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,ULS,G}} = 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-1,6779) = -2,46355 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,G}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,G,\text{szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,G}} = 0,0533 - 1,6779 = -1,6246 \text{ kN/m}^2$$

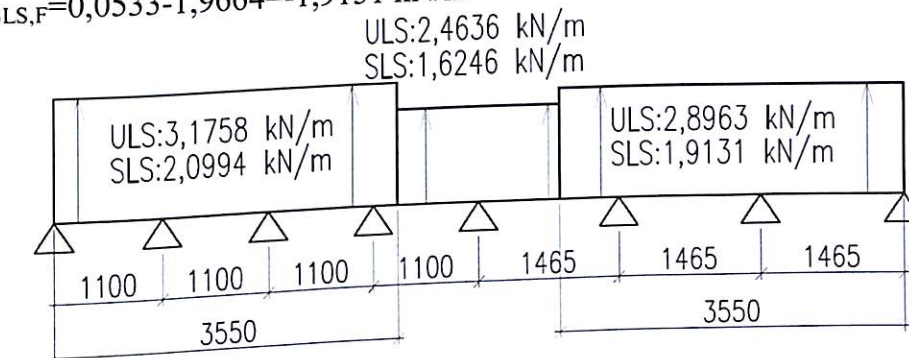
F_{low} zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot p_{w,F,\text{low,szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,ULS,F}} = 1 \cdot 0,0533 + 1,5 \cdot (-1,9664) = -2,8963 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,F,\text{low,szívás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,F}} = 0,0533 - 1,9664 = -1,9131 \text{ kN/m}^2$$



38.ábra

A szilárdsági ellenőrzés a LINDAB által fejlesztett DimRoof méretező szoftver segítségével készítjük el. A számítás eredménye a mellékletben található.

4.1.2 Szelemenek méretezése

A szelemen tartószerkezeti modellje a főtartók síkjaira merőlegesen futó, a főtartó gerendák által alátámasztott folytatódó többszámú gerendatartó. A tartó megtámasztási pontjait - a vázlat alapján - a főtartók síkjaiban kell felvenni.

A tetőszerkezetben azonos méretű szelemeneket alkalmazunk, ezért a vizsgálat helyét a terhek eloszlása határozza meg. Azokat a szelemeneket kell vizsgálnunk, ahol a teher mértékadó. Az állandó teher és a hőteher egyenletesen oszlik meg, ezért azok szempontjából a legnagyobb tehersáv-szélességgel rendelkező szelemen a mértékadó. A szélteher a tetőfelületen változó intenzitású zónákra oszlik, ezért meg kell keresnünk a legnagyobb szélnyomás és a legnagyobb szélszívás helyét. Az előbbi az állandó teherrel és a hőteherrel, az utóbbi az állandó teherrel alkot mértékadó teherkombinációt.

4.1.2.1 Főhajó gerendáján lévő Z-szelemen méretezése

Statikai váz



39.ábra

Az állandó teher redukálása:

$$p_{g,\text{red}} = c_L \cdot (q_{\text{tr,külső}} + q_{\text{tr,belső}} + q_{\text{hőszig}} + q_{\text{pára}}) \cdot \cos(\alpha) + q_{\text{szelemen}} \cdot \cos(\alpha) =$$

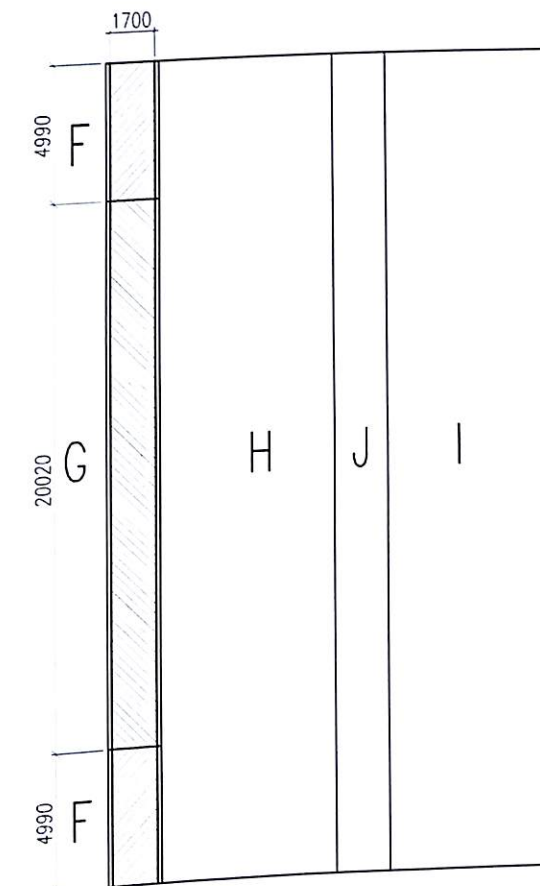
$$= 1,7 \cdot (0,0536 + 0,0376 + 0,09 + 0,0018) \cdot \cos(6^\circ) + 0,0434 \cdot \cos(6^\circ) = 0,3526 \text{ kN/m}$$

Hóteher redukálása:

$$p_{s,red} = c_L \cdot s \cdot \cos^2(\alpha) = 1,7 \cdot 1 \cdot \cos^2(6^\circ) = 1,6814 \text{ kN/m}$$

Szélteher

Keresztirányú szélhatás



40.ábra

Szélszívás

$$p_{w,F,sz\acute{v}\acute{a}s} = -1,62 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = -2,2541 \text{ kN/m}$$

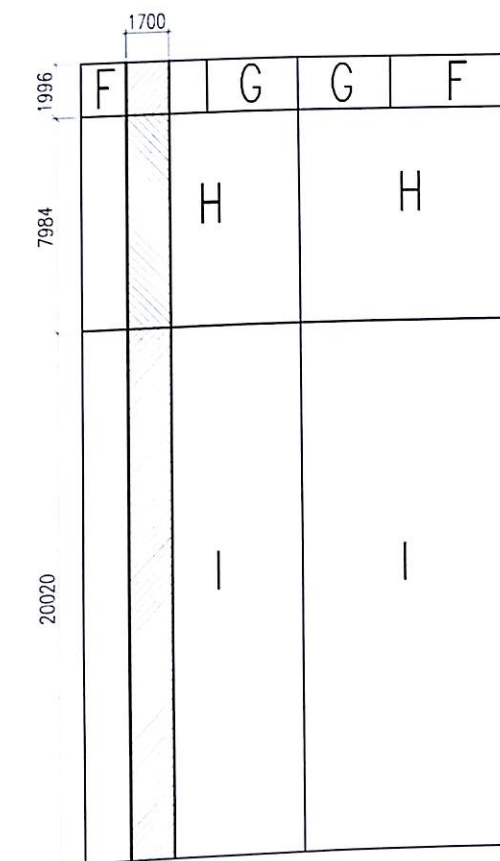
$$p_{w,G,sz\acute{v}\acute{a}s} = -1,16 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = -1,6141 \text{ kN/m}$$

Szélnyomás

$$p_{w,F,nyomás} = 0,02 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = 0,0278 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,G,nyomás} = 0,02 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = 0,0278 \text{ kN/m}$$

Hosszirányú szélhatás



41. ábra

Szélszívás

$$p_{w,F,sz\acute{v}\acute{a}s} = -1,57 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = -2,1846 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,H,sz\acute{v}\acute{a}s} = -0,69 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = -0,9601 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,I,sz\acute{v}\acute{a}s} = -0,59 \cdot 0,8185 \cdot 1,7 = -0,8210 \text{ kN/m}$$

Belső szélszívás

$$p_{w,belső,sz\acute{v}\acute{a}s} = c_L \cdot q_p \cdot c_{pi,sz\acute{v}\acute{a}s} = 1,7 \cdot 0,8185 \cdot 0,3 = 0,4174 \text{ kN/m}$$

Belső szélnyomás

$$p_{w,belső,nyomás} = c_L \cdot q_p \cdot c_{pi,nyomás} = 1,7 \cdot 0,8185 \cdot 0,2 = 0,2783 \text{ kN/m}$$

Mértékadó teherkombinációk

1. teherkombináció: "Nyomóhatás"

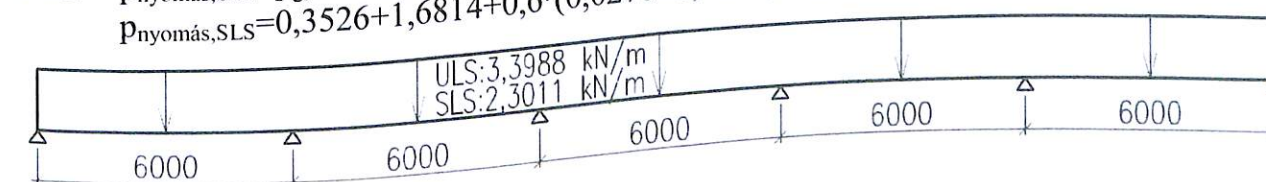
Szélnyomás keresztirányú szélhatásból

$$p_{nyomás,ULS} = \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,red} + \gamma_s \cdot p_{s,red} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot (p_{w,F,G,nyomás} + p_{w,belső,sz\acute{v}\acute{a}s})$$

$$p_{nyomás,ULS} = 1,35 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot 1,6814 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (0,0278 + 0,4174) = 3,3988 \text{ kN/m}$$

$$p_{nyomás,SLS} = p_{g,red} + p_{s,red} + \psi_w \cdot (p_{w,F,G,nyomás} + p_{w,belső,sz\acute{v}\acute{a}s})$$

$$p_{nyomás,SLS} = 0,3526 + 1,6814 + 0,6 \cdot (0,0278 + 0,4174) = 2,3011 \text{ kN/m}$$



42. ábra

2. teherkombináció: "Szívóhatás"

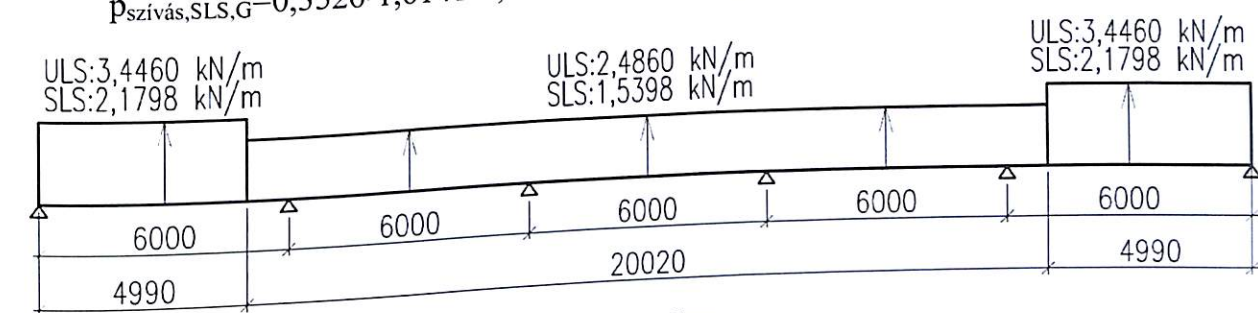
Szélszívás keresztirányú szélhatásból

F zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,F,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}) \\ p_{\text{szívás,ULS,F}} &= 1 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot (-2,2541 - 0,2783) = -3,4460 \text{ kN/m} \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,F,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,F}} &= 0,3526 - 2,2541 - 0,2783 = -2,1798 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

G zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,G}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,G,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}) \\ p_{\text{szívás,ULS,G}} &= 1 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot (-1,6141 - 0,2783) = -2,4860 \text{ kN/m} \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,G}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,G,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,G}} &= 0,3526 - 1,6141 - 0,2783 = -1,5398 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



43. ábra

3. teherkombináció: "Szívóhatás"

Szélszívás hosszirányú szélhatásból

F zóna

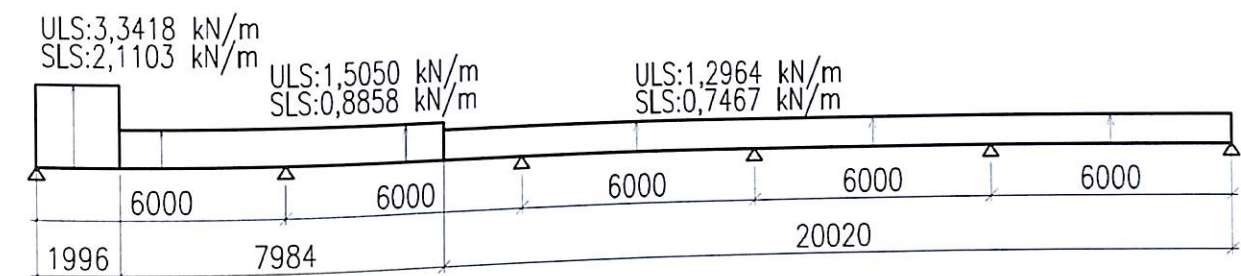
$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,F}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,F,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}) \\ p_{\text{szívás,ULS,F}} &= 1 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot (-2,1846 - 0,2783) = -3,3418 \text{ kN/m} \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,F}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,F,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,F}} &= 0,3526 - 2,1846 - 0,2783 = -2,1103 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

H zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,H}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,H,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}) \\ p_{\text{szívás,ULS,H}} &= 1 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot (-0,9601 - 0,2783) = -1,5050 \text{ kN/m} \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,H}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,H,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,H}} &= 0,3526 - 0,9601 - 0,2783 = -0,8858 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

I zóna

$$\begin{aligned} \text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,I}} &= \gamma_{G,\text{inf}} p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,I,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}) \\ p_{\text{szívás,ULS,I}} &= 1 \cdot 0,3526 + 1,5 \cdot (-0,8210 - 0,2783) = -1,2964 \text{ kN/m} \\ \text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,I}} &= p_{g,\text{red}} + p_{w,I,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}} \\ p_{\text{szívás,SLS,I}} &= 0,3526 - 0,8210 - 0,2783 = -0,7467 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

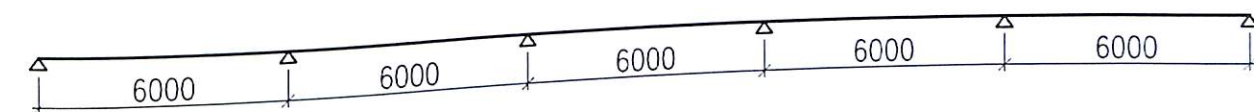


44. ábra

A szilárdsági ellenőrzés a LINDAB által fejlesztett DimRoof méretező szoftver segítségével készítjük el. A számítás eredménye a mellékletben található. Ezen kívül az AXIS tervező szoftverrel is elvégeztük a méretezést.

4.1.2.2 Oldalhajó gerendáján, a hófelhalmozódás helyén lévő Z-szelemen méretezése

Statikai váz



45. ábra

$$p_{g,red} = c_L \cdot (q_{tr,külső} + q_{tr,belső} + q_{hőszig} + q_{pára}) \cdot \cos(\alpha) + q_{szelemen} \cdot \cos(\alpha) =$$

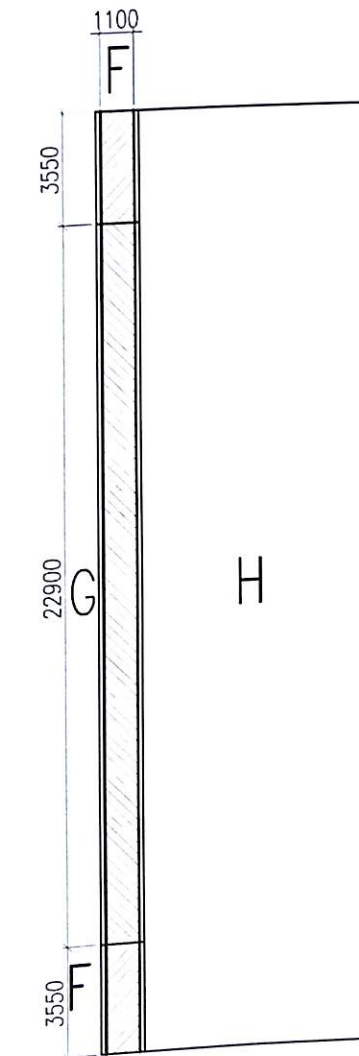
$$= 1,1 \cdot (0,0536 + 0,0376 + 0,09 + 0,0018) \cdot \cos(6^\circ) + 0,0434 \cdot \cos(6^\circ) = 0,2434 \text{ kN/m}$$

Hóteher redukálása:

$$p_{s,hófel,red} = c_L \cdot s_{hófel} \cdot \cos^2 \alpha = 1,1 \cdot 4,05 \cdot \cos^2(6^\circ) = 4,4063 \text{ kN/m}^2$$

Szélteher

Keresztirányú szélhatás



46. ábra

Szélszívás

$$p_{w,F,sz\acute{v}\acute{a}s} = -2,32 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = -2,0888 \text{ kN/m}$$

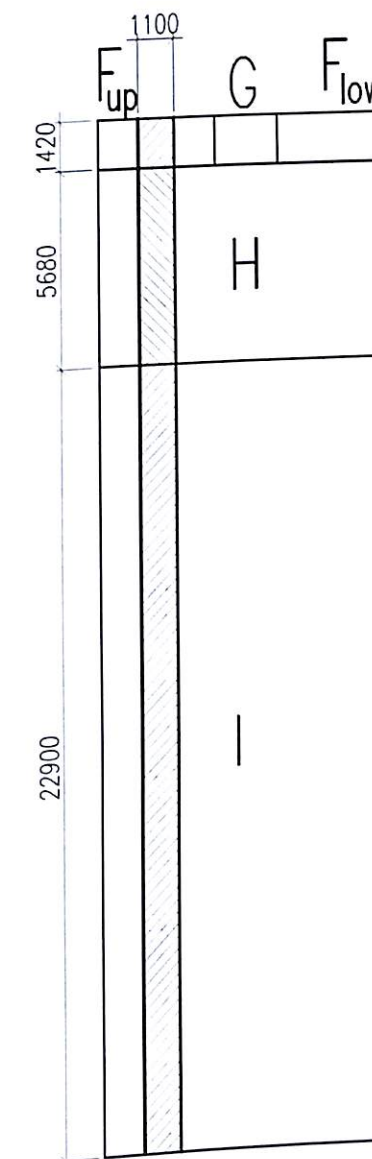
$$p_{w,G,sz\acute{v}\acute{a}s} = -1,3 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = -1,1705 \text{ kN/m}$$

Szélnyomás

$$p_{w,F,nyom\acute{a}s} = 0,02 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = 0,0180 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,G,nyom\acute{a}s} = 0,02 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = 0,0180 \text{ kN/m}$$

Hosszirányú szélhatás



47.ábra

Szélszívás

$$p_{w,F\ up,sz\ iv\ as} = -2,13 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = -1,9177 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,H,sz\ iv\ as} = -0,62 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = -0,5582 \text{ kN/m}$$

$$p_{w,I,sz\ iv\ as} = -0,52 \cdot 0,8185 \cdot 1,1 = -0,4682 \text{ kN/m}$$

Belső szélszívás

$$p_{w,bels\ o,sz\ iv\ as} = c_L \cdot q_p \cdot c_{pi,sz\ iv\ as} = 1,1 \cdot 0,8185 \cdot 0,3 = 0,2701 \text{ kN/m}$$

Belső szélnyomás

$$p_{w,bels\ o,nyom\ as} = c_L \cdot q_p \cdot c_{pi,nyom\ as} = 1,1 \cdot 0,8185 \cdot 0,2 = 0,1801 \text{ kN/m}$$

Mértékadó teherkombinációk

1. teherkombináció: "Nyomóhatás"

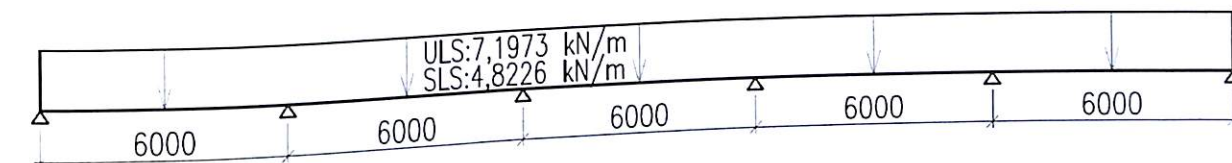
Szélnyomás keresztirányú szélhatásból

$$\text{ULS: } p_{\text{nyomás, ULS}} = \gamma_{G, \text{sup}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_s \cdot p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot (p_{w, F, G, \text{nyomás}} + p_{w, \text{belső, szívás}})$$

$$p_{\text{nyomás, ULS}} = 1,35 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot 4,4063 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (0,0180 + 0,2701) = 7,1973 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{nyomás, SLS}} = p_{g, \text{red}} + p_{s, \text{red}} + \psi_w \cdot (p_{w, F, G, \text{nyomás}} + p_{w, \text{belső, szívás}})$$

$$p_{\text{nyomás, SLS}} = 0,2434 + 4,4063 + 0,6 \cdot (0,0180 + 0,2701) = 4,8226 \text{ kN/m}$$



48. ábra

2. teherkombináció: "Szívóhatás"

Szélszívás keresztirányú szélhatásból

F zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás, ULS, F}} = \gamma_{G, \text{inf}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w, F, \text{szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}})$$

$$p_{\text{szívás, ULS, F}} = 1 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot (-2,0888 - 0,1801) = -3,1600 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás, SLS, F}} = p_{g, \text{red}} + p_{w, F, \text{szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}}$$

$$p_{\text{szívás, SLS, F}} = 0,2434 - 2,0888 - 0,1801 = -2,0255 \text{ kN/m}$$

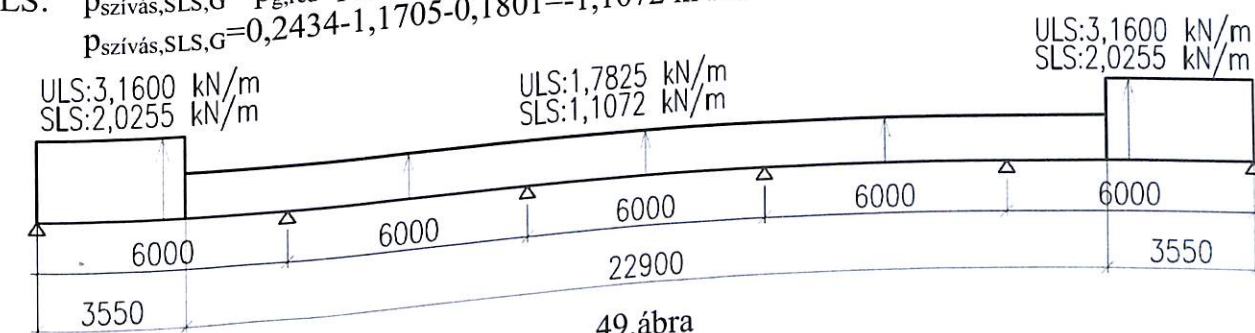
G zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás, ULS, G}} = \gamma_{G, \text{inf}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w, G, \text{szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}})$$

$$p_{\text{szívás, ULS, G}} = 1 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot (-1,1705 - 0,1801) = -1,7825 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás, SLS, G}} = p_{g, \text{red}} + p_{w, G, \text{szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}}$$

$$p_{\text{szívás, SLS, G}} = 0,2434 - 1,1705 - 0,1801 = -1,1072 \text{ kN/m}$$



49. ábra

3. teherkombináció: "Szívóhatás"

Szélszívás hosszirányú szélhatásból

F_{up} zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás, ULS, F}} = \gamma_{G, \text{inf}} \cdot p_{g, \text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w, \text{Fup, szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}})$$

$$p_{\text{szívás, ULS, F}} = 1 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot (-1,9177 - 0,1801) = -2,9033 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás, SLS, F}} = p_{g, \text{red}} + p_{w, \text{Fup, szívás}} + p_{w, \text{belső, nyomás}}$$

$$p_{\text{szívás, SLS, F}} = 0,2434 - 1,9177 - 0,1801 = -1,8544 \text{ kN/m}$$

H zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,H}} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,H,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}})$$

$$p_{\text{szívás,ULS,H}} = 1 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot (-0,5582 - 0,1801) = -0,8641 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,H}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,H,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,H}} = 0,2434 - 0,5582 - 0,1801 = -0,4949 \text{ kN/m}$$

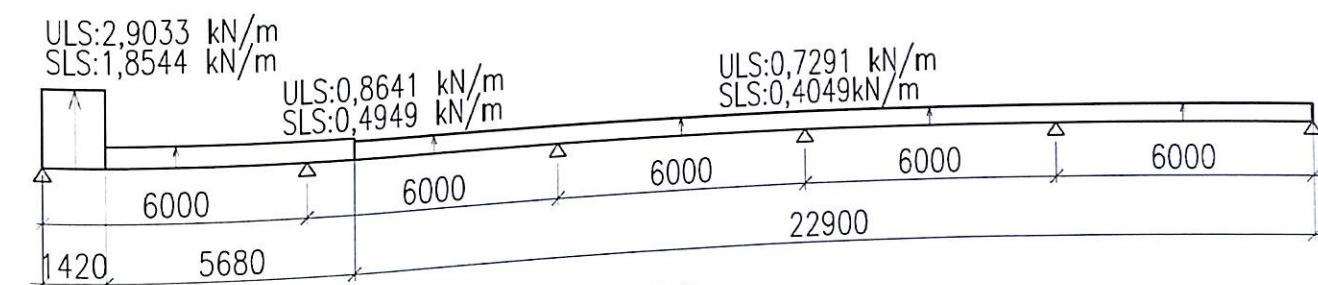
I zóna

$$\text{ULS: } p_{\text{szívás,ULS,I}} = \gamma_{G,\text{inf}} \cdot p_{g,\text{red}} + \gamma_w \cdot (p_{w,I,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}})$$

$$p_{\text{szívás,ULS,I}} = 1 \cdot 0,2434 + 1,5 \cdot (-0,4682 - 0,1801) = -0,7291 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{szívás,SLS,I}} = p_{g,\text{red}} + p_{w,I,\text{szívás}} + p_{w,\text{belső,nyomás}}$$

$$p_{\text{szívás,SLS,I}} = 0,2434 - 0,4682 - 0,1801 = -0,4049 \text{ kN/m}$$

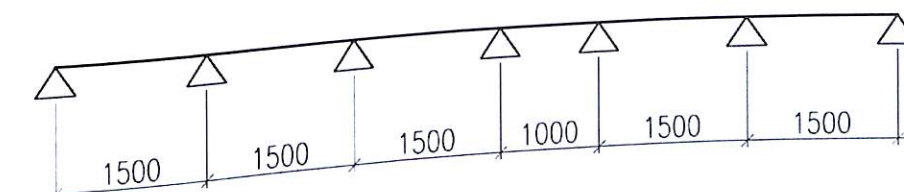


50.ábra

A szilárdsági ellenőrzés a LINDAB által fejlesztett DimRoof méretező szoftver segítségével készítjük el. A számítás eredménye a mellékletben található. Ezen kívül az AXIS tervező szoftverrel is elvégeztük a méretezést.

4.1.3 Falburkolati külső trapézlemez méretezése

Statikai váz



51.ábra

Függőleges felületekre ható maximális szélszívás az A zónában lép fel:

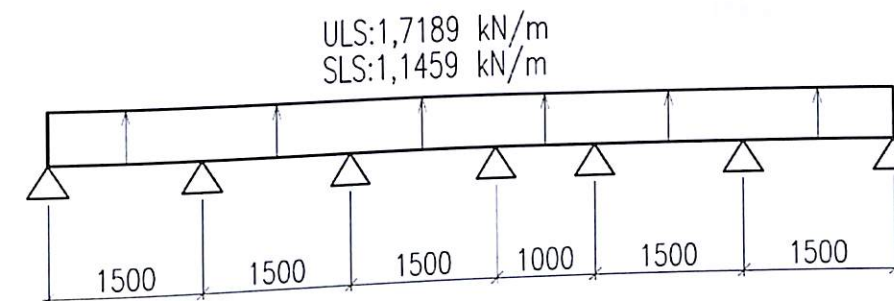
$$p_{w,A,\text{függ}} = -1,4 \cdot 0,8185 = -1,1459 \text{ kN/m}$$

Mértékadó teherkombinációk

1. teherkombináció: "Szívóhatás"

$$\text{ULS: } p_{\text{ULS,A}} = \gamma_w \cdot p_{w,A,\text{függ}} = 1,5 \cdot -1,1459 = -1,7189 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLS: } p_{\text{SLS,A}} = p_{w,A,\text{függ}} = -1,1459 \text{ kN/m}$$



52.ábra

Függőleges felületekre ható maximális szélnyomás az D zónában lép fel:

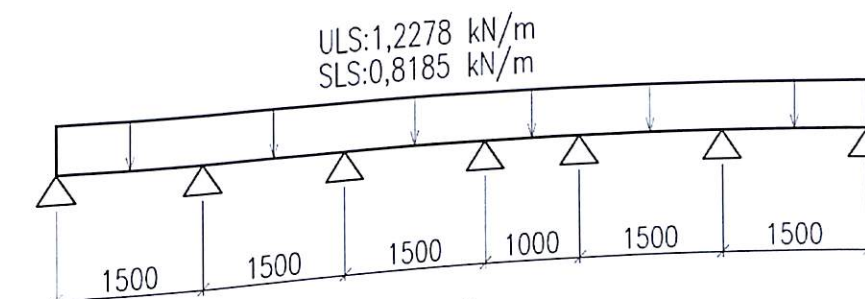
$$p_{w,D,függ} = 1 \cdot 0,8185 = 0,8185 \text{ kN/m}$$

Mértékadó teherkombinációk

2. teherkombináció: "Nyomóhatás"

$$\text{ULS: } p_{ULS,D} = \gamma_w \cdot p_{w,D,függ} = 1,5 \cdot 0,8185 = 1,2278 \text{ kN/m}$$

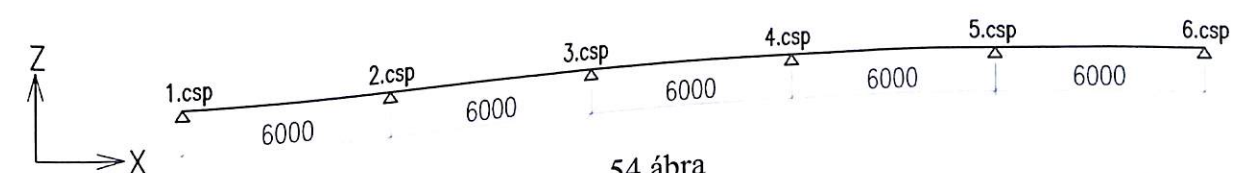
$$\text{SLS: } p_{SLS,D} = p_{w,D,függ} = 0,8185 \text{ kN/m}$$



53.ábra

4.2 Darusínt alátámasztó tartó méretezése

A darusínt alátámasztó tartó statikai modellje egy többtámaszú tartó, a kiindulási szelvénye: HEB300



54.ábra

Az AXIS statikai program képes mozgóteher definiálására és a mértékadó igénybevételek számítására.

Az AXIS statikai programban a többtámaszú tartó 1. csomópontjában x,y és z irányú elmozdulást megakadályozó és x tengely körüli elfordulást gátló támaszt kell megadni. A többi helyen csak y és z irányú elmozdulást megakadályozó támaszt kell beállítani.

4.2.1 Szélső horogállás esetén a maximális igénybevételek számítása

A tartón végighaladó erőcsoport:



55. ábra

Az AXIS számítás eredményei:

Rúdelem igénybevétel:

	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Mértékadó kombináció
Kív.												[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-031}
1	1	Nx	min	2,776		0	-6,32	63,77	0	-185,97	-18,2	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-002}
1	1		max	0	-1	18,63	18,85	-191,9	0	-0,02	0	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-136}
2	1		max	4,117		18,63	-1,79	19	0	51,37	5,23	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-214}
3	1		max	4,279		18,63	-2,22	23,64	0	65,91	6,7	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-267}
4	1		max	4,35		18,63	-2,26	24,32	0	69,54	6,97	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-262}
5	1		max	0,005		18,63	21,84	-223,7	0	85,18	7,95	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-039}
1	1	Vy	min	5,995		0	-21,84	223,69	0	85,18	7,95	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-262}
5	1		max	0	-5	18,63	21,84	-223,7	0	86,28	8,05	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-262}
5	1	Vz	min	0	-5	18,63	21,84	-223,7	0	86,28	8,05	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-039}
1	1		max	6	-2	0	-21,84	223,69	0	86,28	8,05	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-081}
1	1	Tx	min	0	-1	18,63	-1,61	13,35	0	0	0	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-081}
1	1		max	0	-1	18,63	-1,61	13,35	0	-199	-19,5	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-024}
1	1	My	min	2,115		0	-3,74	36,96	0	-199,01	-19,5	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-277}
5	1		max	3,885		0	-9,22	92,44	0	-199,01	-19,5	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-023}
1	1		min	6	-2	0	-16,31	168,46	0	135,74	13,01	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-023}
1	1		max	6	-2	0	2,75	-32,34	0	135,74	13,01	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}
2	1		max	0	-2	18,63	-2,75	32,34	0	135,74	13,01	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}
4	1		max	6	-5	18,63	16,31	-168,5	0	135,74	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-024}
5	1		max	0	-5	18,63	16,31	-167	0	-197,89	-19,5	[1,35*önsúly] {2,03*1*MOZG1-277}
1	1	Mz	min	2,115		0	-9,22	92,44	0	-199,01	-19,5	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-023}
5	1		max	3,885		0	-16,31	167,01	0	134,22	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-023}
1	1		max	6	-2	0	2,75	-31,07	0	134,22	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}
2	1		max	0	-2	18,63	-2,75	31,07	0	134,22	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}
4	1		max	6	-5	18,63	16,31	-167	0	134,22	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}
5	1		max	0	-5	18,63	16,31	-167	0	134,22	13,01	[önsúly] {2,03*1*MOZG1-278}

16. táblázat

Csomóponti támaszerők:

tengelyállás	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1.	19,32	-18,63	-196,6
2.	24,3	0	-252,5
3.	23,75	0	-246,2
4.	23,75	0	-246,2
5.	24,23	0	-252,5
6.	19,32	0	-196,6

17. táblázat

Elmozdulások:

	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	ex [mm]	ey [mm]	ez [mm]	Mértékadó kombináció
Kiv.									
1	1	ex	min	0	-1	0	0	0	[önsúly]
5	1		max	3,5		0,081	1,107	-3,944	[önsúly] {MOZG1-300}
2	1	ey	min	2,28		0,006	-0,631	2,112	[önsúly] {MOZG1-023}
4	1		min	3,72		0,064	-0,631	2,112	[önsúly] {MOZG1-278}
1	1		max	2,78		0,005	1,698	-5,954	[önsúly] {MOZG1-019}
5	1		max	3,22		0,076	1,698	-5,954	[önsúly] {MOZG1-282}
1	1	ez	min	2,78		0,005	1,698	-5,954	[önsúly] {MOZG1-019}
5	1		min	3,22		0,076	1,698	-5,954	[önsúly] {MOZG1-282}
2	1		max	2,28		0,006	-0,631	2,112	[önsúly] {MOZG1-023}
4	1		max	3,72		0,064	-0,631	2,112	[önsúly] {MOZG1-278}

18. táblázat

4.2.2 Szélső horogállás esetén a minimális igénybevételek számítása

A tartón végighaladó erőcsoport:



56. ábra

Csomóponti támaszerők:

tengelyállás	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1.	19,32	-18,63	-55
2.	24,3	0	-74,9
3.	23,75	0	-72,15
4.	23,75	0	-72,15
5.	24,23	0	-74,4
6.	19,32	0	-55

19. táblázat

4.2.3 Szilárdsági ellenőrzés

Ellenőrzés $M_y=199,01$ kNm és $M_z=19,5$ kNm nyomatékra, $V_z=92,44$ kN nyíróerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{117,5}{19} = 6,18 < 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Tehát az göv 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{208}{11} = 18,909 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

Így a szelvény mind tiszta nyomásra, mind tiszta hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó.

