

SZENT ISTVÁN EGYETEM
YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR

SZAKDOLGOZAT

Bihari Ágnes

2015. június



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2015

Bihari Ágnes

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe: Háromhajós csarnok tervezése

Belső konzulens: Horváth Katalin mérnöktanár

Külső konzulens: -

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

Budapest, 2015. május 28.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



Részletes feladatkiírás

Bihari Ágnes

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Háromhajós csarnok tervezése

című szakdolgozatához

Feladat leírása

Megtervezendő egy háromhajós, hőszigetelt csarnok.

Vizsgálandó a főhajó rácsos tetőszerkezet megoldásának lehetőségei különböző rácsos kialakítás esetén.

Geometriai kialakítás, terhek

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

A csarnok főhajó oszlopok tengelytávolsága 16,00 m (B és C tengelyek), a mellékrajó oszlopok tengelytávolsága 6,00 m (A – B és C – D tengelyek).

A csarnok főhajó váll tengely magassága ~5,50 m, a gerincmagasság ~8,00 m, a tető szerkezete rácsos kialakítású lejtése ~14°.

A mellékrajók váll tengely magassága ~4,00 m, a tető lejtése ~9°.

A csarnok hőszigetelt.

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

Budapest, 2015. május 28.

Horváth Katalin
Horváth Katalin
belső konzulens

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Mechanika és Tartószerkezetek szakcsoport

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok tervezése

Szakdolgozat

Készítette: Bihari Ágnes

Neptun kód

Konzulens: Horváth Katalin

Dátum: 2015. június 1.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni Horváth Katalinnak a Mechanika és Tartószerkezetek szakcsoport munkatársának és egyben vezetőjének, azért a sok segítségért amit nyújtott, időt és türelmet amit ráfordított arra, hogy a szakdolgozatom teljes és megvalósítható legyen.

Budapest, 2015. június 1.

Bihari Ágnes

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés.....	1
2. Csarnokokról általában.....	1
2.1. Acél mint építőanyag.....	1
2.2. Ipari csarnokok.....	2
2.3. Néhány megvalósított példa ipari jellegű csarnokokra.....	2
2.3.1. Nyeregtetős kialakítású 1-es példa.....	2
2.3.2. Nyeregtetős kialakítású 2-es példa.....	2
2.3.3. Nyeregtető kialakítású párhuzamos övű N rácsozású tartó.....	3
3. Tartószerkezeti tanulmány.....	3
3.1. Nyeregtető 1-es alak.....	3
3.2. Nyeregtető 2-es alak.....	3
3.3. N rácsozású tartó.....	4
3.4. Összefoglaló diagramok.....	6
4. Rácsos szerkezetű acél csarnok statikai számítása.....	6
4.1. Kiindulási adatok.....	6
4.1.1. Geometria.....	6
4.1.2. Anyagminőségek.....	6
4.1.3. Felhasznált szabványok.....	6
4.2. Terhek meghatározása.....	6
4.2.1. Állandó terhek	6
4.2.2. Állandó jellegű hasznos teher	6
4.2.3. Esetleges terhek.....	6
4.2.3.1. Hasznos teher.....	7
4.2.3.2. Hóteher.....	7
4.2.3.3. Szélteher.....	7
4.3. Trapézlemez méretezése.....	7
4.3.1. Statikai váz.....	7
4.3.2. Terhek meghatározása.....	7
4.3.2.1. Állandó teher.....	7
4.3.2.2. Hóteher.....	7
4.3.2.3. Szélteher.....	8
4.3.2.4. Teherkombinációk.....	11
4.4. Z szelemen méretezése.....	11
4.4.1. Statikai váz.....	11
4.4.2. Terhek meghatározása.....	11
4.4.2.1. Állandó teher.....	11
4.4.2.2. Hóteher.....	11
4.4.2.3. Szélteher.....	12
4.4.2.4. Teherkombinációk.....	15
4.5. Rácsos tartó méretezése.....	15
4.5.1. Váz.....	15
4.5.2. Terhek meghatározása.....	15
4.5.2.1. Állandó teher.....	16
4.5.2.2. Hóteher.....	16

4.5.2.3. Szélteher.....	16
4.5.2.4. Teherkombinációk.....	18
4.5.3. Rácsos tartó csomópont méretezése.....	19
4.6. Falvázoszlop méretezése.....	59
4.6.1. Statikai váz.....	59
4.6.2. Anyagminőség.....	59
4.6.3. Keresztmetszet.....	59
4.6.4. Tehermodell.....	59
4.6.4.1. Állandó teher.....	59
4.6.4.1.1. Falvázoszlop önsúly.....	59
4.6.4.1.2. Burkolat önsúly	59
4.6.4.2. Szélteher.....	59
4.6.5. Keresztmetszet méretezése.....	59
4.6.5.1. Keresztmetszeti adatok.....	59
4.6.5.2. Keresztmetszet osztályozása tiszta nyomásra.....	60
4.6.5.3. Keresztmetszet osztályozása hajlításra.....	60
4.6.5.4. Ellenőrzés tiszta nyomásra.....	60
4.6.5.5. Ellenőrzés hajlításra.....	60
4.6.5.6. Nyírási ellenőrzés.....	60
4.6.5.7. Nyomaték, Normálerő és Nyíróerő kölcsönhatása.....	61
4.6.6. Stabilitás vizsgálat.....	61
4.6.6.1. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y).....	61
4.6.6.2. Kifordulás vizsgálat egyszerűsített módszerrel.....	61
5. Mellékhajó statikai számítása.....	62
5.1. Kiindulási adatok.....	62
5.1.1. Geometria, helyszín adatok.....	62
5.1.2. Anyagminőségek.....	62
5.1.3. Felhasznált szabványok.....	62
5.2. Terhek meghatározása.....	62
5.2.1. Állandó teher.....	62
5.2.2. Állandó jellegű hasznos teher.....	63
5.2.3. Esetleges terhek	63
5.2.3.1. Hasznos teher.....	63
5.2.3.2. Hóteher.....	63
5.2.3.3. Szélteher	64
5.3. Trapézlemez méretezése.....	64
5.3.1. Statikai váz.....	64
5.3.2. Terhek meghatározása.....	64
5.3.2.1. Állandó teher.....	64
5.3.2.2. Hóteher.....	64
5.3.2.3. Szélteher.....	64
5.3.2.4. Teherkombinációk.....	65
5.4. Z szelemen méretezése.....	68
5.4.1. Statikai váz.....	68
5.4.2. Terhek meghatározása.....	68

5.4.2.1. Állandó teher	68
5.4.2.2. Hóteher.....	68
5.4.2.3. Szélteher.....	68
5.4.2.4. Teherkombinációk.....	70
5.5. Főtartó keret méretezése.....	72
5.5.1. Statikai váz.....	72
5.5.2. Anyagminőségek.....	72
5.5.3. Keresztmetszet.....	73
5.5.4. Tehermodell.....	73
5.5.4.1. Állandó teher.....	73
5.5.4.1.1. Keret önsúly.....	73
5.5.4.1.2. Burkolat önsúly.....	73
5.5.4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher.....	73
5.5.4.2. Hóteher.....	73
5.5.4.3. Szélteher.....	73
5.5.4.3.1. Szélteher 1 KK és szélteher 2 KK.....	73
5.5.4.3.2. Szélteher 3 HK.....	74
5.5.4.3.3. Szélteher 4 BNY.....	75
5.5.4.3.4. Szélteher 5 BSZ.....	75
5.5.5. Teherkombinációk.....	75
5.6. Keresztmetszetek méretezése.....	76
5.6.1. IPE300 ellenőrzése.....	77
5.6.1.1. Gerenda ellenőrzése nyomásra.....	77
5.6.1.2. Gerenda ellenőrzése hajlításra.....	77
5.6.1.3. Gerenda ellenőrzése nyírásra.....	77
5.6.2. HEA260 gerenda ellenőrzése.....	77
5.6.2.1. Oszlop ellenőrzése nyomásra.....	77
5.6.2.2. Oszlop ellenőrzése hajlításra.....	78
5.6.2.3. Oszlop ellenőrzése nyírásra.....	78
5.6.3. HEA220 oszlop ellenőrzése.....	78
5.6.3.1. Oszlop ellenőrzése nyomásra.....	78
5.6.3.2. Oszlop ellenőrzése hajlításra.....	78
5.6.3.3. Oszlop ellenőrzése nyírásra.....	78
5.7. Főtartó keret, oszlop stabilitás vizsgálata.....	78
5.7.1. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y) 1. oszlop.....	78
5.7.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y) 2. oszlop.....	79
5.7.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (χ_z)1. oszlop.....	79
5.7.4. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (χ_z)2. oszlop.....	80
5.7.5. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y)gerenda.....	80
5.7.6. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (χ_z)gerenda.....	80
5.8. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (övmerevség vizsgálat)	81
5.8.1 HEA 260 oszlopnál.....	81
5.8.2. HEA 220 oszlopnál.....	81
5.8.3. IPE 300 gerendánál.....	82
5.9. Kihajlás és kifordulás interakciója.....	82

5.9.1. HEA 220 oszlopnál.....	82
5.9.2. HEA260 oszlopnál.....	82
5.9.3. IPE 300 gerendánál.....	83
6. Szélrács méretezése.....	83
6.1. Terhek meghatározása	83
6.2. Központosan húzott rúd tervezése	83
6.3 Központosan nyomott összekötő elem tervezés.....	84
6.4 Stabilitás vizsgálatok.....	84
6.4.1. Kihajlás vizsgálat HEA120Xy irányban.....	84
6.4.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (Xz)gerenda.....	84
7. Mellékrajz csomópontjainak méretezése.....	85
7.1. 1. csomópont.....	97
7.2. 2. csomópont	101
7.3. 3. csomópont.....	106
7.4. 4. csomópont.....	110
8. Alapozás számítása.....	112
9. Irodalomjegyzék, hivatkozások.....	112
10. Mellékletek.....	

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

1. Bevezetés

Szakdolgozatomat a Szent István Egyetem YBL Miklós Építéstudományi karon, magasépítés szakirányon készítettem el. Mindenképpen egy többhajós csarnokkal szerettem volna foglalkozni, amelynek a főhajója végül rácsos szerkezetű lett. Bemutatok többféle szerkezeti kialakítást, annak előnyeit hátrányait, majd a legmegfelelőbbet kiválasztom majd részletes statikai számítást végzek, végül pedig kiviteli terv szinten ábrázolom.

2. Csarnokokról általában

2.1. Az acélról általánosságban

Az acélt, mint építőanyagot már évszázadok óta használják különböző módokon, ami mindig modern és sokoldalúan alkalmazható anyag. Bár az acél alapvetően drágább építőanyag mint például a vasbeton, azonban számos előnnyel rendelkezik: pl. kiváló építési és funkcionális jellemzőkkel rendelkezik. Tulajdonságai révén ,elegáns megjelenésű épületeket, karcsú szerkezeteket, nagy áthidalásokat, továbbá olyan jól kihasznált szerkezetek hozhatóak létre, melyek tömegének és teherbíró képességének aránya nagyon kedvező.

Kivitelezés szempontjából is egy acélszerkezet kivitelezése gyors, és egyszerű, mivel az építkezésen már csak szerelési munka zajlik. A szerkezeti elemek könnyebben, jobban kezelhetőek, és egyszerűbben szállíthatóak.

Az acélszerkezetek fenntartása egyszerű, és hosszú élettartamot biztosítanak, ráadásul újrahasznosítható, lebontható majd később újraépíthető, ezért gazdasági szempontból is kiváló anyag.

2.2. Ipari csarnokok

Az ipari csarnokok olyan üzemcsarnokok melyek nagy fesztávolsággal, nagy magassággal és ipari méretű raktárral rendelkeznek. A kereskedelmi és ipari ágazatban dolgozó vállalkozások számára a leggyakrabban igényelt funkció: gyártás, előállítás, termelés és az üzemszerű munkavégzés során használt anyagok és gépek raktározása illetve tárolása.

Az épületekkel szemben a legfontosabb alapvető követelmény, hogy biztosítani tudja a kívánt funkció zavartalan és folyamatos működését. Gyakran van igény nagy súlyú tömegek mozgatására, emelésére (daruzott csarnokok) , vagy a közlekedési útvonalak biztosítására (pl. nagy méretű ipari kapuk) az épületen belül. A nagy méretek miatt általában a teljes csarnok gazdaságosságát jelentősen befolyásja a tartószerkezet, vázszerkezet minél optimálisabb kialakítása. Előtérbe kerül a minél jobb energiahatékonyság, tűzvédelem, hőtechnikai tulajdonság és a beépített építési anyagok tartóssága a hosszútávú , gazdaságos és biztonságos üzemeltetés érdekében.

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

2.3. Néhány megvalósított példa ipari jellegű csarnokokra

2.3.1 Nyeregtetős kialakítású 1.es típusú



2.3.2. Nyeregtetős kialakítású 2.es típusú



2.3.3. Nyeregtetős kialakítású párhuzamos övű N rácsozású tartó



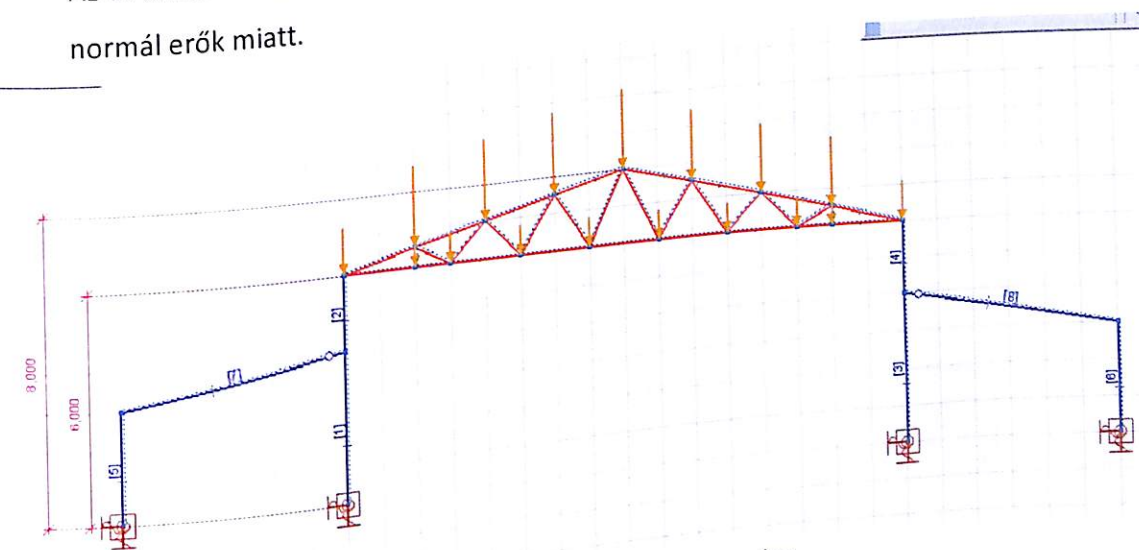
Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

3. Tartószerkezeti tanulmány

A 3 modellemet, melyekre meghatároztam a hőterhet és szélterhet (a számítás lentebb),
AXIS-VM program segítségével meghatároztam az igénybevételeket. A 3 szerkezetet
összehasonlítottam , majd ezekről az eredményekről összefoglaló diagramokat készítettem.

3.1. Nyeregtető 1-es alak

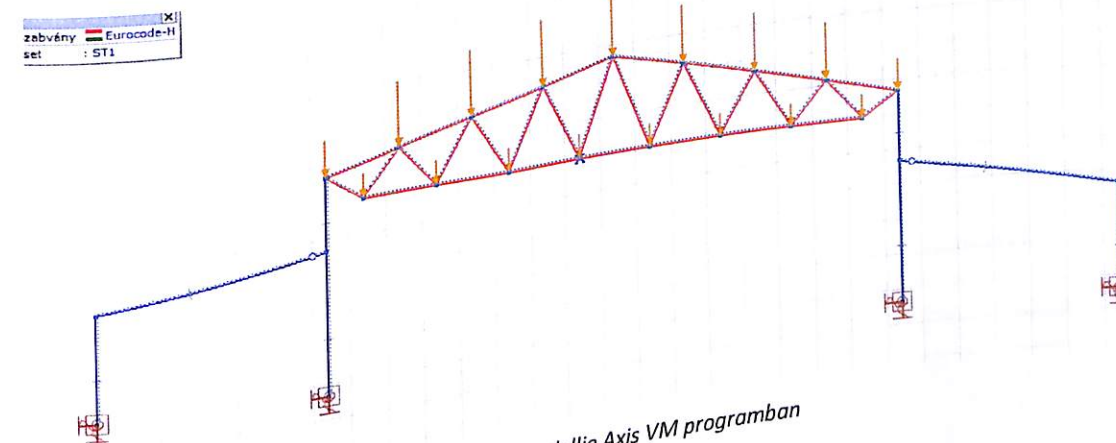
Az 1. alaknál a legnagyobb a kihasználtsága az övrúdnak. Fennáll a kihajlás veszélye, a nagy
normál erők miatt.



Az 1-es alak modellje Axis VM programban

3.2. Nyeregtető 2-es alak

A 2. alak előnye, hogy jól szétosztódik a feszültség a rácsrudak között, lehajlás szempontjából
is kedvező. Nagy hátránya viszont, hogy a rácsrudak különböző méretűek és hosszúság is igen
nagy. (2,3 m a leghosszabb)

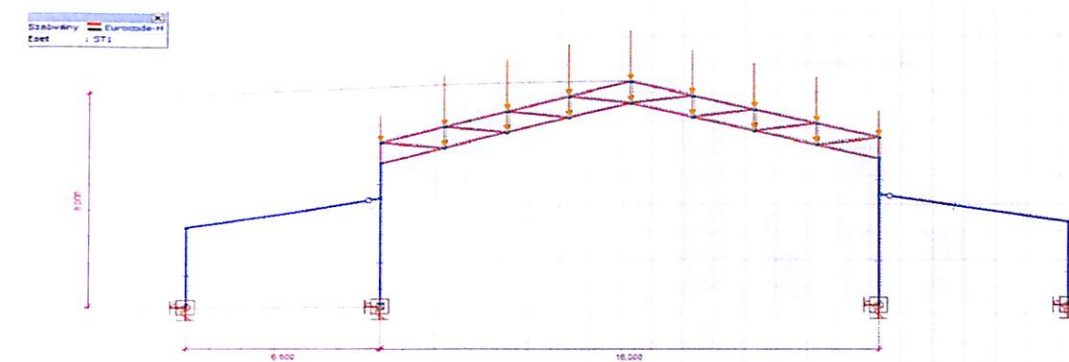


A 2. alak modellje Axis VM programban

3.3. N rácsozású tartó

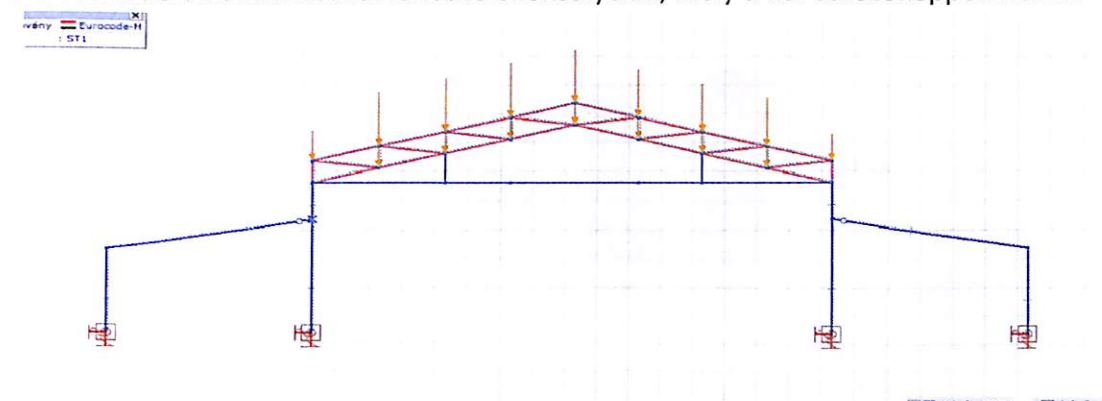
A 3. alak előnye, hogy minden rácsrúd egyforma hosszúságú, viszont a hátránya és ami miatt
nem választanám, hogy nincs ami oldalirányú erőt felvegye, így nagy lehajlás keletkezik a
szerkezetben.

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok



A 3. alak modellje Axis VM programban

Ezt vonórúd alkalmazásával lehetne ellensúlyozni, mely a következőképpen néz ki:

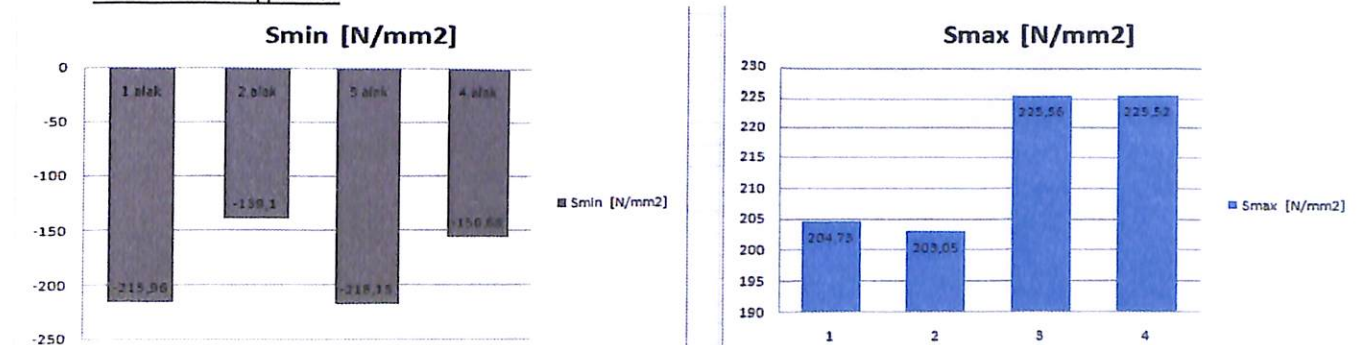


A 4. alak modellje Axis VM programban

Végül mindent összevetve, a lentebb található diagramokkal együtt, úgy döntöttem, hogy ezt a típust fogom választani. Legelsősorban azért mert a kivitelezés szempontjából ez a rácsos tartó a legkedvezőbb. A rácsos tartó szelvényei: Övrúd: 100*100*6,0 mm zártszelvény, Rácsrudak: 40*40*4,0 mm, 50*50*5,0 mm zártszelvények. A vonórúd 40 mm átmérőjű köracélból készül, az oszlopok: HEA220 és HEA260, a gerendára pedig IPE300-as tartót alkalmaztam. A rácsos tartó rudai 750 mm, 2016 mm, 2060 mm hosszúságúak. Mivel csak három féleből áll, könnyen szerelhető és sokszorosítható, gyorsan lehet vele dolgozni.

