Szent István Egyetem

SZAKDOLGOZAT

Bana Gyula

2015

Kéttámaszú alsópályás rácsos vasúti híd terve

(szakdolgozat)

2015.

Készítette: **Bana Gyula**

Konzulens: **Kis László**

Tartalomjegyzék

I. BEVEZETÉS *5*

II. KIINDULÁSI ADATOK *6*

1. Anyagok, méretezési feszültségek 6

1.1. Szerkezeti acél 6

1.2. Varratok 7

2. Szerkezeti adatok, főbb méretek 7

III. KÖZELÍTŐ ERŐTANI SZÁMÍTÁS *9*

1. Feladat megfogalmazása 9

2. Terhelő erők és hatások 9

2.1. Állandó, illetve tartós jellegű terhek és hatások 9

2.1.1. Állandó terhek (G) 9

2.2. Esetleges jellegű terhek és hatások 9

2.2.1. Járműteher (LM 71) 10

2.2.2. Dinamikus tényező (φ) 10

3. Hossztartó méretezése 11

3.1. Hossztartó igénybevételeinek meghatározása 11

3.2. Hossztartó méretei, keresztmetszeti jellemzői 13

3.3. Hossztartó keresztmetszeti ellenállásainak vizsgálatai 15

3.3.1. Hossztartó hajlító nyomaték 15

3.3.2. Hossztartó nyírás 16

3.3.3. Hajlítás és nyírás interakciója 16

3.3.4. Hossztartó nyakvarrat ellenőrzése 16

3.3.5. Hossztartó helyi nyomófeszültség gerincben 17

3.4. Hossztartó stabilitás vizsgálatai 18

3.4.1. Hossztartó gerinclemez nyírási horpadása 18

3.4.2. Hossztartó kifordulásvizsgálat 18

4. Keresztartó méretezése 18

4.1. Keresztartó igénybevételeinek meghatározása 18

4.2. Keresztartó méretei, keresztmetszeti jellemzői 19

4.3. Keresztartó keresztmetszeti ellenállásainak vizsgálata 21

4.3.1. Keresztartó hajlító nyomaték 21

4.3.2. Keresztartó nyírás 24

4.3.3. Keresztartó hajlítás és nyírás interakciója 24

4.3.4. Keresztartó nyakvarrat ellenőrzése 24

4.4. Kereszttartó stabilitás vizsgálatai 25
4.4.1. Kereszttartó gerinclemez nyírási horpadása 25
4.4.2. Kereszttartó kifordulásvizsgálat 25
5. Főtartó méretezése 25
5.1. Mértékadó rúderők számítása 25
5.1.1. Rúderők meghatározása önsúly teherből 25
5.1.2. Rúderők meghatározása járműteherből 26
5.1.3. Mértékadó rúderők 27
5.2. Főtartó méretfelvétele, szelvényeinek felvétele 28
5.2.1. Felső övrúd (9-9') 28
5.2.2. Alsó övrúd (8-10) 28
5.2.3. Szélső rácsrúd (0-1) 29
5.2.4. Közbenső húzott rácsrúd (1-2) 29
5.2.5. Közbenső nyomott rácsrúd (9-10) 29
5.3. Rudak szelvényeinek ellenőrzése 30
5.3.1. Felső nyomott övrúd ellenőrzése (9-9') 30
5.3.2. Alsó húzott övrúd ellenőrzése (8-10) 33
5.3.3. Szélső nyomott rácsrúd ellenőrzése (0-1) 33
5.3.4. Közbenső húzott rácsrúd ellenőrzése (1-2) 36
5.3.5. Közbenső nyomott rácsrúd ellenőrzése (9-10) 36
IV. RÉSZLETES ERŐTANI SZÁMÍTÁS *39*
1. Feladat megfogalmazása 39
2. Terhelő erők és hatások 39
2.1. Állandó, illetve tartós jellegű terhek és hatások 39
2.1.1. Állandó terhek (G) 39
2.1.2. Egyenletes hőmérsékletváltozás 39
2.2. Esetleges jellegű terhek és hatások 40
2.2.1. Járműteher 40
2.2.1.1 LM 71 (U jelű teher) 40
2.2.1.2. U jelű teher külpontossága (e_k) 41
2.2.1.3. Járműterhek figyelembevétele hidakon vágányszám alapján 41
2.2.1.4. A rendeltetési tényező (α) 42
2.2.1.5. Dinamikus tényező (φ) 42
2.2.1.6. Oldallökő erő (O) 43
2.2.1.7. Indító és fékező erő (Q_i és Q_f) 44
2.2.2. Járművektől független esetleges terhek 44

2.2.2.1. Közforgalmú gyalogjárda terhe (q_{gy}) 44
2.2.3. Egyéb terhek és hatások 45
2.2.3.1. Szélteher (W) 45
2.2.3.1.1. Üres híd esete (W_1) 46
2.2.3.1.2. Mozgó teherrel terhelt híd esete (W_2) 47
2.2.3.2. Korlátokra ható erők 49
2.3. Mértékadó teherkombinációk, biztonsági- és egyidejűségi tényezők 50
3. Számítási modell 52
3.1. A számítási modell megválasztása 52
3.2. A program 52
3.3. Geometria, hálózat 52
3.4. Keresztmetszetek, anyagjellemzők 52
3.5. Támaszok 53
4. Modell elemek 53
4.1. Terhek 53
4.2. Tehercsoportok 56
4.3. Számítási eredmények 57
4.3.1 Feszültségek, kihasználtságok 57
4.3.1.1. Feszültségek 57
4.3.1.1.1. Hossztartó feszültségei 57
4.3.1.1.2. Kereszttartó feszültségei 58
4.3.1.1.3. Alsó övrúd feszültségei 58
4.3.1.1.4. Felső övrúd feszültségei 59
4.3.1.1.5. Szélső rácsrúd feszültségei 59
4.3.1.1.6. Közbenső rácsrúd 1. feszültségei 60
4.3.1.1.7. Közbenső rácsrúd 2. feszültségei 60
4.3.1.1.8. Közbenső rácsrúd 3. feszültségei 61
4.3.1.2. Kihasználtságok 62
4.3.1.2.1. Hossztartó kihasználtság 62
4.3.1.2.2. Kereszttartó kihasználtság 63
4.3.1.2.3. Alsó övrúd kihasználtság 63
4.3.1.2.4. Felső övrúd kihasználtság 64
4.3.1.2.5. Szélső rácsrúd kihasználtság 64
4.3.1.2.6. Közbenső rácsrúd 1. kihasználtság 65
4.3.1.2.7. Közbenső rácsrúd 2. kihasználtság 65
4.3.1.2.8. Közbenső rácsrúd 3. kihasználtság 66

4.3.2. 3D-s szerkezeti modell 67
FELHASZNÁLT IRODALOM, SZABVÁNYOK *68*
Felhasznált irodalom 68
Felhasznált szabványok 69

I. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témája a MÁV 903. számú Kaba – Nádudvar vonalszakaszára megtervezendő 50,80 m nyílású rácsos főtartójú, alsópályás acél vasúti híd. A tervezendő vasúti híd rácsos szerkezeti variánsa vázlattervi szinten az Eurocode szabványsorozat alapján kerül kidolgozásra.
A számítás során mind a terhek felvétele, mind a teherbírási, stabilitási és egyéb számítások az Eurocode idevágó előírásainak megfelelően kerülnek elvégzésre.

Az Eurocode szabványsorozatból az alábbi részek kerülnek felhasználásra:

- EN 1990 Eurocode: Basis of structural design (EC)
  (A tartószerkezetek tervezésének alapjai)
- EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures (EC1)
  (A tartószerkezeteket érő hatások)
- EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures (EC3)
  (Acélszerkezetek tervezése)

A fenti szabványok vonatkozó részei, azonban számos esetben nem adnak egyértelmű megkötést, illetve több lehetőséget is felvázolnak egy adott probléma megközelítésére. Ezen paraméterekről, eljárásokról az Eurocode-ot kiegészítő nemzeti szabványok rendelkeznek. Amennyiben kiegészítő szabvány egyértelműen nem rendelkezik adott esetekben, valamennyi esetben az Eurocode ajánlásait követem.

II. KIINDULÁSI ADATOK

1. Anyagok, méretezési feszültségek

A biztonsági tényezők függnek a vizsgálat fajtájától. (Az Eurocode 3-1-1 ajánlása szerint):

- 1-3. osztályba tartozó keresztmetszetek esetén (első folyás): $\gamma_{M0} = 1{,}00$
- 4. osztályba tartozó keresztmetszetek esetén (lemezhorpadás):$\gamma_{M1} = 1{,}10$
- keresztmetszet húzása esetén (képlékeny törés): $\gamma_{M2} = 1{,}25$
- varrat esetén (képlékeny törés): $\gamma_{M2} = 1{,}25$

1.1. Szerkezeti acél

Az Eurocode 3-1-1 különböző karakterisztikus feszültségeket rendel, a különböző minőségű szerkezeti acélokhoz. Megkülönböztet f_y folyási szilárdságot, valamint f_u szakítószilárdságot.

Az alábbi táblázat tartalmazza, a melegen hengerelt acélok anyagjellemzőit:

Standard and steel grade	Nominal thickness of the element t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550

S 355 MSZ EN 10025-2 acélminőség, és 40 mm-nél kisebb lemezvastagság esetén:

- folyási szilárdság: $f_y = 355 \frac{N}{mm^2}$
- szakítószilárdság: $f_u = 510 \frac{N}{mm^2}$
- anyagállandó: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ $\varepsilon = 0{,}81$
- rugalmassági modulus: $E_s = 210000 \frac{N}{mm^2}$
- harántkontrakciós tényező: $\nu = 0{,}3$
- nyírási rugalmassági modulus: $G_s = 81000 \frac{N}{mm^2}$

- hőtágulási együttható: $\alpha_s = 1{,}2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{C^\circ}$
- sűrűség: $\rho = 7850 \frac{kg}{m^3}$

Az anyagminőség megválasztása Eurocode 3-1-10 szerint történhet:

Olyan anyagot kell kiválasztani az adott szilárdsági csoporton (acélminőségen) belül a rendelkezésre álló anyagválasztékból, amely garantálja azt hogy nem fog bekövetkezni ridegtörés.

Az alkalmazott anyagminőségek szerkezeti elemek szerint:

Fő tartószerkezeti elemek: S355 MSZ EN 10025
Alárendelt acélszerkezet: S235 MSZ EN 10025

1.2. Varratok

Az Eurocode 3-1-8. szerint, a varratok az alapanyaggal megegyező szakítószilárdsággal rendelkeznek, illetve azok értékét egy az anyagminőségtől függő β_w korrekciós tényezővel kell módosítani.

A β_w korrekciós tényező értékeit az alábbi táblázat tartalmazza:

Szabvány és acélminőség **MSZ EN 10025**	β_w korrekciós tényező
S 235, S 235 W	0,8
S 355, S 355 N/NL, S 355 M/ML, S 355 W	0,9

2. Szerkezeti adatok, főbb méretek

Fesztáv: L = 52,0 m

Hossztartók hossza: $L_h = \frac{L}{10} = \frac{52}{10} =$ L_h = 5,20 m

Főtartó elméleti magassága: F_m = 4,70 m = 4700 mm

Kereszttartók hossza: L_k = 5,10 m

Sinszálak tengelytávolsága: sintt = 1520 mm

A pályaszerkezet hosszbordákkal merevített ortotróp pályalemez.

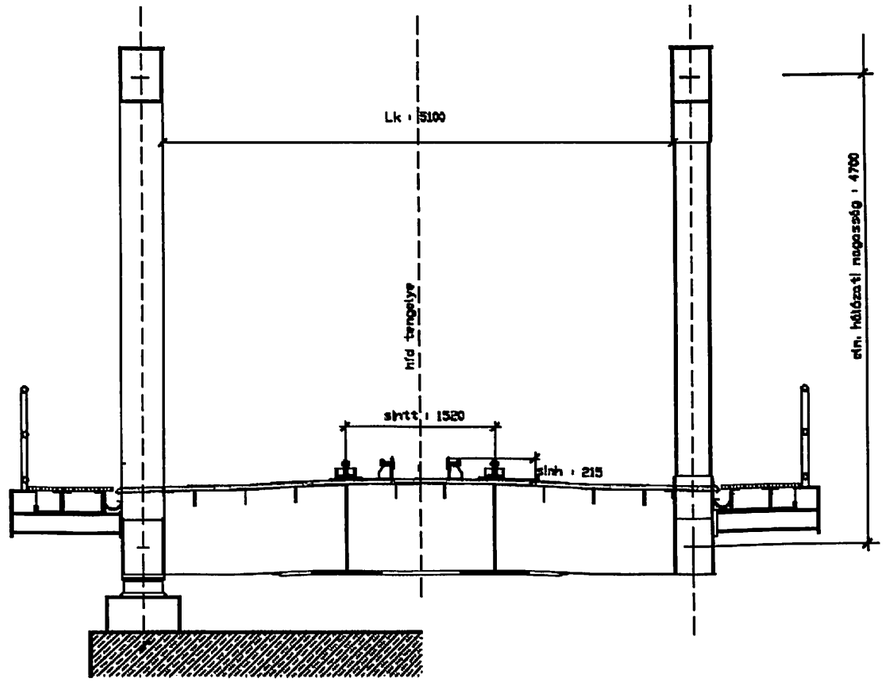
A pályalemeznek kétirányú 2%-os esése van.

A sínátvezetés rugalmasan beágyazott sínleerősítéssel kerül megoldásra.

A hídon vasútüzemi szempontból terelősín is elhelyezendő.

A sín magassága leerősítéssel: sinh = 215 mm

A tervezendő híd, és környéke az Eurocode szerinti II. beépítettségi kategóriába tartozik.



1. ábra : Főbb szerkezeti méretek

III. KÖZELÍTŐ ERŐTANI SZÁMÍTÁS

1. Feladat megfogalmazása

Kidolgozandó egy kéttámaszú rácsos szerkezetű alsópályás vasúti híd vázlattervi szinten.

2. Terhelő erők és hatások

Az Eurocode a teher oldalon is karakterisztikus értékeket ad meg. Ezekhez biztonsági és egyidejűségi tényezőket rendel, amely tényezőkkel a számítás során előírás szerint módosítandó a karakterisztikus érték.

A terhek csoportosítása az alábbiak szerinti (amely azonos a magyar gyakorlattal):

Állandó jellegű terhek (szerkezet önsúlya, állandó hídtartozék, stb)

Esetleges terhek (járműteher, szélteher, hóteher, stb)

Rendkívüli terhek (földrengés, vasúti jármű kisiklása hídon, stb)

2.1. Állandó, illetve tartós jellegű terhek és hatások

2.1.1. Állandó terhek (G)

Az önsúlyok karakterisztikus értékeinek meghatározása a szabványban rögzített fajsúlyok, valamint a terveken szereplő névleges méretek alapján, azaz a magyar szabványok szerinti számítással teljesen azonosan történt.

Egyéb szerkezetek önsúlya:

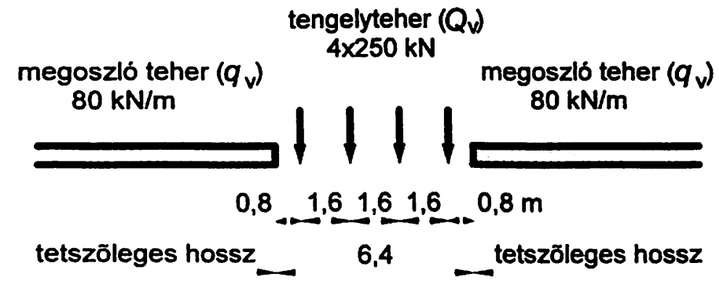
- UIC 60 szelvényű vágány terelősínnel és kapcsolószerekkel: $g_{vág} = 4{,}0\ \frac{kN}{m}$
- Gyalogjáró konzol, korláttal: $g_{kon} = 3{,}0\ \frac{kN}{m}$
- Egyéb állandó teher (kábel): $g_{káb} = 1{,}0\ \frac{kN}{m}$
- Összes állandó teher: $G = g_l + g_{vág} + g_{kon} + g_{káb} = 23{,}8\ \frac{kN}{m}$

2.2. Esetleges jellegű terhek és hatások

A közelítő erőtani számítás során a konzulensemmel egyeztetve a következő esetleges terheket és hatásokat veszem figyelembe:

2.2.1. Járműteher (LM 71)

U jelű teher:



2. ábra. U jelű teher

2.2.2. Dinamikus tényező (φ)

A mozgó járműteher okozta dinamikus hatások figyelembevételéhez, a statikusan számított igénybevételeket dinamikus tényezővel kell szorozni, az alábbi táblázat szerint:

Meghatározó hossz / $L\phi$ /	Dinamikus tényező / ϕ_2 /	Dinamikus tényező / ϕ_3 /
3,61 m-nél kisebb	1,67	2,0
3,61 – 41,7 m	$\phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\varphi} - 0,2} + 0,82$	$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\varphi} - 0,2} + 0,73$
41,7 m -nél nagyobb	1,05	1,075

A meghatározó hosszúság jele L_φ , mely értéket a fenti VHM F2. függelékében közölt táblázat alapján határoztam meg.

A φ_3 tényezőt alkalmazom, mivel esetemben a híd, nem ágyazat átvezetéses.

- egynyílású főtartóra L = 52.00 m fesztáv esetén: φ = 1.075

- folytatólagos hossztartóra L_h = 5.20 m fesztáv esetén:

$$\varphi_h = \frac{2,16}{\sqrt{L_\varphi} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{5,2} - 0,2} + 0,73 = 1,768$$

- kereszttartóra L_k = 5.10 m fesztáv esetén:

$$\varphi_k = \frac{2,16}{\sqrt{L_\varphi} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{5,10} - 0,2} + 0,73 = 1,779$$

3. Hossztartó méretezése

3.1. Hossztartó igénybevételeinek meghatározása

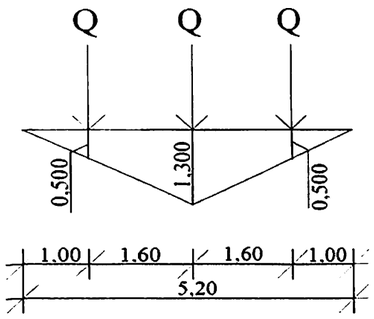
Támaszköz: L_h = 5,20 m

Dinamikus tényező értéke folytatólagos hossztartóra L_h = 5.20 m fesztáv esetén:

φ_h = 1,768

Hossztartó legnagyobb nyomatéka, mint kéttámaszú tartó:

- maximális nyomaték helye:



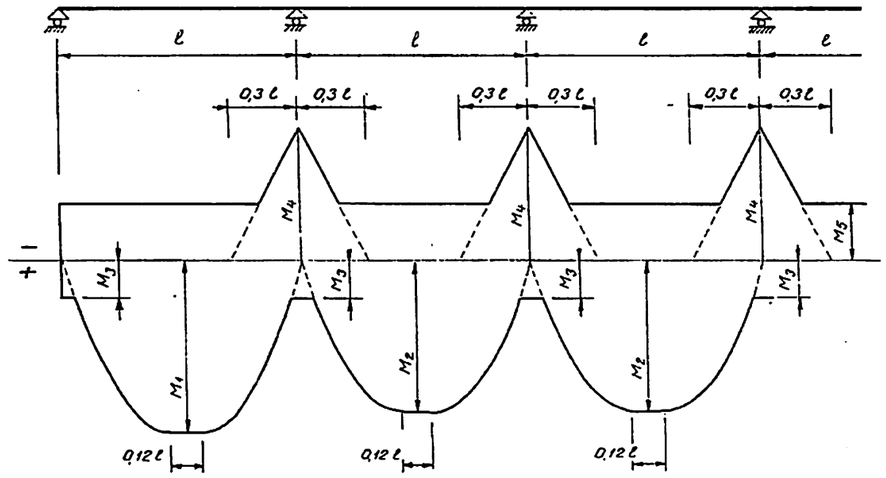
- maximális nyomaték értéke:

$M_x = \Sigma (Q \cdot \mu_i) \cdot \varphi_h$

$M_x = ((Q \cdot \mu_1) + (Q \cdot \mu_2) + (Q \cdot \mu_3)) \cdot \varphi_h$

$M_x = ((125 \cdot 0,5) + (125 \cdot 1,3) + (125 \cdot 0,5)) \cdot 1,768$ M_x = 508,3 kNm

Közelítő nyomatéki burkolóábra:



Nyomatékok értékei:

$M_1 = 0{,}9 \cdot M_x = 0{,}9 \cdot 508{,}3 = 457{,}47$ kNm

$M_2 = 0{,}8 \cdot M_x = 0{,}8 \cdot 508{,}3 = 406{,}64$ kNm

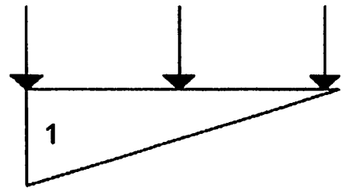
$M_3 = 0{,}2 \cdot M_x = 0{,}2 \cdot 508{,}3 = 101{,}66$ kNm

$M_4 = -0{,}7 \cdot M_x = -0{,}7 \cdot 508{,}3 = -355{,}81$ kNm

$M_5 = -0{,}3 \cdot M_x = -0{,}3 \cdot 508{,}3 = -152{,}49$ kNm

Hossztartók mértékadó reakcióereje:

- szélső támasznál:

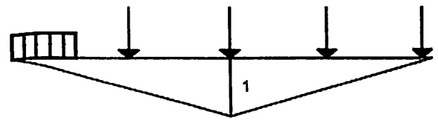


$$R_{01} = \left[1 + \frac{1}{L_h} \cdot (L_h - t_f)\right] \cdot \frac{F}{2} = \left[1 + \frac{1}{5{,}20} \cdot (5{,}20 - 1{,}60)\right] \cdot \frac{250}{2} \qquad R_{01} = 211{,}54 \text{ kN}$$

$$R_{1^+} = \varphi_h \cdot 1{,}00 \cdot R_{01} = 1{,}768 \cdot 1{,}00 \cdot 211{,}54 \qquad R_{1^+} = 374{,}00 \text{ kN}$$

$$R_{1^-} = -(\varphi_h \cdot 0{,}1 \cdot R_{01}) = -(1{,}768 \cdot 0{,}1 \cdot 211{,}54) \qquad R_{1^-} = -37{,}40 \text{ kN}$$

- közbenső támasznál:



$$R_{02}=\left[1+2\cdot\frac{1}{L_h}\cdot(L_h-t_f)\right]\cdot\frac{F}{2}+\left[\frac{1}{L_h}\cdot\frac{(L_h-1{,}5\cdot t_f)^2}{2}\right]\cdot\frac{f}{2}$$

$$R_{02}=\left[1+2\cdot\frac{1}{5{,}20}\cdot(5{,}20-1{,}60)\right]\cdot\frac{250}{2}+\left[\frac{1}{5{,}20}\cdot\frac{(5{,}20-1{,}5\cdot 1{,}60)^2}{2}\right]\cdot\frac{80}{2}$$

R_{02}= 328,23 kN

$R_{2^+}=\varphi_h\cdot 1{,}15\cdot R_{02}=1{,}768\cdot 1{,}15\cdot 328{,}23$ R_{2^+}= 667,36 kN

$R_{2^-}=-(\varphi_h\cdot 0{,}1\cdot R_{02})=-(1{,}768\cdot 0{,}1\cdot 328{,}23)$ R_{2^-}= -58,03 kN

Hossztartók mértékadó nyíróereje:

$V_h=\varphi_h\cdot 1{,}05\cdot R_{01}=1{,}768\cdot 1{,}05\cdot 211{,}54$ V_h= 392,70 kN

3.2. Hossztartó méretei, keresztmetszeti jellemzői

Gerinclemez :

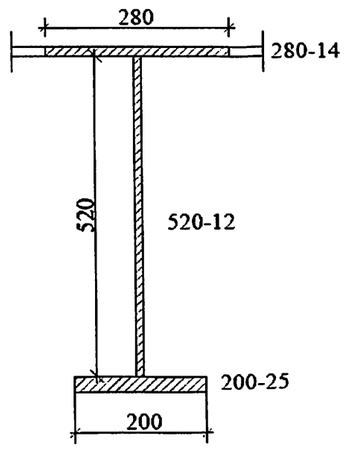
- magasság: h_{hg} = 520 mm
- vastagság: t_{hg} = 12 mm

Alsó övlemez :

- szélesség: $b_{hö}$ = 200 mm
- vastagság: $t_{hö}$ = 25 mm

Pályalemez :

- vastagság: t_{pl} = 14 mm



Felső övlemez :

- együttdolgozó szélesség: $b_{hpl}=20\cdot t_{pl}$

$b_{hpl}=20\cdot 14=280$ mm

Keresztmetszet területe:

$A_h=h_{hg}\cdot t_{hg}+t_{hö}\cdot b_{hö}+t_{pl}\cdot b_{hpl}$

$A_h = (520 \cdot 12) + (25 \cdot 200) + (14 \cdot 280)$ $A_h = 151{,}6\ cm^2$

Keresztmetszet statikai nyomatéka felső szélső szálra:

$$S_{hx1} = b_{hpl} \cdot t_{pl} \cdot \frac{t_{pl}}{2} + h_{hg} \cdot t_{hg} \cdot (t_{pl} + \frac{h_{hg}}{2}) + b_{hö} \cdot t_{hö} \cdot (t_{pl} + h_{hg} + \frac{t_{hö}}{2})$$

$$S_{hx1} = 280 \cdot 14 \cdot \frac{14}{2} + 520 \cdot 12 \cdot (14 + \frac{520}{2}) + 200 \cdot 25 \cdot (14 + 520 + \frac{25}{2})$$

$S_{hx1} = 4469{,}70\ cm^3$

Súlyponti tengely helye felső szélső száltól:

$$y_{hs} = \frac{S_{hx1}}{A_h} = \frac{4469{,}7}{151{,}6}$$ $y_{hs} = 294{,}84\ mm$

Keresztmetszet inerciája:

$$I_{hx} = \frac{t_{hg} \cdot h_{hg}^3}{12} + t_{hg} \cdot h_{hg} \cdot (y_{hs} - t_{pl} - \frac{h_{hg}}{2})^2 + \frac{b_{hpl} \cdot t_{pl}^3}{12} + t_{pl} \cdot b_{hpl} \cdot (y_{hs} - \frac{t_{pl}}{2})^2 \dots$$

$$+ \frac{b_{hö} \cdot t_{hö}^3}{12} + t_{hö} + b_{hö} \cdot (h_{hg} + t_{pl} - y_{hs} + \frac{t_{hö}}{2})^2$$

$$I_{hx} = \frac{12 \cdot 520^3}{12} + 12 \cdot 520 \cdot \left(294{,}84 - 14 - \frac{520}{2} \right)^2 \dots$$

$$+ \frac{280 \cdot 14^3}{12} + 14 \cdot 280 \cdot (294{,}84 - \frac{14}{2})^2 \dots$$

$$+ \frac{200 \cdot 25^3}{12} + 25 + 200 \cdot (520 + 14 - 294{,}84 + \frac{25}{2})^2$$

$I_{hx} = 78508{,}56\ cm^4$

Félkeresztmetszet statikai nyomatéka súlyponti tengelyre:

$$S_{hx} = t_{pl} \cdot b_{hpl} \cdot (y_{hs} - \frac{t_{pl}}{2}) + t_{hg} \cdot (y_{hs} - t_{pl}) \cdot (\frac{y_{hs} - t_{pl}}{2})$$

$$S_{hx} = 14 \cdot 280 \cdot (294{,}84 - \frac{14}{2}) + 12 \cdot (294{,}84 - 14) \cdot (\frac{294{,}84 - 14}{2})$$

$S_{hx} = 1601{,}52\ cm^3$

Felső öv statikai nyomatéka súlyponti tengelyre:

$$S_{hxöv} = t_{pl} \cdot b_{hpl} \cdot (y_{hs} - \frac{t_{pl}}{2})$$

$$S_{hxöv} = 14 \cdot 280 \cdot (294{,}84 - \frac{14}{2})$$ $S_{hxöv} = 1128{,}31\ cm^3$

3.3. Hossztartó keresztmetszeti ellenállásainak vizsgálatai

3.3.1. Hossztartó hajlító nyomaték

- övlemez vizsgálata:

A keresztmetszet osztályozása hajlítás szempontjából:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{35,5}} \qquad \varepsilon = 0,81$$

$a_h = 6$ mm

$$c_f = \frac{b_{hpl}}{2} - (\sqrt{2} \cdot a_h) - (\frac{t_{hg}}{2}) = \frac{280}{2} - (\sqrt{2} \cdot 6) - (\frac{12}{2}) = 125,50 \text{ mm}$$

$t_f = t_{pl} = 14$ mm

$$\left.\begin{array}{l} \frac{c_f}{t_f} = \frac{125,50}{14} = 8,96 \\ 14 \cdot \varepsilon = 14 \cdot 0,81 = 11,34 \end{array}\right\} \quad 8,96 < 11,34 \text{ tehát az öv 3. keresztmetszeti osztály}$$

Mivel az övlemez 3. keresztmetszeti osztályú, ezért a gerinclemez sem lehet ennél kedvezőbb.