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1868,67 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 439,1375 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{870,14 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 204,4829 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{199,01}{439,1375} \right) + \left(\frac{19,5}{204,4829} \right) = 0,55 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{47,43 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 643,5175 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 92,44 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{92,44}{643,5175} = 0,14 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Nyomaték és nyíróerő kölcsönhatása

A nyíróerő és a nyomaték kölcsönhatását figyelembe kell venni, ha

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} > 0,5$$

Ez nem teljesül, mivel $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = 0,14$

4.2.4 Stabilitásvizsgálat

Kifordulásvizsgálat egyszerűsített módszerrel

$$A_{t2} = b_f \cdot t_f + h_w / 6 \cdot t_w = 300 \cdot 19 + 262 / 6 \cdot 11 = 6180,333 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} \cdot \frac{t_w^3}{12} = 19 \frac{300^3}{12} + \frac{262}{6} \cdot \frac{11^3}{12} = 42,754843 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{42,754843 \cdot 10^6}{6180,3333}} = 83,1738 \text{ mm}$$

$$\Psi = 1 \text{ és } k_c = 1$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1678 \cdot 235 \cdot 1000}{1000000} = 394,33 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{fz} \cdot \lambda_E} = \frac{1 \cdot 6000}{83,17 \cdot 86,39} = 0,835 < \bar{\lambda}_{co} \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}} = 0,5 \frac{394,33}{199,01} = 0,99$$

Kifordulás nem következik be.

$$\bar{\lambda}_f = 0,835 \rightarrow \chi = 0,78$$

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd} = 1,1 \cdot 0,78 \cdot 394,33 = 338,33 \text{ kNm} > M_{Ed} = 199,01 \text{ kNm} \rightarrow \text{megfelel}$$

$$L_{c,max} = \bar{\lambda}_{co} \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}} \frac{i_{fz} \cdot \lambda_E}{k_c} = 0,5 \frac{394,33 \cdot 83,1738 \cdot 86,39}{199,01 \cdot 1,00} = 7118,7 > L_c = 6000 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

Gerinclemez nyírási horpadás vizsgálata

Meg kell vizsgálni a nyírási lemezhorpadás bekövetkezését

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 300 - 2 \cdot 19 = 262 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{262}{11} = 23,8182 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 1}{1,2} = 60$$

Tehát a nyírási horpadás nem mértékadó

Gerinclemez beroppanása közvetlen teher alatt

$$m_1 = \frac{f_{yf} \cdot b_f}{f_{yw} \cdot t_w} = \frac{235 \cdot 300}{235 \cdot 11} = 27,2727$$

$$\text{Tételezzük fel, hogy } \bar{\lambda}_F \geq 0,5 \rightarrow m_2 = 0,02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_f}\right)^2 = 0,02 \cdot \left(\frac{262}{19}\right)^2 = 38,03$$

$s_s = 50 \text{ mm}$ a darukerek fel támaszkodása

$$l_y = s_s + 2 \cdot t_f \cdot (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 50 + 2 \cdot 19 \cdot (1 + \sqrt{27,2727 + 38,03}) = 395,07 \text{ mm}$$

$$k_f = 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2 \cdot \left(\frac{262}{6000}\right)^2 = 6,0038$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_f \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = 0,9 \cdot 6,0038 \cdot 210000 \cdot \frac{11^3}{262 \cdot 1000} = 5764,5417 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{395,07 \cdot 11 \cdot 235}{5764,54}} = 5,13 > 0,5$$

$$\chi_F = 0,5 / \bar{\lambda}_F = 0,5 / 5,13 = 0,097 < 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F \cdot l_y = 0,097 \cdot 395,07 = 38,32 \text{ mm}$$

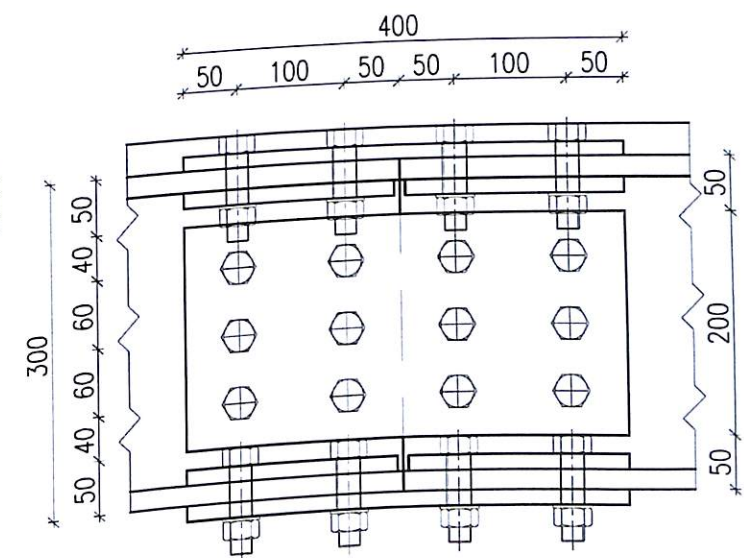
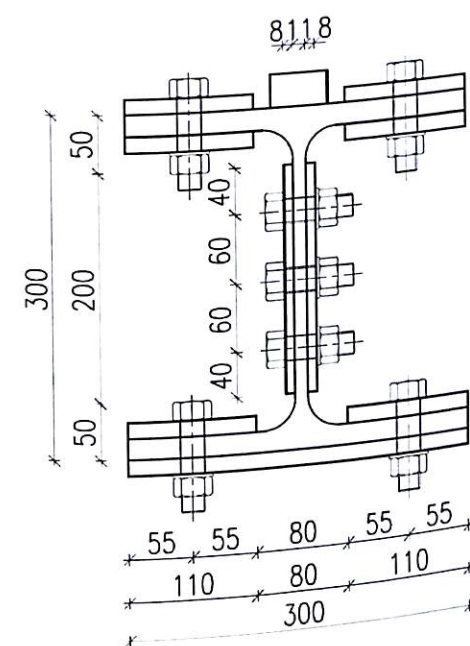
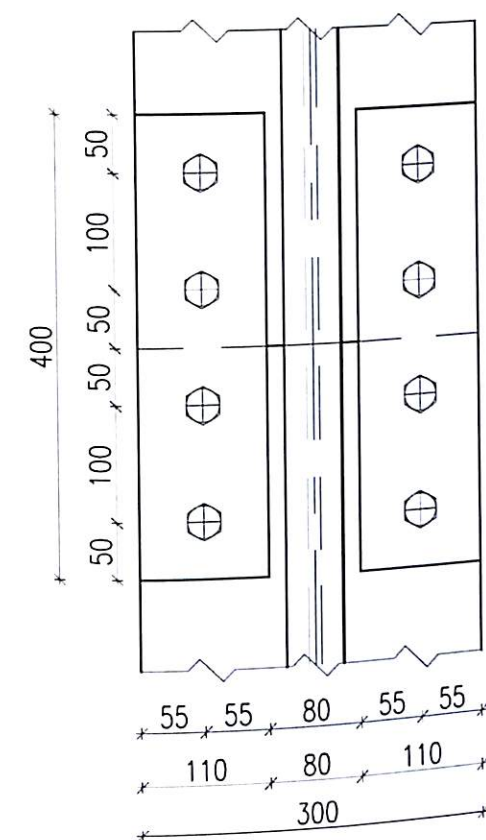
$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \cdot 38,32 \cdot 11}{1000} = 99,05 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{63,9}{99,05} = 0,65 < 1 \rightarrow \text{megfelel}$$

4.2.5 Darupályatartó toldása

A darupályatartót két helyen toldjuk. Az egyik a toldás a 2. csomópont és a 3. csomópont között 1 m-re a 3. csomóponttól, a másik toldás a 4. csomópont és az 5. csomópont között 1 m-re a 4. csomóponttól.

Ezekben a pontokban a húzóerő $N_{Ed} = 18,63 \text{ kN}$, nyíróerő $V_{Ed} = 166,64 \text{ kN}$, az y-tengely körüli nyomaték $M_{y,Ed} = 82,68 \text{ kNm}$, a z-tengely körüli nyomatékot elhanyagoljuk.



57. ábra

Az M_y nyomatékot szétosztjuk a gerinc inerciájának és az öv inerciájának arányában.

A gerinc inerciája:

$$I_{\text{ger}} = \frac{208^3 \cdot 11}{12} = 8249002,666 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{teljes}} = 251700000 \text{ mm}^4$$

A gerincre eső nyomaték

$$M_{y, \text{Ed, ger}} = M_{y, \text{Ed}} \frac{I_{\text{ger}}}{I_{\text{teljes}}} = 82,68 \frac{8249002,66}{251700000} = 2,7097 \text{ kNm}$$

Az övre eső nyomaték

$$M_{y,Ed,\bar{o}v} = M_{y,Ed} - M_{y,Ed,ger} = 82,68 - 2,7097 = 79,9703 \text{ kNm}$$

A N_{Ed} húzóerőt szétosztjuk az övekre és a gerincere a felületek arányában.

Az öv felülete:

$$A_{\bar{o}v} = 19 \times 300 = 5700 \text{ mm}^2$$

A gerinc felülete:

$$A_{ger} = A - 2 A_{\bar{o}v} = 14900 - 2 \cdot 5700 = 3500 \text{ mm}^2$$

A gerincere eső húzóerő:

$$N_{Ed,ger} = N_{Ed} \frac{A_{ger}}{A_{teljes}} = 18,63 \frac{3500}{14900} = 4,3762 \text{ kN}$$

Az övre eső húzóerő

$$N_{Ed,\bar{o}v} = N_{Ed} - N_{Ed,ger} = 18,63 - 4,3762 = 14,2538 \text{ kNm}$$

A gerinc toldása

A nyíró erőből minden csavar azonos erőt kap:

$$F_{v,vEd} = \frac{V_{Ed}}{6} = \frac{166,64}{6} = 27,73 \text{ kN}$$

A húzóerőből szintén minden csavar azonos erőt kap:

$$F_{v,Ned} = \frac{N_{Ed,ger}}{6} = \frac{4,3762}{6} = 0,7294 \text{ kN}$$

Nyíróerő a nyomatékból:

$$F_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed,ger}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} y_{max} = \frac{2,7097}{6 \cdot 50^2 + 4 \cdot 60^2} 60 = 0,0055 \text{ kN}$$

$$F_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ed,ger}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} x_{max} = \frac{2,7097}{6 \cdot 50^2 + 4 \cdot 60^2} 50 = 0,0046 \text{ kN}$$

x irányú erők összegzése:

$$F_{x,Ed} = 0,0055 + 0,7294 = 0,7349 \text{ kN}$$

y irányú erők összegzése:

$$F_{y,Ed} = 0,0046 + 27,73 = 27,7346 \text{ kN}$$

A két erő vektoriális összege:

$$F_{Ed} = \sqrt{0,7349^2 + 27,7346^2} = 27,7443 \text{ kN}$$

A legjobb igénybevett csavar ellenállása

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot n \cdot \frac{f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 2 \cdot \frac{800 \cdot 314}{1,25 \cdot 1000} = 241,15 \text{ kN}$$

Palástnyomási ellenállás:

A vizsgált csavar erőirányában és merőlegesen is szélső csavar.

K_1 számítása:

-erő irányára merőlegesen szélső távolságra

$$k_{1,e} = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{50}{22} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 4,66 \right\} = 2,5$$

-erő irányára merőlegesen közbelső távolságra

$$k_{1,p} = \min \left\{ 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 1,4 \cdot \frac{100}{22} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 4,66 \right\} = 2,5$$

α_b számítása

-erő irányában szélső távolságra

$$\alpha_{b,e} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 22} = 0,606 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,222 \end{array} \right\} = 0,606$$

-erő irányában közbelső távolságra

$$\alpha_{b,p} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{60}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} = 0,6595 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,222 \end{array} \right\} = 0,659$$

$$\alpha_b = \min(\alpha_{b,e}; \alpha_{b,p}) = 0,606$$

A palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,606 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 11}{1,25 \cdot 1000} = 95,99 \text{ kN} \rightarrow \text{ez a mértékadó}$$

Ellenőrzés

$$F_{v,Ed} = 27,7443 < F_{b,Rd} = 95,59 \rightarrow \text{Megfelel.}$$

A öv toldása

Nyíróerő a nyomatékból:

A $M_{y,Ed,\bar{o}v}$ nyomatékot felbontjuk egy erőpárra:

$$F_{v,\bar{o}v} = \frac{M_{y,Ed,\bar{o}v}}{h - t_g} = \frac{79,9703 \cdot 1000}{281} = 284,5918 \text{ kN}$$

Egy csavarra jutó nyíróerő:

$$F_{v1} = \frac{F_{v,\dot{a}v}}{4} = \frac{284,5918}{4} = 71,1480 \text{ kN}$$

A húzóerőből szintén minden csavar azonos erőt kap:

$$F_{v2} = \frac{N_{Ed,\dot{a}v}}{4} = \frac{14,2538}{4} = 3,5635 \text{ kN}$$

Nyíróerők összesítése

$$F_v = F_{v1} + F_{v2} = 71,1480 + 3,5635 = 74,7115 \text{ kN}$$

A legjobb igénybevett csavar ellenállása

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot n \cdot \frac{f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 0,6 \cdot 2 \cdot \frac{800 \cdot 314}{1,25 \cdot 1000} = 241,15 \text{ kN}$$

Palástnyomási ellenállás:

A vizsgált csavar erőirányában és merőlegesen is szélső csavar.

K_1 számítása:

-erő irányára merőlegesen szélső távolságra

$$k_{1,e} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{55}{22} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{5,3}{2,5} \right\} = 2,5$$

-erő irányára merőlegesen közbenső távolságra

$$k_{1,p} = \min \left\{ \frac{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7}{2,5} \right\} = \min \left\{ \frac{-}{2,5} \right\} = 2,5$$

α_b számítása

-erő irányában szélső távolságra

$$\alpha_{b,e} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{50}{3 \cdot 22} = 0,758 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,222 \\ 1 \end{array} \right\} = 0,758$$

-erő irányában közbenső távolságra

$$\alpha_{b,p} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{100}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} = 1,2652 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,222 \\ 1 \end{array} \right\} = 1$$

$$\alpha_b = \min(\alpha_{b,e}; \alpha_{b,p}) = 0,758$$

A palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 19}{1,25 \cdot 1000} = 207,388 \text{ kN} \rightarrow \text{ez a mértékadó}$$

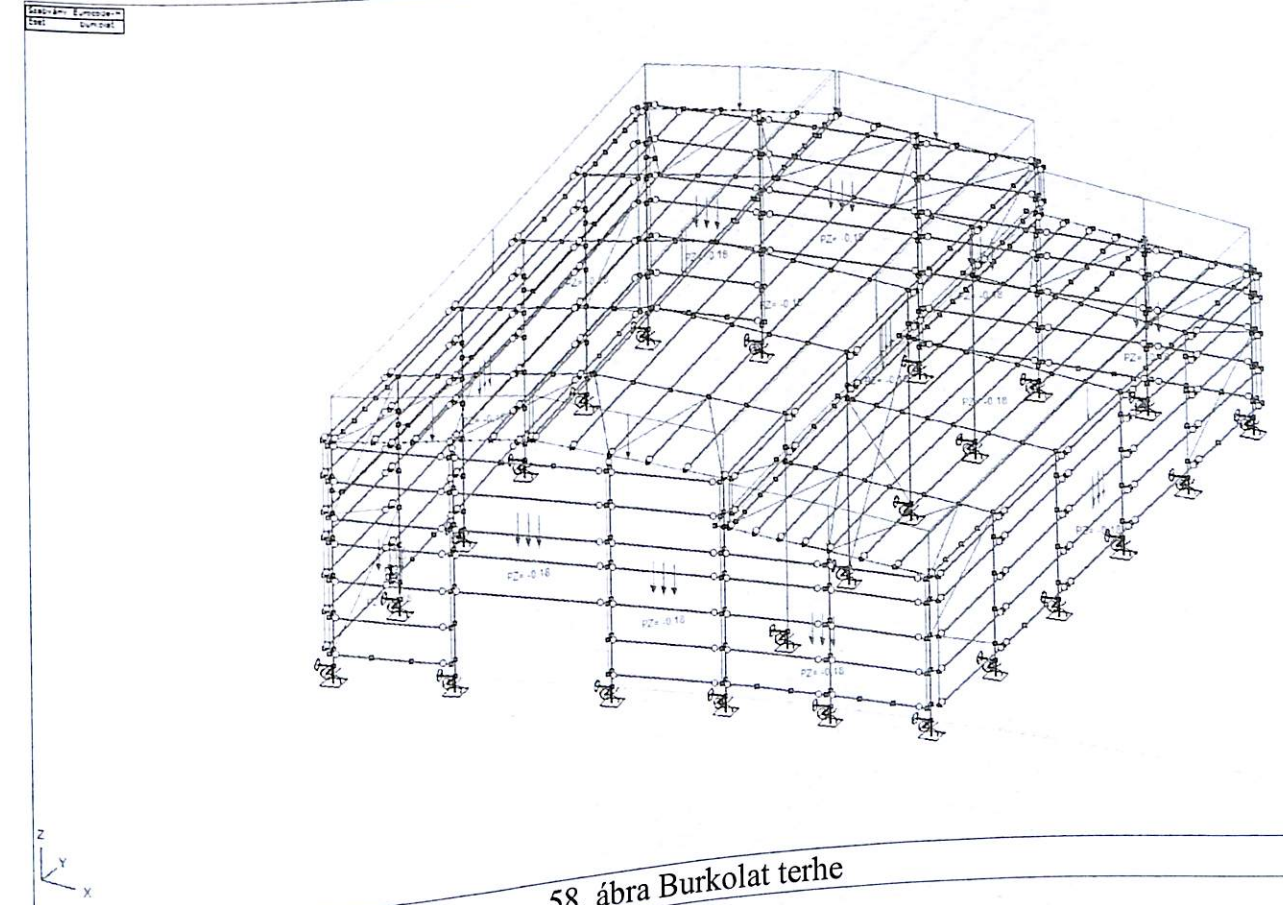
Ellenőrzés

$$F_{v,ED} = 74,7115 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 207,388 \text{ kN} \rightarrow \text{Megfelel.}$$

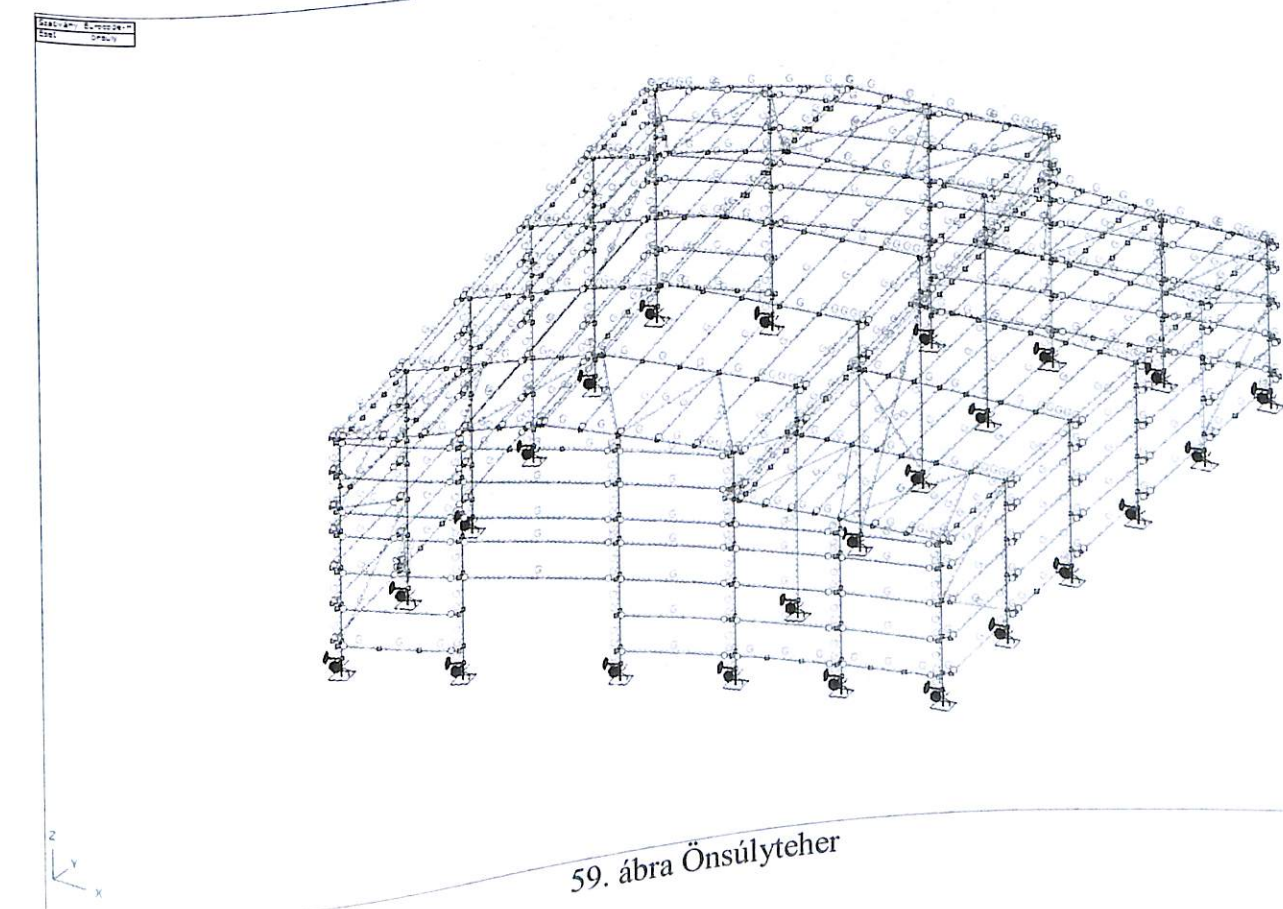
4.3. Elsődleges teherviselő elemek méretezése

4.3.1 Terhek és teheresetek felvétele az AXIS statikai programban

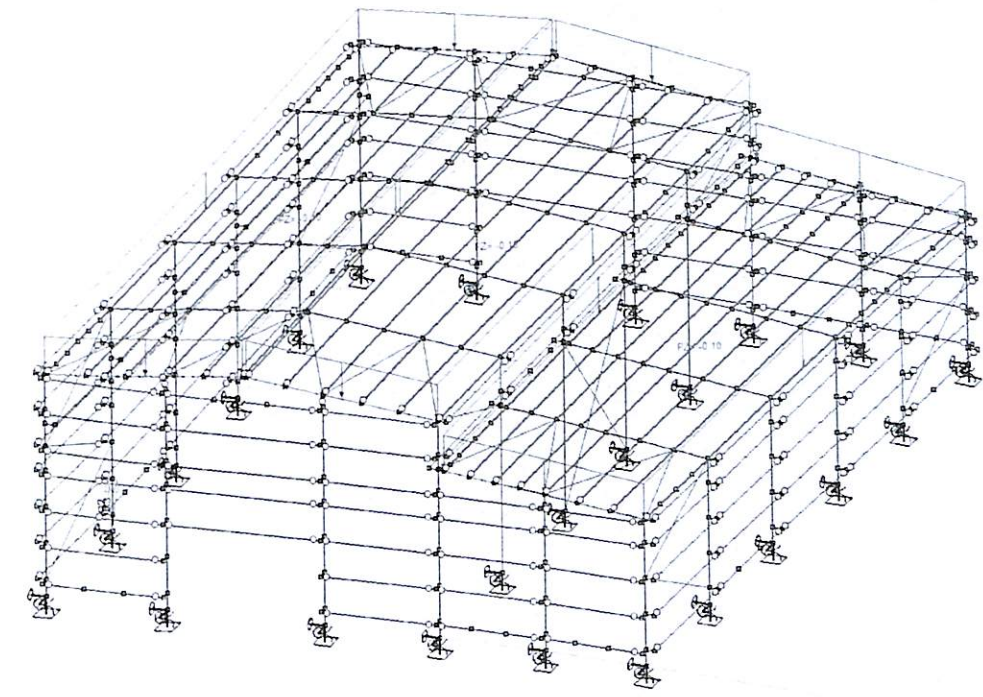
A tetőburkolat és az oldalburkolat terhe:



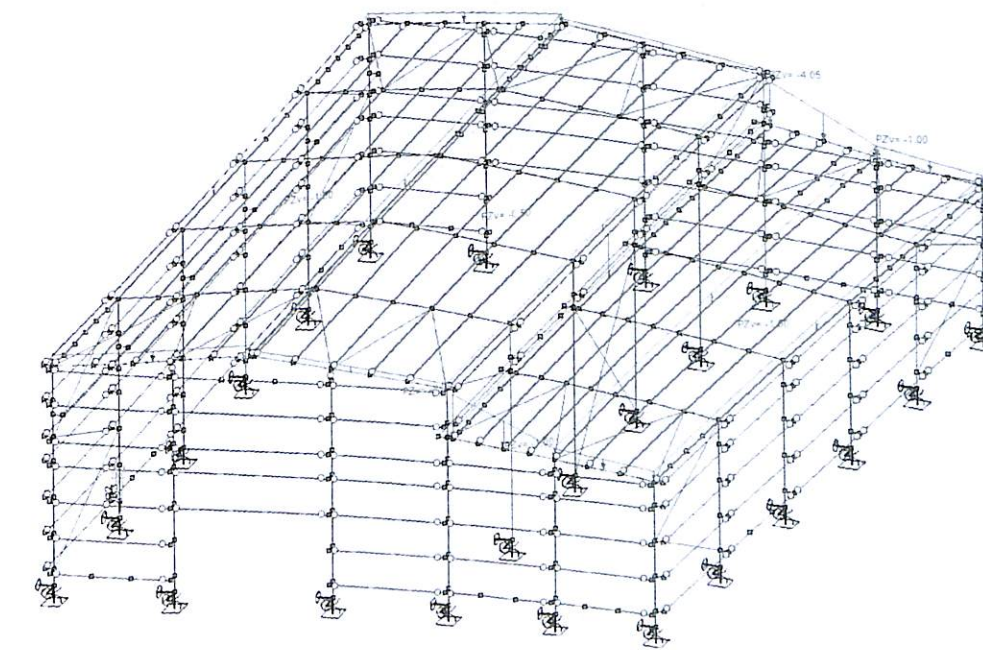
58. ábra Burkolat terhe



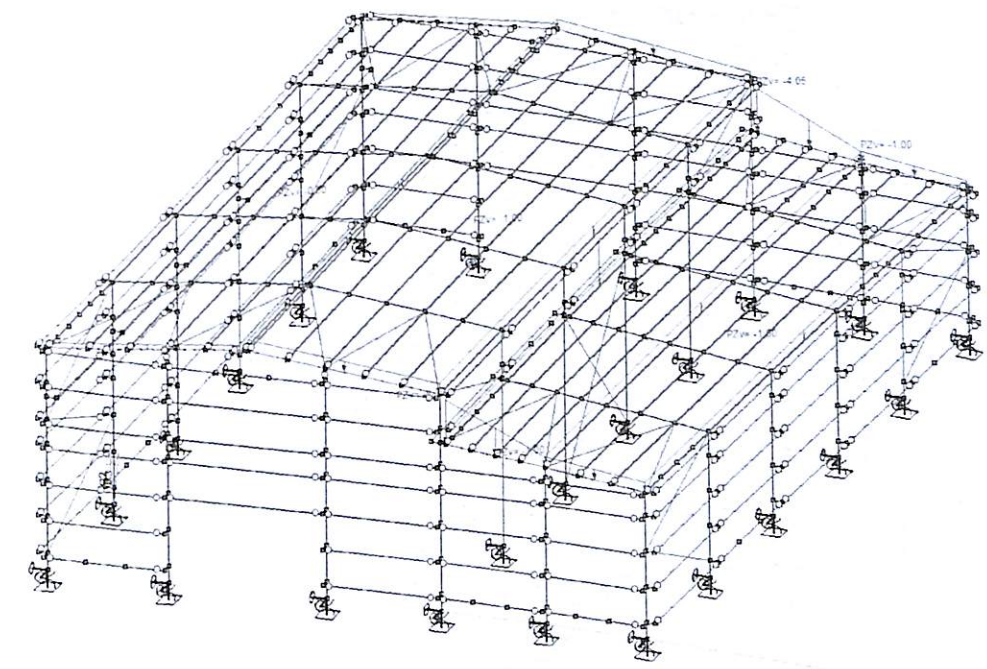
59. ábra Önsúlyteher



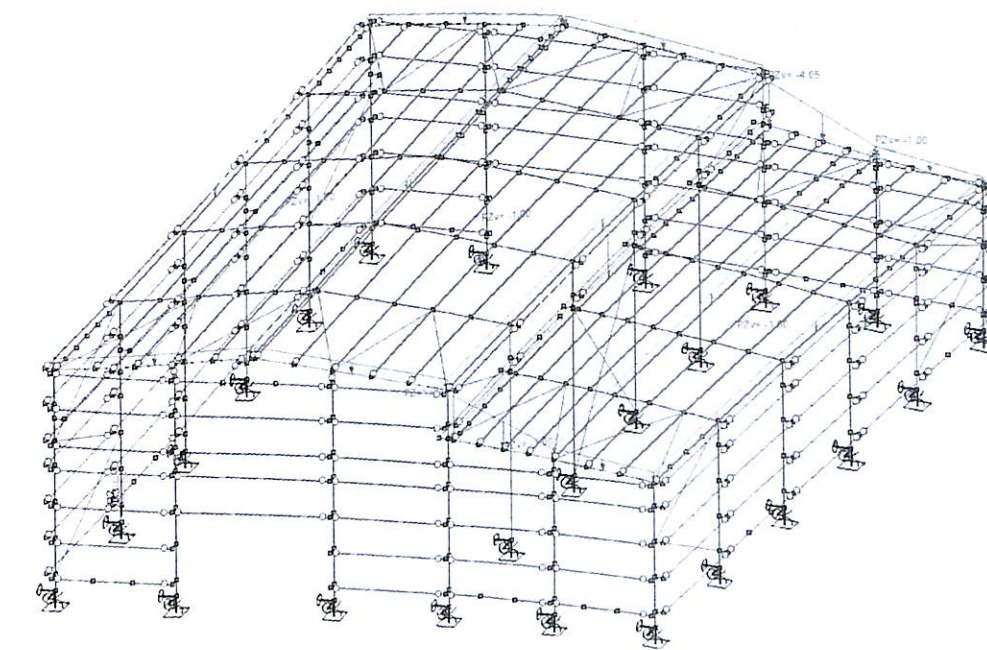
60. ábra Világítás terhe



61. ábra Baloldali hőteher



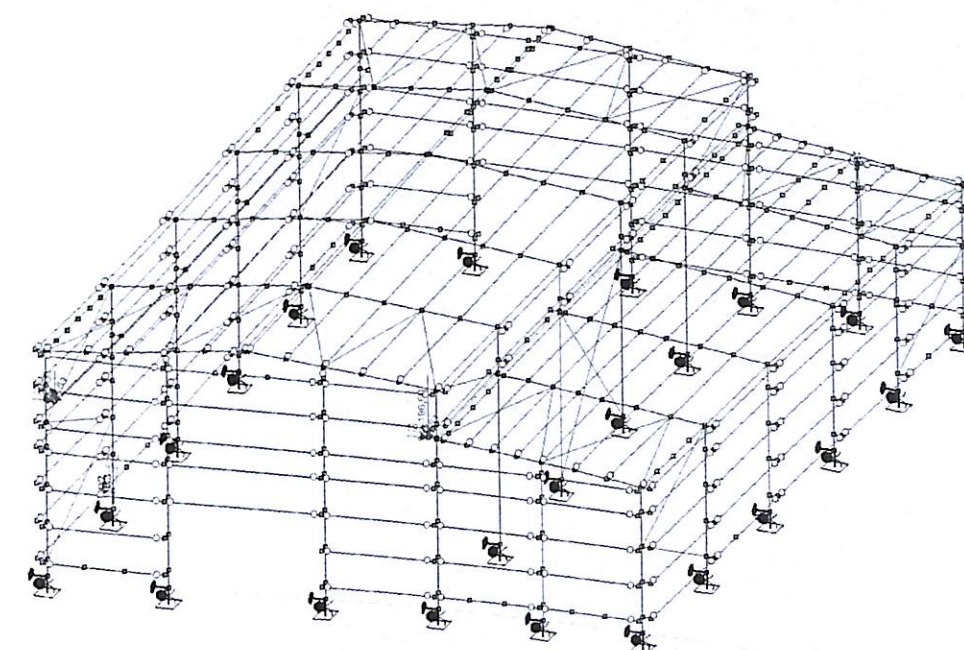
62. ábra Jobboldali hőteher



63. ábra Teljes hőteher

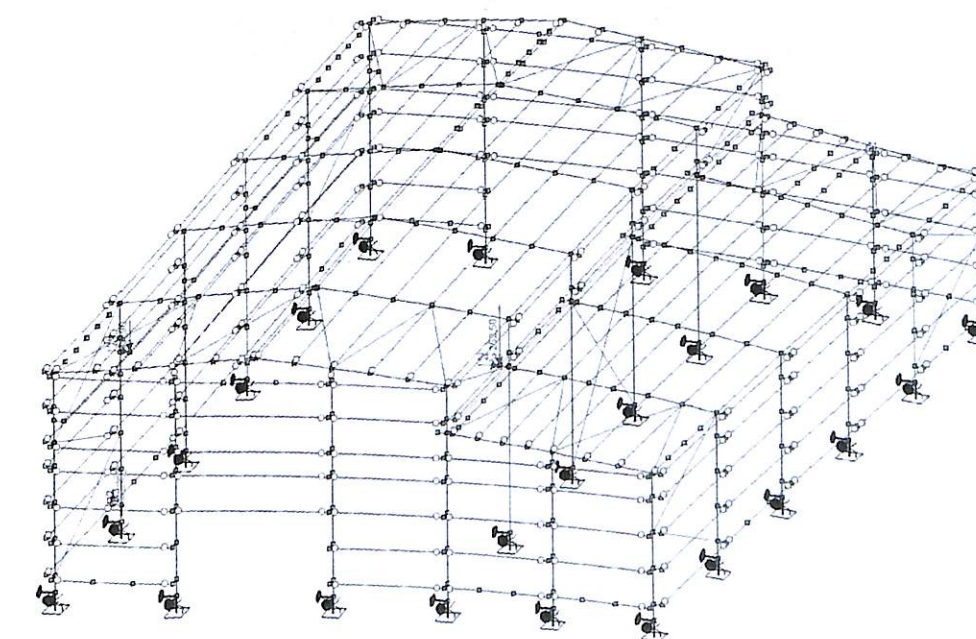
A 4.2.1 fejezetben található 17. táblázatban és 4.2.2 fejezetben található 19. táblázatban lévő támaszerőket ráhelyezzük a darusínt alátámasztó tartó alatt lévő konzol végére. Az egyik szélső horogállás, amikor a darukocsi az „A” tengelynél van. A másik szélső horogállás, amikor a „B” tengelynél. Mivel 6 keretállás van ezért összesen 12 db daruteheresettel kell számolni.