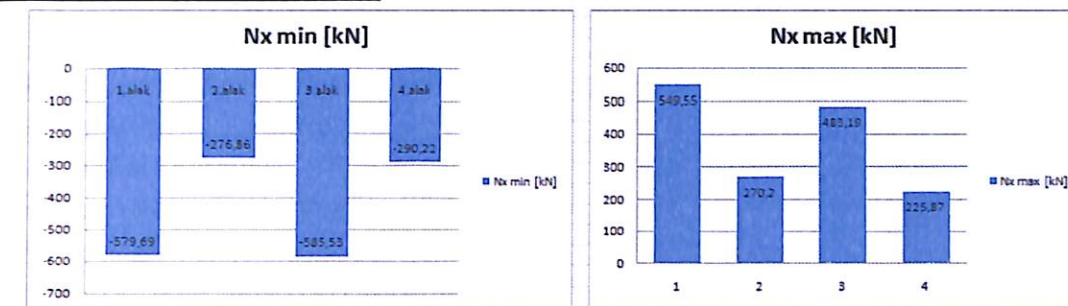
3.4.Összefoglaló diagramok:

1. Feszültségekről



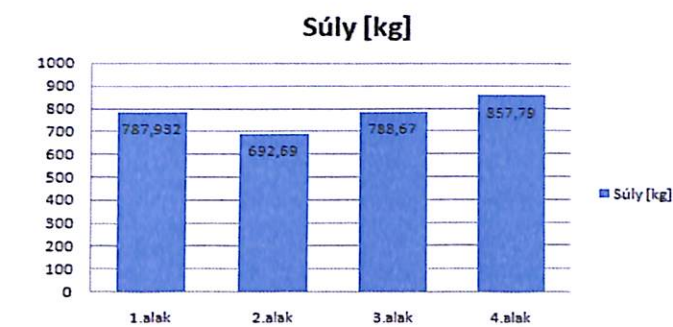
Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

2. Normálerő igénybevételről

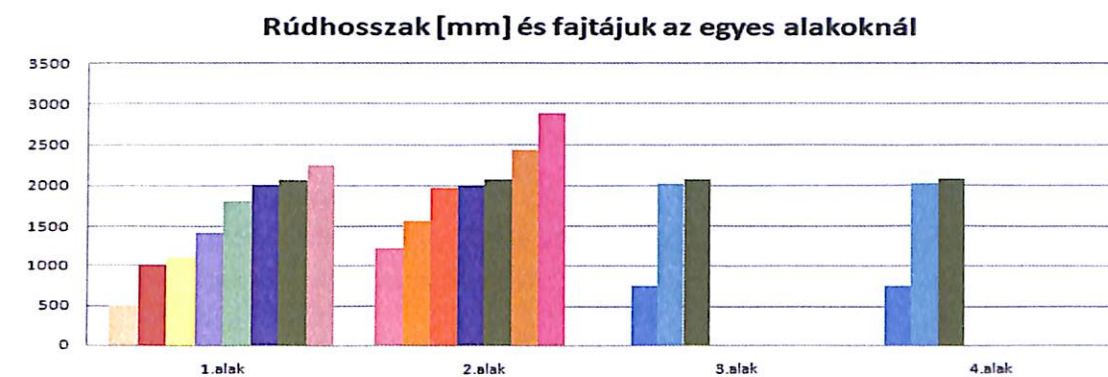


Az 1. és 3. alaknak kimagaslóak az eredményeik, a 2. és a 4. alak a legkedvezőbb

3. Súlyról

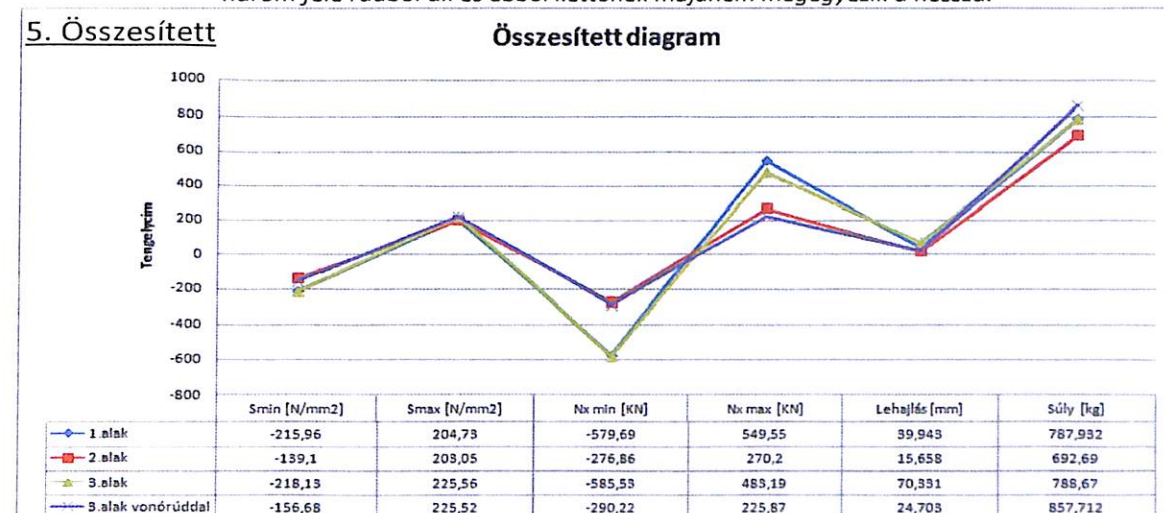


4. Rúdhosszakról és fajtájukról



Látszik az ábrákon, hogy az 1. és 2. alak rengeteg féle rúdból tevődik össze és a hossza is különböző. A 3. és 4. alak csak három féle rúdból áll és ebből kettőnek majdnem megegyezik a hossza.

5. Összesített



Jól kivehető az ábrán, hogy a 2. és 4. alak és az 1. és 3. alak mennyire együtt mozognak. A feszültség, lehajlás és a súly az amiben nincs nagyobb eltérés. Összességében a 4. alak a legmegfelelőbb mindenféle szempontból.

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

4. Rácsos szerkezetű acél csarnok statikai számítása

4.1. Kiindulási adatok

4.1.1. Geometria, helyszín adatok

Terepviszony: szokásos

Terepkategória: II.

Keretoszlopok távolsága $L = 16,00$ m

Váll tengelymagasság = $6,00$ m

Keretoszlop típusa: befogott

Keretállások távolsága $t = 6,60$ m

Keretállások száma: 6 db

Héjazat és szelemen : LINDAB trapézlemez LINDAB Z

Tető lejtése = 14°

4.2.2. Anyagminőségek

S235 acél

4.2.3. Felhasznált szabványok

-Axis VM program

-EC A tartószerkezetek tervezésének alapjai MSZ EN 1990

-EC1 Hóteher MSZ EN 1991-1-3

-EC1 Szélhatás MSZ EN 1991-1-4

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

-EC3 Csomópontok tervezése MSZ EN 1993-1-8

4.2. Terhek meghatározása

4.2.1. Állandó terhek $\gamma_G^{sup} = 1,35$ $\gamma_G^{inf} = 1,5$

Tartószerkezetek önsúlya : szelemen, rácsos tartó

Rétegrend:

Külső trapézlemez LTP45/0,7

Hőszigetelés 15cm

Párazáró fólia

Belső trapézlemez

Z szelemen Z200/ 2,5

$$g_{k\text{ülső}} = 0,068 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{hsz}} = 0,15 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

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

$$g_{\text{belső}} = 0,068 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma g = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z^k = 0,0724 \text{ kN/m}$$

4.2.2. Állandó jellegű hasznos teher (gépészet) $\gamma_{\text{gép}} = 1,35$

$$g_{\text{gép}}^k = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{\text{gép}}^k = 13,596 \cdot 0,45 = 6,12 \text{ kN}$$

$$G_{\text{gép}}^{\text{Ed}} = 1,35 \cdot 6,12 = 8,26 \text{ kN}$$

4.2.3. Esetleges terhek

4.2.3.1. Hasznos teher

$$\psi_0 = 0, \quad Q = \emptyset$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

4.2.3.2. Hóteher MSZEN 1991-1-3 alapján, $\psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$
 $S_k = 1,25 + \frac{480-400}{400} = 1,45$ (480 m tengerszint feletti magasság)
 $S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$

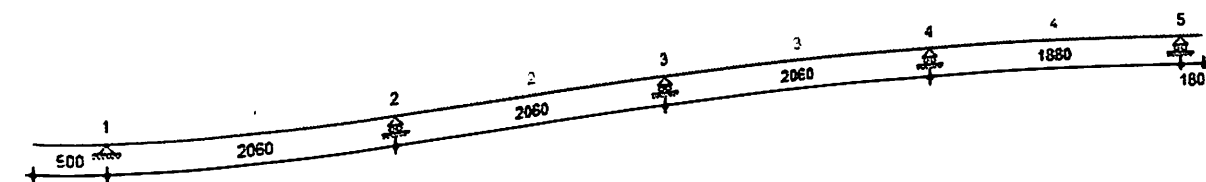
ahol
 alaki tényező $\mu_i = 0,8$
 szélhatás tényező $C_e = 1$ (szokásos terep)
 hőmérsékleti tényező $C_t = 1$
 hóteher karakterisztikus értéke S_k [kN/m²]

$$S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,45 = 1,16 \text{ kN/m}^2$$

4.2.3.3. Szélteher MSZEN 1991-1-4 alapján, $\psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$
 Torló nyomás meghatározása:
 qp = II. terepkategória $\rightarrow 0,556 \text{ kN/m}$

4.3. Trapézlemez méretezése

4.3.1. Statikai váz



4.3.2. Terhek meghatározása

4.3.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$
 $p_{g\perp} = t \cdot \cos \alpha \cdot g_n^k = 1 \cdot \cos 14^\circ \cdot 0,068 = 0,066 \text{ kN/m}$

4.3.2.2. Hóteher $\psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$
 $p_s^{r1} = t \cdot s = 1 \cdot 1,16 = 1,16 \text{ kN/m}$
 $p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 14^\circ \cdot 1,16 = 1,092 \text{ kN/m}$

4.3.2.3. Szélteher $\psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$
 $p_{w\perp} = t \cdot w$
 $w = q_p \cdot C_{pe}$

Szélteher keresztirányú-külső $C_{pe,1}$
 Szél szívás $C_{pe,1,sz}$

G zóna
 $5^\circ \rightarrow -2,0$
 $15^\circ \rightarrow -1,5$
 $14^\circ \rightarrow -1,55$

Szél nyomás $C_{pe,1,ny}$

G zóna
 $5^\circ \rightarrow 0,0$
 $15^\circ \rightarrow 0,2$
 $14^\circ \rightarrow 0,18$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

H zóna	H zóna
5° → -1,2	5° → 0,0
15° → -0,3	15° → 0,2
14° → -0,396	14° → 0,18

I és J zóna $C_{pe,1}$ tényezői kisebbek → nem mértékadó

G zóna
 $p_{w,e,sz,0}^{G,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,1,sz}^G = 1m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-1,55) = -0,86 \frac{kN}{m}$

$p_{w,e,ny,0}^{F,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,1,ny}^G = 1m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot 0,18 = 0,1 \frac{kN}{m}$

H zóna
 $p_{w,e,sz,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,1,sz}^H = 1m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-0,396) = -0,22 \frac{kN}{m}$

$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,1,ny}^H = 1m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot 0,13 = 0,1 \frac{kN}{m}$

Szélteher hosszirányú-külső $C_{pe,1}$

Szélszívás

H zóna $C_{pe,1,sz}$

5° → -1,2

15° → -1,2

14° → -1,2

H zóna
 $p_{w,e,sz,90}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,1,sz}^H = 1m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-1,2) = -0,667 \frac{kN}{m}$

4.3.2.4. Teherkombinációk

önsúly + hó + szélnyomás (külső-keresztirányú)
 1 teherkombináció ULS (teherbírési határállapot)

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

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 0,066 + 1,5 \cdot 1,092 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,1 = 1,817 \frac{kN}{m}$$

2 teherkombináció SLS (használatossági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} \cdot p_{w,e,ny,0}^k$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 0,066 + 1,092 + 0,6 \cdot 0,1 = 1,218 \frac{kN}{m}$$

önsúly + szélszívás (külső-keresztirányú)
 3 teherkombináció ULS (teherbírési határállapot)

$$p_{\perp}^{U,3,G} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,\perp}^k - \gamma_w \cdot p_{w,e,sz,0}^{G,k}$$

$$p_{\perp}^{U,3,G} = 1,0 \cdot 0,066 - 1,5 \cdot 0,86 = -1,22 \frac{kN}{m}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,L}^k - \gamma_w * p_{w,e,sz,0}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 * 0,066 - 1,5 * 0,22 = -0,264 \frac{kN}{m}$$

4 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,3,G} = p_{g,L}^k - p_{w,e,sz,0}^{G,k}$$

$$p_{\perp}^{S,3,G} = 0,066 - 0,86 = -0,794 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = p_{g,L}^k - p_{w,e,sz,0}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = 0,066 - 0,22 = -0,154 \frac{kN}{m}$$

önsúly + szélszívás (külső-hosszirányú)

5 teherkombináció ULS (teherbírási határállapot)

$$p_{\perp}^{U,5,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,L}^k - \gamma_w * p_{w,e,sz,90}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{U,5,H} = 1,0 * 0,066 - 1,5 * 0,667 = -0,935 \frac{kN}{m}$$

6 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,6,H} = p_{g,L}^k - p_{w,e,sz,90}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{S,6,H} = 0,066 - 0,667 = -0,601 \frac{kN}{m}$$

Trapézlemez méretezése DIMROOF

eredmények:

1 teherkombináció ULS 80%

2 teherkombináció SLS 78%

No.	Posztó [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég. 1 [mm]	Vég. 2 [mm]	Posztó [mm]
1	0	C	50	150	150	1	2060	0,5	-	-
2	2060	C	50	-	-	2	2060	0,5	-	-
3	4120	C	50	-	-	3	2060	0,5	-	-
4	6180	C	50	-	160	4	1680	0,5	-	-
5	8060	C	50	-	-	-	-	-	-	-

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőp. [mm]	Végp. [mm]	Szélesség	ULS
1	U			1,61			ULS
2	U			1,22			SLS

1. és 2. teherkombináció eredményei Dimroof programban

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

3 teherkombináció ULS 49%

4 teherkombináció SLS 77%

Fájl Opciók Névleg

Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak

Statikai váz | Szelvény

Szelvény: LTP 45

Ehelyezés: Szokásos (keskeny)

Szerkezeti beállítások

Statikai rendszer: Folytatásos

Oldalsó támasz: Felső ny

Lemez: Szelvény

Vastagság: Táv

Csavar: Lemez

Átfedés: Táv

Támasz: Táv

Geometria

No.	Posztó [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég. 1 [mm]	Vég. 2 [mm]	Csuklók Pozíció [mm]
1	0	C	100	500	-	1	2060	0.4	-	10%
2	2060	C	50	-	-	2	2060	0.4	-	-
3	4120	C	50	-	-	3	2060	0.4	-	-
4	6180	C	50	-	-	4	1680	0.4	-	-
5	8060	C	50	-	180	-	-	-	-	-

Támaszok

No.	Típus	Kezdőp. [mm]	Végp. [mm]	Kezdőp. [N/mm2]	Végp. [N/mm2]	Szélesség	ULS
1	L	-500	1600	-1.22	-1.22	ULS	-
2	L	-500	1600	-0.79	-0.79	SLS	-
3	L	1600	8240	-0.26	-0.26	ULS	-
4	L	1600	8240	-0.15	-0.15	SLS	-

Generálás: 4 nyílás az alapértékekkel

Lehajlás: számítás paramétereit

Határ: L / 150

Konzol: L / 150

Lehaj: típus

Maximális

Számolás

Optimál

3. és 4. teherkombináció eredményei Dimroof programban

5 teherkombináció ULS 56%

6 teherkombináció SLS 55%

Fájl Opciók Névleg

Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megtámasztó rudak

Statikai váz | Szelvény

Szelvény: LTP 45

Ehelyezés: Szokásos (keskeny)

Szerkezeti beállítások

Statikai rendszer: Folytatásos

Oldalsó támasz: Felső ny

Lemez: Szelvény

Vastagság: Táv

Csavar: Lemez

Átfedés: Táv

Támasz: Táv

Geometria

No.	Posztó [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég. 1 [mm]	Vég. 2 [mm]	Csuklók Pozíció [mm]
1	0	C	100	500	-	1	2060	0.4	-	10%
2	2060	C	50	-	-	2	2060	0.4	-	-
3	4120	C	50	-	-	3	2060	0.4	-	-
4	6180	C	50	-	-	4	1680	0.4	-	-
5	8060	C	50	-	180	-	-	-	-	-

Támaszok

No.	Típus	Kezdőp. [mm]	Végp. [mm]	Kezdőp. [N/mm2]	Végp. [N/mm2]	Szélesség	ULS
1	L	-500	8240	-0.94	-0.94	ULS	-
2	L	-500	8240	-0.60	-0.60	SLS	-

Generálás: 4 nyílás az alapértékekkel

Lehajlás: számítás paramétereit

Határ: L / 150

Konzol: L / 150

Lehaj: típus

Maximális

Számolás

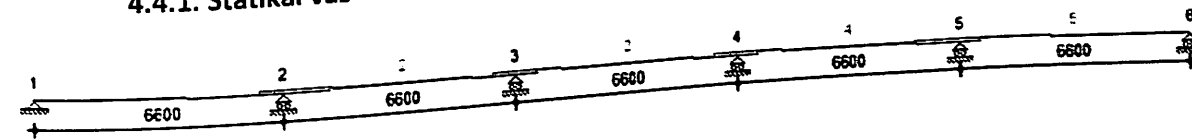
Optimál

5. és 6. teherkombináció eredményei Dimroof programban

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

4.4. Z szelemen méretezése

4.4.1. Statikai váz



4.4.2. Terhek meghatározása

4.4.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$

$$p_{g,1}^k = [t \cdot (g_{kTL} + g_{kTL} + g_{kSZ} + g_{kF}) \cdot \cos \alpha] + g_z \cdot \cos \alpha$$

$$p_{g,1}^k = [2,06 \cdot (0,068 + 0,068 + 0,12 + 0,014) \cdot \cos 14^\circ] + 0,0724 \cdot \cos 14^\circ = 0,61 \frac{kN}{m}$$

4.4.2.2. Hóteher $\psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$

$$p_s^1 = t \cdot s = 2,06 \cdot 1,16 = 2,4 \frac{kN}{m}$$

$$p_{s,1}^k = p_s^1 \cdot \cos^2 \alpha = 2,4 \cdot \cos^2 14^\circ = 2,26 \frac{kN}{m}$$

4.4.2.3 Szélteher $\psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$

$$p_w^1 = t \cdot w = 1,45 \cdot w$$

$$w = q_p \cdot c_p$$

$$q_p = \text{torlónyomás csúcértéke} = 0,574 \frac{kN}{m^2}$$

$$c_p = \text{nyomási-szívási tényező}$$

Szélteher keresztirányú-külső $c_{pe,10}$

Szélszívás $c_{pe,10,sz}$

H zóna

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -0,3$

$14^\circ \rightarrow -0,33$

Szélnyomás $c_{pe,10,ny}$

H zóna

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$15^\circ \rightarrow +0,2$

$14^\circ \rightarrow 0,18$

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^H = 2,06m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-0,33) = -0,377 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,ny}^H = 2,06m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot 0,18 = 0,206 \frac{kN}{m}$$

Szélteher hosszirányú-külső $c_{pe,10}$

Szélszívás $c_{pe,10,sz}$

F zóna

$5^\circ \rightarrow -1,6$

$15^\circ \rightarrow -1,3$

$14^\circ \rightarrow -1,33$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

H zóna

$$5^\circ \rightarrow -0,7$$

$$15^\circ \rightarrow -0,6$$

$$14^\circ \rightarrow -0,61$$

I zóna

$$5^\circ \rightarrow -0,6$$

$$15^\circ \rightarrow -0,5$$

$$14^\circ \rightarrow -0,51$$

F zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{F,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^F = 2,06m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-1,33) = -1,523 \frac{kN}{m}$$

H zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^H = 2,06m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-0,61) = -0,698 \frac{kN}{m}$$

I zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{I,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^I = 2,06m \cdot 0,556 \frac{kN}{m} \cdot (-0,51) = -0,584 \frac{kN}{m}$$

Szélteher belső nyomás-szívás

szívás

$$p_{w,i,sz}^k = t \cdot q_p \cdot c_{pi,sz} = 2,06 \cdot 0,556 \cdot (-0,3) = -0,344 \frac{kN}{m}$$

nyomás

$$p_{w,i,ny}^k = t \cdot q_p \cdot c_{pi,ny} = 2,06 \cdot 0,556 \cdot 0,2 = 0,229 \frac{kN}{m}$$

4.4.2.4. Teherkombinációk (Z szelemen)

önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső)

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

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

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 0,61 + 1,5 \cdot 2,26 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (0,206 + 0,344) = 4,71 \frac{kN}{m}$$

2 teherkombináció SLS (használatosági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e,ny,0}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 0,61 + 2,26 + 0,6 \cdot (0,206 + 0,344) = 3,2 \frac{kN}{m}$$

önsúly+szél szívás (keresztirányú-külső+belső)

3 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,\perp}^k - \gamma_w \cdot (p_{w,e,sz,0}^{Hk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 \cdot 0,61 - 1,5 \cdot (0,377 + 0,229) = -0,29 \frac{kN}{m}$$

4 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,4,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,0^{Hk}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,4,H} = 0,61 - (0,377 + 0,229) = 0,004 \frac{kN}{m}$$

önsúly+szél szívás (hosszirányú-külső+belső)

5 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,5,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{Fk}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,5,F} = 1,0 * 0,61 - 1,5 * (1,523 + 0,229) = -2,02 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,5,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{Hk}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,5,H} = 1,0 * 0,61 - 1,5 * (0,698 + 0,229) = -0,78 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,5,I} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{Ik}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,5,I} = 1,0 * 0,61 - 1,5 * (0,584 + 0,229) = -0,61 \frac{kN}{m}$$

6 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,6,F} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90^{Fk}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,6,F} = 0,61 - (1,523 + 0,229) = -1,14 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,6,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90^{Hk}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,6,H} = 0,61 - (0,698 + 0,229) = -0,317 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,6,I} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90^{Ik}} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,6,I} = 0,61 - (0,584 + 0,229) = -0,203 \frac{kN}{m}$$

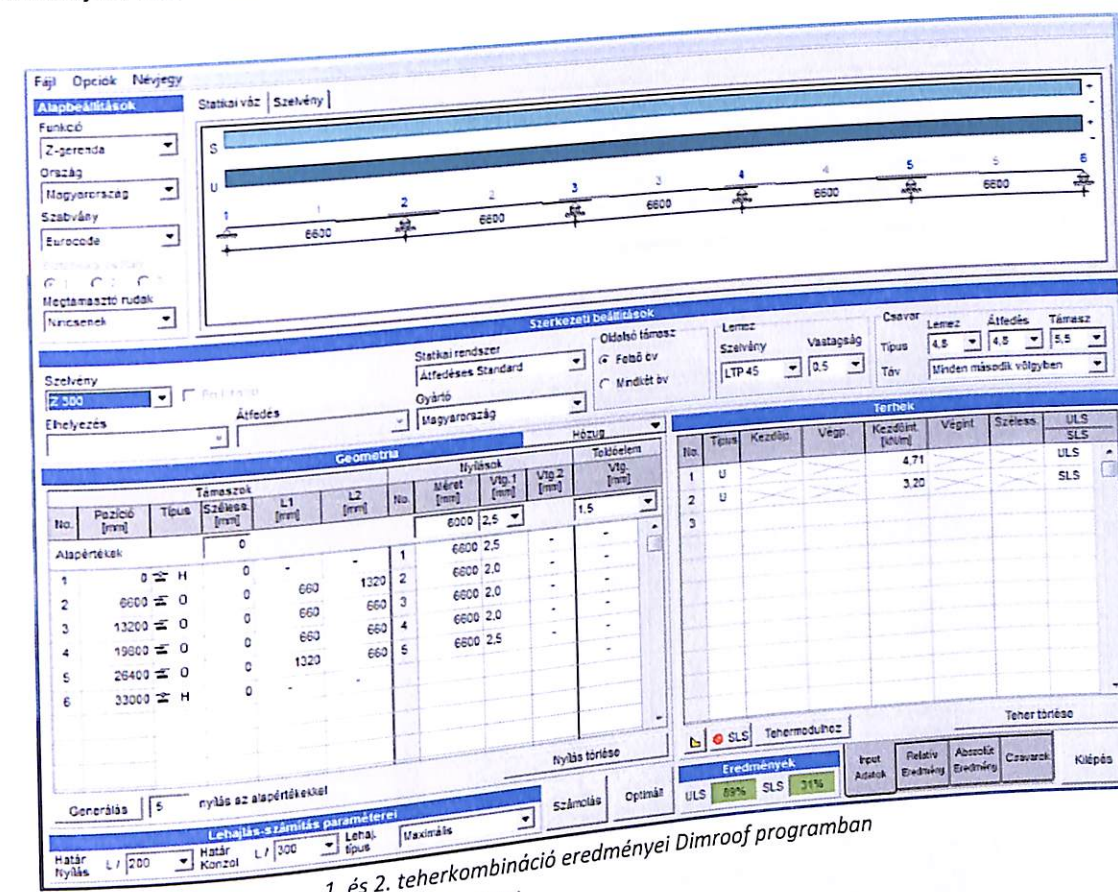
Z szelemen méretezése DIMROOF

eredmények:

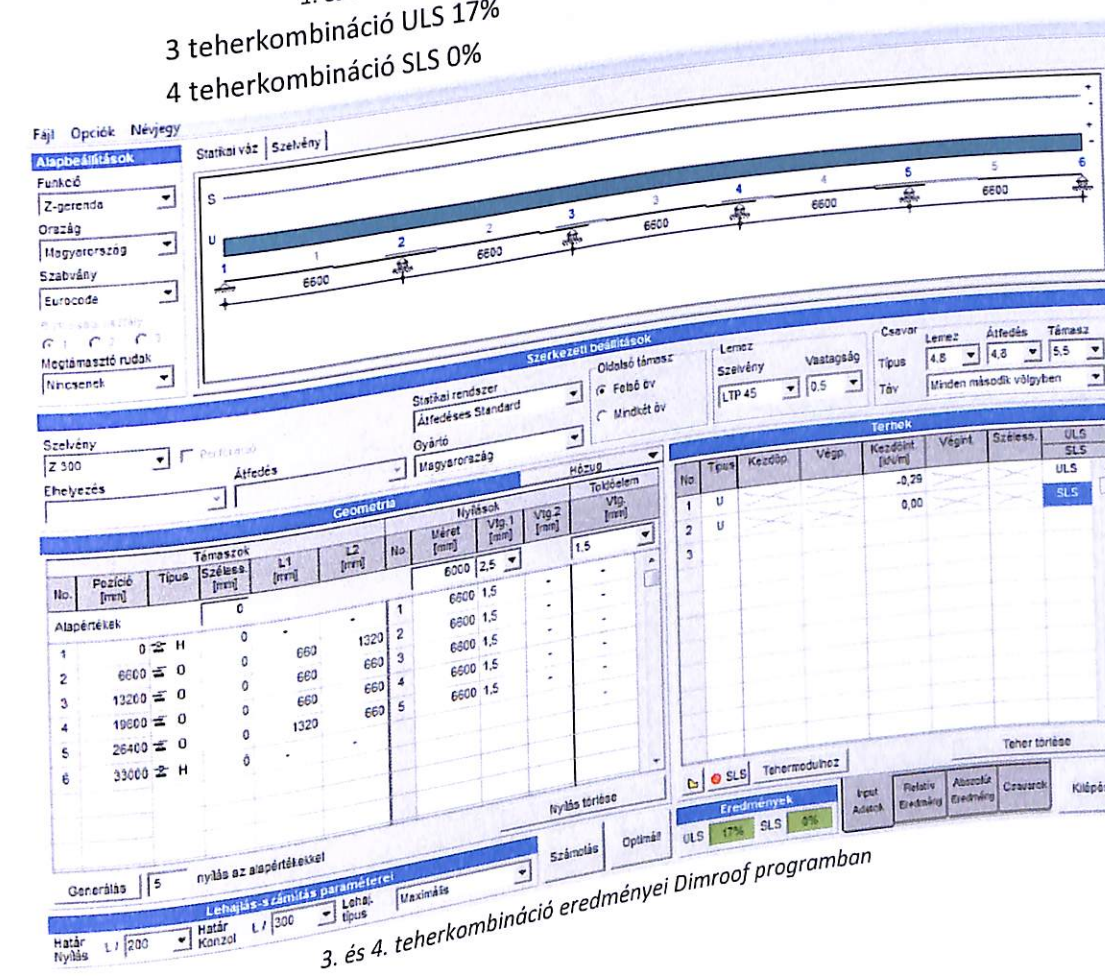
1 teherkombináció ULS 89%

2 teherkombináció SLS 31%

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok



3 teherkombináció ULS 17%
4 teherkombináció SLS 0%



Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

5 teherkombináció ULS 65%

6 teherkombináció SLS 10%

6 teherkombináció SLS 10%

Fájl Opciók Nyitvány

Alapbeállítások

Funkció: Z-gerenda, Orsók, Magyarorszag, Szabvány: Eurocode, Magtámasztó rudak típusa: Hírcsere