- gerinclemez vizsgálata:

Keresztmetszet területe: $A_h = 151,6 \text{ cm}^2$

Keresztmetszet statikai nyomatéka a felső szélső szálra: $S_{hx1} = 4469,70 \text{ cm}^3$

Súlyponti tengely helye a felső szélső száltól: $y_{hs} = 294,84$ mm

A gerinclemez nyomott és húzott szélső szálában lévő feszültség aránya:

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -\frac{z_2}{z_1} = -\frac{h_{kg} - y_{hs} - a_k \cdot \sqrt{2}}{y_{hs} - a_k \cdot \sqrt{2}} = -\frac{520 - 294,84 - 6 \cdot \sqrt{2}}{294,84 - 6 \cdot \sqrt{2}} \qquad \psi = -0,815$$

A korlát:

$$\psi > -1,0 \rightarrow \frac{42 \cdot \varepsilon}{0,67 + 0,33 \cdot \psi} = \frac{42 \cdot 0,81}{0,67 - 0,33 \cdot 0,815} = 84,83$$

A gerinclemez $\frac{d}{t_w}$ aránya:

$\frac{h_{hg}}{t_{hg}} = \frac{520}{12} = 43.33 < 84.83$ tehát a gerinclemez legalább 3. osztályú.

A szelvény tehát hajlítás szempontjából 3. osztályú.

A keresztmetszet inerciája a súlyponti tengelyre: $I_{hx} = 78508,56 \text{ cm}^4$

$y_{max} = 29,484 + 1,4 = 30,88$ cm

A rugalmas keresztmetszeti modulus:

$W_{el} = \frac{I}{y_{max}} = \frac{78508,56}{30,88}$ $W_{el} = 2542,37\ cm^3$

A keresztmetszet ellenállása:

$M_{c.Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2547,37 \cdot 35,5}{1,0} \cdot 10^{-2}$ $M_{c,Rd} = 904,32$ kNm

$M_{Ed} = M_x = 508,3$ kNm

$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{508,3}{904,32} = 0,562 < 1,0$ megfelel

3.3.2. Hossztartó nyírás

A nyírt keresztmetszeti terület:

$A_v = \eta \cdot \sum (h_w \cdot t_w) = 1,0 \cdot \sum (h_{hg} \cdot t_{hg}) = 1,0 \cdot 520 \cdot 12$ $A_v = 6240\ mm^2$

A keresztmetszet nyírási ellenállásának tervezési értéke:

$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{62,4 \cdot \frac{35,5}{\sqrt{3}}}{1,00}$ $V_{c,Rd} = 1278,98$ kN

$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{392,70}{1278,98} = 0,307 < 1,0$ megfelel

3.3.3. Hajlítás és nyírás interakciója

$V_{c,Rd} \cdot 0,5 = 0,5 \cdot 1278,98 = 639,49$ kN $> V_{Ed} = 392,70$ kN

Mivel a működő nyíróerő nem haladja meg a keresztmetszet nyírási ellenállásának felét ($V_{c,Rd} \cdot 0,5$), a hajlítás és nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni.

3.3.4. Hossztartó nyakvarrat ellenőrzése

varratméret: $a_h = 6$ mm

$f_u = 510 \frac{N}{mm^2}$

$\beta_w = 0,9$

$\gamma_{M2} = 1,25$

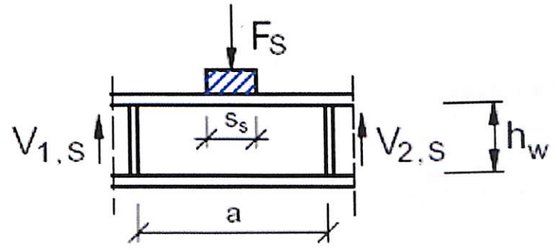
varratfeszültség csúsztató erőből:

$$\tau_{hpEd} = \frac{V_{hEd} \cdot S_{hxöv}}{I_{hx} \cdot 2 \cdot a_h} = \frac{392{,}70 \cdot 1128{,}31}{78508{,}56 \cdot 2 \cdot 0{,}6} \qquad \tau_{hpEd} = 4{,}03 \frac{kN}{cm^2}$$

kihasználtság: $\frac{\sqrt{3 \cdot \tau_{hpEd}{}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 4{,}03^2}}{\frac{510}{0{,}9 \cdot 1{,}25}} \cdot 10^3 = 17{,}97\ \%$

3.3.5. Hossztartó helyi nyomófeszültség gerincben

A jármű kerékterhe a sínen keresztül közvetlenül terheli a hossztartó gerincét, abban nyomófeszültséget ébresztve. Ebből kifolyólag keresztirányú lemezhorpadásra ellenőrizendő a hossztartó gerinclemeze.



- merev terhelési hossz: $s = 2 \cdot sinh = 2 \cdot 215$ $\quad s = 430$ mm

- *m* paraméterek: $m_1 = \frac{b_{hpl1}}{t_{hg}} = \frac{280}{12}$ $\quad m_1 = 23{,}33$

$$m_2 = 0{,}02 \cdot \left(\frac{h_{hg}}{t_{pl}}\right)^2 = 0{,}02 \cdot \left(\frac{520}{14}\right)^2 \qquad m_2 = 27{,}59$$

- effektív terhelési hossz: $l_y = s + 2 \cdot t_{pl} \cdot (1 + \sqrt{m_1 + m_2})$

$$l_y = 430 + 2 \cdot 14 \cdot (1 + \sqrt{23{,}33 + 27{,}59}) = 657{,}8 \text{ mm}$$

- stabilitási tényező: $k_F = 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_{hg}}{L_h}\right)^2 = 6 + 2 \cdot \left(\frac{520}{5200}\right)^2 \qquad k_F = 6{,}02$

- kritikus erő: $F_{cr} = 0{,}9 \cdot k_F \cdot E_s \cdot \frac{t_{hg}{}^3}{h_{hg}} = 0{,}9 \cdot 6{,}02 \cdot 210000 \cdot \frac{12^3}{520}$

$F_{cr} = 3780{,}93$ kN

- gerinclemez karcsúság : $\lambda_F = \sqrt{\frac{l_y \cdot t_{hg} \cdot f_y}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{657,8 \cdot 12 \cdot 355}{3780930}}$ $\lambda_F = 0,86$

- csökkentő tényező: $\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_F} = \frac{0,5}{0,86}$ $\chi_F = 0,58$

- effektív ellenállási hossz: $L_{eff} = \chi_F \cdot l_y = 0,58 \cdot 657,8$ $L_{eff} = 382,44$ mm

- lemezhorpadással szembeni tervezési ellenállás:

$$F_{Rd} = \frac{f_y \cdot L_{eff} \cdot t_{hg}}{\gamma_{M1}} = \frac{355 \cdot 382,44 \cdot 12}{1,10} \quad F_{Rd} = 1481,09 \text{ kN}$$

- tervezési teher $F_{Ed} = F_{Ed} = \alpha \cdot \varphi_h \cdot \gamma_{LM71} \cdot LM71_{sup}$ $F_{Ed} = 492,28$ kN

3.4. Hossztartó stabilitás vizsgálatai

3.4.1. Hossztartó gerinclemez nyírási horpadása

Az Eurocode 3-1-5 szerint a nyírási horpadás okozta csökkentő hatással a teherbírás esetén nem kell számolni, mivel:

$\eta = 1.20 \quad \rightarrow \quad \frac{h_{hg}}{t_{hg}} = \frac{520}{12} = 43,33 < \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 0,81}{1,20} = 48,6$

3.4.2. Hossztartó kifordulásvizsgálat

Az Eurocode 3-1-1 szerint, a nyomott öv megfelelő oldalirányú megtámasztása esetén nem érzékeny a kifordulásra.

A pályalemez ennek eleget tesz, így ezért nem kell elvégezni a vizsgálatot.

4. Kereszttartó méretezése

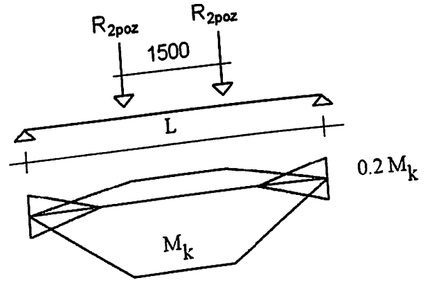
4.1. Kereszttartó igénybevételeinek meghatározása

Kereszttartó hossza: $L_k = 5,10$ m

Dinamikus tényező kereszttartóra: $\varphi_k = 1,779$

Közelítő nyomatéki burkolóábra: R_{2^+}= 667,36 kN

$R_{2^+} = \varphi_h \cdot 1.15 \cdot R_{02} = 1{,}768 \cdot 1{,}15 \cdot 328{,}23$



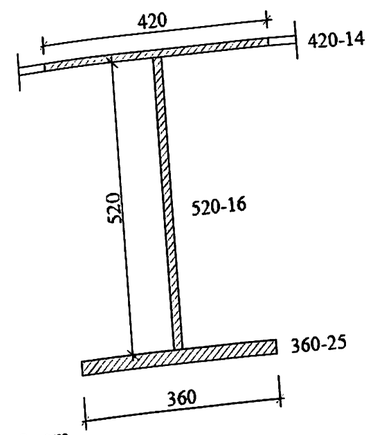
$M_k = \frac{R_{2^+}}{\varphi_h} \cdot \varphi_k \cdot \frac{L_k - sintt}{2} = \frac{667{,}36}{1{,}768} \cdot 1{,}779 \cdot \frac{5{,}10 - 1{,}520}{2}$ M_k = 1202,01 kNm

$M_{kt} = 0{,}2 \cdot M_k$ M_{kt} = 240,40 kNm

Keresztartó mértékadó reakcióereje: $R_k = R_{2^+}$ R_k= 667,36 kN

Keresztartó mértékadó nyíróereje: $V_k = R_k$ V_k= 667,36 kN

4.2. Keresztartó méretei, keresztmetszeti jellemzői



Gerinclemez :

- magasság: $h_{kg} = h_{hg}$ = 520 mm
- vastagság: t_{kg} = 16 mm

Alsó övlemez :

- szélesség: $b_{kö}$ = 360 mm
- vastagság: $t_{kö}$ = 25 mm

Pályalemez :

- vastagság: t_{pl} = 14 mm

Felső övlemez :

- együttdolgozó szélesség: $b_{kpl} = 30 \cdot t_{pl}$

$b_{kpl} = 30 \cdot 14 = 420$ mm

Keresztmetszet területe: A_k = 232,0 cm^2

$A_k = h_{kg} \cdot t_{kg} + t_{kö} \cdot b_{kö} + t_{pl} \cdot b_{kpl}$

$A_k = (520 \cdot 14) + (25 \cdot 360) + (14 \cdot 420)$

Keresztmetszet statikai nyomatéka felső szélső szálra:

$$S_{kx1} = b_{kpl} \cdot t_{pl} \cdot \frac{t_{pl}}{2} + h_{kg} \cdot t_{kg} \cdot \left(t_{pl} + \frac{h_{kg}}{2} \right) + b_{kö} \cdot t_{kö} \cdot \left(t_{pl} + h_{kg} + \frac{t_{kö}}{2} \right)$$

$$S_{kx1} = 420 \cdot 14 \cdot \frac{14}{2} + 520 \cdot 16 \cdot \left(14 + \frac{520}{2} \right) + 360 \cdot 25 \cdot \left(14 + 520 + \frac{25}{2} \right)$$

$S_{kx1} = 7239{,}34 \text{ cm}^3$

Súlyponti tengely helye felső szélső száltól:

$$y_{ks} = \frac{S_{kx_1}}{A_k} = \frac{7239{,}34}{232{,}0}$$

$y_{ks} = 312{,}04 \text{ mm}$

Keresztmetszet inerciája:

$$I_{kx} = \frac{t_{kg} \cdot h_{kg}^{\,3}}{12} + t_{kg} \cdot h_{kg} \cdot \left(y_{ks} - t_{pl} - \frac{h_{kg}}{2} \right)^2 + \frac{b_{kpl} \cdot t_{pl}^{\,3}}{12} + t_{pl} \cdot b_{kpl} \cdot \left(y_{ks} - \frac{t_{pl}}{2} \right)^2 \ldots$$

$$+ \frac{b_{kö} \cdot t_{kö}^{\,3}}{12} + t_{kö} + b_{kö} \cdot \left(y_{ks} - t_{pl} - h_{kg} - \frac{t_{kö}}{2} \right)^2$$

$$I_{kx} = \frac{16 \cdot 520^3}{12} + 14 \cdot 520 \cdot \left(312{,}04 - 14 - \frac{520}{2} \right)^2 \ldots$$

$$+ \frac{420 \cdot 14^3}{12} + 14 \cdot 420 \cdot \left(312{,}04 - \frac{14}{2} \right)^2 \ldots$$

$$+ \frac{360 \cdot 25^3}{12} + 25 + 360 \cdot \left(312{,}04 - 14 - 520 - \frac{25}{2} \right)^2$$

$I_{kx} = 124195{,}54 \text{ cm}^4$

Félkeresztmetszet statikai nyomatéka súlyponti tengelyre:

$$S_{kx} = t_{pl} \cdot b_{kpl} \cdot \left(y_{ks} - \frac{t_{pl}}{2} \right) + t_{kg} \cdot \left(y_{ks} - t_{pl} \right) \cdot \left(\frac{y_{ks} - t_{pl}}{2} \right)$$

$$S_{kx} = 14 \cdot 420 \cdot \left(312{,}04 - \frac{14}{2} \right) + 16 \cdot \left(312{,}04 - 14 \right) \cdot \left(\frac{312{,}04 - 14}{2} \right)$$

$S_{kx} = 2504{,}26 \text{ cm}^3$

Felső öv statikai nyomatéka súlyponti tengelyre:

$$S_{kxöv} = t_{pl} \cdot b_{kpl} \cdot \left(y_{ks} - \frac{t_{pl}}{2} \right)$$

$$S_{kxöv} = 14 \cdot 420 \cdot \left(312{,}04 - \frac{14}{2} \right)$$

$S_{hxöv} = 1793{,}64 \text{ cm}^3$

4.3. Kereszttartó keresztmetszeti ellenállásainak vizsgálata

4.3.1. Kereszttartó hajlító nyomaték

A keresztmetszet osztályozása hajlítás szempontjából:

$a_k = 8$ mm

- övlemez

$$c_f = \frac{b_{kpl}}{2} - (\sqrt{2} \cdot a_k) - (\frac{t_{kg}}{2}) = \frac{420}{2} - (\sqrt{2} \cdot 8) - (\frac{16}{2}) = 190{,}68 \text{ mm}$$

$t_f = t_{pl} = 14$ mm

$$\left.\begin{array}{l} \frac{c_f}{t_f} = \frac{190{,}68}{14} = 13{,}62 \\ 14 \cdot \varepsilon = 14 \cdot 0{,}81 = 11{,}34 \end{array}\right\} \; 11{,}92 > 11{,}34$$ tehát az öv 4. keresztmetszeti osztályú

Mivel az övlemez 4. keresztmetszeti osztályú, ezért a gerinc vizsgálata nem szükséges.

A keresztmetszet hajlítás szempontjából 4. keresztmetszeti osztályba sorolandó.

- övlemez vizsgálata:

$\psi = 1{,}0$

$k_\sigma = 0{,}43$

$\bar{b} = c_f = 190{,}68$ mm

Nyomott lemez viszonyított karcsúsága:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{\bar{b}}{t_f}}{28{,}4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{\frac{c_f}{t_{pl}}}{28{,}4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{\frac{190{,}68}{14}}{28{,}4 \cdot 0{,}81 \cdot \sqrt{0{,}43}}$$ $\bar{\lambda}_p = 0{,}790$

ρ csökkentő tényező: $\rho = 0{,}964$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}p - 0{,}188}{\bar{\lambda}p^2} = \frac{0{,}790 - 0{,}188}{0{,}790^2} \leq 1{,}0$$

Övlemez hatékony szélessége: $b_{eff} = 183{,}93$ mm

$b_{eff} = \rho \cdot c_f = 0{,}964 \cdot 190{,}68$

Övlemez effektív szélessége:

$c_{f,eff} = (2 \cdot b_{eff}) + t_{pl} + (2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_k) = (2 \cdot 183{,}93) + 14 + (2 \cdot \sqrt{2} \cdot 8)$ $c_{f,eff} = 404{,}49$ mm

- gerinclemez vizsgálata:

Keresztmetszet területe effektív övlemez szélességgel:

$A_{k2} = h_{kg} \cdot t_{kg} + t_{kö} \cdot b_{kö} + t_{pl} \cdot c_{f,eff}$ $A_{k2} = 229{,}83$ cm^2

$A_{k2} = (520 \cdot 16) + (25 \cdot 360) + (14 \cdot 404.49)$

A súlypont távolsága a felső öv belső élétől:

$$z = \frac{(t_{kö} \cdot b_{kö} \cdot (h_{kg} + \frac{t_{kö}}{2})) + (h_{kg} \cdot t_{kg} \cdot (\frac{h_{kg}}{2})) - (c_{f,eff} \cdot t_{pl} \cdot (\frac{t_{pl}}{2}))}{A_{k2}}$$

$$z = \frac{(25 \cdot 360 \cdot (520 + \frac{25}{2})) + (520 \cdot 16 \cdot (\frac{520}{2})) - (404{,}49 \cdot 14 \cdot (\frac{14}{2}))}{22983} \qquad z = 300{,}92 \text{ mm}$$

A gerinclemez nyomott és húzott szélső szálában levő feszültség aránya:

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -\frac{z_2}{z_1} = -\frac{219{,}1 - 8 \cdot \sqrt{2}}{300{,}9 - 8 \cdot \sqrt{2}} = -\frac{207{,}78}{289{,}59} \qquad \psi = -0{,}717$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{500{,}20}{16} = 31{,}26 < \frac{42 \cdot \varepsilon}{0{,}67 + 0{,}33 \cdot \psi} = \frac{42 \cdot 0{,}81}{0{,}67 - 0{,}33 \cdot 0{,}717} = 78{,}49$$

$$-1 < \psi < 0 \rightarrow k_\sigma = 7{,}81 - 6{,}29 \cdot \psi + 9{,}78 \cdot \psi^2 = 7{,}81 + (6{,}29 \cdot 0{,}717) + (9{,}78 \cdot 0{,}717^2) \qquad k_\sigma = 17{,}34$$

Nyomott lemez viszonyított karcsúsága:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{\bar{b}}{t_f}}{28{,}4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{\frac{c_w}{t_{pl}}}{28{,}4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{\frac{500{,}20}{16}}{28{,}4 \cdot 0{,}81 \cdot \sqrt{17{,}34}} \qquad \bar{\lambda}_p = 0{,}326$$

ρ csökkentő tényező:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}p - 0{,}055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}p^2} = \frac{0{,}326 - 0{,}055 \cdot (3 - 0{,}717)}{0{,}326^2} \leq 1{,}0 \qquad \rho = 1{,}00$$

Effektív szélesség a gerinc nyomott szakaszán: $b_{eff} = 289{,}59$ mm

$$b_{eff} = \rho \cdot z_1 = 1{,}00 \cdot 289{,}59$$

A felső öv melletti effektív gerincrész: $z_f = 127{,}15$ mm

$$z_f = (0{,}4 \cdot b_{eff}) + (a_k \cdot \sqrt{2}) = (0{,}4 \cdot 289{,}59) + (8 \cdot \sqrt{2})$$

A gerinc effektív alsó szakaszának hossza: $z_a = 392{,}85$ mm

$$z_a = z_2 + (0{,}6 \cdot b_{eff}) + (a_k \cdot \sqrt{2}) = 207{,}78 + (0{,}6 \cdot 289{,}59) + (8 \cdot \sqrt{2})$$

$z_k = 0$ mm

$$z_k = h_{kg} - z_f - z_a = 520 - 127{,}15 - 392{,}85$$

Effektív keresztmetszet: $A_{eff} = 229{,}83$ cm^2

$$A_{eff} = ((z_f + z_a) \cdot t_{kg}) + t_{kö} \cdot b_{kö} + t_{pl} \cdot c_{f,eff}$$

$$A_{eff} = ((127{,}15 + 392{,}85) \cdot 16) + (25 \cdot 360) + (14 \cdot 404{,}49)$$

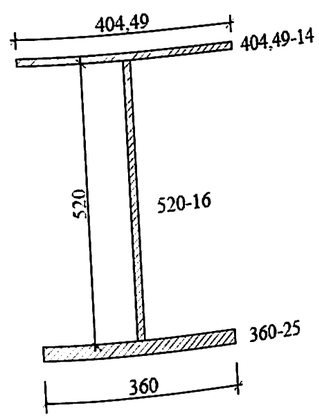
Az effektív keresztmetszet hajlítási ellenállása:

$$z_h = \frac{-\left(c_{f,eff} \cdot t_{pl} \cdot \left(\frac{t_{pl}}{2}\right)\right) + \left(h_{kg} \cdot t_{kg} \cdot \left(\frac{h_{kg}}{2}\right)\right) - \left(z_k \cdot t_{kg} \cdot \left(z_f + \frac{z_k}{2}\right)\right) + \left(t_{kö} \cdot b_{kö} \cdot \left(h_{kg} + \frac{t_{kö}}{2}\right)\right)}{Aeff}$$

$$z_h = \frac{-\left(404{,}49 \cdot 14 \cdot \left(\frac{14}{2}\right)\right) + \left(520 \cdot 16 \cdot \left(\frac{520}{2}\right)\right) - 0 + \left(25 \cdot 360 \cdot \left(520 + \frac{25}{2}\right)\right)}{22983}$$

$z_h = 300{,}92$ mm

A kereszttartó effektív keresztmetszetét az alábbi ábra szemlélteti:



Keresztmetszet effektív értékkel számolt inerciája:

$$I_{eff} = \left[\frac{c_{f,eff} \cdot t_{pl}^3}{12} + t_{pl} \cdot c_{f,eff} \cdot \left(z_h + \frac{t_{pl}}{2}\right)^2\right] + \left[\frac{t_{kg} \cdot z_f^3}{12} + t_{kg} \cdot z_f \cdot \left(z_h - \frac{z_f}{2}\right)^2\right] + \ldots$$

$$+ \left[\frac{t_{kg} \cdot z_a^3}{12} + t_{kg} \cdot z_a \cdot \left(h_{kg} - z_h - \frac{z_a}{2}\right)^2\right] + \ldots$$

$$+ \left[\frac{b_{kö} \cdot t_{kö}^3}{12} + t_{kö} \cdot b_{kö} \cdot \left(h_{kg} - z_h + \frac{t_{kö}}{2}\right)^2\right]$$

$$I_{eff} = \left[\frac{404{,}49 \cdot 14^3}{12} + 14 \cdot 404{,}49 \cdot \left(300{,}92 + \frac{14}{2}\right)^2\right] + \ldots$$

$$\left[\frac{14 \cdot 127{,}15^3}{12} + 14 \cdot 127{,}15 \cdot \left(300{,}92 - \frac{127{,}15}{2}\right)^2\right] + \ldots$$

$$+ \left[\frac{14 \cdot 392{,}85^3}{12} + 14 \cdot 392{,}85 \cdot \left(520 - 300{,}92 - \frac{392{,}85}{2}\right)^2\right] + \ldots$$

$$+ \left[\frac{360 \cdot 25^3}{12} + 25 \cdot 360 \cdot \left(520 - 300{,}92 + \frac{25}{2}\right)^2\right] \qquad I_{eff} = 112138{,}6 \text{ cm}^4$$

A rugalmas keresztmetszeti modulus: $W_{eff} = 3878{,}6 \text{ cm}^3$

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{max}} = \frac{112138{,}6}{30{,}09 + 1{,}4}$$

A keresztmetszet ellenállása:

$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3878{,}6 \cdot 35{,}5}{1{,}0} \cdot 10^{-2}$ $M_{c,Rd}$ = 1376,9 kNm

$M_{Ed} = M_k$ = 1202,01 kNm

megfelel

$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}0 \rightarrow \frac{1202{,}01}{1376{,}9} = 0{,}87 < 1{,}0$

4.3.2. Keresztartó nyírás

A nyírt keresztmetszeti terület: A_v = 8320 mm^2

$A_v = \eta \cdot \sum (h_w \cdot t_w) = 1{,}0 \cdot \sum (h_{kg} \cdot t_{kg}) = 1{,}0 \cdot 520 \cdot 16$

A keresztmetszet nyírási ellenállásának tervezési értéke:

$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{83{,}2 \cdot \frac{35{,}5}{\sqrt{3}}}{1{,}00}$ $V_{c,Rd}$ = 1705,26 kN

megfelel

$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}0$, vagyis $\frac{667{,}36}{1705{,}26} = 0{,}391 < 1{,}0$

4.3.3. Keresztartó hajlítás és nyírás interakciója

$V_{c,Rd} \cdot 0{,}5 = 0{,}5 \cdot 1705{,}26 = 852{,}6$ kN $> V_{Ed} = 667{,}36$ kN

Mivel a működő nyíróerő nem haladja meg a keresztmetszet nyírási ellenállásának felét ($V_{c,Rd} \cdot 0{,}5$), a hajlítás és nyírás kölcsönhatását nem kell figyelembe venni.