64. ábra 1.sz. daruteher

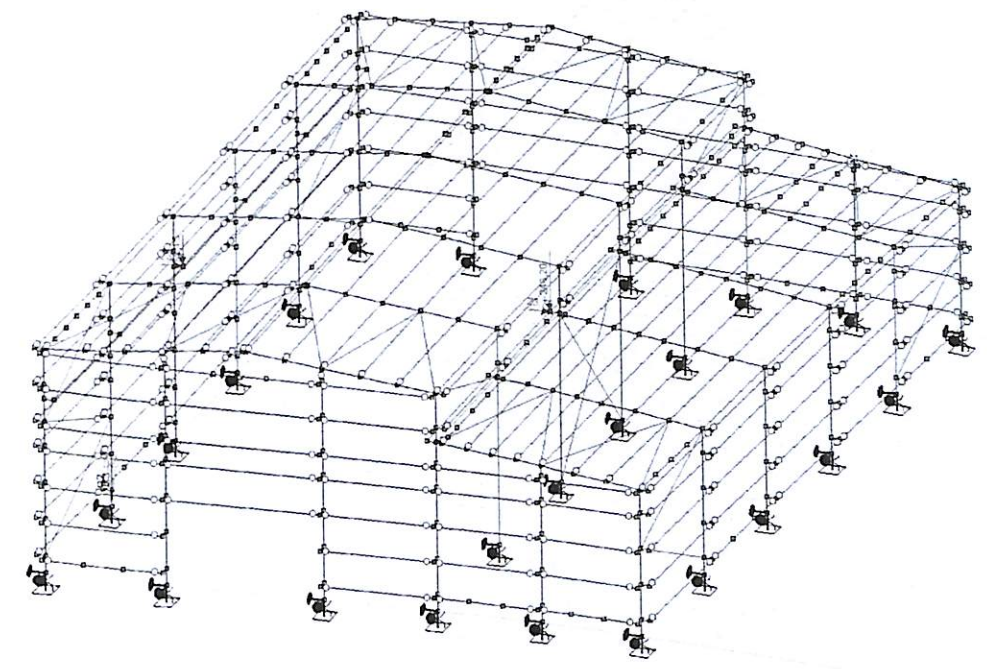


64. ábra 1.sz. daruteher

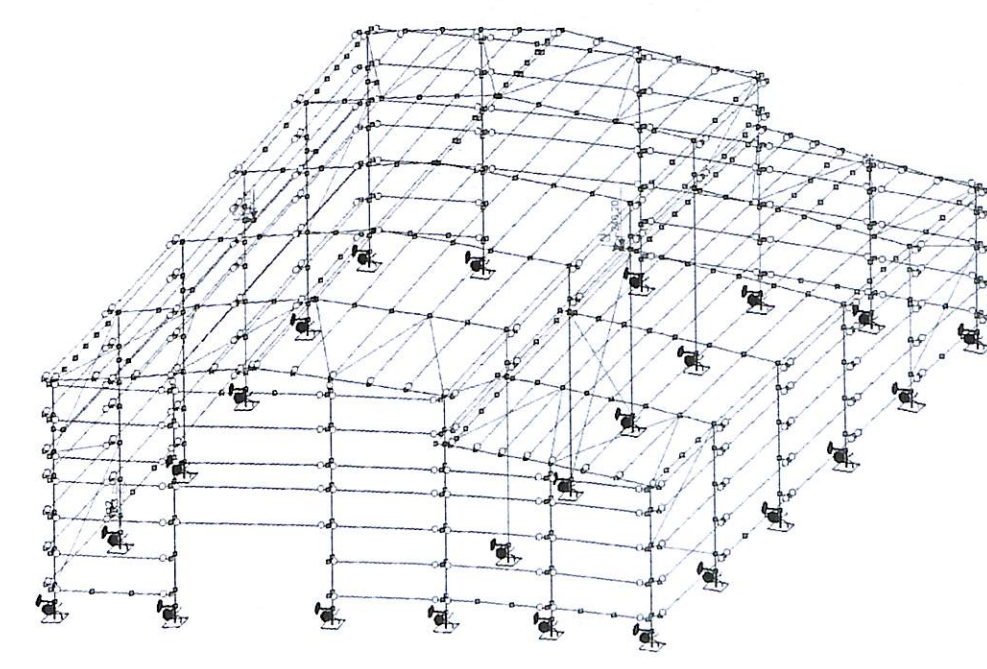
65. ábra 2.sz. daruteher



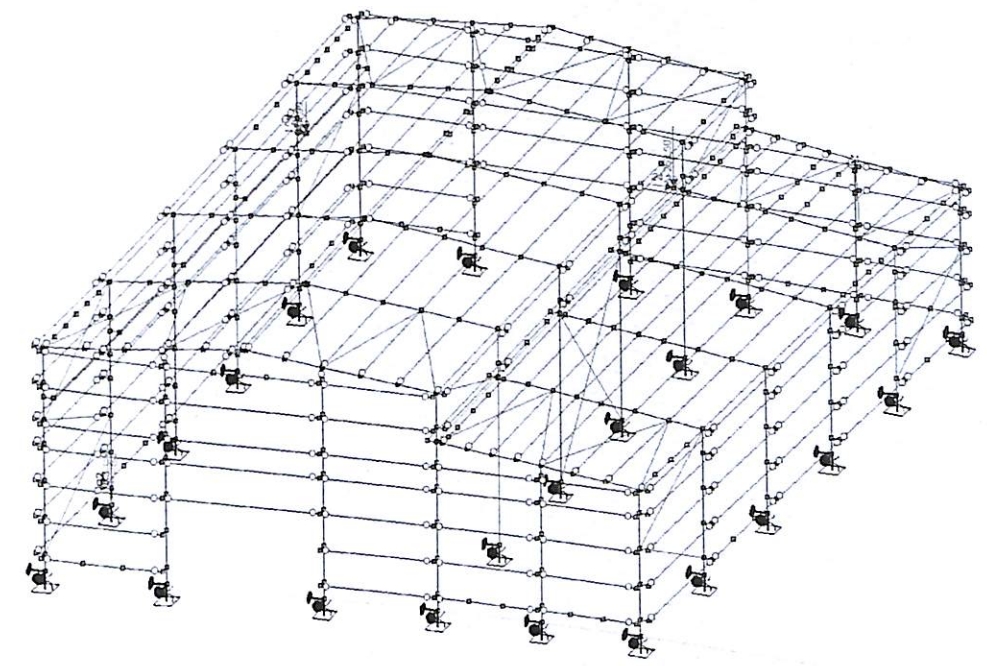
65. ábra 2.sz. daruteher



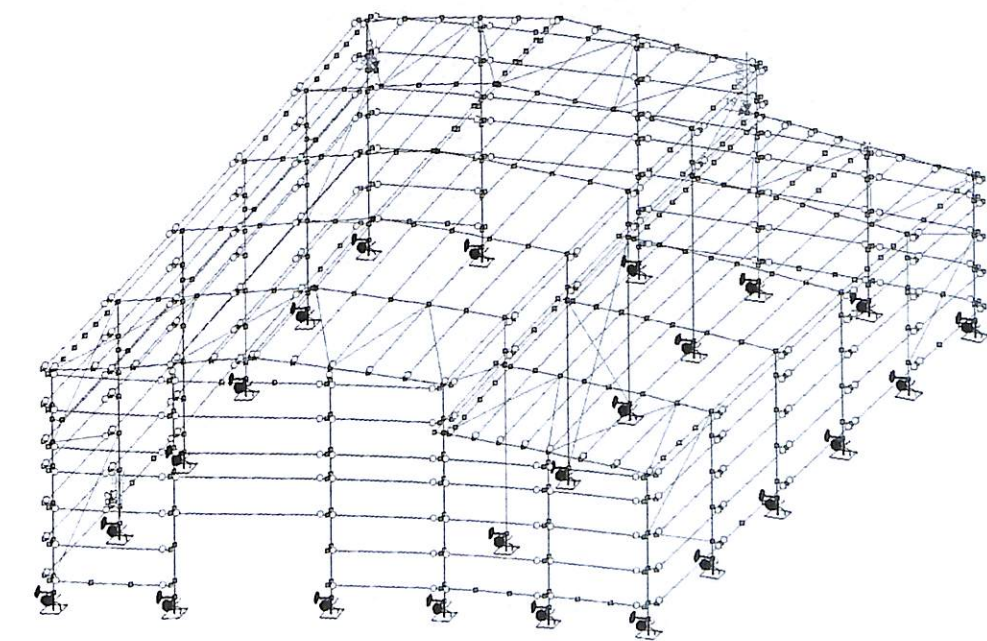
66. ábra 3.sz. daruteher



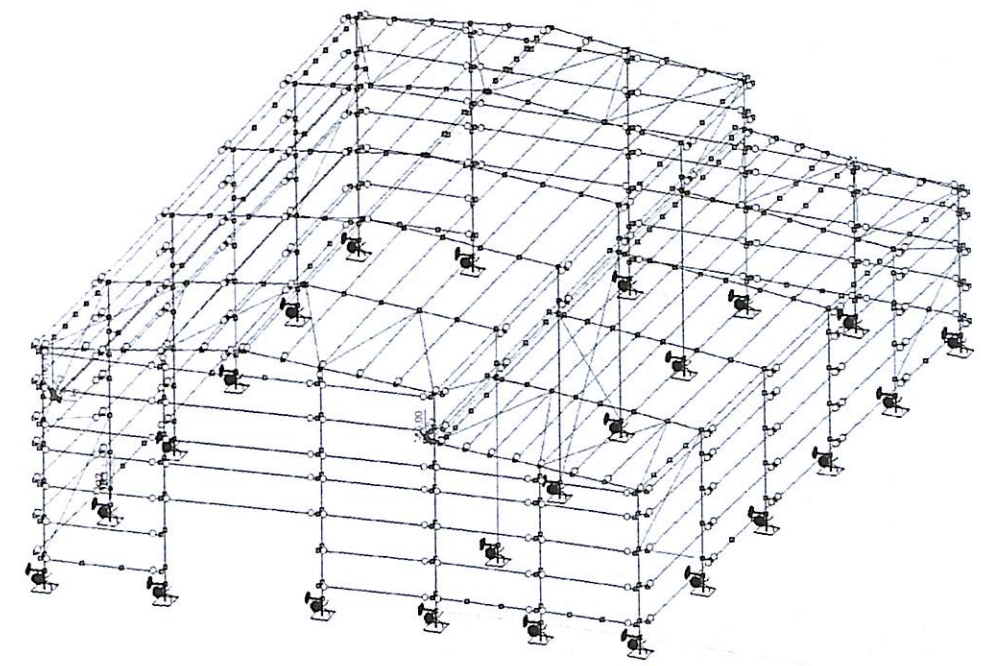
67. ábra 4.sz. daruteher



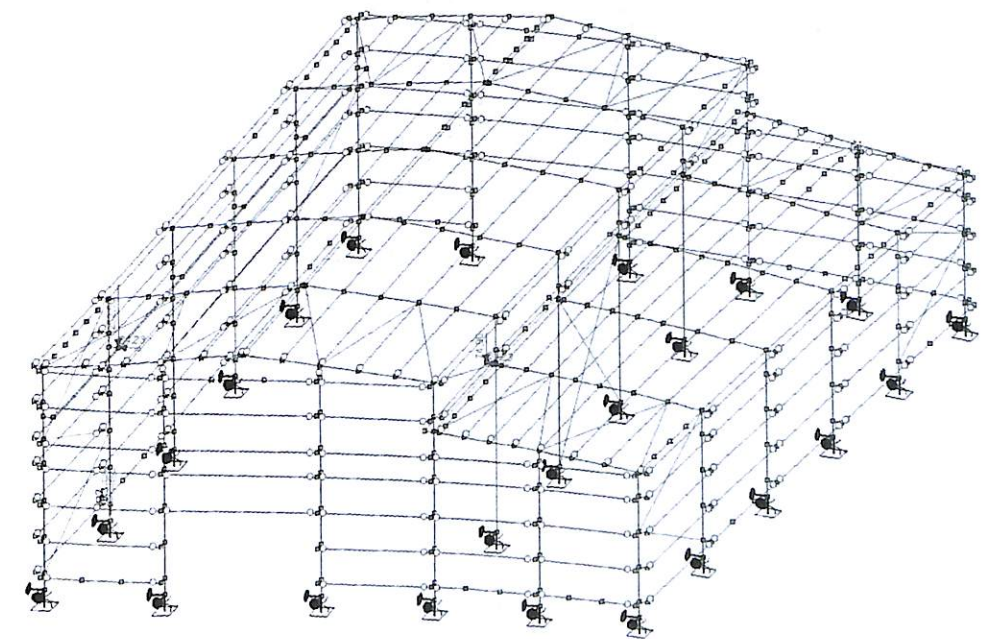
68. ábra 5.sz. daruteher



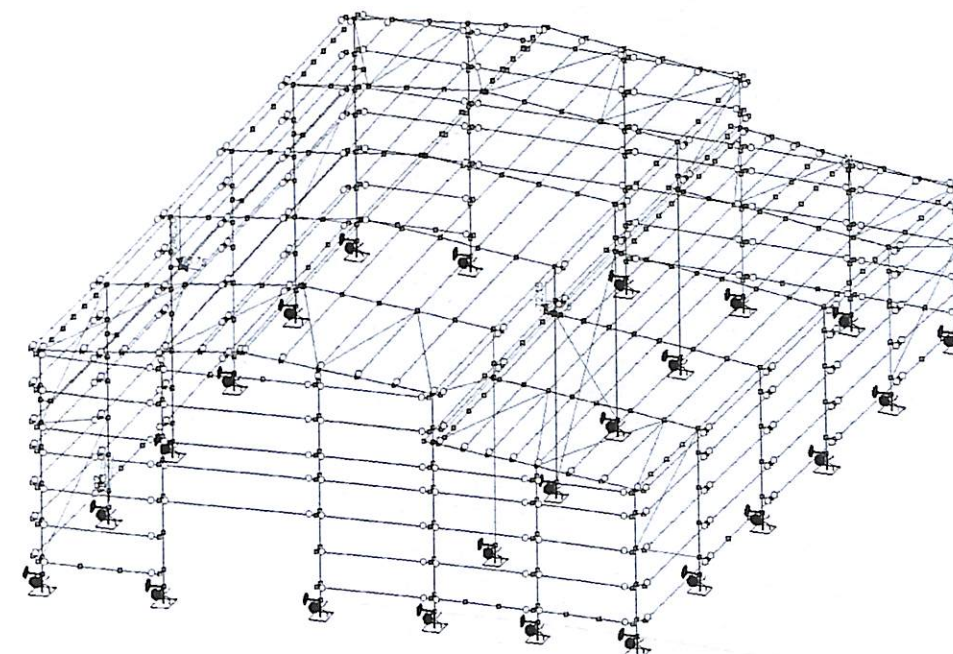
69. ábra 6.sz. daruteher



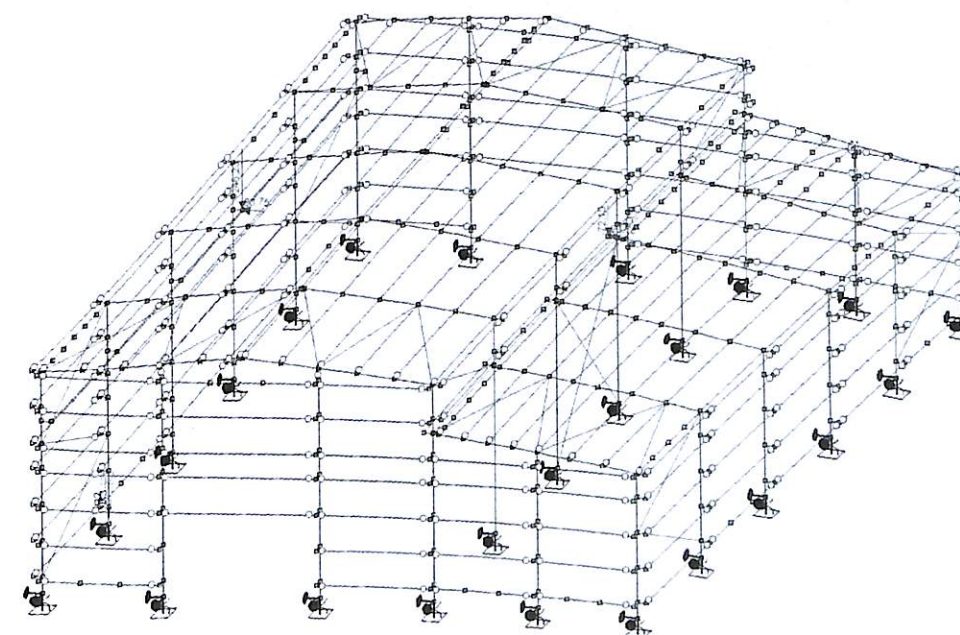
70. ábra 7.sz. daruteher



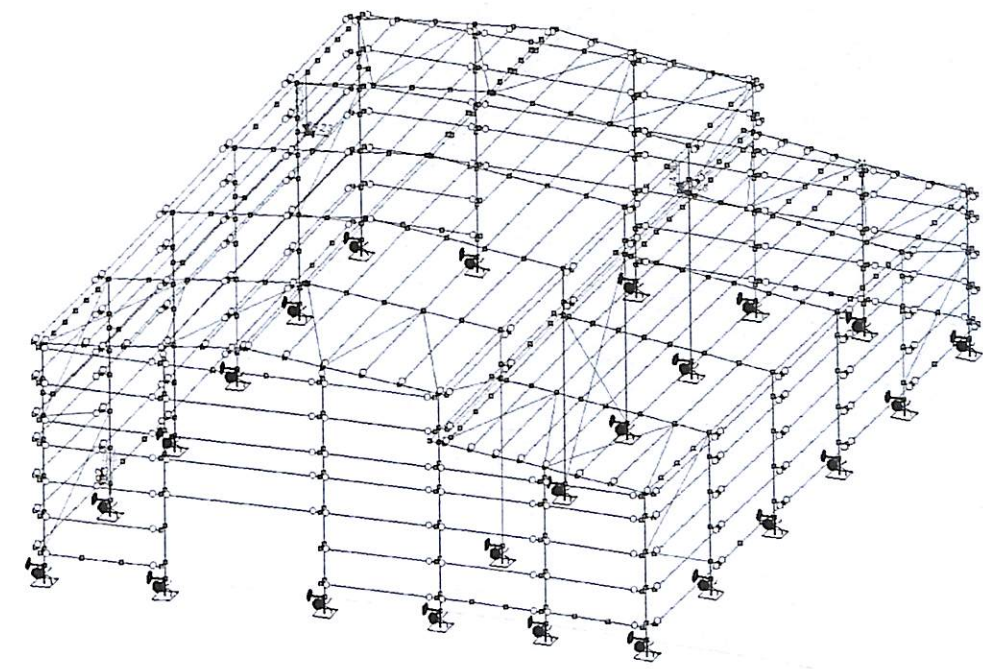
71. ábra 8.sz. daruteher



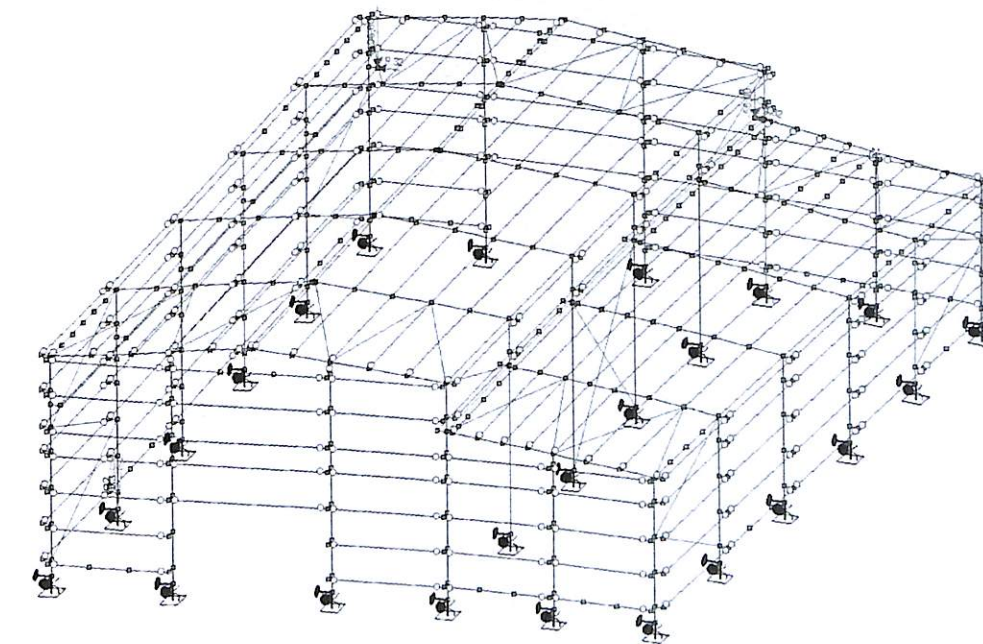
72. ábra 9.sz. daruteher



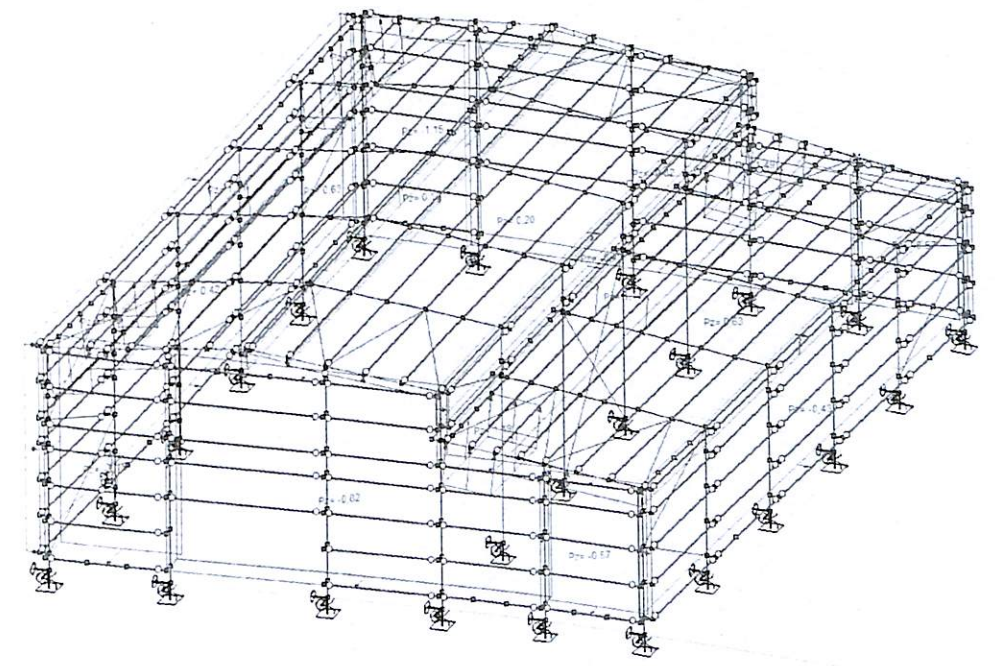
73. ábra 10.sz. daruteher



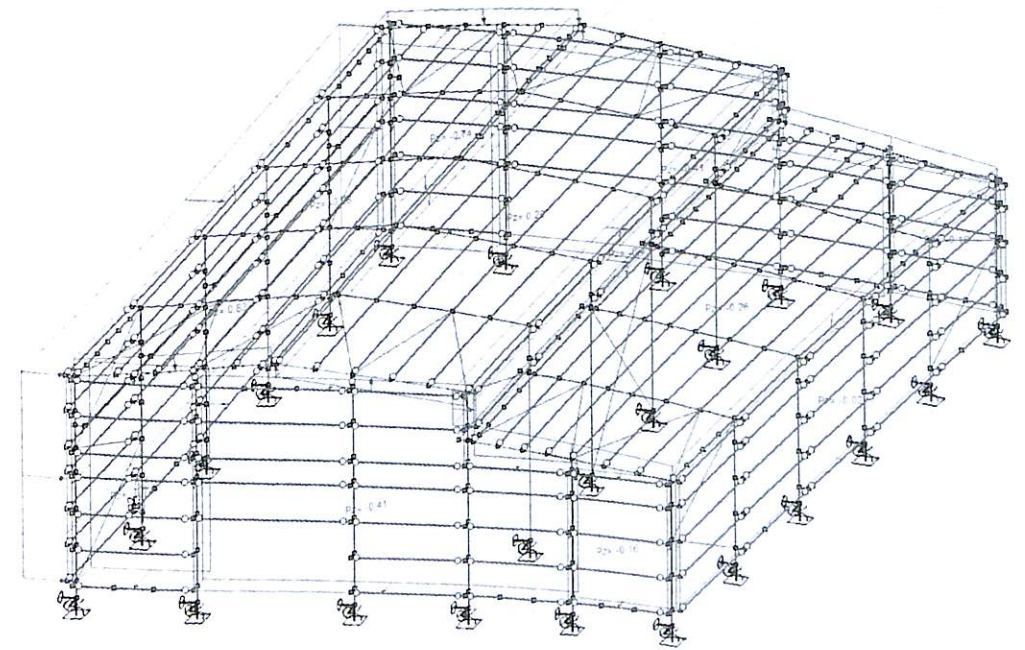
74. ábra 11.sz. daruteher



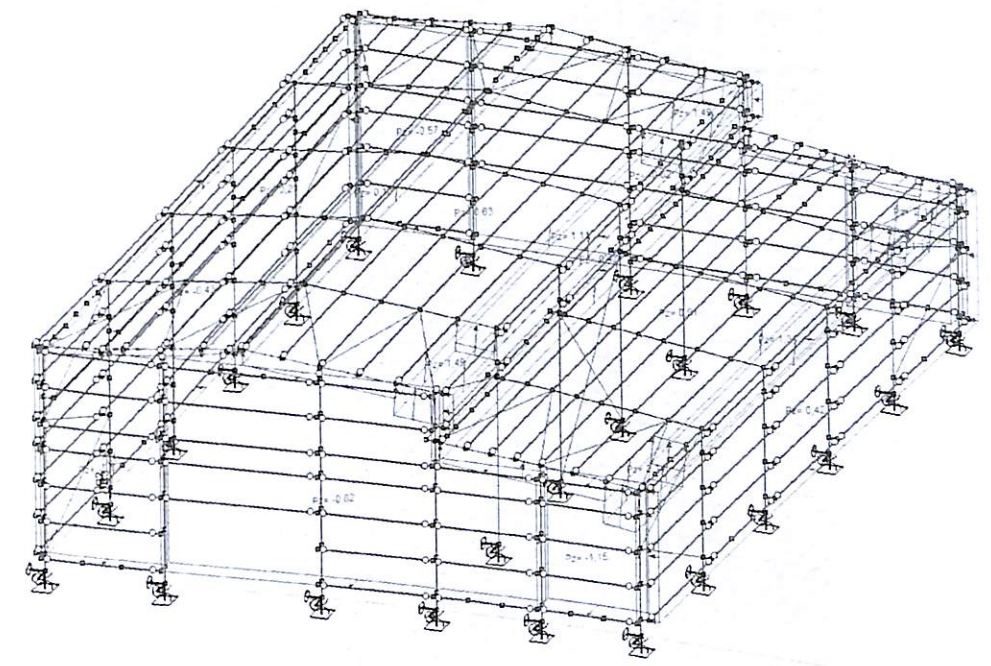
75. ábra 12.sz. daruteher



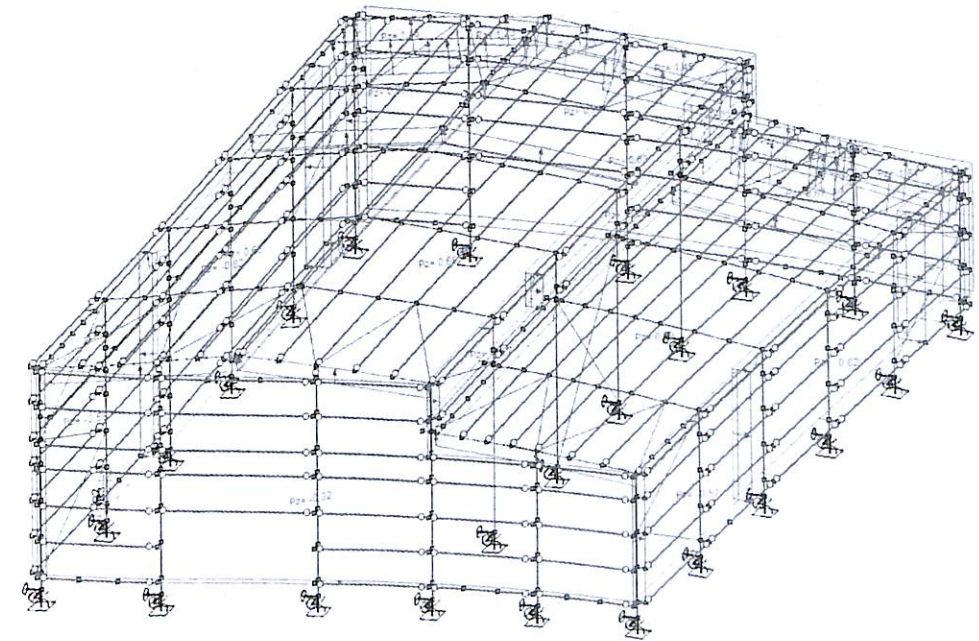
76. ábra Keresztirányú szélteher (0° szélszívás)



77. ábra Keresztirányú szélteher (0° szélnyomás)



78. ábra Keresztirányú szélteher (180° szélszívás)



79. ábra Hosszirányú szélteher (szélszívás)

4.3.2 Oszlopok és tartók szilárdsági ellenőrzés HEA360 oszlopok szilárdsági ellenőrzése

	Sz.	K	min. max.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Kiv.									
63	1	Nx	min	-389,52	-0,25	10,84	0	0	0
216	1		min	-389,60	0,25	10,65	0	0	0
165	1		max	79,48	0,09	2,66	0,01	18,87	-0,66
225	1	Vy	min	-122,39	-71,72	108,07	0,65	33,76	-1,13
72	1		max	-122,19	71,24	107,31	-0,68	35,14	1,18
294	1	Vz	min	-69,79	-7,22	-99,07	0,33	-36,42	-6,22
225	1		max	-293,36	-70,05	136,94	-0,68	97,38	-1,22
123	1	Tx	min	-67,74	8,54	33,04	-3,12	86,61	-0,75
123	1		max	-38,72	-8,36	-10,24	3,26	33,21	0,33
141	1	My	min	-109,65	1,00	-31,49	-0,05	-306,20	-0,12
192	1		min	-109,63	-1,16	-31,57	0,05	-306,05	0,24
75	1		max	-110,16	-1,84	108,97	0,07	280,50	0,43
228	1		max	-110,10	1,64	109,15	-0,06	280,26	-0,42
267	1	Mz	min	2,15	23,72	-28,22	1,01	19,68	-29,84
9	1		max	2,57	-23,67	-26,62	-1,01	23,03	29,59

20. táblázat

Ellenőrzés $V_z=10,65$ kN nyíróerőre és $N_x=389,6$ kN normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = 150 - 27 - 5 = 118$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{118}{17,5} = 6,74 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f = 350 - 2 \cdot 27 - 2 \cdot 17,5 = 261$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet nyomásra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{143 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 3360,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 389,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{389,6}{3360,5} = 0,1159 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 143 \cdot 100 - 2 \cdot 300 \cdot 17,5 + (10 + 2 \cdot 27) \cdot 17,5 = 4920 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{4920 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 667,53 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 10,65 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,65}{667,53} = 0,0160 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés $M_y = 306,20 \text{ kNm}$ nyomatékra, $V_z = 31,49 \text{ kN}$ nyíróerőre és $N_x = 109,65 \text{ kN}$ normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:

Az öv osztályozása megegyezik a tiszta nyomás esetével: 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2088,9 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 490,89 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{306,2}{490,89} \right) = 0,62 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{109,65}{3360,5} \right) + \left(\frac{306,2}{490,89} \right) = 0,6564 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata

A hajlítás és vele egyidejűleg működő nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni, mert:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$31,49 \leq 0,5 \cdot 667,53 = 333,7650$$

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata

A normálerő nem csökkenti az y tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha mindkét feltétel teljesül:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd} \quad \text{és} \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$109,65 \leq 0,25 \cdot 3360,5 = 840,125 \text{ kN} \quad \text{és} \quad 109,65 \leq \frac{0,5 \cdot 315 \cdot 10 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 370,125 \text{ kN}$$

A normálerő nem csökkenti az z tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha teljesül:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$109,65 \leq \frac{315 \cdot 10 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 740,25 \text{ kN}$$

Ellenőrzés $M_y=23,03$ kNm és $M_z=29,59$ kNm nyomatéokra, $V_y=23,67$ kN és $V_z=26,62$ kN nyíróerőre és $N_x=2,57$ kN normálerőre.

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2088,9 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 490,89 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{23,03}{490,89} \right) = 0,0469 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{802,3 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 188,5405 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{29,59}{188,5405} \right) = 0,1569 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{2,57}{3360,5} \right) + \left(\frac{23,03}{490,89} \right) + \left(\frac{29,59}{188,5405} \right) = 0,204 \leq 1,0$$

→ Megfelel

IPE360 gerendák (IPE500 kezdő szelvény)

	Sz.	K	min. max.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Kiv.									
210	13	Nx	min	-166,13	22,17	-7,65	-0,27	-101,71	0,31
266	13		max	112,90	-3,82	-40,25	1,10	0	-2,25
56	13	Vy	min	-143,09	-27,85	13,65	-0,18	-113,26	-5,29
57	13		min	-142,97	-27,85	-14,89	0,36	-111,99	-2,69
209	13		max	-143,54	28,10	13,74	0,18	-112,90	5,32
210	13		max	-143,43	28,10	-14,89	-0,36	-111,62	2,70
62	13	Vz	min	-45,67	-0,15	-103,05	0,20	0	0,70
215	13		min	-46,39	0,27	-103,01	-0,20	0	-0,66
70	változó		max	-45,17	1,93	94,77	-0,05	223,40	-1,47
223	változó		max	-45,16	-1,94	94,74	0,05	223,12	1,47
28	13	Tx	min	3,97	0,83	-35,26	-1,43	0	1,18
266	13		max	4,31	-0,84	-35,21	1,43	0	-1,18
66	13	My	min	-55,18	0,64	-7,97	0,01	-166,14	-0,15
67	13		min	-42,29	1,05	15,08	-0,01	-166,14	0,63
219	13		min	-55,90	-0,65	-7,94	-0,01	-166,03	0,14
220	13		min	-42,80	-1,05	15,11	0,01	-166,03	-0,63
103	változó		max	-41,39	0,22	-94,80	-0,01	306,69	0,06
154	változó		max	-41,47	-0,14	-94,78	0,02	306,54	0
35	változó	Mz	min	-115,28	8,91	27,71	0,17	158,57	-11,99
274	változó		max	-120,11	-8,69	27,64	-0,17	158,25	11,71

21. táblázat

Ellenőrzés $M_v=306,6$ kNm nyomatékra, $V_z=94,8$ kN nyíróerőre és $N_x=41,39$ kN normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = 100 - 21 - 5,1 = 73,9$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{73,9}{16} = 4,62 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f = 500 - 2 \cdot 21 - 2 \cdot 16 = 426$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{426}{10,2} = 41,76 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet nyomásra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{116 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 2726 \text{ kN} > N_{Ed} = 41,39 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{41,39}{2726} = 0,015 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 116 \cdot 100 - 2 \cdot 200 \cdot 16 + (10,2 + 2 \cdot 21) \cdot 16 = 6035,2 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{6035,2 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 818,84 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 94,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{94,8}{818,84} = 0,1157 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:

Az öv osztályozása megegyezik a tiszta nyomás esetével: 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{426}{10,2} = 41,76 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2194,5 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 515,7 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{306,69}{515,7} \right) = 0,59 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}}\right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}}\right) = \left(\frac{41,39}{2726}\right) + \left(\frac{306,69}{515,7}\right) = 0,610 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata

A hajlítás és vele egyidejűleg működő nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni, mert:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$94,8 \leq 0,5 \cdot 818,84 = 409,42$$

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata

A normálerő nem csökkenti az y tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha mindkét feltétel teljesül:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd} \quad \text{és} \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$41,39 \leq 0,25 \cdot 2726 = 681,5 \text{ kN} \quad \text{és} \quad 41,39 \leq \frac{0,5 \cdot 468 \cdot 10,2 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 560,898 \text{ kN}$$

A normálerő nem csökkenti az z tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha teljesül:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$41,39 \leq \frac{468 \cdot 10,2 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 1121,796 \text{ kN}$$

A további elemek szilárdsági ellenőrzését az AXIS programmal végeztük el.

A további elemek szilárdsági ellenőrzését az AXIS program

2db C200x2,0													
	Sz.	K	min. max	Táv [m]	Csp.	Smin [kN/cm ²]	Smax [kN/cm ²]	Vmin [kN/cm ²]	Vmax [kN/cm ²]	Somin [kN/cm ²]	Somax [kN/cm ²]	Vyátl [kN/cm ²]	Vzátl [kN/cm ²]
Kiv.						0,46	10,64	0	0,21	0	10,64	-0,09	0,16
604	11	Somin	min	4,17		3,38	2,18	0	0,31	3,38	2,28	0,53	-0,02
604	11		max	0	-418	-0,07	2,46	0	0,36	9,39	0,92	0,19	-0,31
598	11	Somax	min	2,085		1,19	20,89	0	0,1	1,19	20,89	0	-0,1
588	11		max	3,475									

	Vmin [kN/cm ²]	Somin [kN/cm ²]	Somax [kN/cm ²]	Vyátl [kN/cm ²]	Vzátl [kN/cm ²]
--	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

22. táblázat

2db Z250x2,5						S _{min}	S _{max}	V _{min}	V _{max}	S _{omin}	S _{omax}	V _{yátl}	V _{zátl}
	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]						
Kiv.						-1,53	-0,06	0	0,13	0,01	1,45	-0,08	-0,32
383	22	Somin	min	1,2	-68	-1,75	13,32	0	0,51	1,75	17,95	-0,29	-1,24
382	22		max	0	-17	-0,22	-0,08	0	0,05	0,15	0,16	0	0,23
381	22	Somax	min	0	-67	-0,09	24,76	0	0,82	0,09	27,04	0,41	1,95
376	22		max	6									

23. táblázat

C200x2,0													
	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Smin [kN/cm ²]	Smax [kN/cm ²]	Vmin [kN/cm ²]	Vmax [kN/cm ²]	Somin [kN/cm ²]	Somax [kN/cm ²]	Vyátl [kN/cm ²]	Vzátl [kN/cm ²]
Kiv.										0	0,5	0,33	0
545	12	Somin	min	0	-102	0,31	0	0	0,21	7,12	18,07	0,13	0,7
601	12		max	0,925		7,12	18,07	0	0,54	0,02	0,37	0,32	0
611	12	Somax	min	0	-374	0,08	-0,02	0	0,2	0,74	30,13	-0,13	-0,04
558	12		max	3,6		0,74	30,13	0	0,11				

24. táblázat

HEA200				
	Sz.	Hossz [m]	min. max.	Sx [kN/cm ²]
Kiv.				
31	9	6	Sx min	-0,82
29	9	6	Sx max	1,17

25. táblázat

HEA300													
	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Smin [kN/cm ²]	Smax [kN/cm ²]	Vmin [kN/cm ²]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]
Kiv.						0	0	0,07	0	0	0,11	0,06	-0,07
307	4	Somin	min	9,632	-5	-0,03	8,65	0,28	1,61	2,8	8,71	-0,06	1,4
307	4		max	7,7	-369	-0,03	8,74	0,28	1,62	2,8	8,81	-0,06	-1,4
310	4		max	7,7	-417	-0,1	-0,1	0,01	0	0,11	0,11	0	0,01
421	4	Somax	min	0	-357	-0,1	-0,1	0	0,01	0,1	0,11	0	-0,01
427	4		min	0	-358	-0,1	-0,1	0,06	0,1	0,18	13,74	-0,02	0,04
310	4		max	3,7	-411	-0,13	13,49	0,06					
									</				

26. táblázat

1/2 HEA200													
	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Smin [kN/cm2]	Smax [kN/cm2]	[kN/cm2]	[kN/cm2]				
Kiv.								0	0,32	0	0,56	-0,28	-0,1
292	3	Somin	min	0	-299	0,1	0	0	0,68	1,18	6,46	0	0,55
490	3		max	0	-369	-1,23	6,46	0	0,68	1,18	6,48	0,06	0,55
497	3		max	0	-383	-1,25	6,48	0	0,14	0,09	0,18	-0,13	0,08
41	3	Somax	min	0,338		-0,09	0,1	0	3,52	0,25	21,5	-2,64	0,12
477	3		max	0	-2	-0,24	24,51						

27. táblázat

Ø121x6,0				
	Sz.	Hossz [m]	min. max.	Sx [kN/cm ²]
Kiv.				
9	16	6,896	Sx min	-4,5
8	16	6,236	Sx max	4,32

28. táblázat

Ø121x8,0				
	Sz.	Hossz [m]	min. max.	Sx [kN/cm ²]
Kiv.				
32	20	9,315	Sx min	-3,41
33	20	9,315	Sx max	3,01

29. táblázat

Z250x2,5													
	Sz.	K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Smin [kN/cm ²]	Smax [kN/cm ²]	Vmin [kN/cm ²]	Vmax [kN/cm ²]	Somin [kN/cm ²]	Somax [kN/cm ²]	Vyátl [kN/cm ²]	Vzátl [kN/cm ²]
Kiv.						-1,99	-0,12	0	0,06	0	2	0,06	0,09
393	10	Somin	min	3,6		-4,8	-4,42	0	0,29	4,8	4,26	-0,17	-0,57
340	10		max	1		-0,82	0,22	0	0,04	0,77	0,22	-0,01	0,15
366	10	Somax	min	1,2		0,24	30,46	0	1,02	0,24	30,51	0,44	2,21
323	10		max	6	-210								

30. táblázat

4.3.3 Stabilitás vizsgálat

A elemek stabilitást vizsgálatát az AXIS programmal végeztem el. Az alábbi táblázatokban az adott szelvények legnagyobb kihasználtsági értéke található.