Szerkezeti beállítások

Statikai rendszer: Alékeses Standard, Gyári Magyarorszag

Oldott támasz: Felső év, Alsó év

Lemez: Szelvény: LTP 45, Vastagság: 0.5

Csavar: Lemez: 4.8, Állás: 4.8, Téma: 5.5

Típus: Táv: Minden második völgyben

Stetvény: Felső, Alékes

Elhelyezés: Alékes

Geometria

No.	Poszció [mm]	Típus	Támaszok	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég 1 [mm]	Vég 2 [mm]
1	0	H	0	0	660	1200	2	6600	1.5
2	6600	O	0	0	660	660	3	6600	1.5
3	13200	O	0	0	660	660	4	6600	1.5
4	19800	O	0	0	1320	660	5	6600	1.5
5	26400	O	0	0	0	0			
6	33000	H	0	0	0	0			

Tárhely

No.	Típus	Kendőp. [mm]	Vegő [mm]	Kendőp. [N/mm]	Vegő [N/mm]	Szélesség [mm]	U/LS
1	L	0	1600	-2.02	-2.02	1.14	SLS
2	L	0	1600	-1.14	-1.14	1.14	SLS
3	L	1600	8000	-2.70	-2.70	1.14	SLS
4	L	1600	8000	-2.32	-2.32	1.14	SLS
5	L	8000	33000	-0.81	-0.81	1.14	SLS
6	L	8000	33000	-0.20	-0.20	1.14	SLS

nyílás törése

nyílás az alékeseknél

Generálás: 5

Leállítás: Járulékos paraméterek

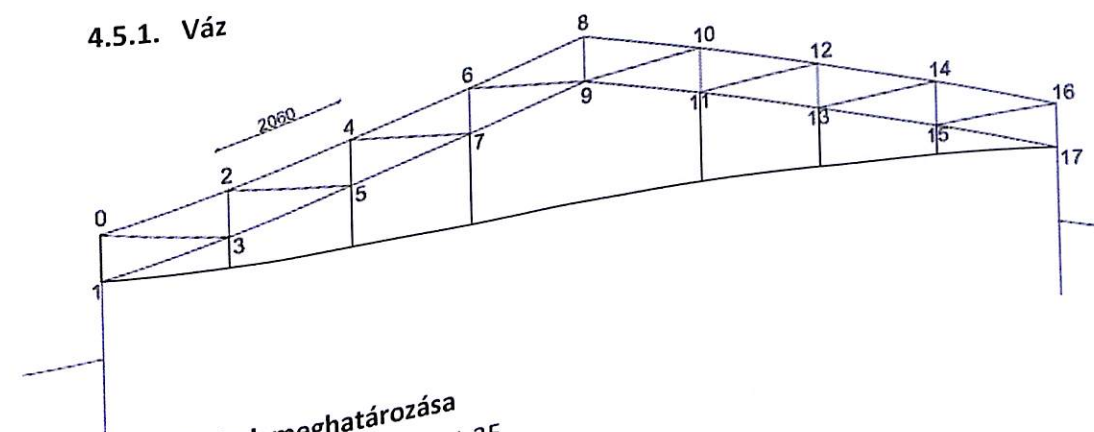
Maximális

6. és 6. teherkombináció eredményei Dimroof programban

5. és 6. teherkombináció eredményei Dimroof programban

4.5. Rácsos tartó méretezése

4.5.1. Váz



4.5.2. Terhek meghatározása

4.5.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$

5.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$

$$g_{rt}^k = [(g_{KTL} + g_{BTL} + g_{HSZ} + g_F) \cdot T] + g_Z \cdot t$$

$$= 1,35 \cdot 2,06 = 2,781 \text{ m}^2; t = 6,6$$

$$= 1,35 \cdot 2,06 = 2,781 \text{ m}^2; t = 6,6$$

$$g_{rt}^k = [(g_{ktl} + g_{Btl} + g_{Hsz} + g_{Ft}) * T] + g_{z_2}^k$$

$$grt^{Ed} = 1,35 \cdot 4,15 = 5,595 \text{ kN}$$

$$\text{grt}^{\text{Ed}} = 1,35 * 4,15 = 5,60$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

4.5.2.2. Hóteher $\psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$

$$p_{s,rt}^k = 1,16 \cdot 13,596 = 15,77 \text{ kN}$$

$$p_{s,rt}^{Ed} = 1,5 \cdot 15,77 = 23,66 \text{ kN}$$

4.5.2.3 Szélteher $\psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$
 $q_p = \text{torlónyomás csúcsértéke} = 0,556 \text{ kN/m}^2$

Szélteher keresztirányú-külső $C_{pe,10}$

2. csomópont

Széllyomás $C_{pe,10,ny}$

Szélszívás $C_{pe,10,sz}$

G zóna

G zóna

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$5^\circ \rightarrow -1,2$

$15^\circ \rightarrow +0,2$

$15^\circ \rightarrow -0,8$

$14^\circ \rightarrow 0,18$

$14^\circ \rightarrow -0,84$

H zóna

H zóna

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow +0,2$

$15^\circ \rightarrow -0,3$

$14^\circ \rightarrow 0,18$

$14^\circ \rightarrow -0,33$

G zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{G,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^G = 3,762 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,84) = -1,76 \text{ kN}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{G,k} = t \cdot q_p \cdot C_{pe,10,ny}^G = 3,762 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,18 = 0,38 \text{ kN}$$

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^H = 9,834 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,33) = -1,804 \text{ kN}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,ny}^H = 9,834 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,18 = 0,98 \text{ kN}$$

4. ,6. csomópont

Széllyomás $C_{pe,10,ny}$

Szélszívás $C_{pe,10,sz}$

H zóna

H zóna

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow +0,2$

$15^\circ \rightarrow -0,3$

$14^\circ \rightarrow 0,18$

$14^\circ \rightarrow -0,33$

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^H = 13,596 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,33) = -2,49 \text{ kN}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,ny}^H = 13,596 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,18 = 1,36 \text{ kN}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

8. csomópont

Szélszívás $C_{pe,10,sz}$

H zóna

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -0,3$

$14^\circ \rightarrow -0,33$

J zóna

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -1,0$

$14^\circ \rightarrow -0,96$

Szélnyomás $C_{pe,10,ny}$

H zóna

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$15^\circ \rightarrow +0,2$

$14^\circ \rightarrow 0,18$

J zóna

$5^\circ \rightarrow 0,2$

$15^\circ \rightarrow +0,0$

$14^\circ \rightarrow 0,02$

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^H = 5,21 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,33) = -0,96 \text{ kN}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,ny}^H = 5,21 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,18 = 0,521 \text{ kN}$$

J zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{J,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^J = 8,38 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,96) = -4,47 \text{ kN}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{J,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,ny}^J = 8,38 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,02 = 0,093 \text{ kN}$$

10. , 12. , 14. csomópont

Szélszívás $C_{pe,10,sz}$

I zóna

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -0,4$

$14^\circ \rightarrow -0,42$

I zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{I,k} = T \cdot q_p \cdot C_{pe,10,sz}^I = 13,596 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,42) = -3,17 \text{ kN}$$

Széltéher hosszirányú-külső $C_{pe,10}$

Szélszívás $C_{pe,10,sz}$

H zóna

$5^\circ \rightarrow -0,7$

$15^\circ \rightarrow -0,6$

$14^\circ \rightarrow -0,61$

I zóna

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -0,5$

$14^\circ \rightarrow -0,51$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

H zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{H,k} = T \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^H = 9,68 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,61) = -3,28 \text{ kN}$$

I zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{I,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^I = 3,914 \text{ m}^2 \cdot 0,556 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (-0,51) = -1,12 \text{ kN}$$

4.5.2.4. Teherkombinációk (Rácsos tartó)

Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső)

2. csomópont

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,1} = Y_{G,sup} \cdot p_{rt}^k + Y_s \cdot p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot Y_w \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 4,15 + 1,5 \cdot 15,77 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (0,38 + 0,98) = 30,48 \text{ kN}$$

2 teherkombináció SLS (használatosági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{rt}^k + p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 4,15 + 15,77 + 0,6 \cdot (0,38 + 0,98) = 20,74 \text{ kN}$$

4. , 6. csomópont

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,1} = Y_{G,sup} \cdot p_{rt}^k + Y_s \cdot p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot Y_w \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 4,15 + 1,5 \cdot 15,77 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (1,36) = 30,48 \text{ kN}$$

2 teherkombináció SLS (használatosági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{rt}^k + p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 4,15 + 15,77 + 0,6 \cdot (1,36) = 20,74 \text{ kN}$$

8. csomópont

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,1} = Y_{G,sup} \cdot p_{rt}^k + Y_s \cdot p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot Y_w \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 4,15 + 1,5 \cdot 15,77 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot (0,521 + 0,093) = 29,81 \text{ kN}$$

2 teherkombináció SLS (használatosági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{rt}^k + p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 4,15 + 15,77 + 0,6 \cdot (0,521 + 0,093) = 20,29 \text{ kN}$$

10. , 12. , 14. csomópont

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,1} = Y_{G,sup} \cdot p_{rt}^k + Y_s \cdot p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot Y_w \cdot (p_{w,e,sz,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 \cdot 4,15 + 1,5 \cdot 15,77 - 0,6 \cdot 1,5 \cdot (3,17) = 29,81 \text{ kN}$$

2 teherkombináció SLS (használatosági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{rt}^k + p_{s,rt}^k + \psi_{0,w} \cdot (p_{w,e,ny,0}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 4,15 + 15,77 - 0,6 \cdot (3,17) = 20,29 \text{ kN}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

4.5.3. Rácsostartó csomópont méretezése

Geometria:
Alapanyag: S235 $f_y=235 \text{ N/mm}^2$ $f_u=360 \text{ N/mm}^2$ $\beta_w=0,80$
 $a=0,7*6=4,2$ ---- $a=4 \text{ mm}$ sarokvarrat

0-ás csomópont

Övrúd: $S=199,52 \text{ kN}$
1-es nyomott rúd: $S=88,09 \text{ kN}$
2-es húzott rúd: $S=195,07 \text{ kN}$
 $\theta_1=76^\circ$
 $\theta_2=21^\circ$
 $g=51,8 \text{ mm}$
 $a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$
$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$
$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_1 - 2 * t_1 = 40 - 2 * 4 = 32 \text{ mm}$$
$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$
$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$
$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$
$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$
$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_0 - 2 * t_0 = 100 - 2 * 6 = 88 \text{ mm}$$
$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,12 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,12 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{50 + 40 + 50 + 40}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{199,52 \cdot 10^3}{2225} = 89,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{89,67}{235} = 0,38 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{array} \right. = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,38}{0,45} = 0,96 \rightarrow k_n = 0,96$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,96 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 96,75 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 96,75 \text{ kN} \geq 88,09 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,96 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 261,96 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 261,96 \text{ kN} \geq 195,07 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$
$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 743,07 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{88090}{162,45} = 542,26 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

2. húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{878 \cdot 235}{1,0} = 206,33 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{206330}{379,04} = 544,35 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 544,35 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

2-es csomópont

Övrúd: $S=290,22 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S=63,89 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S=88,67 \text{ KN}$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\theta_1 = 76^\circ$$

$$\theta_2 = 21^\circ$$

$$g = 65,65 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm sarokvarrat}$$

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, \quad 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{290,22 \cdot 10^3}{2225} = 130,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{130,44}{235} = 0,55 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{array} \right. = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,55}{0,4} = 0,75 \rightarrow k_n = 0,75$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,75 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 67,19 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 67,19 \text{ kN} \geq 63,89 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,75 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 181,92 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 181,92 \text{ kN} \geq 88,67 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,11 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 743,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{63890}{162,45} = 393,31 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * v_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 * 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{303,23} = 435,54 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 435,54 \text{ N/mm}^2$$

4-es csomópont

Övrúd: $S=290,22 \text{ kN}$

1-es nyomott rúd: $S=17,14 \text{ kN}$

2-es nyomott rúd: $S=24,51 \text{ kN}$

$\theta_1=21^\circ$

$\theta_2=76^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Keresztmetszet osztálva

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálva

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, \quad 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{290,22 \cdot 10^3}{2225} = 130,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{130,44}{235} = 0,55 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,55}{0,4} = 0,75 \rightarrow k_n = 0,75 \right. \\ \left. 1,0 \right\}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,75 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 181,92 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 181,92 \text{ kN} \geq 17,14 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,75 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 67,19 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 67,19 \text{ kN} \geq 24,51 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \sqrt{M_2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 2016}{15} = 134,4 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{134,4}{93,9} = 1,43 \rightarrow \chi = 0,404$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,404 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 53,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{53356,28}{303,23} = 175,96 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 175,96 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

Varrat ellenőrzése

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

2. nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 743,07 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{24510}{162,45} = 150,88 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

6-os csomópont

Övrúd: $S=272,68 \text{ kN}$

1-es nyomott rúd: $S=123,75 \text{ kN}$

2-es húzott rúd: $S=15,13 \text{ kN}$

$\theta_1=21^\circ$

$\theta_2=76^\circ$

$g=51,8 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálva

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 50 - 2 \cdot 5 = 40 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{40}{5} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálva

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{50 + 40}{2 \cdot 50} = 0,9 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{50 + 40}{2 \cdot 50} = 0,9 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{50 + 40 + 50 + 40}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, \quad 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{272,68 \cdot 10^3}{2225} = 122,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{122,55}{235} = 0,52 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,52}{0,45} = 0,838 \rightarrow k_n = 0,838 \right.$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,838 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 228,67 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 228,67 \text{ kN} \geq 123,75 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,838 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 84,76 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 84,76 \text{ kN} \geq 15,13 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 2016}{18} = 112 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{112}{93,9} = 1,2 \rightarrow \chi = 0,53$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,53 \cdot 878 \cdot 235}{1,0} = 109,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{109350}{379,04} = 288,49 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 288,49 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{162,45} = 812,98 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 812,98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{15130}{162,45} = 93,14 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

3-as csomópont

Övrúd: $S=257,5 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S=63,89 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S=195,07 \text{ KN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2=21^\circ$

$g=51,8 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 38 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{38}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,125 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,125 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 50 + 40 + 50}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{257,5 \cdot 10^3}{2225} = 115,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{115,73}{235} = 0,49 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta}, 1,0 \right\} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,49}{0,45} = 0,864 \rightarrow k_n = 0,864$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,864 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 87,077 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 87,077 \text{ kN} \geq 63,89 \text{ kN} \text{ Megfelel}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 * \sqrt{\gamma} * k_n * f_y * t_0^2}{\sin(\theta_2)} * \beta = \frac{8,9 * \sqrt{8,33} * 0,864 * 235 * 6^2}{\sin(21)} * 0,45 * 10^{-3} = 235,77 \text{ kN}$$

→ 235,77 kN ≥ 195,07 kN Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v * l}{i} = \frac{1 * 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 * 562 * 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \nless 743,07 \text{ N/mm}^2 \text{ Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{63890}{162,45} = 393,29 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{878 * 235}{1,0} = 206,33 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 * \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{206330}{379,04} = 544,35 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 544,35 \text{ N/mm}^2$$

5-ös csomópont

Övrúd: $S=57,98 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S=24,51 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S=88,67 \text{ KN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2=21^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf=h_1-2*t_1=40-2*4=32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf=h_0-2*t_0=100-2*6=88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{57,98 \cdot 10^3}{2225} = 26,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{26,06}{235} = 0,11 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{aligned} &1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,11}{0,4} = 1,19 \rightarrow k_n = 1,0 \\ &1,0 \end{aligned} \right.$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(47,6)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 89,59 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 89,59 \text{ kN} \geq 24,51 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 242,56 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 242,56 \text{ kN} \geq 88,67 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,11 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 743,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{24510}{162,45} = 150,87 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{303,23} = 435,54 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 435,54 \text{ N/mm}^2$$

7-es csomópont

Övrúd: $S=32,71 \text{ kN}$

1-es nyomott rúd: $S=17,14 \text{ kN}$

2-es nyomott rúd: $S=15,13 \text{ kN}$

$\theta_1=21^\circ$

$\theta_2=76^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} \quad , \quad 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{32,71 \cdot 10^3}{2225} = 14,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{14,7}{235} = 0,063 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,063}{0,4} = 1,237 \rightarrow k_n = 1,0 \right.$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 242,56 \text{ kN}$$

$\rightarrow 242,56 \text{ kN} \geq 17,14 \text{ kN}$ Megfelel!

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 89,58 \text{ kN}$$

$\rightarrow 89,58 \text{ kN} \geq 15,13 \text{ kN}$ Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 2016}{15} = 134,4 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{134,4}{93,9} = 1,43 \rightarrow \chi = 0,404$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,404 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 53,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{53356,28}{303,23} = 175,96 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 175,96 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{162,45} = 812,98 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 812,98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{15130}{162,45} = 93,14 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

10-es csomópont

Övrúd: $S=255,91 \text{ kN}$

1-es nyomott rúd: $S=107,35 \text{ kN}$

2-es húzott rúd: $S=13,1 \text{ kN}$

$\theta_1=21^\circ$

$\theta_2=76^\circ$

$g=51,8 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_1 - 2 \cdot t_1 = 50 - 2 \cdot 5 = 40 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{40}{5} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{50 + 40}{2 \cdot 50} = 0,9 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{50 + 40}{2 \cdot 50} = 0,9 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{50 + 40 + 50 + 40}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, \quad 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$V = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{255,91 \cdot 10^3}{2225} = 115,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{115,02}{235} = 0,49 = n$$

$$k_n = \min \begin{cases} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{cases} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,49}{0,45} = 0,86 \rightarrow k_n = 0,86$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,86 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 234,67 \text{ kN}$$

$\rightarrow 234,67 \text{ kN} \geq 107,35 \text{ kN}$ Megfelel!

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,86 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 86,67 \text{ kN}$$

$\rightarrow 86,67 \text{ kN} \geq 13,1 \text{ kN}$ Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 2016}{18} = 112 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{112}{93,9} = 1,2 \rightarrow \chi = 0,53$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,53 \cdot 878 \cdot 235}{1,0} = 109,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{109350}{379,04} = 288,49 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 288,49 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{162,45} = 812,98 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 812,98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{13100}{162,45} = 80,64 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

12-es csomópont

Övrúd: $S=267,87 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S=22,47 \text{ KN}$

2-es nyomott rúd: $S=11,69 \text{ KN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2=21^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálva

$$cf=h_1-2*t_1=40-2*4=32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. \text{ osztályú}$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{267,87 \cdot 10^3}{2225} = 120,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{120,39}{235} = 0,512 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} , 1,0 \right\} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,512}{0,4} = 0,788 \rightarrow k_n = 0,788$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,788 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 70,59 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 70,59 \text{ kN} \geq 22,47 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 * \sqrt{\gamma} * k_n * f_y * t_0^2}{\sin(\theta_2)} * \beta = \frac{8,9 * \sqrt{8,33} * 0,788 * 235 * 6^2}{\sin(21)} * 0,4 * 10^{-3} = 191,13 \text{ kN}$$

→ 191,13 kN ≥ 11,69 kN Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v * l}{i} = \frac{1 * 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 * 562 * 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 743,07 \text{ N/mm}^2 \text{ Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{22470}{162,45} = 138,32 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

2. nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v * l}{i} = \frac{1 * 2016}{15} = 134,4 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{134,4}{93,9} = 1,43 \rightarrow \chi = 0,404$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,404 * 562 * 235}{1,0} = 53,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{53356,28}{303,23} = 175,96 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 175,96 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

14-es csomópont

Övrúd: $S=267,87 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S= 57,79 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S= 83,22 \text{ KN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2= 21^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a= 3\text{mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf=h_1-2*t_1=40-2*4=32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf=h_0-2*t_0=100-2*6=88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{267,87 \cdot 10^3}{2225} = 120,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{120,39}{235} = 0,512 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} , 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,512}{0,4} = 0,788 \rightarrow k_n = 0,788 \right.$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,788 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 70,59 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 70,59 \text{ kN} \geq 57,79 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,788 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 191,13 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 191,13 \text{ kN} \geq 83,22 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,11 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 743,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{57790}{162,45} = 355,74 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{303,23} = 435,54 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 435,54 \text{ N/mm}^2$$

16-os csomópont

Övrúd: $S=182,75 \text{ kN}$

1-es nyomott rúd: $S=79,96 \text{ kN}$

2-es húzott rúd: $S=178,68 \text{ kN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2=21^\circ$

$g=51,8 \text{ mm}$

$a=3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,12 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,12 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 50 + 40 + 50}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{182,75 \cdot 10^3}{2225} = 82,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{82,13}{235} = 0,35 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{array} \right. = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,35}{0,45} = 0,989 \rightarrow k_n = 0,989$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,989 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 99,67 \text{ kN}$$

$\rightarrow 99,67 \text{ kN} \geq 79,96 \text{ kN}$ Megfelel!

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 0,989 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} = 269,87 \text{ kN}$$

$\rightarrow 269,87 \text{ kN} \geq 178,68 \text{ kN}$ Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 743,07 \text{ N/mm}^2 \text{ Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{79960}{162,45} = 492,21 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

2.húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{878 \cdot 235}{1,0} = 206,33 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{206330}{379,04} = 544,35 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 544,35 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

11-es csomópont

Övrúd: $S=10,37 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S= 11,69 \text{ KN}$

2-es nyomott rúd: $S= 13,1 \text{ KN}$

$$\theta_1 = 21^\circ$$

$$\theta_2 = 76^\circ$$

$$g = 65,65 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm sarokvarrat}$$

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_1 - 2 \cdot t_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztály$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm}, \quad 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{10,37 \cdot 10^3}{2225} = 4,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{4,66}{235} = 0,0198 = n$$

$$k_n = \min \left\{ 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,0198}{0,4} = 1,28 \rightarrow k_n = 1,0 \right.$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(21)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 242,56 \text{ kN}$$

→ 242,56 kN ≥ 11,69 kN Megfelel!