4.3.4. Keresztartó nyakvarrat ellenőrzése

varratméret: a_k = 8 mm

$f_u = 510 \frac{N}{mm^2}$

$\beta_w = 0{,}9$

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

varratfeszültség csúsztató erőből: $\tau_{kpEd} = 6{,}02 \frac{kN}{cm^2}$

$\tau_{kpEd} = \frac{V_{kEd} \cdot S_{kx\ddot{o}v}}{I_{kx} \cdot 2 \cdot a_k} = \frac{667{,}36 \cdot 1793{,}64}{124195{,}54 \cdot 2 \cdot 0{,}8}$

kihasználtság: $\frac{\sqrt{3 \cdot \tau_{kpEd}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 6{,}02^2}}{\frac{510}{0{,}9 \cdot 1{,}25}} \cdot 10^3 = 14{,}73$ %

4.4. Kereszttartó stabilitás vizsgálatai

4.4.1. Kereszttartó gerinclemez nyírási horpadása

Az Eurocode 3-1-5 szerint a nyírási horpadás okozta csökkentő hatással a teherbírás esetén nem kell számolni, mivel:

$$\eta = 1.20 \quad \rightarrow \quad \frac{h_{hg}}{t_{hg}} = \frac{520}{16} = 32{,}5 < \frac{72 \cdot \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \cdot 0{,}81}{1{,}20} = 48{,}6$$

4.4.2. Kereszttartó kifordulásvizsgálat

Az Eurocode 3-1-1 szerint, a nyomott öv megfelelő oldalirányú megtámasztása esetén nem érzékeny a kifordulásra.

A pályalemez ennek eleget tesz, így ezért nem kell elvégezni a vizsgálatot.

5. Főtartó méretezése

A főtartó egésze gyári hegesztéssel készül.

5.1. Mértékadó rúderők számítása

5.1.1. Rúderők meghatározása önsúly teherből

Hatásábra területek (lásd M1 melléklet):

- felső övrúd (9-9'):
- alsó övrúd (8-10):
- szélső rácsrúd (0-1):
- közbenső húzott rácsrúd (1-2):
- közbenső nyomott rácsrúd (9-10):

$$T = \begin{pmatrix} -71{,}916 \\ 70{,}770 \\ -26{,}754 \\ 22{,}455 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m}$$

Rúderők önsúly teherből:

- felső övrúd (9-9'):
- alsó övrúd (8-10):
- szélső rácsrúd (0-1):
- közbenső húzott rácsrúd (1-2):
- közbenső nyomott rácsrúd (9-10):

$$S_G = T \cdot G \qquad S_G = \begin{pmatrix} -1711{,}61 \\ 1684{,}33 \\ -636{,}74 \\ 534{,}43 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ kN}$$

5.1.2. Rúderők meghatározása járműteherből

Terhek értékei egy főtartóra:

$$Q = \left(\frac{F}{2} \quad \frac{F}{2} \quad \frac{F}{2} \quad \frac{F}{2}\right) \qquad Q = (\,125 \;\; 125 \;\; 125 \;\; 125\,)\ \text{kN}$$

$$q = \frac{f}{2} = \frac{80}{2} \qquad q = 40\,\frac{kN}{m}$$

Koncentrált terhek alatti ordináták:

$$\mu_{99'} = \begin{pmatrix} -2{,}596 \\ -2{,}766 \\ -2{,}596 \\ -2{,}426 \end{pmatrix} \quad \mu_{810} = \begin{pmatrix} 2{,}438 \\ 2{,}455 \\ 2{,}472 \\ 2{,}489 \end{pmatrix} \quad \mu_{01} = \begin{pmatrix} -1{,}028 \\ -0{,}944 \\ -0{,}958 \\ -0{,}923 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{12} = \begin{pmatrix} 0{,}971 \\ 0{,}936 \\ 0{,}901 \\ 0{,}866 \end{pmatrix} \quad \mu_{910} = \begin{pmatrix} -0{,}409 \\ -0{,}444 \\ -0{,}479 \\ -0{,}514 \end{pmatrix}$$

Megoszló leterhelések ordinátái:

$$\mu_{99'm} = \begin{pmatrix} -2{,}511 \\ -2{,}340 \end{pmatrix} \text{m} \quad \mu_{810m} = \begin{pmatrix} 2{,}387 \\ 2{,}412 \end{pmatrix} \text{m} \quad \mu_{01m} = \begin{pmatrix} -0{,}871 \\ -0{,}905 \end{pmatrix} \text{m}$$

$$\mu_{12m} = \begin{pmatrix} 0{,}813 \\ 0{,}848 \end{pmatrix} \text{m} \quad \mu_{910m} = \begin{pmatrix} -0{,}391 \\ -0{,}357 \end{pmatrix} \text{m}$$

Megoszló leterhelések hosszai:

$$l_{99'm} = \begin{pmatrix} 23{,}60 \\ 22{,}00 \end{pmatrix} \text{m} \quad l_{810m} = \begin{pmatrix} 20{,}40 \\ 25{,}20 \end{pmatrix} \text{m} \quad l_{01m} = \begin{pmatrix} 4{,}40 \\ 41{,}20 \end{pmatrix} \text{m}$$

$$l_{12m} = \begin{pmatrix} 4{,}11 \\ 38{,}60 \end{pmatrix} \text{m} \quad l_{910m} = \begin{pmatrix} 17{,}80 \\ 1{,}80 \end{pmatrix} \text{m}$$

Rúderők járműteherből:

- felső övrúd (9-9'):

$$S_{99'_J} = Q \cdot \mu_{99'} + \left(\frac{\mu_{99'm_0} \cdot l_{99'm_0}}{2} + \frac{\mu_{99'm_1} \cdot l_{99'm_1}}{2}\right) \cdot q$$

$$S_{99'_J} = (\,125 \cdot (\,-10.384\,)\,) + [\left(\frac{-2{,}511 \cdot 23{,}60}{2} + \frac{-2{,}340 \cdot 22{,}00}{2}\right) \cdot 40\,]$$

$$S_{99'_J} = \text{-3506,04 kN}$$

- alsó övrúd (8-10):

$$S_{810_J} = Q \cdot \mu_{810} + \left(\frac{\mu_{810_{m0}} \cdot l_{810_{m0}}}{2} + \frac{\mu_{810_{m1}} \cdot l_{810_{m1}}}{2} \right) \cdot q$$

$$S_{810_J} = (125 \cdot 9{,}854) + [\left(\frac{2{,}387 \cdot 20{,}40}{2} + \frac{2{,}412 \cdot 25{,}20}{2} \right) \cdot 40]$$

$$S_{810_J} = 3421{,}29 \text{ kN}$$

- szélső rácsrúd (0-1):

$$S_{01_J} = Q \cdot \mu_{01} + \left(\frac{\mu_{01_{m0}} \cdot l_{01_{m0}}}{2} + \frac{\mu_{01_{m1}} \cdot l_{01_{m1}}}{2} \right) \cdot q$$

$$S_{01_J} = (125 \cdot (-3{,}853)) + [\left(\frac{-0{,}871 \cdot 4{,}40}{2} + \frac{-0{,}905 \cdot 41{,}20}{2} \right) \cdot 40]$$

$$S_{01_J} = \text{-}1303{,}99 \text{ kN}$$

- közbenső rácsrúd (1-2):

$$S_{12_J} = Q \cdot \mu_{12} + \left(\frac{\mu_{12_{m0}} \cdot l_{12_{m0}}}{2} + \frac{\mu_{12_{m1}} \cdot l_{12_{m1}}}{2} \right) \cdot q$$

$$S_{12_J} = (125 \cdot 3{,}674) + [\left(\frac{0{,}813 \cdot 4{,}11}{2} + \frac{0{,}848 \cdot 38{,}60}{2} \right) \cdot 40]$$

$$S_{12_J} = 1180{,}74 \text{ kN}$$

- közbenső rácsrúd (9-10):

$$S_{910_J} = Q \cdot \mu_{910} + \left(\frac{\mu_{910_{m0}} \cdot l_{910_{m0}}}{2} + \frac{\mu_{910_{m1}} \cdot l_{910_{m1}}}{2} \right) \cdot q$$

$$S_{910_J} = (125 \cdot (-1{,}846)) + [\left(\frac{-0{,}391 \cdot 17{,}80}{2} + \frac{-0{,}357 \cdot 1{,}80}{2} \right) \cdot 40]$$

$$S_{910_J} = \text{-}382{,}79 \text{ kN}$$

5.1.3. Mértékadó rúderők

Felső övrúd (9-9'): $S_{99'_I} = S_{G_0} + \varphi_h \cdot S_{99'_J} = (-1711{,}61) + (1{,}768 \cdot (-3506{,}04))$

$$S_{99'_I} = \text{-}7910{,}28 \text{ kN}$$

Alsó övrúd (8-10): $S_{810_I} = S_{G_1} + \varphi_h \cdot S_{810_J} = 1684{,}33 + (1{,}768 \cdot 3421{,}29))$

$$S_{810_I} = 7733{,}17 \text{ kN}$$

Szélső rácsrúd (0-1): $S_{01_I} = S_{G_2} + \varphi_h \cdot S_{01_J} = (-636{,}74) + (1{,}768 \cdot (-1303{,}99))$

$$S_{01_I} = \text{-}2942{,}19 \text{ kN}$$

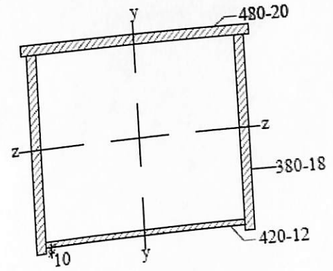
Közbenső rácsrúd (1-2): $S_{12_I} = S_{G_3} + \varphi_h \cdot S_{12_J} = 534{,}43 + (1{,}768 \cdot 1180{,}74)$

$$S_{12_I} = 2621{,}97 \text{ kN}$$

Közbenső rácsrúd (9-10): $S_{910_l} = S_{G_4} + \varphi_h \cdot S_{910_J} = 0 + (1{,}768 \cdot (-382{,}74))$

S_{910_l} = -676,79 kN

5.2. Főtartó méretfelvétele, szelvényeinek felvétele



5.2.1. Felső övrúd (9-9')

Gerinclemez :

- magasság: $h_{99'g}$ = 380 mm
- vastagság: $t_{99'g}$ = 18 mm

Alsó övlemez :

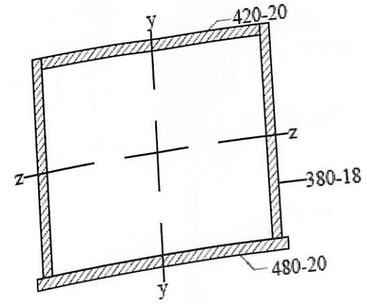
- szélesség: $s_{99'a}$ = 420 mm
- vastagság: $t_{99'a}$ = 12 mm

Felső övlemez :

- szélesség: $s_{99'f}$ = 480 mm
- vastagság: $t_{99'f}$ = 20 mm

Befoglaló méret :

- magasság: $b_{99'm} = h_{99'g} + t_{99'f} = 380 + 20 = 400$ mm
- szélesség: $b_{99'sz} = s_{99'a} + (2 \cdot t_{99'g}) = 420 + (2 \cdot 18) = 456$ mm



5.2.2. Alsó övrúd (8-10)

Gerinclemez :

- magasság: h_{810g} = 380 mm
- vastagság: t_{810g} = 18 mm

Alsó övlemez :

- szélesség: s_{810a} = 480 mm
- vastagság: t_{810a} = 20 mm

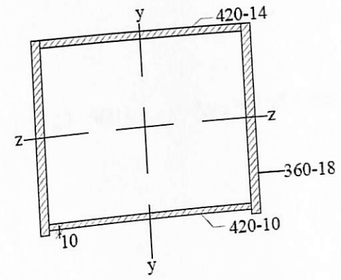
Felső övlemez :

- szélesség: s_{810f} = 420 mm
- vastagság: t_{810f} = 20 mm

Befoglaló méret :

- magasság: $b_{810m} = h_{810g} + t_{810a} = 380 + 20 = 400$ mm
- szélesség: $b_{810sz} = s_{810f} + (2 \cdot t_{810g}) = 420 + (2 \cdot 18) = 456$ mm

5.2.3. Szélső rácsrúd (0-1)



Gerinclemez :

- magasság: $h_{01g} = 360$ mm
- vastagság: $t_{01g} = 18$ mm

Alsó övlemez :

- szélesség: $s_{01a} = 420$ mm
- vastagság: $t_{01a} = 10$ mm

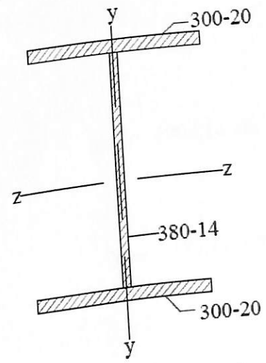
Felső övlemez :

- szélesség: $s_{01f} = 420$ mm
- vastagság: $t_{01f} = 14$ mm

Befoglaló méret :

- magasság: $b_{01m} = h_{01g} = 360$ mm
- szélesség: $b_{01sz} = s_{01a} + (2 \cdot t_{01g}) = 420 + (2 \cdot 18) = 456$ mm

5.2.4. Közbenső húzott rácsrúd (1-2)



Gerinclemez :

- magasság: $h_{12g} = 380$ mm
- vastagság: $t_{12g} = 14$ mm

Övlemez :

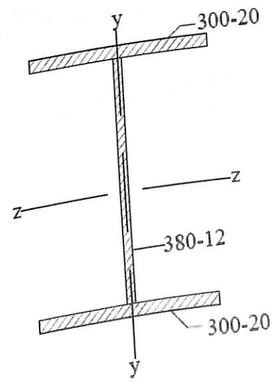
- szélesség: $s_{12ö} = 300$ mm
- vastagság: $t_{12ö} = 20$ mm

Keresztmetszeti adatok :

- keresztmetszet területe:

$A_{12} = h_{12g} \cdot t_{12g} + (2 \cdot t_{12ö} \cdot s_{12ö}) = 380 \cdot 14 + (2 \cdot 20 \cdot 300)$ $A_{12} = 173{,}20$ cm^2

5.2.5. Közbenső nyomott rácsrúd (9-10)



Gerinclemez :

- magasság: $h_{910g} = 380$ mm
- vastagság: $t_{910g} = 12$ mm

Övlemez :

- szélesség: $s_{910ö} = 300$ mm
- vastagság: $t_{910ö} = 20$ mm

Keresztmetszeti adatok :

- keresztmetszet területe:

$A_{910} = h_{910g} \cdot t_{910g} + (2 \cdot t_{910ö} \cdot s_{910ö}) = 380 \cdot 12 + (2 \cdot 20 \cdot 300)$ $A_{910} = 165{,}6\ cm^2$

5.3. Rudak szelvényeinek ellenőrzése

5.3.1. Felső nyomott övrúd ellenőrzése (9-9')

$A_{99'} = 283{,}20\ cm^2$

Keresztmetszeti adatok:

- keresztmetszet területe (nyílással gyengítve):

- keresztmetszet statikai nyomatéka a felső szélső szálra:

$$S_{99'z} = (s_{99'f} \cdot \frac{t_{99'f}^2}{2}) + [2 \cdot t_{99'g} \cdot h_{99'g} \cdot (\frac{h_{99'g}}{2} + t_{99'f})] \cdots$$

$$+ [s_{99'a} \cdot t_{99'a} \cdot (t_{99'f} + h_{99'g} - 10\ mm - \frac{t_{99'a}}{2})]$$

$$S_{99'z} = (480 \cdot \frac{20^2}{2}) + [2 \cdot 18 \cdot 380 \cdot (\frac{380}{2} + 18)] \cdots$$

$$+ [420 \cdot 12 \cdot (20 + 380 - 10\ mm - \frac{12}{2})]$$

$S_{99'z} = 4904{,}16\ cm^3$

- súlyponti tengely helye, a felső szélső száltól:

$y_{99's} = 173{,}17\ mm$

$$y_{99's} = \frac{S_{99'z}}{A_{99'}} = \frac{4904{,}16}{283{,}20}$$

- keresztmetszet inerciái:

$$I_{99'z} = [\frac{s_{99'f} \cdot t_{99'f}^3}{12} + s_{99'f} \cdot t_{99'f} \cdot (y_{99's} - \frac{t_{99'f}}{2})^2] \cdots$$

$$+ [\frac{2\, t_{99'g} \cdot h_{99'g}^3}{12} + 2 \cdot t_{99'g} \cdot h_{99'g} \cdot (y_{99's} - \frac{h_{99'g}}{2} - t_{99'f})^2] \cdots$$

$$+ [\frac{s_{99'a} \cdot t_{99'a}^3}{12} + s_{99'a} \cdot t_{99'a} \cdot (y_{99's} - (t_{99'f} + h_{99'g} - 10\ mm - \frac{t_{99'a}}{2})^2]$$

$$I_{99'z} = [\frac{480 \cdot 20^3}{12} + 480 \cdot 20 \cdot (173{,}17 - \frac{20}{2})^2] \cdots$$

$$+ [\frac{2 \cdot 18 \cdot 380^3}{12} + 2 \cdot 18 \cdot 380 \cdot (173{,}17 - \frac{380}{2} - 18)^2] \cdots$$

$$+\left[\frac{420\cdot 12^3}{12}+420\cdot 12\cdot(173{,}17-(20+380-10\text{ mm}-\frac{12}{2})^2\right]$$

$I_{99'z} = 66317{,}18\ cm^3$

$$I_{99'y}=\left[\frac{t_{99If}\cdot s_{99If}^3}{12}+\frac{h_{99Ig}\cdot 2\cdot t_{99Ig}^3}{12}+2\cdot t_{99'g}\cdot h_{99'g}\cdot(\frac{s_{99Ia}}{2}+\frac{t_{99Ig}}{2})^2\right]\ldots$$

$$+\left[\frac{t_{99'a}\cdot s_{99'a}^3}{12}\right]$$

$$I_{99'y}=\left[\frac{20\cdot 480^3}{12}+\frac{380\cdot 2\cdot 18^3}{12}+2\cdot 18\cdot 380\cdot(\frac{420}{2}+\frac{18}{2})^2\right]+\left[\frac{12\cdot 420^3}{12}\right]$$

$I_{99'y} = 91488{,}38\ cm^3$

- inerciasugarak:

$i_{99'z} = 153{,}03$ mm

$$i_{99'z}=\sqrt{\frac{I_{99'z}}{A_{99I}}}=\sqrt{\frac{6631{,}7}{283{,}20}}$$

$i_{99'y} = 179{,}74$ mm

$$i_{99'y}=\sqrt{\frac{I_{99'y}}{A_{99I}}}=\sqrt{\frac{91488{,}38}{283{,}20}}$$

Kihajlásvizsgálat:

$f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$

$\varepsilon = 0{,}81$

$$\varepsilon=\sqrt{\frac{23{,}5}{f_y}}=\sqrt{\frac{23{,}5}{35{,}5}}$$

$\lambda_1 = 76{,}40$

$\lambda_1 = 93{,}9\cdot\varepsilon = 93{,}9\cdot 0{,}81$

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

A keresztmetszet osztályozása nyomásra:

- Öv

$c_f = s_{99'a} = 420$ mm

$t_f = t_{99'f} = 20$ mm

$\frac{c_f}{t_f}=\frac{420}{20}=21{,}0$

$33\cdot\varepsilon = 33\cdot 0.81 = 26.85$

$21{,}0 < 26{,}85$ tehát az öv 1. keresztmetszeti osztályú

- Gerinc

$c_w = h_{99\cdot g} - 10\text{ mm} - t_{99\cdot a} = 380 - 10 - 12 = 358\text{ mm}$

$t_w = t_{99\cdot g} = 18\text{ mm}$

$\frac{c_w}{t_w} = \frac{358}{18} = 19{,}88$

$33\cdot\varepsilon = 33\cdot 0{,}81 = 26{,}85$

$19{,}88 < 26{,}85$ tehát a gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

Tehát a keresztmetszet 1. keresztmetszeti osztályú nyomás szempontjából.

Karcsúságok: $L_{h\,99I} = 5{,}2$ m

- hálózati rúdhossz:
- kihajlási hosszak:

a tartó síkban: $\upsilon_y = 1{,}0$

a tartó síkra merőlegesen: $\upsilon_z = 1{,}0$

$$\lambda_{99\cdot y} = \frac{\upsilon_y \cdot L_{h\,99I}}{i_{99Iy}} = \frac{1{,}0 \cdot 520}{179{,}74} \qquad \lambda_{99\cdot y} = 28{,}93$$

$$\lambda_{99\cdot z} = \frac{\upsilon_z \cdot L_{h\,99I}}{i_{99Iz}} = \frac{1{,}0 \cdot 520}{153{,}03} \qquad \lambda_{99\cdot z} = 33{,}98$$

Viszonyított karcsúságok:

$$\bar{\lambda}_{99Iy} = \frac{\lambda_{99Iy}}{\lambda_1} = \frac{28{,}93}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{99Iy} = 0{,}378$$

$$\bar{\lambda}_{99Iz} = \frac{\lambda_{99Iz}}{\lambda_1} = \frac{33{,}98}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{99Iz} = 0{,}444$$

A χ csökkentő tényező (interpolálással):

$\bar{\lambda}_{99Iy} = 0{,}378 \rightarrow$ „c" kihajlási görbe $\qquad \chi_y = 0{,}9088$

$\bar{\lambda}_{99Iz} = 0{,}444 \rightarrow$ „c" kihajlási görbe $\qquad \chi_z = 0{,}8733$

$\chi = \chi_z = 0{,}8737$

A nyomott rúd tervezési kihajlási ellenállása:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{f_y \cdot A_{99I}}{\gamma_{M0}} = 0{,}8737 \cdot \frac{35{,}5 \cdot 283{,}20}{1{,}0} \qquad N_{b,Rd} = 8783{,}83\text{ kN}$$

Nyomott rúd kihajlási ellenállás ellenőrzése: megfelel

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0 \rightarrow \frac{7910{,}28}{8783{,}83} = 0{,}90 < 1{,}0$$

5.3.2. Alsó húzott övrúd ellenőrzése (8-10)

A húzott keresztmetszet ellenállása: $A_{810} = 316{,}80\ cm^2$

- keresztmetszet területe (nyílással gyengítve): $N_{pl,Rd} = 11246{,}4\ kN$

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y \cdot A_{810}}{\gamma_{M0}} = \frac{35{,}5 \cdot 316{,}80}{1{,}0}$$

Ellenőrzés: megfelel

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1{,}0 \rightarrow \frac{7733{,}17}{11246{,}4} = 0{,}69 < 1{,}0$$

5.3.3. Szélső nyomott rácsrúd ellenőrzése (0-1)

Keresztmetszeti adatok: $A_{01} = 230{,}4\ cm^2$

- keresztmetszet területe (nyílással gyengítve):

- keresztmetszet statikai nyomatéka a felső szélső szálra:

$$S_{01z} = (s_{01f} \cdot \frac{t_{01f}^2}{2}) + 2 \cdot t_{01g} \cdot h_{01g} \cdot (\frac{h_{01g}}{2}) + [s_{01a} \cdot t_{01a} \cdot (h_{01g} - 10\ mm - \frac{t_{01a}}{2})]$$

$$S_{01z} = (420 \cdot \frac{14^2}{2}) + 2 \cdot 18 \cdot 360 \cdot (\frac{360}{2}) + [420 \cdot 10 \cdot (360 - 10\ mm - \frac{10}{2})] \qquad S_{01z} = 3822{,}96\ cm^3$$

- súlyponti tengely helye, a felső szélső száltól: $y_{01s} = 165{,}93\ mm$

$$y_{01s} = = \frac{S_{01z}}{A_{01}} = \frac{3822{,}96}{230{,}4}$$

- keresztmetszet inerciái:

$$I_{01z} = [\frac{s_{01f} \cdot t_{01f}^3}{12} + s_{01f} \cdot t_{01f} \cdot (y_{01s} - \frac{t_{01f}}{2})^2] \ldots$$

$$+ [2 \cdot \frac{t_{01g} \cdot h_{01g}^3}{12} + 2 \cdot t_{01g} \cdot h_{01g} \cdot (y_{01s} - \frac{h_{01g}}{2})^2] \ldots$$

$$+ [\frac{s_{01a} \cdot t_{01a}^3}{12} + s_{01a} \cdot t_{01a} \cdot [y_{01s} - (h_{01g} - 10\ mm - \frac{t_{01a}}{2})^2]$$

$$I_{01z} = [\frac{420 \cdot 14^3}{12} + 420 \cdot 14 \cdot (165{,}93 - \frac{14}{2})^2] \ldots$$

$$+ [2 \cdot \frac{18 \cdot 360^3}{12} + 2 \cdot 18 \cdot 360 \cdot (165{,}93 - \frac{360}{2})^2] \ldots$$

$$+ \left[\frac{420 \cdot 10^3}{12} + 420 \cdot 10 \cdot [\, 165{,}93 - (\, 360 - 10\ \text{mm} - \frac{10}{2} \,)^2 \,] \right.$$

$$I_{01z} = 42586{,}36\ \text{cm}^3$$

$$I_{01y} = \left[\frac{t_{01f} \cdot s_{01f}^3}{12} + 2 \cdot \frac{h_{01g} \cdot t_{01g}^3}{12} + t_{01g} \cdot h_{01g} \cdot (\frac{s_{01a}}{2} + \frac{t_{01g}}{2})^2 \right] + \left[\frac{t_{01a} \cdot s_{01a}^3}{12} \right]$$

$$I_{01y} = \left[\frac{14 \cdot 420^3}{12} + 2 \cdot \frac{360 \cdot 18^3}{12} + 18 \cdot 360 \cdot (\frac{420}{2} + \frac{10}{2})^2 \right] + \left[\frac{10 \cdot 420^3}{12} \right]$$

$$I_{01y} = 77010{,}05\ \text{cm}^3$$

- inerciasugarak:

$$i_{01z} = \sqrt{\frac{I_{01z}}{A_{01}}} = \sqrt{\frac{42586{,}36}{230{,}4}} \qquad i_{01z} = 135{,}95\ \text{mm}$$

$$i_{01y} = \sqrt{\frac{I_{01y}}{A_{01}}} = \sqrt{\frac{77010{,}05}{230{,}4}} \qquad i_{01y} = 182{,}82\ \text{mm}$$

Kihajlásvizsgálat:

$$f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23{,}5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23{,}5}{35{,}5}} \qquad \varepsilon = 0{,}81$$

$$\lambda_1 = 93{,}9 \cdot \varepsilon = 93{,}3 \cdot 0{,}81 \qquad \lambda_1 = 76{,}40$$

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

A keresztmetszet osztályozása nyomásra:

- Öv

$c_f = s_{01f} = 420$ mm

$t_f = t_{01f} = 14$ mm

$\frac{c_f}{t_f} = \frac{420}{14} = 30{,}0$ mm

$42 \cdot \varepsilon = 42 \cdot 0{,}81 = 34{,}02$

$30{,}0 < 34{,}02$ tehát az öv 3. keresztmetszeti osztályú

- Gerinc

$c_w = h_{01g}$ - 10 mm $- t_{01a} - t_{01f}$ = 360 - 10 − 10 − 14 = 326 mm

$t_w = t_{01g} = 18$ mm

$\left.\begin{array}{l} \frac{c_w}{t_w} = \frac{326}{18} = 18{,}11 \\ 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0{,}81 = 26{,}85 \end{array}\right\}$ 18,11 < 26,85 tehát a gerinc 1. keresztmetszeti osztályú

Tehát a keresztmetszet 3. keresztmetszeti osztályú, nyomás szempontjából.