HEA200

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
31 (230–282)	(rácsrúd)	S 235	HE 200 A	0	N-M-Kihajl.	0,088

31. táblázat

HEA300

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
55 (409–411)	(rúd)	S 235	HE 300 A	1,5	N-M-V	0,584

32. táblázat

HEA360

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
182 (89–95)	(rúd)	S 235	HE 360 A	0,925	N-M-V	0,743

33. táblázat

1/2 HEA200

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
276 (2–342)	(rúd)	S 235	HEA 200*	0	N-M-V	0,82

34. táblázat

IPE500 - IPE360 változó keresztmetszet

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
410 (58–316)	(rúd)	S 235	IPE 360	0	N-M-V	0,803

35. táblázat

Ø 121x6,0

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
22 (264–319)	(rácsrúd)	S 235	O 121.0 X 6.0	0	N-M-Kihajl.	0,712

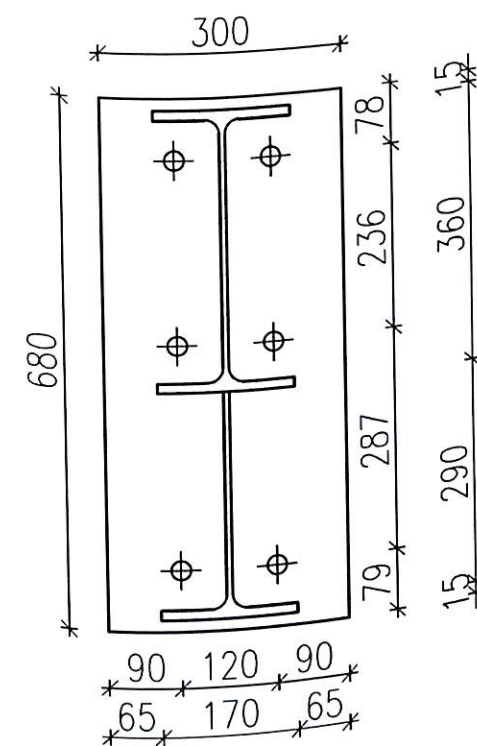
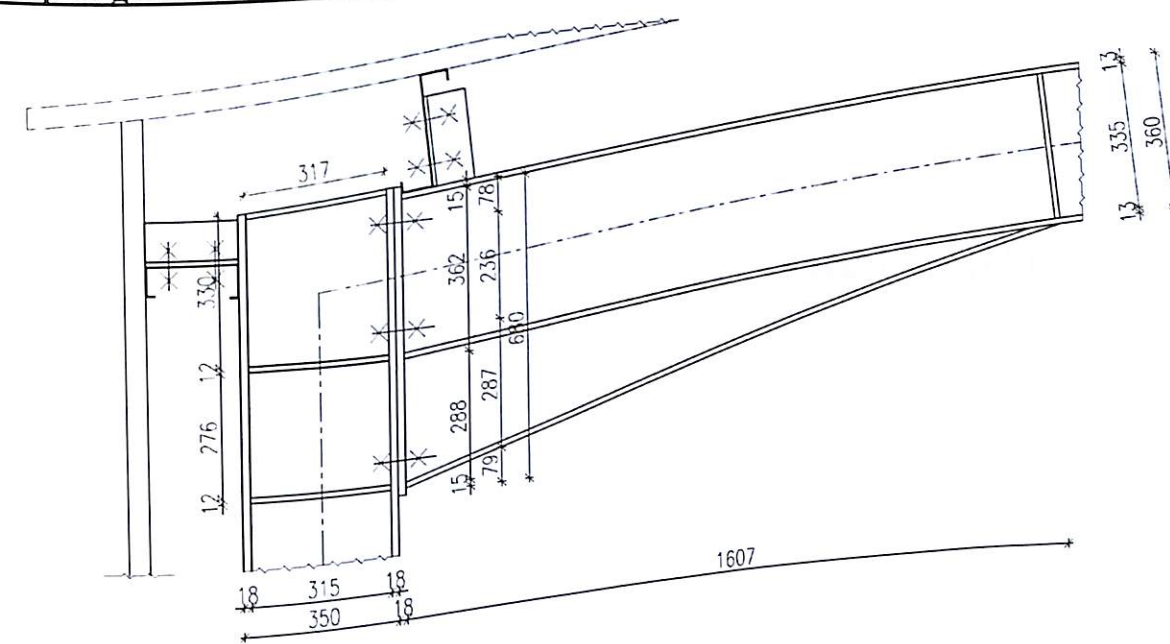
36. táblázat

Ø 121x8,0

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
4 (118–178)	(rácsrúd)	S 235	O 121.0 X 8.0	0	N-M-Kihajl.	0,972

37. táblázat

Oszlop és gerenda kapcsolata



80. ábra

S325

 $f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$
$$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

A csavarok M22 10.9 minőségűek:

$$f_{yb}=90 \text{ kN/cm}^2$$
$$f_{ub} = 100,0 \text{ kN/cm}^2$$

$d=22 \text{ mm}$

 $d_0 = 24 \text{ mm}$
$$A=3,8 \text{ cm}^2 \quad A_s=3,03 \text{ cm}^2$$
$$d_m = 34,5 \text{ mm}$$

A húzott csavarok ellenállása

Húzási ellenállás:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \frac{3,03 \cdot 100}{1,25} = 218,16 \text{ kN}$$

Kigombolódási ellenállás:

A kigombolódás szempontjából az oszlop öv vastagsága a mértékadó: $t_{min} = 17,5 \text{ mm}$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \frac{\pi \cdot d_m \cdot t_{min} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,6 \frac{\pi \cdot 3,45 \cdot 17,5 \cdot 36}{1,25} = 327,7464 \text{ kN}$$

A csavar nyírási ellenállása:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 100 \cdot \frac{2,2^2 \cdot \pi}{4}}{1,25} = 364,9274 \text{ kN}$$

A gerenda homloklemezének ellenállása

A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése

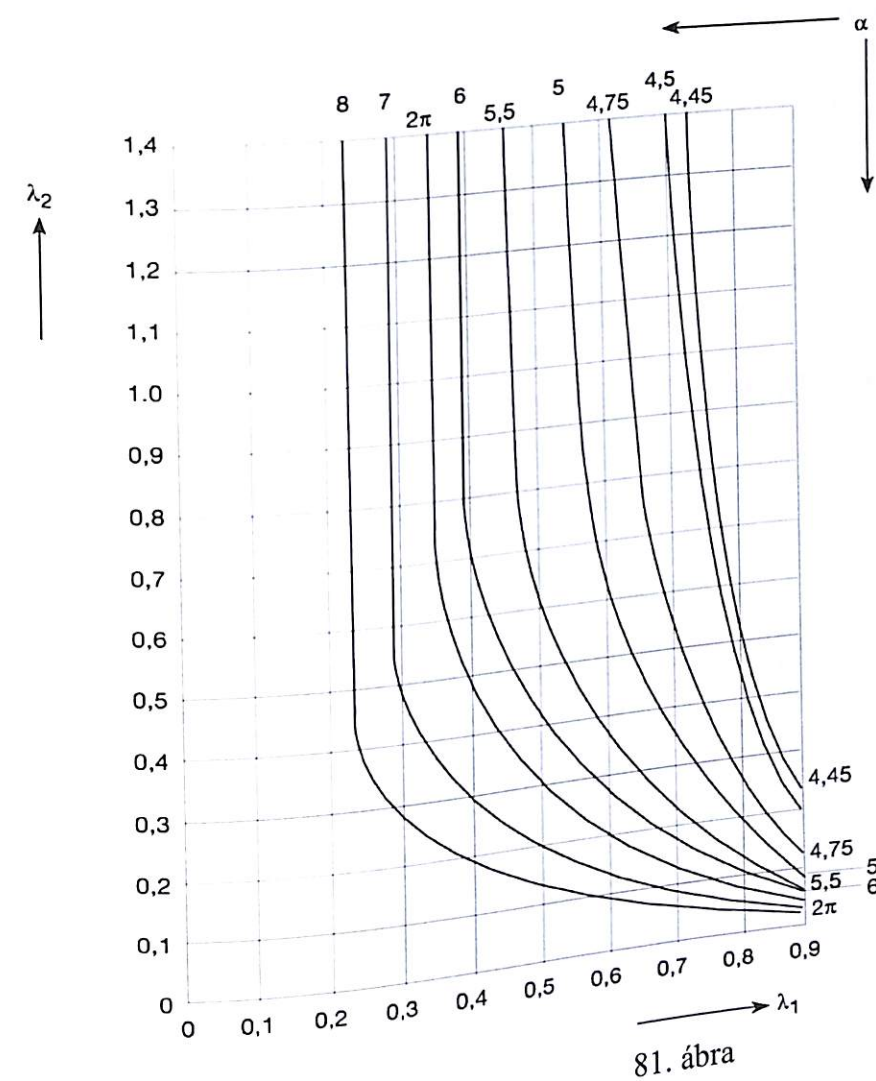
Segédmenntiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot a_c \cdot \sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{9,4}{2} - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 50,7745 \text{ mm} \quad p = 236 \text{ mm}$$

$$n = e = 90 \text{ mm} \quad m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 50 - 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 43,2117 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{50,7745}{50,7745 + 90} = 0,3607$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{43,2117}{50,7745 + 90} = 0,3069$$



81. ábra

$$\alpha = 7,8$$

Az effektív hossz számítása
Nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff} = 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = 0,5 \cdot 236 + 7,8 \cdot 50,7745 - (2 \cdot 50,7745 + 0,625 \cdot 90) = 356,2422 \text{ mm}$$

A kör alakú töréskép nem mértékadó

A homloklemez vastagsága: $t_{fc} = 18 \text{ mm}$, a nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 356,24 \cdot 18^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 678,107$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t1,Rd} = 4 \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \frac{678,107}{5,077} = 534,2105 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 678,107 + 9 \cdot 2 \cdot 218,16}{5,077 + 9} = 375,2877 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkremeneteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

A gerenda öve alatti második csavarsor ellenőrzése.

Az effektív hossz számítása.

Nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot p + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e = 0,5 \cdot 236 + 2 \cdot 50,7745 + 0,625 \cdot 90 = 275,799 \text{ mm}$$

A kör alakú töréskép nem mértékadó

A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{fc}}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 \cdot 27,58 \cdot 1,8^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 524,9835 \text{ kNcm}$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{\text{t}1,\text{Rd}} = 4 \frac{M_{\text{pl},1,\text{Rd}}}{m} = 4 \frac{524,9835}{5,077} = 413,5803 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{\text{t}2,\text{Rd}} = \frac{2M_{\text{pl},1,\text{Rd}} + n \sum F_{\text{t},\text{Rd}}}{m + n} = \frac{2 \cdot 524,9835 + 9 \cdot 2 \cdot 218,16}{5,077 + 9} = 353,5332 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{\text{t}3,\text{Rd}} = \sum F_{\text{t},\text{Rd}} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkremeneteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

A csavarsorok távolsága

$$z_1 = 680 - 78 - 15 - 12,7/2 = 580,65 \text{ mm}$$

$$z_2 = 580,65 - 236 = 344,65 \text{ mm}$$

$$M_{\text{j},\text{Rd}} = \sum z_i F_{\text{t},\text{Rd}} = 0,58065 \cdot 375,2877 + 0,34465 \cdot 353,5332 = 339,9747 \text{ kNm}$$

A teherbírás ellenőrzése:

$$\frac{M_{\text{j},\text{Ed}}}{M_{\text{j},\text{Rd}}} = \frac{306,69}{339,9747} = 0,902$$

A gerendát kapcsoló homloklemezkes kapcsolat éppen megfelel.

Az oszlop övének ellenállása

A felső csavarsor ellenőrzése

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{120}{2} - \frac{9,4}{2} - 0,8 \cdot 27 = 33,7 \text{ mm} \quad p=236 \text{ mm}$$

$$n=1,25m=1,25 \cdot 33,7=42,125 \text{ mm}$$

$$e_1=78 \text{ mm}$$

Az effektív hossz számítása

Nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4m + 1,25e = 4 \cdot 33,7 + 1,25 \cdot 90 = 247,3 \\ e_1 + 2m + 0,625e = 78 + 2 \cdot 33,7 + 0,625 \cdot 90 = 201,35 \end{array} \right\} = 201,35$$

$$l_{eff,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5p + 2m + 0,625e = 0,5 \cdot 236 + 2 \cdot 33,7 + 0,625 \cdot 90 = 241,65 \\ e_1 + 0,5p = 78 + 0,5 \cdot 236 = 195,7 \end{array} \right\} = 195,7$$

A kör alakú töréskép nem mértékadó

Az övlemez vastagsága $t_p=17,5 \text{ mm}$, határyomatéka

$$M_{pl,1,Rd}=M_{pl,2,Rd}=0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 201,35 \cdot 1,75^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 352,1071 \text{ kNcm}$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t1,Rd} = 4 \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \frac{352,1071}{3,37} = 417,9313 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 352,1071 + 4,212 \cdot 2 \cdot 218,16}{3,37 + 4,212} = 335,2736 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkremeneteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

A második csavarsor ellenőrzése

Az effektív hossz számítása

Nem kör alakú töréskép esetén

$$l_{eff,2}=0,5p+2m+0,625e=0,5 \cdot 236+2 \cdot 33,7+0,625 \cdot 90=241,65 \text{ mm}$$

Az övlemez határyomatéka

$$M_{pl,1,Rd}=M_{pl,2,Rd}=0,25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 241,65 \cdot 1,75^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 434,7812 \text{ kNcm}$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t1,Rd} = 4 \frac{M_{pl.1,Rd}}{m} = 4 \frac{434,7812}{3,37} = 516,0608 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkrementeteli módja:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl.1,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 434,7812 + 4,212 \cdot 2 \cdot 218,16}{3,37 + 4,212} = 357,0802 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkrementeteli módja:

$$F_{t3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkrementeteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

A teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

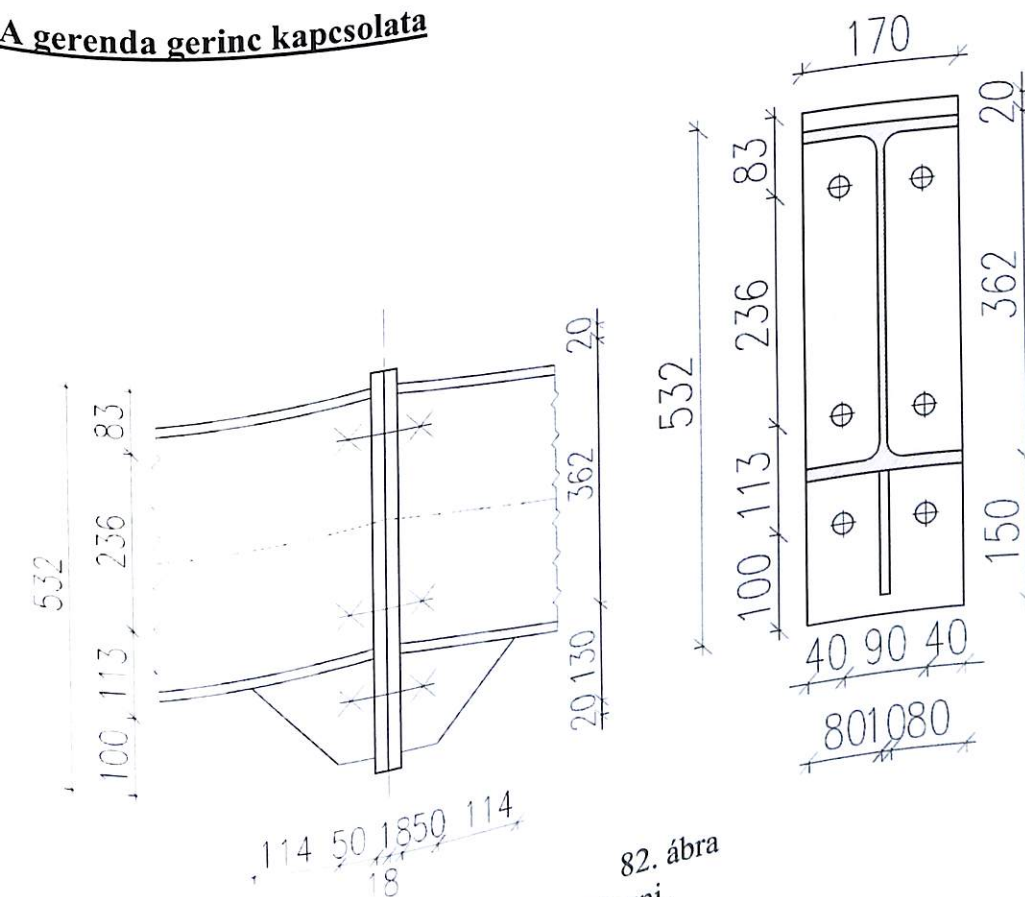
$$M_{j,Rd} = \sum z_i F_{t,ri} = 0,58065 \cdot 335,2736 + 0,34465 \cdot 357,0802 = 317,952 \text{ kNm}$$

A teherbírás ellenőrzése:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{306,69}{317,952} = 0,964$$

Tekintettel arra, hogy 1 db M22 csavar nyírási ellenállása meghaladja a csomóponton létrejövő nyírás tervezési értékét, a részletes vizsgálatot mellőzzük.

A gerenda gerinc kapcsolata



82. ábra

A kapcsolatot hajlító nyomatékra kell méretezni.

$$M_{j,Ed} = 153,23 \text{ kNm}$$

A szerkezeti elemek anyagminősége:

S325 $f_y=23,5 \text{ kN/cm}^2$ $f_u=36,0 \text{ kN/cm}^2$

A csavarok M22 10.9 minőségűek:

$f_{yb}=90 \text{ kN/cm}^2$ $f_{ub}=100,0 \text{ kN/cm}^2$
 $d=22 \text{ mm}$ $d_0=24 \text{ mm}$ $A=3,8 \text{ cm}^2$ $A_s=3,03 \text{ cm}^2$ $d_m=34,5 \text{ mm}$

A húzott csavarok ellenállása

Húzási ellenállás:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \frac{3,03 \cdot 100}{1,25} = 218,16 \text{ kN}$$

A gerenda homloklemezének ellenállása

A gerenda öve feletti alsó csavarsor ellenőrzése

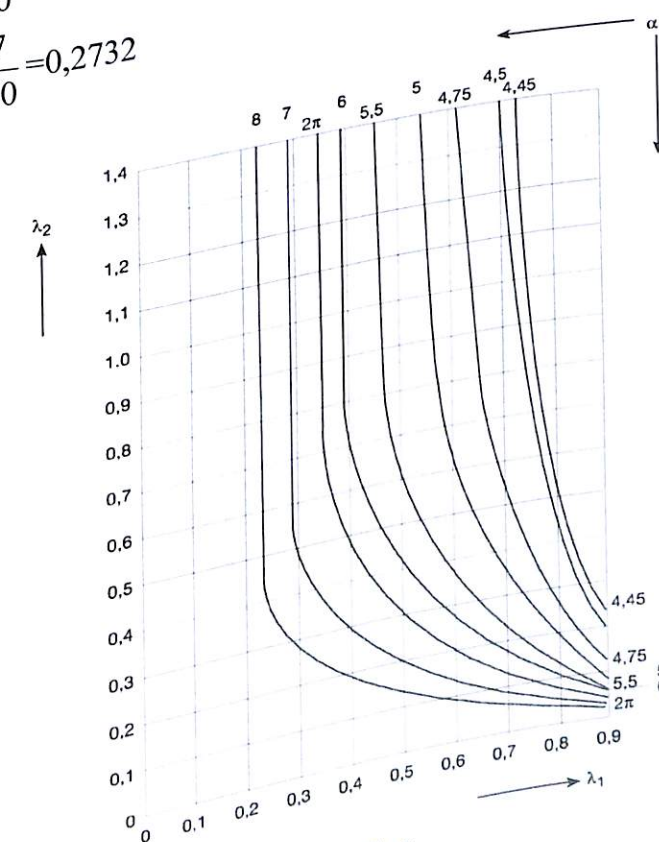
Segédmenyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{90}{2} - \frac{8}{2} - 0,8 \cdot 18 = 26,6 \text{ mm}$$

$$n = e = 40 \text{ mm} \quad m_2 = e_f - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 25 - 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 18,2117 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{26,6}{26,6 + 40} = 0,399$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{18,2117}{26,6 + 40} = 0,2732$$



83. ábra

$$\alpha=7,6$$

Az effektív hossz számítása
Nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{\text{eff}} = \alpha \cdot m = 7,6 \cdot 26,6 = 202,16 \text{ mm}$$

A kör alakú töréskép nem mértékadó

A homloklemez vastagsága: $t_{fc} = 18 \text{ mm}$, a nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 202,16 \cdot 1,8^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 384,8115 \text{ kNcm}$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t1,Rd} = 4 \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \frac{384,8115}{2,66} = 578,664 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 384,8115 + 4 \cdot 2 \cdot 218,16}{2,66 + 4} = 377,613 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkremeneteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

A gerenda öve alatti (külső) csavarsor esetén

$$l_{\text{eff}} = e_1 + \alpha \cdot m - (2m + 0,625e) = 83 + 7,6 \cdot 26,6 - (2 \cdot 26,6 + 0,625 \cdot 40) = 256,96 \text{ mm}$$

A homloklemez nyomatéki teherbírása:

$$M_{pl,1,Rd} = M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 256,96 \cdot 1,8^2 \cdot \frac{23,5}{1,00} = 489,1233 \text{ kNcm}$$

A T elem 1. tönkremeneteli módja:

$$F_{t1,Rd} = 4 \frac{M_{pl,1,Rd}}{m} = 4 \frac{489,1233}{2,66} = 735,5238 \text{ kN}$$

A T elem 2. tönkremeneteli módja:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 489,1233 + 4 \cdot 2 \cdot 218,16}{2,66 + 4} = 408,9379 \text{ kN}$$

A T elem 3. tönkremeneteli módja:

$$F_{t3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 218,16 = 436,32 \text{ kN}$$

A 2. tönkremeneteli mód a legkisebb, ezért ez a mértékadó.

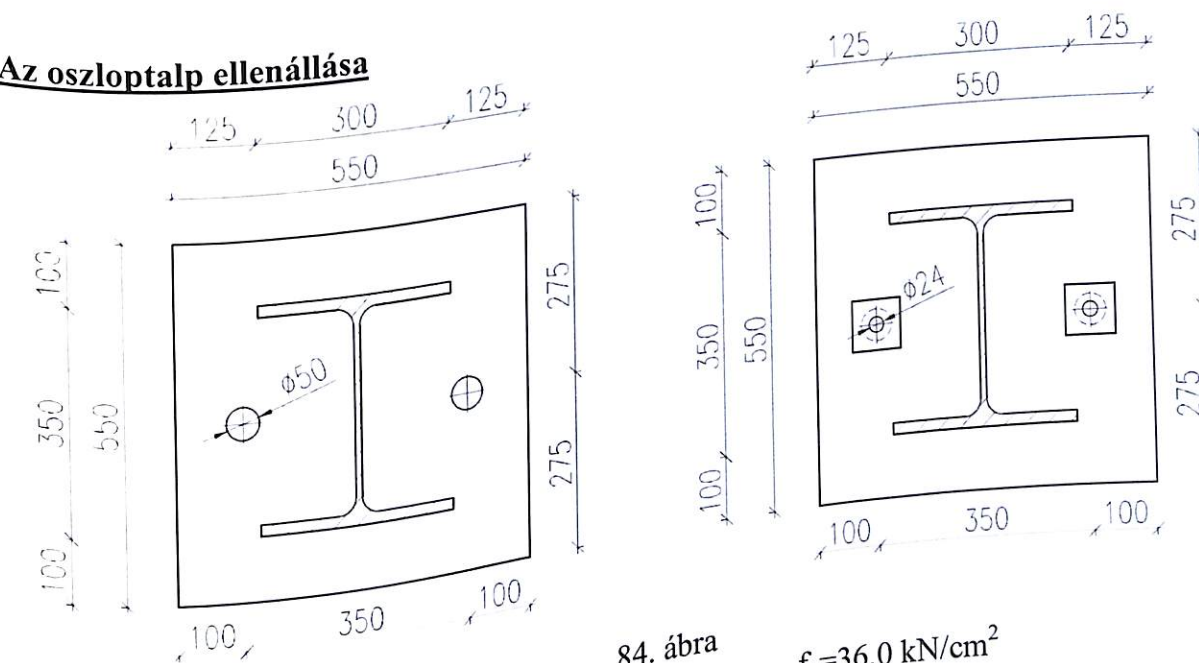
A teljes homloklemez hajlítási ellenállása

$$M_{j,Rd} = \sum z_i F_{t,i} = 408,9379 \cdot 0,406 + 377,613 \cdot 0,293 = 276,6693 \text{ kNm}$$

A teherbírás ellenőrzése:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{153,23}{276,6693} = 0,5538$$

Az oszloptalp ellenállása



Alapanyag: S235
C20/25
Csavarok: M22, 8.8

84. ábra
 $f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{ck} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$
 $d_0 = 24 \text{ mm}$
 $A = 3,8 \text{ cm}^2$
 $f_{yb} = 64,0 \text{ kN/cm}^2$

$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$
 $\gamma_c = 1,5$
 $d_m = 34,5 \text{ mm}$
 $A_s = 3,03 \text{ cm}^2$
 $f_{ub} = 80,0 \text{ kN/cm}^2$

Oszlop adatai: HEA360 melegen hengerelt szelvény

övvastagság $t_{ic} = 17,5 \text{ mm}$

Talplemez geometriai adatai:

szélesség: $b_p = 550 \text{ mm}$

vastagság $t_p = 30 \text{ mm}$

A kapcsolat helyén a reakció erők:

$$R_x = 24,25 \text{ kN.}$$

$$R_y = 43,92 \text{ kN}$$

$$R_z = 404,58 \text{ kN}$$

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{24,25^2 + 43,92^2} = 50,17 \text{ kN}$$

Nyomott T-elem ellenállása:

Helyettesítő nyomott T-elem méreteinek számítás
A beton nyomószilárdságának pecsétnyomásra figyelembe vehető értéke:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot 3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{1,5} \cdot 3 = 2,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

T-elem mérete:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{23,5}{3 \cdot 2,67 \cdot 1,00}} = 5,1385 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2c + t_{fe} = 2 \cdot 5,1385 + 1,75 = 12,027 \text{ cm}$$

$$l_{\text{eff}} = b_p = 55 \text{ cm}$$

A nyomott T-elem ellenállása:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot b_{\text{eff}} \cdot l_{\text{eff}} = 2,67 \cdot 12,027 \cdot 55 = 1766,16 \text{ kN} > R_z = 404,58 \text{ kN}$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 80 \cdot 2,2^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 145,9709 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{100}{50} - 1,7 = 3,9; 2,5 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{275}{3 \cdot 50} = 1,833 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \\ 1 \end{array} \right) = 1,00$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 1 \cdot 36 \cdot 22 / 10 \cdot 10 / 10 / 1,25 = 158,4 \text{ kN}$$

Egy csavar ellenállása:

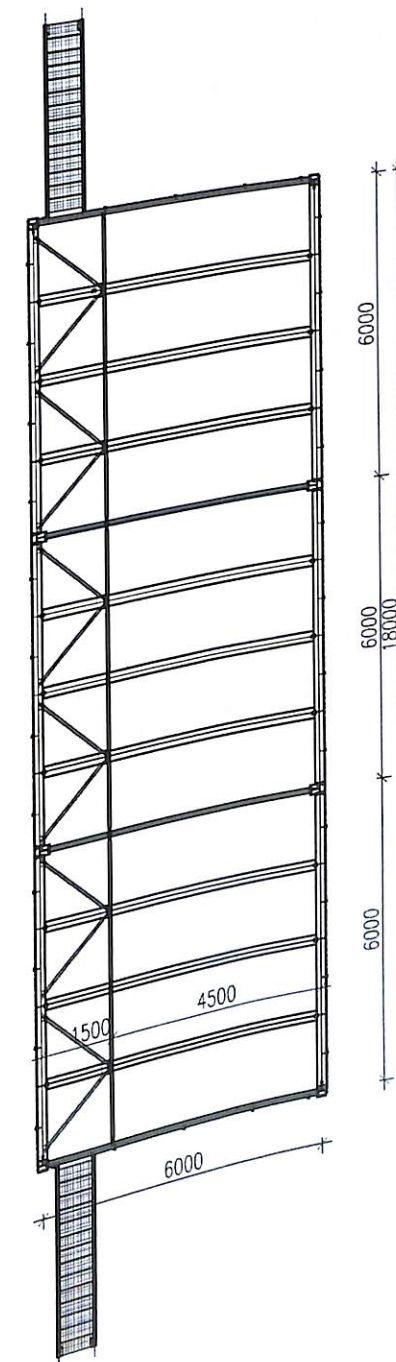
$$V_{b,Rd} = \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd}) = 145,9709 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{b,Rd} = 2 \cdot 145,9709 \text{ kN} = 291,9418 \text{ kN} > R_{xy} = 50,17 \text{ kN}$$

5. A pódium

A pódium a „B” és „C” illetve a „2”-es és „5”-ös tengelyek között helyezkedik el. A járószint 2,43 m magasan helyezkedik el. A padlószint és a pódium legalacsonyabb pontja közötti távolság 2,2 m, ezért a pódium alatti terület ember közlekedésre alkalmas. A pódium keretéből áll, melyek a 2-es, 3-as, 4-es és 5-ös tengelyek által meghatározott síkban találhatók. A 2-es és 5-ös tengelyeken fekvő oszlopok HEA200 szelvényből készülnek. A 3-as és 4-es tengelyeken található oszlopok összetett szelvényűek, ami egy HEA200 szelvény és egy félbevágott IPE400 szelvényből áll. Erre azért volt szükség andráskereszt jellegű merevítésre, ami csak akadályozná a erővel szemben és nincs szükség andráskereszt jellegű merevítésre, ami csak akadályozná a pódium alatt lévő gyalogos közlekedést. Az oszlopokat IPE 200 szelvényű gerendák, a kereteket hosszirányban HEA200 szelvényű gerendák és L50x50x5 szelvényű rácsokat támasztja alá. A pódiumra kétirányból lépcsőn juthatunk fel. A lépcső tartója hidegenhajlított DV-U 200x60x5 szelvényből áll, amin csavarozott rögzítésű MEISER lépcsőfokok vannak. A pódiumon és a lépcsőn lévő korlát kézléc része Ø38x1,5 csőből, a boraléc része pedig 6x75 laposacélból készül. Az oszlopok és lépcső végei HILTI HVA ragasztott töcsavarral vannak rögzítve.



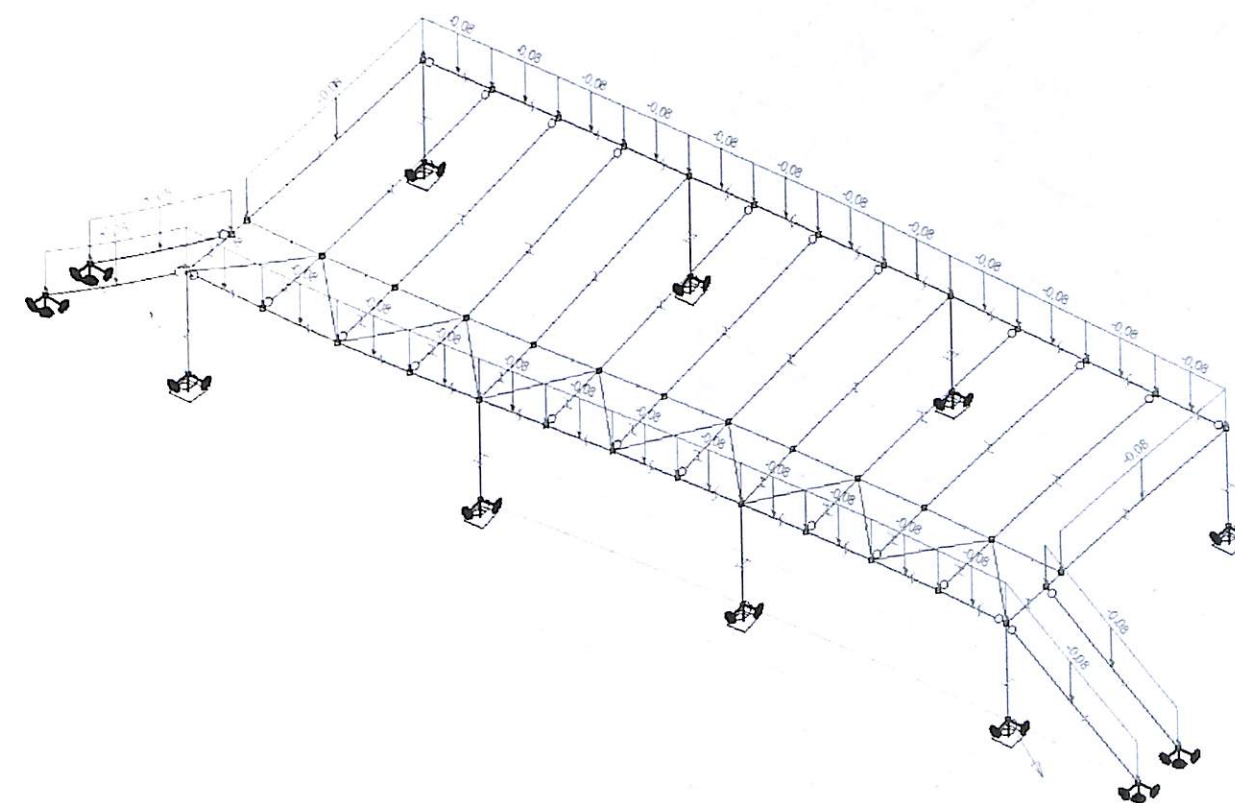
5.1 Pódiumra ható terhek és hatások

Tartószerkezeti elemek önsúlya

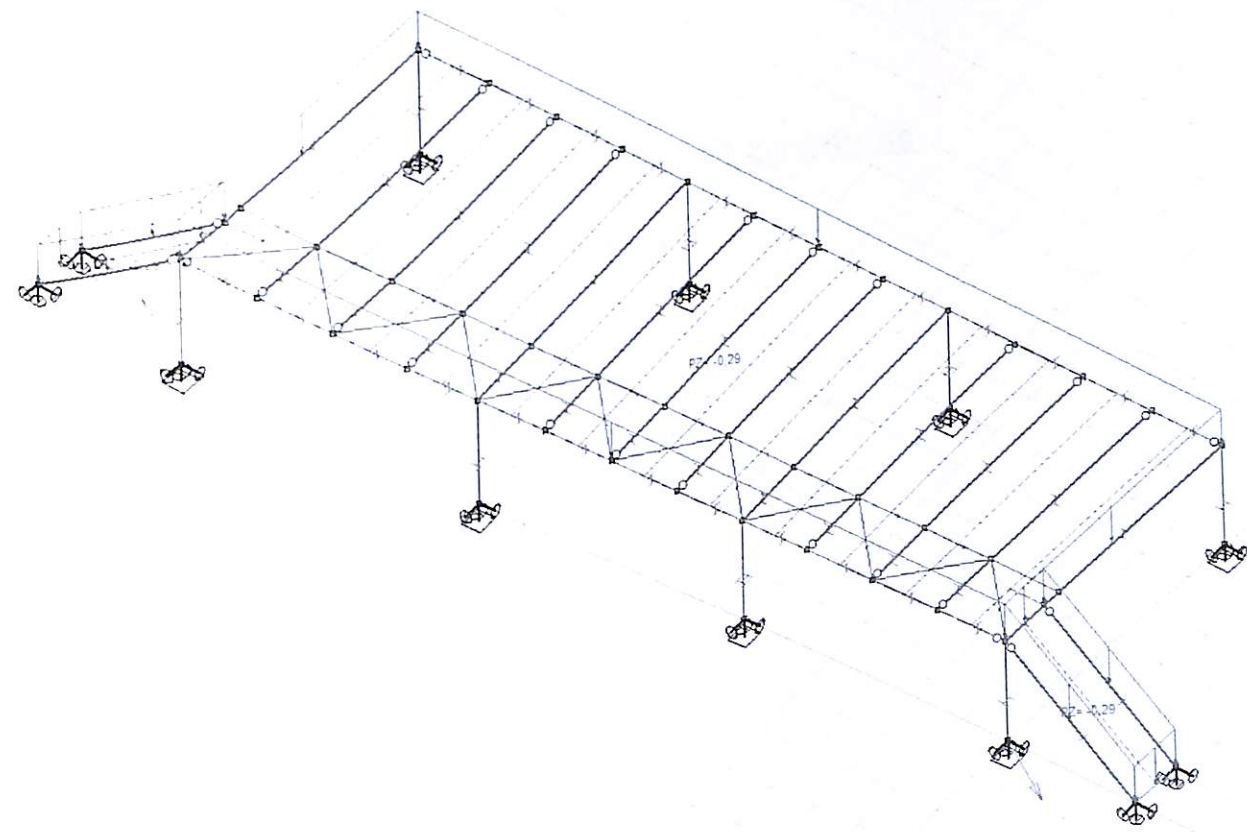
A tartószerkezeti elemek önsúlyát az AXIS program automatikusan figyelembe veszi.