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_2)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 89,58 \text{ kN}$$

→ 89,58 kN ≥ 13,1 kN Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

1. Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 2016}{15} = 134,4 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{134,4}{93,9} = 1,43 \rightarrow \chi = 0,404$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,404 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 53,35 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{53356,28}{303,23} = 175,96 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 175,96 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{562 \cdot 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_2} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{162,45} = 812,98 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 812,98 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{13100}{162,45} = 80,64 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

13-as csomópont

Övrúd: $S=74075 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S= 22,47 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S= 83,22 \text{ KN}$

$\theta_1=76^\circ$

$\theta_2= 21^\circ$

$g=65,65 \text{ mm}$

$a= 3 \text{ mm}$ sarokvarrat

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = 4 = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$cf=h_1-2*t_1=40-2*4=32 \text{ mm}$$

$$\frac{cf}{t_1} = \frac{32}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f = h_0 - 2 \cdot t_0 = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 \cdot 1 = 33 \rightarrow 1. osztályú$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,6 \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 40}{2 \cdot 40} = 1,0 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 40 + 40 + 40}{4 \cdot 100} = 0,4$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \geq 0,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,3$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{65,65}{100} = 0,66 \leq 1,5 \cdot (1 - 0,4) = 0,9$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 65,65 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{74,75 \cdot 10^3}{2225} = 33,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{33,6}{235} = 0,143 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{array} \right. = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,143}{0,4} = 1,16 \rightarrow k_n = 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \beta = \frac{8,9 \cdot \sqrt{8,33} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 6^2}{\sin(76)} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 89,59 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 89,59 \text{ kN} \geq 22,47 \text{ kN} \text{ Megfelel!}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$N_{z,Rd} = \frac{8,9 * \sqrt{\gamma} * k_n * f_y * t_0^2}{\sin(\theta_2)} * \beta = \frac{8,9 * \sqrt{8,33} * 1,0 * 235 * 6^2}{\sin(21)} * 0,4 * 10^{-3} = 242,56 \text{ kN}$$

→ 242,56 kN ≥ 83,22 kN Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v * l}{i} = \frac{1 * 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 * 562 * 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,11 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 743,11 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{22470}{162,45} = 138,32 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 * 1,25 * \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a = 207,85 * 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 * 235}{1,0} = 132,07 \text{ kN}$$

$$K = 2 * \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 * \left(40 + \frac{40}{\sin(21)} \right) = 303,23 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{132070}{303,23} = 435,54 \text{ N/mm}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 435,54 \text{ N/mm}^2$$

15-ös csomópont

Övrúd: $S=257,5 \text{ KN}$

1-es nyomott rúd: $S= 57,79 \text{ KN}$

2-es húzott rúd: $S= 178,68 \text{ KN}$

$$\theta_1=76^\circ$$

$$\theta_2= 21^\circ$$

$$g=51,8 \text{ mm}$$

$$a= 3\text{mm sarokvarrat}$$

I. Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{40}{4} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{40}{40} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f=h_1-2*t_1=40-2*4=38 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{38}{4} = 8 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1.\text{osztályú}$$

Húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} = \frac{50}{50} = 1 \leq 2$$

Övrúd

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \leq 35$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = \frac{100}{100} = 1 \leq 2$$

Keresztmetszet osztálya

$$c_f=h_0-2*t_0=100-2*6=88 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_1} = \frac{88}{6} = 14,667 < 33 * 1 = 33 \rightarrow 1.\text{osztályú}$$

Övrúd és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,4 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Övrúd és húzott rácsrúd

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \geq 0,1 + 0,01 * \frac{100}{6} = 0,267$$

Húzott és nyomott rácsrúd

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,125 \geq 0,6$$

$$\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{40 + 50}{2 \cdot 40} = 1,125 \leq 1,3$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{100}{6} = 16,667 \geq 15$$

Rácsrudak bekötése közti hézag

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{40 + 50 + 40 + 50}{4 \cdot 100} = 0,45$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \geq 0,5 * (1 - 0,45) = 0,275$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{51,8}{100} = 0,52 \leq 1,5 * (1 - 0,45) = 0,825$$

$$g \geq t_1 + t_2 = 9 \text{ mm} , 51,8 \text{ mm} \geq 9 \text{ mm}$$

II. Csomópont ellenállása

Övrúd felületének képlékeny törése

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 6} = 8,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{257,5 \cdot 10^3}{2225} = 115,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{115,73}{235} = 0,49 = n$$

$$k_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} \\ 1,0 \end{array} \right. = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,49}{0,45} = 0,864 \rightarrow k_n = 0,864$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 * \sqrt{\gamma} * k_n * f_y * t_0^2}{\sin(\theta_1)} * \beta = \frac{8,9 * \sqrt{8,33} * 0,864 * 235 * 6^2}{\sin(76)} * 0,45 * 10^{-3} = 87,077 \text{ kN}$$

→ 87,077 kN ≥ 57,79 kN Megfelel!

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 * \sqrt{\gamma} * k_n * f_y * t_0^2}{\sin(\theta_2)} * \beta = \frac{8,9 * \sqrt{8,33} * 0,864 * 235 * 6^2}{\sin(21)} * 0,45 * 10^{-3} = 235,77 \text{ kN}$$

→ 235,77 kN ≥ 178,68 kN Megfelel!

III. Rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

Nyomott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd nyomási ellenállásából számítva

$$\lambda = \frac{v \cdot l}{i} = \frac{1 \cdot 750}{15} = 50 \quad \lambda = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{50}{93,9} = 0,53 \rightarrow \chi = 0,914$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,914 \cdot 562 \cdot 235}{1,0} = 120,71 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_1 + \frac{h_1}{\sin \theta_1} \right) = 2 \cdot \left(40 + \frac{40}{\sin(76)} \right) = 162,45 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{b,Rd}}{K} = \frac{120711,98}{162,45} = 743,07 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \not\geq 743,07 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Nem felel meg}$$

$$\frac{N_{Ed}}{K} = \frac{57790}{162,45} = 355,74 \text{ N/mm}^2 \leq F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Megfelel}$$

Húzott rácsrúd

Varrat fajlagos ellenállása

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,80 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 207,85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 207,85 \cdot 3 = 623,55 \text{ N/mm}^2$$

Varratot terhelő fajlagos erő a rácsrúd húzási ellenállásából számítva

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{878 \cdot 235}{1,0} = 206,33 \text{ kN}$$

$$K = 2 \cdot \left(b_2 + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 2 \cdot \left(50 + \frac{50}{\sin(21)} \right) = 379,04 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t,Rd}}{K} = \frac{206330}{379,04} = 544,35 \text{ N/mm}^2$$

Varrat ellenőrzése

$$F_{w,Rd} = 623,55 \text{ N/mm}^2 \geq 544,35 \text{ N/mm}^2$$

8-as csomópont

Húzott rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2, \beta_w = 0,8, \gamma_{M2} = 1,25, a = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 4 = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Húzott rácsrúd } N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{562 \cdot 235}{1} = 132,07 \text{ kN}$$

$$f_{v,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_{v,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{pl,Rd}}{\Sigma A v_{net}} = \frac{132,07 \cdot 10^3}{4 \cdot 3 \cdot l v_{net}} = \frac{11005,83}{l v_{net}}$$

$$f_{v,Ed} = \sqrt{0 + 0 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3} \leq f_{v,Rd} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{11005,83}{l v_{net}} \leq \frac{360}{\sqrt{3}} \rightarrow l v_{net} = \frac{11005,83 \cdot \sqrt{3}}{360} = 52,95 \text{ mm}$$

$$l_0 = 52,95 + 2 \cdot 3 = 58,95 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$$

9-es csomópont

Húzott rácsrudakat bekötő varratok ellenállásának ellenőrzése

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2, \beta_w = 0,8, \gamma_{M2} = 1,25, a = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 6 = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Húzott rácsrúd } N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2225 \cdot 235}{1} = 522,87 \text{ kN}$$

$$f_{v,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_{v,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{pl,Rd}}{\Sigma A v_{net}} = \frac{522,87 \cdot 10^3}{4 \cdot 4 \cdot l v_{net}} = \frac{32679,37}{l v_{net}}$$

$$f_{v,Ed} = \sqrt{0 + 0 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \tau_{\parallel} \cdot \sqrt{3} \leq f_{v,Rd} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{32679,37}{l v_{net}} \leq \frac{360}{\sqrt{3}} \rightarrow l v_{net} = \frac{32679,37 \cdot \sqrt{3}}{360} = 157,23 \text{ mm}$$

$$l_0 = 157,23 + 2 \cdot 4 = 165,23 \text{ mm} \rightarrow 170 \text{ mm}$$

Vonórúd ellenőrzése

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}, A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$227,7 \cdot 10^3 = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot 235}{4 \cdot 1}$$

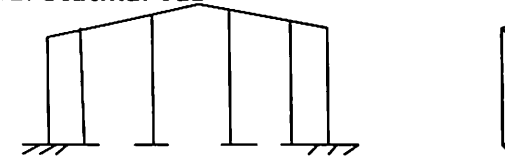
$$968,94 = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$3875,74 = d^2 \cdot \pi$$

$$1233,69 = d^2 \rightarrow d = 35,13 \text{ mm} \rightarrow \text{O40 mm átmérőjű acél}$$

4. 6.Falvázoszlop méretezése

4.6.1. Statikai váz



4.6.2. Anyagminőség: S235

4.6.3. Keresztmetszet: HEA140

4.6.4. Tehermodell: felületi megoszló teher redukálása hosszmenti megoszló teherre

4.6.4.1 Állandó teher

4.6.4.1.1 Falvázoszlop önsúly

szelvény $\rightarrow$ AXIS $g_{oszlop}^k = 1,58 \text{ kN}$

4.6.4.1.2. Burkolat önsúly

g_{kTI}	Külső trapézlemez LTP 45/0,5	$0,048 \text{ kN/m}^2$
g_z	Falváz tartó Z200/2,5	$0,0724 \text{ kN/m}$
g_{HSZ}	Hőszigetelés 15 cm	$0,12 \text{ kN/m}^2$
g_f	Párazáró fólia	$0,014 \text{ kN/m}^2$
g_{bTI}	Belső trapézlemez LTP 45/0,4	$0,039 \text{ kN/m}^2$

$$p_{burkolat}^k = [t \cdot (g_{kTI} + g_{bTI} + g_{HSZ} + g_{sz})] + (a \cdot g_z) = [5,0 \cdot (0,048 + 0,039 + 0,12 + 0,014)] + (4,0 \cdot 0,0724) = 1,39 \text{ kN}$$

$$t = a \cdot b = 4,0 \cdot 1,25 = 5,0 \text{ m}^2$$

$$\Sigma G^k = g_{oszlop}^k + (n \cdot g_{burkolat}^k) = 1,58 \text{ kN} + (4 \cdot 1,39) = 7,14 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed}$$

$$N_{plRd} = A \cdot f_y = 3142 \cdot 235 = 738,37 \text{ kN} > N_{Ed} \text{ MEGFELEL}$$

4.6.4.2. Sélteher

$$M_{Ed} = \frac{(p_{w,d} \cdot h^2)}{8} = \frac{(1,5 \cdot 1,63 \cdot 6,8^2)}{8} = 14,13 \text{ kNm}$$

$$w_e^k = q_p \cdot c_{pe,10,D} = 0,556 \cdot 0,733 = 0,408 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,e}^k = w_e^k \cdot a = 0,408 \cdot 4,0 = 1,63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.6.5. Keresztmetszetek méretezése

$$e_{x(max)} = 5,36 \text{ mm} < \frac{H}{300} = \frac{6800}{300} = 22,67 \text{ mm} \text{ Megfelelt!}$$

Keretoszlop: HEA 160

4.6.5.1. Keresztmetszeti adatok

$$\begin{aligned} A_x &= 3878 \text{ mm}^2 & A_y &= 1320 \text{ mm}^2 \\ I_y &= 1673,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{pl,y} &= 245,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

4.6.5.2. Keresztemetszet osztályozása tiszta nyomásra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = \frac{160}{2} - 15 - \frac{6}{2} = 62 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{62}{9} = 6,89 < 9 * \varepsilon = 9$$

tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú.

Gerinc:

$$c_w = h - 2 * r - 2 * t_f = 152 - 2 * 15 - 2 * 9 = 104 \text{ mm}$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{104}{6} = 17,33 < 33 * \varepsilon = 33$$

tehát a gerinc 1. keresztmetszeti osztályú.

A keresztmetszet nyomásra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó.

4.6.5.3 Keresztemetszet osztályozása hajlításra

Öv:

$$c_f = \frac{b}{2} - r - \frac{t_w}{2} = \frac{160}{2} - 15 - \frac{6}{2} = 62 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{62}{9} = 6,89 < 9 * \varepsilon = 9$$

tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú.

Gerinc:

$$c_w = h - 2 * r - 2 * t_f = 152 - 2 * 15 - 2 * 9 = 104 \text{ mm}$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{104}{6} = 17,33 < 72 * \varepsilon = 72$$

tehát a gerinc 1. keresztmetszeti osztályú.

A keresztmetszet hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó.

4.6.5.4. Ellenőrzés tiszta nyomásra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$N_{pl,Rd} = N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3878 * 235}{1} = 911330 \text{ N} = 911,33 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{7,14}{911,33} = 0,0078 < 1 \text{ Megfelel}$$

4.6.5.5. Ellenőrzés hajlításra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$M_{pl,Rd} = M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245200 * 235}{1} = 57622000 \text{ Nmm} = 57,62 \text{ kNm} > 14,13 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{14,13}{57,62} = 0,24 < 1 \text{ Megfelel}$$

4.6.5.6. Nyírási ellenőrzés

Elsőként meg kell vizsgálni a nyírási lemezhorpadás bekövetkezését.

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{134}{6} = 22,33 < \frac{72 * \varepsilon}{\eta} = \frac{72 * 1}{1} = 72$$

tehát a nyírási horpadás nem mértékadó.

Így a nyírási ellenállás:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1320 * 235}{\sqrt{3} * 1} = 179,09 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,39}{179,9} = 0,058 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

4.6.5.7. Nyomaték , Normálerő és Nyíróerő kölcsönhatása

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,39}{179,09} = 0,058 < 0,5$$

A nyíróerő és a nyomaték kölcsönhatását nem kell figyelembe venni.

$$N_{Ed} > 0,25 * N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} = 7,14 \text{ kN} < 0,25 * 911,33 = 227,83 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 7,14 \text{ kN} < \frac{0,5 * 134 * 6 * 235}{1} = 94,47 \text{ kN}$$

A feltételek alapján a normálerő hatását nem kell figyelembe venni.

4.6.6. Stabilitás vizsgálat

4.6.6.1. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y)

1.km. osztály
S235 -> $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ $\lambda_E = 93,90$
 $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

HEA 140

$$A_x = 3878 \text{ mm}^2 \quad A_y = 1320 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1673,3 * 10^4 \text{ mm}^4 \quad I_z = 615,6 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 245,2 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_y = \frac{v_y * l}{i_y} = \frac{1 * 6800}{66} = 103,03 \rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{103,03}{93,90} = 1,1$$

$$\frac{h}{b} = \frac{133}{140} = 0,96 < 1,2 \rightarrow t_f = 9 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \rightarrow y - y \rightarrow b \text{ oszlop}$$

$$\chi_y = 0,5352$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,5352 * 3878 * 235}{1} = 487,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 0,014 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

4.6.6.2. Kifordulás vizsgálat egyszerűsített módszerrel (övmerevség módszerrel)

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 160 * 9 + \frac{152}{6} * 6 = 1592 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w^3}{12} = 9 * \frac{160^3}{12} + \frac{152}{6} * \frac{6^3}{12} = 3072456 \text{ mm}^4$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{3072456}{1592}} = 43,93 \text{ mm}$$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelőség feltétele

$$k_c = 0,94$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c * L_c}{i_{f,z} * \lambda_E} = \frac{0,94 * 6800}{43,93 * 93,90} = 1,55 < \bar{\lambda}_{c0} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 * \frac{57,62}{14,13} = 2,04$$

Kifordulási ellenállás

$$\bar{\lambda}_f = 1,55$$

$$1,6 \rightarrow 0,2842$$

$$1,5 \rightarrow 0,3145$$

$$\chi = 0,299$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd} = 0,299 * 1,1 * 57,62 = 18,95 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{14,13}{18,95} = 0,75 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5. Mellékhajó statikai számítása

5.1. Kiindulási adatok:

5.1.1. Geometria, helyszín adatok

Terepviszony: szokásos

Terepkategória: II.

keretoszlopok távolsága L= 6,00 m

váll tengelymagasság= 3 m

keretoszlop típusa: befogott

keretállások távolsága t= 6,6 m

keretállások száma: 6 db

héjazat és szelemen : LINDAB trapézlemez LINDAB Z

tető lejtése = 9°

5.1.2. Anyagminőségek

S235 acél

5.1.3. Felhasznált szabványok

-Axis VM program

-EC A tartószerkezetek tervezésének alapjai MSZ EN 1990

-EC1 Hóteher MSZ EN 1991-1-3

-EC1 Szélhatás MSZ EN 1991-1-4

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

-EC3 Csomópontok tervezése MSZ EN 1993-1-8

5.2. Terhek meghatározása

5.2.1. - Állandó terhek $\gamma_G^{\text{sup}} = 1,35$ $\gamma_G^{\text{inf}} = 1,5$

- Rétegrend

Külső trapézlemez LTP45/0,7

Hőszigetelés 15cm

$g_{\text{külső}} = 0,068 \text{ kN/m}^2$

$g_{\text{hsz}} = 0,15 * 0,8 = 0,12 \text{ kN/m}^2$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Párazáró fólia	$g_{pz}=0,014\text{kN/m}^2$
Belső trapézlemez	$g_{belső}=0,068\text{kN/m}^2$
	$\Sigma g=0,27\text{ kN/m}^2$

Z szelemen Z200/ 2,5 $g_z^k = 0,0724\text{ KN/m}$

5.2.2. Állandó jellegű hasznos teher (gépészet) $\gamma_{gép}=1,35$
 $g_{gép}^k = 0,45\text{ KN/m}^2$

5.2.3. Esetleges terhek

5.2.3.1. Hasznos teher

$$\Psi_0 = 0, \quad Q = \emptyset$$

5.2.3.2. Hóteher *MSZEN 1991-1-3 alapján*, $\Psi_0 = 0,5 \quad \gamma = 1,5$

$$S_k = 1,25 + \frac{480-400}{400} = 1,45 \quad (480\text{ m tengerszint feletti magasság})$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

ahol

alaki tényező $\mu_1 = 0,8, \mu_2$

szélhatás tényező $C_e = 1$ (szokásos terep)

hőmérsékleti tényező $C_t = 1$

hóteher karakterisztikus értéke S_k [kN/m²]

Hózugteher számítása

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

ahol μ_s - a felső tetőszakaszon lévő hó lecsúszásához tartozó alaki tényező

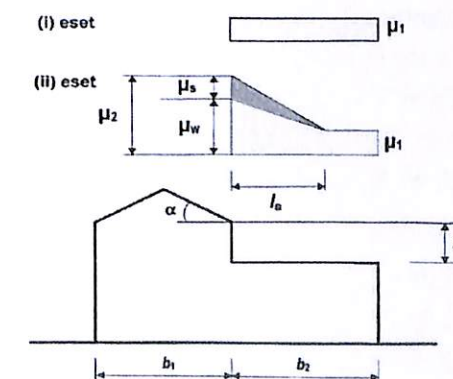
$$\text{ha } \alpha \leq 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0$$

μ_w - szél hatásához tartozó alaki tényező (γ - hó térfogatsúlya 2kN/m^3)

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot h} \leq \frac{\gamma \cdot h}{S_k} = \frac{16 + 6}{2 \cdot 2} \leq \frac{2 \cdot 2}{1,45} = 5,5 \leq 2,76 \rightarrow \mu_w = 2,76$$

$\mu_2 = 0 + 2,76 = 2,76$ Hófelhalmozódás hossza: $l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 2000 = 4000\text{ mm}$, de a szabvány 5.3.6. 2.megjegyzése szerint $5 \leq l_s \leq 15\text{ m} \rightarrow l_s = 5\text{m}$

MSZ EN 1991-1-3:2005



Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$b_1 = 16 \text{ m} , \quad b_2 = 6 \text{ m} , \quad \alpha = 14^\circ , \quad h = 2 \text{ m} , \quad l_s = 5 \text{ m}$$

$$S_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,45 = 1,16 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = 2,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,45 = 4 \text{ kN/m}^2$$

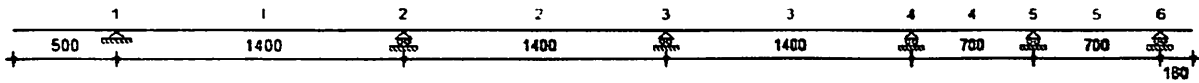
5.2.3.3. Szélteher *MSZEN 1991-1-4 alapján*, $\Psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$

Torló nyomás meghatározása:

$q_p = \text{II. terepkategória} \rightarrow 0,453 \text{ kN/m}$

5.3. Trapézlemez méretezése

5.3.1. Statikai váz



5.3.2. Terhek meghatározása

5.3.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$

$$p_{g\perp} = t \cdot \cos \alpha \cdot g_{\pi}^k = 1 \cdot \cos 9^\circ \cdot 0,068 = 0,0672 \text{ kN/m}$$

5.3.2.2. Hóteher $\Psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$

$$p_s^{r1} = t \cdot s = 1 \cdot 1,16 = 1,16 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 1,16 = 1,132 \text{ kN/m}$$

$$p_s^{r2} = t \cdot s = 1 \cdot 4 = 4 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 4 = 3,9 \text{ kN/m}$$

5.3.2.3. Szélteher $\Psi_0 = 0,6$, $\gamma = 1,5$

$$p_{w\perp} = t \cdot w$$

$$w = q_p \cdot C_{pe}$$

Szélteher keresztirányú-külső $C_{pe,1}$

$$\theta = 0^\circ$$

Szélszívás $C_{pe,1,sz}$

G zóna

$$5^\circ \rightarrow -2,0$$

$$15^\circ \rightarrow -1,5$$

$$14^\circ \rightarrow -1,8$$

H zóna

$$5^\circ \rightarrow -1,2$$

$$15^\circ \rightarrow -0,3$$

$$9^\circ \rightarrow -0,84$$

Szélnyomás $C_{pe,1,ny}$

G zóna

$$5^\circ \rightarrow 0,0$$

$$15^\circ \rightarrow 0,2$$

$$9^\circ \rightarrow 0,08$$

H zóna

$$5^\circ \rightarrow 0,0$$

$$15^\circ \rightarrow 0,2$$

$$9^\circ \rightarrow 0,08$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

G zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{G,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,1,sz}^G = 1m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-1,8) = -0,815 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{F,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,1,ny}^G = 1m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot 0,08 = 0,036 \frac{kN}{m}$$

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,1,sz}^H = 1m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-0,84) = -0,38 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,1,ny}^H = 1m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot 0,08 = 0,036 \frac{kN}{m}$$

Szélteher hosszirányú-külső $c_{pe,1}$

Szélszívás

I zóna $c_{pe,1,sz}$

$5^\circ \rightarrow -0,5$

$15^\circ \rightarrow -1,2$

$9^\circ \rightarrow -0,78$

I zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{I,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,1,sz}^H = 1m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-0,78) = -0,353 \frac{kN}{m}$$

5.3.2.4. Teherkombinációk

önsúly + hó + szélnyomás (külső-keresztirányú)

1 teherkombináció ULS (teherbírési határállapot)

$$p_{\perp}^{U,1 \text{ hó}} = \gamma_s \cdot p_{s,\perp}^k$$

$$p_{\perp}^{U,1 \text{ hó}} = 1,5 \cdot 1,32 = 1,98 \frac{kN}{m}, \quad p_{\perp}^{U,1 \text{ hó}} = 1,5 \cdot 3,9 = 5,85 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,1 \text{ önsúly + szél}} = \gamma_{G,sup} \cdot p_{g,\perp}^k + \psi_{0,w} \cdot \gamma_w \cdot p_{w,e,ny,0}^k$$

$$p_{\perp}^{U,1 \text{ önsúly + szél}} = 1,35 \cdot 0,0672 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,036 = 0,12 \frac{kN}{m}$$

2 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2 \text{ hó}} = p_{s,\perp}^k$$

$$p_{\perp}^{S,2 \text{ hó}} = 1,32 \frac{kN}{m}, \quad p_{\perp}^{S,2 \text{ hó}} = 3,9 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,2 \text{ önsúly + szél}} = p_{g,\perp}^k + \psi_{0,w} \cdot p_{w,e,ny,0}^k$$

$$p_{\perp}^{S,2 \text{ önsúly + szél}} = 0,0672 + 0,6 \cdot 0,036 = 0,09 \frac{kN}{m}$$

önsúly + szélszívás (külső-keresztirányú)

3 teherkombináció ULS (teherbírési határállapot)

$$p_{\perp}^{U,3,G} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,\perp}^k - \gamma_w \cdot p_{w,e,sz,0}^{G,k}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$p_{\perp}^{U,3,G} = 1,0 \cdot 0,0672 - 1,5 \cdot 0,815 = -1,15 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,\perp}^k - \gamma_w \cdot p_{w,e,sz,0}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 \cdot 0,0672 - 1,5 \cdot 0,38 = -0,5 \frac{kN}{m}$$

4 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,3,G} = p_{g,\perp}^k - p_{w,e,sz,0}^{G,k}$$

$$p_{\perp}^{S,3,G} = 0,0672 - 0,815 = -0,75 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = p_{g,\perp}^k - p_{w,e,sz,0}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = 0,0672 - 0,38 = -0,31 \frac{kN}{m}$$

önsúly + szélszívás (külső-hosszirányú)

5 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,5,I} = \gamma_{G,inf} \cdot p_{g,\perp}^k - \gamma_w \cdot p_{w,e,sz,90}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{U,5,I} = 1,0 \cdot 0,0672 - 1,5 \cdot 0,353 = -0,46 \frac{kN}{m}$$

6 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,6,I} = p_{g,\perp}^k - p_{w,e,sz,90}^{H,k}$$

$$p_{\perp}^{S,6,I} = 0,0672 - 0,353 = -0,29 \frac{kN}{m}$$

Trapézlemez méretezése DIMROOF

eredmények:

1 teherkombináció ULS 86%

2 teherkombináció SLS 14%

No.	Tipus	Koordináták	Kezdet (mm)	Vég (mm)	Átlagos	ULS	SLS
1	L	-500	500	1,32	1,32	ULS	
2	L	-500	500	1,32	1,32	SLS	
3	L	500	5700	1,32	5,85	ULS	
4	L	500	5700	1,32	3,90	SLS	
5	U			0,12		ULS	
6	U			0,09		SLS	
7							

Terhek	ULS	SLS
1	86%	14%

1. és 2. teherkombináció eredményei Dimroof programban

3 teherkombináció ULS 22%

4 teherkombináció SLS 12%

Fajl Opciók Névleg

Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megnevező: rúdai

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Ehelyezés: Átredés

Szélsej: 1 hullám

Statikai rendszer: Folytatás

Osztó támasz: Például

Lemez: Szelvény

Csavar: Lemez

Átredés: Táv

Geometria

No.	Posíció [mm]	Típus	Szélsej [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég 1 [mm]	Vég 2 [mm]	Csukás	Posíció [mm]
1	0	C	100	500		1	1400	0.4		10%	
2	1400	C	50			2	1400	0.4			
3	2800	C	50			3	1400	0.4			
4	4200	C	50			4	700	0.4			
5	4900	C	50			5	700	0.4			
6	5600	C	50		180						