Karcsúságok:

- hálózati rúdhossz: $L_{h\,01} = 5{,}37$ m
- kihajlási hosszak:
  - a tartó síkban: $\upsilon_y = 0{,}9$
  - a tartó síkra merőlegesen: $\upsilon_z = 1{,}0$

$$\lambda_{01y} = \frac{\upsilon_y \cdot L_{h\,01}}{i_{01y}} = \frac{0{,}9 \cdot 537}{182{,}82} \qquad \lambda_{01y} = 26{,}43$$

$$\lambda_{01z} = \frac{\upsilon_z \cdot L_{h\,01}}{i_{01z}} = \frac{1{,}0 \cdot 537}{135{,}95} \qquad \lambda_{01z} = 39{,}50$$

Viszonyított karcsúságok:

$$\bar{\lambda}_{01y} = \frac{\lambda_{01y}}{\lambda_1} = \frac{26{,}43}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{01y} = 0{,}346$$

$$\bar{\lambda}_{01z} = \frac{\lambda_{01z}}{\lambda_1} = \frac{39{,}50}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{01z} = 0{,}517$$

A χ csökkentő tényező (interpolálással):

$\bar{\lambda}_{01y} = 0{,}346 \rightarrow$ „b" kihajlási görbe $\qquad \chi_y = 0{,}9470$

$\bar{\lambda}_{01z} = 0{,}517 \rightarrow$ „c" kihajlási görbe $\qquad \chi_z = 0{,}8333$

$\chi = \chi_z = 0{,}833$

A nyomott rúd tervezési kihajlási ellenállása:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{f_y \cdot A_{01}}{\gamma_{M0}} = 0{,}8333 \cdot \frac{35{,}5 \cdot 230{,}4}{1{,}0} \qquad N_{b,Rd} = 6815{,}73 \text{ kN}$$

Nyomott rúd kihajlási ellenállás ellenőrzése:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0 \rightarrow \frac{2942{,}19}{6815{,}73} = 0{,}43 < 1{,}0 \qquad \text{megfelel}$$

5.3.4. Közbenső húzott rácsrúd ellenőrzése (1-2)

A húzott keresztmetszet ellenállása:

- keresztmetszet területe: $A_{12} = 173{,}20\ cm^2$

$$N_{pl.Rd} = \frac{f_y \cdot A_{12}}{\gamma_{M0}} = \frac{35{,}5 \cdot 173{,}20}{1{,}0} \qquad N_{pl.Rd} = 6148{,}6\ kN$$

Ellenőrzés:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}} \leq 1.0 \rightarrow \frac{2621{,}97}{6148{,}6} = 0{,}43 < 1{,}0 \qquad \text{megfelel}$$

5.3.5. Közbenső nyomott rácsrúd ellenőrzése (9-10)

Kihajlásvizsgálat:

$f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23{,}5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23{,}5}{35{,}5}} \qquad \varepsilon = 0{,}81$$

$\lambda_1 = 93.9 \cdot \varepsilon = 93.3 \cdot 0.81$ $\qquad \lambda_1 = 76{,}40$

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

A keresztmetszet osztályozása nyomásra:

$a_{910} = 6$ mm

- Öv

$$c_f = \frac{s_{910ö}}{2} - (\sqrt{2} \cdot a_{910}) - \frac{t_{910g}}{2} = \frac{300}{2} - (\sqrt{2} \cdot 6) - \frac{12}{2} = 135{,}50\ mm$$

$t_f = t_{910ö} = 20$ mm

$$\left.\begin{array}{l} \frac{c_f}{t_f} = \frac{135{,}50}{20} = 6{,}77 \\ 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 0{,}81 = 8{,}1 \end{array}\right\} \quad 6{,}76 < 8{,}1 \text{ tehát az öv 2. keresztmetszeti osztályú}$$

- Gerinc

$$c_w = h_{910g} - [\,2 \cdot (\sqrt{2} \cdot a_{910})\,] = 380 - [\,2 \cdot (\sqrt{2} \cdot 6)\,] = 363{,}03\ mm$$

$t_w = t_{910g} = 12$ mm

$$\left.\begin{array}{l} \frac{c_w}{t_w} = \frac{363{,}03}{12} = 30{,}25 \\ 38 \cdot \varepsilon = 38 \cdot 0{,}81 = 30{,}87 \end{array}\right\} \quad 30{,}25 < 30{,}87 \text{ tehát a gerinc 2. keresztmetszeti osztályú}$$

Tehát a keresztmetszet 2. keresztmetszeti osztályú, nyomás szempontjából.

Keresztmetszeti adatok:

- keresztmetszet területe: $A_{910} = 165{,}6\ cm^2$

- keresztmetszet inerciái:

$$I_{910y} = 2\cdot\left(\frac{t_{910ö}\cdot s_{910ö}^{3}}{12}\right)+\left(\frac{h_{910g}\cdot t_{910g}^{3}}{12}\right)$$

$$I_{910y} = 2\cdot\left(\frac{20\cdot 300^{3}}{12}\right)+\left(\frac{380\cdot 12^{3}}{12}\right) \qquad I_{910y} = 9005{,}47\ \text{cm}^4$$

$$I_{910z} = 2\cdot\left[\left(\frac{s_{910ö}\cdot t_{910ö}^{3}}{12}\right)+ s_{910ö}\cdot t_{910ö}\cdot\left(\frac{h_{910g}}{2}\right)^{2}+\left(\frac{t_{910ö}}{2}\right)^{2}\right]+\left(\frac{t_{910g}\cdot h_{910g}^{3}}{12}\right)$$

$$I_{910z} = 2\cdot\left[\left(\frac{300\cdot 20^{3}}{12}\right)+ 300\cdot 20\cdot\left(\left(\frac{380}{2}\right)^{2}+\left(\frac{20}{2}\right)^{2}\right)\right]+\left(\frac{12\cdot 380^{3}}{12}\right)$$

$$I_{910z} = 48967{,}20\ \text{cm}^4$$

- inerciasugarak:

$$i_{910z} = \sqrt{\frac{I_{910z}}{A_{910}}} = \sqrt{\frac{48967{,}20}{165{,}6}} \qquad i_{910z} = 17{,}19\ \text{mm}$$

$$i_{910y} = \sqrt{\frac{I_{910y}}{A_{910}}} = \sqrt{\frac{9005{,}47}{165{,}6}} \qquad i_{910y} = 7{,}37\ \text{mm}$$

Karcsúságok:

- hálózati rúdhossz: $L_{h_{910}} = 5{,}37$ m
- kihajlási hosszak:

a tartó síkra merőlegesen: $\upsilon_y = 1{,}0$

a tartó síkban: $\upsilon_z = 0{,}9$

$$\lambda_{910y} = \frac{\upsilon_y\cdot L_{h\,910}}{i_{910y}} = \frac{0{,}9\cdot 537}{7{,}37} \qquad \lambda_{910y} = 65{,}58$$

$$\lambda_{910z} = \frac{\upsilon_z\cdot L_{h\,910}}{i_{910z}} = \frac{1{,}0\cdot 537}{17{,}19} \qquad \lambda_{910z} = 31{,}24$$

Viszonyított karcsúságok:

$$\bar{\lambda}_{910y} = \frac{\lambda_{910y}}{\lambda_1} = \frac{65{,}58}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{910y} = 0{,}858$$

$$\bar{\lambda}_{910z} = \frac{\lambda_{910z}}{\lambda_1} = \frac{31{,}24}{76{,}40} \qquad \bar{\lambda}_{910z} = 0{,}409$$

A χ csökkentő tényező (interpolálással):

$\bar{\lambda}_{910y}$= 0.858 → „b" kihajlási görbe $\chi_y = 0{,}6879$

$\bar{\lambda}_{910z}$ = 0.409 → „c" kihajlási görbe $\chi_z = 0{,}8925$

$\chi = \chi_y = 0{,}6879$

A nyomott rúd tervezési kihajlási ellenállása:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{f_y \cdot A_{910}}{\gamma_{M0}} = 0{,}6879 \cdot \frac{35{,}5 \cdot 165{,}6}{1{,}0}$$ $N_{b,Rd}$=4044,02 kN

Nyomott rúd kihajlási ellenállás ellenőrzése:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1{,}0 \rightarrow \frac{676{,}79}{4044{,}02} = 0{,}17 < 1{,}0$$ megfelel

IV. RÉSZLETES ERŐTANI SZÁMÍTÁS

1. Feladat megfogalmazása

Kidolgozandó egy kéttámaszú rácsos szerkezetű alsópályás vasúti híd részletterv keretében.

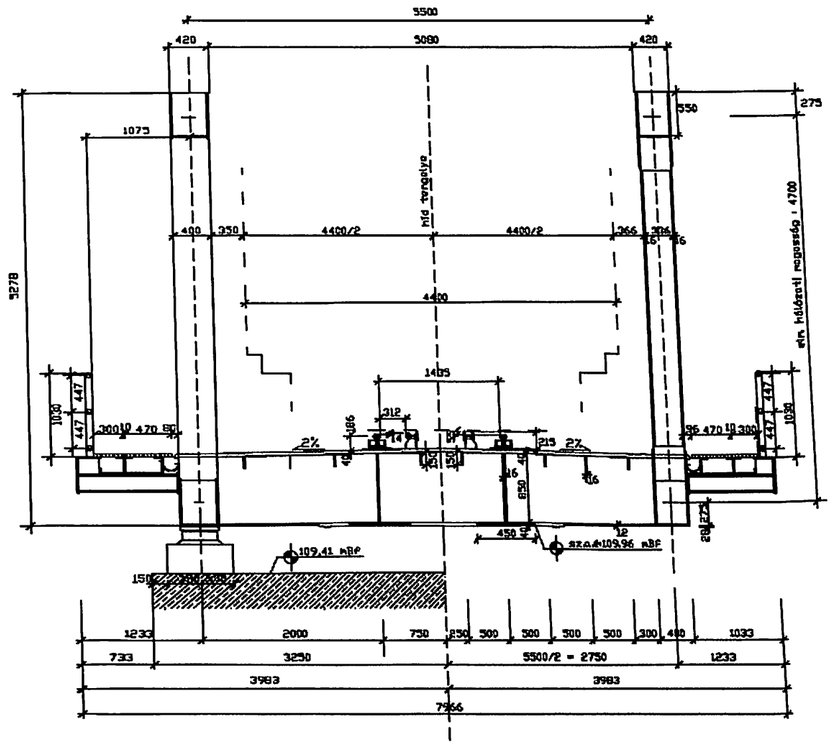
2. Terhelő erők és hatások

Megegyezik a közelítő erőtani számításban leírtakkal.

2.1. Állandó, illetve tartós jellegű terhek és hatások

2.1.1. Állandó terhek (G)

Megegyezik a közelítő erőtani számításban leírtakkal.



3. ábra : Szerkezeti méretek

2.1.2. Egyenletes hőmérsékletváltozás

A hőmérsékletváltozás értéke a + 10 C° feltételezett építési, illetve gyártási hőmérséklethez viszonyítva az alábbi:

- acél és vasbetonlemezzel együttdolgozó acélszerkezetre ± 15 C°

2.2. Esetleges jellegű terhek és hatások

A diplomamunka keretein belül a konzulensemmel egyeztetve a következő esetleges terheket és hatásokat veszem figyelembe:

2.2.1. Járműteher

A vasúti hidakon feltételezendő járműterhekről az Eurocode 1-2-6. fejezete rendelkezik.

A szabvány 4 alapvető tehermodellt ismer, melyek:

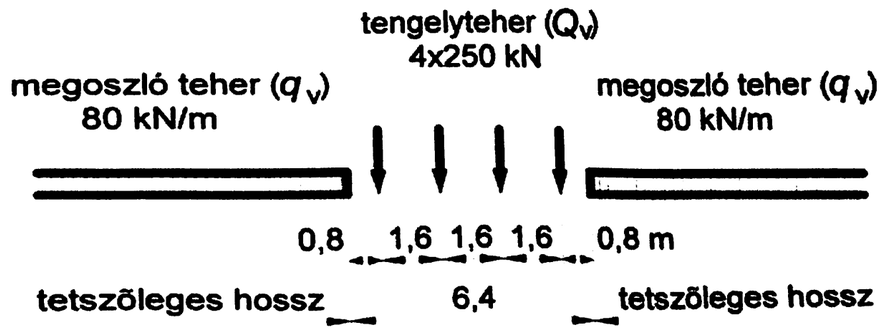
- Load Modell 71 (LM 71) – szokványos vasúti forgalomteher,
- SW/0 – fővonal terhe, és SW/2 – nehéz járműteher,
- HSLM – nagysebességű vonatok tehermodellje,
- Üres szerelvény – üres kocsisor terhe,

A számítások során az LM71 jelű tehermodellt – mint alapmodellt – alkalmaztam. A többi tehermodellre nem tértem ki számításaim során.

2.2.1.1 LM 71 (U jelű teher)

Ez az Eurocode által előírt karakterisztikus teher teljesen azonos a magyar szabályozások szerinti U jelű teherrel.

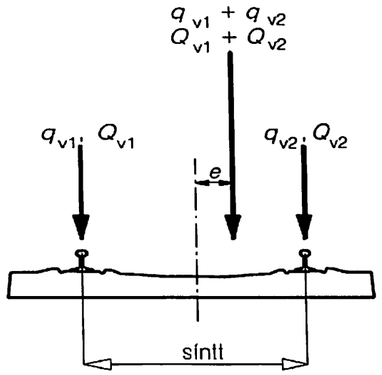
A rendes és széles nyomtávolságú vasutak állandó és félállandó hídjait U jelű teherre kell méretezni, az α rendeltetési tényező figyelembe vételével. Általános esetben az U jelű teher tengelyterhei hosszirányban egyenletesen megoszló terhelésként vehetőek figyelembe. Az U jelű teher azon részeit, amelyek tehermentesítően hatnak, figyelmen kívül kell hagyni. Kettőnél több azonos hatásábra szakaszt csak megoszló terheléssel kell terhelni. Rövid hatásábra szakaszok terhelésekor az U jelű teher egyes tengelyei, amennyiben ellenkező értelmű hatást okoznak, elhagyhatók.



4. ábra. U jelű teher

2.2.1.2. U jelű teher külpontossága (e_k)

Teher külpontosságot csak az U jelű tehernél kell figyelembe venni az $e = \pm \frac{r}{18}$ képlettel, abból a feltételezésből kiindulva, hogy a függőleges terhek külpontossága az egy tengelyen lévő két kerék 1,25:1,00 arányú egyenlőtlen súlyeloszlásából adódik. Ennek figyelembe vételével mind normál, mind széles nyomtáv esetén: e = 85 mm.



$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2}$ = kerékterhek

$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2}$ = tengelyterhek sintt = 1520 mm

$\frac{q_{v2}}{q_{v1}}, \frac{Q_{v2}}{Q_{v1}} \leq 1{,}25$

$e_k = 84{,}44$ mm

$e \leq \frac{sintt}{18}$

5. ábra. U jelű teher külpontossága

2.2.1.3. Járműterhek figyelembevétele hidakon vágányszám alapján

A vágányszám alapján figyelembe veendő járműterheket az alábbi táblázat tartalmazza:

Vágányok száma a hídon	Terhelt vágány	**Normál terhelés**		Speciális teher
		A eset	B eset	
1	**egy**	1,0 (U"+"SW/0)		1,0 SW/2
2	egyik	1,0 (U"+"SW/0)		1,0 SW/2
	másik	1,0 (U"+"SW/0)		1,0 (U"+"SW/0)
3 vagy több	valamelyik	1,0 (U"+"SW/0)	0,75 (U"+"SW/0)	1,0 SW/2
	egy további	1,0 (U"+"SW/0)	0,75 (U"+"SW/0)	1,0 (U"+"SW/0)
	a többi		0,75 (U"+"SW/0)	

A táblázat alkalmazása során az alábbiak figyelembeveendők:

- A terhek számításánál α figyelembeveendő,
- Az A és B eset közül a kedvezőtlenebb alkalmazandó,
- A „+" jel azt jelenti, hogy a folytatólagos többtámaszú szerkezetet, az U jelű terhelésen kívül az SW/0 jelű teherre is ellenőrizni kell,
- Az SW/2 teher alkalmazását esetenként a hatóság írja elő.

2.2.1.4. A rendeltetési tényező (α)

A járműterhek karakterisztikus értékei egy α rendeltetési tényezővel szorzandók olyan vasútvonalakon, ahol a felvett terheknél nehezebb, vagy könnyebb vasúti járművek közlekednek.

Az α rendeltetési tényező értékei az alábbiak lehetnek:

a., fővonalak hídjainál: $\alpha = 1{,}21$

b., A mellékvonalak, valamint a csak személyforgalmú vonalak hídjainál, amennyiben az engedélyező hatóság mást nem ír elő: $\alpha = 1{,}00$

c., Az SW/0 jelű terheket és az a., és b., pontokban előírt, az SW/2 jelű tehernél, az engedélyező hatóság által előírt α tényezőt kell figyelembe venni.

A b, és c pontokban választható α rendeltetési tényező a következő lehet:

0,75 0,83 0,91 1,00 1,10 1,21 1,33

Az általam tervezett híd a 903. számú Kaba-Nádudvar vasúti szárnyvonalon kerül megépítésre, az α rendeltetési tényező értékét, a konzulensemmel egyeztetve $\alpha = 1{,}21$ értékre vettem fel.

2.2.1.5. Dinamikus tényező (φ)

A mozgó járműteher okozta dinamikus hatások figyelembevételéhez, a statikusan számított igénybevételeket dinamikus tényezővel kell szorozni, az alábbi táblázat szerint:

Meghatározó hossz / $L\phi$ /	Dinamikus tényező / ϕ_2/	Dinamikus tényező / ϕ_3/
3,61 m-nél kisebb	1,67	2,0
3,61 – 41,7 m	$\phi_2 = \frac{1{,}44}{\sqrt{L_\phi} - 0{,}2} + 0{,}82$	$\phi_3 = \frac{2{,}16}{\sqrt{L_\phi} - 0{,}2} + 0{,}73$
41,7 m -nél nagyobb	1,05	1,075

A meghatározó hosszúság jele L_φ , mely értéket a fenti VHM F2. függelékében közölt táblázat alapján határoztam meg.

A φ_3 tényezőt alkalmazom, mivel esetemben a híd, nem ágyazat átvezetéses.

- egynyílású főtartóra L = 52.00 m fesztáv esetén: $\varphi = 1{,}075$

- folytatólagos hossztartóra L_h = 5.20 m fesztáv esetén:

$$\varphi_h = \frac{2{,}16}{\sqrt{L_\varphi} - 0{,}2} + 0{,}73 = \frac{2{,}16}{\sqrt{5{,}2} - 0{,}2} + 0{,}73 = 1{,}768$$

- kereszttartóra L_k = 5.10 m fesztáv esetén:

$$\varphi_k = \frac{2{,}16}{\sqrt{L_\varphi} - 0{,}2} + 0{,}73 = \frac{2{,}16}{\sqrt{5{,}10} - 0{,}2} + 0{,}73 = 1{,}779$$

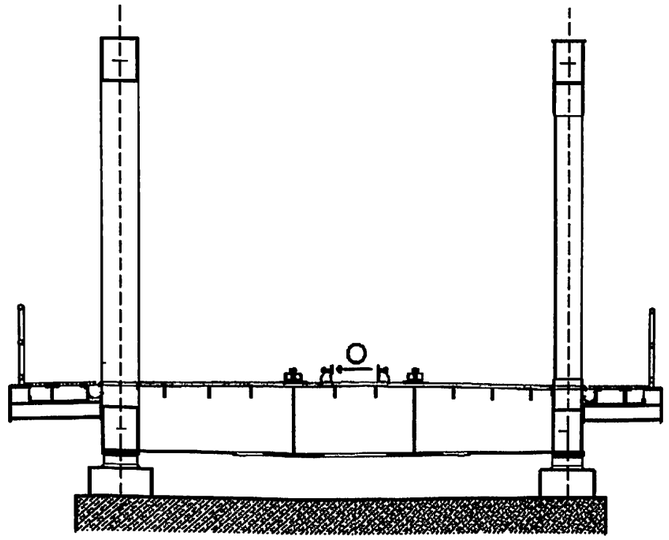
2.2.1.6. Oldallökő erő (O)

A járművek által okozott a sínkoronára ható erőt, az oldallökő erőt koncentrált teherként kell figyelembe venni, merőlegesen a vágánytengelyre.

Az oldallökő erő nagysága normál és széles nyomtávolságú pálya esetén egyetlen 100 kN nagyságú erő.

O = 100 kN.

E karakterisztikus értéket a φ dinamikus tényezővel nem, míg az α rendeltetési tényezővel szorozni kell.



6. ábra : Oldallökő erő értelmezése

2.2.1.7. Indító és fékező erő (Q_i és Q_f)

Az indító és fékező erő a sínkorona szintjén hat és a vizsgált szerkezeti elemhez tartozó hatásszakaszon, a két sínszálon egyenletesen megoszlónak kell feltételezni.

Indító erő U jelű teher esetén: $Q_i = 33\ [\frac{kN}{m}]$ x L [m] ≤ 1000 kN,

Fékező erő U jelű teher esetén: $Q_f = 20\ [\frac{kN}{m}]$ x L [m] ≤ 6000 kN,

ahol: L = a vizsgált szerkezeti elemhez tartozó hatásszakasz hossza, pilléreknél és hídfőknél, a felszerkezet azon részének hossza, amely a vizsgált alépítménnyel kapcsolatban van.

Esetemben L = 52,0 m.

Q_i = min ($33\ \frac{kN}{m} \cdot 52{,}0$ m = 1716 kN ; 1000 kN) → I = 1000 kN

Q_f = min ($20\ \frac{kN}{m} \cdot 52{,}0$ m = 1040 kN ; 6000 kN) → F = 1040 kN

E karakterisztikus értéket a φ dinamikus tényezővel nem, míg az α rendeltetési tényezővel szorozni kell.

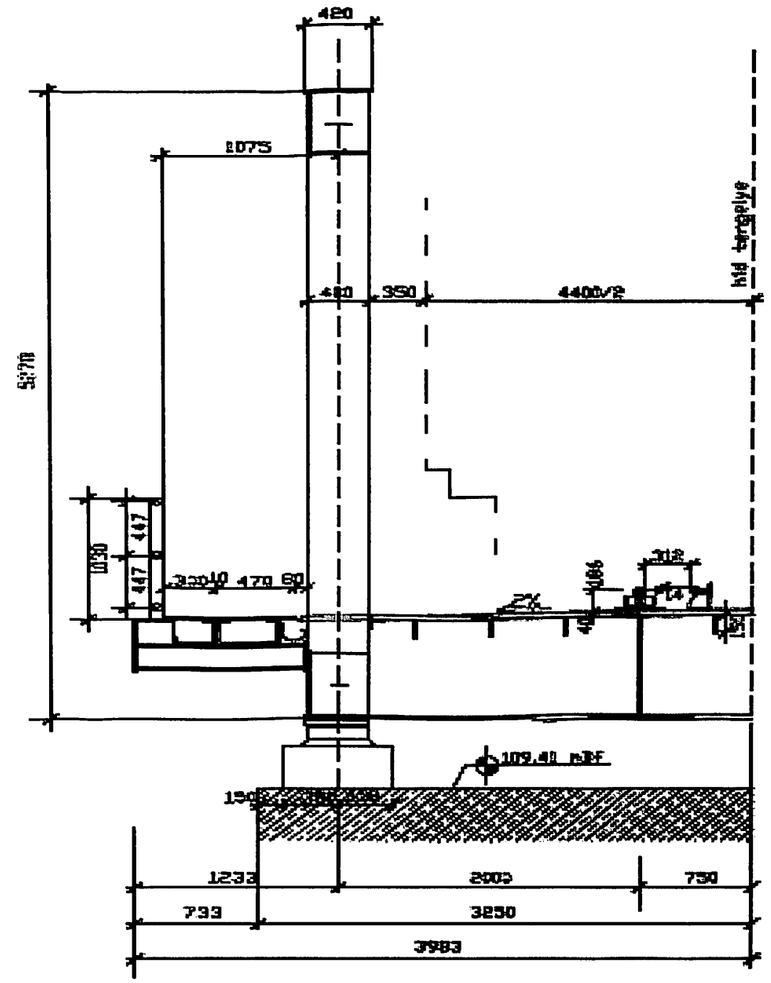
2.2.2. Járművektől független esetleges terhek

2.2.2.1. Közforgalmú gyalogjárda terhe (q_{gy})

Az itt megadott terheket kell felhasználni a méretezéshez, a vasúti hidak közforgalmú gyalogjárdáinál valamint a vasútállomások területén lévő hidak elkülönített gyalogjárdáinál, még akkor is ha azok csupán vasúti célokat szolgálnak.

A közforgalmú járda saját szerkezeti elemeit (konzol, hossztartó, járdalemez stb.) $5{,}0\ \frac{kN}{m^2}$ egyenletesen megoszló teherre valamint ezzel nem egyidejűleg ható olyan 2,5 kN nagyságú terhelő erőre kell méretezni amely 10 cm oldalhosszúságú négyzeten egyenletesen oszlik meg.