Korlát és járórács súlya

A korlátoszlopok, a kézléc, a térdléc és bokaléc súlyát egy $0,08 \text{ kN/m}$ nagyságú vonalmenti teherként vesszük figyelembe. A járórács önsúlya $0,29 \text{ kN/m}^2$ nagyságú felületi teher.



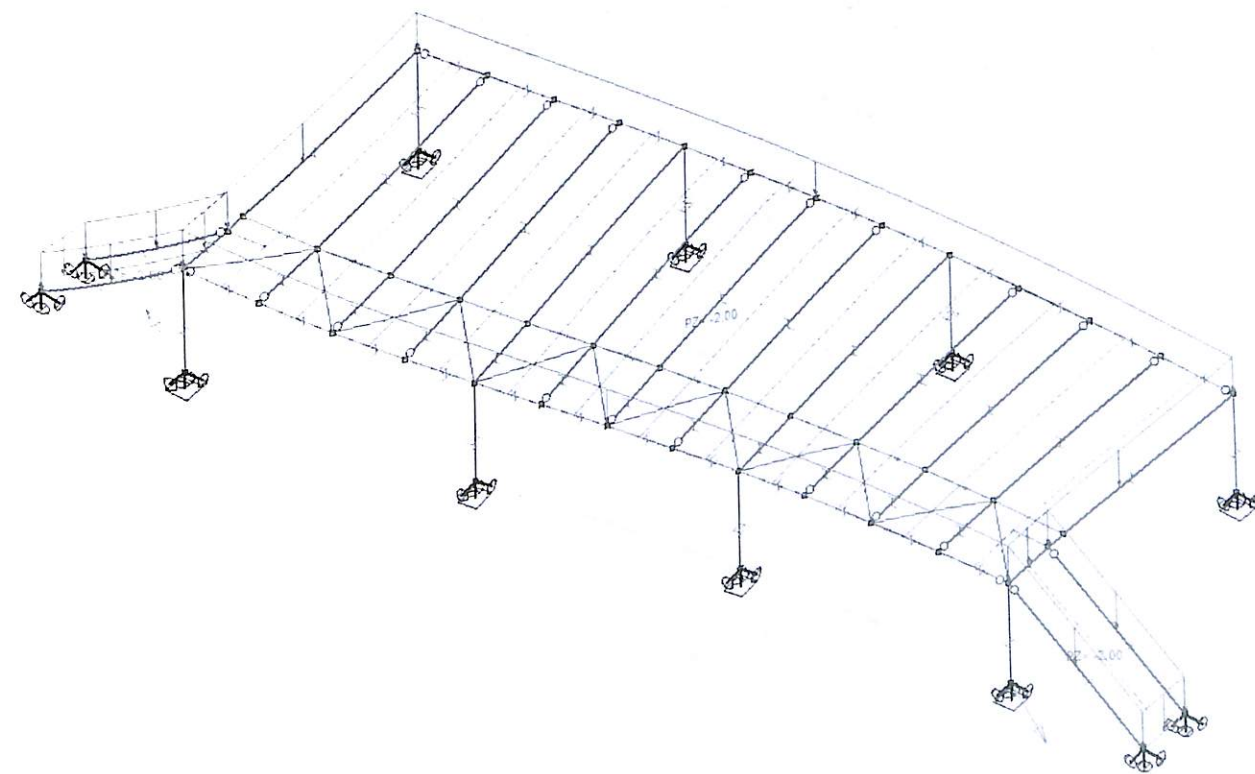
86. ábra korlát terhe



87. ábra járórács önsúlya

Hasznos terhek

A pódiumon 2 kN/m^2 hasznos teher van.



88. ábra hasznos teher

5.2 Szelvények szilárdsági ellenőrzése

U 200x60x5 szelvény szilárdsági ellenőrzése

Ellenőrzés $V_z = 2,88$ kN nyíróerőre és $N_x = 12,56$ kN normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = b - r - t_w = 60 - 5 - 5 = 50$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{50}{5} = 10 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10$$

Tehát az öv 2. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f = 200 - 2 \cdot 5 - 2 \cdot 5 = 180$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{180}{5} = 36 < 38 \cdot \varepsilon = 38$$

Tehát az gerinc 2. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet nyomásra 2. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

2. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,18 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 356,73 \text{ kN} > N_{Ed} = 12,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{12,56}{356,73} = 0,035 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f = 15,18 \cdot 100 - 2 \cdot 60 \cdot 5 + (5 + 5) \cdot 5 = 968 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{968 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 131,3356 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 2,88 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,88}{131,3356} = 0,0219 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés $M_y = 2,56$ kNm nyomatékra és $N_x = 10,31$ kN normál erőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:

Az öv osztályozása megegyezik a tiszta nyomás esetével: 2. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{180}{5} = 36 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

2. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,18 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 356,73 \text{ kN} > N_{Ed} = 12,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{10,31}{356,73} = 0,0289 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{100,4 \cdot 235 \cdot 1000}{1,00 \cdot 1000 \cdot 1000} = 23,5 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{2,56}{23,594} \right) = 0,1085 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{10,31}{356,73} \right) + \left(\frac{2,56}{23,594} \right) = 0,137 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

HEA200+1/2 IPE400 szelvény szilárdsági ellenőrzése

Ellenőrzés $M_y = 10,81$ kNm és $M_z = 15,61$ kNm nyomatékra, $V_y = 7,16$ kN és $V_z = 4,96$ kN nyíróerőre és $N_x = 76,78$ kN normál erőre.

Ellenőrzés tiszta nyomásra

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{96,08 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 2257,88 \text{ kN} > N_{Ed} = 76,78 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{76,78}{2257,88} = 0,034 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$V_z = 4,96 \text{ kN}$ nyíróerőre

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 53,8 \cdot 100 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1805 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1805 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 244,8976 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 4,96 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{4,96}{244,8976} = 0,0203 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

$V_y = 7,16 \text{ kN}$ nyíróerőre

$$A_v = 0,5 \cdot (A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f) = 0,5 \cdot (84,5 \cdot 100 - 2 \cdot 180 \cdot 13,5 + (8,6 + 2 \cdot 21) \cdot 13,5) = 2136,55 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2136,55 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 289,8814 \text{ kN} > V_{y,Ed} = 7,16 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{7,16}{289,8814} = 0,0247 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{544,1 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 127,8635 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{794,4 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 186,684 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{10,81}{127,8635} \right) + \left(\frac{15,61}{186,684} \right) = 0,168 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}}\right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}}\right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}}\right) = \left(\frac{76,78}{2257,88}\right) + \left(\frac{10,81}{127,8635}\right) + \left(\frac{15,61}{186,684}\right) = 0,202 \leq 1,0 \rightarrow$$

Megfelel

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata

A hajlítás és vele egyidejűleg működő nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni, mert:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$4,96 \leq 0,5 \cdot 244,8976 = 122,4488$$

$$7,16 \leq 0,5 \cdot 289,8814 = 144,9407$$

HEA200 szelvény szilárdsági ellenőrzése

Ellenőrzés $V_z = 2,67$ kN nyíróerőre és $N_s = 29,02$ kN normál erőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = 100 - 18 - \frac{6,5}{2} = 78,75$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{78,75}{10} = 7,875 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f = 190 - 2 \cdot 18 - 2 \cdot 10 = 134$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{134}{6,5} = 20,615 < 33 \cdot \varepsilon = 33$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet nyomásra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,8 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 1264,3 \text{ kN} > N_{Ed} = 29,02 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{29,02}{1264,3} = 0,0229 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 53,8 \cdot 100 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1805 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1805 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 244,8976 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 2,67 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,67}{244,8976} = 0,0109 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés $M_y = 45,76 \text{ kNm}$ és $M_z = 0,02 \text{ kNm}$ nyomatékra, $V_z = 34,15 \text{ kN}$ nyíróerőre és $N_y = 5,59 \text{ kN}$ normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:
Az öv osztályozása megegyezik a tiszta nyomás esetével: 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{134}{6,5} = 20,15 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,8 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 1264,3 \text{ kN} > N_{Ed} = 5,59 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{5,59}{1264,3} = 0,0044 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 53,8 \cdot 100 - 2 \cdot 200 \cdot 10 + (6,5 + 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1805 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1805 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 244,8976 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 34,15 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{34,15}{244,8976} = 0,1394 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{429,6 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 100,956 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{203,8 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 47,893 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{45,76}{100,956} \right) + \left(\frac{0,02}{47,893} \right) = 0,454 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} \right) = \left(\frac{5,59}{1246,3} \right) + \left(\frac{45,76}{100,956} \right) + \left(\frac{0,02}{47,893} \right) = 0,458 \leq 1,0 \rightarrow$$

Megfelel

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata

A hajlítás és vele egyidejűleg működő nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni, mert:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$34,15 \leq 0,5 \cdot 244,8976 = 122,4488$$

Hajlítás és normál erő kölcsönhatásának vizsgálata

A normál erő nem csökkenti az y tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha mindkét feltétel teljesül:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd} \quad \text{és} \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$5,59 \leq 0,25 \cdot 1246,3 = 311,575 \text{ kN} \quad \text{és} \quad 5,59 \leq \frac{0,5 \cdot 170 \cdot 6,5 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 129,8375 \text{ kN}$$

A normál erő nem csökkenti az z tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha teljesül:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$5,59 \leq \frac{170 \cdot 6,5 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 259,675 \text{ kN}$$

L50x50x5 szelvény szilárdsági ellenőrzése

Ellenőrzés $N_x=5,47 \text{ kN}$ normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = 100 - 18 - \frac{6,5}{2} = 78,75$$

$$\frac{h}{t} = \frac{b}{t} = 10 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10$$

A keresztmetszet nyomásra 2. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

2. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,82 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 136,77 \text{ kN} > N_{Ed} = 5,59 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{5,47}{136,77} = 0,0399 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

IPE200 szelvény szilárdsági ellenőrzése

Ellenőrzés $M_y=15,61 \text{ kNm}$ nyomatékra, $V_z=16,02 \text{ kN}$ nyíróerőre és $N_x=5,81 \text{ kN}$ normálerőre.

Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = 50 - 12 - \frac{5,6}{2} = 35,2$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{35,2}{8,5} = 4,14 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9$$

Tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f = 200 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 8,5 = 159$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,39 < 33 \cdot \varepsilon = 33$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet nyomásra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Keresztmetszet osztályozása tiszta hajlításra

Öv:

Az öv osztályozása megegyezik a tiszta nyomás esetével: 1. keresztmetszeti osztályú

Gerinc:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,39 < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

Tehát az gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó

Ellenőrzés tiszta nyomásra

1. keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{28,5 \cdot 100 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 669,75 \text{ kN} > N_{Ed} = 5,81 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{5,81}{669,75} = 0,008675 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta nyírásra

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 28,5 \cdot 100 - 2 \cdot 100 \cdot 8,5 + (5,6 + 2 \cdot 12) \cdot 8,5 = 1401,6 \text{ mm}^2$$

A nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1401,6 \cdot 100 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,00 \cdot 1000} = 190,1653 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 16,02 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{16,02}{190,1653} = 0,08424 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés tiszta hajlításra

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,7 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 51,8645 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{15,61}{51,8645} \right) = 0,3009 \leq 1,0 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ellenőrzés hajlításra és normál erőre

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} \right) = \left(\frac{5,81}{669,75} \right) + \left(\frac{15,61}{51,8645} \right) = 0,309 \leq 1,0 \rightarrow$$

Megfelel

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata

A hajlítás és vele egyidejűleg működő nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni, mert:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$16,02 \leq 0,5 \cdot 190,1653 = 95,08$$

Hajlítás és normál erő kölcsönhatásának vizsgálata

A normál erő nem csökkenti az y tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha mindkét feltétel teljesül:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd} \quad \text{és} \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$5,81 \leq 0,25 \cdot 669,75 = 167,4375 \text{ kN} \quad \text{és} \quad 5,81 \leq \frac{0,5 \cdot 183 \cdot 5,6 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 120,414 \text{ kN}$$

A normál erő nem csökkenti az z tengely körüli nyomatéki ellenállást, ha teljesül:

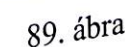
$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$5,81 \leq \frac{0,5 \cdot 183 \cdot 5,6 \cdot 235}{1,00 \cdot 1000} = 240,828 \text{ kN}$$

5.3 Csavarozott kapcsolatok méretezése

HEA200-as oszlop és IPE200-as tartó csatlakozása

Meghatározzuk a homloklemez oszlop-gerenda csomópont nyomatéki és nyírási ellenállását. Feltételezzük, hogy a csomópont merev, részleges szilárdságú. A felső csavarsor csak a hajlítási ellenállásban vesz részt, nyíróerőt nem visz át. Az alsó 2 csavar csak a nyírási ellenállásban dolgozik, a hajlításban nem.



$$\begin{aligned}
 f_y &= 23,5 \text{ kN/cm}^2 \\
 d_0 &= 18 \text{ mm} \\
 A &= 2,01 \text{ cm}^2 \\
 f_{yb} &= 30,0 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Homloklemez geometriai adatai:

$b_p=200 \text{ mm}$ $t_p=10 \text{ mm}$ $e_l=50 \text{ mm}$ $w=110 \text{ mm}$

Oszlop adatai: HEA200 melegen hengerelt szelvény

Oszlop adatai: HEA200 melegen hengerelt szelvény

gerinc magasság:	$b_{wc}=170 \text{ mm}$	gerincvastagság:	$t_{wc}=6,5 \text{ mm}$
öv szélesség:	$b_{fc}=200 \text{ mm}$	övvastagság:	$t_{fc}=10 \text{ mm}$
lekerekítési sugár:	$r_c=18 \text{ mm}$	km. terület:	$A=53,8 \text{ cm}^2$
nyírt km. területe:	$A_{vc}=18,05 \text{ cm}^2$	melegen hengerelt szelvény	$t_{vc}=5,6 \text{ mm}$

nyírt km. területe: $A_{vc}=18,05 \text{ cm}$
Gerenda adatai: IPE200 melegen hengerelt szelvény gerincva

nyírt km. területe:	$A_{vc}=10,1$	gerincvastagság:	$t_{wb}=5,6$ mm
Gerenda adatai: IPE200 melegen hengerelt szelvény			$t_{lb}=8,5$ mm
gerinc magasság:	$b_{wb}=183$ mm	öv vastagság:	$W_{pl,y,b}=220,7$ cm ³
öv szélesség:	$b_{lb}=100$ mm	km. modulus:	
lekerekítési sugár:	$r_c=12$ mm		

Varratok: $a=4$ mm kétoldali sarokvarratok.

Varratok:
gerenda gerincén $a_w=3$ mm másutt $a_f=4$ mm kétoldali szelvénybevitel $V_z=8,25$ kN, a nyomatéki igénybevétel $M_y=7,12$ kNm

A kapcsolat helyén a nyírási igénybe...

Oszlop gerinclemeze nyírásra:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_v \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 23,5 \cdot 18,05}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 220,408 \text{ kN}$$

Oszlop gerinclemeze nyomásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop gerinclemeze húzásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop hajlított övlemeze:

$l_{effektív}$ hosszak meghatározása egyedi csavartönkretenetel esetére

-Segédmenyiségek

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{110}{2} - \frac{6,5}{2} - 0,8 \cdot 18 = 37,35 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m ; e) = \min(1,25 \cdot 37,35 ; 45) = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 36,5 - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 31,97 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{37,35}{37,35 + 45} = 0,4535$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{31,97}{37,35 + 45} = 0,388$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 5,9$.

- $l_{effektív}$ számítása:

nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 5,9 \cdot 37,35 = 220,365 \text{ mm}$$

kör alakú töréskép esetén:

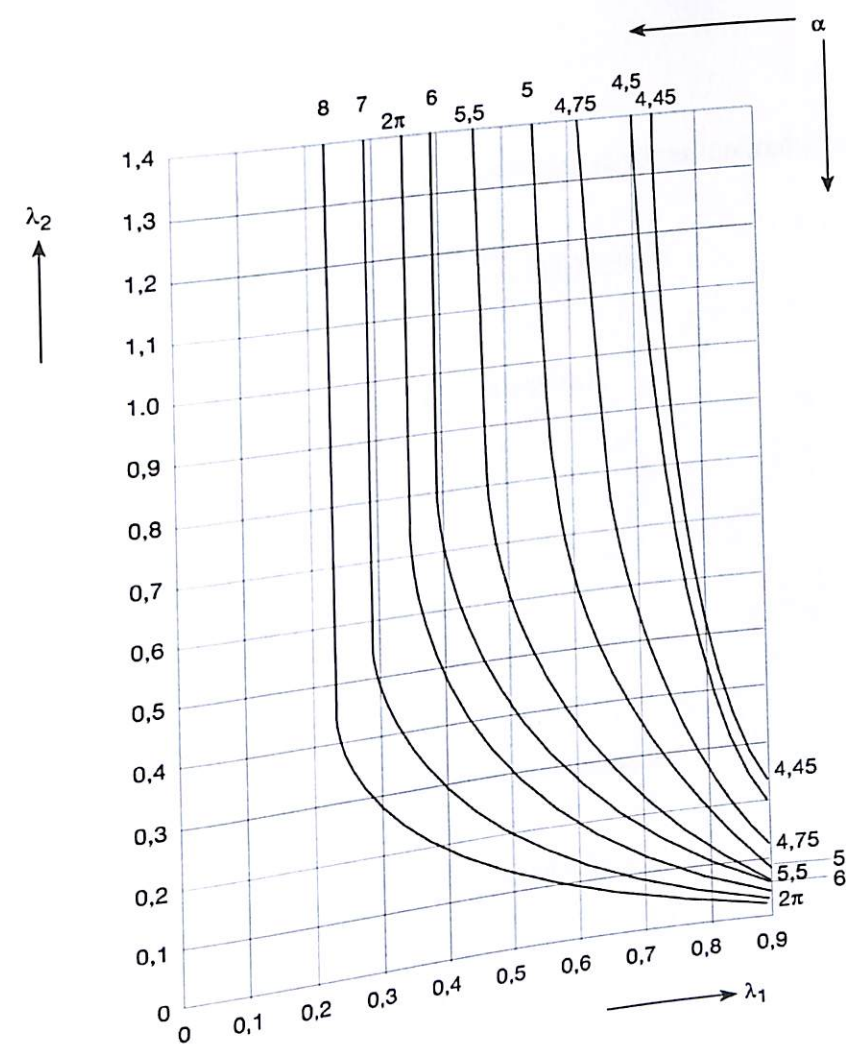
$$l_{eff,cp} = 2\pi \cdot m = 234,6769 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 1. tönkreteneteli módjához:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc} ; l_{eff,cp}) = 220,365 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 2. tönkreteneteli módjához:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 220,365 \text{ mm}$$



90. ábra

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- 1 csavar húzásra:

$$F_{t,z,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 50 \cdot 1,57}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

- 1 csavar kigombolódásra:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot \min(t_{fc}; t_p) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 24,6 \cdot \min(10; 10) \cdot 36}{1,25} = 133,5453 \text{ kN}$$

- Felső csavarsor húzási ellenállása:

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,z,Rd}; B_{p,Rd}) = 2 \cdot \min(56,52; 133,5453) = 113,04 \text{ kN}$$

Oszlop övének mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Övlemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot I_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 220,365 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,2946 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 220,365 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,2946 \text{ kNm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (övlemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 129,46 / 3,735 = 138,65 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (övlémez és csavarok együttes tönkremenetel):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 129,46 + 4,5 \cdot 113,04}{3,735 + 4,5} = 93,2129 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 113,04 \text{ kN}$$

Oszlop övének hajlítási ellenállása:

$$F_{fc,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd} ; F_{t2,Rd} ; F_{t3,Rd}) = 93,2129 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

$l_{effektív}$ hosszak meghatározása egyedi csavartönkremenetel esetére

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wb}}{2} - 0,8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = \frac{110}{2} - \frac{5,6}{2} - 0,8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 48,08 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m ; e) = \min(1,25 \cdot 48,08 ; 45) = 45 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 36,5 - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 31,97 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{48,08}{48,08 + 45} = 0,5202$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{31,97}{48,08 + 45} = 0,3408$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 6,2$.

- $l_{effektív}$ számítása:

nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 6,2 \cdot 48,08 = 302,5965 \text{ mm}$$

kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,cp} = 2\pi \cdot m = 306,6564 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc} ; l_{eff,cp}) = 302,5965 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 302,5965 \text{ mm}$$

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- Felső csavarsor húzási ellenállása (lásd oszlop övénel):

$$F_{t,Rd}=113,04 \text{ kN}$$

Homloklemeznek mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Homloklemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd}=0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 302,5965 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 177,7754 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd}=0,25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 302,5965 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 177,7754 \text{ kNcm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (homloklemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd}=4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 177,7754 / 4,88 = 145,7 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (homloklemez és csavarok együttes tönkremenetele):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 177,7754 + 4,5 \cdot 113,04}{4,88 + 4,5} = 92,1297 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 113,04 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

$$F_{p,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd} ; F_{t2,Rd} ; F_{t3,Rd}) = 92,1297 \text{ kN}$$

Gerenda öve és gerince nyomásban:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 220,7 \cdot 23,5 / 1,00 = 5186,45 \text{ kNcm}$$

$$F_{c,b,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h_b - t_{fb}} = \frac{5186,45}{20 - 0,85} = 270,8328 \text{ kN}$$

Gerenda gerince húzásban:

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff,1} = 302,5965 \text{ mm}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{302,5965 / 10 \cdot 5,6 / 10 \cdot 23,5}{1,0} = 398,2169 \text{ kN}$$

Csavarok húzásban:

A csavarok húzási ellenállását a homloklemezek és oszlopöv ellenállásának számításakor már figyelembe vettük, ezért ezen komponens vizsgálata ki is hagyható.

A csomópont nyomatéki ellenállása:

A felső csavarsor határereje

$$F_{t,Rd,1} = \min(V_{wp,Rd} ; F_{b,fc,Rd} ; F_{p,b,Rd} ; F_{c,b,Rd} ; F_{t,wb,Rd}) = 92,1297 \text{ kN}$$

a csavarsor erőkarja

$$h_{r1} = h_b - t_{fb} - e_x - t_{fb} / 2 = 200 - 8,5 - 36,5 - 8,5 / 2 = 15,075 \text{ cm}$$

A csomópont nyomatéki ellenállása:

$$M_{Rd} = \sum F_{t,Rd,i} \cdot h_{ri} = 92,1297 \cdot 15,075 / 100 = 13,88 \text{ kNm}$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Alsó csavarsor nyírási ellenállása, feltételezve, hogy a nyírt felület a csavar menet nélküli részén halad át:

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 50 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 96,5097 \text{ kN}$$

Alsó csavarsor palástnyomási ellenállása:

Mindkét csavar mind erőirányban, mind arra merőlegesen szélső csavar.

k_1 számítása:

- erő irányára merőlegesen szélső távolságra

$$k_{1,e} = \min \left(\frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{2,5} = \frac{2,8 \cdot \frac{45}{18} - 1,7}{2,5} = 5,3 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen közbenső távolságra

$$k_{1,p} = \min \left(\frac{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}{2,5} = \frac{1,4 \cdot \frac{110}{18} - 1,7}{2,5} = 6,85 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen szélső csavar: k_1 értéke az e_2 és p_2 távolságtól is függ, tehát:

$$k_1 = \min(k_{1,e}; k_{1,p}) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen közbenső csavar nincs

α_b számítása:

- erő irányában szélső távolságra

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45}{3 \cdot 18} = 0,8333}{\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388} = 0,8333 \right)$$

- erő irányában közbenső távolságra

Azt feltételezzük, hogy a nyíróerőt csak az alsó két csavar veszi fel, ezért úgy számítjuk, mintha a felső kettő ott se lenne.

- erő irányában szélső csavar:

$$\alpha_b = \alpha_{b,e} = 0,8333$$

- erő irányában közbenső csavar nincs

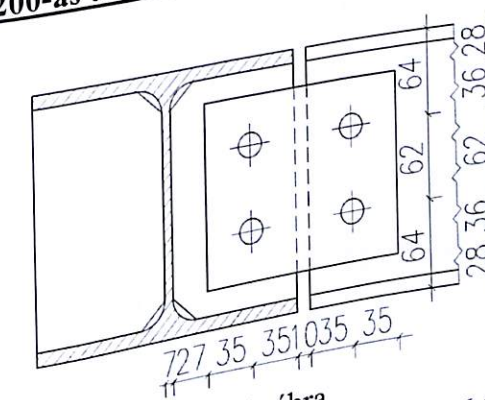
A palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = 2 \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2 \cdot 2,5 \cdot 0,8333 \cdot 36 \cdot 16 / 10 \cdot 10 / 1,25 = 192 \text{ kN}$$

Csomópont ellenállása nyírásra:

$$V_{Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 96,5097 \text{ kN}$$

HEA200-as tartó és HEA200-as tartó csatlakozása



91. ábra

Alapanyag: S235

Csavarok: M16, 5.6

$$f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$A = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$f_{yb} = 30,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$A_s = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$f_{ub} = 50,0 \text{ kN/cm}^2$$

Gerenda adatai: HEA200 melegen hengerelt szelvény

gerincvastagság: $t_{wb} = 6,5 \text{ mm}$

A kapcsolat helyén a nyírási igénybevétel $V_z = 16,54 \text{ kN}$.

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 50 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 96,5097 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{35}{18} - 1,7 = 3,7444 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{36}{3 \cdot 18} = 0,6667 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \\ 1 \end{array} \right) = 0,6667$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,6667 \cdot 36 \cdot 16 / 10 \cdot 6,5 / 10 / 1,25 = 49,9225 \text{ kN}$$

Egy csavar ellenállása:

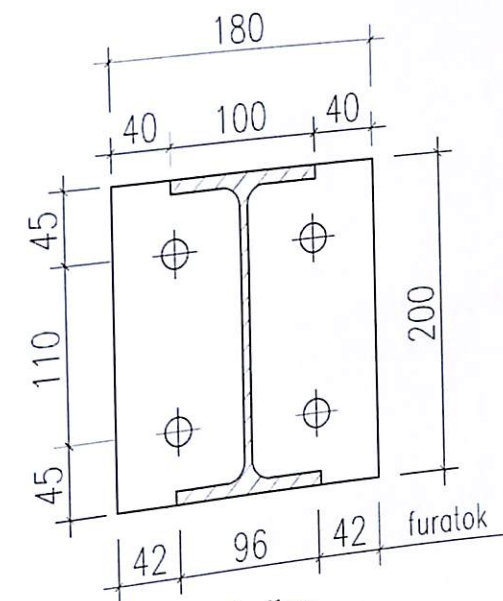
$$V_{b,Rd} = \min(F_{V,Rd} ; F_{b,Rd}) = 49,9225 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

$$V_{Rd} = 4 \cdot V_{b,Rd} = 4 \cdot 49,9225 = 199,69 \text{ kN} > V_z = 16,54 \text{ kN}$$

HEA200+1/2 IPE400-as oszlop és IPE200-as tartó csatlakozása

Meghatározzuk a homloklemez-es oszlop-gerenda csomópont nyomatéki és nyírási ellenállását. Feltételezzük, hogy a csomópont merev, részleges szilárdságú. A felső csavarsor csak a hajlítási ellenállásban vesz részt, nyíróerőt nem visz át. Az alsó 2 csavar csak a nyírási ellenállásban dolgozik, a hajlításban nem.



92. ábra

Alapanyag: S235

Csavarok: M16, 8.8

$f_y=23,5 \text{ kN/cm}^2$
 $d_0=18 \text{ mm}$
 $A=2,01 \text{ cm}^2$
 $f_{yb}=64,0 \text{ kN/cm}^2$

$f_u=36,0 \text{ kN/cm}^2$
 $d_m=24,6 \text{ mm}$
 $A_s=1,57 \text{ cm}^2$
 $f_{ub}=80,0 \text{ kN/cm}^2$

Homloklemez geometriai adatai:

$b_p=180 \text{ mm}$ $t_p=10 \text{ mm}$ $e_1=45 \text{ mm}$ $w=96 \text{ mm}$

Oszlop adatai: HEA200+1/2IPE400 melegen hengerelt szelvény

gerinc magasság: $b_{wc}=186,5 \text{ mm}$ gerincvastagság: $t_{wc}=8,6 \text{ mm}$
 öv szélesség: $b_{fc}=180 \text{ mm}$ övvastagság: $t_{fc}=13,5 \text{ mm}$
 lekerekítési sugár: $r_c=21 \text{ mm}$ km. terület: $A=42,25 \text{ cm}^2$
 nyírt km. területe: $A_{vc}=61,3655 \text{ cm}^2$

Gerenda adatai: IPE200 melegen hengerelt szelvény

gerinc magasság: $b_{wb}=183 \text{ mm}$ gerincvastagság: $t_{wb}=5,6 \text{ mm}$
 öv szélesség: $b_{fb}=100 \text{ mm}$ övvastagság: $t_{fb}=8,5 \text{ mm}$
 lekerekítési sugár: $r_c=12 \text{ mm}$ km. modulus: $W_{pl,y,b}=220,7 \text{ cm}^3$

Varratok:

gerenda gerincén $a_w=3 \text{ mm}$ másutt $a_r=4 \text{ mm}$ kétoldali sarokvarratok.
 A kapcsolat helyén a nyírási igénybevétel $V_z=16,02 \text{ kN}$, a nyomatéki igénybevétel $M_y=15,61 \text{ kNm}$

Oszlop gerinclemeze nyírásra:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 23,5 \cdot 61,3655}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 749,3315 \text{ kN}$$

Oszlop gerinclemeze nyomásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop gerinclemeze húzásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop hajlított övlemeze:

$l_{\text{effektív}}$ hosszak meghatározása egyedi csavartönkremenetel esetére

-Segédmenyiségek

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{96}{2} - \frac{8,6}{2} - 0,8 \cdot 21 = 26,9 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m ; e) = \min(1,25 \cdot 26,9 ; 42) = 33,625 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 36,5 - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 31,9745 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{26,9}{26,9 + 42} = 0,3904$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{31,9745}{26,9 + 42} = 0,4640$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 6,28$.

- $l_{\text{effektív}}$ számítása:

$$\text{nem kör alakú töréskép esetén: } l_{\text{eff,nc}} = \alpha \cdot m = 6,28 \cdot 26,9 = 168,932 \text{ mm}$$

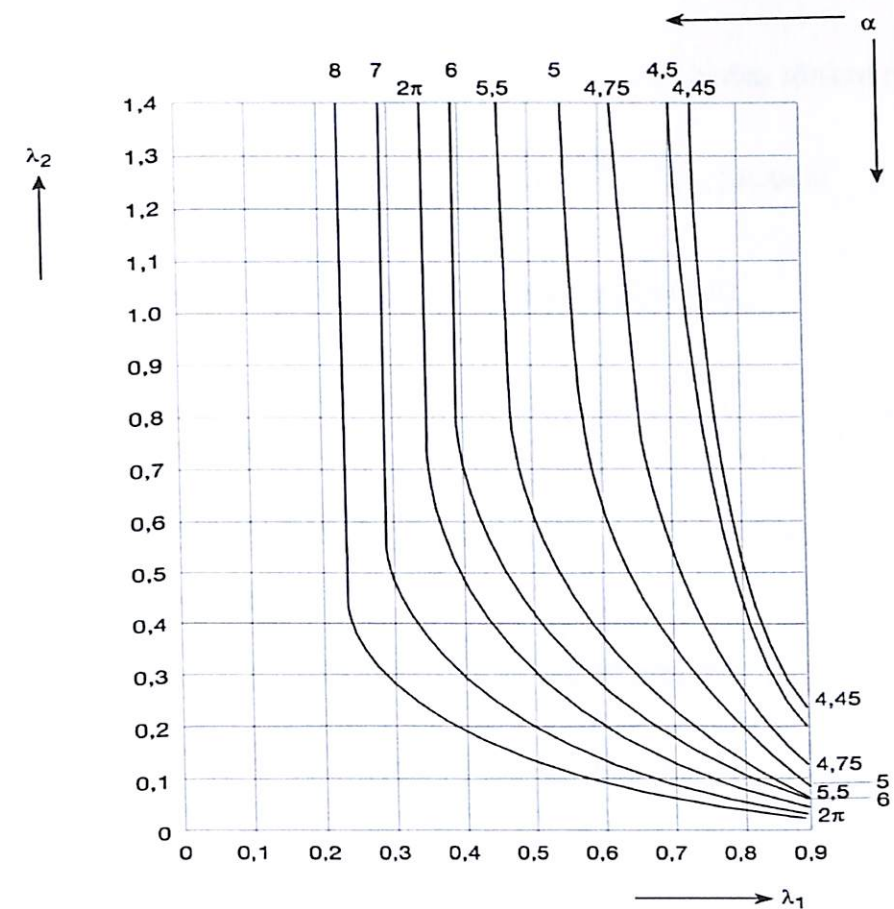
$$\text{kör alakú töréskép esetén: } l_{\text{eff,cp}} = 2\pi \cdot m = 169,0176 \text{ mm}$$

- $l_{\text{effektív}}$ számítása T- kapcsolat 1. tönkremeneteli módjához:

$$l_{\text{eff,1}} = \min(l_{\text{eff,nc}} ; l_{\text{eff,cp}}) = 168,932 \text{ mm}$$

- $l_{\text{effektív}}$ számítása T- kapcsolat 2. tönkremeneteli módjához:

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 168,932 \text{ mm}$$



93. ábra

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- 1 csavar húzásra:

$$F_{t,z,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 80 \cdot 1,57}{1,25} = 90,432 \text{ kN}$$

- 1 csavar kigombolódásra:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot \min(t_{fc}; t_p) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 24,6 \cdot \min(13,5; 10) \cdot 36}{1,25} = 133,5453 \text{ kN}$$

- Felső csavarsor húzási ellenállása:

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,z,Rd}; B_{p,Rd}) = 2 \cdot \min(90,432; 133,5453) = 180,864 \text{ kN}$$

Oszlop övének mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Övlemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot I_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 168,932 \cdot 13,5^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,8087 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 168,932 \cdot 13,5^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,8087 \text{ kNm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (övlemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 1,8087 / 2,69 = 268,9646 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (övlemez és csavarok együttes tönkremenetele):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 180,87 + 3,3625 \cdot 180,864}{2,69 + 3,3625} = 160,2499 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 180,864 \text{ kN}$$

Oszlop övének hajlítási ellenállása:

$$F_{fc,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd} ; F_{t2,Rd} ; F_{t3,Rd}) = 160,2499 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

l_{eff} hosszak meghatározása egyedi csavartönkremenetel esetére

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wb}}{2} - 0,8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = \frac{96}{2} - \frac{5,6}{2} - 0,8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 41,8058 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m ; e) = \min(1,25 \cdot 41,8058 ; 42) = 42 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 36,5 - 0,8 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} = 31,9745 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{41,8058}{41,8058 + 42} = 0,4988$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{31,9745}{41,8058 + 42} = 0,3815$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 6,1$.

- l_{eff} számítása:

nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 6,1 \cdot 41,8058 = 255,0159 \text{ mm}$$

kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,cp} = 2\pi \cdot m = 262,6741 \text{ mm}$$

- l_{eff} számítása T- kapcsolat 1. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc} ; l_{eff,cp}) = 255,0159 \text{ mm}$$

- l_{eff} számítása T- kapcsolat 2. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 255,0159 \text{ mm}$$

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- Felső csavarsor húzási ellenállása (lásd oszlop övénel):

$$F_{t,Rd} = 180,864 \text{ kN}$$

Homloklemeznek mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Homloklemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 255,0159 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 149,8218 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 255,0159 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 149,8218 \text{ kNcm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (homloklemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 149,8218 / 4,18 = 143,35 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (homloklemez és csavarok együttes tönkremenetele):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 149,8218 + 4,2 \cdot 180,864}{4,18 + 4,2} = 126,3959 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 180,864 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

$$F_{p,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd} ; F_{t2,Rd} ; F_{t3,Rd}) = 126,3959 \text{ kN}$$

Gerenda öve és gerince nyomásban:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 220,7 \cdot 23,5 / 1,00 = 5186,45 \text{ kNcm}$$

$$F_{c,b,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h_b - t_{fb}} = \frac{5186,45}{20 - 0,85} = 270,8328 \text{ kN}$$

Gerenda gerince húzásban:

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff,t} = 255,0159 \text{ mm}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{255,0159 / 10 \cdot 5,6 / 10 \cdot 23,5}{1,0} = 335,6009 \text{ kN}$$

Csavarok húzásban:

A csavarok húzási ellenállását a homloklemez és oszlopöv ellenállásának számításakor már figyelembe vettük, ezért ezen komponens vizsgálata ki is hagyható.

