

Tervezési útmutató acélszerkezetű vasúti híd tervezéséhez

(A PTE-PMMK „Hídépítés” című tantárgyához)

2010. április

Összeállították:

Balogh Tamás
okl. építőmérnök
tanszéki mérnök
baloghtamas@pmmk.pte.hu
PTE-PMMK

Bocskai Zoltán
okl. építőmérnök
óraadó

Lektorálták:

dr. Iványi Miklós
okl. építőmérnök
egyetemi tanár
PTE-PMMK

Orbán Zoltán
okl. építőmérnök
egyetemi adjunktus
PTE-PMMK

Jelen segédlet csak **OKTATÁSI** célra használható.

A jelen segédlet, mely a Hídépítés tárgy acélszerkezetű hídjának megtervezéséhez nyújt segítséget, az Eurocode előírásai szerint és dr. Hegedűs László (BME) professzor Úr segédlete felhasználásával készült.

Tartalomjegyzék

A feladat ismertetése	2
Vázlatterv	2
1. Kiindulási adatok	2
1.1. A vázlatterv elkészítéséhez szükséges adatok és méretek kiválasztása	2
1.2. A főtartó szelvényének felvétele	7
Részletes számítás	10
2. Kiindulási adatok	10
2.1. A statikai számításhoz felhasznált szabályzati előírások	10
2.2. Alkalmazott anyagminőségek és fizikai jellemzőik	10
3. Terhek	10
3.1. Állandó súlyterhek	10
3.2. Függőleges mozgó terhek	11
3.3. Mozgó teher többlettényezői	12
3.4. Vízszintes mozgó terhek	12
3.5. Meteorológiai terhek	14
4. Az acél főtartó méretezése	14
4.1. Ható terhek	15
4.2. Igénybevételek számítása	15
4.3. A főtartó szelvényének felvétele	18
4.4. Az acéltartó vizsgálata	19
4.5. További számítások	30
5. A szerkezet egészére vonatkozó erőtani követelmények igazolása	30
5.1. Helyzeti állékonyság vizsgálata	30
5.2. A függőleges síkú merevség (lehajlás) vizsgálata	30
5.3. Vízszintes síkú merevség vizsgálata	30
6. Anyagkiválasztás	31
7. A feladat rajzi részletei	31
Irodalomjegyzék	32
Mellékletek	33

Felsőpályás gerinclemezes acélszerkezetű vasúti híd tervezése

A feladat ismertetése

A megtervezendő szerkezet rendeltetése: a vasúti pálya átvezetése valamilyen akadály (pl. folyó, út, stb.) felett.

Vázlatterv

1. Kiindulási adatok

1.1. A vázlatterv elkészítéséhez szükséges adatok és méretek kiválasztása

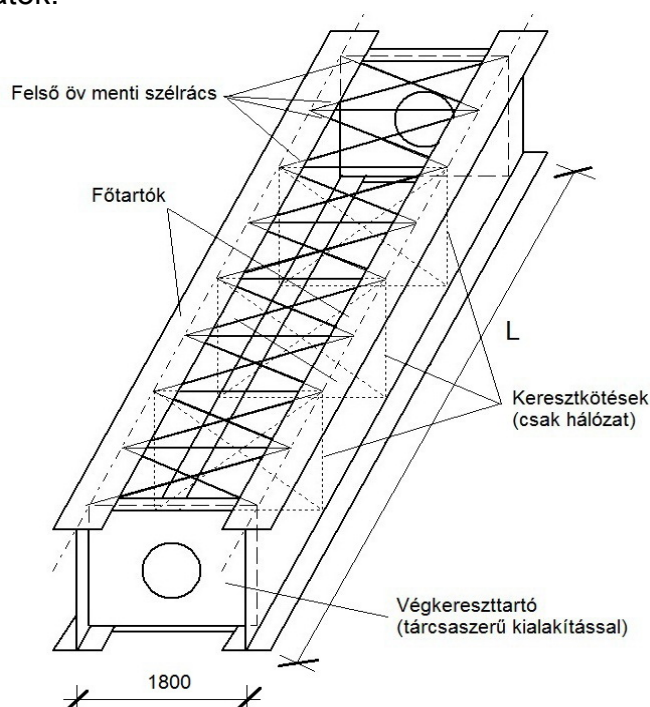
A vázlatterv elkészítésének célja az, hogy a híd tervezési munkálatainak megkezdésekor rögzítse az adott körülményeket figyelembevevő elképzeléseket, fő kiinduló adatokat, a szerkezeti elemek térbeli elhelyezkedését, a megvalósítás során alkalmazásra kerülő anyagok minőségét, a tervezés alapjául szolgáló szabályzatokat, előírásokat, stb.