Minden olyan hídalkatrész (pl.: főtartó) méretezésénél, melyben mind a vasúti jármű, mind a közforgalmú járda terhe egyidejűleg igénybevételeket okoz, a két teher hatását együtt kell figyelembe venni, de ebben az esetben a közforgalmú járda terhét csak 3,0 $\frac{kN}{m^2}$ –nek kell felvenni.



7. ábra : Gyalogjárda kialakítása

2.2.3. Egyéb terhek és hatások

2.2.3.1. Szélteher (W)

A működtető szélterhet az Eurocode 1-1-4 szabályozza, a hagyományos szerkezetű hidakra.

Szélből a hídtengelyhez képest keresztirányú, és hosszirányú valamint függőleges erők is keletkezhetnek, melyek közül az előbbi kettő nem működhet egyidejűleg. A további számítások során, csak a keresztirányú széllel foglalkozom, a magyar szabványok szerinti számítással összhangban.

A számítás alapadataként felveendő a bázikus szélsebesség alapértéke amelyet az Eurocode szerinti Nemzeti Függelék ad meg.

szélsebesség alapértéke Magyarországon: $v_{b,0} = 23{,}6 \frac{m}{s}$

A számításhoz szükséges további értékek meghatározása:

irányténye ző: $c_{dir} = 1{,}0$

szezonális tényező: $c_{season} = 1{,}0$

referencia szélsebesség: $v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 23{,}6$ $v_b = 23{,}6 \frac{m}{s}$

a levegő sűrűsége: $\rho = 1{,}25 \frac{kg}{m^3}$

2.2.3.1.1. Üres híd esete (W_1)

A bázikus szélsebesség: $v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 23{,}6$ $v_b = 23{,}6 \frac{m}{s}$

Referencia magasság: $z_e = 9{,}70$ m

Felszerkezet szélessége: $b = 7{,}5$ m

Felszerkezet teljes magassága: $d_{tot1} = 4{,}70$ m

Felszerkezet szélesség és magasság aránya: $\frac{b}{d_{tot1}} = \frac{7{,}50}{4{,}70}$ $\frac{b}{d_{tot1}} = 1{,}6$

C szélteher tényező:

A C szélteher tényező ajánlott értékeit hidakra, az alábbi táblázat tartalmazza:

b/d_{tot}	$z_e \leq 20$ m	$z_e = 50$ m
$\leq 0{,}5$	6,70	8,30
$\geq 4{,}0$	3,60	4,50

ahol:

- b: a teljes hídpálya szélessége,
- d_{tot}: üres híd esetén a szerkezeti magasság, terhelt híd esetén a szerkezet alsó éle és a jármű felső kontúrja közötti távolság; a jármű magassága a sínkoronától számítva 4,00 m.
- z_e: referencia magasság

Közbenső érték esetén lineáris interpoláció alkalmazható.

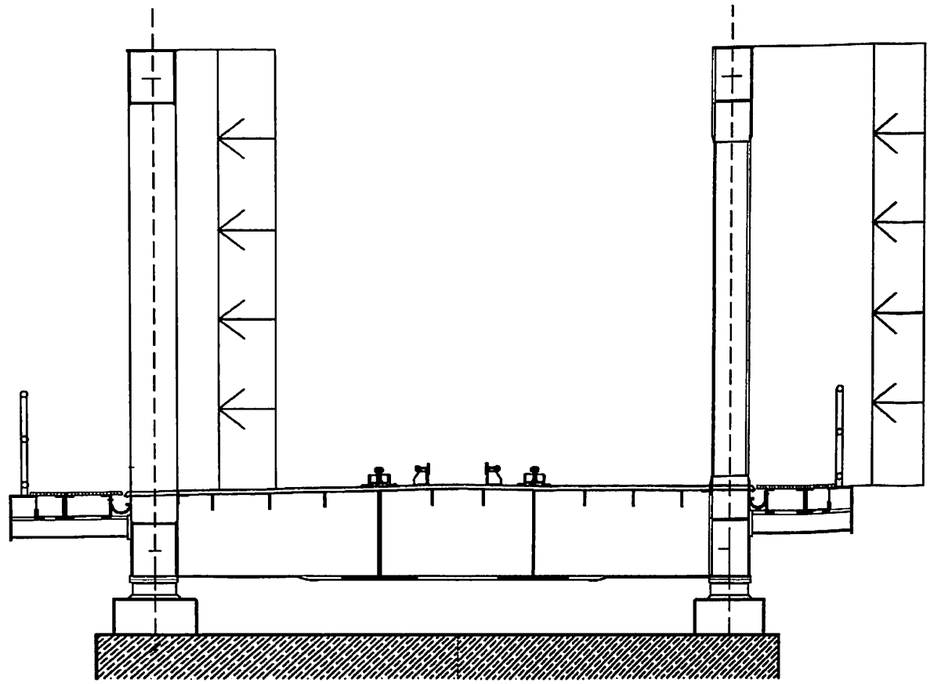
$\frac{b}{d_{tot1}} = 1{,}6$; $z_e = 9{,}70$ m $\rightarrow$ $C = 4{,}86$

Szélteher a támadt felületen: $w_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 23{,}6^2 \cdot 4{,}86$

$$w_1 = 1{,}69 \frac{kN}{m^2}$$

A szél által támadt referenciafelület: $A_{refl} = 120\ m^2$

Szélteher eredője: $F_{w1} = w_1 \cdot A_{refl} = 120 \cdot 1{,}69$ $F_{w1} = 202{,}80\ kN$



8. ábra : Üres hídra ható szélteher

2.2.3.1.2. Mozgó teherrel terhelt híd esete (W_2)

Ha a vasúti hídon áthaladó forgalmat, a szélteherrel egyidejűnek tekintik (terhelt híd esete), akkor a hídra és a vonatokra ható szélhatás $\psi_0 w_k$ kombinációs értékét lehetséges a w^{**} értékben korlátozni, melynek meghatározásakor a szélsebesség $v_{b,0}$ értéke a $v_{b,0}^{**}$ értékkel helyettesíthető. Számításaim során a lehetséges csökkentést nem vettem figyelembe.

A bázikus szélsebesség: $v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 23{,}6$ $v_b = 23{,}6 \frac{m}{s}$

Referencia magasság: $z_e = 9{,}70\ m$

Felszerkezet szélessége: $b = 7{,}5\ m$

Felszerkezet teljes magassága: $d_{tot2} = d_{tot1} = 4{,}70$ m

Felszerkezet szélesség és magasság aránya: $\frac{b}{d_{tot2}} = \frac{7{,}50}{4{,}70}$ $\qquad \frac{b}{d_{tot2}} = 1{,}6$

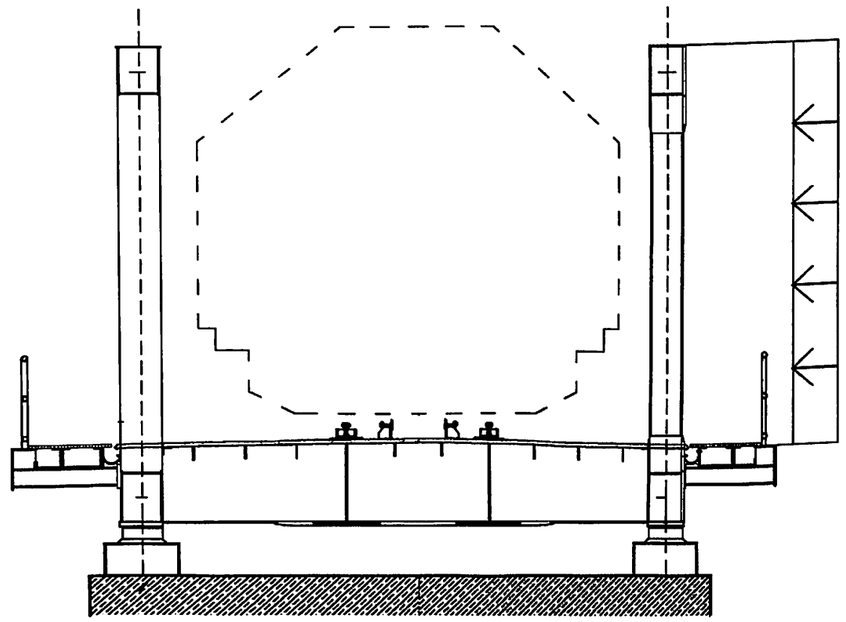
C szélteher tényező: $\frac{b}{d_{tot1}} = 1{,}6$; $z_e = 9{,}70$ m $\rightarrow$ $\qquad C = 4{,}86$

Szélteher a támadt felületen: $w_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 23{,}6^2 \cdot 4{,}86$

$$w_2 = 1{,}69 \frac{kN}{m^2}$$

A szél által támadt referenciafelület: $A_{ref2} = 237{,}12$ m^2

Szélteher eredője: $F_{w2} = w_2 \cdot A_{ref2} = 237{,}12 \cdot 1{,}69$ $\qquad F_{w2} = 400{,}73$ kN



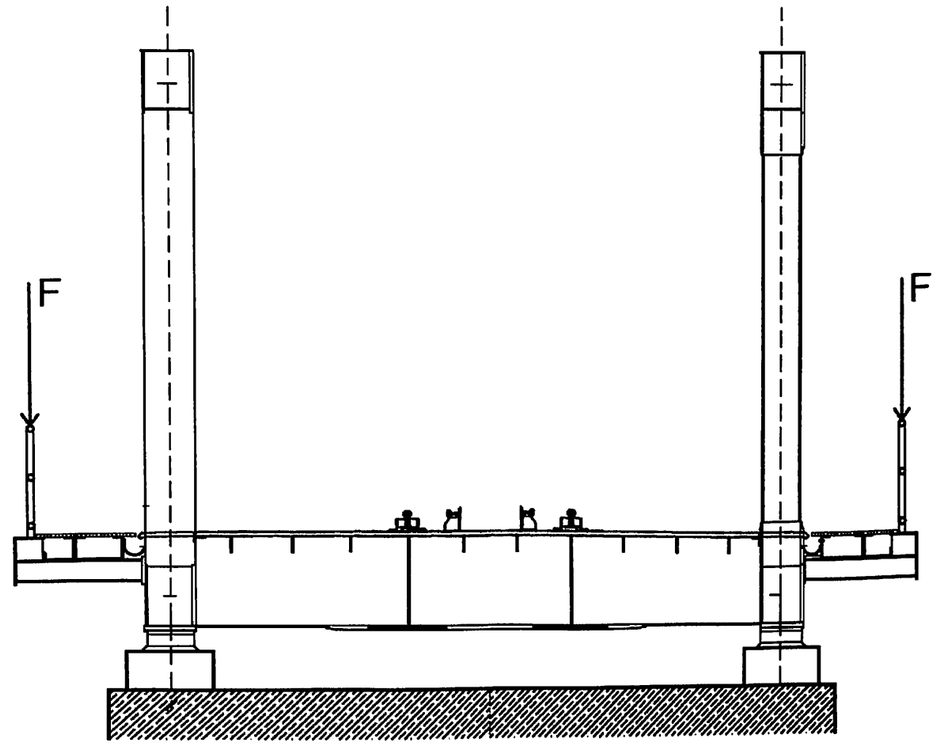
9. ábra : Mozgó teherrel terhelt hídra ható szélteher

2.2.3.2. Korlátokra ható erők

A gyalogjárdák korlátjait, és az azokat tartó konzolokat, a korlát felső élén működő vízszintes vagy függőleges erőkre kell méretezni, az alábbi táblázatban megadott értékek figyelembevételével.

A megadott terheket, nem kell egyidejűleg működtetni.

Gyalogjárda jellege	Vízszintes erő $(\frac{kN}{m})$	Függőleges erő $(\frac{kN}{m})$
Közforgalmú	0,8	1,5
Vasútüzemi	0,4	0,6



10. ábra : Korlátokra ható erő

2.3. Mértékadó teherkombinációk, biztonsági- és egyidejűségi tényezők

Az Eurocode szabványokban, a hatások kombinációi a teherbírási és használhatósági határállapotokhoz vannak megadva.

Kombinációs, gyakori és kvázitartós értékei e terheknek, hatásoknak a karakterisztikus értékeiből számíthatóak:

$\psi_0 F_k$ – kombinációs érték (visszafordíthatatlan),

$\psi_1 F_k$ – gyakori érték (visszafordítható),

$\psi_2 F_k$ – kvázi-állandó érték (tartós hatások, külső megjelenés),

A határállapotokat különböző tervezési állapotokban lehet megvizsgálni:

- tartós állapotban: a szerkezet rendeltetésszerű használati körülményei között,
- ideiglenes állapotban: gyártás, szerelés, szállítás, felújítás, stb. közben,
- rendkívüli állapotban: rendkívüli terhek (pl.: szél, földrengés) esetén,

Az Eurocode alapján különbséget kell tenni a használhatósági és a teherbírási határállapotok között.

A határállapotra történő tervezést olyan szerkezeti és tehermodell használatával kell elvégezni, mely alkalmas az adott határállapot bemutatására. A határállapotokra történő méretezés során igazolni kell, hogy a terhek, anyagjellemzők és geometriai adatok helyes tervezési értékei mellett egyik állapot sem haladja meg a határállapotot. Ezt osztott biztonsági tényezős eljárással teszem.

Az osztott biztonsági tényezős eljárás során az adott tervezési állapothoz a különböző terhek egymással kombinálandók. A változó terhek közül egy, mint kiemelt teher kezelendő. Azon terheket, melyek egyszerre nem működhetnek nem kell összekombinálni.

A figyelembe veendő teherkombinációk:

Teherbírási határállapot: $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

I.

Használhatósági határállapot:

II. Karakterisztikus kombináció: $G_k + Q_{k1} + \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

III. Gyakori kombináció: $G_k + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

IV. Kvázi-állandó kombináció: $G_k + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

ahol:

- G_k : az állandó hatások karakterisztikus értéke,
- Q_{k1} : Kiemelt változó hatás karakterisztikus értéke,
- Q_{ki} : Egyidejű változó hatás karakterisztikus értéke,
- γ_G, γ_Q : parcionális biztonsági tényezők az állandó és változó terhekhez,
- ψ_0 : kombinációs (egyidejűségi) tényező,
- ψ_1 : gyakori tényező,
- ψ_2 : kvázi-állandó tényező,

A biztonsági tényezők értékei, a határállapot jellegétől függően a következők:

- állandó terhek biztonsági tényezője (kedvezőtlen esetben): $\gamma_{Gsup} = 1,35$
- járműteher (kiemelt hatás) biztonsági tényezője: $\gamma_{LM71} = 1,45$
- többi változó teher biztonsági tényezője: $\gamma_Q = 1,5$

ψ tényező értékei a változó terhekre:

$\psi_{0LM71} = 0,80$	$\psi_{0o} = 1,0$	$\psi_{0w1} = 0,75$	$\psi_{0w2} = 1,0$
$\psi_{1LM71} = 0,80$	$\psi_{1o} = 0,80$	$\psi_{1w1} = 0,50$	$\psi_{1w2} = 0$
$\psi_{2LM71} = 0$	$\psi_{2o} = 0$	$\psi_{2w1} = 0$	$\psi_{2w2} = 0$

3. Számítási modell

3.1. A számítási modell megválasztása

A számítások olyan, megfelelően felvett szerkezeti modellek segítségével végezhetőek el, melyek a lényeges változókat, paramétereket képesek figyelembe venni.

A szerkezeti modellnek elfogadható pontossággal előre kell jeleznie a tényleges szerkezet viselkedését, valamint képesnek kell lennie a határállapotokkal kapcsolatos elemzések támogatására.

A szerkezeti modell valamely elfogadott mérnöki elméleten, eljáráson alapuljon melynek helyessége esetlegesen kísérletekkel igazolandó. (Eurocode 5.1.1)

Mivel a megépítendő híd rácsos szerkezetű, ezért tartórács modell felépítése célszerű. A rendelkezésre álló számítógépes technikát kihasználva célszerű ezt valamely végeselemes program segítségével elvégezni, amely az analízis végrehajtására (igénybevételek meghatározása) lehetőséget biztosít. Ez a rúdszerkezeti modell alkalmas a főtartók, kereszttartók, és hossztartók vizsgálatára.

3.2. A program

A térbeli tartórács modell, az AXIS VM 12 hallgatói változat segítségével készültek el, melyet az Inter-CAD Mérnöki Szoftverfejlesztő és Szolgáltató Kft. bocsátott rendelkezésemre.

3.3. Geometria, hálózat

Rúdszerkezeti modellről lévén szó, elsőként a hálózatot kellett megadni. Ennek során figyelemmel kellett lenni a különböző tartóelemek egymáshoz képesti elhelyezkedésére.

3.4. Keresztmetszetek, anyagjellemzők

A hálózat felépítését követi a keresztmetszetek hozzárendelése. A keresztmetszet megadása történhet szelvénytárból előre definiált szelvény alapján, vagy – hegesztett szelvények esetén – saját paraméterek megadásával. A diplomamunka tárgyát képező híd esetében a megadás saját paraméterek alapján történt, mivel hegesztett szelvények kerülnek kialakításra. Ezt követi az anyagjellemzők hozzárendelése a szelvényekhez. A tartóelemek anyagjellemzői a szerkezeti acélnak megfelelőek, míg a keresztmetszetek a közelítő számítás szerint veendők fel. A hossztartók és kereszttartók esetében a felső öv szélessége az együttdolgozó lemezszélességgel azonosnak tekintendő.

3.5. Támaszok

A modell (a valósan tervezett megtámasztási viszonyoknak megfelelően) négy helyen támasztandó meg. Egyik sarokba fix csukló, még a többibe a statikai határozottságot megőrző görgős csukló kerül.

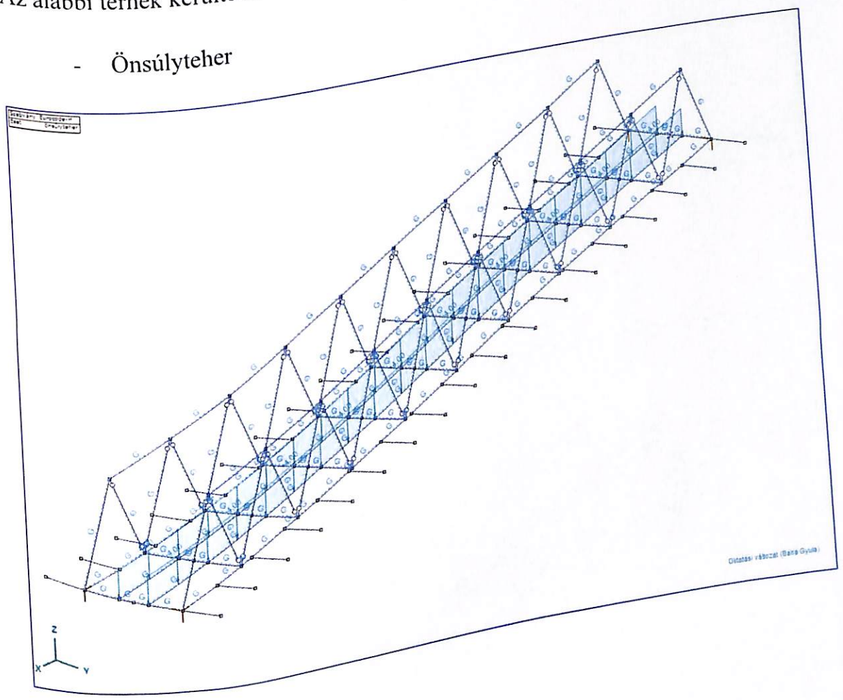
4. Modell elemek

4.1. Terhek

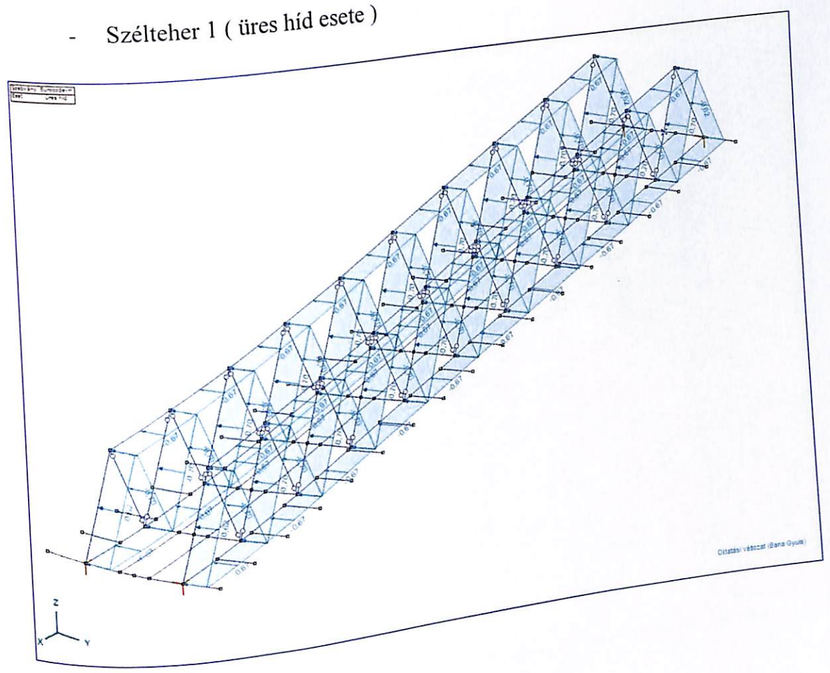
A számítási modell kialakítása során a terhek, a vonatkozó szabványban leírtaknak megfelelően kerültek kialakításra és felvételre.

Az alábbi terhek kerültek felvételre:

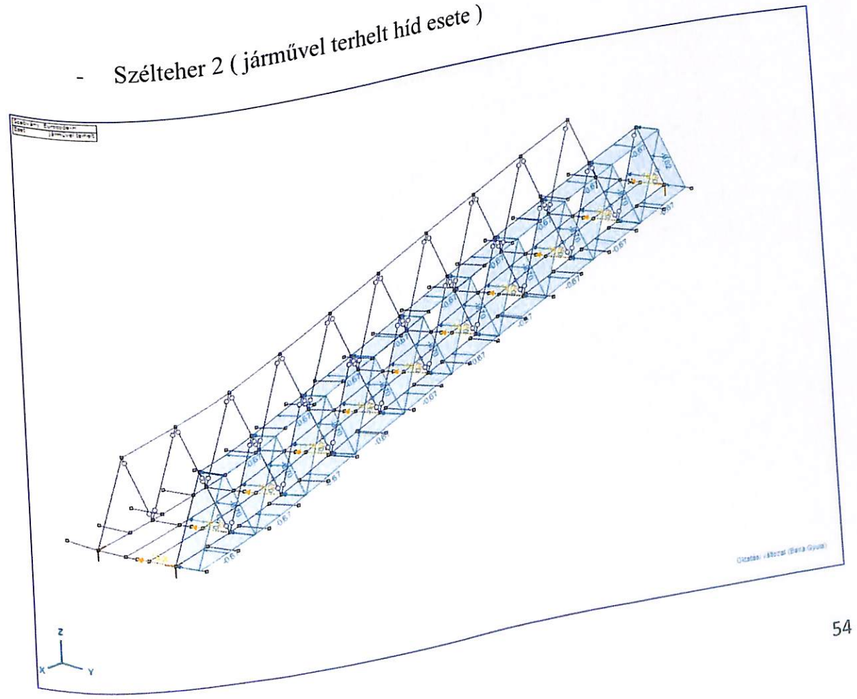
- Önsúlyteher



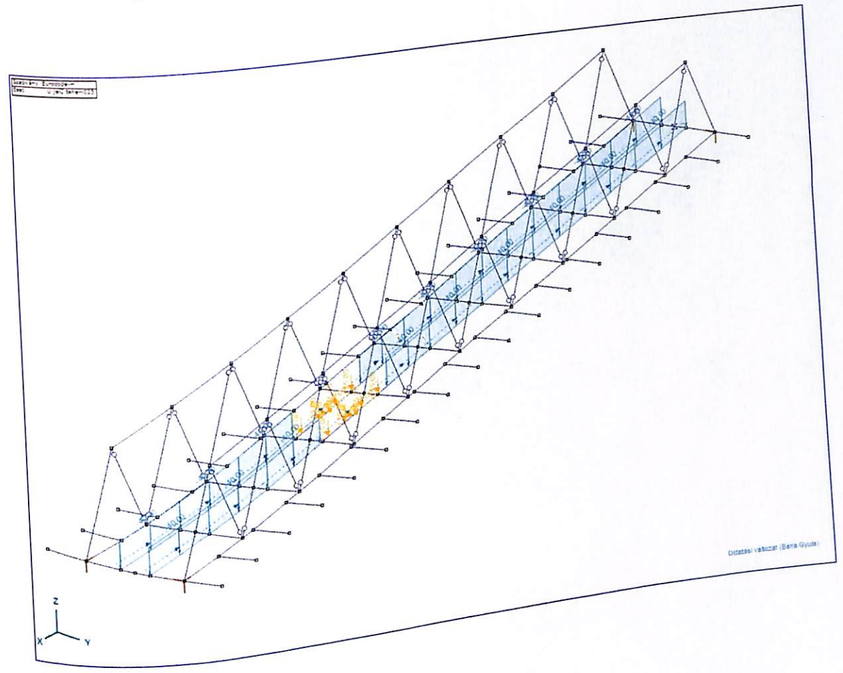
- Szélteher 1 (üres híd esete)



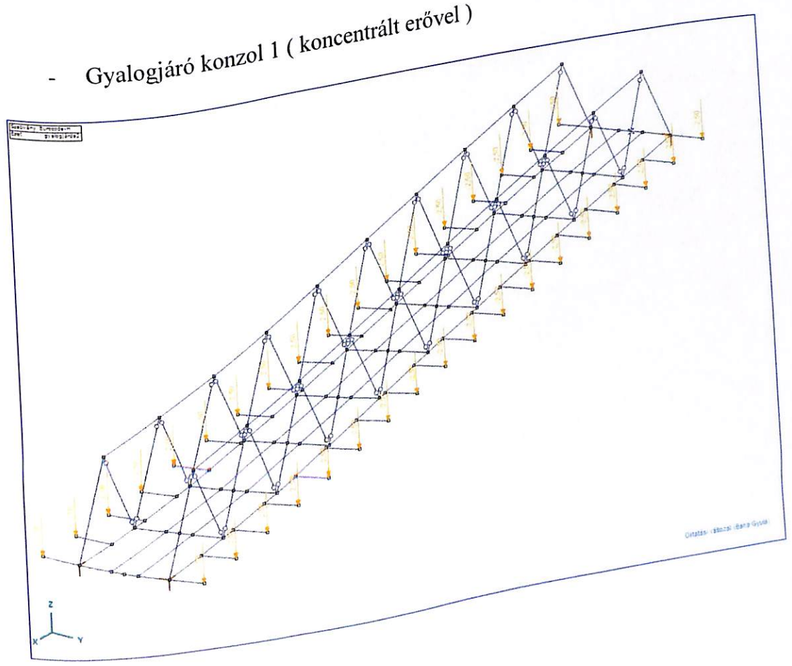
- Szélteher 2 (járművel terhelt híd esete)