A csomópont nyomatéki ellenállása:

A felső csavarsor határereje

$$F_{t,Rd,I} = \min(V_{wp,Rd} ; F_{b,fc,Rd} ; F_{p,b,Rd} ; F_{c,b,Rd} ; F_{t,wb,Rd}) = 126,3959 \text{ kN}$$

a csavarsor erőkarja

$$h_{r1} = h_b - t_{fb} - e_x - t_{fb} / 2 = 200 - 8,5 - 36,5 - 8,5 / 2 = 15,075 \text{ cm}$$

A csomópont nyomatéki ellenállása:

$$M_{Rd} = \sum F_{t,Rd,i} \cdot h_{ri} = 126,3959 \cdot 15,075 / 100 = 19,054 \text{ kNm}$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Alsó csavarsor nyírási ellenállása, feltételezve, hogy a nyírt felület a csavar menet nélküli részén halad át:

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 80 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 154,4155 \text{ kN}$$

Alsó csavarsor palástnyomási ellenállása:

Mindkét csavar mind erőirányban, mind arra merőlegesen szélső csavar.

K_1 számítása:

- erő irányára merőlegesen szélső távolságra

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{42}{18} - 1,7 = 4,833 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen közbenső távolságra

$$k_{1,p} = \min \left(1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \cdot \frac{96}{18} - 1,7 = 5,766 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen szélső csavar: k_1 értéke az e_2 és p_2 távolságtól is függ, tehát:

$$k_1 = \min(k_{1,e}; k_{1,p}) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen közbenső csavar nincs

α_b számítása:

- erő irányában szélső távolságra

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45}{3 \cdot 18} = 0,833 \right. \\ \left. \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{80}{36} = 2,222 \right) = 0,8333$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 50 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 96,5097 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{35}{18} - 1,7 = 3,7444 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{35}{3 \cdot 18} = 0,6481 \right. \\ \left. \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \right) = 0,6481$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,6481 \cdot 36 \cdot 16 / 10 \cdot 6,5 / 10 / 1,25 = 48,5297 \text{ kN}$$

Egy csavar ellenállása:

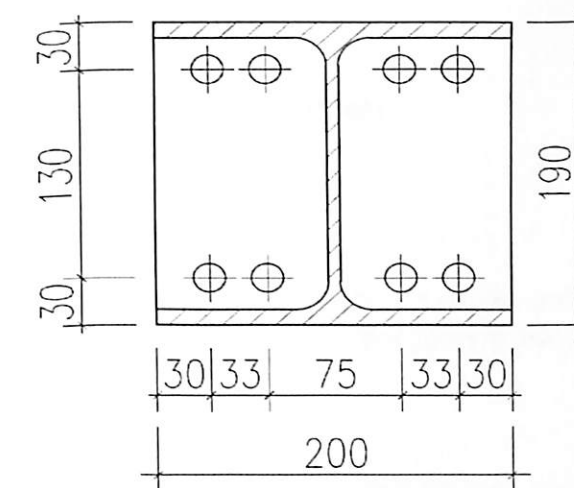
$$V_{b,Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 48,5297 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

$$V_{Rd} = 4 \cdot V_{b,Rd} = 4 \cdot 48,5297 = 194,1188 \text{ kN} > V_z = 18,9 \text{ kN}$$

HEA200+1/2IPE400-as oszlop és HEA200-as tartó csatlakozása

Meghatározzuk a homloklemez oszlop-gerenda csomópont nyomatéki és nyírási ellenállását. Feltételezzük, hogy a csomópont merev, részleges szilárdságú. A felső csavarsor csak a hajlítási ellenállásban vesz részt, nyíróerőt nem visz át. Az alsó 4 csavar csak a nyírási ellenállásban dolgozik, a hajításban nem.



95. ábra

Alapanyag: S235

$$f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

Csavarok: M16, 10.9

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

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

$$A = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$f_{yb} = 90,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ub} = 100,0 \text{ kN/cm}^2$$

Homloklemez geometriai adatai:

$$b_p = 200 \text{ mm}$$

$$t_p = 10 \text{ mm}$$

$$e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$w = 75 \text{ mm}$$

Oszlop adatai: HEA200+1/2IPE400 melegen hengerelt szelvény

$$\text{gerinc magasság: } b_{wc} = 170 \text{ mm}$$

$$\text{gerincvastagság: } t_{wc} = 6,5 \text{ mm}$$

$$\text{öv szélesség: } b_{fc} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{övvastagság: } t_{fc} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{lekerekítési sugár: } r_c = 18 \text{ mm}$$

$$\text{km. Terület: } A = 53,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{nyírt km. Területe: } A_{vc} = 42,35 \text{ cm}^2$$

Gerenda adatai: HEA200 melegen hengerelt szelvény

$$\text{gerinc magasság: } b_{wb} = 170 \text{ mm}$$

$$\text{gerincvastagság: } t_{wb} = 6,5 \text{ mm}$$

$$\text{öv szélesség: } b_{fb} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{övvastagság: } t_{fb} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{lekerekítési sugár: } r_c = 18 \text{ mm}$$

$$\text{km. Modulus: } W_{pl,y,b} = 429,6 \text{ cm}^3$$

Varratok:

$$\text{gerenda gerincén } a_w = 3 \text{ mm másutt } a_f = 5 \text{ mm kétoldali sarokvarratok.}$$

A kapcsolat helyén a nyírási igénybevétel $V_z = 34,15 \text{ kN}$, a nyomatéki igénybevétel $M_y = 45,76 \text{ kNm}$

Oszlop gerinclemeze nyírásra:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 23,5 \cdot 42,35}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 517,1340 \text{ kN}$$

Oszlop gerinclemeze nyomásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop gerinclemeze húzásra:

A merevítő borda mérete megegyezik a gerenda övének méreteivel, az oszlop gerincének vastagsága nagyobb, mint a gerendáé, ezért nem lehet mértékadó.

Oszlop hajlított övlemeze:

$l_{effektív}$ hosszak meghatározása egyedi csavartönkretenetel esetre

-Segédmenyiségek

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0,8 \cdot r_c = \frac{75}{2} - \frac{6,5}{2} - 0,8 \cdot 18 = 19,85 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m ; e) = \min(1,25 \cdot 19,85 ; 35) = 24,8125 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 20 - 0,8 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} = 14,3431 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{19,85}{19,85 + 35} = 0,3618$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{14,3431}{19,85 + 35} = 0,2614$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 8,0$.

- l effektív számítása:

nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 8 \cdot 19,85 = 158,8 \text{ mm}$$

kör alakú töréskép esetén:

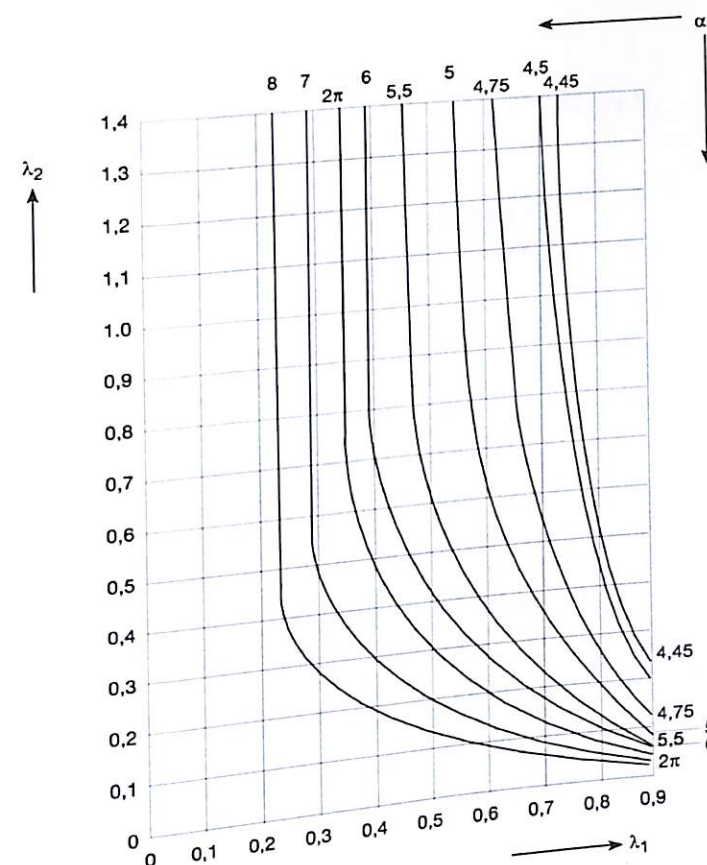
$$l_{eff,cp} = 2\pi \cdot m = 124,7212 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 1. tönkreteneteli módjához:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc} ; l_{eff,cp}) = 124,7212 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 2. tönkreteneteli módjához:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 158,8 \text{ mm}$$



96. ábra

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- 1 csavar húzásra:

$$F_{tz,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 100 \cdot 1,57}{1,25} = 113,04 \text{ kN}$$

- 1 csavar kigombolódásra:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot \min(t_{fc}; t_p) \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 24,6 \cdot \min(10; 10) \cdot 36}{1,25} = 133,5453 \text{ kN}$$

- Felső csavarsor húzási ellenállása:

$$F_{t,Rd} = 4 \cdot \min(F_{tz,Rd}; B_{p,Rd}) = 4 \cdot \min(113,04; 133,5453) = 452,16 \text{ kN}$$

Oszlop övének mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Övlemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd} = 2 \cdot 0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2 \cdot 0,25 \cdot 124,7212 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,4654 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 2 \cdot 0,25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2 \cdot 0,25 \cdot 158,8 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 1,8659 \text{ kNm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (övlemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 1,4654 / 1,985 = 295,3097 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (övlemez és csavarok együttes tönkremenetel):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 186,59 + 2,481 \cdot 452,16}{1,985 + 2,481} = 334,7555 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 452,16 \text{ kN}$$

Oszlop övének hajlítási ellenállása:

$$F_{fc,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd}; F_{t2,Rd}; F_{t3,Rd}) = 295,3097 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

$l_{effektív}$ hosszak meghatározása egyedi csavartönkremenetel esetére

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wb}}{2} - 0,8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = \frac{75}{2} - \frac{6,5}{2} - 0,8 \cdot 3 \cdot \sqrt{2} = 30,8558 \text{ mm}$$

$$n = \min(1,25 \cdot m; e) = \min(1,25 \cdot 30,8558; 35) = 35 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_x - 0,8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 20 - 0,8 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} = 14,3431 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{30,8558}{30,8558 + 35} = 0,4685$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{14,3431}{30,8558 + 35} = 0,2177$$

α értékét grafikonból kell megállapítani, esetünkben $\alpha = 7,9$.

- l effektív számítása:

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 7,9 \cdot 30,8558 = 243,7615 \text{ mm}$$

nem kör alakú töréskép esetén:

$$l_{eff,ep} = 2\pi \cdot m = 193,8732 \text{ mm}$$

kör alakú töréskép esetén:

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 1. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,ep}) = 193,8732 \text{ mm}$$

- $l_{effektív}$ számítása T- kapcsolat 2. tönkremeneteli módjához:

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 243,7615 \text{ mm}$$

Húzott csavarok ellenállásának számítása:

- Felső csavarsor húzási ellenállása (lásd oszlop övénel):

$$F_{t,Rd} = 452,16 \text{ kN}$$

Homloklemeznek mint T-kapcsolatnak az ellenállása:

- Homloklemez határnyomatékai:

$$M_{pl,1,Rd} = 2 \cdot 0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2 \cdot 0,25 \cdot 193,8732 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 227,8011 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 2 \cdot 0,25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2 \cdot 0,25 \cdot 243,7615 \cdot 10^2 \cdot 23,5 / 1,0 = 286,4198 \text{ kNcm}$$

- T-kapcsolat 1. tönkremeneteli módja (homloklemez teljes megfolyása):

$$F_{t1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 227,8011 / 3,0855 = 295,3097 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 2. tönkremeneteli módja (homloklemez és csavarok együttes tönkremenetele):

$$F_{t2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 286,4198 + 3,5 \cdot 452,16}{3,0855 + 3,5} = 327,2903 \text{ kN}$$

- T-kapcsolat 3. tönkremeneteli módja: (csavarok szakadása):

$$F_{t3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 452,16 \text{ kN}$$

Homloklemez hajlítási ellenállása:

$$F_{p,b,Rd} = \min(F_{t1,Rd} ; F_{t2,Rd} ; F_{t3,Rd}) = 295,3097 \text{ kN}$$

Gerenda öve és gerince nyomásban:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 429,6 \cdot 23,5 / 1,00 = 10095,6 \text{ kNcm}$$

$$F_{c,b,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h_b - t_{fb}} = \frac{10095,6}{19 - 1} = 560,8666 \text{ kN}$$

Gerenda gerince húzásban:

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff,1} = 193,8732 \text{ mm}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{193,8732 / 10 \cdot 6,5 / 10 \cdot 23,5}{1,0} = 296,1414 \text{ kN}$$

Csavarok húzásban:

A csavarok húzási ellenállását a homloklemezek és oszlopöv ellenállásának számításakor már figyelembe vettük, ezért ezen komponens vizsgálata ki is hagyható.

A csomópont nyomatéki ellenállása:

A felső csavarsor határereje

$$F_{t,Rd,1} = \min(V_{wp,Rd} ; F_{b,fc,Rd} ; F_{p,b,Rd} ; F_{c,b,Rd} ; F_{t,wb,Rd}) = 295,3097 \text{ kN}$$

a csavarsor erőkarja

$$h_{r1} = h_b - t_{fb} - e_x - t_{fb} / 2 = 190 - 10 - 20 - 10 / 2 = 15,5 \text{ cm}$$

A csomópont nyomatéki ellenállása:

$$M_{Rd} = \sum F_{t,Rd,i} \cdot h_{ri} = 295,3097 \cdot 15,5 / 100 = 45,773 \text{ kNm}$$

A csomópont nyírési ellenállása:

Alsó csavarsor nyírési ellenállása, feltételezve, hogy a nyírt felület a csavar menet nélküli részén halad át:

$$F_{V,Rd} = \frac{4 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{4 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 386,0389 \text{ kN}$$

Alsó csavarsor palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

- erő irányára merőlegesen szélső távolságra

$$k_{1,e} = \min \left(\frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{2,5}, \frac{2,8 \cdot \frac{35}{18} - 1,7}{2,5} = 3,744 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen közbenső távolságra

$$k_{1,p} = \min \left(\frac{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}{2,5}, \frac{1,4 \cdot \frac{75}{18} - 1,7}{2,5} = 4,133 \right) = 2,5$$

- erő irányára merőlegesen szélső csavar: k_1 értéke az e_2 és p_2 távolságtól is függ, tehát:

$$k_1 = \min(k_{1,e}; k_{1,p}) = 2,5$$

α_b számítása:

- erő irányában szélső távolságra

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{30}{3 \cdot 18} = 0,5555}{\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{100}{36} = 2,777}, \frac{0,5555}{1} \right) = 0,5555$$

- erő irányában közbenső távolságra

$$\alpha_{b,p} = \min \left(\begin{array}{l} \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{130}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} = 2,1574 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{100}{36} = 2,777 \\ 1 \end{array} \right) = 2,1574$$

$$\alpha_b = 0,5555$$

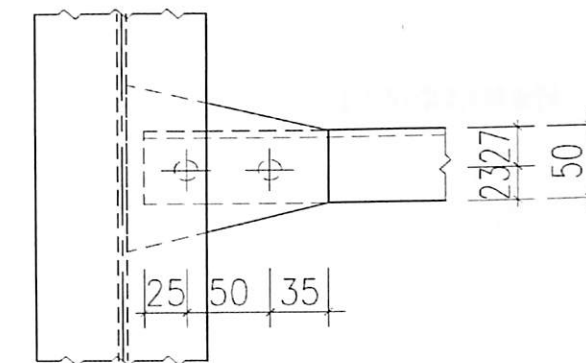
A palástnyomási ellenállás

$$F_{b,Rd} = 4 \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 4 \cdot 2,5 \cdot 0,5555 \cdot 36 \cdot 16 / 10 \cdot 10 / 1,25 = 128 \text{ kN}$$

Csomópont ellenállása nyírásra:

$$V_{Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 128 \text{ kN}$$

L50x50x5 tartó csatlakozása



97. ábra

Alapanyag: S235

$$f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

Csavarok: M12, 5.6

$$d_0 = 13 \text{ mm}$$

$$d_m = 20,5 \text{ mm}$$

$$A = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 0,843 \text{ cm}^2$$

$$f_{yb} = 30,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ub} = 50,0 \text{ kN/cm}^2$$

Tartó adatai: L50x50x50 melegem hengerelt szelvény

A kapcsolat helyén normálerő $N_x = 5,51 \text{ kN}$.

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 50 \cdot 1,2^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 54,2867 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{23}{13} - 1,7 = 3,2538 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{25}{3 \cdot 13} = 0,6410 \right. \\ \left. \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \right) = 0,6410$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,6410 \cdot 36 \cdot 12 / 10 \cdot 5 / 10 / 1,25 = 27,69 \text{ kN}$$

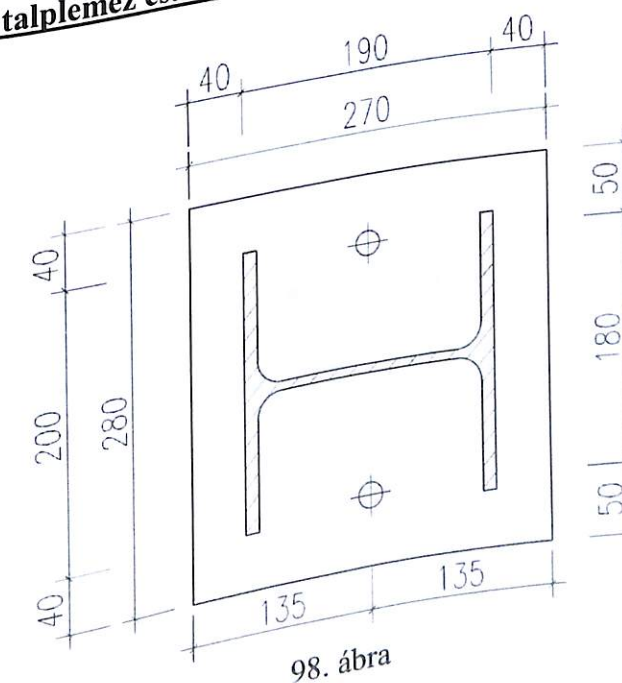
Egy csavar ellenállása:

$$V_{b,Rd} = \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd}) = 27,69 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{b,Rd} = 2 \cdot 27,69 = 55,38 \text{ kN} > N_x = 5,51 \text{ kN}$$

HEA200-as oszlop és talplemez csatlakozása a betonpadlóhoz



98. ábra

Alapanyag: S235
C20/25
Csavarok: M16, 5.6

$f_y=23,5 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{ck}=2,0 \text{ kN/cm}^2$
 $d_0=18 \text{ mm}$

$A=2,01 \text{ cm}^2$
 $f_{yb}=30,0 \text{ kN/cm}^2$

$f_u=36,0 \text{ kN/cm}^2$
 $\gamma_c=1,5$
 $d_m=24,6 \text{ mm}$
 $A_s=1,573 \text{ cm}^2$
 $f_{ub}=50,0 \text{ kN/cm}^2$

Oszlop adatai: HEA200 melegen hengerelt szelvény

övvastagság $t_{ic}=10 \text{ mm}$

Talplemez geometriai adatai:

szélesség: $b_p=280 \text{ mm}$ vastagság $t_p=10 \text{ mm}$

A kapcsolat helyén a reakció erők:

$R_x=2,67 \text{ kN}$.

$R_z=28,99 \text{ kN}$

Nyomott T-elem ellenállása:

Helyettesítő nyomott T-elem méreteinek számítás

A beton nyomószilárdságának pecsétnyomásra figyelembe vehető értéke:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot 3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{1,5} \cdot 3 = 2,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{T-elem mérete:}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{23,5}{3 \cdot 2,67 \cdot 1,00}} = 1,7128 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 2c + t_{ic} = 2 \cdot 1,7128 + 1 = 4,4256 \text{ cm}$$

$$l_{eff} = b_p = 28 \text{ cm}$$

A nyomott T-elem ellenállása:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 2,67 \cdot 4,4256 \cdot 28 = 330,8579 \text{ kN} > R_z = 28,99 \text{ kN}$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 48,2549 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50}{18} - 1,7 = 6,0778 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{135}{3 \cdot 18} = 2,556 \right. \\ \left. \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \right) = 1,00$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 1 \cdot 36 \cdot 16 / 10 \cdot 10 / 1,25 = 115,2 \text{ kN}$$

Egy csavar ellenállása:

$$V_{b,Rd} = \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd}) = 48,2549 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

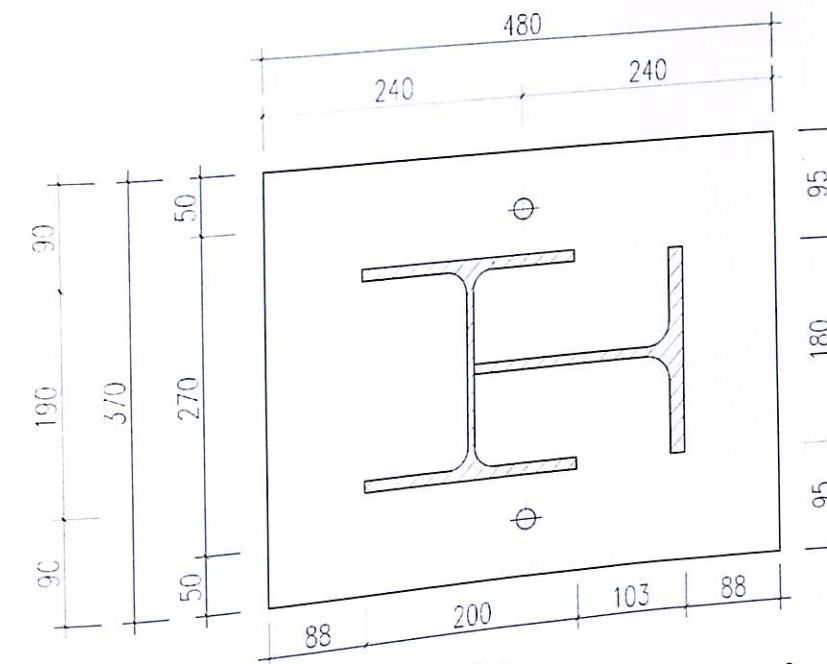
$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{b,Rd} = 2 \cdot 48,2549 \text{ kN} = 96,5098 \text{ kN} > R_x = 2,67 \text{ kN}$$

Választott csavar:

HVA ragasztott tőcsavar, HILTI HAS M16x125/108 (5.8) menetes szár anyával, alátéttel.
HILTI HVU M16x125 ragasztópatron által beragasztva furat Ø18, 125mm mélyen készítve.
Meghúzási nyomaték 120Nm.

$$\text{Max. megengedett nyíróerő } V_{rec} = 2 \cdot 20,6 = 41,2 \text{ kN} > R_x = 2,67 \text{ kN}$$

HEA200+1/2IPE400-as oszlop és talplemez csatlakozása a betonpadlóhoz



99. ábra

Alapanyag: S235
C20/25
Csavarok: M16, 5.6

$f_y=23,5 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{ck}=2,0 \text{ kN/cm}^2$
 $d_0=18 \text{ mm}$
 $A=2,01 \text{ cm}^2$
 $f_{yb}=30,0 \text{ kN/cm}^2$

$f_u=36,0 \text{ kN/cm}^2$
 $\gamma_c=1,5$
 $d_m=24,6 \text{ mm}$
 $A_s=1,573 \text{ cm}^2$
 $f_{ub}=50,0 \text{ kN/cm}^2$

Oszlop adatai: HEA200+1/2IPE400 melegem hengerelt szelvény

övvastagság $t_{fc}=13,5 \text{ mm}$

Talplemez geometriai adatai:

szélesség: $b_p=370 \text{ mm}$

vastagság $t_p=10 \text{ mm}$

A kapcsolat helyén a reakció erők:

$R_x=7,16 \text{ kN}$.

$R_y=4,96 \text{ kN}$

$R_z=78,63 \text{ kN}$

R_x és R_y erők vektoriális összege:

$$R_{\text{eredő}} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{7,16^2 + 4,96^2} = 8,7102 \text{ kN}$$

Nyomott T-elem ellenállása:

Helyettesítő nyomott T-elem méreteinek számítás

A beton nyomószilárdságának pecsétnyomásra figyelembe vehető értéke:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot 3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{1,5} \cdot 3 = 2,67 \frac{kN}{cm^2}$$

T-elem mérete:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{23,5}{3 \cdot 2,67 \cdot 1,00}} = 1,7128 cm$$

$$b_{eff} = 2c + t_{fc} = 2 \cdot 1,7128 + 1,35 = 4,7756 cm$$

$$l_{eff} = b_p = 37 cm$$

A nyomott T-elem ellenállása:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 2,67 \cdot 4,7756 \cdot 37 = 471,7815 kN > R_z = 78,63 kN$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 1,6^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 48,2549 kN$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50}{18} - 1,7 = 6,0778 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{240}{3 \cdot 18} = 4,444}{\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388} \right) = 1,00$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 1 \cdot 36 \cdot 16 / 10 / 10 / 1,25 = 115,2 kN$$

Egy csavar ellenállása:

$$V_{b,Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 48,2549 kN$$

A csomópont ellenállása:

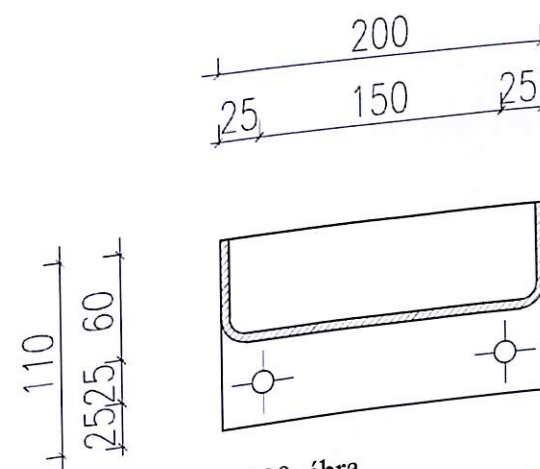
$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{b,Rd} = 2 \cdot 48,2549 \text{ kN} = 96,5098 \text{ kN} > R_{eredő} = 8,7102 \text{ kN}$$

Választott csavar:

HVA ragasztott töcsavar, HILTI HAS M16x125/108 (5.8) menetes szár anyával, alátéttel.
HILTI HVU M16x125 ragasztópatron által beragasztva furat Ø18, 125mm mélyen készítve.
Meghúzási nyomaték 120Nm.

$$\text{Max. megengedett nyíróerő } V_{rec} = 2 \cdot 20,6 = 41,2 \text{ kN} > R_{eredő} = 8,7102 \text{ kN}$$

U200x60x5-as lépcsőkar és talplemez csatlakozása a betonpadlóhoz



100. ábra

Alapanyag: S235
C20/25
Csavarok: M12, 5.6

$$f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ck} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_0 = 13 \text{ mm}$$

$$A = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$f_{yb} = 30,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d_m = 20,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,843 \text{ cm}^2$$

$$f_{ub} = 50,0 \text{ kN/cm}^2$$

Lépcsőkar adatai: U200x60x5 szelvény

A kapcsolat helyén a reakció erők:

$$R_y = 8,13 \text{ kN.}$$

A csomópont nyírási ellenállása:

Egy csavar nyírási ellenállása:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot d^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 1,2^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{1,25} = 27,1434 \text{ kN}$$

Egy csavar palástnyomási ellenállása:

k_1 számítása:

$$k_{1,e} = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{13} - 1,7 = 3,6846 \right) = 2,5$$

α_b számítása:

$$\alpha_{b,e} = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{25}{3 \cdot 13} = 0,6410 \right. \\ \left. \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{50}{36} = 1,388 \right) = 0,6410$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,6410 \cdot 36 \cdot 12 / 10 \cdot 10 / 1,25 = 55,3824 \text{ kN}$$

Egy csavar ellenállása:

$$V_{b,Rd} = \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd}) = 27,1434 \text{ kN}$$

A csomópont ellenállása:

$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{b,Rd} = 2 \cdot 27,1434 \text{ kN} = 54,2868 \text{ kN} > R_y = 8,13 \text{ kN}$$

Választott csavar:

HVA ragasztott töcsavar, HILTI HAS M12x110/88 (5.8) menetes szár anyával, alátéttel.
HILTI HVU M12x110 ragasztópatron által beragasztva furat Ø14, 110mm mélyen készítve.
Meghúzási nyomaték 60Nm.

$$\text{Max. megengedett nyíróerő } V_{rec} = 2 \cdot 10,9 = 21,8 \text{ kN} > R_y = 8,13 \text{ kN}$$

5.4 Stabilitás vizsgálatok

A stabilitás vizsgálatokat az AXIS statikai programmal végeztük el.

HEA200-as oszlop stabilitás vizsgálata

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
46 (2-16)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,18	N-M-V	0,071
				2,18	N-M-Kihajl.	0,064
				2,18	N-M-Kiford.	0,064
igen				0	Vy	0
				0	Vz	0,022
				2,18	Vw-M-N	0,071
				2,18	N-M-V	0,071
49 (4-13)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,18	N-M-Kihajl.	0,064
				2,18	N-M-Kiford.	0,064
				2,18	N-M-Kiford.	0,064
igen				0	Vy	0
				0	Vz	0,022
				2,18	Vw-M-N	0,071
				2,18	N-M-V	0,058
50 (3-12)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,18	N-M-Kihajl.	0,057
				2,18	N-M-Kiford.	0,057
				2,18	N-M-Kiford.	0,057
igen				0	Vy	0
				0	Vz	0,018
				2,18	Vw-M-N	0,058
				2,18	N-M-V	0,058
53 (1-9)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,18	N-M-Kihajl.	0,057
				2,18	N-M-Kiford.	0,057
				2,18	N-M-Kiford.	0,057
igen				0	Vy	0
				0	Vz	0,018
				2,18	Vw-M-N	0,058
				2,18	N-M-V	0,071
46 (2-16)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,18	N-M-V	0,071

38. táblázat

HEA200+1/2IPE400-as oszlop stabilitás vizsgálata

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
47 (6-15)	(rúd)	S 235	HE 200 A+fél IPE400	2,18	N-M-V	0,252
?				2,18	N-M-Kihajl.	0,254
				0	N-M-Kiford.	—
				0	Vy	0,026
				0	Vz	0,024
				0	Vw-M-N	—
				2,18	N-M-V	0,252
48 (8-14)	(rúd)	S 235	HE 200 A+fél IPE400	2,18	N-M-Kihajl.	0,254
?				0	N-M-Kiford.	—
				0	Vy	0,026
				0	Vz	0,024
				0	Vw-M-N	—
				2,18	N-M-V	0,264
51 (7-11)	(rúd)	S 235	HE 200 A+fél IPE400	2,18	N-M-Kihajl.	0,267
?				0	N-M-Kiford.	—
				0	Vy	0,028
				0	Vz	0,024
				0	Vw-M-N	—
				2,18	N-M-V	0,264
52 (5-10)	(rúd)	S 235	HE 200 A+fél IPE400	2,18	N-M-Kihajl.	0,267
?				0	N-M-Kiford.	—
				0	Vy	0,028
				0	Vz	0,024
				0	Vw-M-N	—
				2,18	N-M-Kihajl.	0,267
51 (7-11)	(rúd)	S 235	HE 200 A+fél IPE400	2,18	N-M-Kihajl.	0,267

39. táblázat

IPE200-as tartó stabilitás vizsgálata

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
3 (3-4)	(rúd)	S 235	IPE 200	1,1	N-M-V	0,17
igen				0	N-M-Kihajl.	0,138
				0	N-M-Kiford.	0,262
				1,1	Vy	0,023
				6	Vz	0,059
				6	Vw-M-N	0,137
				6	N-M-V	0,17
4 (1-2)	(rúd)	S 235	IPE 200	1,1	N-M-Kihajl.	0,138
igen				0	N-M-Kiford.	0,262
				0	Vy	0,023
				1,1	Vz	0,059
				6	Vw-M-N	0,137
				6	N-M-V	0,301
5 (7-8)	(rúd)	S 235	IPE 200	0	N-M-Kihajl.	0,179
igen				0	N-M-Kiford.	0,484
				0	Vy	0
				0	Vz	0,115
				0	Vw-M-N	0,301
				0	N-M-V	0,301
6 (5-6)	(rúd)	S 235	IPE 200	0	N-M-Kihajl.	0,179
igen				0	N-M-Kiford.	0,484
				0	Vy	0
				0	Vz	0,115
				0	Vw-M-N	0,301
				0	N-M-Kiford.	0,484
5 (7-8)	(rúd)	S 235	IPE 200	0	N-M-Kiford.	0,484

40. táblázat

HEA200-as tartó stabilitás vizsgálata

Szerk. elem	Típus	Anyag	Szelvény	Max. helye [m]	Vizsg.	Max.
1 (33-34) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-V	0,245
				2,85	N-M-Kihajl.	0,234
				2,85	N-M-Kiford.	0,302
				0	Vy	0,001
				0	Vz	0,11
2 (19-20) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	Vw-M-N	0,245
				2,85	N-M-V	0,244
				2,85	N-M-Kihajl.	0,244
				2,85	N-M-Kiford.	0,301
				0	Vy	0,001
7 (7-3) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	0	Vz	0,11
				0	Vw-M-N	0,244
				2,85	N-M-V	0,453
				0	N-M-Kihajl.	0,285
				0	N-M-Kiford.	0,508
8 (31-32) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	0	Vy	0,002
				4,5	Vz	0,228
				0	Vw-M-N	0,453
				0	N-M-V	0,244
				2,85	N-M-Kihajl.	0,244
9 (29-30) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-Kiford.	0,301
				2,85	Vy	0,001
				0	Vz	0,11
				0	Vw-M-N	0,244
				2,85	N-M-V	0,245
10 (27-28) igen	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-Kihajl.	0,233
				2,85	N-M-Kiford.	0,301
				0	Vy	0
				0	Vz	0,11
				0	Vw-M-N	0,245
				2,85	N-M-V	0,245
				2,85	N-M-Kihajl.	0,233
				2,85	N-M-Kiford.	0,301
				0	Vy	0
				0	Vz	0,11
				0	Vw-M-N	0,245
				2,85		

41. táblázat

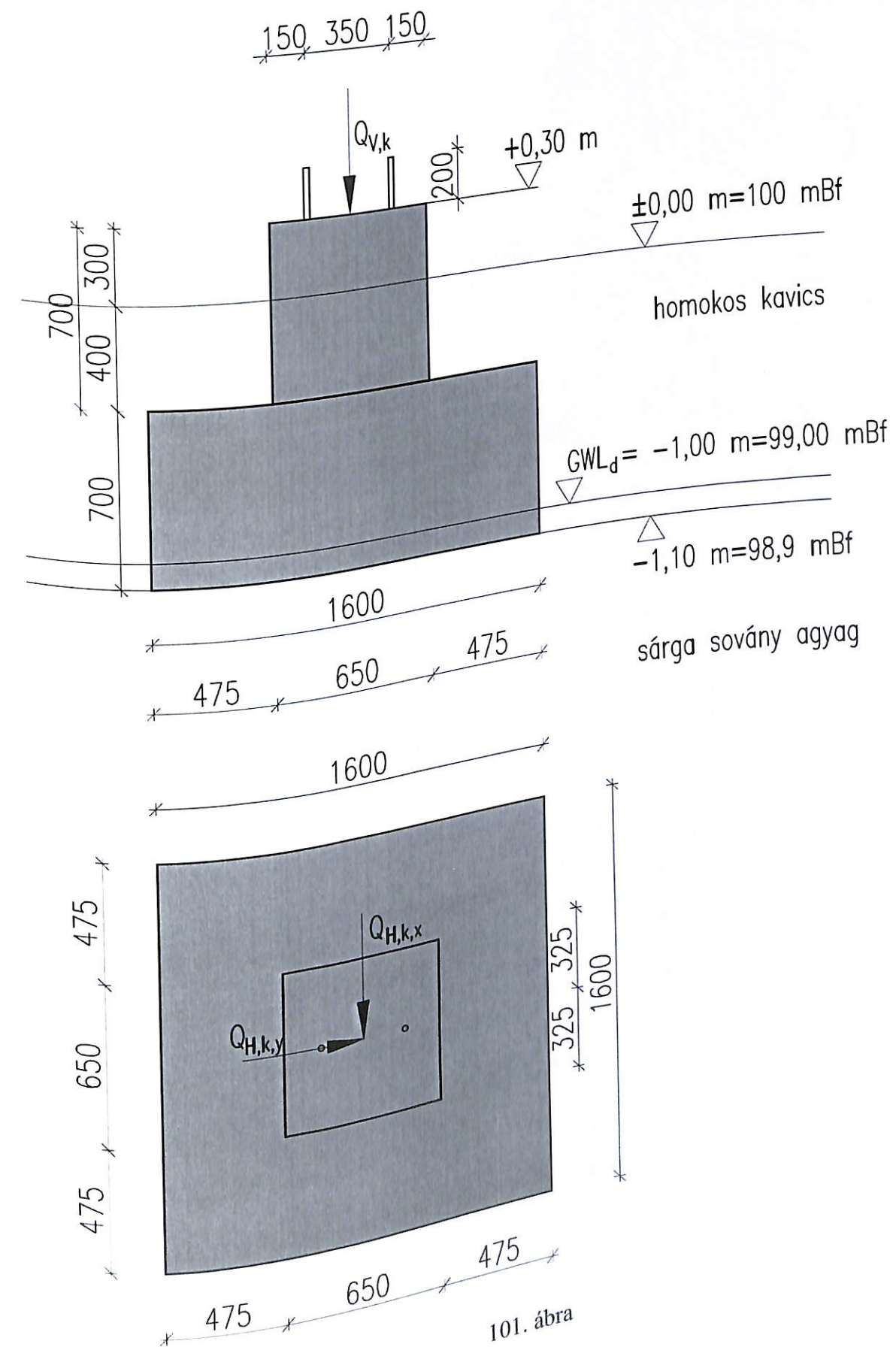
11 (25-26)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-V	0,244
igen				2,85	N-M-Kihajl.	0,244
				2,85	N-M-Kiford.	0,299
				0	Vy	0
				0	Vz	0,11
				2,85	Vw-M-N	0,244
				2,85	N-M-V	0,245
12 (23-24)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-Kihajl.	0,233
igen				2,85	N-M-Kiford.	0,301
				0	Vy	0
				0	Vz	0,11
				2,85	Vw-M-N	0,245
				2,85	N-M-V	0,245
13 (21-22)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-Kihajl.	0,233
igen				2,85	N-M-Kiford.	0,301
				0	Vy	0
				0	Vz	0,11
				2,85	Vw-M-N	0,245
				2,85	N-M-V	0,245
14 (17-18)	(rúd)	S 235	HE 200 A	2,85	N-M-Kihajl.	0,234
igen				2,85	N-M-Kiford.	0,302
				0	Vy	0,001
				0	Vz	0,11
				2,85	Vw-M-N	0,245
				6	N-M-V	0,451
43 (2-4)	(rúd)	S 235	HE 200 A	6	N-M-Kihajl.	0,435
igen				6	N-M-Kiford.	0,672
				6	Vy	0,001
				1,5	Vz	0,227
				6	Vw-M-N	0,451
				6	N-M-V	0,346
				0	N-M-Kihajl.	0,173
44 (5-7)	(rúd)	S 235	HE 200 A	0	N-M-Kiford.	0,362
igen				0	Vy	0
				1,5	Vz	0,177
				0	Vw-M-N	0,346
				0	N-M-V	0,453
				6	N-M-Kihajl.	0,285
45 (1-5)	(rúd)	S 235	HE 200 A	6	N-M-Kiford.	0,508
igen				6	Vy	0,002
				0	Vz	0,228
				6	Vw-M-N	0,453
				6		
				6	N-M-Kiford.	0,672
43 (2-4)	(rúd)	S 235	HE 200 A	6		

42. táblázat

6. Alaptestek méretezése

6.1 B-sori tartóoszlopok alatti alaptestek méretezése

A tartóoszlopok alatt vasalással ellátott tömbalapok készülnek. Az alapokba bebetonozott szerelvényként 2 db M22 (8.8 minőség) alapcsavar kerül elhelyezésre, 200 mm magas kiállással.