Terhek

No.	Típus	Közép [mm]	Vég [mm]	Közép [mm]	Vég [mm]	Szélsej	ULS
1	L	-500	400	-1.15	-1.15		ULS
2	L	-500	400	-0.75	-0.75		SLS
3	L	400	5700	-0.50	-0.50		ULS
4	L	400	5700	-0.31	-0.31		SLS

Generálás: 5 nyílás az alapértékekkel

Lehajlás-számítás paraméterei

Határ: L / 150

Határ: L / 150

Lehaj: Maximal

Scémák: Optimal

Eredmények

ULS 22% SLS 12%

Átredés: Táv

Képek

3. és 4. teherkombináció eredményei Dimroof programban

5 teherkombináció ULS 12%

6 teherkombináció SLS 2%

Fajl Opciók Névleg

Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Megnevező: rúdai

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Ehelyezés: Átredés

Szélsej: 1 hullám

Statikai rendszer: Folytatás

Osztó támasz: Például

Lemez: Szelvény

Csavar: Lemez

Átredés: Táv

Geometria

No.	Posíció [mm]	Típus	Szélsej [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég 1 [mm]	Vég 2 [mm]	Csukás	Posíció [mm]
1	0	C	100	500		1	1400	0.4		10%	
2	1400	C	50			2	1400	0.4			
3	2800	C	50			3	1400	0.4			
4	4200	C	50			4	700	0.4			
5	4900	C	50			5	700	0.4			
6	5600	C	50		180						

Terhek

No.	Típus	Közép [mm]	Vég [mm]	Közép [mm]	Vég [mm]	Szélsej	ULS
1	U			-0.40			ULS
2	U			-0.25			SLS

Generálás: 5 nyílás az alapértékekkel

Lehajlás-számítás paraméterei

Határ: L / 150

Határ: L / 150

Lehaj: Maximal

Scémák: Optimal

Eredmények

ULS 12% SLS 2%

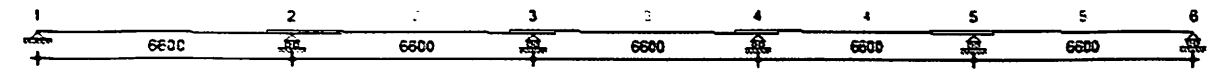
Átredés: Táv

Képek

5. és 6. teherkombináció eredményei Dimroof programban

5.4. Z szelemen méretezése

5.4.1. Statikai váz



5.4.2. Terhek meghatározása

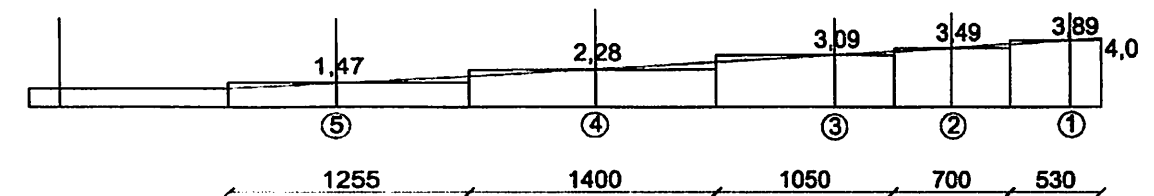
5.4.2.1. Állandó teher $\gamma = 1,35$

$$p_{g\perp}^k = [t \cdot (g_{KTL} + g_{BTL} + g_{HSZ} + g_F) \cdot \cos \alpha] + g_z \cdot \cos \alpha$$

$$p_{g\perp}^k = [1,4 \cdot (0,068 + 0,068 + 0,12 + 0,014) \cdot \cos 9^\circ] + 0,0724 \cdot \cos 9^\circ = 0,44 \frac{kN}{m}$$

5.4.2.2. Hóteher $\Psi_0 = 0,5$ $\gamma = 1,5$

Különböző esetek megvizsgálása az alábbi ábra alapján:



1.eset

$$p_s^{r1} = t \cdot s = 0,53 \cdot 3,89 = 2,06 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 2,06 = 2,0 \text{ kN/m}$$

2.eset

$$p_s^{r2} = t \cdot s = 0,7 \cdot 3,49 = 2,44 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 2,44 = 2,38 \text{ kN/m}$$

3.eset

$$p_s^{r3} = t \cdot s = 1,05 \cdot 3,09 = 3,24 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 3,24 = 3,16 \text{ kN/m} \rightarrow \text{mértékadó}$$

4.eset

$$p_s^{r4} = t \cdot s = 1,4 \cdot 2,28 = 3,19 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 3,19 = 3,11 \text{ kN/m}$$

5.eset

$$p_s^{r5} = t \cdot s = 1,25 \cdot 1,47 = 1,84 \text{ kN/m}$$

$$p_{s,k\perp} = \cos^2 \alpha \cdot p_s^{r1} = \cos^2 9^\circ \cdot 1,84 = 1,79 \text{ kN/m}$$

5.4.2.3 Szélteher $\Psi_0 = 0,6$ $\gamma = 1,5$

$$p_w^r = t \cdot w = 1,45 \cdot w$$

$$w = q_p \cdot c_p$$

$$q_p = \text{torlónyomás csúcértéke} = 0,453 \text{ kN/m}^2, \quad c_p = \text{nyomási-szívási tényező}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Szélteher keresztirányú-külső $c_{pe,10}$

Szélszívás $c_{pe,10,sz}$

Szélnyomás $c_{pe,10,ny}$

H zóna

5° → -0,6

15° → -0,3

9° → -0,48

H zóna

5° → 0,0

15° → +0,2

9° → 0,08

H zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^H = 1,4m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-0,48) = -0,304 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,0}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,ny}^H = 1,4m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot 0,08 = 0,051 \frac{kN}{m}$$

Szélteher hosszirányú-külső $c_{pe,10}$

Szélszívás $c_{pe,10,sz}$

F_{up} zóna

5° → -2,1

15° → -2,4

9° → -2,22

H zóna

5° → -0,6

15° → -0,8

9° → -0,68

I zóna

5° → -0,5

15° → -0,7

9° → -0,58

F_{up} zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{F,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^F = 1,4m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-2,22) = -1,408 \frac{kN}{m}$$

H zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{H,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^H = 1,4m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-0,68) = -0,43 \frac{kN}{m}$$

I zóna

$$p_{w,e,sz,90}^{I,k} = t \cdot q_p \cdot c_{pe,10,sz}^I = 1,4m \cdot 0,453 \frac{kN}{m} \cdot (-0,58) = -0,368 \frac{kN}{m}$$

Szélteher belső nyomás-szívás

szívás

$$p_{w,i,sz}^k = t \cdot q_p \cdot c_{pi,sz} = 1,4 \cdot 0,453 \cdot (-0,3) = -0,19 \frac{kN}{m}$$

nyomás

$$p_{w,i,ny}^k = t \cdot q_p \cdot c_{pi,ny} = 1,4 \cdot 0,453 \cdot 0,2 = 0,13 \frac{kN}{m}$$

5.4.2.4. Teherkombinációk (Z szelemen)

önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső)

1 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

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

$$p_{\perp}^{U,1} = 1,35 * 0,44 + 1,5 * 3,16 + 0,6 * 1,5 * (0,051 + 0,19) = 5,55 \frac{kN}{m}$$

2 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,2} = p_{g,\perp}^k + p_{s,\perp}^k + \psi_{0,w} * (p_{w,e,ny,0}^k + p_{w,i,sz}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,2} = 0,44 + 3,16 + 0,6 * (0,051 + 0,19) = 3,74 \frac{kN}{m}$$

önsúly+szél szívás (keresztirányú-külső+belső)

3 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,0}^{Hk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 * 0,44 - 1,5 * (0,304 + 0,13) = -0,21 \frac{kN}{m}$$

4 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,4,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,0}^{Hk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,4,H} = 0,44 - (0,304 + 0,13) = 0,006 \frac{kN}{m}$$

önsúly+szél szívás (hosszirányú-külső+belső)

5 teherkombináció ULS (teherbírasi határállapot)

$$p_{\perp}^{U,5,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}^{Fk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,5,F} = 1,0 * 0,44 - 1,5 * (1,408 + 0,13) = -1,87 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,5,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}^{Hk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,H} = 1,0 * 0,44 - 1,5 * (0,43 + 0,13) = -0,4 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{U,5,I} = \gamma_{G,inf} * p_{g,\perp}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}^{Ik} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{U,3,I} = 1,0 * 0,44 - 1,5 * (0,368 + 0,13) = -0,31 \frac{kN}{m}$$

6 teherkombináció SLS (használhatósági határállapot)

$$p_{\perp}^{S,6,F} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90}^{Fk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,6,F} = 0,44 - (1,408 + 0,13) = -1,1 \frac{kN}{m}$$

$$p_{\perp}^{S,6,H} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90}^{Hk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,H} = 0,44 - (0,43 + 0,13) = -0,12 \frac{kN}{m}$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$p_{\perp}^{S,6,I} = p_{g,\perp}^k - (p_{w,e,sz,90}^{lk} + p_{w,i,ny}^k)$$

$$p_{\perp}^{S,3,I} = 0,44 - (0,368 + 0,13) = -0,06 \frac{kN}{m}$$

Z szelemen méretezése DIMROOF

eredmények:

1 teherkombináció ULS 95%

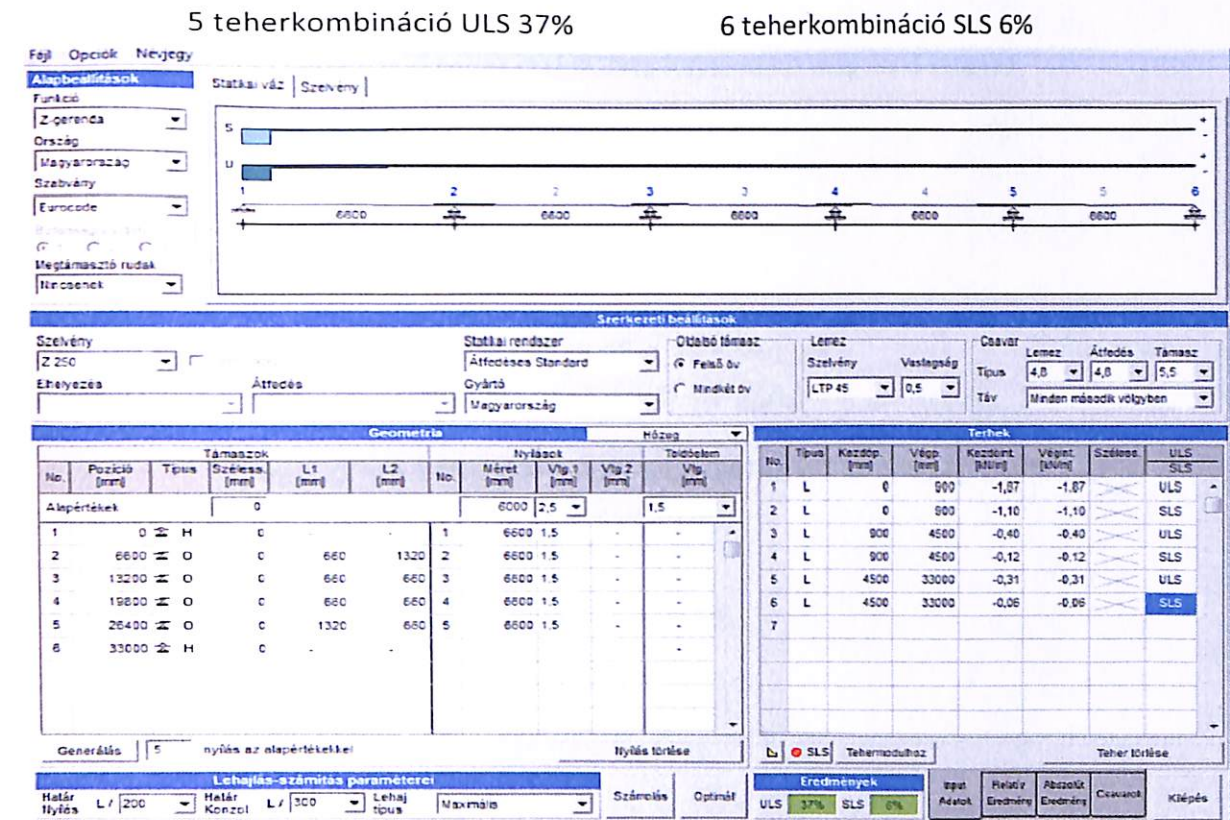
2 teherkombináció SLS 51%

1. és 2. teherkombináció eredményei Dimroof programban

3 teherkombináció ULS 15%

4 teherkombináció SLS 0%

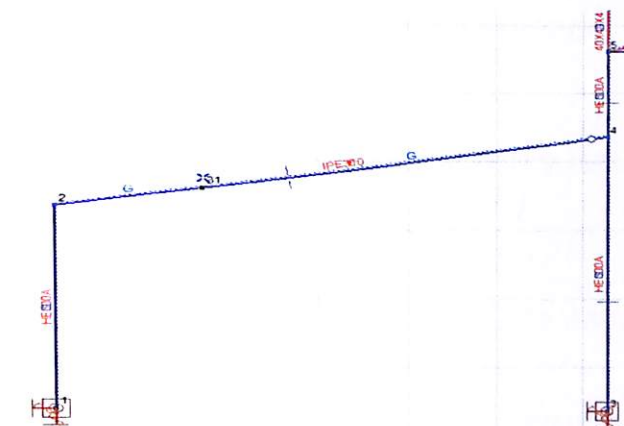
3. és 4. teherkombináció eredményei Dimroof programban



5. és 6. teherkombináció eredményei Dimroof programban

5.5. főtartó keret méretezése

5.5.1. Statikai váz (tartószerkezeti modell)



5.5.2. Anyagminőség S235

5.5.3. Keresztmetszet gerenda szelvény: IPE oszlop szelvény: HEA

5.5.4. Tehermodell

felületi megoszló teher redukálása hosszmenti megoszló teherre

5.5.4.1. Állandó teher

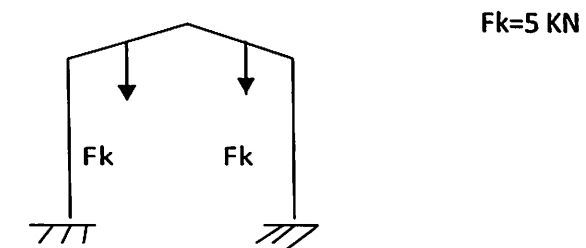
5.5.4.1.1. Keret önsúly
szelvények → AXIS

5.5.4.1.2. Burkolat önsúly ($\gamma_g^{sup}=1,35$ $\gamma_g^{inf}=1,00$)

$$p_{burkolat}^k = [t^*(g_{kTL}+g_{bTL}+g_{HSZ}+g_{SZ})]+[(t^*g_z)/t_z]$$

$$p_{burkolat}^k = [6,9*(0,068+0,068+0,12+0,014)]+[(6,9*0,0724)/1,45] = 2,21 \frac{kN}{m}$$

5.5.4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher



5.5.4.2. Hóteher ($\gamma_s=1,5$ $\psi_0=0,5$) MSZEN 1991-1-3 alapján (vetületi teher)

$$S_1 = \mu_i * c_e * c_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,45 = 1,16 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s^k = t * s^k = 6,6 * 1,16 = 7,66 \frac{kN}{m}$$

$$S_2 = \mu_i * c_e * c_t * s_k = 2,76 * 1,0 * 1,0 * 1,45 = 4,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_s^k = t * s^k = 6,6 * 4,0 = 26,4 \frac{kN}{m}$$

5.5.4.3. Szélteher ($\gamma_w=1,5$ $\psi_{0,w}=0,6$) MSZEN 1991-1-4 alapján (merőleges a széltámadta felületre)

5.5.4.3.1. Szélteher 1 KK és szélteher 2 KK (keresztirányú külső $\theta=0^\circ$) cpe,10

H zóna

szívás: $c_{pe,10,sz1}^H$

$5^\circ \rightarrow -0,6$

$15^\circ \rightarrow -0,3$

$9^\circ \rightarrow -0,48$

nyomás: $c_{pe,10,ny1}^H$

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$15^\circ \rightarrow 0,2$

$9^\circ \rightarrow 0,08$

G zóna

szívás: $c_{pe,10,sz1}^G$

$5^\circ \rightarrow -1,2$

$15^\circ \rightarrow -0,8$

nyomás: $c_{pe,10,ny1}^G$

$5^\circ \rightarrow 0,0$

$15^\circ \rightarrow 0,2$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$9^\circ \rightarrow -1,04$$

$$9^\circ \rightarrow 0,08$$

H zóna

$$p_{w,e,sz,1,0}^{H,k} = t * q_p * c_{pe,10,sz1}^H = 6,6 * 0,453 * (-0,48) = -1,44 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,2,0}^{H,k} = t * q_p * c_{pe,10,ny2}^H = 6,6 * 0,453 * 0,08 = 0,24 \frac{kN}{m}$$

G zóna

$$p_{w,e,sz,1,0}^{G,k} = t * q_p * c_{pe,10,sz1}^G = 6,6 * 0,453 * (-1,04) = -3,11 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,ny,2,0}^{G,k} = t * q_p * c_{pe,10,ny2}^G = 6,6 * 0,453 * 0,08 = 0,24 \frac{kN}{m}$$

Fal:

$$h/d = 0,75$$

$$0,25 \rightarrow 0,7$$

$$1,0 \rightarrow 0,8$$

$$0,75 \rightarrow 0,767$$

$$p_{w,e,ny,0}^{D,k} = t * q_p * c_{pe,10,ny}^D = 6,6 * 0,453 * 0,767 = 2,29 \frac{kN}{m}$$

5.5.4.3.2. Szélteher 3 HK (hosszirányú külső $\theta=90^\circ$) cpe,10

H zóna

$$\text{szívás: } c_{pe,10,sz}^H$$

$$5^\circ \rightarrow -0,7$$

$$15^\circ \rightarrow -0,6$$

$$9^\circ \rightarrow -0,66$$

I zóna

$$\text{szívás: } c_{pe,10,sz}^I$$

$$5^\circ \rightarrow -0,6$$

$$15^\circ \rightarrow -0,5$$

$$9^\circ \rightarrow -0,56$$

$$p_{w,e,sz,90}^{H,k} = t_H * q_p * c_{pe,10,sz}^H = 0,7 * 0,453 * (-0,66) = -0,21 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,sz,90}^{I,k} = t_H * q_p * c_{pe,10,sz}^I = 5,9 * 0,453 * (-0,56) = -1,50 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,sz,90}^{H+I,k} = -0,21 + (-1,50) = -1,71 \frac{kN}{m}$$

Fal:

B zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{B,k} = t * q_p * c_{pe,10,sz}^B = 5,7 * 0,453 * (-0,8) = -2,07 \frac{kN}{m}$$

C zóna

$$p_{w,e,sz,0}^{C,k} = t * q_p * c_{pe,10,sz}^C = 0,9 * 0,453 * (-0,5) = -0,2 \frac{kN}{m}$$

$$p_{w,e,sz,0}^{B+C} = -2,07 + (-0,2) = -2,27 \frac{kN}{m}$$

5.5.4.3.3. Szélteher 4 BNY (belső nyomás) $c_{pi} +0,2$

$$p_{w,i}^{ny,k} = 6,6 * 0,453 * 0,2 = 0,6 \frac{kN}{m}$$

5.5.4.3.4. Szélteher 5 BSZ (belső szívás) $c_{pi} -0,3$

$$p_{w,i}^{sz,k} = 6,6 * 0,453 * (-0,3) = -0,897 \frac{kN}{m}$$

5.5.5. Teherkombinációk

1_SLS (használhatósági határállapot) **önsúly+burkolat+gépészet**

$$p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k$$

2_ULS (teherbírási határállapot) **önsúly+burkolat+gépészet**

$$1,35 * p_g^k + 1,35 * p_{burkolat}^k + 1,35 * p_{gépészet}^k$$

3_SLS (használhatósági határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó**

$$p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k$$

4_ULS (teherbírási határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó**

$$1,35 * (p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + 1,5 * p_s^k$$

5_SLS (használhatósági határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó+szél2KK**

$$p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + (\psi_{0,w} * p_{w,ny,e}^k)$$

6_ULS (teherbírási határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó+szél2KK**

$$1,35 * (p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + 1,5 * p_s^k + 1,5 * 0,6 p_{w,ny,e}^k$$

7_SLS (használhatósági határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó+szél2KK+szél5BSZ**

$$p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k + p_s^k + (\psi_{0,w} * p_{w,ny,e}^k + p_{w,sz,i}^k)$$

8_ULS (teherbírási határállapot) **(önsúly+burkolat+gépészet)+totális hó+szél2KK+szél5BSZ**

$$1,35 * (p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{gépészet}^k) + 1,5 * p_s^k + 1,5 * 0,6 (p_{w,ny,e}^k + p_{w,i,sz,k}^k)$$

9_SLS (használhatósági határállapot) **(önsúly+burkolat)+szél1KK**

$$1,00 * (p_g^k + p_{burkolat}^k) + 1,5 * p_{w,sz,e}^k$$

10_ULS (teherbírási határállapot) **(önsúly+burkolat)+szél1KK**

$$p_g^k + p_{burkolat}^k + p_{w,sz,e}^k + p_{w,ny,i}^k$$

11_SLS (használhatósági határállapot) **(önsúly+burkolat)+szél1KK+szél4BNY**

$$1,00 * (p_g^k + p_{burkolat}^k) + 1,5 * (p_{w,sz,e}^k + p_{w,ny,i}^k)$$

12_ULS (teherbírási határállapot) **(önsúly+burkolat)+szél1KK+szél4BNY**

$$1,00 * (p_g^k + p_{burkolat}^k) + 1,5 * (p_{w,sz,e}^k + p_{w,ny,i}^k)$$

5.6. Keresztmetszetek méretezése

$$e_x(\max) = 4,099 < H/150 = 26,67$$

$$e_z(\max) = 17,79 < L/300 = 20$$

Mértékadó igénybevételek az 1.oszlopban:

$$N_{ed} = 245,02 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 23,37 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 29,22 \text{ kNm}$$

2.oszlopban:

$$N_{ed} = 91,17 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 36,15 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 73,24 \text{ kNm}$$

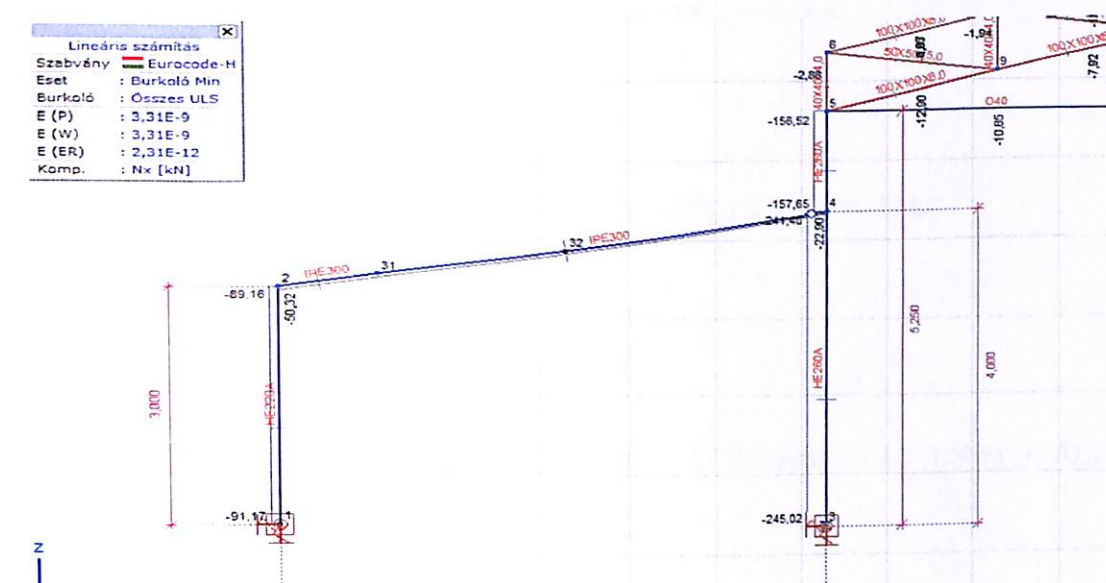
Mértékadó igénybevételek a gerendán:

$$N_{ed} = 50,32 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 88,73 \text{ kN}$$