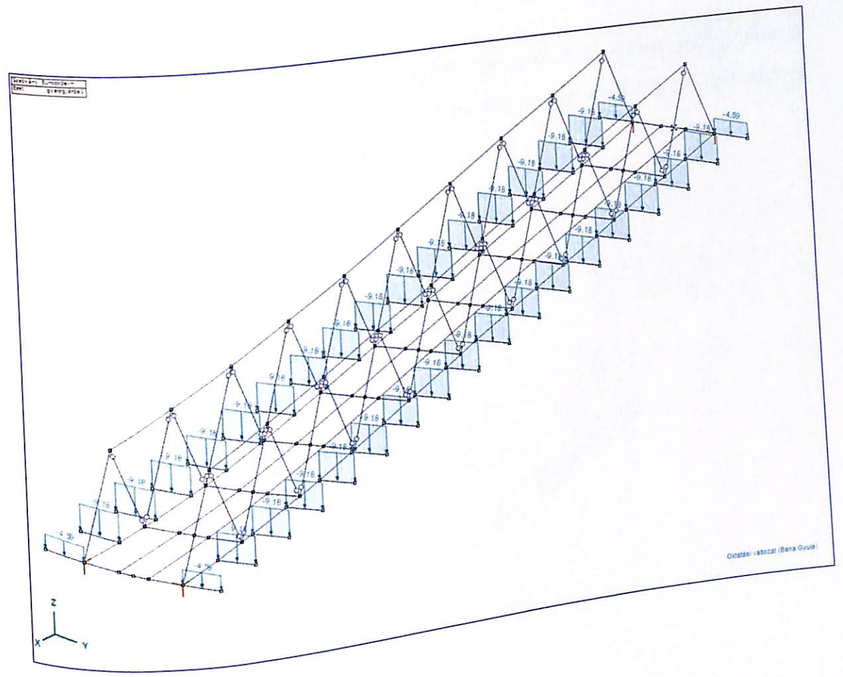
- U jelű vonatteherrel terhelt híd esete



- Gyalogjáró konzol 1 (koncentrált erővel)



- Gyalogjáró konzol 2 (megoszló teherrel)



4.2. Tehercsoportok

A tehercsoportok kialakítása az alábbi táblázat szerint történt:

		Tehercsoportok						
Csoport	Típus	γ_{Gsup}	γ_{Ginf}	ξ	Y	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Önsúlyteher	állandó	1,35	1,0	0,85	1,50	0,600	0,500	0
Szélteher	esetleges				1,815	1,000	0,900	0
U jelű teher	mozgó				1,500	0,700	0,700	0,600
Gyalogjárda	esetleges							

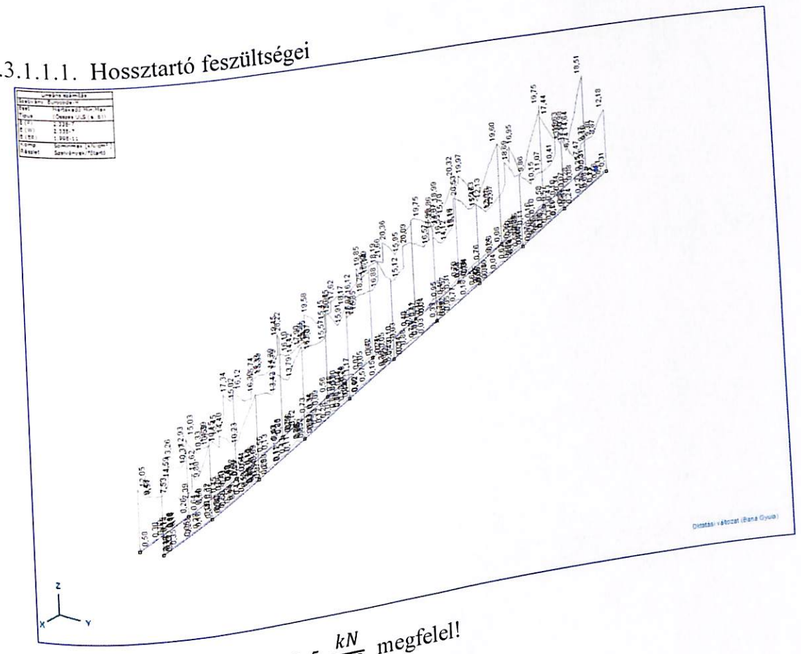
4.3. Számítási eredmények

4.3.1 Feszültségek, kihasználtságok

4.3.1.1. Feszültségek

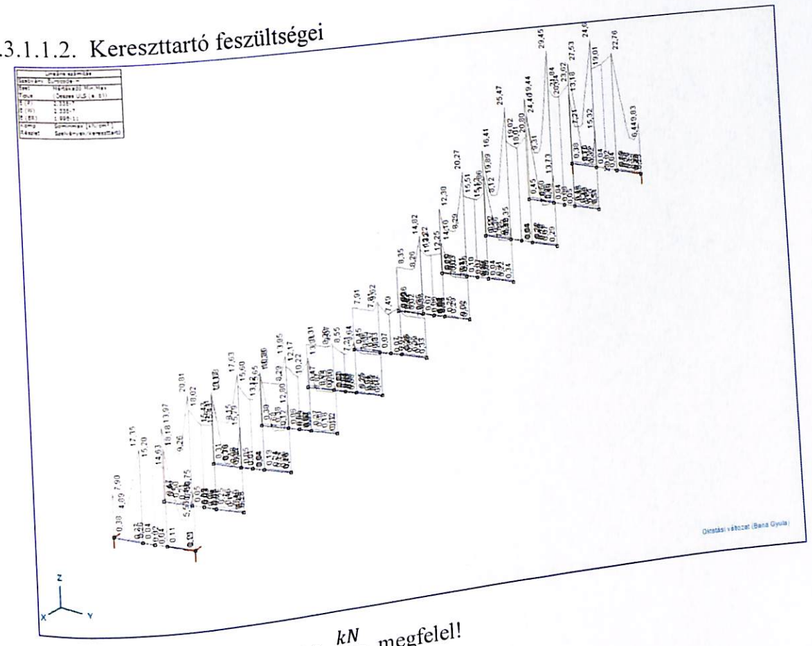
A maximális feszültségek vizsgálatánál azt kell kimutatni, hogy a mértékadó szerkezeti elemben (pl.: hossztartó, rácsrúd) keletkező maximális feszültség (S_{max}) nem haladja meg az acél feszültségét (f_y).

4.3.1.1.1. Hossztartó feszültségei



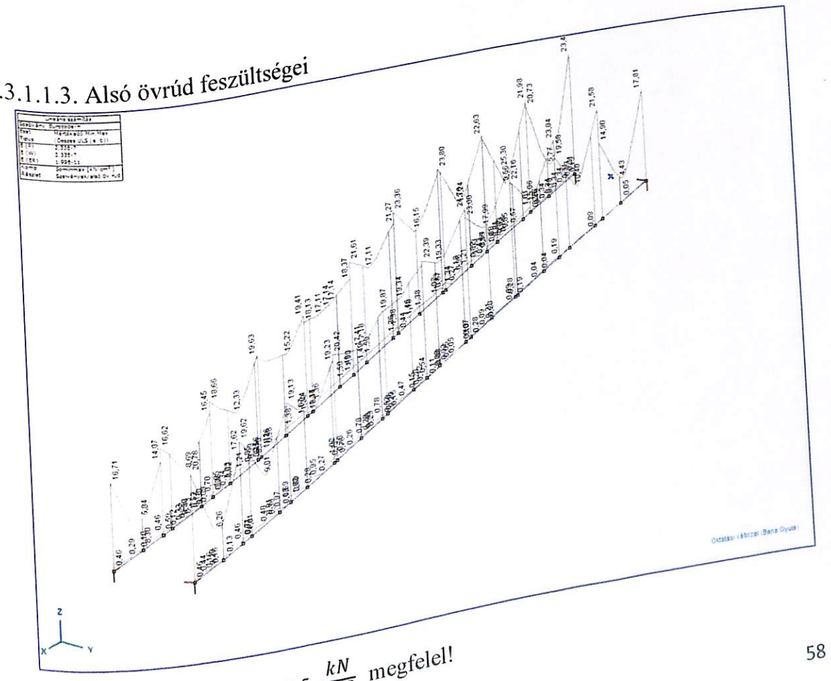
$S_{max} = 21{,}66 \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5 \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.2. Kereszttartó feszültségei



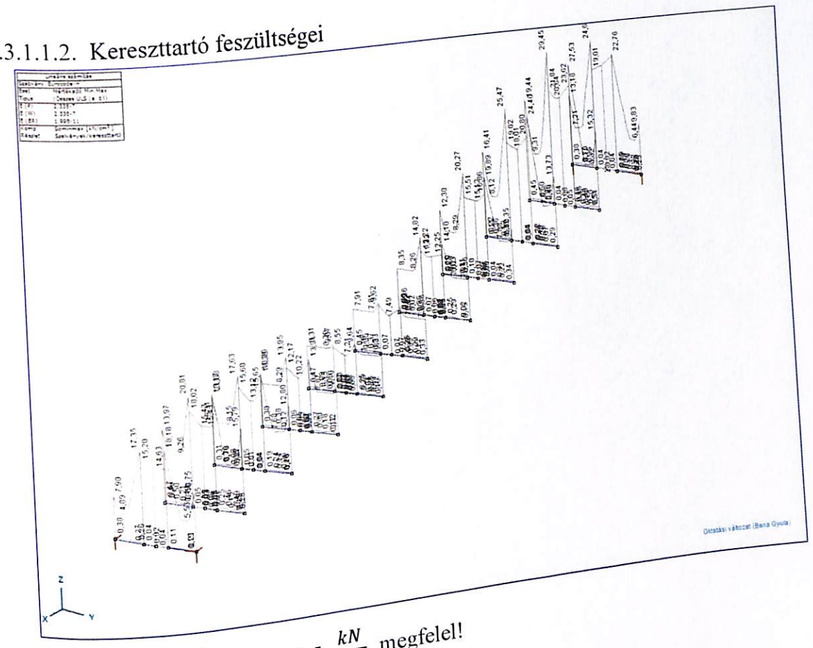
$S_{max} = 29{,}45\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.3. Alsó övrúd feszültségei



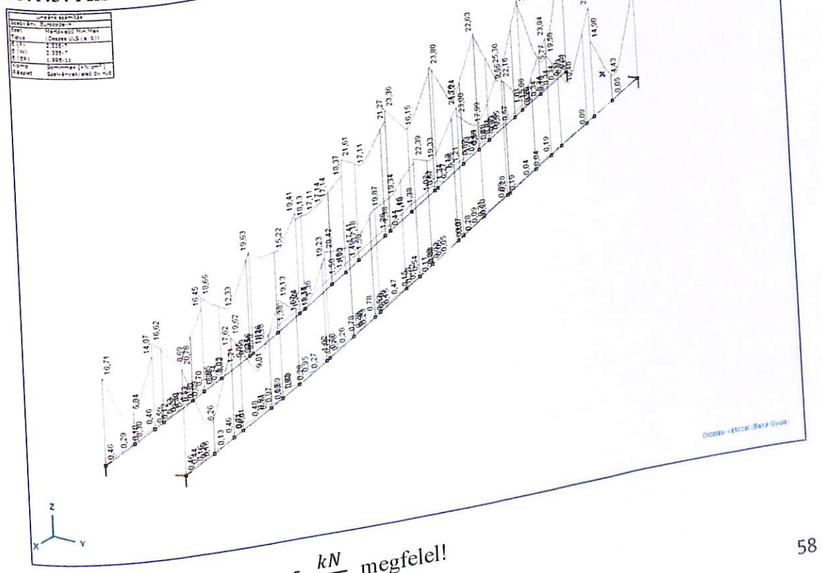
$S_{max} = 25{,}3\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.2. Kereszttartó feszültségei



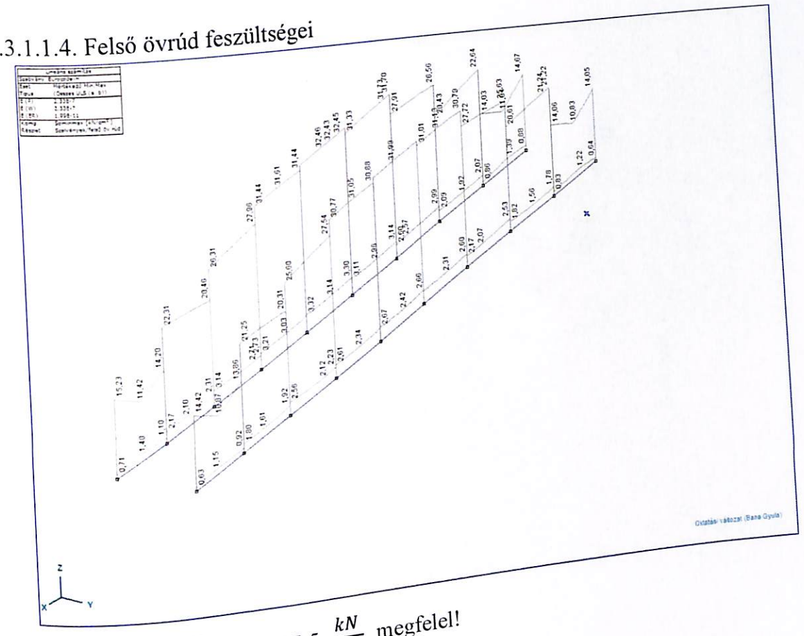
$S_{max} = 29{,}45\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.3. Alsó övrúd feszültségei



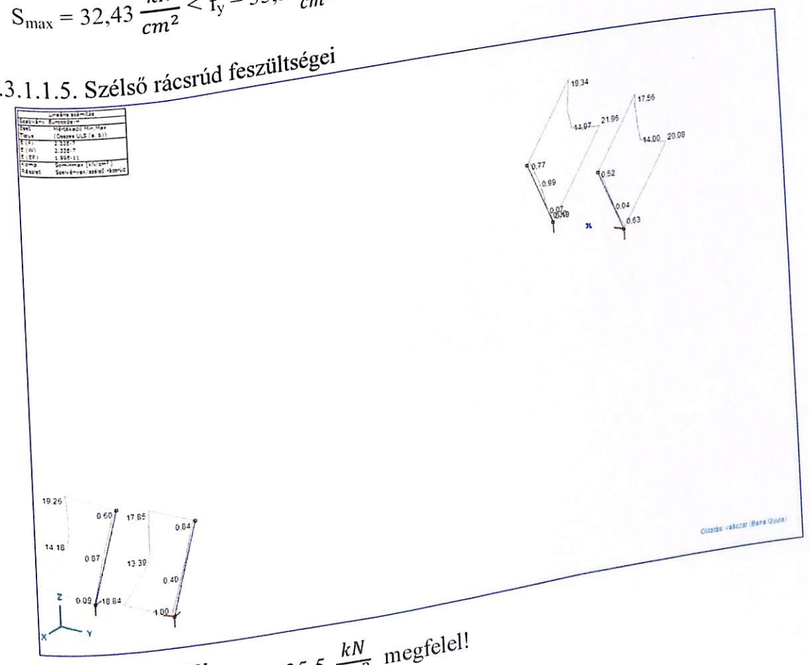
$S_{max} = 25{,}3\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.4. Felső övrúd feszültségei



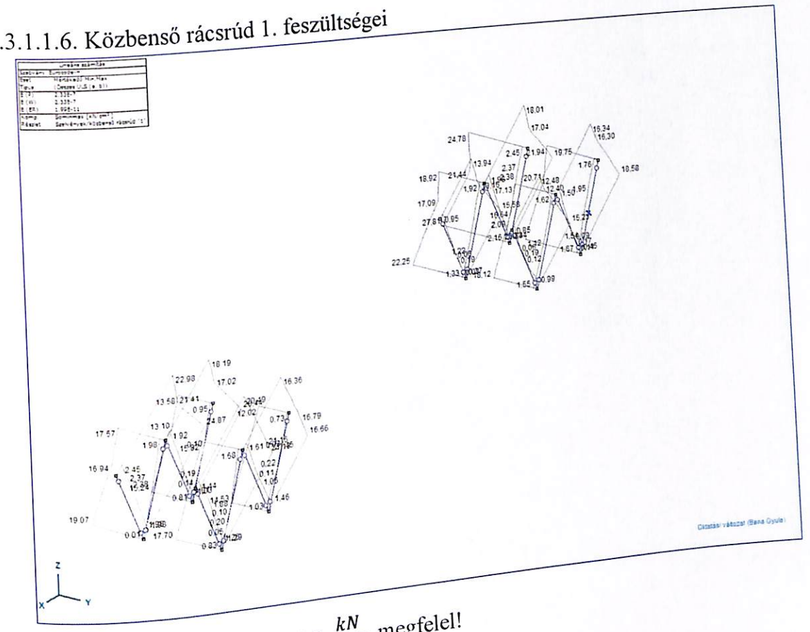
$S_{max} = 32{,}43\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.5. Szélső rácsrúd feszültségei



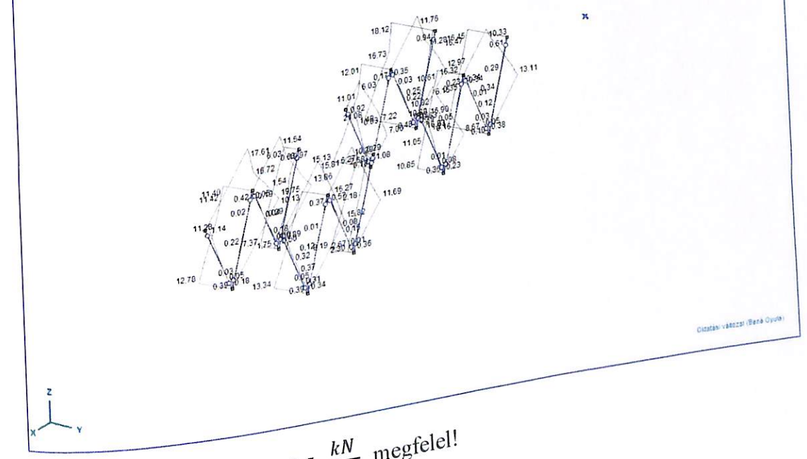
$S_{max} = 21{,}96\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.6. Közbenső rácsrúd 1. feszültségei



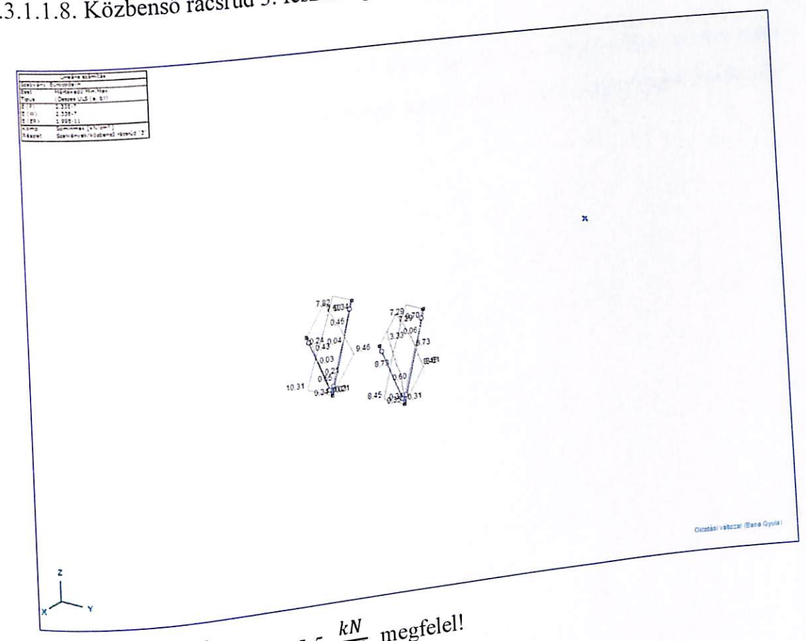
$S_{max} = 27{,}81\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.7. Közbenső rácsrúd 2. feszültségei



$S_{max} = 21{,}08\ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5\ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.1.8. Közbenső rácsrúd 3. feszültségei

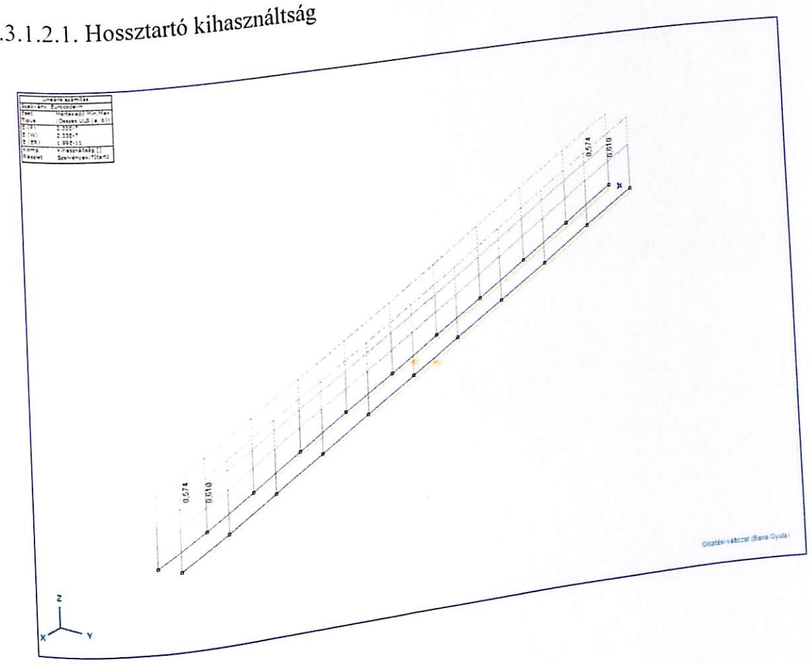


$S_{max} = 10{,}31 \ \frac{kN}{cm^2} < f_y = 35{,}5 \ \frac{kN}{cm^2}$ megfelel!

4.3.1.2. Kihasználtságok

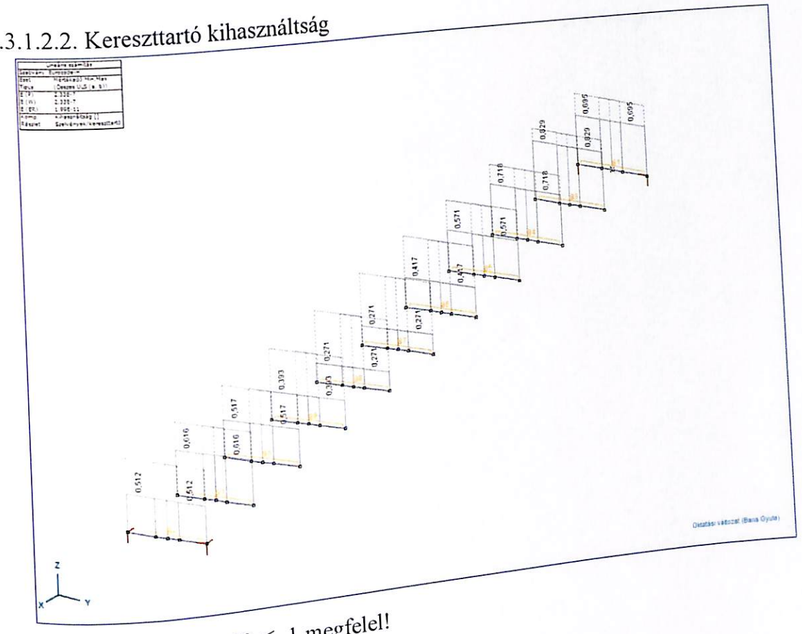
A kihasználtságok vizsgálatánál azt kell kimutatni, hogy a mértékadó szerkezeti elem (pl.: hossztartó, rácsrúd) kihasználtsága nem haladja meg a lehetséges maximális 100 %-os kihasználhatóságot.

4.3.1.2.1. Hossztartó kihasználtság



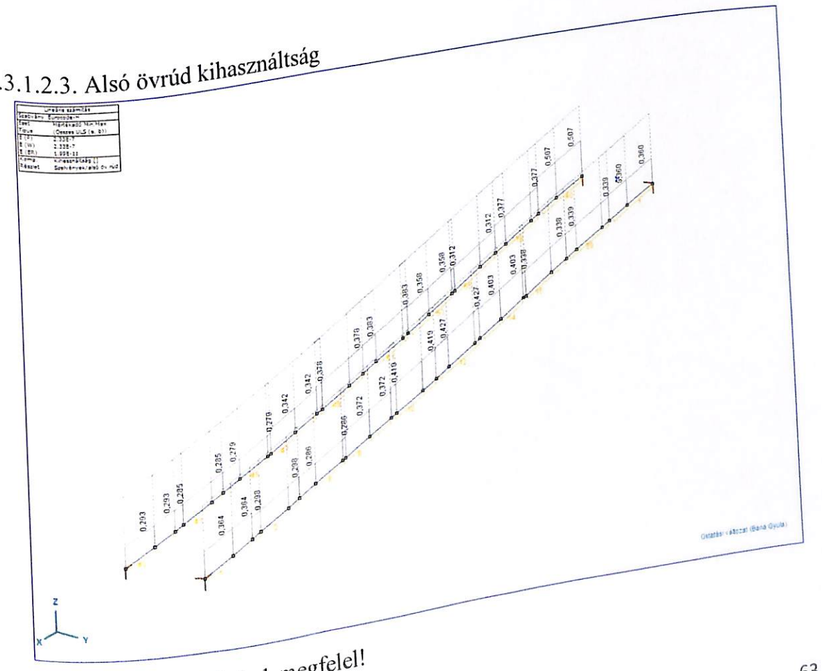
Kihasználtság = 0,61 < 1 megfelel!

4.3.1.2.2. Kereszttartó kihasználtság



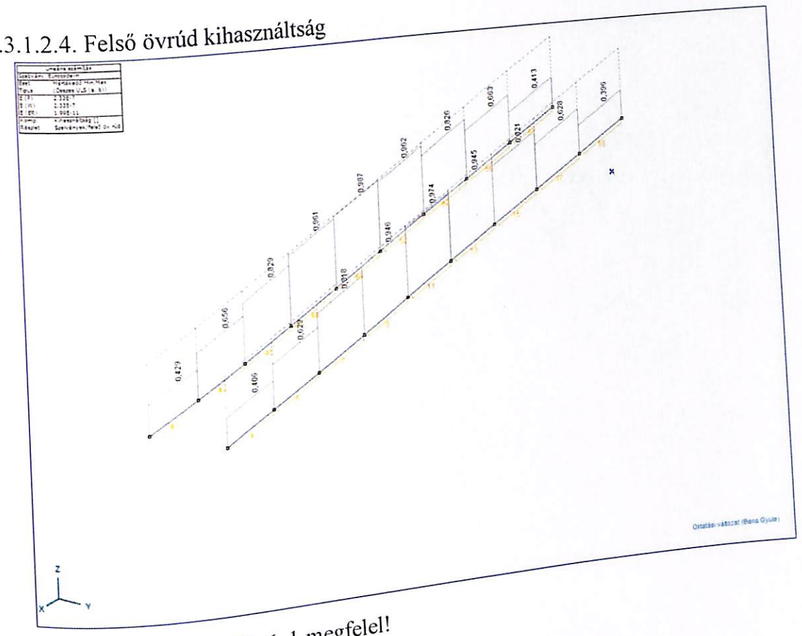
Kihasználtság = 0,829 < 1 megfelel!