A vázlatterv készítése történhet kézzel, vagy géppel **méretarányosan** A3 méretű lapokra.

A vázlattervnek tartalmaznia kell az alábbi részeket:

- A híd vonalas oldalnézete
célszerű méretarány: $M = 1 : 100$
- A híd vonalas felülnézete.
célszerű méretarány: $M = 1 : 100$
- A híd keresztmetszete
közbenső keresztmetszet 1/2 részben, ill. végkeresztmetszet 1/2 részben
célszerű méretarány: $M = 1 : 50$

Egy acélszerkezetű felsőpályás gerinclemezes vasúti híd legfontosabb teherhordó elemeit és azok egymásra épülését az *1. ábra* vázolja. Az ábrához fűzött megjegyzéseket a vázlatterv kialakításánál célszerű maradéktalanul hasznosítani. További ábrák a mellékletekben találhatók.

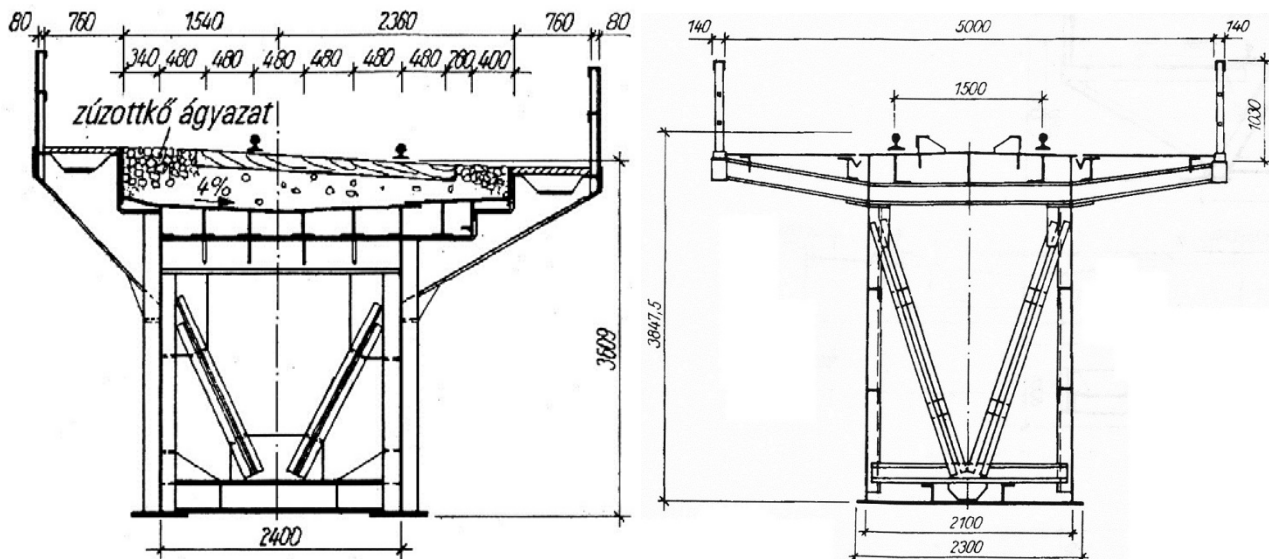


1. ábra: Felsőpályás gerinclemezes vasúti híd térbeli elhelyezkedése

Erre a szerkezetre építjük rá a vasúti pályát, a legalább üzemi használatra szükséges gyalogjárót, stb.

A vasúti pálya kialakítása szempontjából három szerkezeti megoldás lehetséges:

- nyílt pályás, hídfás szerkezet (5. ábra)
- zárt pályás (2. ábra)
 - ágyazat átvezetéssel
 - ágyazat átvezetése nélkül