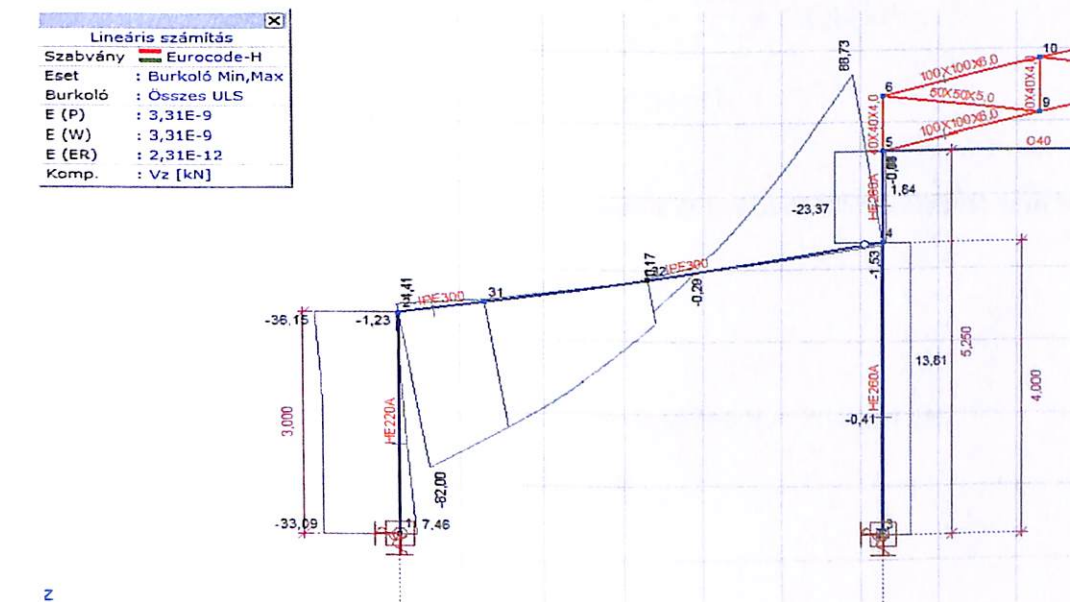
$$M_{ed} = 101,78 \text{ kNm}$$

Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	Burkoló Min
Burkoló	Összes ULS
E (P)	3,31E-9
E (W)	3,31E-9
E (ER)	2,31E-12
Komp.	Nx [kN]

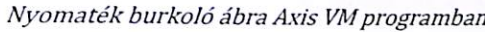


Normál erő burkoló ábra Axis VM programban

Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	Burkoló Min,Max
Burkoló	Összes ULS
E (P)	3,31E-9
E (W)	3,31E-9
E (ER)	2,31E-12
Komp.	Vz [kN]



Nyíró erő burkoló ábra Axis VM programban



5.6.1. IPE 300 ellenőrzése

5.6.1.1 Gerenda ellenőrzése nyomásra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$N_{pl,Rd} = N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5382 \cdot 235}{1} = 1264770 \text{ N} = 1264,77 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{51,42}{1264,77} = 0,4 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.6.1.2. Gerenda ellenőrzése hajlításra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$M_{pl,Rd} = M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628500 \cdot 235}{1} = 147697500 \text{ Nmm} = 147,7 \text{ kNm} > 101,78 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{101,35}{147,7} = 0,69 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.6.1.3. Gerenda ellenőrzése nyírásra

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{2568 * 235}{\sqrt{3} * 1} = 348,42 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{88,55}{348,42} = 0,25 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{88,55}{348,42} = 0,25 < 0,5 \rightarrow \text{a nyomaték és nyíróerő kölcsönhatását nem kell vizsgálni}$$

5.6.2. HEA 260 oszlop ellenőrzése

5.6.2.1 Oszlop ellenőrzése nyomásra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$N_{pl,Rd} = N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8684 \cdot 235}{1} = 2040740 \text{ N} = 2040,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{245,01}{2040,74} = 0,12 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.6.2.2. Oszlop ellenőrzése hajlításra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$M_{pl,Rd} = M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{920000 \cdot 235}{1} = 216200000 \text{ Nmm} = 216,2 \text{ kNm} > 24,0 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{29,25}{216,2} = 0,14 < 1 \text{ Megfelel}$$

5.6.2.3. Oszlop ellenőrzése nyírásra

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2876 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 390,21 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{23,39}{390,21} = 0,059 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{23,39}{390,21} = 0,059 < 0,5 \rightarrow \text{a nyomaték és nyíróerő kölcsönhatását nem kell vizsgálni}$$

5.6.3. HEA 220 oszlop ellenőrzése

5.6.3.1. Oszlop ellenőrzése nyomásra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$N_{pl,Rd} = N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6435 \cdot 235}{1} = 1512225 \text{ N} = 1512,225 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{91,17}{1512,225} = 0,06 < 1 \text{ Megfelel}$$

5.6.3.2. Oszlop ellenőrzése hajlításra:

1. keresztmetszeti osztály esetén

$$M_{pl,Rd} = M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{568600 \cdot 235}{1} = 133621000 \text{ Nmm} = 133,621 \text{ kNm} > 73,24 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{73,26}{133,621} = 0,548 < 1 \text{ Megfelel}$$

5.6.3.3. Oszlop ellenőrzése nyírásra

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2070 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1} = 280,85 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{36,18}{280,85} = 0,128 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{36,18}{280,85} = 0,128 < 0,5 \rightarrow \text{a nyomaték és nyíróerő kölcsönhatását nem kell vizsgálni}$$

5.7. Főtartó keret, oszlop stabilitásvizsgálata

5.7.1. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y) 1. oszlop

	1.km. osztály	
S235 ->	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$	$\lambda_E = 93,90$
	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$	

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

HEA 260

$$A_x = 8684 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 10457,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 920 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_y = 2876 \text{ mm}^2$$

$$I_z = 3667,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot c - 0,017 \cdot c^2} = v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot 1,429 - 0,017 \cdot 1,429^2} = 1,21$$

$$c = \frac{10 \cdot L}{l_g \cdot h} = \frac{104574000 \cdot 6000}{83577000 \cdot 5250} = 1,429$$

$$\alpha = \frac{10 \cdot 4}{12 \cdot a} = \frac{104574000 \cdot 4}{6000^2 \cdot 8684} = 0,0013 < 0,2$$

$$\lambda_y = \frac{v_y \cdot l}{i_y} = \frac{1,21 \cdot 5250}{110} = 57,75$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{57,75}{93,9} = 0,615 \rightarrow \text{"b" görbe, } \chi_y = 0,829$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,829 \cdot 8684 \cdot 235}{1} = 1691,77 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 0,14 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed} = 245,02 \text{ kN}$$

5.7.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában (χ_y) 2. oszlop

1.km. osztály

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

$$\lambda_E = 93,90$$

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

HEA 220

$$A_x = 6435 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5410,7 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 568,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_y = 2070 \text{ mm}^2$$

$$I_z = 1954,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot c - 0,017 \cdot c^2} = v_y = \sqrt{1 + 0,35 \cdot 1,294 - 0,017 \cdot 1,294^2} = 1,193$$

$$c = \frac{10 \cdot L}{l_g \cdot h} = \frac{54107000 \cdot 6000}{83577000 \cdot 3000} = 1,294$$

$$\lambda_y = \frac{v_y \cdot l}{i_y} = \frac{1,193 \cdot 3000}{92} = 38,9$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{38,9}{93,9} = 0,414 \rightarrow \text{"b" görbe, } \chi_y = 0,952$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,952 \cdot 6435 \cdot 235}{1} = 1439,64 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 0,0633 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed} = 91,17 \text{ kN}$$

5.7.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (χ_z) 1. oszlop

$$v_z = 1,0$$

$$\lambda_z = \frac{v_z \cdot l}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 1250}{65} = 19,23$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$$\lambda^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{19,23}{93,9} = 0,205 \rightarrow \text{"c" görbe, } \chi_z=0,997$$

$$N_{b,Rdz} = X * A * f_y$$

$$N_{b,Rdz} = 0,997 * 8684 * 235 = 2034,61 \text{ kN megfelel}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = 0,12 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed}=242,49 \text{ kN}$$

5.7.4. Kihajlásvizsgálat a keret síkjára merőlegesen (Xz)2. oszlop

$$v_z = 1,0$$

$$\lambda_z = \frac{v_z \cdot l}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 1250}{55} = 22,72$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{22,72}{93,9} = 0,24 \rightarrow \text{"c" görbe, } \chi_z=0,979$$

$$N_{b,Rdz} = X * A * f_y$$

$$N_{b,Rdz} = 0,979 * 6435 * 235 = 1480,47 \text{ kN megfelel}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = 0,06 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed}=91,17 \text{ kN}$$

5.7.5. Kihajlásvizsgálat a keret síkjában (Xy)gerenda

$$v_y = 1,0$$

$$\lambda_y = \frac{v_y \cdot l}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 6000}{125} = 48,0$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{48,0}{93,9} = 0,511 \rightarrow \text{"b" görbe, } \chi_y=0,879$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,879 \cdot 5382 \cdot 235}{1} = 1111,73 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 0,045 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed}=50,32 \text{ kN}$$

5.7.6. Kihajlásvizsgálat a keret síkjára merőlegesen (Xz)gerenda

$$v_z = 1,0$$

$$\lambda_z = \frac{v_z \cdot l}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 1400}{33} = 42,42$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{42,42}{93,9} = 0,452 \rightarrow \text{"c" görbe, } \chi_z=0,869$$

$$N_{b,Rdz} = X * A * f_y$$

$$N_{b,Rdz} = 0,869 * 5382 * 235 = 1099,08 \text{ kN megfelel}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = 0,046 < 1 \text{ Megfelelt!}$$

$$N_{Ed}=50,32 \text{ kN}$$

5.8. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen (övmerevség vizsgálat)

5.8.1 HEA 260 oszlopnál

$$A_{fz} = b_f \cdot t_f + \frac{h_w}{6} \cdot t_w = 260 \cdot 13 + \frac{250}{6} \cdot 8 = 3713,33 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f \cdot \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} \cdot \frac{t_w^3}{12} = 13 \cdot \frac{260^3}{12} + \frac{250}{6} \cdot \frac{8^3}{12} = 19042444 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{19042444}{3713,33}} = 71,61 \text{ mm}$$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,82 \cdot 1250}{71,61 \cdot 93,90} = 0,15 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 \cdot \frac{216,2}{31,98} = 3,38$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,82 \cdot 1250}{71,61 \cdot 93,90} = 0,15 \rightarrow \chi = 1,0$$

$$M_{crd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{920 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 216,2 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = \chi \cdot k_{fl} \cdot M_{c,Rd} = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 216,2 = 237,82 \text{ kNm} \leq M_{c,Rd}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{29,25}{180,98} = 0,16 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.8.2. HEA 220 oszlopnál

$$A_{fz} = b_f \cdot t_f + \frac{h_w}{6} \cdot t_w = 220 \cdot 11 + \frac{210}{6} \cdot 7 = 2555 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f \cdot \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} \cdot \frac{t_w^3}{12} = 11 \cdot \frac{220^3}{12} + \frac{210}{6} \cdot \frac{7^3}{12} = 888344,75 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{888344,75}{2555}} = 18,65 \text{ mm}$$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,83 \cdot 1700}{18,65 \cdot 93,90} = 0,81 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 \cdot \frac{133,62}{73,24} = 0,91$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,83 \cdot 1700}{18,65 \cdot 93,90} = 0,81 \rightarrow \chi = 0,655$$

$$M_{crd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{568,6 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 133,62 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = \chi \cdot k_{fl} \cdot M_{c,Rd} = 0,655 \cdot 1,1 \cdot 133,62 = 96,27 \text{ kNm} \leq M_{c,Rd}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{73,24}{96,27} = 0,76 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.8.3. IPE 300 gerendánál

$$A_{fz} = b_f \cdot t_f + \frac{h_w}{6} \cdot t_w = 150 \cdot 11 + \frac{300}{6} \cdot 7 = 2000 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f \cdot \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} \cdot \frac{t_w^3}{12} = 11 \cdot \frac{150^3}{12} + \frac{300}{6} \cdot \frac{7^3}{12} = 3095179,17 \text{ mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{3095179,17}{2000}} = 39,33 \text{ mm}$$

Kifordulás vizsgálat nélküli megfelelés feltétele

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,91 \cdot 1400}{39,33 \cdot 93,90} = 0,3449 < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} = 0,5 \cdot \frac{147,69}{101,78} = 0,725$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_E} = \frac{0,91 \cdot 1400}{39,33 \cdot 93,90} = 0,3449 \rightarrow \chi = 0,925$$

$$M_{crd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628,5 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 147,69 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = \chi \cdot k_{fl} \cdot M_{c,Rd} = 0,925 \cdot 1,1 \cdot 147,67 = 150,25 \text{ kNm} \leq M_{c,Rd}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{101,78}{150,25} = 0,677 < 1 \quad \text{Megfelel}$$

5.9. Kihajlás és kifordulás interakciója

5.9.1. HEA 220 oszlopnál

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} \cdot [1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}] = 0,9 \cdot [1 + (0,414 - 0,2) \cdot \frac{91,17 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,952 \cdot 6435 \cdot 235}] = 0,912 \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}) = 0,9 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{91,17 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,952 \cdot 6435 \cdot 235}) = 0,945 \end{cases}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,912 = 0,5472$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{91,17}{1439,64} + 0,912 \cdot \frac{73,24}{96,27} = 0,76 \leq 1,0$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{91,17}{1480,47} + 0,5472 \cdot \frac{73,24}{96,27} = 0,48 \leq 1,0$$

5.9.2. HEA260 oszlopnál

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} \cdot [1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}] = 0,9 \cdot [1 + (0,615 - 0,2) \cdot \frac{245,02 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,89 \cdot 8684 \cdot 235}] = 0,95 \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}) = 0,9 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{245,02 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{0,89 \cdot 8684 \cdot 235}) = 0,997 \end{cases}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{245,02}{1691,77} + 0,95 \cdot \frac{29,25}{180,98} = 0,298 \leq 1,0$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{245,02}{2034,61} + 0,57 \cdot \frac{29,25}{180,98} = 0,212 \leq 1,0$$

5.9.3. IPE 300 gerendánál

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} * [1 + (\lambda_y - 0,2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}] = 0,9 * [1 + (0,511 - 0,2) * \frac{50,32 * 10^3 * 1,0}{0,879 * 5382 * 235}] = 0,912 \\ c_{my} * (1 + 0,8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}) = 0,9 * (1 + 0,8 * \frac{50,32 * 10^3 * 1,0}{0,879 * 5382 * 235}) = 0,932 \end{cases}$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,912 = 0,547$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{50,32}{1111,73} + 0,912 * \frac{101,78}{150,25} = 0,663 \leq 1,0$$

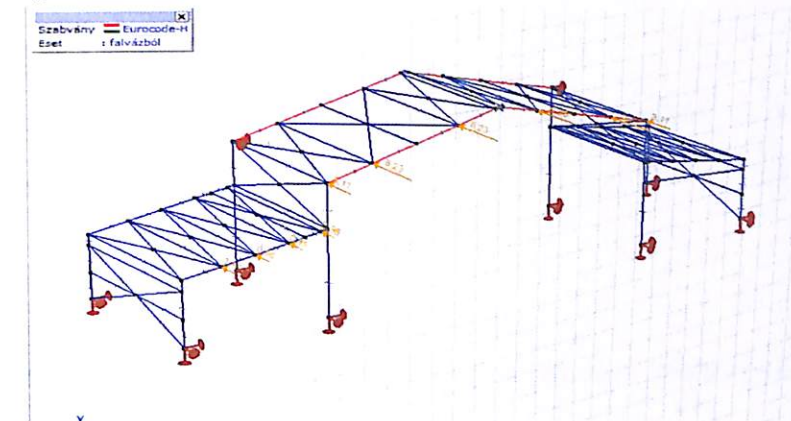
$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{50,32}{1099,08} + 0,547 * \frac{101,78}{150,25} = 0,416 \leq 1,0$$

6. Szélrács méretezése

6.1 Terhek meghatározása:

Falvázartóról jutó erő: 6,23 kN

Oldalfalról jutó erő: 0,98 kN



Szélrács modellje és terhei Axis VM programban

6.2. Központosan húzott rúd tervezése

Feltételezett rúd átmérő O14-os

$$N_{Ed} = 8,08 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{154 * 235}{1} = 36,19 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{8,08}{36,19} = 0,22 \leq 1,0 \quad \text{Megfelel}$$

6.3 Központosan nyomott összekötő elem tervezés

$$N_{Ed} = 8,09 \text{ kN}$$

Tiszta nyomás HEA 120

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2534 * 235}{1} = 595,49 \text{ kN} > 8,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{PL,Rd}} = \frac{8,09}{595,49} = 0,014 \leq 1,0 \quad \text{Megfelel}$$

7.1. 1. csomópont



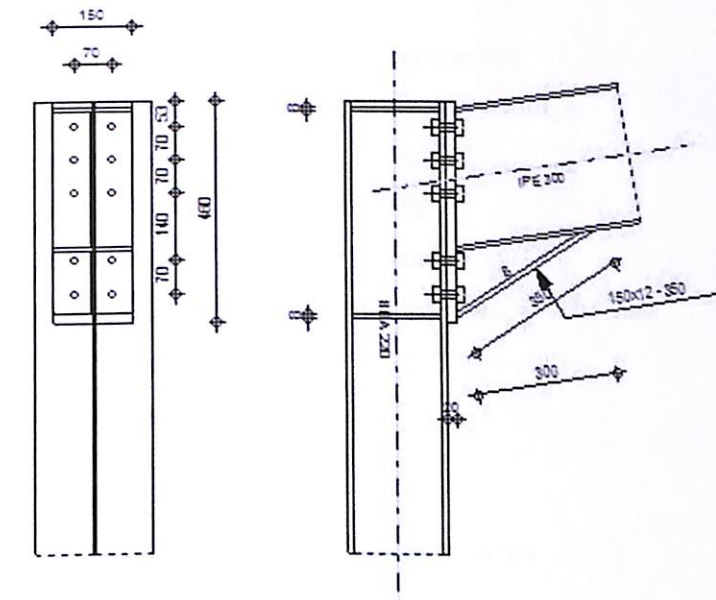
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015

Design of fixed beam-to-column connection

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Ratio
0,68



GENERAL

Connection no.: 1

Connection name: Frame knee

GEOMETRY

COLUMN

Section: HEA 220

$\alpha =$	-90,0 [Deg]	Inclination angle
$h_c =$	210 [mm]	Height of column section
$b_{fc} =$	220 [mm]	Width of column section
$t_{wc} =$	7 [mm]	Thickness of the web of column section
$t_{fc} =$	11 [mm]	Thickness of the flange of column section
$r_c =$	18 [mm]	Radius of column section fillet
$A_c =$	6430 [mm ²]	Cross-sectional area of a column
$I_{xc} =$	54100000 [mm ⁴]	Moment of inertia of the column section
Material:	STEEL	

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$f_{yc} = 235,00$ [MPa] Resistance

BEAM

Section: IPE 300

$\alpha = 9,0$ [Deg] Inclination angle
 $h_b = 300$ [mm] Height of beam section
 $b_f = 150$ [mm] Width of beam section
 $t_{wb} = 7$ [mm] Thickness of the web of beam section
 $t_{fb} = 11$ [mm] Thickness of the flange of beam section
 $r_b = 15$ [mm] Radius of beam section fillet
 $r_b = 15$ [mm] Radius of beam section fillet
 $A_b = 5380$ [mm²] Cross-sectional area of a beam
 $I_{xb} = 83560000$ [mm⁴] Moment of inertia of the beam section

Material: STEEL

$f_{yb} = 235,00$ [MPa] Resistance

BOLTS

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d = 16$ [mm] Bolt diameter
Class = 10.9 Bolt class
 $F_{tRd} = 113,04$ [kN] Tensile resistance of a bolt
 $n_h = 2$ Number of bolt columns
 $n_v = 5$ Number of bolt rows
 $h_1 = 53$ [mm] Distance between first bolt and upper edge of front plate
Horizontal spacing $e_1 = 70$ [mm]
Vertical spacing $p_1 = 70; 70; 140; 70$ [mm]

PLATE

$h_p = 460$ [mm] Plate height
 $b_p = 150$ [mm] Plate width
 $t_p = 20$ [mm] Plate thickness
Material: STEEL 43-245
 $f_{yp} = 245,00$ [MPa] Resistance

LOWER STIFFENER

$w_d = 150$ [mm] Plate width
 $t_{fd} = 12$ [mm] Flange thickness

LOWER STIFFENER

$w_d =$	150	[mm]	Plate width
$h_d =$	140	[mm]	Plate height
$t_{wd} =$	8	[mm]	Web thickness
$l_d =$	300	[mm]	Plate length
$\alpha =$	32,2	[Deg]	Inclination angle
Material:	STEEL		
$f_{ybu} =$	235,00	[MPa]	Resistance

COLUMN STIFFENER

Upper

$h_{su} =$	188	[mm]	Stiffener height
$b_{su} =$	107	[mm]	Stiffener width
$t_{hu} =$	8	[mm]	Stiffener thickness
Material:	STEEL		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistance

Lower

$h_{sd} =$	188	[mm]	Stiffener height
$b_{sd} =$	107	[mm]	Stiffener width
$t_{hd} =$	8	[mm]	Stiffener thickness
Material:	STEEL		
$f_{ysu} =$	235,00	[MPa]	Resistance

FILLET WELDS

$a_w =$	5	[mm]	Web weld
$a_f =$	8	[mm]	Flange weld
$a_s =$	5	[mm]	Stiffener weld
$a_{fd} =$	5	[mm]	Horizontal weld

MATERIAL FACTORS

$\gamma_{M0} =$	1,00	Partial safety factor	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Partial safety factor	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Partial safety factor	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Partial safety factor	[2.2]

LOADS

Ultimate limit state

Case: Manual calculations.

$M_{b1,Ed}$	=	73,24	[kN*m]	Bending moment in the right beam
$V_{b1,Ed}$	=	82,00	[kN]	Shear force in the right beam
$N_{b1,Ed}$	=	50,36	[kN]	Axial force in the right beam
$M_{c1,Ed}$	=	73,24	[kN*m]	Bending moment in the lower column
$V_{c1,Ed}$	=	36,15	[kN]	Shear force in the lower column
$N_{c1,Ed}$	=	89,16	[kN]	Axial force in the lower column

RESULTS

BEAM RESISTANCES

TENSION

A_b	=	5380	[mm ²]	Area	EN1993-1-1:[6.2.3]
$N_{tb,Rd}$	=	$A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$			
$N_{tb,Rd}$	=	1425,70	[kN]	Design tensile resistance of the section	EN1993-1-1:[6.2.3]

SHEAR

A_{vb}	=	3687	[mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd}$	=	$A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$			
$V_{cb,Rd}$	=	564,10	[kN]	Design sectional resistance for shear	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$				0,15 < 1,00	verified (0,15)

BENDING - PLASTIC MOMENT (WITHOUT BRACKETS)

W_{plb}	=	628000	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd}$	=	$W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$			
$M_{b,pl,Rd}$	=	166,42	[kN*m]	Plastic resistance of the section for bending (without stiffeners)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

BENDING ON THE CONTACT SURFACE WITH PLATE OR CONNECTED ELEMENT

W_{pl}	=	1111964	[mm ³]	Plastic section modulus	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd}$	=	$W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$			
$M_{cb,Rd}$	=	294,67	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]

FLANGE AND WEB - COMPRESSION

$M_{cb,Rd}$	=	294,67	[kN*m]	Design resistance of the section for bending	EN1993-1-1:[6.2.5]
h_f	=	431	[mm]	Distance between the centroids of flanges	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd}$	=	$M_{cb,Rd} / h_f$			
$F_{c,fb,Rd}$	=	683,33	[kN]	Resistance of the compressed flange and web	[6.2.6.7.(1)]

WEB OR BRACKET FLANGE - COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Bearing:

$\beta =$	9,0 [Deg]	Angle between the front plate and the beam	
$\gamma =$	32,2 [Deg]	Inclination angle of the bracket plate	
$b_{eff,c,wb} =$	182 [mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vb} =$	2567 [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega =$	0,87	Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} =$	99,59 [MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} =$	1,00	Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$F_{c,wb,Rd1} = [\omega k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M0}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$			
$F_{c,wb,Rd1} =$	635,17 [kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wb} =$	249 [mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p =$	1,00	Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho =$	0,80	Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$F_{c,wb,Rd2} = [\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{M1}] \cos(\gamma) / \sin(\gamma - \beta)$			
$F_{c,wb,Rd2} =$	507,15 [kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Resistance of the bracket flange

$F_{c,wb,Rd3} = b_b t_b f_{yb} / (0.8 \gamma_{M0})$			
$F_{c,wb,Rd3} =$	596,25 [kN]	Resistance of the bracket flange	[6.2.6.7.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wb,Rd1}, F_{c,wb,Rd2}, F_{c,wb,Rd3})$			
$F_{c,wb,Rd,low} =$	507,15 [kN]	Beam web resistance	[6.2.6.2.(1)]

COLUMN RESISTANCES

WEB PANEL - SHEAR

$M_{b1,Ed} =$	73,24 [kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed} =$	0,00 [kN*m]	Bending moment (left beam)	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed} =$	36,15 [kN]	Shear force (lower column)	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed} =$	0,00 [kN]	Shear force (upper column)	[5.3.(3)]
$z =$	359 [mm]	Lever arm	[6.2.5]
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$			
$V_{wp,Ed} =$	185,97 [kN]	Shear force acting on the web panel	[5.3.(3)]
$A_{vs} =$	2063 [mm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$A_{vc} =$	2063 [mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$d_s =$	432 [mm]	Distance between the centroids of stiffeners	[6.2.6.1.(4)]

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$A_{vs} = 2063$	[mm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$M_{pl,fc,Rd} = 1,76$	[kN*m]	Plastic resistance of the column flange for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,stu,Rd} = 0,93$	[kN*m]	Plastic resistance of the upper transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$M_{pl,sl,Rd} = 0,93$	[kN*m]	Plastic resistance of the lower transverse stiffener for bending	[6.2.6.1.(4)]
$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} \cdot f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sl,Rd}) / d_s)$			
$V_{wp,Rd} = 296,55$	[kN]	Resistance of the column web panel for shear	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$	$0,63 < 1,00$	verified	(0,63)