4.3.1.2.3. Alsó övrúd kihasználtság



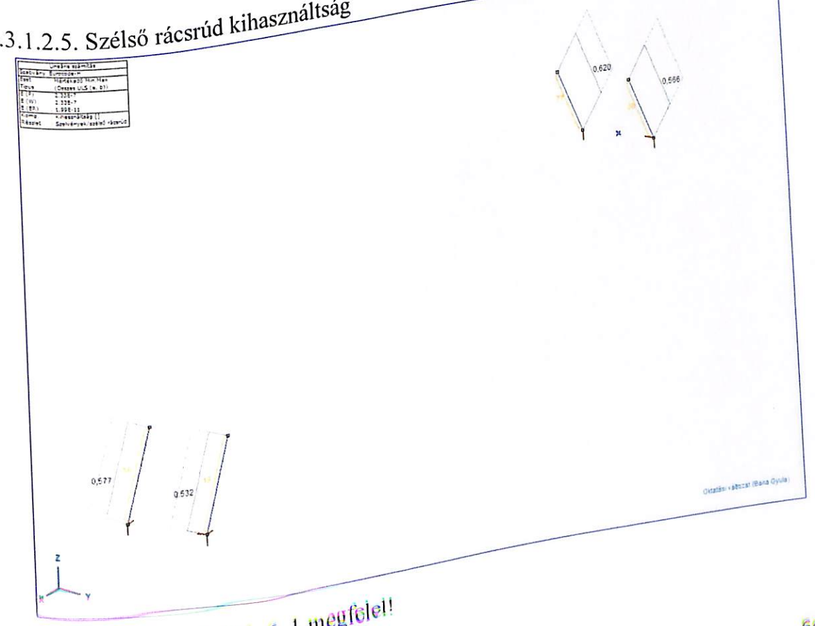
Kihasználtság = 0,507 < 1 megfelel!

4.3.1.2.4. Felső övrúd kihasználtság



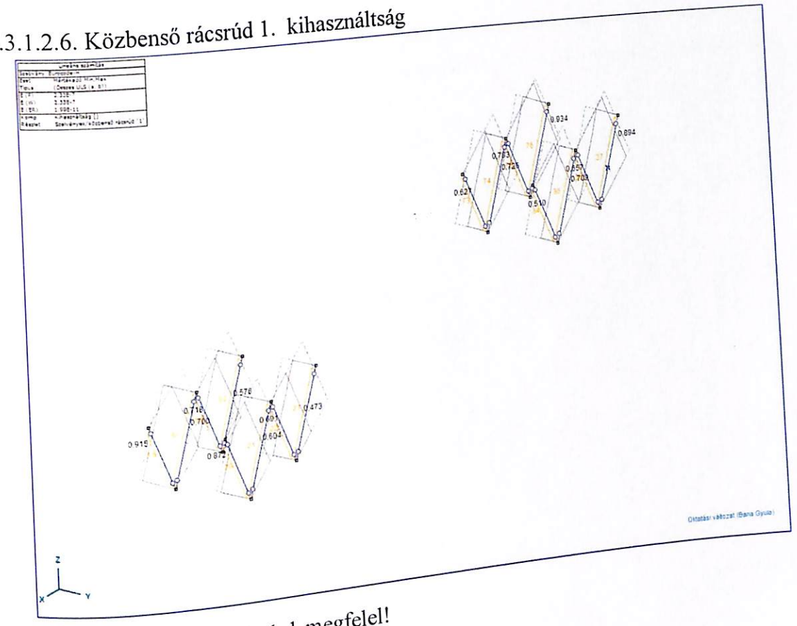
Kihasználtság = 0,987 < 1 megfelel!

4.3.1.2.5. Szélső rácsrúd kihasználtság



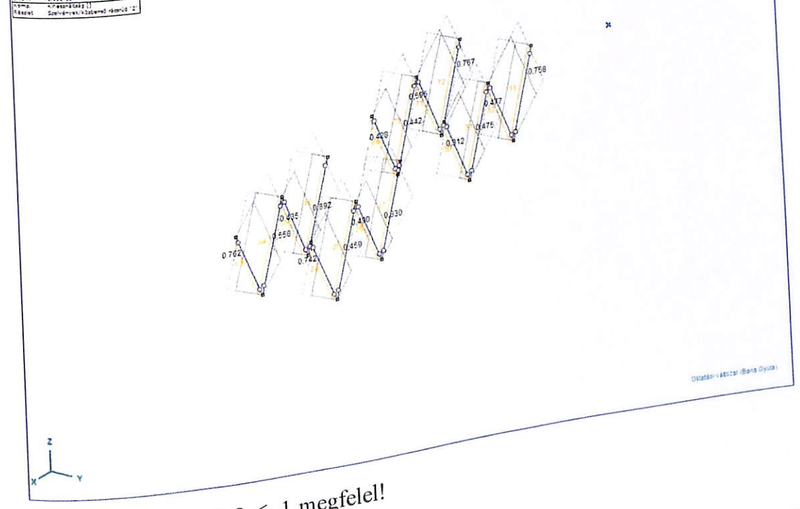
Kihasználtság = 0,620 < 1 megfelel!

4.3.1.2.6. Közbenső rácsrúd 1. kihasználtság



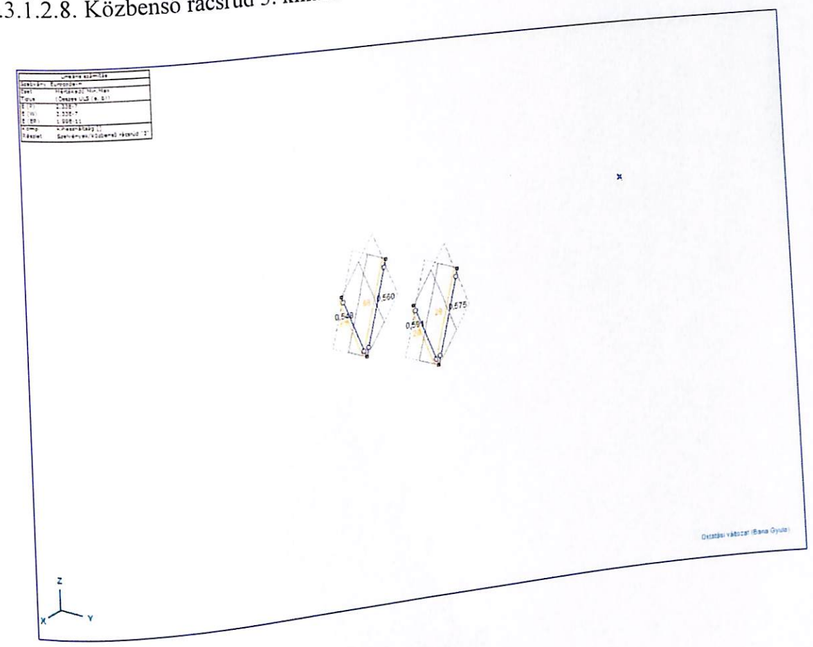
Kihasználtság = 0,934 < 1 megfelel!

4.3.1.2.7. Közbenső rácsrúd 2. kihasználtság



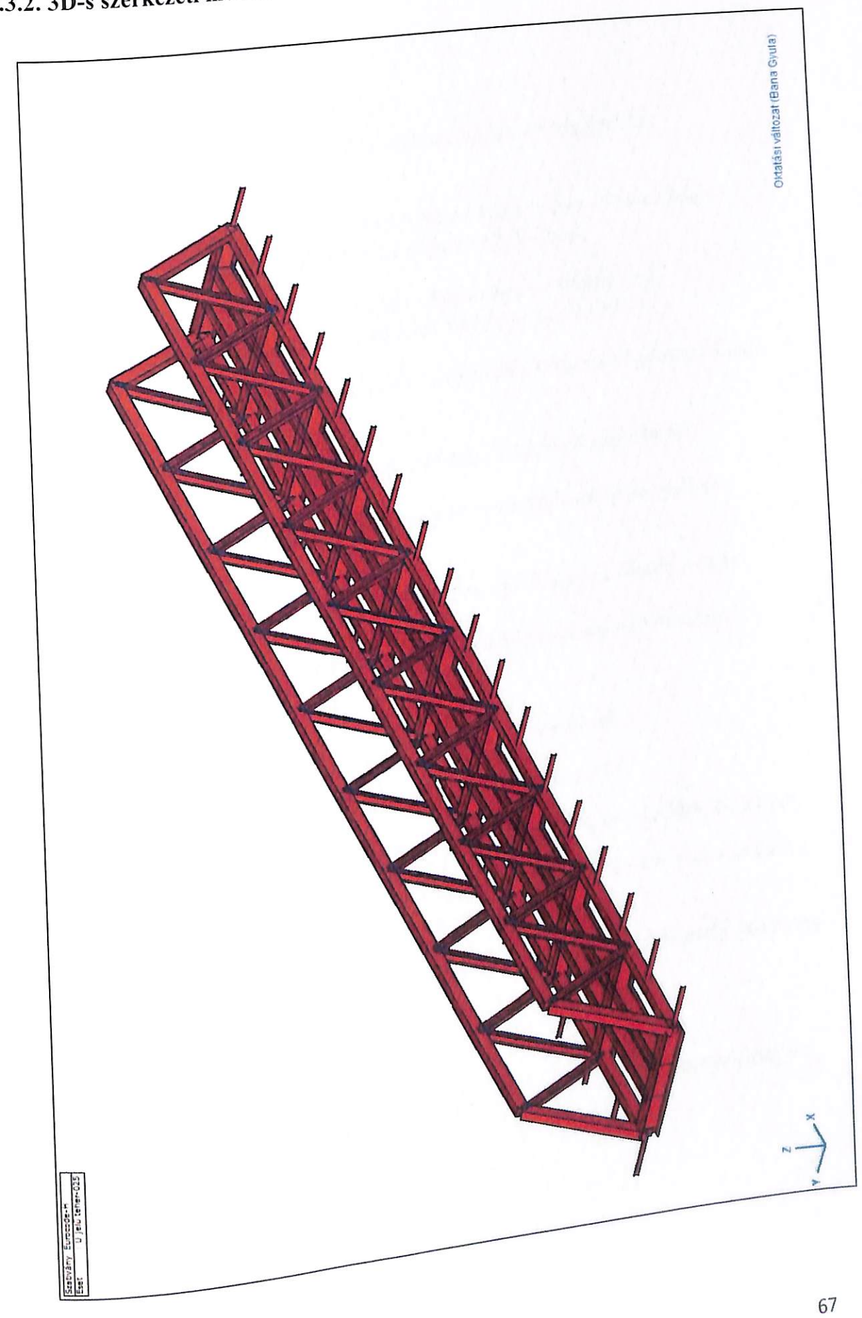
Kihasználtság = 0,758 < 1 megfelel!

4.3.1.2.8. Közbenső rácsrúd 3. kihasználtság



Kihasználtság = 0,591 < f_{se} = 1 megfelel!

4.3.2. 3D-s szerkezeti modell



FELHASZNÁLT IRODALOM, SZABVÁNYOK

Felhasznált irodalom

Csellár Ödön – Szépe Ferenc: Táblázatok acélszerkezetek méretezéséhez (Műszaki Egyetemi Kiadó, 2002)

Dunai László – Horváth László – Kovács Nauzika – Varga Géza – Verőci Béla – Vigh L. Gergely: Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint

Farkas Mihály – Iványi Miklós – Platthy Pál – Szabó Gyula – Verőci Béla: Acélszerkezetek Gyakorlati Útmutató (Műszaki Egyetemi Kiadó, 2001)

Farkas Mihály: Útmutató rácsos vasúti hidak tervezéséhez (Műszaki Egyetemi Kiadó, 2000)

Halász Ottó – Platthy Pál: Acélszerkezetek (Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999)

Dr. Hegedűs László: Tervezési útmutató acélszerkezetű vasúti híd tervezéséhez (2003, kézirat)

Iványi Miklós: Hídépítéstan – Acélszerkezetek (Műszaki Egyetemi Kiadó, 1998)

Dr. Hegedűs László: Tervezési útmutató acélszerkezetű vasúti híd tervezéséhez (2003, kézirat)

http://www.hsz.bme.hu/hsz/kutat_prog/fajlok/10/acelszerkezetek.pdf

http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHS-LA1/mj.pdf

http://www.hegenet.hu/khegedus/40_development/Acelszerkezeti_mintapeldak_EC_v1.pdf

ftp://witch.pmmf.hu:2001/Tanszeki_anyagok/Szilardsagtan%20es%20Tartoszerkezetek%20Tanszek/Szabo_Imre_Gabor/oktatas/2010-2011%20tavasz/Hidepites

http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/bmeeohssz11/hidepites_utmutato_20110208.pdf

http://www.sze.hu/~nemethgy/Tszerk_III.pdf

http://www2.ymmf.hu/sites/mechanika.szakcsoport.ymmf.hu/files/files/szalai/Gyakorlat_04_-_Keresztmetszet_III.pdf

Felhasznált szabványok

Vasúti Hídszabályzat (1976) – I. fejezet: Általános előírások, terhek, méretezés
IV. fejezet: Acélszerkezetek

MSZ 6208:1974 – Acél hegesztett szerkezethez

MSZ-07-2306:1990 /1: Vasúti hidak létesítésének általános előírásai

MSZ-07-2306:1990 /2: Vasúti hidak erőtani számítása

MSZ-07-2306:1990 /3: Vasúti acélhidak tervezése

MSZ-07-3702:1987 – Acélhidak tervezése

EN 1990 Eurocode: Basis of structural design

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

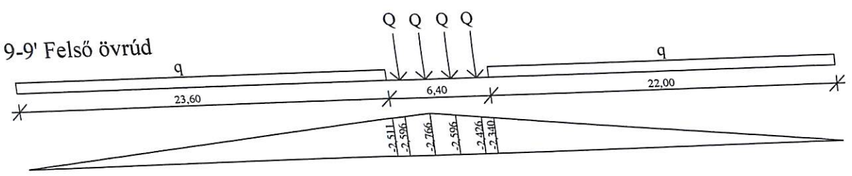
EN 10025 - 2: Hot rolled products of structural steels. Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels

MELLÉKLETEK

AUTODESK TERMÉK OKTATÁSI VERZIÓJÁVAL KÉSZÜLT

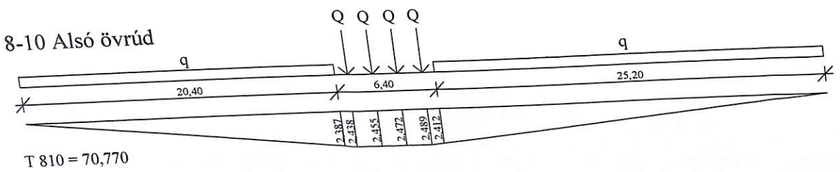
M1 számú melléklet: Rúderő hatásábrák 1.

9-9' Felső övrúd



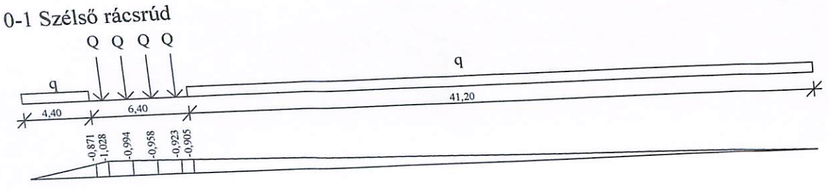
T 99' = -71,916

8-10 Alsó övrúd



T 810 = 70,770

0-1 Szélső rácsrúd



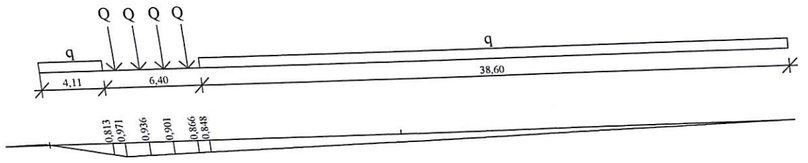
T 01 = -26,754

AUTODESK TERMÉK OKTATÁSI VERZIÓJÁVAL KÉSZÜLT

AUTODESK TERMÉK OKTATÁSI VERZIÓJÁVAL KÉSZÜLT

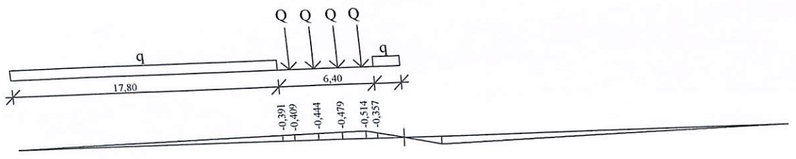
M1 számú melléklet: Rúderő hatásábrák 2.

1-2 Közbenső rácsrúd



T 12 = 22,455

9-10 Közbenső rácsrúd



T 910 = 0

AUTODESK TERMÉK OKTATÁSI VERZIÓJÁVAL KÉSZÜLT

MŰSZAKI LEÍRÁS

Tartalomjegyzék

MŰSZAKI LEÍRÁS 2
1.) Bevezetés 2
1.1.) Előzmények 3
1.2.) A létesítendő híd helye, az építés oka 3
1.3.) A vasúti pálya adatai 3
2.) Alapozás, hídfők 6
3.) Felszerkezet 6
3.1.) Felső övek 7
3.2.) Rácsrudak 7
3.3.) Ortotróp pályaszerkezet, kereszttartók és hossztartók 8
3.4.) Üzemi járda 8
4.) Gyártási- építési technológia 9
5.) Vasúti pálya a hídon, hídfőcsatlakozás 10
6.) Vízelvezetés, vízszigetelés 10
7.) Töltéslezárás, kőburkolat 11
8.) Bevonatrendszerek 11
9.) Hídtartozékok 11
9.1.) Dilatációs szerkezet 11
9.2.) Saruk 12
9.3.) Villámvédelmi földelés 12
10.) MÁV kábelek 13
10.1.) Távközlési kábelek és vezetékek 14
11.) Anyagminőségek 15
12.) Fontosabb magassági adatok 16
13.) Munkavédelmi és tűzvédelmi előírások 16
14.) Környezetvédelem 17

MŰSZAKI LEÍRÁS

Kaba - Nádudvar vonalszakasz kivitelezéshez szükséges

tervek elkészítése

B0664 j. Kaba és Nádudvar állomások közötti 50,80 m ny. acélhíd

építése a tervezési szakasz 9+44 hm szelvényében

KIVITELI TERVÉHEZ

1.) Bevezetés

1.1.) Előzmények

A HORTOBÁGY KONZORCIUM UVATERV Zrt.-t bízta meg a Kaba-Nádudvar vonalszakasz kivitelezési terveinek elkészítésével. A vonal mára elhasználódott, az egykor 60 km/h sebességre alkalmas jellemzőkkel megépített pályán egyre több a lassan bejárható pályarész. A forgalom szerkezete átalakult, az állomások nem felelnek meg a megváltozott igényeknek. A követelményeket a vonal átépítésével lehet teljesíteni. A vonalat Kaba állomás – Bojár-Hollós megállóhely szakaszon 100 km/h, Bojár-Hollós megállóhely – Nádudvar-alsó megállóhely (bez.) szakaszon 60 km/h sebességre kell alkalmassá tenni, az állomásokat úgy kell átalakítani, hogy az utasforgalmat a lehetőleg magasabb színvonalon tudják lebonyolítani Nádudvar állomásig, illetve Nádudvar és Nádudvar-alsó között a KITE forgalmi kitérőben második vágány épül. A Nádudvar állomás (kiz.) – KITE forgalmi kitérő (kiz.) és a KITE forgalmi kitérő (kiz.) – Nádudvar állomás (kiz.) vonalszakaszok helyben épülnek át. A kivitelezési tervek alapjául a korábban a MÁVTI Kft. által készített engedélyezési tervek szolgáltak. A kiviteli tervek kiviteli terv szintű geodéziai felmérés, talajmechanikai feltárás és átfogó forgalmi-üzemi vizsgálat alapján készültek. Fenti adatokat a NIF Zrt., mint felhasználandó adatokat az UVATERV Zrt-nek átadta. A feladatkiírás szerint kiegészítő geodéziai mérések és talajmechanikai feltárások készültek. Tárgyi műtárgy KIVITELI TERVEIT az UVATERV Zrt. megbízásából a Bana Gyula. készítette a megbízótól kapott adatszolgáltatás alapján. A tárgyi híd KV/VF/1000/24/2015 ügyiratszámon létesítési engedéllyel rendelkezik, melynek előírásait a kiviteli terv készítése során figyelembe vettük.

1.2.) A létesítendő híd helye, az építés oka

A tervezett műtárgy a meglévő Nádudvar, Zielinszki utca meghosszabbításának a Nádudvar, Korányi utcához való „T" bekötése felett épül. A tervezés során egyaránt figyelemmel kellett lenni a Korányi utca közeljövőben történő felújítására (ÚT-TESZT Kft. engedélyezési tervei).

1.3.) A vasúti pálya adatai

A tárgyi vasútvonal jelenleg egyvágányú, nem villamosított, B1. kategóriájú 'egyéb fővonal'. A meglévő vasúti felépítmény hézagnélküli, GEO-s leerősítésű, 48 rendszerű sínrendszerrel, 50 cm vtg. zúzottkő ágyazattal. A vonali rekonstrukcióban tervezett felépítmény hézagnélküli, 48-as sínrendszerrel, 60 cm vtg. zúzottkő ágyazattal, LM vasbeton keresztaljjal. A vonalon túlnyomóan személyforgalom bonyolódik. A tervezett vonali sebesség 80 km/h, ezért a híd szempontjából is ezt vettem figyelembe.

A hídon 48-as sínrendszerű folyamatos rugalmas ágyazású vasúti felépítmény kerül kiépítésre.

A hídon a tervezett vasúti pálya helyszínrajzilag egyenesben fekszik, magassági értelemben vízszintes. A meglévő pálya hossz-szelvény korrekciója következtében a sínkorona szint ~2,55-2,75 m-rel megemelkedik.

A vasúti pálya átalakításának és a híd előtti és utáni síndilatációs készülékek terveit az ÚTTESZT Kft. szakági tervdokumentációja tartalmazza.

2.) Alapozás, hídfők
A műszaki leírás ezen fejezete a részletes geotechnikai szakvéleménnyel együtt kezelendő!

A kiviteli tervhez egyéb adat hiányában a GEO-TERRA Kft. engedélyezési szintű talajmechanikai szakvéleményét használtuk fel. Ez alapján a hídfőket síkalapozással terveztük. A tervezett műtárgy környezetében 2 db 15 m-es fúrást készítettek 2015. január 29-30-án. (A feltárás pontos helyét, a részletes rétegződést, a vizsgálati eredményeket és a szondázási grafikonokat lásd a Talajmechanikai szakvéleményben.)

A talajfeltárás adatai a következők:

Talajfeltárás jele:	3300	3372
Terepszint a fúrásnál mBf:	103,39	103,39
Feltárás mélysége (m):	15,0	15,0
Megütött talajvíz mBf:	98,19	97,89
Nyugalmi talajvíz mBf:	99,19	99,19

Talajvíz agresszivitás:

S04=	68,3-559 mg/l
Cl-=	304-320 mg/l
pH=	7,00-7,06

A szakvélemény alapján a talajvíz a vízkémiai vizsgálatok szerint az MSZ EN 206-1:2002 szerint XA2 kitéti osztályba kell sorolni, ezért az alaptestek elkészítéséhez szulfátálló cement alkalmazását írjuk elő.

A hídfők alapozási síkjait a talajmechanikus Tervezővel egyeztetve egyaránt 100,11 mBf. szinteken határoztuk.

A megadott szinteket a várható süllyedés mértékének megfelelően kell figyelembe venni, ezért az alapozást a tervezett alapsíkhoz képest a táblázatban megadott mértékkel megemelt szinten kell megépíteni!

síkalapozás	A hídfő	B hídfő
alaptest méret (m)	7,0 x 6,5	7,0 x 6,5
alapozási sík (mBf)	100,11	100,11
határfeszültség (kN / m^2)	445 (α = 0,476)	445 (α = 0,476)
süllyedések (cm)	6,5	7,5
építési túlemelés (cm)	5,0	6

A munkagödör víztelenítése:

A Keleti-főcsatorna aktuális vízszintjétől függően visszaduzzaszthatja a Makkodi főcsatornát, aminek következtében a területen megemelkedik a talajvíz szintje, így a munkagödrökben 0-1,0 m-es vízoszlop megjelenésére lehet számítani, amely vákuumkutas víztelenítéssel eltávolítható.

Nyílt víztartással történő víztelenítés esetén legfeljebb 0,3-0,4 m magas vízoszlop távolítható el a munkagödörből.

A víztelenítés nagy valószínűséggel elkerülhető ha az alapozási munkálatokat közepes vagy alacsony vízállású időszakban végzik, 99,61 mBf –es építési vízszint figyelembevételével.

A munkagödör kiemelése:

A 0,5 m-nél mélyebb munkagödörben, munkát végezni csak biztosítás beépítése mellett szabad, ezért 1:1 –es hajlású rézsűs kialakítást, vagy zártsorú dúcolást kell alkalmazni. A munkagödörből kitermelendő talajok II-III-es fejtési osztályba sorolhatóak kézi erővel kitermelhetők.

Hídfők:

Az alaptestek 7.00x6.50 m befoglaló méretűek, a vízelvezetést biztosítandó 1,25-1,50 m között változó magasságúak. Az így kialakuló alaptest alá 20 cm vtg. szerelőbeton réteg kerül. A hídfők felmenő falainak vastagsága 80 cm, ~20:1 hajlásúak. A hídfők felmenő falára (rejtett) szerkezeti gerendák kerülnek. A szerkezeti gerendák szélessége 1,60 m, magassága 80 cm. A szerkezeti gerendák felső síkja egységesen 109,41 mBf, 2 cm eséssel befelé.

A vasbeton saruzsámolyok alaprajzi mérete 70x70cm. A térdfal felőli oldalon vízelvezető folyóka készül működő vízköpős oldalsó kivezetéssel.