101. ábra

Alkalmazott anyagminőségek:

Vasbeton alap: C25/30-XC2-16-F2
Betonacél: B 60.50

Kiindulási adatok

Támaszreakciók:

x irányú támaszerő $F_x=28,42$ kN
y irányú támaszerő $F_y=62,33$ kN
z irányú támaszerő $F_z=413,65$ kN

Talajfizikai jellemzők

1. réteg: homokos kavics ($\pm 0,00$ és $-1,10$ m között)
 $\gamma_1=19,7$ kN/m³
 $\gamma_{1,s}=21,8$ kN/m³
 $\phi_1=36^\circ$
 $c_1=0$

2. réteg: sárga sovány agyag ($-1,10$ és $-6,20$ m között)
 $\gamma_2=20,4$ kN/m³
 $\gamma_{2,s}=20,9$ kN/m³
 $\phi_2=22^\circ$
 $c_2=20$ kPa

3. réteg: kövér agyag ($-6,20$ és $-20,00$ m között)
 $\gamma_3=21,9$ kN/m³
 $\gamma_{3,s}=21,9$ kN/m³
 $\phi_3=14^\circ$
 $c_3=60$ kPa

Térszín: 100,00 mBf
Alapozási sík: 98,9 mBf

Építési talajvízszint GWL: 97,20 mBf
Tervezési talajvízszint GWL_d: 99,00 mBf

Terhelések

Az alaptest súlya:

$$G_a = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_b = (1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,7 + 0,65 \cdot 0,65 \cdot 0,7) \cdot 25 = 47,3 \text{ kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B \cdot L - b \cdot l) \cdot t \cdot \gamma_1 = (1,6 \cdot 1,6 - 0,65 \cdot 0,65) \cdot 0,4 \cdot 19,7 = 18,20 \text{ kN}$$

Az alaptestre ható felhajtó erő:

$$F_f = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_w = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2,56 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_a + G_f - F_f + Q_{v,k} =$$

$$= 47,3 + 18,20 - 2,56 + 413,65 = 476,59 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = (G_a + G_f - F_f) \cdot \gamma_G + Q_{v,k} \cdot \gamma_Q =$$

$$= (47,3 + 18,20 - 2,56) \cdot 1,35 + 413,65 \cdot 1,5 = 705,45 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke

$$H_k = Q_{H,k} = \sqrt{28,42^2 + 62,33^2} = 68,5 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

$$H_d = 1,5 \cdot Q_{H,k} = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75 \text{ kN}$$

Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{v,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{H,k} \cdot h}{V_k} = \frac{413,65 \cdot 0 + 68,5 \cdot 1,4}{476,59} = 0,1828 \text{ m}$$

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,6 - 2 \cdot 0,1828 = 1,2345 \text{ m}$$

Az alap dolgozó hosszúsága:

$$L' = 1,60 \text{ m}$$

Az alap effektív területe:

$$A' = 1,2345 \times 1,6 = 1,9752 \text{ m}^2$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{(\pi \times \text{tg} \varphi)} \times \text{tg}^2 (45 + \varphi/2) = e^{(\pi \times \text{tg} 22)} \times \text{tg}^2 (45 + 22/2) = 7,82$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \text{tg} \varphi = 2 \times (7,82 - 1) \times \text{tg} 22 = 5,51$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \text{ctg} \varphi = (7,82 - 1) \times \text{ctg} 22 = 16,88$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} \times \sin \varphi = 1 + 1,2345 / 1,60 \times \sin 22 = 1,289$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \times B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} = 1 - 0,3 \times 1,2345 / 1,60 = 0,7685$$

$$s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1) = (1,289 \times 7,82 - 1) / (7,82 - 1) = 1,3314$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$m = (2 + B' \cdot L') / (1 + B' \cdot L') = (2 + 1,2345 \cdot 1,6) / (1 + 1,2345 \cdot 1,6) = 1,3361$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} \right]^m = \left[1 - \frac{68,5}{476,59 + 1,9752 \cdot 20 \cdot \operatorname{ctg} 22} \right]^{1,3361} = 0,8202$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{68,5}{476,59 + 1,9752 \cdot 20 \cdot \operatorname{ctg} 22} \right]^{1,3361+1} = 0,7071$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi) = 0,8202 - (1 - 0,8202) / (16,88 \cdot \operatorname{tg} 22) = 0,6642$$

Alapferdeségi tényezők: $b_q = b_\gamma = b_c = 1$ (alapsík egyenes)

Hatékony takarási feszültség:

$$q_h = 1,1 \cdot 19,7 = 21,67 \text{ kN/m}^2$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = A' (q_h \times N_q \times b_q \times s_q \times i_q + 0,5 \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times b_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma + c \times N_c \times b_c \times s_c \times i_c) = 1,9752 \times (21,67 \times 7,82 \times 1,0 \times 1,289 \times 0,8202 + 0,5 \times 20,9 \times 1,2345 \times 5,51 \times 1,0 \times 0,7685 \times 0,7071 + 20,00 \times 16,88 \times 1,0 \times 1,3314 \times 0,6642) = 1005,4 \text{ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = R_k / \gamma_{R,v} = 1005,4 / 1,4 = 718,13 \text{ kN/m}$$

Ellenőrzés: $V_d = 705,45 < R_d = 718,13 \text{ kN/m}$ **megfelel**

Globális biztonság: $R_k / V_k = 1005,4 / 476,59 = 2,11$

Állékonyság vizsgálat

Ellenőrzés elbillenés ellen

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dx} \cdot h} = \frac{705,45 \cdot 1,6 \cdot 0,5}{28,42 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 9,45 \text{ megfelel}$$

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dy} \cdot h} = \frac{705,45 \cdot 1,6 \cdot 0,5}{62,33 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 4,31 \text{ megfelel}$$

Az alap süllyedés számítása Jáky-féle közelítő módszerrel

Határmélyiség:

$$m_0 = 2 \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{2 \cdot L} \right) = 2 \cdot 1,6 \cdot \left(1 - \frac{1,6}{2 \cdot 1,6} \right) = 1,60 \text{ m}$$

$$\sigma_{z, \text{talp}} = V_k / B \cdot L = 476,59 / 1,60 \cdot 1,60 = 186,17 \text{ kPa}$$

Feszültség különbség az alapsíkon a talaj önsúlyából - tehermentesítés:

$$\Delta \sigma = 186,17 - 20,88 = 165,29 \text{ kPa}$$

Süllyedés a sovány agyag talajban:

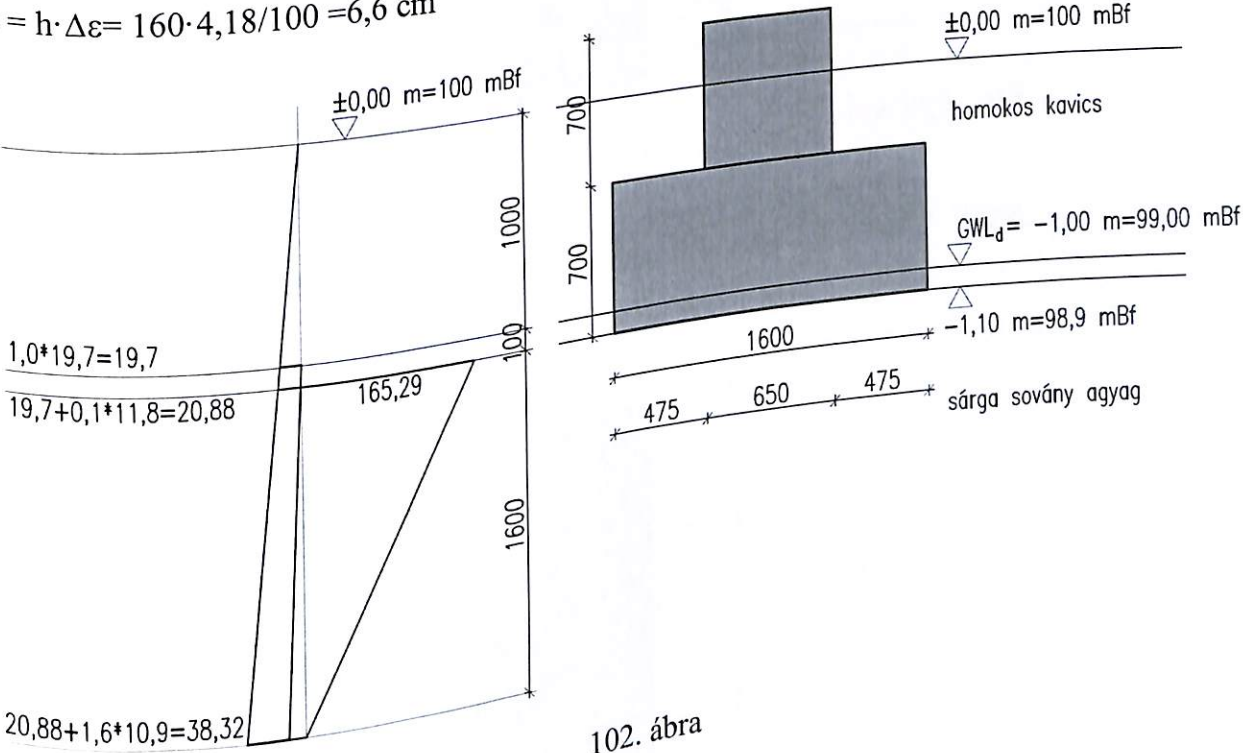
Kompressziós görbék pontjai

Kód	Név	Feszültség (kPa)							Fajlagos alakváltozás (%)
		0	50	100	200	300	400	600	
5	közepes homok	0,00%	0,30%	0,50%	0,60%	0,70%	0,75%	0,80%	
6	finom homok	0,00%	0,50%	0,80%	1,00%	1,10%	1,20%	1,30%	
7	iszapos homok	0,00%	0,70%	1,20%	1,70%	2,00%	2,20%	2,50%	
8	lössz	0,00%	1,80%	2,80%	3,50%	4,00%	4,40%	4,90%	
9	sárga homokos iszap	0,00%	1,00%	1,80%	2,60%	3,20%	3,70%	4,40%	
10	szürke iszap	0,00%	2,20%	3,40%	4,20%	4,80%	5,20%	5,80%	
11	sárga sovány agyag	0,00%	2,40%	3,60%	4,50%	5,10%	5,50%	5,90%	
12	barna agyag	0,00%	1,40%	2,00%	2,40%	2,70%	2,90%	3,20%	
13	kékesszürke kövér agyag	0,00%	1,70%	2,70%	3,40%	4,00%	4,50%	5,20%	

43. táblázat

$\Delta\varepsilon=3,6+0,9\cdot65,29/100=4,18\%$

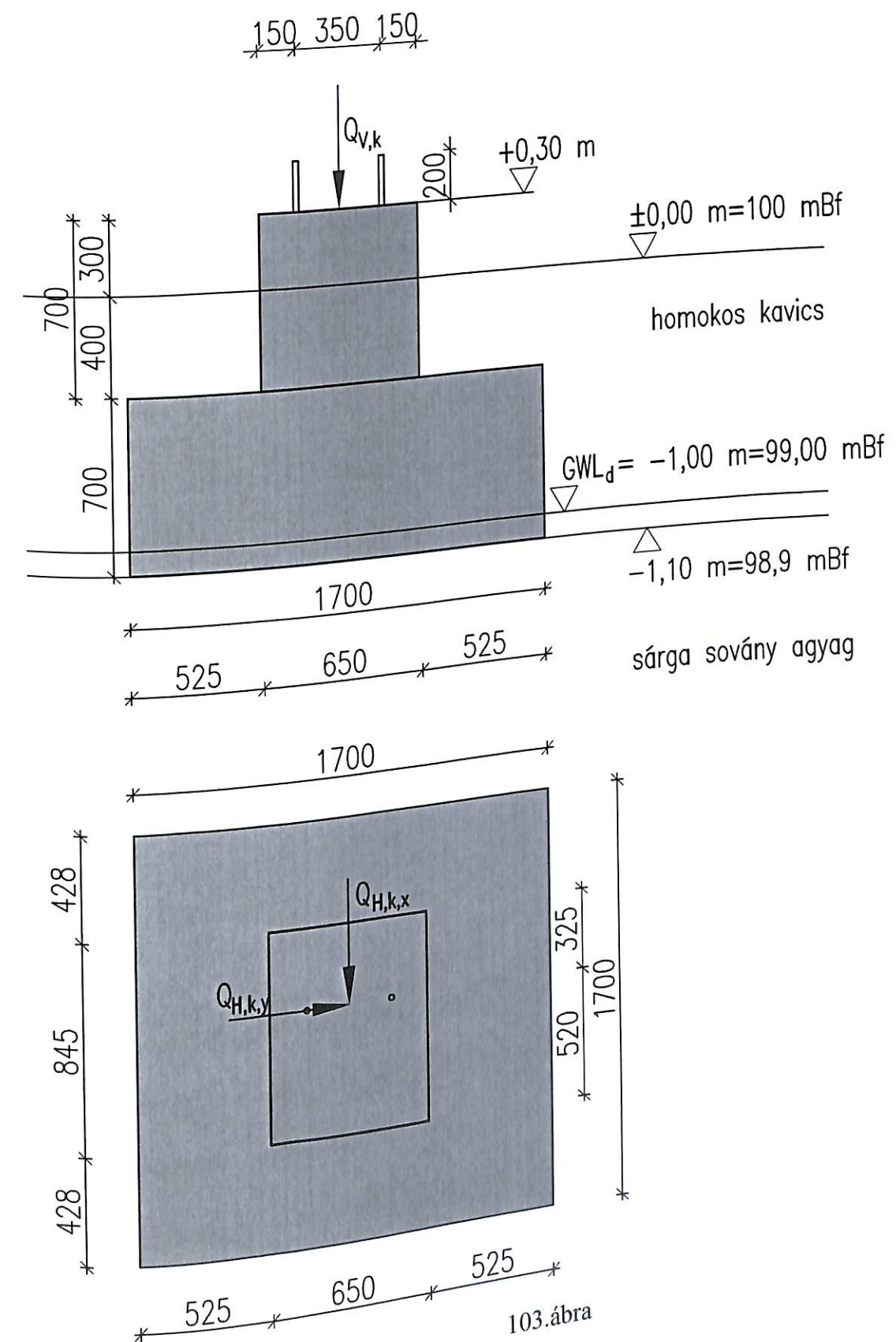
$s = h\cdot\Delta\varepsilon = 160\cdot4,18/100 = 6,6\text{ cm}$



102. ábra

6.2 A és C-sori tartóoszlopok alatti alaptestek méretezése

A tartóoszlopok alatt vasalással ellátott tömbalapok készülnek. Az alapokba bebetonozott szerelvényként 2 db M22 (8.8 minőség) alapcsavar kerül elhelyezésre, 200 mm magas kiállással.



103. ábra

Alkalmazott anyagminőségek:

Vasbeton alap: C25/30-XC2-16-F2
Betonacél: B 60.50

Kiindulási adatok

Támaszreakciók:

x irányú támaszerő $F_x=48,83$ kN
y irányú támaszerő $F_y=41,53$ kN
z irányú támaszerő $F_z=344,43$ kN

Talajfizikai jellemzők

1. réteg: homokos kavics ($\pm 0,00$ és $-1,10$ m között)
 $\gamma_1=19,7$ kN/m³
 $\gamma_{1,s}=21,8$ kN/m³
 $\varphi_1=36^\circ$
 $c_1=0$
2. réteg: sárga sovány agyag ($-1,10$ és $-6,20$ m között)
 $\gamma_2=20,4$ kN/m³
 $\gamma_{2,s}=20,9$ kN/m³
 $\varphi_2=22^\circ$
 $c_2=20$ kPa
3. réteg: kövér agyag ($-6,20$ és $-20,00$ m között)
 $\gamma_3=21,9$ kN/m³
 $\gamma_{3,s}=21,9$ kN/m³
 $\varphi_3=14^\circ$
 $c_3=60$ kPa

Térszín: 100,00 mBf
Alapozási sík: 98,9 mBf

Építési talajvízszint GWL: 97,20 mBf
Tervezési talajvízszint GWL_d: 99,00 mBf

Terhelések

Az alaptest súlya:

$$G_a = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_b = (1,7 \cdot 1,7 \cdot 0,7 + 0,65 \cdot 0,845 \cdot 0,7) \cdot 25 = 60,19 \text{ kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B \cdot L - b \cdot l) \cdot t \cdot \gamma_1 = (1,7 \cdot 1,7 - 0,65 \cdot 0,845) \cdot 0,4 \cdot 19,7 = 18,44 \text{ kN}$$

Az alaptestre ható felhajtó erő:

$$F_f = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_w = 1,7 \cdot 1,7 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2,89 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_a + G_r + F_r + Q_{v,k} =$$

$$= 60,19 + 18,44 - 2,89 + 344,43 = 419,89 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = (G_a + G_r + F_r) \cdot \gamma_G + Q_{v,k} \cdot \gamma_Q =$$

$$= (60,19 + 18,44 - 2,89) \cdot 1,35 + 344,43 \cdot 1,5 = 618,44 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke

$$H_k = Q_{H,k} = \sqrt{48,83^2 + 41,53^2} = 64,1 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

$$H_d = 1,5 \cdot Q_{H,k} = 1,5 \cdot 64,1 = 96,15 \text{ kN}$$

Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{v,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{H,k} \cdot h}{V_k} = \frac{344,43 \cdot 0,0975 + 64,1 \cdot 1,4}{419,89} = 0,293 \text{ m}$$

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,7 - 2 \cdot 0,293 = 1,114 \text{ m}$$

Az alap dolgozó hosszúsága:

$$L' = 1,70 \text{ m}$$

Az alap effektív területe:

$$A' = 1,2345 \times 1,6 = 1,8938 \text{ m}^2$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{(\pi \times \text{tg} \varphi)} \times \text{tg}^2 (45 + \varphi/2) = e^{(\pi \times \text{tg} 22)} \times \text{tg}^2 (45 + 22/2) = 7,82$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \text{tg} \varphi = 2 \times (7,82 - 1) \times \text{tg} 22 = 5,51$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \text{ctg} \varphi = (7,82 - 1) \times \text{ctg} 22 = 16,88$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} \times \sin \varphi = 1 + 1,114 / 1,70 \times \sin 22 = 1,245$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \times B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} = 1 - 0,3 \times 1,114 / 1,70 = 0,803$$

$$s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1) = (0,803 \times 7,82 - 1) / (7,82 - 1) = 1,281$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$m = (2 + B' \cdot L') / (1 + B' \cdot L') = (2 + 1,114 \cdot 1,7) / (1 + 1,114 \cdot 1,7) = 1,346$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} \right]^m = \left[1 - \frac{64,1}{419,9 + 1,894 \cdot 20 \cdot \operatorname{ctg} 22} \right]^{1,346} = 0,836$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{64,1}{419,9 + 1,894 \cdot 20 \cdot \operatorname{ctg} 22} \right]^{1,346+1} = 0,731$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi) = 0,836 - (1 - 0,836) / (16,88 \cdot \operatorname{tg} 22) = 0,692$$

Alapferdeségi tényezők: $b_q = b_\gamma = b_c = 1$ (alapsík egyenes)

Hatékony takarási feszültség:

$$q_h = 1,1 \cdot 19,7 = 21,67 \text{ kN/m}^2$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = A' \cdot (q_h \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c) = 1,894 \times (21,67 \times 7,82 \times 1,0 \times 1,245 \times 0,836 + 0,5 \times 20,9 \times 1,114 \times 5,51 \times 1,0 \times 0,803 \times 0,731 + 20,00 \times 16,88 \times 1,0 \times 1,281 \times 0,692) = 972,5 \text{ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = R_k / \gamma_{R,v} = 972,5 / 1,4 = 694,7 \text{ kN/m}$$

Ellenőrzés: $V_d = 618,44 < R_d = 694,7 \text{ kN/m}$ **megfelel**

Globális biztonság: $R_k / V_k = 972,5 / 419,89 = 2,31$

Állékonyság vizsgálat

Ellenőrzés elbillenés ellen

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dx} \cdot h} = \frac{618,44 \cdot 1,7 \cdot 0,5}{48,83 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 5,13 \text{ **megfelel**}$$

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dy} \cdot h} = \frac{618,44 \cdot 1,7 \cdot 0,5}{41,53 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 6,02 \text{ **megfelel**}$$

Az alap süllyedés számítása Jáky-féle közelítő módszerrel

Határmélyiség:

$$m_0 = 2 \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{2 \cdot L} \right) = 2 \cdot 1,7 \cdot \left(1 - \frac{1,7}{2 \cdot 1,7} \right) = 1,70 \text{ m}$$

$$\sigma_{z, \text{talp}} = V_k / B \cdot L = 419,89 / 1,70 \cdot 1,70 = 145,29 \text{ kPa}$$

Feszültség különbség az alapsíkon a talaj önsúlyából - tehermentesítés:

$$\Delta \sigma = 145,29 - 20,88 = 124,41 \text{ kPa}$$

Süllyedés a sovány agyag talajban:

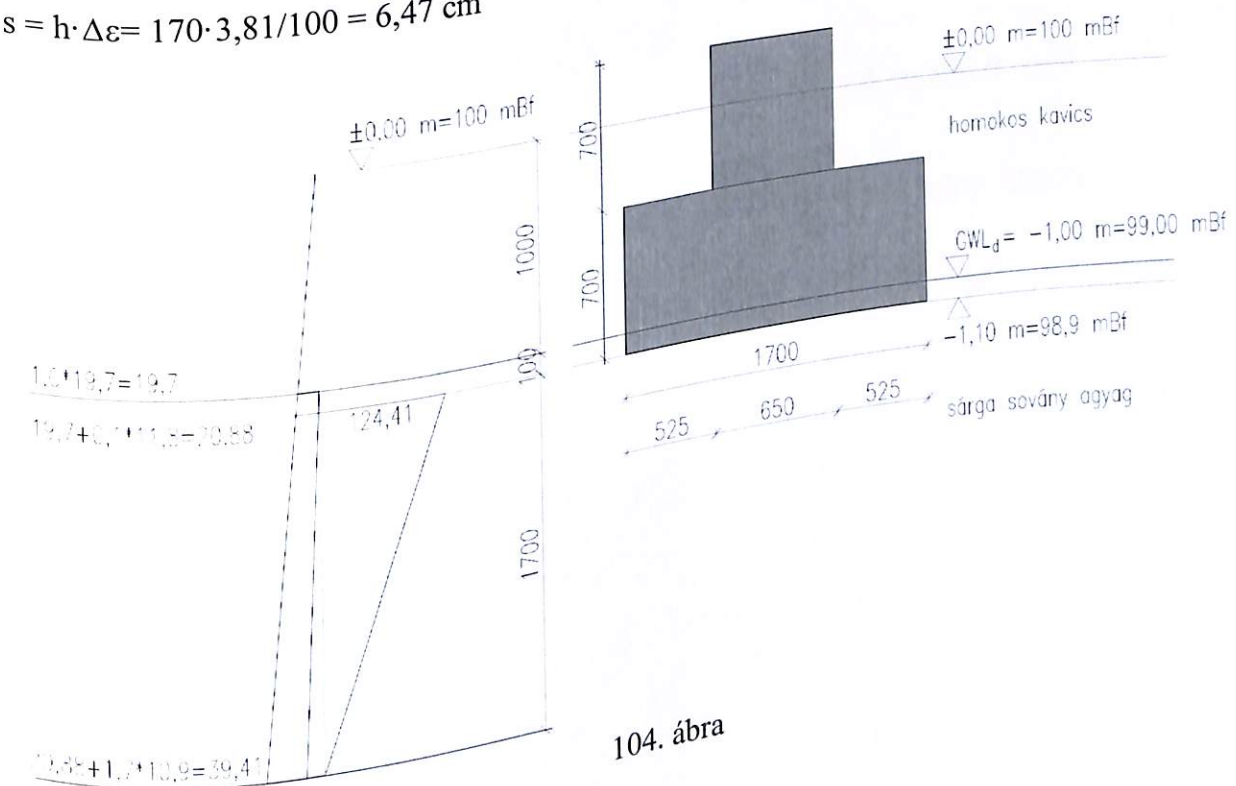
Kompressziós görbék pontjai

Kód	Név	Feszültség (kPa)							Fajlagos alakváltozás (%)
		0	50	100	200	300	400	600	
5	közepes homok	0,00%	0,30%	0,50%	0,60%	0,70%	0,75%	0,80%	
6	finom homok	0,00%	0,50%	0,80%	1,00%	1,10%	1,20%	1,30%	
7	iszapos homok	0,00%	0,70%	1,20%	1,70%	2,00%	2,20%	2,50%	
8	lössz	0,00%	1,80%	2,80%	3,50%	4,00%	4,40%	4,90%	
9	sárga homokos iszap	0,00%	1,00%	1,80%	2,60%	3,20%	3,70%	4,40%	
10	szürke iszap	0,00%	2,20%	3,40%	4,20%	4,80%	5,20%	5,80%	
11	sárga sovány agyag	0,00%	2,40%	3,60%	4,50%	5,10%	5,50%	5,90%	
12	barna agyag	0,00%	1,40%	2,00%	2,40%	2,70%	2,90%	3,20%	
13	kékesszürke kövér agyag	0,00%	1,70%	2,70%	3,40%	4,00%	4,50%	5,20%	

44. táblázat

$$\Delta\varepsilon = 3,6 + 0,9 \cdot 24,41 / 100 = 3,81 \%$$

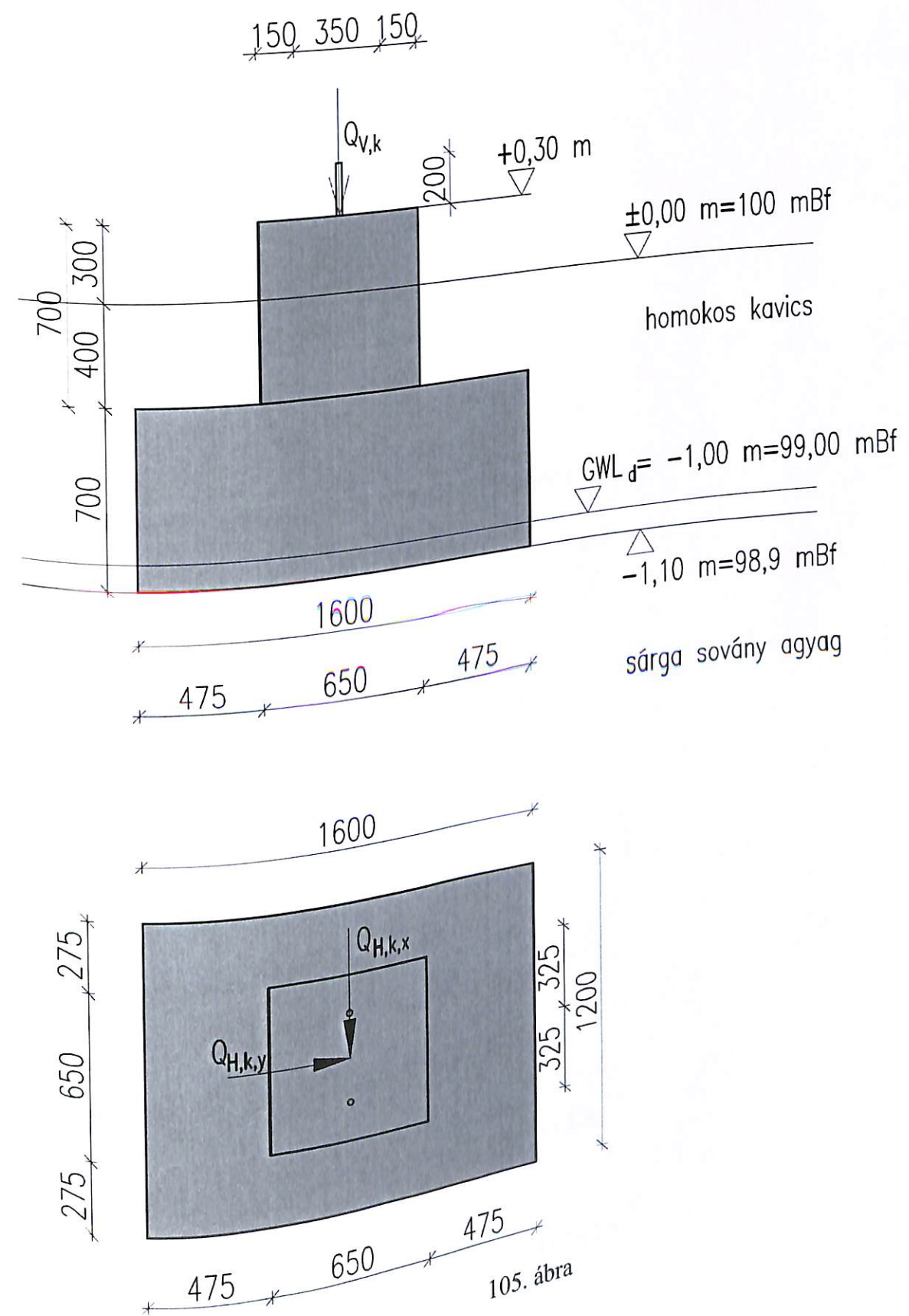
$$s = h \cdot \Delta\varepsilon = 170 \cdot 3,81 / 100 = 6,47 \text{ cm}$$



104. ábra

6.3 Falváztartó oszlopok alatti alaptestek méretezése

A tartóoszlopok alatt vasalással ellátott tömbalapok készülnek. Az alapokba bebetonozott szerelvényként 2 db M22 (8.8 minőség) alapcsavar kerül elhelyezésre, 200 mm magas kiállással.