WEB - TRANSVERSE COMPRESSION - LEVEL OF THE BEAM BOTTOM FLANGE

Bearing:

$t_{wc} = 7$	[mm]	Effective thickness of the column web	[6.2.6.2.(6)]
$b_{eff,c,wc} = 222$	[mm]	Effective width of the web for compression	[6.2.6.2.(1)]
$A_{vc} = 2063$	[mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$\omega = 0,76$		Reduction factor for interaction with shear	[6.2.6.2.(1)]
$\sigma_{com,Ed} = 89,02$	[MPa]	Maximum compressive stress in web	[6.2.6.2.(2)]
$k_{wc} = 1,00$		Reduction factor conditioned by compressive stresses	[6.2.6.2.(2)]
$A_s = 1704$	[mm ²]	Area of the web stiffener	EN1993-1-1:[6.2.4]
$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$			
$F_{c,wc,Rd1} = 763,81$	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Buckling:

$d_{wc} = 152$	[mm]	Height of compressed web	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_p = 0,88$		Plate slenderness of an element	[6.2.6.2.(1)]
$\rho = 0,88$		Reduction factor for element buckling	[6.2.6.2.(1)]
$\lambda_s = 2,36$		Stiffener slenderness	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$\chi_s = 1,00$		Buckling coefficient of the stiffener	EN1993-1-1:[6.3.1.2]
$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$			
$F_{c,wc,Rd2} = 725,97$	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

Final resistance:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$			
$F_{c,wc,Rd} = 725,97$	[kN]	Column web resistance	[6.2.6.2.(1)]

GEOMETRICAL PARAMETERS OF A CONNECTION

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - COLUMN FLANGE

Nr	m	m_x	e	e_x	p	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,1}$	$l_{eff,2}$	$l_{eff,cp,g}$	$l_{eff,nc,g}$	$l_{eff,1,g}$	$l_{eff,2,g}$
1	17	-	75	-	70	107	163	107	163	124	117	117	117
2	17	-	75	-	70	107	162	107	162	140	70	70	70

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
3	17	–	75	–	105	107	162	107	162	210	105	105	105
4	17	–	75	–	105	107	162	107	162	210	105	105	105
5	17	–	75	–	70	107	158	107	158	124	112	112	112

EFFECTIVE LENGTHS AND PARAMETERS - FRONT PLATE

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	26	–	40	–	70	162	178	162	178	151	136	136	136
2	26	–	40	–	70	162	153	153	153	140	70	70	70
3	26	–	40	–	105	162	153	153	153	210	105	105	105
4	26	–	40	–	105	162	153	153	153	210	105	105	105
5	26	–	40	–	70	162	153	153	153	151	112	112	112

m – Bolt distance from the web

m_x – Bolt distance from the beam flange

e – Bolt distance from the outer edge

e_x – Bolt distance from the horizontal outer edge

p – Distance between bolts

l_{eff,cp} – Effective length for a single bolt in the circular failure mode

l_{eff,nc} – Effective length for a single bolt in the non-circular failure mode

l_{eff,1} – Effective length for a single bolt for mode 1

l_{eff,2} – Effective length for a single bolt for mode 2

l_{eff,cp,g} – Effective length for a group of bolts in the circular failure mode

l_{eff,nc,g} – Effective length for a group of bolts in the non-circular failure mode

l_{eff,1,g} – Effective length for a group of bolts for mode 1

l_{eff,2,g} – Effective length for a group of bolts for mode 2

CONNECTION RESISTANCE FOR TENSION

F_{t,Rd} = 113,04 [kN] Bolt resistance for tension [Table 3.4]

B_{p,Rd} = 171,18 [kN] Punching shear resistance of a bolt [Table 3.4]

N_{j,Rd} = Min (N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})

N_{j,Rd} = 1130,40 [kN] Connection resistance for tension [6.2]

N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} ≤ 1,0 0,04 < 1,00 verified (0,04)

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING

F_{t,Rd} = 113,04 [kN] Bolt resistance for tension [Table 3.4]

B_{p,Rd} = 171,18 [kN] Punching shear resistance of a bolt [Table 3.4]

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

- $F_{t,fc,Rd}$ – column flange resistance due to bending
 $F_{t,wc,Rd}$ – column web resistance due to tension
 $F_{t,ep,Rd}$ – resistance of the front plate due to bending
 $F_{t,wb,Rd}$ – resistance of the web in tension
 $F_{t,fc,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,fc,Rd} , F_{T,2,fc,Rd} , F_{T,3,fc,Rd})$ [6.2.6.4] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{yc} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.3.(1)]
 $F_{t,ep,Rd} = \text{Min} (F_{T,1,ep,Rd} , F_{T,2,ep,Rd} , F_{T,3,ep,Rd})$ [6.2.6.5] , [Tab.6.2]
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{yb} / \gamma_{M0}$ [6.2.6.8.(1)]

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t1,Rd,comp}$	Component
$F_{t1,Rd} = \text{Min} (F_{t1,Rd,comp})$	184 , 04	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(1)} = 193,40$	193 , 40	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(1)} = 184,04$	184 , 04	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(1)} = 226,08$	226 , 08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(1)} = 304,92$	304 , 92	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 342,37$	342 , 37	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta = 296,55$	296 , 55	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} = 725,97$	725 , 97	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} = 683,33$	683 , 33	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} = 507,15$	507 , 15	Beam web - compression

RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t2,Rd,comp}$	Component
$F_{t2,Rd} = \text{Min} (F_{t2,Rd,comp})$	96 , 64	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(2)} = 193,17$	193 , 17	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(2)} = 184,04$	184 , 04	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(2)} = 226,08$	226 , 08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(2)} = 288,19$	288 , 19	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 342,37$	342 , 37	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 296,55 - 184,04$	112 , 51	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 725,97 - 184,04$	541 , 93	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 683,33 - 184,04$	499 , 29	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 507,15 - 184,04$	323 , 11	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(2 + 1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 328,97 - 184,04$	144 , 93	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(2 + 1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 280,68 - 184,04$	96 , 64	Column web - tension - group

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

F_{t2,Rd,comp} - Formula	F_{t2,Rd,comp}	Component
$F_{t,ep,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 425,51 - 184,04$	241,47	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(2+1)} - \sum_1^1 F_{ij,Rd} = 388,43 - 184,04$	204,39	Beam web - tension - group
RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 3		
F_{t3,Rd,comp} - Formula	F_{t3,Rd,comp}	Component
$F_{t3,Rd} = \text{Min} (F_{t3,Rd,comp})$	15,88	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(3)} = 193,17$	193,17	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(3)} = 184,04$	184,04	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(3)} = 226,08$	226,08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(3)} = 288,19$	288,19	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 342,37$	342,37	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ij,Rd} = 296,55 - 280,68$	15,88	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{ij,Rd} = 725,97 - 280,68$	445,30	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{ij,Rd} = 683,33 - 280,68$	402,65	Beam flange - compression
$F_{c,wb,Rd} - \sum_1^2 F_{ij,Rd} = 507,15 - 280,68$	226,47	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 324,12 - 96,64$	227,49	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 268,81 - 96,64$	172,17	Column web - tension - group
$F_{t,fc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 498,32 - 280,68$	217,64	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 358,82 - 280,68$	78,15	Column web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 398,96 - 96,64$	302,32	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ij,Rd} = 329,26 - 96,64$	232,63	Beam web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 639,76 - 280,68$	359,08	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(3+2+1)} - \sum_2^1 F_{ij,Rd} = 585,98 - 280,68$	305,31	Beam web - tension - group
RESISTANCE OF THE BOLT ROW NO. 4		
F_{t4,Rd,comp} - Formula	F_{t4,Rd,comp}	Component
$F_{t4,Rd} = \text{Min} (F_{t4,Rd,comp})$	0,00	Bolt row resistance
$F_{t,fc,Rd(4)} = 193,17$	193,17	Column flange - tension
$F_{t,wc,Rd(4)} = 184,04$	184,04	Column web - tension
$F_{t,ep,Rd(4)} = 226,08$	226,08	Front plate - tension
$F_{t,wb,Rd(4)} = 288,19$	288,19	Beam web - tension
$B_{p,Rd} = 342,37$	342,37	Bolts due to shear punching
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 296,55 - 296,55$	0,00	Web panel - shear
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 725,97 - 296,55$	429,42	Column web - compression
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^3 F_{ij,Rd} = 683,33 - 296,55$	386,77	Beam flange - compression

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$F_{t4,Rd,comp}$ - Formula	$F_{t4,Rd,comp}$	Component
$F_{c,wb,Rd} - \sum 1^3 F_{ij,Rd} = 507,15 - 296,55$	210,59	Beam web - compression
$F_{t,fc,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 338,71 - 15,88$	322,83	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 302,34 - 15,88$	286,47	Column web - tension - group
$F_{t,fc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{ij,Rd} = 493,48 - 112,51$	380,96	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{ij,Rd} = 352,31 - 112,51$	239,80	Column web - tension - group
$F_{t,fc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{ij,Rd} = 667,67 - 296,55$	371,12	Column flange - tension - group
$F_{t,wc,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{ij,Rd} = 401,71 - 296,55$	105,15	Column web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 428,51 - 15,88$	412,63	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(4+3)} - \sum 3^3 F_{ij,Rd} = 395,12 - 15,88$	379,24	Beam web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{ij,Rd} = 613,21 - 112,51$	500,70	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(4+3+2)} - \sum 3^2 F_{ij,Rd} = 526,82 - 112,51$	414,31	Beam web - tension - group
$F_{t,ep,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{ij,Rd} = 854,01 - 296,55$	557,46	Front plate - tension - group
$F_{t,wb,Rd(4+3+2+1)} - \sum 3^1 F_{ij,Rd} = 783,54 - 296,55$	486,99	Beam web - tension - group

The remaining bolts are inactive (they do not carry loads) because resistance of one of the connection components has been used up or these bolts are positioned below the center of rotation.

SUMMARY TABLE OF FORCES

Nr	h_j	$F_{ij,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1 394		184,04	193,40	184,04	226,08	304,92	226,08	342,37
2 324		96,64	193,17	184,04	226,08	288,19	226,08	342,37
3 254		15,88	193,17	184,04	226,08	288,19	226,08	342,37
4 114		–	193,17	184,04	226,08	288,19	226,08	342,37
5 44		–	191,50	184,04	226,08	288,19	226,08	342,37

CONNECTION RESISTANCE FOR BENDING $M_{j,Rd}$

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{ij,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 107,84 \text{ [kN*m]} \quad \text{Connection resistance for bending} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,68 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,68)$$

CONNECTION RESISTANCE FOR SHEAR

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{Coefficient for calculation of } F_{v,Rd} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$\beta_{Lf} = 0,97 \quad \text{Reduction factor for long connections} \quad [3.8]$$

$$F_{v,Rd} = 93,19 \text{ [kN]} \quad \text{Shear resistance of a single bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{t,Rd,max} = 113,04 \text{ [kN]} \quad \text{Tensile resistance of a single bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{b,Rd,int} = 151,36 \text{ [kN]} \quad \text{Bearing resistance of an intermediate bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

$$F_{b,Rd,ext} = 151,36 \text{ [kN]} \quad \text{Bearing resistance of an outermost bolt} \quad [\text{Table 3.4}]$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Nr	$F_{tj,Rd,N}$	$F_{tj,Ed,N}$	$F_{tj,Rd,M}$	$F_{tj,Ed,M}$	$F_{tj,Ed}$	$F_{vj,Rd}$
1	226,08	10,07	184,04	124,99	135,06	106,85
2	226,08	10,07	96,64	65,63	75,70	141,80
3	226,08	10,07	15,88	10,78	20,86	174,10
4	226,08	10,07	0,00	0,00	10,07	180,45
5	226,08	10,07	0,00	0,00	10,07	180,45

$F_{tj,Rd,N}$ – Bolt row resistance for simple tension

$F_{tj,Ed,N}$ – Force due to axial force in a bolt row

$F_{tj,Rd,M}$ – Bolt row resistance for simple bending

$F_{tj,Ed,M}$ – Force due to moment in a bolt row

$F_{tj,Ed}$ – Maximum tensile force in a bolt row

$F_{vj,Rd}$ – Reduced bolt row resistance

$$F_{tj,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{tj,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{tj,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{tj,Ed} = F_{tj,Ed,N} + F_{tj,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} (1 - F_{tj,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd}))$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum 1^n F_{vj,Rd} \quad \text{[Table 3.4]}$$

$$V_{j,Rd} = 783,66 \quad \text{[kN]} \quad \text{Connection resistance for shear} \quad \text{[Table 3.4]}$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,10 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,10)$$

WELD RESISTANCE

$$A_w = 8894 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ Area of all welds} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wy} = 5118 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ Area of horizontal welds} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$A_{wz} = 3775 \text{ [mm}^2\text{]} \text{ Area of vertical welds} \quad \text{[4.5.3.2(2)]}$$

$$I_{wy} = 20844114_4 \text{ [mm}^4\text{]} \text{ Moment of inertia of the weld arrangement with respect to the hor. axis} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$\sigma_{\perp,max} = \tau_{\perp,max} = 57,16 \text{ [MPa]} \text{ Normal stress in a weld} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 50,01 \text{ [MPa]} \text{ Stress in a vertical weld} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$\tau_{\parallel} = 21,72 \text{ [MPa]} \text{ Tangent stress} \quad \text{[4.5.3.2(5)]}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{Correlation coefficient} \quad \text{[4.5.3.2(7)]}$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3*(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad 114,31 < 404,71 \quad \text{verified} \quad (0,28)$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$\sqrt{[\sigma_{\perp, \max}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp, \max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	114,31 < 404,71	verified	(0,28)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	106,86 < 404,71	verified	(0,26)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	57,16 < 309,60	verified	(0,18)

CONNECTION STIFFNESS

$t_{\text{wash}} =$	4	[mm]	Washer thickness	[6.2.6.3.(2)]
$h_{\text{head}} =$	12	[mm]	Bolt head height	[6.2.6.3.(2)]
$h_{\text{nut}} =$	16	[mm]	Bolt nut height	[6.2.6.3.(2)]
$L_b =$	53	[mm]	Bolt length	[6.2.6.3.(2)]
$k_{10} =$	5	[mm]	Stiffness coefficient of bolts	[6.3.2.(1)]

STIFFNESSES OF BOLT ROWS

Nr	h_j	k_3	k_4	k_5	$k_{\text{eff},j}$	$k_{\text{eff},j} h_j$	$k_{\text{eff},j} h_j^2$
					Sum	1657	495948
1	394	3	26	57	2	631	248547
2	324	2	17	29	1	380	123058
3	254	3	25	44	2	398	100945
4	114	3	25	44	2	178	20324
5	44	3	26	47	2	70	3074

$$k_{\text{eff},j} = 1 / (\sum_{i=1}^5 (1 / k_{i,j})) \quad [6.3.3.1.(2)]$$

$$z_{\text{eq}} = \sum_j k_{\text{eff},j} h_j^2 / \sum_j k_{\text{eff},j} h_j$$

$$z_{\text{eq}} = 299 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent force arm} \quad [6.3.3.1.(3)]$$

$$k_{\text{eq}} = \sum_j k_{\text{eff},j} h_j / z_{\text{eq}}$$

$$k_{\text{eq}} = 6 \text{ [mm]} \quad \text{Equivalent stiffness coefficient of a bolt arrangement} \quad [6.3.3.1.(1)]$$

$$A_{\text{vc}} = 2063 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area} \quad \text{EN1993-1-1: [6.2.6.(3)]}$$

$$\beta = 1,00 \quad \text{Transformation parameter} \quad [5.3.(7)]$$

$$z = 299 \text{ [mm]} \quad \text{Lever arm} \quad [6.2.5]$$

$$k_1 = 3 \text{ [mm]} \quad \text{Stiffness coefficient of the column web panel subjected to shear} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$k_2 = \quad \text{Stiffness coefficient of the compressed column web} \quad [6.3.2.(1)]$$

$$S_{j,\text{ini}} = E z_{\text{eq}}^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_{\text{eq}}) \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_{j,\text{ini}} = 32657,72 \text{ [kN*m]} \quad \text{Initial rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$\mu = 1,05 \quad \text{Stiffness coefficient of a connection} \quad [6.3.1.(6)]$$

$$S_j = S_{j,\text{ini}} / \mu \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 31060,68 \text{ [kN*m]} \quad \text{Final rotational stiffness} \quad [6.3.1.(4)]$$

Connection classification due to stiffness.

$$S_{j,\text{rig}} = 27407,68 \text{ [kN*m]} \quad \text{Stiffness of a rigid connection} \quad [5.2.2.5]$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Connection classification due to stiffness.

$S_{j,rig} = 27407,68$ [kN*m] Stiffness of a rigid connection [5.2.2.5]

$S_{j,pin} = 1712,98$ [kN*m] Stiffness of a pinned connection [5.2.2.5]

$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RIGID

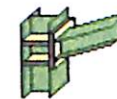
WEAKEST COMPONENT:

COLUMN WEB PANEL - SHEAR

Connection conforms to the code

Ratio 0,68

7.2. 2. csomópont



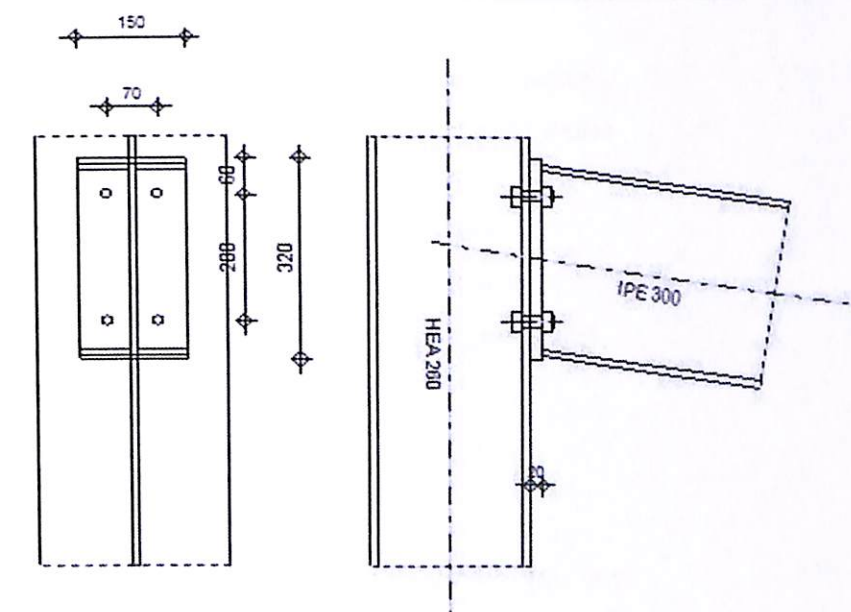
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015

Design of fixed beam-to-column connection

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio
0,01



GENERAL

Connection no.: 2

Connection name: Column-Beam

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Connection classification due to stiffness.

$S_{j,rig} = 27407,68$ [kN*m] Stiffness of a rigid connection [5.2.2.5]

$S_{j,pin} = 1712,98$ [kN*m] Stiffness of a pinned connection [5.2.2.5]

$S_{j,ini} \leq S_{j,rig}$ RIGID

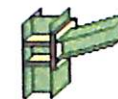
WEAKEST COMPONENT:

COLUMN WEB PANEL - SHEAR

Connection conforms to the code

Ratio 0,68

7.2. 2. csomópont

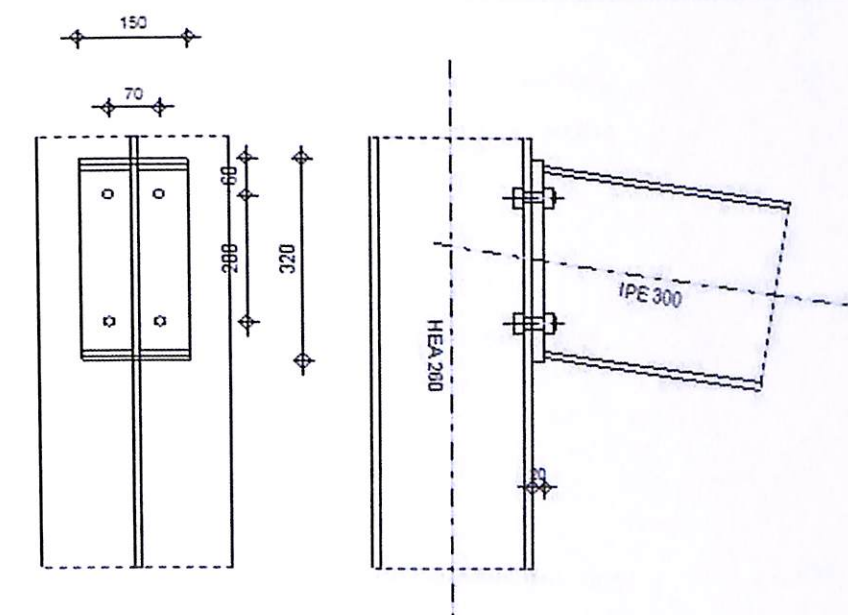


Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015

Design of fixed beam-to-column connection
EN 1993-1-8:2005/AC:2009

OK

Ratio
0,01



GENERAL

Connection no.: 2

Connection name: Column-Beam

GEOMETRY

COLUMN

Section:	HEA 260	
$\alpha =$	-90,0	[Deg] Inclination angle
$h_c =$	250	[mm] Height of column section
$b_{fc} =$	260	[mm] Width of column section
$t_{wc} =$	8	[mm] Thickness of the web of column section
$t_{fc} =$	13	[mm] Thickness of the flange of column section
$r_c =$	24	[mm] Radius of column section fillet
$A_c =$	8680	[mm ²] Cross-sectional area of a column
$I_{xc} =$	104500000	[mm ⁴] Moment of inertia of the column section
Material:	STEEL	
$f_{yc} =$	235,00	[MPa] Resistance

BEAM

Section:	IPE 300	
$\alpha =$	-9,0	[Deg] Inclination angle
$h_b =$	300	[mm] Height of beam section
$b_f =$	150	[mm] Width of beam section
$t_{wb} =$	7	[mm] Thickness of the web of beam section
$t_{fb} =$	11	[mm] Thickness of the flange of beam section
$r_b =$	15	[mm] Radius of beam section fillet
$r_b =$	15	[mm] Radius of beam section fillet
$A_b =$	5380	[mm ²] Cross-sectional area of a beam
$I_{xb} =$	83560000	[mm ⁴] Moment of inertia of the beam section
Material:	STEEL	
$f_{yb} =$	235,00	[MPa] Resistance

BOLTS

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

$d =$	16	[mm] Bolt diameter
Class =	8.8	Bolt class
$F_{tRd} =$	90,43	[kN] Tensile resistance of a bolt
$n_h =$	2	Number of bolt columns
$n_v =$	2	Number of bolt rows

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

d =	16	[mm]	Bolt diameter
h ₁ =	60	[mm]	Distance between first bolt and upper edge of front plate
Horizontal spacing e ₁ =	70	[mm]	
Vertical spacing p ₁ =	200	[mm]	

PLATE

h _p =	320	[mm]	Plate height
b _p =	150	[mm]	Plate width
t _p =	20	[mm]	Plate thickness
Material:	STEEL		
f _{yp} =	235,00	[MPa]	Resistance

FILLET WELDS

a _w =	5	[mm]	Web weld
a _f =	8	[mm]	Flange weld

MATERIAL FACTORS

γ _{M0} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ _{M1} =	1,00	Partial safety factor	[2.2]
γ _{M2} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]
γ _{M3} =	1,25	Partial safety factor	[2.2]

LOADS

Ultimate limit state

Case: Manual calculations.

V _{b2,Ed} =	88,20	[kN]	Shear force in the left beam
N _{b2,Ed} =	22,90	[kN]	Axial force in the left beam
M _{c1,Ed} =	29,22	[kN*m]	Bending moment in the lower column
V _{c1,Ed} =	13,81	[kN]	Shear force in the lower column
N _{c1,Ed} =	241,40	[kN]	Axial force in the lower column
M _{c2,Ed} =	29,22	[kN*m]	Bending moment in the upper column
V _{c2,Ed} =	23,37	[kN]	Shear force in the upper column
N _{c2,Ed} =	157,65	[kN]	Axial force in the upper column

RESULTS

BEAM RESISTANCES

COLUMN RESISTANCES

WEB PANEL - SHEAR

$M_{b1,Ed}$	=	0,00	[kN*m]	Bending moment (right beam)	[5.3.(3)]
$M_{b2,Ed}$	=	0,00	[kN*m]	Bending moment (left beam)	[5.3.(3)]
$V_{c1,Ed}$	=	13,81	[kN]	Shear force (lower column)	[5.3.(3)]
$V_{c2,Ed}$	=	23,37	[kN]	Shear force (upper column)	[5.3.(3)]
z	=	245	[mm]	Lever arm	[6.2.5]
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$					
$V_{wp,Ed}$	=	4,78	[kN]	Shear force acting on the web panel	[5.3.(3)]
A_{vs}	=	2874	[mm ²]	Shear area of the column web	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
A_{vc}	=	2874	[mm ²]	Shear area	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{wp,Rd} = 0.9 * (f_{y,wc} * A_{vc} + f_{y,wp} * A_{vp} + f_{ys} * A_{vd}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$					
$V_{wp,Rd}$	=	365,84	[kN]	Resistance of the column web panel for shear	[6.2.6.1]
$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$		0,01 < 1,00		verified	(0,01)

WELD RESISTANCE

A_w	=	5411	[mm ²]	Area of all welds	[4.5.3.2(2)]
A_{wy}	=	2894	[mm ²]	Area of horizontal welds	[4.5.3.2(2)]
A_{wz}	=	2517	[mm ²]	Area of vertical welds	[4.5.3.2(2)]
I_{wy}	=	68587217	[mm ⁴]	Moment of inertia of the weld arrangement with respect to the hor. axis	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max}$	=	0,00	[MPa]	Normal stress in a weld	[4.5.3.2(5)]
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$	=	0,00	[MPa]	Stress in a vertical weld	[4.5.3.2(5)]
$\tau_{\parallel}$	=	0,00	[MPa]	Tangent stress	[4.5.3.2(5)]
β_w	=	0,85		Correlation coefficient	[4.5.3.2(7)]
$\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 + 3 * (\tau_{\perp max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$		0,00 < 404,71		verified	(0,00)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$		0,00 < 404,71		verified	(0,00)
$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$		0,00 < 309,60		verified	(0,00)

CONNECTION STIFFNESS

There are no axial forces or moments in the connection. For such a case, the program does not calculate stiffness of the connection.