A szerkezeti gerenda rövid konzoljára –két φ25 tüskével rögzítve– 2 cm vtg. ágyazó habarcsba fektetetve ül fel az 2,50 x 4,40 m alaprajzi méretű előregyártott vb. bordás kiegyenlítő lemez. Az egymástól 180 cm távolságban elhelyezett bordák teteje úgy van kiképezve, hogy az alkalmas legyen 6 db speciális talpfasarura fektetett faalj fogadására. A bordás lemez igen pontos magassági és alaprajzi elhelyezésére kiemelt figyelmet kell fordítani! A hátrafelé ~2,5%-os lejtéssel kiképzett bordás lemez 2,50 m szélességben egyben a térdfal szerepét is betölti. A bordás kiegyenlítő lemez végén geotextíliába csavart

keresztszivárgó készül, működő vízköpős oldalsó kivezetéssel. A vasúti töltést 60 cm vastag párhuzamos szárnyfalak támasztják meg, melyeket 50x200 cm-es vasbeton gerendák kapcsolnak össze. A szárnyfalakra ül fel a 130 cm széles, a hídi járda vonalvezetését követő, „Γ" alakú monolit üzemi járda. Ennek híd felőli beforduló része képezi a 30 cm vastag térdfal szélső darabjait és támasztja meg részben a vasúti ágyazatot. A bordás lemez és a térdfal közötti hézagot utólag ki kell injektálni.

A járdában 30x25 cm méretű fedlappal ellátott, besüllyesztett kábelcsatorna kerül kialakításra.

A szárnyfalak között szabványos vasúti háttöltés készül Trρ=97 %-os tömörséggel. A tömörítést 25cm –es rétegekben nagy alapossággal kell végezni, mivel a kiemelt föld mellett a hídfő mögött már konszolidált töltéstest található. A háttöltés teteje 0,50m vastag georáccsal erősített réteg Trρ=97 %-os tömörséggel 15,50m hosszban. A hídfőmögött drainpaplant és hátszivárgót kell beépíteni vízköpővel. A hátszivárgóhoz való lejtéssel a háttöltésben geomembrán réteget kell kialakítani.

A földdel érintkező betonfelületeket kétrétegű bitumenmáz szigeteléssel kell ellátni.

3.) Felszerkezet

Az új, egynyílású felszerkezet egy ortotróp pályalemezes, alsópályás, felső szélrács nélküli (nyitott), hegesztett rácsos hídszerkezet.

A főtartó támaszköze 52,00 m (10x5200 mm), a felszerkezet teljes hossza 53,00 m, az elméleti hálózati magasság 4700 mm, a szerkezet teljes magassága 5280 mm.

A főtartók tengelytávolsága 5500 mm, a kereszttartók távolsága 5200 mm.

A szerkezeti magasság - a sínkorona szint és a kereszttartó alsó övének alsó síkja között - 1116 mm-re adódik.

A szerkezet mértékadó alsó élének magassága 109,960 mBf.

A rácsos tartóban külön alsó övrudak nincsenek, alsó övként a teljes pályaszerkezet szolgál, mely az alsó szélrácsok illetve a féktartók szerepét is betölti.

3.1.) Felső övek

A főtartók felső övrúdjai hegesztett Π szelvények, melyek a hídvégeken a ferde "kapuzati" rúdba fordulnak át. A gerinclemezeik magassága 550 mm, vastagságuk 16 mm. Az övlemezek szélessége 420 mm, vastagságuk pedig 16 mm.

A nyitott rúdszelvényeket a harmadokban elhelyezett diafragmák merevítik.

A teljesen hegesztett kialakítású gyártási egységek felső öveit a helyszínen két helyen kell illeszteni: NF csavaros hevederes kapcsolattal.

A külső és belső csomólemezek közé befutó 12 mm vastag rácsrúd gerinclemezek együttdolgoztatják a csomólemezeket, növelve azok keresztirányú hajlítómerevségét.

3.2.) Rácsrudak

Az oszlop nélküli, a pályalemezzel ~60°-os szöget bezáró szimmetrikus rácsozású főtartók rácsrúdjai szimmetrikus, hegesztett I tartók. A kapuzati rudak Π szelvényűek. A gerinclemezek szélessége 550 mm, vastagságuk 16 mm. Az övlemezek szélessége 368 mm, vastagságuk 20-30 mm között változik.

A szerelési egységeken belül a rácsrudak alkotó lemezei hegesztett módon, a helyszíni illesztéseknél tompavarratokkal kapcsolódnak a csomólemezekhez.

3.3.) Ortotróp pályaszerkezet, kereszttartók és hossztartók

Az ortotróp pályaszerkezet az 850 mm magas, 20 mm vastag gerincű kereszttartókból, a sínszál alatt (egymástól 1520mm-re) futó 850-16 mm gerincméretű hossztartókból és a 150-16 mm-s laposacél hosszbordákkal merevített 40 mm vastag, hídtengelytől kifelé 55 mm-t eső pályalemezből áll.

A pályalemez két-két szélső, szegélybordája a csomópontoknál a külső és belső csomólemezekhez csatlakozik. A közbenső hat, egymástól ill. a hossztartóktól kb. 500 mm-re lévő borda folyamatosan megy át a kereszttartó „alma-formájú" gerinckivágásain. A hossztartók és kereszttartók helyszíni illesztései részben NF csavaros, részben hegesztett kivitelűek. A hossztartó gerinclemezek a kereszttartó gerinceknél megszakadnak.

A pályalemezt keresztirányban két helyen, hosszirányban pedig középen (a hídtengelyben) tompavarrattal kell a helyszínen összeilleszteni. A pályalemez túlnyúlik a szélső keresztbordákon és 30°-os letöréssel vízorrot képez a vízelvezető csatorna fölé. A pályalemez teljes szélessége így 5900 mm lesz.

A hossz- és kereszttartók azonos síkban lévő alsó övlemezeinek kapcsolata ún. csillaglemezes kialakítású.

A végkereszttartóknál emelési helyeket lesznek kialakítva. (hídtengelytől 1970 mm).

3.4.) Üzemi járda

A főtartó mindkét oldalán az elsodrási határon kívül, a főtartó külső síkjától mérve 0.876 m hasznos szélességű üzemi járda készül kábelcsatornával. A hengerelt I200 szelvényű járdakonzolok a kereszttartók vonalában homloklemezen keresztül vannak rögzítve a külső csomólemezekhez. Az üzemi járda korlátja egymástól ~450mm-re elhelyezett kéz-, térd- és lábléccel készül (φ60.3-2.9, φ51-3.6, φ51-3.6) csőszelvényekből. A 2600 mm-re lévő korlátoszlopok is φ51-3.6 szelvényűek.

Az üzemi járda korlátját a hídfőkön tovább folytatva, szintbe helyezve kell beállítani.

Az osztott kábelcsatorna felett külön nyitható, 300 és 380 mm széles járórács 30x30 mm rácsméretű, 3 mm vtg. bordákkal készül. A kábeltálca alja szintén 30x30 mm rácsméretű, 3 mm vtg. bordázatú járórácsokból készül.

A járótáblákat IPE 220, ill UAP 220 szelvényű hossztartók, illetve hajlított „L" szelvényű szegélytartó támasztja alá. A felfekvés mentén a járórács alá 3 mm vtg. műszaki gumicsíkot kell elhelyezni.

A rácsot felszedés ellen speciális fejű rögzítő elemekkel kell lerögzíteni. A járószint magassága megegyezik a pályalemez szélének szintjével.

Az üzemi járdák teljes mértékben hegesztett és festett szerelési egységek. Az egységeket hosszirányú dilatálást biztosító módon kell a helyszínen összeszerelni.

A korlátok alsó 60 cm-es magasságában - a vonatról esetlegesen lehulló tárgyak úttestre zuhanásának megakadályozására – megfelelő szemméretű expandált lemez kerül beépítésre.

4.) Gyártási- építési technológia

A híd megépítéséhez kb. 3 hónapos vágányzár szükséges, vagy terelő vágány építendő.

A hídszerkezet nem szokványos kialakítására tekintettel az egész hidat a gyártó üzemben össze kell állítani, majd 6 részre szét kell szerelni és az építés helyszínére szállítani. A helyszínre szállítandó gyári egységek mérete kezelhető méretű, hiszen egy hídtengely irányú és két keresztirányú helyszíni illesztést van előirányozva. Így a gyártási egység mérete: 17,67m x 2,82m.

Az üzemben gyártott és próbaszerelt új szerkezet a helyszínen kialakított szerelőtéren kerül összeszerelésre, darukkal beemelve jut végső helyére.

A szerelési és építési technológia részletes kidolgozása a vállalkozó feladata.

5.) Vasúti pálya a hídon, hídfőcsatlakozás

A kiírás alapján hídon 48-as rendszerű folyamatos rugalmasan ágyazású sínleerősítési rendszer készül. A híd pályalemezéhez M20 8.8 min. csavarokkal rögzített, 16mm vtg. lemezekből készült acélvályú szélessége 200 mm, magassága 180mm.

A sínvályú pályalemezen elkészítendő furatait, a kész vályúkat sablonként felhasználva kell a helyszínen kifúrni.

A terelő berendezés fekvő helyzetű hegesztett „T" profilból készül. A pályasíntől való távolsága a szabványos 180 mm. A terelősín az esetlegesen kisikló vonat kerekét a síncsatorna tetején tartja és a nyomkarima nem roncsolhatja a pályalemezt. A terelősín talpának széle a sínkorona szint fölé 10 mm-el nyúlik, ami szintén növeli a kisikló kerék megvezetésének biztonságát.

A terelő berendezés a csatlakozó pályaszakaszon is fekvő helyzetű hegesztett „T" profilból áll.

A sínvályú a híd hossza mentén kb. 12 m-ként megszakad, hogy a sínek közé kerülőcsapadék eltávozhasson, illetve hogy az esetlegesen szükségessé váló utólagos sínhegesztések elkészíthetők legyenek.

A vályúk fenéklemezét és az alattuk lévő pályalemez sávokat cinkszórással kell alapozni és mindkét felületet gondosan mázolni kell. Mindezen kívül a fenéklemez és a pályalemez közötti korrózió megelőzése, csökkentése érdekében a felerősített fenéklemez széleinél és a rögzítő csavaroknál időtálló, rugalmas kitöltő anyagot kell alkalmazni. A vályú és terelősín bak talplemezek között a csapadékvíz lefolyásának biztosítása végett 20 mm távolságot kell biztosítani.

A hídhoz közvetlenül csatlakozó pályaszakaszon, v.b. bordáslemezre rugalmas „talpfasaruk" közbeiktatásával rögzített, hídfőnként 6-6 db hídfa lesz beépítve. A tervezett kialakítás megakadályozza a síneknek a végkereszttartó szögforgásából származó felemelkedését, valamint az így kilazult ágyazat közvetlen kerékteher hatására létrejövő káros

összenyomódását. A talpfasarukban elhelyezett műgumi betétek – utólag is szabályozható – fokozatos rugalmas átmenetet biztosítanak a hídi és a folyó pálya merevségi viszonyai között.

A híd előtt és után külön szakági terv szerint síndilatációs készüléket kell beépíteni.

6.) Vízelvezetés, vízszigetelés

A tetőszelvényű pályalemez keresztirányban 55 mm-t esik. A pályalemez a külsőcsomólemezeken túlfut, ahol vízorr-szerűen vezeti el a vizet a járdakonzolon elhelyezett gyűjtőcsatornába, mely ejtővezeték közbeiktatásával a hídfőknél csatornázási szakági tervek szerint kialakítandó tisztító aknába köt be. A gyűjtőcsatorna d=120mm átmérőjű PVC anyagú csatorna.

Felerősítése a járdahossztartókra helyszínen felfúrt laposacél félköríves pántokkal történik. A felszerkezet túlemeléséből további hosszesés is adódik, így a pályalemezre kerülő csapadékvíz lefolyása biztosított. Külön víznyelőket, azok fenntartási nehézségei miatt, nem terveztünk. A híd mögé, a szerkezeti gerendára kerülő víz a térdfal tövében tervezett folyókán át a burkolt rézsűkúpra jut. A sínek közötti sávban a vályúmegszakítások révén is biztosított a vízelfolyás.

A háttöltésen átjutó nedvesség a tömörített háttöltés anyagra helyezett geomembrán (ld. még a Talajmechanikai szakvéleményt) segítségével a hídfő mögötti talpszivárgóba jut, mely a felmenő falba bebetonozott csövön keresztül vezeti ki a vizet a terepszint felett ~30 cm-rel vízköpővel.

A hídfő hátfalára drainpaplan hátszivárgót kell beépíteni, vízköpőkivezetéssel.

A kiegyenlítő lemez mögött keresztszivárgót kell kiépíteni 5 %-os hosszeséssel, a szárnyfalakon keresztülvezetve, működő vízköpő kivezetéssel.

7.) Töltéslezárás, kőburkolat

A meglévő rézsűkhöz teljes magasságban betonba ágyazott terméskővel burkolt földkúpok lettek tervezve. A kőburkolat 25 cm vtg. terméskőből készül. Alatta 10 cm vtg. beton ágyazatot kell készíteni. A burkolatot cementhabarccsal kell kihézagolni, széleit 50 x 80 cm keresztmetszetű C 10 minőségű beton szegélybordákkal kell lezárni.

A hídfő felmenő falát városi környezetnek ellenálló kőburkolattal javasolt ellátni.

A Korányi utca felől tervezett töltéstámasztó támfalakat a hídfőlezáráshoz kell igazítani.

8.) Bevonatrendszerek

Az acélszerkezet korrózióvédelmére ipari-városi környezeti hatásoknak ellenálló bevonatrendszer felhordása javasolt az üzemeltető által meghatározott színben. Korrózióvédelmi kategória: C5-I. A hídszerkezet valamennyi elemére, a pályalemez kivételével, legalább 320 µm összvastagságú bevonatot kell készíteni. A pályalemezre, mivel az a vegyi, mechanikai és időjárási hatásoknak jobban ki van téve, legalább 360µm vastagságú, kopásálló réteget kell felhordani. Alapozásként cinkszórás javasolható.

A sínvályúk alatti sávokban különös gondossággal kell az alapozást és a fedőmázolást is elkészíteni.

A csavarokat és hevedereket tömítő, vízzáró anyaggal kell körbekenni.

Az időjárásnak és a mechanikai igénybevételeknek legjobban kitett járórács tűzi horganyzott legyen.

Az egyéb acélszerkezeteket a hídéval megegyező korrózióvédelmi bevonattal kell ellátni.

Sókorrózió elleni bevonattal ellátandó betonfelületek:

BV1 szárnyfalakon az üzemi gyalogjárdák felső felülete

BV3 hídfők felmenő fala, szárnyfalak látható valamint üzemi járdák külső felülete

9.) Hídtartozékok

9.1.) Dilatációs szerkezet

A híd előtt és után síndilatációs készüléket kell beépíteni a szakági tervek szerint. A fix sarus (kezdőpont felőli) oldalon a folyópálya „lélegzését" veszi fel a készülék. A mozgósarus (végpont felőli) oldalon a csatlakozó hézagnélküli pálya lélegzőmozgását ill. a híd mozgását (±28mm).

Részleteit lásd a szakági dokumentációban.

9.2.) Saruk

A felszerkezet fix és mozgó korongsarukra támaszkodik, melyek kis magassággal és nagy teherbírással rendelkeznek. A saruk megkívánt névleges függőleges teherbírása 2600 kN. A kezdőponti hídfő saruinak hosszirányú minimális teherbírása 550kN legyen, a keresztirányban teherviselő saruk minimális teherbírása 420kN legyen. A hosszirányban mozgó saruk mozgástartományának mértéke +10°C középhőmérséklethez képest legalább ± 40 mm legyen,

a szögelfordulás mértéke pedig legalább 0,01 rad. A keresztirányban mozgó saruk mozgástartományának mértéke +10°C középhőmérséklethez képest legalább ± 5 mm legyen

Saruelrendezés:

- Kaba felől északi oldal: minden irányban fix saru
- Kaba felől déli oldal: keresztirányban mozgó, hosszirányban fix saru
- Nádudvar felől északi oldal: hosszirányban mozgó saru
- Nádudvar felől déli oldal: minden irányban mozgó saru

A 70x70 cm-es vb. saruzsámolyok tetején PAGEL-habarcsba kell a sarukat fektetni.

A 30 mm vtg., középen a sarucsap fogadását szolgáló kör alakú kivágással ellátott felső sarulemezeket a saruk kiválasztását követően és annak méreteit figyelembe véve a kereszttartó alsó övéhez kell felhegeszteni. A sarukat felül a csapok, alul a saruzsámolyba beragasztott sarucsavarok rögzítik, biztosítva az egyszerű cserélhetőséget.

A saruk kiválasztását követően a terveket a kiválasztott sarukhoz adaptálni kell!

9.3.) Villámvédelmi földelés

A hídon villámvédelmi földelő rendszert kell kialakítani. A híd fémszerkezeteinek EPH bekötései valamint a villamos berendezések érintésvédelme feleljen meg a MÁV Érintésvédelmi Szabályzatának (korábban MSZ 07-2506 szabvány).

9.4.) Szolgálati lépcső

A műtárgy déli oldalán mindkét hídfőnél új, korláttal ellátott szolgálati lépcsők készülnek.

A hídfők mögött, a vágánytengelyre merőleges irányú lépcsők vezetnek az új töltés padkaszintjéről a régi töltés terepszintjére (108,50mBf) az új töltés 1:1,5 –es meredekségével megegyezően. Erről a szintről pedig a vágánytengellyel párhuzamos, a hídtengelytől 7,18 m-re délre eső szolgálati lépcsők vezetnek az új (a Korányi utcával azonos) 103,90mBf terepszintre, 1:1 –es eséssel.

10.) MÁV kábelek

A korábban MÁVTI Kft. által készített engedélyezési tervek (11898/A/3, 11999/A/9,14) alapján a területen az alábbi MÁV vezetékek találhatók, illetve tervezendők:

10.1.) Távközlési kábelek és vezetékek

Az Északi vasúti híd – Aquincum megállóhely viszonylatában az alábbi MÁV távközlési fémvezetőjű kábelek üzemelnek:

- V. 003.000/b B3 vonalkábel Hajdúszoboszló elágazás – Kaba állomás között

- V.004.000/b 13x4/0,6 ROP távközlési kábel Hajdúszoboszló elágazás – Bojár-Hollós viszonylatában

- V.005.000/b B3 vonalkábel Püspökladány - Hajdúszoboszló – Hajdúszoboszló elágazás elágazás között

- V.021.000/a 13x4/0,6 ROP távközlési kábel Püspökladány - Hajdúszoboszló állomás „C" kábelbódé – Aquincum volt gázgyári elágazás viszonylatban

Az érintett vonalszakaszon a fémvezetőjű kábeleken túl egy 20 fényvezetőszálat tartalmazó vasúti optikai kábel is üzemel.

A vizsgált területen MÁV tulajdonú légvezetékekkel, vagy szigetelt szabadvezetékkel kiépített távközlési összekötések nem üzemelnek.

A kábelek átépítéséről és kiváltásáról külön szakági terv rendelkezik. A híd mindkét oldalán MÁV kábelek átvezetésére alkalmat kábelcsatornát terveztünk.

10.2.) Biztosítóberendezési kábelek

A vizsgált területen csak felhagyott, megrongált „dög" állítómű kábelek vannak. Azok további felhasználásáról a vasút tudomásunk szerint lemondott.

10.3.) Erősáramú kábelek

Meglévő erősáramú kábel a híd környezetében nem található. A vonali rekonstrukció keretében 1 db SZAMKAS VM – MÁV ZRt. 0,6/1 kV 4x25 mm^2 térközjelző energiaellátását szolgáló kábel illetve 1 db KPE Ø75 védőcső kerül beépítésre.

A MÁV kábeleken kívül a jobb oldalon PanTel fényvezetőszálas kábel található.

11.) Anyagminőségek

Acélanyag:

Szerkezeti acél:		S235JR MSZ EN 10025: 2005
Alárendelt acélszerkezet (korlát, járdakonzol):		S235J2+N MSZ EN 10025:2005
Varratok:	C	MSZ EN ISO 5817:2004
NF csavarok:	10.9	MSZ 2282:1980
Csavarok:	8.8, 5.6	MSZ EN 4014:2001

Megjegyzés:

Az MSZ EN ISO 5817:2004 szerinti „C" minőségű (közepes) varratok.

Beton (ÚT 2-3.414:2004 szerint):

Alaptest:	C20/25 (24/KK), szulfátálló cementtel
Felmenő fal, szárnyfal:	C20/25 FV (24/KK)
Szerkezeti gerenda, saruzsámoly:	C25/30 FV (16/KK)
Járdaszegély, Szolgálati lépcső:	C25/30 FV (24/KK)
E.gy. vb. bordáslemez:	C35/45 FV (16/KK)
Szerelő beton:	C 10-24 / FN (MSZ 4719)

Betonacél (ÚT 2-3.414:2004 szerint): B 500 B,

B 240 B

Cementek:

Cement FV jelű szerkezeti betonhoz: portland cement CEM I. 42,5 (régi jele: 450 pc)

Cement egyéb betonokhoz: portland cement CEM I. 32,5 (régi jele: 350 pc)

A talajjal érintkező szerkezeteket szulfátálló cement adagolásával kell készíteni:

portland cement CEM I. 32,5S

A fenti műszaki leírásban konkrétan megnevezett anyagok, illetve tartozékok helyett - a tervezővel való konzultációt követően - ezekkel egyenértékű más anyagok, illetve tartozékok is felhasználhatók, amennyiben alkalmazási engedéllyel és megfelelő referenciákkal rendelkeznek.

12.) Fontosabb magassági adatok

A magasságok BALTI alapszintre vonatkoznak.

Magassági alappont: 3304568-1 számú alappont Nádudvar település református templomának oldalán található.

A híd környezetében 1 db, az országos hálózatba bekötött fixpontot, a hídfőkön 1-1 db magassági mérőcsapot kell létesíteni.

Terepszint:	~103,39 – 107,39 mBf
Tervezett sínkoronaszint, a keresztezési pontban :	111,08 mBf
Felszerkezet mértékadó alsó élének szintje:	109,96 mBf
Szerkezeti gerenda felső síkja:	109,41 mBf
Saruzsámoly teteje:	109,58 mBf
Járdaszint a hídon:	110,85 mBf
Járdaszint hídfőn:	110,85 mBf
Síkalap alapozási sík:	100,11 mBf
Nyugalmi talajvízszint (2008.01.30) Kaba felől:	99,19 mBf
Nyugalmi talajvízszint (2008.01.29) Nádudvar felől:	99,19 mBf

13.) Munkavédelmi és tűzvédelmi előírások

A tárgyi hídnál alkalmazott műszaki megoldások kielégítik a hatályos ágazati szabványok és műszaki előírások követelményeit, illetve eleget tesznek a tűzvédelmi rendelkezéseknek.

• A kivitelezés során a 46/1999. (VIII.4) GM rendelettel módosult 32/1994. (XI.10.) IKM rendelettel hatályba lépett Építőipari Kivitelezési Biztonsági Szabályzat előírásait be kell tartani.

• A 31/1995. (VII.25.) IKM. rendelettel hatályba léptetett Vas- és Fémipari Szerelési munkák Biztonsági Szabályzatában, valamint a 33/1994. (XI.10.) IKM. rendelettel hatályba léptetett Emelőgépek Biztonsági Szabályzatában foglaltakat maradéktalanul be kell tartani.

• Az 1993. évi XCIII. Törvény a munkavédelemről és a végrehajtásról szóló 5/1993 MüM rendeletben, valamint 47/1999 GM rendeletben foglalt előírásokat szigorúan be kell tartani.

• Az 1993. évi XCIII. törvény 40.§ (2. bek.) alapján a MÁV Zrt. területén munkát végző külső vállalkozók munkavégzésének munkavédelmi feltételeit, valamint a MÁV Zrt. területére történő belépés rendjét szabályozó MÁV Zrt. Személyügyi Főosztály 90/1996. (MÁV Értesítő 50.sz.) utasítása szigorúan szabályozza. Ezek betartásának módját és érvényesítését a külső fővállalkozó és a MÁV Zrt. között kötött vállalkozási szerződés kell hogy tartalmazza.

A fővállalkozónak a vele szerződéses jogviszonyban álló vállalkozók (alvállalkozók, fuvarozók) munkavédelmi oktatásáról valamint a MÁV Zrt.-vel megkötött szerződés kötelezettségeinek és feltételeinek teljesítéséről gondoskodnia kell.

A vasút zárt és nyitott területére a MÁV Zrt.-vel munkaviszonyban nem álló személyek munkavégzés céljából csak belépési engedély birtokában léphetnek be.

A külső vállalkozó kötöttpályás és a közúti járműveivel a MÁV Zrt. területén vágányhálózatán és közforgalom elől elzárt úthálózatán, munkaterületein csak a MÁV Zrt. engedélyével közlekedhet.

A híd nem tűzveszélyes "E" osztályba sorolható.

Vegyi anyagokkal való munkavégzés során a gyári előírások szerint kell eljárni. A gyártás, szállítás, szerelés során a kivitelező cég saját hatáskörében kialakított munkavédelmi előírásokat köteles betartani és betartatni.

Mivel a híd átépítése magasban történő munkavégzéssel járhat (beemelés fázisánál fokozott mértékben!), ezért a kivitelező vállalatnak különösen nagy gondot kell fordítania a saját hatáskörében kialakított általános munkavédelmi és balesetelhárítási előírásokat betartására.

14.) Környezetvédelem

Az illetékes szakhatóság – jogszabályi felhatalmazás alapján – hatáskörében tett előírásait be kell tartani. (ld. mellékelt bontási és építési engedély B fejezete).

Az építési-szerelési munkák során használt vegyi anyagok talajba jutásának megakadályozásáról a kivitelező cég saját hatáskörén belül köteles gondoskodni. A helyszíni szerelő-bontó területet a munkák befejezése után eredeti állapotának megfelelően helyre kell állítani.

A szokványos vasútüzemi tevékenységből származó környezetszennyezés valószínűsége rendkívül csekély. A vonat hídon való kisiklását rendkívüli eseménynek kell tekinteni, ami ellen a pálya, a híd és a vonatszerelvények fenntartása illetve karbantartása jelent garanciát. Fenti sínleerősítési rendszer szerkezeti kialakítása a hagyományoshoz képest fokozott biztonsággal bír, az esetleges kisiklásból származó katasztrófa által bekövetkező környezetszennyezés valószínűsége így a tárgyi híd esetében az átlagosnál kisebb.

A fenntartási munkák során a híd védőbevonatának időszakos felújítását ún. zárt technológia alkalmazásával kell elvégezni, amely az alkalmazott vegyi illetve környezetre ártalmas anyagok talajba jutását meggátolja.

A fentieken túlmenően a műtárgynak környezetvédelmi vonzatai nincsenek.