Alkalmazott anyagminőségek:

Vasbeton alap: C25/30-XC2-16-F2
Betonacél: B 60.50

Kiindulási adatok

Támaszreakciók:

x irányú támaszerő $F_x=7,94$ kN
y irányú támaszerő $F_y=33,85$ kN
z irányú támaszerő $F_z=25,37$ kN

Talajfizikai jellemzők

1. réteg: homokos kavics ($\pm 0,00$ és $-1,10$ m között)
 $\gamma_1=19,7$ kN/m³
 $\gamma_{1,s}=21,8$ kN/m³
 $\varphi_1=36^\circ$
 $c_1=0$
2. réteg: sárga sovány agyag ($-1,10$ és $-6,20$ m között)
 $\gamma_2=20,4$ kN/m³
 $\gamma_{2,s}=20,9$ kN/m³
 $\varphi_2=22^\circ$
 $c_2=20$ kPa
3. réteg: kövér agyag ($-6,20$ és $-20,00$ m között)
 $\gamma_3=21,9$ kN/m³
 $\gamma_{3,s}=21,9$ kN/m³
 $\varphi_3=14^\circ$
 $c_3=60$ kPa

Térszín: 100,00 mBf
Alapozási sík: 98,9 mBf

Építési talajvízszint GWL: 97,20 mBf
Tervezési talajvízszint GWL_d: 99,00 mBf

Terhelések

Az alaptest súlya:

$$G_a = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_b = (1,6 \cdot 1,2 \cdot 0,7 + 0,65 \cdot 0,65 \cdot 0,7) \cdot 25 = 36,1 \text{ kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B \cdot L - b \cdot l) \cdot t \cdot \gamma_1 = (1,6 \cdot 1,2 - 0,65 \cdot 0,65) \cdot 0,4 \cdot 19,7 = 13,16 \text{ kN}$$

Az alaptestre ható felhajtó erő:

$$F_f = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_w = 1,6 \cdot 1,2 \cdot 0,1 \cdot 10 = 1,92 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_a + G_r + F_r + Q_{v,k} =$$

$$= 36,1 + 13,16 - 1,92 + 25,37 = 72,71 \text{ kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = (G_a + G_r + F_r) \cdot \gamma_G + Q_{v,k} \cdot \gamma_Q =$$

$$= (36,1 + 13,16 - 1,92) \cdot 1,35 + 25,37 \cdot 1,5 = 101,96 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke

$$H_k = Q_{H,k} = \sqrt{7,94^2 + 33,85^2} = 34,76 \text{ kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

$$H_d = 1,5 \cdot Q_{H,k} = 1,5 \cdot 34,76 = 52,14 \text{ kN}$$

Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{v,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{H,k} \cdot h}{V_k} = \frac{25,37 \cdot 0 + 34,76 \cdot 1,4}{72,71} = 0,5259 \text{ m}$$

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,6 - 2 \cdot 0,5259 = 0,5483 \text{ m}$$

Az alap dolgozó hosszúsága:

$$L' = 1,20 \text{ m}$$

Az alap effektív területe:

$$A' = 1,2 \times 0,5483 = 0,6579 \text{ m}^2$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{(\pi \times \text{tg} \varphi)} \times \text{tg}^2 (45 + \varphi/2) = e^{(\pi \times \text{tg} 22)} \times \text{tg}^2 (45 + 22/2) = 7,82$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \text{tg} \varphi = 2 \times (7,82 - 1) \text{tg} 22 = 5,51$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \text{ctg} \varphi = (7,82 - 1) \text{ctg} 22 = 16,88$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} \times \sin \varphi = 1 + 0,5483 / 1,2 \times \sin 22 = 1,1711$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \times B_{\text{eff}} / L_{\text{eff}} = 1 - 0,3 \times 0,5483 / 1,2 = 0,8629$$

$$s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1) = (1,1711 \times 7,82 - 1) / (7,82 - 1) = 1,1962$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$m = (2 + B' \cdot L') / (1 + B' \cdot L') = (2 + 0,5483 \cdot 1,2) / (1 + 0,5483 \cdot 1,2) = 1,6032$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right]^m = \left[1 - \frac{34,76}{72,71 + 0,6579 \cdot 20 \cdot \text{ctg} 22} \right]^{1,6032} = 0,526$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{34,76}{72,71 + 0,6579 \cdot 20 \cdot \text{ctg} 22} \right]^{1,6032+1} = 0,3523$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi) = 0,526 - (1 - 0,526) / (16,88 \cdot \operatorname{tg} 22^\circ) = 0,2573$$

Alapferdeségi tényezők: $b_q = b_\gamma = b_c = 1$ (alapsík egyenes)

Hatékony takarási feszültség:

$$q_h = 1,1 \cdot 19,7 = 21,67 \text{ kN/m}^2$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = A' (q_h \times N_q \times b_q \times s_q \times i_q + 0,5 \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times b_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma + c \times N_c \times b_c \times s_c \times i_c) = 0,6579 \times (21,67 \times 7,82 \times 1,0 \times 1,1711 \times 0,526 + 0,5 \times 20,9 \times 0,5483 \times 5,51 \times 1,0 \times 0,8629 \times 0,3523 + 20,00 \times 16,88 \times 1,0 \times 1,1962 \times 0,2573) = 148,57 \text{ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = R_k / \gamma_{R,v} = 148,57 / 1,4 = 106,12 \text{ kN/m}$$

Ellenőrzés: $V_d = 101,96 < R_d = 106,12 \text{ kN/m}$ **megfelel**

Globális biztonság: $R_k / V_k = 148,57 / 72,71 = 2,04$

Állékonyság vizsgálat

Ellenőrzés elbillenés ellen

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dx} \cdot h} = \frac{101,96 \cdot 1,2 \cdot 0,5}{7,94 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 3,66 \text{ megfelel}$$

$$n = \frac{V_d \cdot B \cdot 0,5}{H_{dy} \cdot h} = \frac{101,96 \cdot 1,6 \cdot 0,5}{25,37 \cdot 1,5 \cdot 1,4} = 1,53 \text{ megfelel}$$

Az alap süllyedés számítása Jáky-féle közelítő módszerrel

Határmélység:

$$m_0 = 2 \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{2 \cdot L}\right) = 2 \cdot 1,6 \cdot \left(1 - \frac{1,6}{2 \cdot 1,2}\right) = 1,07 \text{ m}$$

$$\sigma_{z, \text{talp}} = V_k / B \cdot L = 72,71 / 1,60 \cdot 1,20 = 37,9 \text{ kPa}$$

Feszültség különbség az alapsíkon a talaj önsúlyából - tehermentesítés:

$$\Delta \sigma = 37,9 - 20,88 = 17,02 \text{ kPa}$$

Süllyedés a sovány agyag talajban:

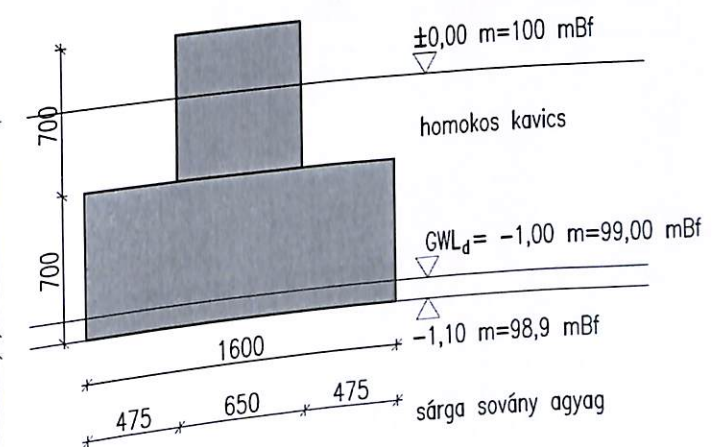
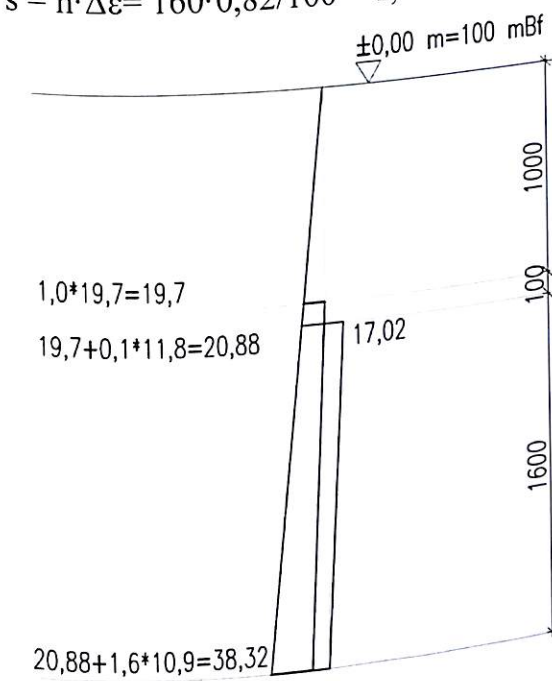
Kompressziós görbék pontjai

Kód	Név	Feszültség (kPa)							Fajlagos alakváltozás (%)
		0	50	100	200	300	400	600	
5	közepes homok	0,00%	0,30%	0,50%	0,60%	0,70%	0,75%	0,80%	
6	finom homok	0,00%	0,50%	0,80%	1,00%	1,10%	1,20%	1,30%	
7	iszapos homok	0,00%	0,70%	1,20%	1,70%	2,00%	2,20%	2,50%	
8	lössz	0,00%	1,80%	2,80%	3,50%	4,00%	4,40%	4,90%	
9	sárga homokos iszap	0,00%	1,00%	1,80%	2,60%	3,20%	3,70%	4,40%	
10	szürke iszap	0,00%	2,20%	3,40%	4,20%	4,80%	5,20%	5,80%	
11	sárga sovány agyag	0,00%	2,40%	3,60%	4,50%	5,10%	5,50%	5,90%	
12	barna agyag	0,00%	1,40%	2,00%	2,40%	2,70%	2,90%	3,20%	
13	kékesszürke kövér agyag	0,00%	1,70%	2,70%	3,40%	4,00%	4,50%	5,20%	

45. táblázat

$$\Delta \varepsilon = 17,02 / 50 \cdot 2,4 = 0,82 \%$$

$$s = h \cdot \Delta \varepsilon = 160 \cdot 0,82 / 100 = 1,31 \text{ cm}$$



106. ábra

7. Mellékletek

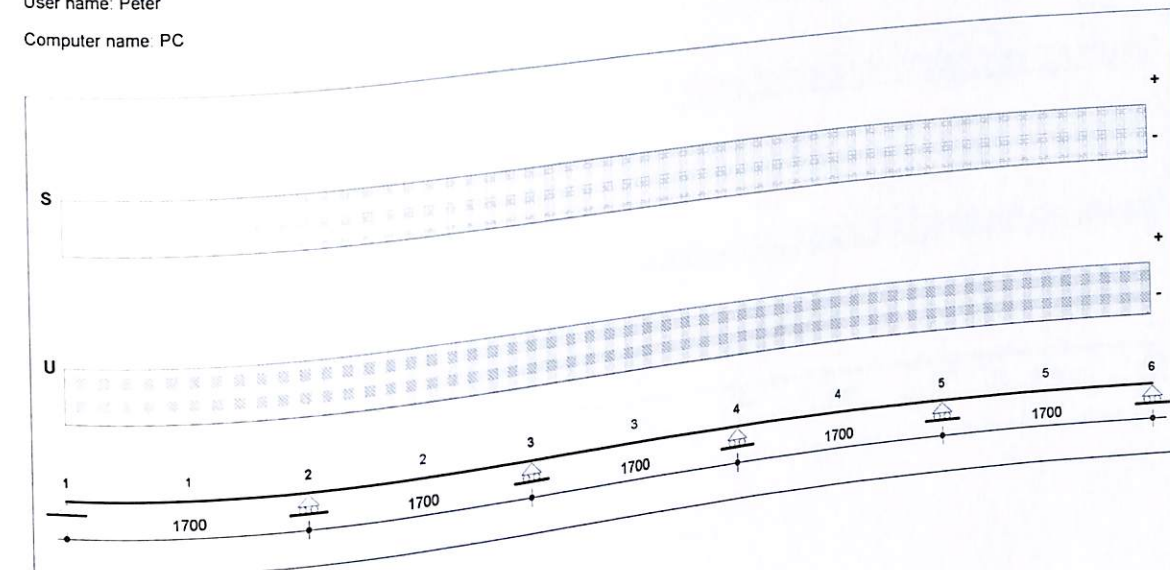
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése – 1. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_teto_1.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatódagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 43%

SLS: 15%

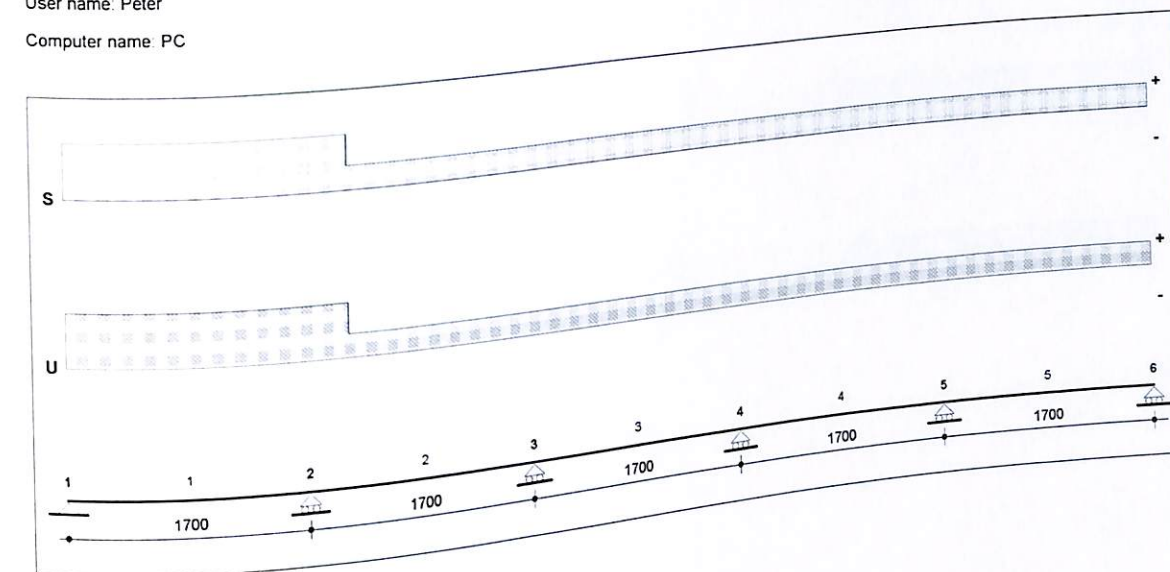
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése – 2. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_teto_2.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatódó

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 89%

SLS: 33%

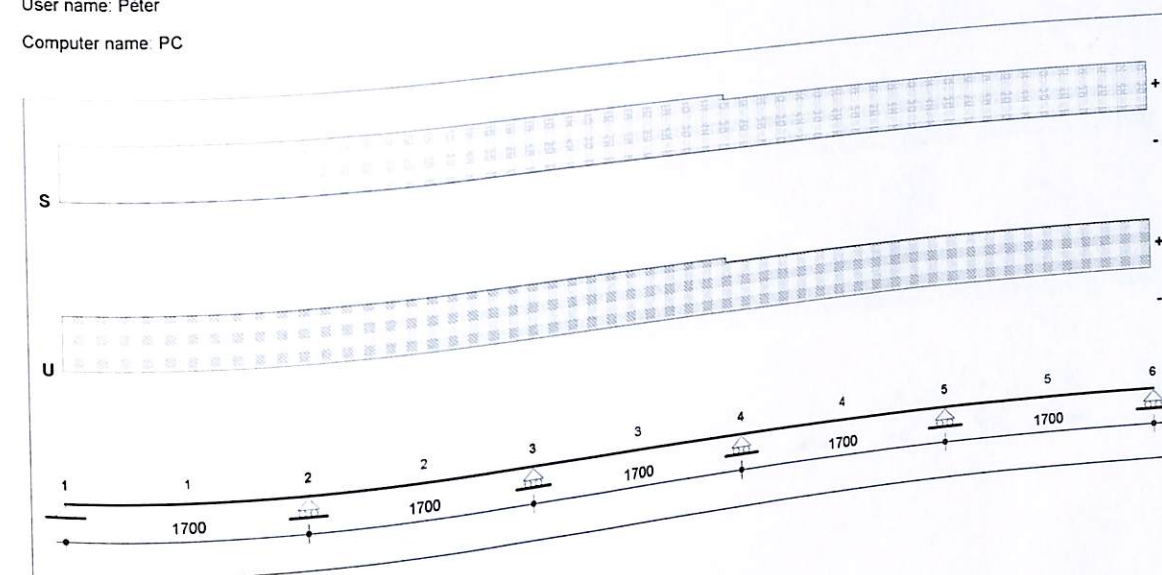
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése – 3. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_teto_3.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 90%

SLS: 25%

Szabvány: Eurocode

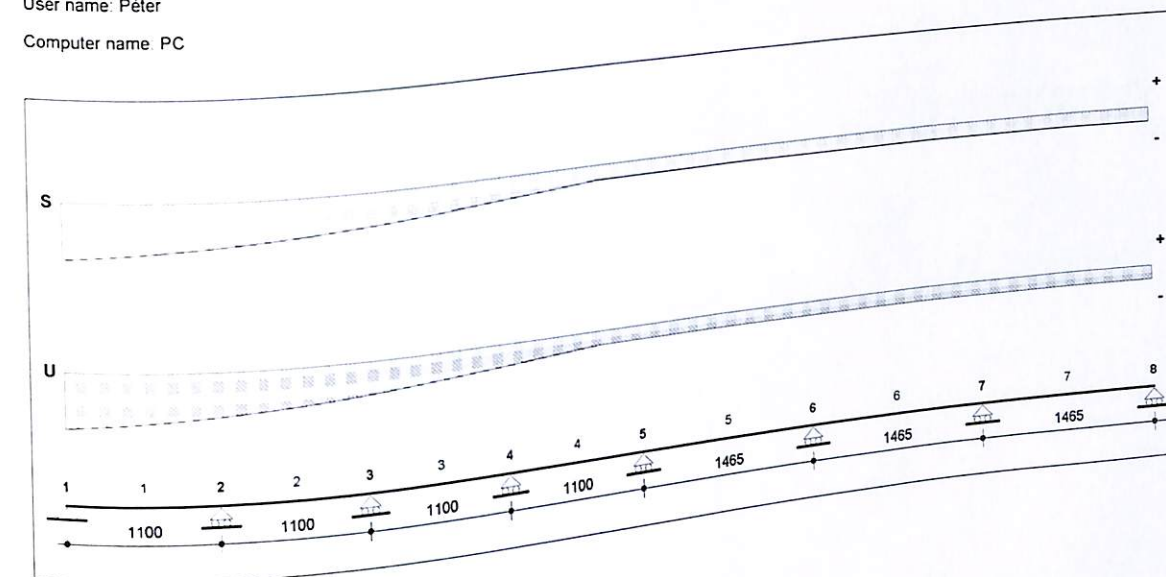
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése (oldalhajó) – 1. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_tetooldal_1.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 66%

SLS: 15%

Szabvány: Eurocode

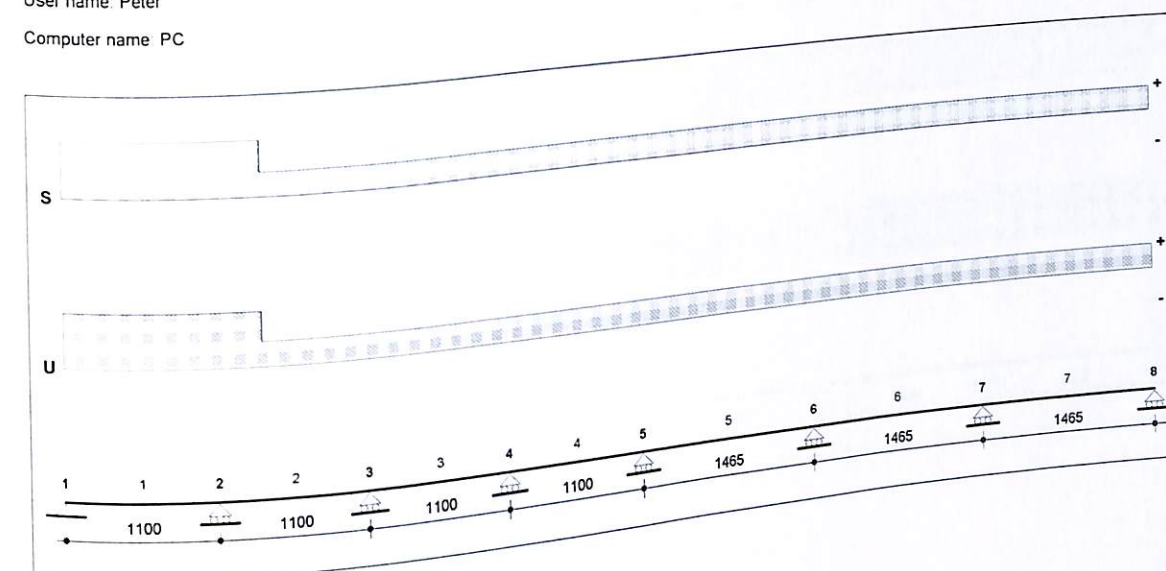
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése (oldalhajó) – 2. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_teto_oldal_2.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paramétere

Lehajlási határ (nyílás): L / 150

Lehajlási határ (konzol): L / 150

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 48%

SLS: 9%

Szabvány: Eurocode

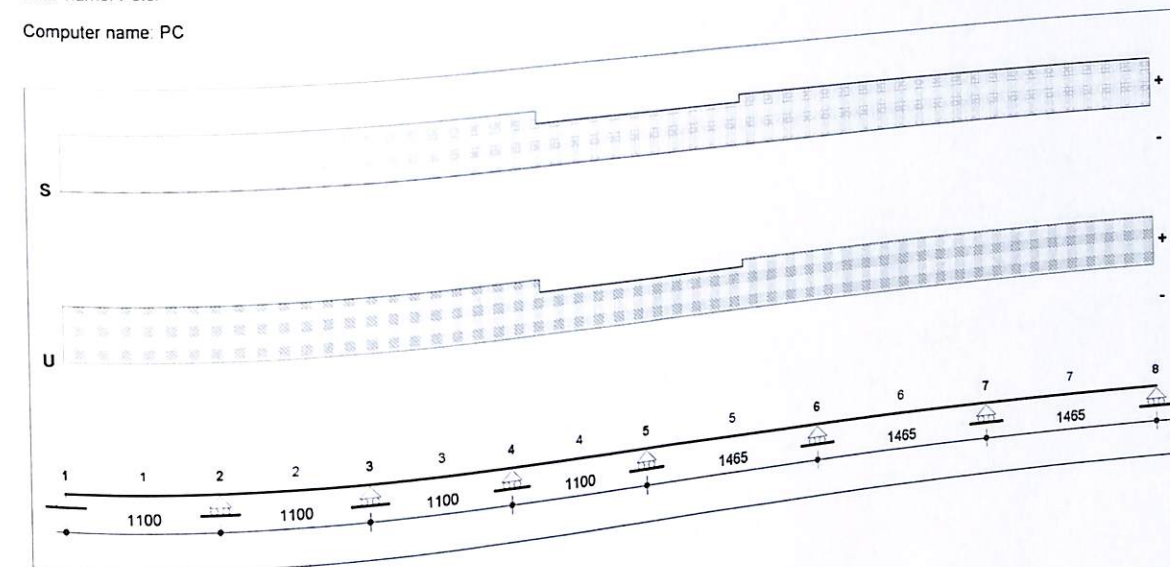
Tetőburkolati külső trapézlemez méretezése (oldalhajó) – 3. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\trap_teto_oldal_3.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Szabvány: Eurocode

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 79%

SLS: 18%

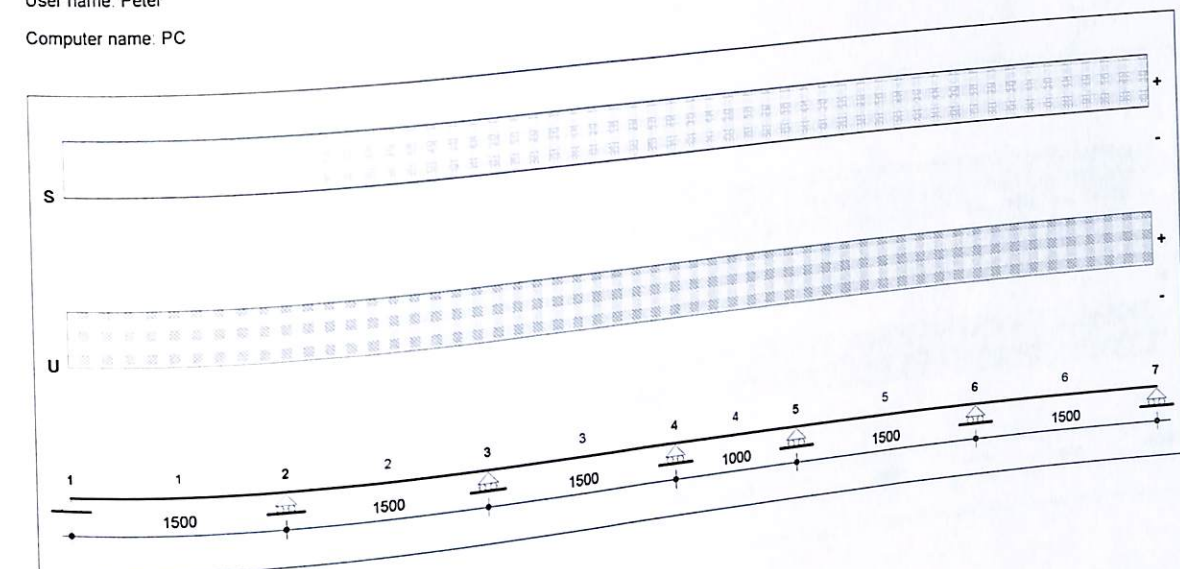
Falburkolati külső trapézlemez méretezése – 1. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\falb_1.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Fal

Szabvány: Eurocode

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LVP 20

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (széles)

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 90%

SLS: 76%

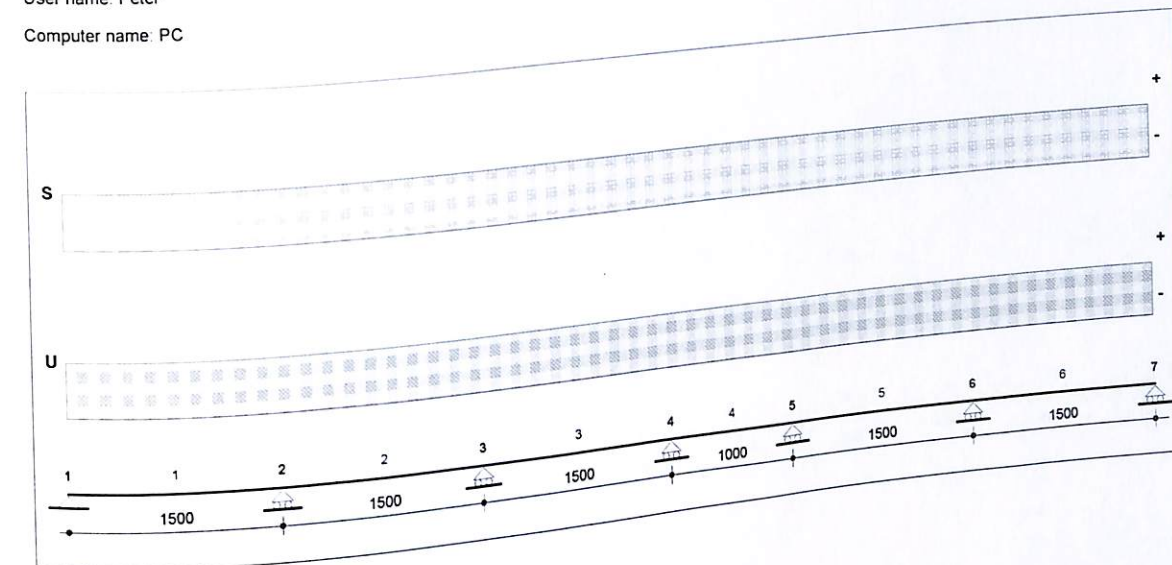
Falburkolati külső trapézlemez méretezése – 2. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\falb_2.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Fal

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LVP 20

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (széles)

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 150$

Lehajlási határ (konzol): $L / 150$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 65%

SLS: 54%

Szabvány: Eurocode

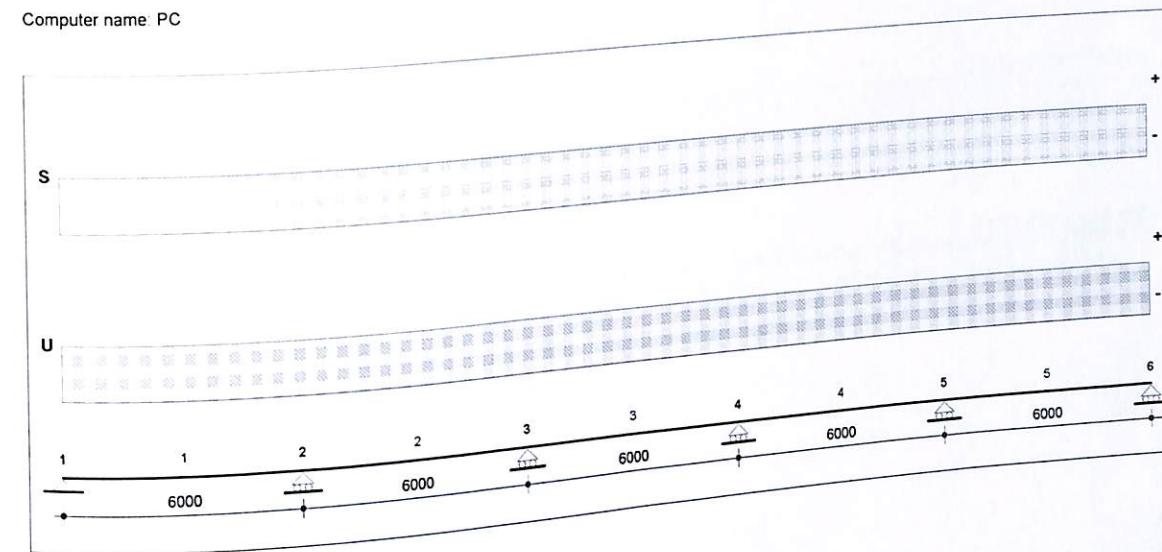
Z-szelemen méretezése – 1. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_1_fohajo.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 200

Statikai rendszer: Folytatólagos

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paramétere

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 97%

SLS: 64%

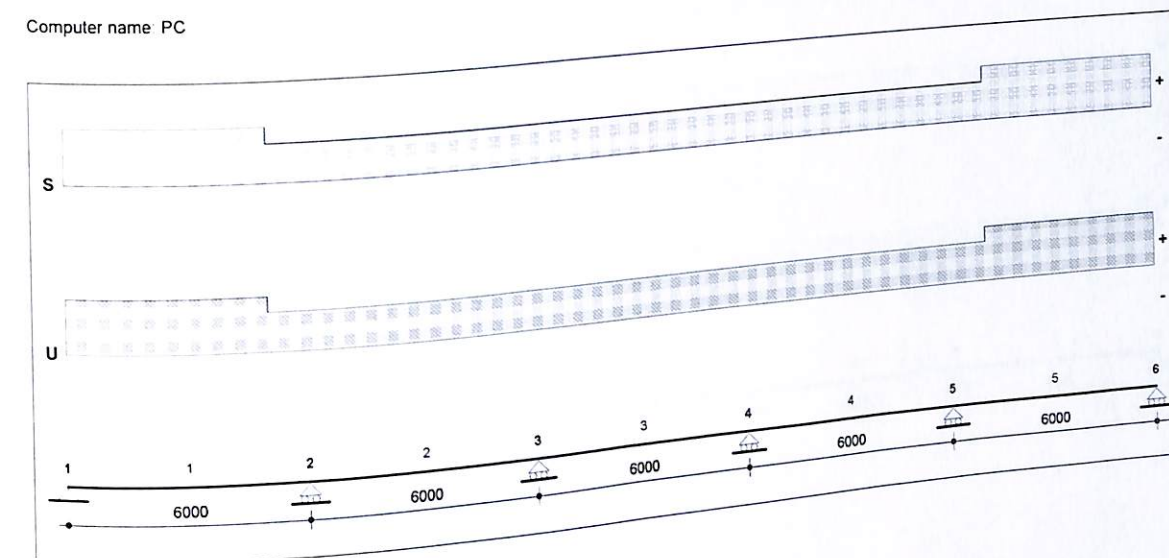
Z-szelemen méretezése – 2. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_2_fohajo.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 250

Statikai rendszer: Folytatólagos

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Tipus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 86%

SLS: 32%

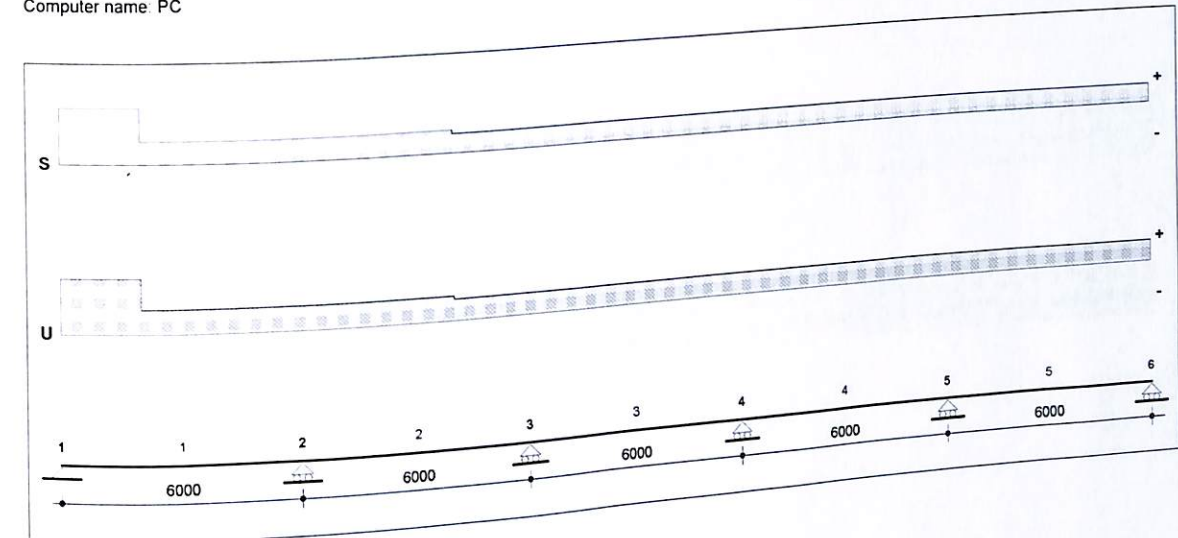
Z-szelemen méretezése – 3. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_3_fohajo.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 200

Statikai rendszer: Folytatódó

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Tipus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 59%

SLS: 32%

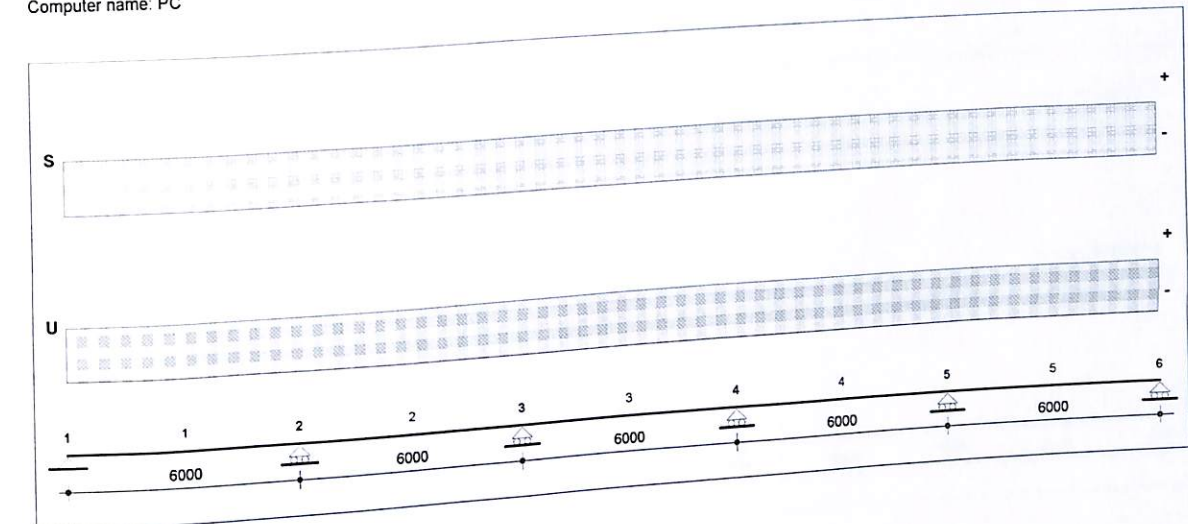
Z-szelemen méretezése (oldalhajó) – 1. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_1_oldal_ho.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 350

Statikai rendszer: Folytatólagos

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 83%

SLS: 21%

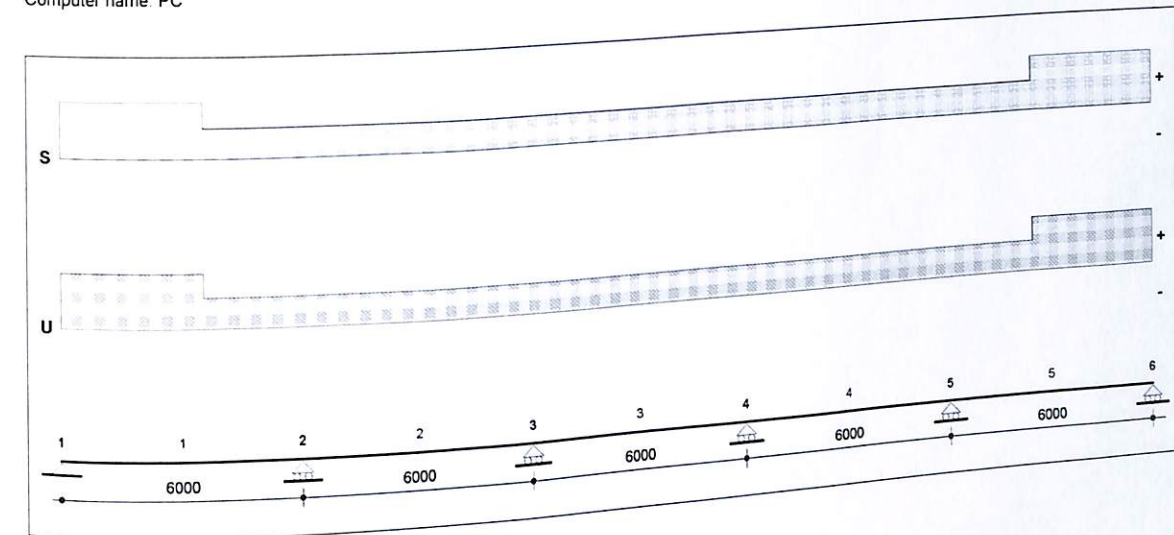
Z-szelemen méretezése (oldalhajó) – 2. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_2_oldal_ho.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 200

Statikai rendszer: Folytatólagos

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 76%

SLS: 46%

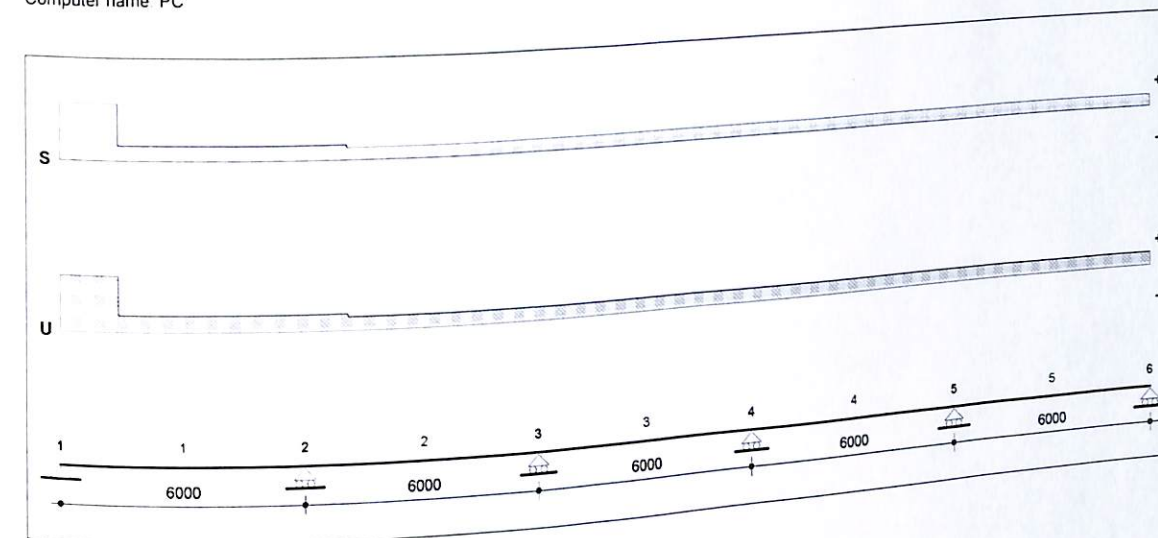
Z-szelemen méretezése (oldalhajó) – 3. teherkombináció

DIMroof 3.5 - C:\Documents and Settings\Péter\Dokumentumok\z_ger_3_oldal_ho.dim

Date: 2014.04.14.

User name: Péter

Computer name: PC



Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak: Nincsenek

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 200

Statikai rendszer: Folytatólagos

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Felső öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): $L / 200$

Lehajlási határ (konzol): $L / 200$

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 32%

SLS: 19%