WEAKEST COMPONENT:

COLUMN WEB PANEL - SHEAR

REMARKS

Bolts vertical spacing is too large. 200 [mm] > 175 [mm]

Connection conforms to the code Ratio 0,01

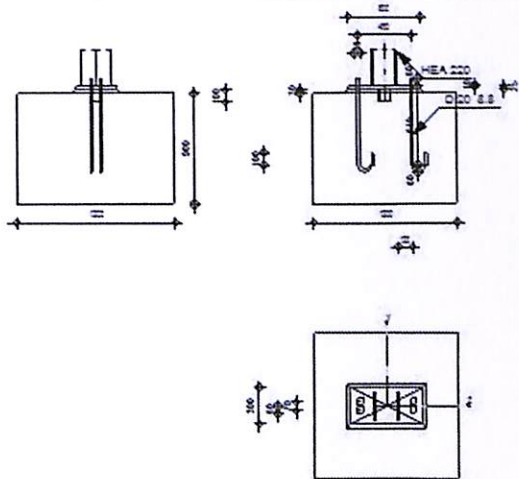
7.3 3. csomópont



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015
Fixed column base design
Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide:
Design of fastenings in concrete



Ratio
0,50



GENERAL

Connection no.: 1
Connection name: Fixed column base

GEOMETRY

COLUMN

Section: HEA 220
L_c = 5,00 [m] Column length
Material: STEEL

COLUMN BASE

$l_{pd} =$	600	[mm]	Length
$b_{pd} =$	300	[mm]	Width
$t_{pd} =$	25	[mm]	Thickness
Material:	STEEL		
$f_{ypd} =$	235,00	[MPa]	Resistance
$f_{upd} =$	430,00	[MPa]	Yield strength of a material

ANCHORAGE

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

Class =	8.8		Anchor class
$f_{yb} =$	640,00	[MPa]	Yield strength of the anchor material
$f_{ub} =$	800,00	[MPa]	Tensile strength of the anchor material
$d =$	20	[mm]	Bolt diameter
$n_H =$	2		Number of bolt columns
$n_V =$	2		Number of bolt rows
Horizontal spacing $e_{Hi} =$ 450 [mm]			
Vertical spacing $e_{Vi} =$ 70 [mm]			

WEDGE

Section:	IPE 100		
$l_w =$	100	[mm]	Length
Material:	STEEL		
$f_{yw} =$	235,00	[MPa]	Resistance

MATERIAL FACTORS

$\gamma_{M0} =$	1,00	Partial safety factor
$\gamma_{M2} =$	1,25	Partial safety factor
$\gamma_C =$	1,50	Partial safety factor

SPREAD FOOTING

$L =$	1200	[mm]	Spread footing length
$B =$	1200	[mm]	Spread footing width
$H =$	900	[mm]	Spread footing height

Concrete

Class	C20		
-------	-----	--	--

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$f_{ck} = 20,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression

Grout layer

$t_g = 30$ [mm] Thickness of leveling layer (grout)

$f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression

$C_{f,d} = 0,30$ Coeff. of friction between the base plate and concrete

WELDS

$a_p = 4$ [mm] Footing plate of the column base

$a_w = 4$ [mm] Wedge

LOADS

Case: Manual calculations.

$N_{j,Ed} = -87,23$ [kN] Axial force

$V_{j,Ed,z} = 33,09$ [kN] Shear force

$M_{j,Ed,y} = 27,68$ [kN*m] Bending moment

RESULTS

COMPRESSION ZONE

COMPRESSION OF CONCRETE

$c = 58$ [mm] Additional width of the bearing pressure zone [6.2.5.(4)]

$f_{jd} = 20,00$ [MPa] Design bearing resistance [6.2.5.(7)]

$F_{c,Rd,n} = 1704,30$ [kN] Bearing resistance of concrete for compression [6.2.8.2.(1)]

$F_{c,Rd,y} = 763,74$ [kN] Bearing resistance of concrete for bending My [6.2.8.3.(1)]

COLUMN FLANGE AND WEB IN COMPRESSION

$M_{c,Rd,y} = 150,52$ [kN*m] Design resistance of the section for bending EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_{f,y} = 199$ [mm] Distance between the centroids of flanges [6.2.6.7.(1)]

$F_{c,fc,Rd,y} = 756,38$ [kN] Resistance of the compressed flange and web [6.2.6.7.(1)]

RESISTANCES OF SPREAD FOOTING IN THE COMPRESSION ZONE

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$

$N_{j,Rd} = 1704,30$ [kN] Resistance of a spread footing for axial compression [6.2.8.2.(1)]

$F_{C,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$

$F_{C,Rd,y} = 756,38$ [kN] Resistance of spread footing in the compression zone [6.2.8.3]

TENSION ZONE

STEEL FAILURE

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$F_{t,Rd,s1} = 119,95$ [kN] Anchor resistance to steel failure [Table 3.4]

$F_{t,Rd,s2} = 130,67$ [kN] Anchor resistance to steel failure CEB [9.2.2]

$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$

$F_{t,Rd,s} = 119,95$ [kN] Anchor resistance to steel failure

PULL-OUT FAILURE

$F_{t,Rd,p} = 77,04$ [kN] Design uplift capacity EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

CONCRETE CONE FAILURE

$N_{Rk,c}^0 = 212,35$ [kN] Design uplift capacity CEB [9.2.4]

$F_{t,Rd,c} = 67,13$ [kN] Design anchor resistance to concrete cone failure EN 1992-1:[8.4.2.(2)]

SPLITTING FAILURE

$N_{Rk,c}^0 = 470,30$ [kN] Design uplift capacity CEB [9.2.5]

$F_{t,Rd,sp} = 92,97$ [kN] Design anchor resistance to splitting of concrete CEB [9.2.5]

TENSILE RESISTANCE OF AN ANCHOR

$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p}, F_{t,Rd,c}, F_{t,Rd,sp})$

$F_{t,Rd} = 67,13$ [kN] Tensile resistance of an anchor

BENDING OF THE BASE PLATE

$F_{t,pl,Rd,y} = 118,08$ [kN] Tension resistance of a plate [6.2.4]

RESISTANCES OF SPREAD FOOTING IN THE TENSION ZONE

$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$

$F_{T,Rd,y} = 118,08$ [kN] Resistance of a column base in the tension zone [6.2.8.3]

CONNECTION CAPACITY CHECK

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) $0,05 < 1,00$ verified (0,05)

$M_{j,Rd,y} = 55,82$ [kN*m] Connection resistance for bending [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) $0,50 < 1,00$ verified (0,50)

SHEAR

BEARING PRESSURE OF AN ANCHOR BOLT ONTO THE BASE PLATE

$F_{1,vb,Rd,z} = 430,00$ [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

SHEAR OF AN ANCHOR BOLT

$F_{2,vb,Rd} = 49,86$ [kN] Shear resistance of a bolt - without lever arm [6.2.2.(7)]

$F_{v,Rd,sm} = 18,57$ [kN] Shear resistance of a bolt - with lever arm CEB [9.3.1]

CONCRETE PRY-OUT FAILURE

$F_{v,Rd,op} = 134,26$ [kN] Concrete resistance for pry-out failure CEB [9.3.1]

CONCRETE EDGE FAILURE

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$F_{v,Rd,c,z} = 221,18$ [kN] Concrete resistance for edge failure CEB [9.3.1]

SPLITTING RESISTANCE

$F_{f,Rd} = 26,17$ [kN] Slip resistance [6.2.2.(6)]

BEARING PRESSURE OF THE WEDGE ONTO CONCRETE

$F_{v,Rd,wg,z} = 77,00$ [kN] Resistance for bearing pressure of the wedge onto concrete

SHEAR CHECK

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,z} = 177,46$ [kN] Connection resistance for shear CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ $0,19 < 1,00$ verified (0,19)

WELDS BETWEEN THE COLUMN AND THE BASE PLATE

$\sigma_{\perp} = 64,00$ [MPa] Normal stress in a weld [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 64,00$ [MPa] Perpendicular tangent stress [4.5.3.(7)]

$\tau_{yII} = 0,00$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]

$\tau_{zII} = 22,00$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,z}$ [4.5.3.(7)]

$\beta_W = 0,85$ Resistance-dependent coefficient [4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1) $0,21 < 1,00$ verified (0,21)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,32 < 1,00$ verified (0,32)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_W \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,29 < 1,00$ verified (0,29)

CONNECTION STIFFNESS

Bending moment $M_{j,Ed,y}$

$k_{13,y} = 17$ [mm] Stiffness coeff. of compressed concrete [Table 6.11]

$k_{15,y} = 1$ [mm] Stiffness coeff. of the base plate subjected to tension [Table 6.11]

$k_{16,y} = 2$ [mm] Stiffness coeff. of an anchor subjected to tension [Table 6.11]

$\lambda_{0,y} = 0,62$ Column slenderness [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 20727,29$ [kN*m] Initial rotational stiffness [Table 6.12]

$S_{j,rig,y} = 66543,00$ [kN*m] Stiffness of a rigid connection [5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGID [5.2.2.5.(2)]

WEAKEST COMPONENT:

BASE PLATE - BENDING

Connection conforms to the code	Ratio	0,50
---------------------------------	-------	------

7.4. 4. csomópont



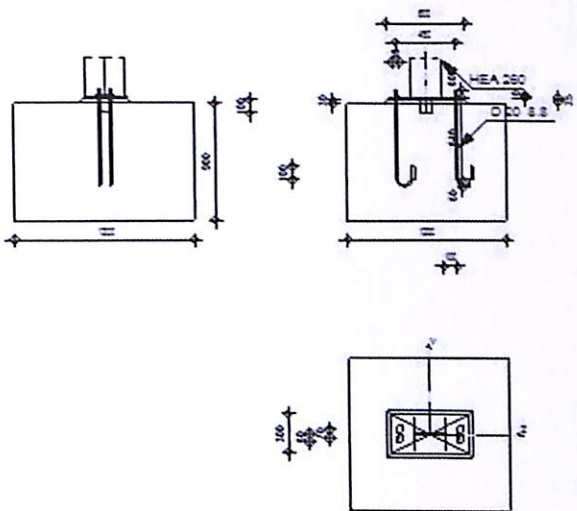
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015

Fixed column base design

Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide:
Design of fastenings in concrete

OK

Ratio
0,30



GENERAL

Connection no.: 1
Connection name: Fixed column base

GEOMETRY

COLUMN

Section: HEA 260
L_c = 5,00 [m] Column length
Material: STEEL

COLUMN BASE

l_{pd} = 600 [mm] Length
b_{pd} = 300 [mm] Width
t_{pd} = 25 [mm] Thickness
Material: STEEL
f_{ypd} = 235,00 [MPa] Resistance

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$f_{ypd} = 235,00$ [MPa] Resistance
 $f_{upd} = 430,00$ [MPa] Yield strength of a material

ANCHORAGE

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

Class = 8.8 Anchor class
 $f_{yb} = 640,00$ [MPa] Yield strength of the anchor material
 $f_{ub} = 800,00$ [MPa] Tensile strength of the anchor material
 $d = 20$ [mm] Bolt diameter
 $n_H = 2$ Number of bolt columns
 $n_V = 2$ Number of bolt rows
Horizontal spacing $e_{Ht} = 450$ [mm]
Vertical spacing $e_{Vt} = 70$ [mm]

WEDGE

Section: IPE 100
 $l_w = 100$ [mm] Length
Material: STEEL
 $f_{yw} = 235,00$ [MPa] Resistance

MATERIAL FACTORS

$\gamma_{M0} = 1,00$ Partial safety factor
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Partial safety factor
 $\gamma_C = 1,50$ Partial safety factor

SPREAD FOOTING

$L = 1200$ [mm] Spread footing length
 $B = 1200$ [mm] Spread footing width
 $H = 900$ [mm] Spread footing height

Concrete

Class C20
 $f_{ck} = 20,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression

Grout layer

$t_g = 30$ [mm] Thickness of leveling layer (grout)
 $f_{ck,g} = 12,00$ [MPa] Characteristic resistance for compression
 $C_{f,d} = 0,30$ Coeff. of friction between the base plate and concrete

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

WELDS

$a_p = 4 \text{ [mm]}$ Footing plate of the column base
 $a_w = 4 \text{ [mm]}$ Wedge

LOADS

Case: Manual calculations.

$N_{j,Ed} = -245,02 \text{ [kN]}$ Axial force
 $V_{j,Ed,z} = 13,81 \text{ [kN]}$ Shear force
 $M_{j,Ed,y} = 26,00 \text{ [kN*m]}$ Bending moment

RESULTS

COMPRESSION ZONE

COMPRESSION OF CONCRETE
 $c = 58 \text{ [mm]}$ Additional width of the bearing pressure zone [6.2.5.(4)]
 $f_{jd} = 20,00 \text{ [MPa]}$ Design bearing resistance [6.2.5.(7)]
 $F_{c,Rd,n} = 1814,62 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of concrete for compression [6.2.8.2.(1)]
 $F_{c,Rd,y} = 772,74 \text{ [kN]}$ Bearing resistance of concrete for bending M_y [6.2.8.3.(1)]

COLUMN FLANGE AND WEB IN COMPRESSION
 $M_{c,Rd,y} = 221,54 \text{ [kN*m]}$ Design resistance of the section for bending EN1993-1-1:[6.2.5]
 $h_{t,y} = 238 \text{ [mm]}$ Distance between the centroids of flanges [6.2.6.7.(1)]
 $F_{c,fc,Rd,y} = 932,80 \text{ [kN]}$ Resistance of the compressed flange and web [6.2.6.7.(1)]

RESISTANCES OF SPREAD FOOTING IN THE COMPRESSION ZONE
 $N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$ [6.2.8.2.(1)]
 $N_{j,Rd} = 1814,62 \text{ [kN]}$ Resistance of a spread footing for axial compression
 $F_{c,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$ [6.2.8.3]
 $F_{c,Rd,y} = 772,74 \text{ [kN]}$ Resistance of spread footing in the compression zone

CONNECTION CAPACITY CHECK
 $N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \text{ (6.24)}$ $0,14 < 1,00$ verified (0,14)
 $M_{j,Rd,y} = 86,61 \text{ [kN*m]}$ Connection resistance for bending $0,30 < 1,00$ verified (0,30)
 $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0 \text{ (6.23)}$

SHEAR
BEARING PRESSURE OF AN ANCHOR BOLT ONTO THE BASE PLATE

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

$F_{1,vb,Rd,z} = 430,00$ [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

SHEAR OF AN ANCHOR BOLT

$F_{2,vb,Rd} = 49,86$ [kN] Shear resistance of a bolt - without lever arm [6.2.2.(7)]

$F_{v,Rd,sm} = 23,94$ [kN] Shear resistance of a bolt - with lever arm CEB [9.3.1]

CONCRETE PRY-OUT FAILURE

$F_{v,Rd,cp} = 134,26$ [kN] Concrete resistance for pry-out failure CEB [9.3.1]

CONCRETE EDGE FAILURE

$F_{v,Rd,c,z} = 221,18$ [kN] Concrete resistance for edge failure CEB [9.3.1]

SPLITTING RESISTANCE

$F_{t,Rd} = 73,51$ [kN] Slip resistance [6.2.2.(6)]

BEARING PRESSURE OF THE WEDGE ONTO CONCRETE

$F_{v,Rd,wg,z} = 77,00$ [kN] Resistance for bearing pressure of the wedge onto concrete

SHEAR CHECK

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{t,Rd}$ CEB [9.3.1]

$V_{j,Rd,z} = 246,25$ [kN] Connection resistance for shear (0,06) verified

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$ 0,06 < 1,00

WELDS BETWEEN THE COLUMN AND THE BASE PLATE

$\sigma_{\perp} = 58,06$ [MPa] Normal stress in a weld [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 58,06$ [MPa] Perpendicular tangent stress [4.5.3.(7)]

$\tau_{yII} = 0,00$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]

$\tau_{zII} = 7,67$ [MPa] Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,z}$ [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$ Resistance-dependent coefficient (0,19) verified

$\sigma_{\perp} / (0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1,0$ (4.1) 0,19 < 1,00 verified

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3,0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1,0$ (4.1) 0,29 < 1,00 verified

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3,0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1,0$ (4.1) 0,27 < 1,00 verified

CONNECTION STIFFNESS

Bending moment $M_{j,Ed,y}$

$k_{13,y} = 17$ [mm] Stiffness coeff. of compressed concrete [Table 6.11]

$k_{15,y} = 2$ [mm] Stiffness coeff. of the base plate subjected to tension [Table 6.11]

$k_{16,y} = 2$ [mm] Stiffness coeff. of an anchor subjected to tension [Table 6.11]

$\lambda_{0,y} = 0,52$ Column slenderness [5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} = 100003,59$ [kN*m] Initial rotational stiffness

$S_{j,rig,y} = 128535,00$ [kN*m] Stiffness of a rigid connection

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

[5.2.2.5.(2)]

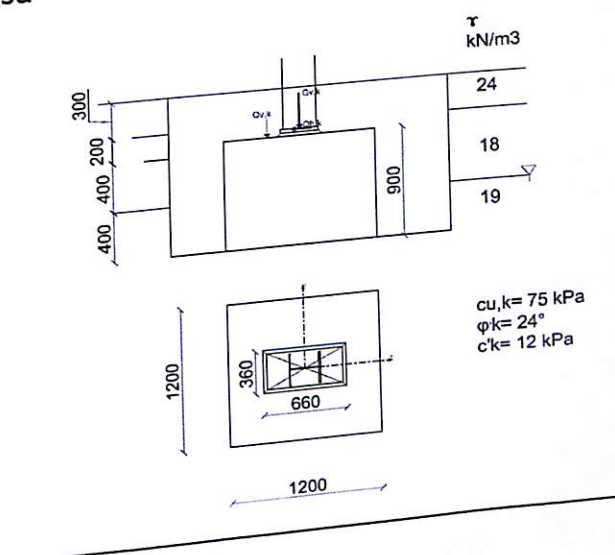
$S_{l,ini,y} < S_{l,rig,y}$ SEMI-RIGID

WEAKEST COMPONENT:

FOUNDATION - BEARING PRESSURE ONTO CONCRETE

Connection conforms to the code	Ratio	0,30
---------------------------------	-------	------

8. Alapozás számítása



Az alaptest súlya

$$G_a = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_b = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 25 = 32,4 \text{ kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya

$$G_f = (B \cdot L - b \cdot l) \cdot t_0 \cdot \gamma_a = (1,2 \cdot 1,2 - 0,36 \cdot 0,66) \cdot (0,3 \cdot 24 + 0,2 \cdot 18) = 12,98 \text{ kN}$$

Az alaptestre ható felhajtóerő

$$F_f = B \cdot L \cdot h_v \cdot \gamma_v = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 10 = 5,76 \text{ kN}$$

Az alapra jutó igénybevétel

Karakterisztikus érték

$$V_k = G_{v,k} + G_a + G_f - F_f + Q_{v,k} = 245,02 + 32,4 + 12,98 - 5,76 + 50 = 334,64 \text{ kN}$$

$$\text{Függőleges erő}$$

$$H_k = G_{h,k} + Q_{h,k} = 0 + 13,81 = 13,81 \text{ kN}$$

Vízszintes erő

$$\text{Tervezési érték}$$

$$V_d = \gamma_G \cdot (G_{v,k} + G_a + G_f - F_f) + \gamma_Q \cdot Q_{v,k} = 1,35 \cdot (245,02 + 32,4 + 12,98 - 5,76) + 1,5 \cdot 50 = 459,26 \text{ kN}$$

Függőleges erő

$$H_d = \gamma_G \cdot G_{h,k} + \gamma_Q \cdot Q_{h,k} = 1,5 \cdot 13,81 = 20,72 \text{ kN}$$

Vízszintes erő

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Az eredő helye az alapsíkon

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{v,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{h,k} \cdot h}{V_k} = \frac{50 \cdot 0,4 + 13,81 \cdot 0,9}{334,64} = 0,1$$

Az alap talajtörési ellenállása

Az alap dolgozó szélessége

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,2 - 2 \cdot 0,1 = 1,0 \text{ m}$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'_k \cdot \tan^2(45 + \varphi'_k/2)} = e^{\pi \cdot \tan 24^\circ \cdot \tan^2(45 + 24/2)} = 9,6$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'_k = (9,60 - 1) \cdot \tan 24^\circ = 19,30$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'_k = 2 \cdot (9,60 - 1) \cdot \tan 24^\circ = 7,66$$

Az alap dolgozó hossza

$$L' = L - 2 \cdot e_{L,k} = 1,2 - 2 \cdot 0 = 1,2 \text{ m}$$

Az alaki tényezők

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi_k = 1 + \frac{1,0}{1,2} \cdot \sin 24^\circ = 1,84$$

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q + 1}{N_q + 1} = \frac{1,84 \cdot 9,6 - 1}{9,6 - 1} = 1,38$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,0}{1,2} = 0,75$$

Ferdeségi tényező paraméterei

$$f = \frac{H_k}{V_k \cdot B' \cdot L' \cdot c' \cdot k \cdot \tan \varphi_k} = \frac{H_k}{V_k \cdot B' \cdot L' \cdot c' \cdot k \cdot \tan \varphi_k} = \frac{13,81}{334,64 + 1,0 \cdot 1,2 \cdot 12 \cdot \tan 24^\circ} = 0,04$$

$$m_k = \frac{2 + (B'/L')}{1 + (B'/L')} = \frac{2 + (\frac{1,0}{1,2})}{1 + (\frac{1,0}{1,2})} = 1,55$$

$$m_L = \frac{2 + (L'/B')}{1 + (L'/B')} \quad (\text{nem ez érvényes})$$

Ferdeségi tényezők

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0,04)^{1,55} = 0,94$$

$$i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{0,94 \cdot 9,60 - 1}{9,60 - 1} = 0,93$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0,04)^{1,55+1} = 0,9$$

Az alap dolgozó területe

$$A' = B' \cdot L' = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ m}^2$$

Háromhajós, rácsos szerkezetű ipari csarnok

Alapferdeségi tényező

$$b_q = b \gamma = (1 - \alpha \cdot \tan \phi_k)^2 = (1 - 0 \cdot \tan 24^\circ)^2 = 1,0$$

$$b_c = \frac{b q \cdot N q - 1}{N q - 1} = \frac{1 \cdot 9,6 - 1}{9,6 - 1} = 1,0$$

Hatékony takarási feszültség

$$q' = \sum t_i \cdot \gamma_i = 0,3 \cdot 24 + 0,6 \cdot 18 + 0,4 \cdot 9 = 21,6 \text{ kPa}$$

Kohézió

$$c' / k = 12 \text{ kPa}$$

Alap alatti térfogatsúly

$$\gamma = 9 \text{ kN/m}^3$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke

$$\begin{aligned} R_k &= A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + c_k' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = \\ &= 1,2 \cdot (21,6 \cdot 9,6 \cdot 1,0 \cdot 1,34 \cdot 0,94 + 12 \cdot 19,3 \cdot 1,0 \cdot 1,38 \cdot 0,93 + 0,5 \cdot 9 \cdot 1,0 \cdot 7,66 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,9) = \\ &= 698,03 \end{aligned}$$

$$R_d = R_k / \gamma_R = 698,03 / 1,4 = 498,6$$
$$459,26 \leq 498,6 \quad \text{Megfelel}$$

9. Irodalomjegyzék, hivatkozások

Ádány Sándor - Dulácska Endre - Dunai László - Fernezelyi Sándor - Horváth László -
Acélszerkezetek I. Általános eljárások Tervezés az Eurocode alapján
Horváth Katalin - Acélszerkezetek, faszervezetek II.1, II.2
Horváth Katalin - Magasépítési acélszerkezetek

Hivatkozások:

<http://www.lindab.com/hu>

<http://www.halfen.hu>

10. Mellékletek

Rajzi mellékletek:

- ACA-1 : Általános terv
- ACT-1 : Csarnok terve
- ACRT-1 : Rácsos tartó és csomópontjai
- ACL-1 : Lindab elemek terve
- ACSZ-1, ACSZ-2 : Csarnok merevítése
- ALA-1 : Alapozás