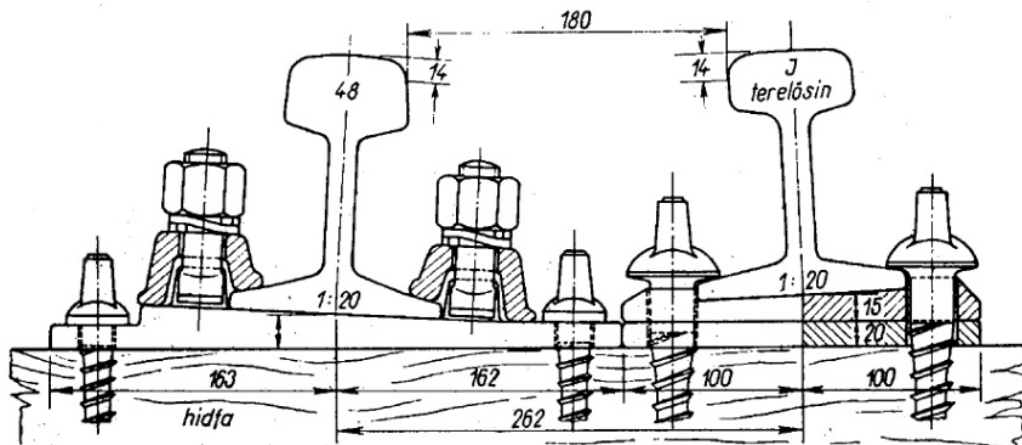


2. ábra: Zárt pályás acélszerkezetű vasúti hidak ágyazat átvezetéssel és ágyazat átvezetése nélkül

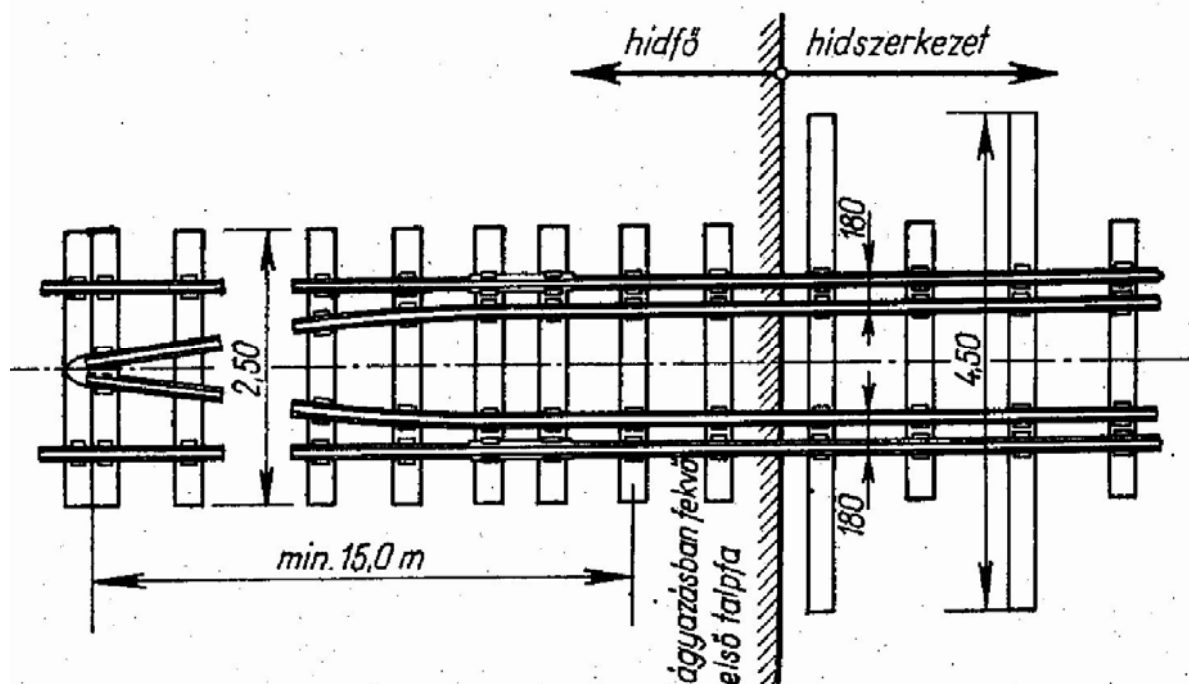
Az ágyazat átvezetése pályadinamikai szempontból sokkal kedvezőbb, de nagyobb szerkezeti magasságot igényel, és jelentős önsúlynövekedéssel jár.

Ágyazat átvezetése nélküli esetben igen sokszor alkalmazták a hídfás megoldást, régebben épült szerkezetek között szép számban találhatunk ilyeneket (jelentős részben szegecselt kialakítással), melyek felújítása, állagmegóvása a jövőben is fontos feladata lehet egy építőmérnöknek. Emellett - a szerkezeti rendszer viszonylagos egyszerűsége következtében - alapszintű hídépítési iskolai feladatként is alkalmasnak mondható ez a megoldás.

A pálya részét képező két sínszál tengelye egymástól 1500 mm-re helyezkedik el a fővonalakban szokásos 1435 mm-es nyomtáv esetén, melyek közvetlen alátámasztására jelen feladatban a hídfő szolgál. 20 m-nél nagyobb fesztávolságú vasúti hídon vasútüzemi biztonsági szempontok miatt terelősín elhelyezésére (3. és 4. ábra) is szükség van.



3. ábra: A terelősínes felépítmény



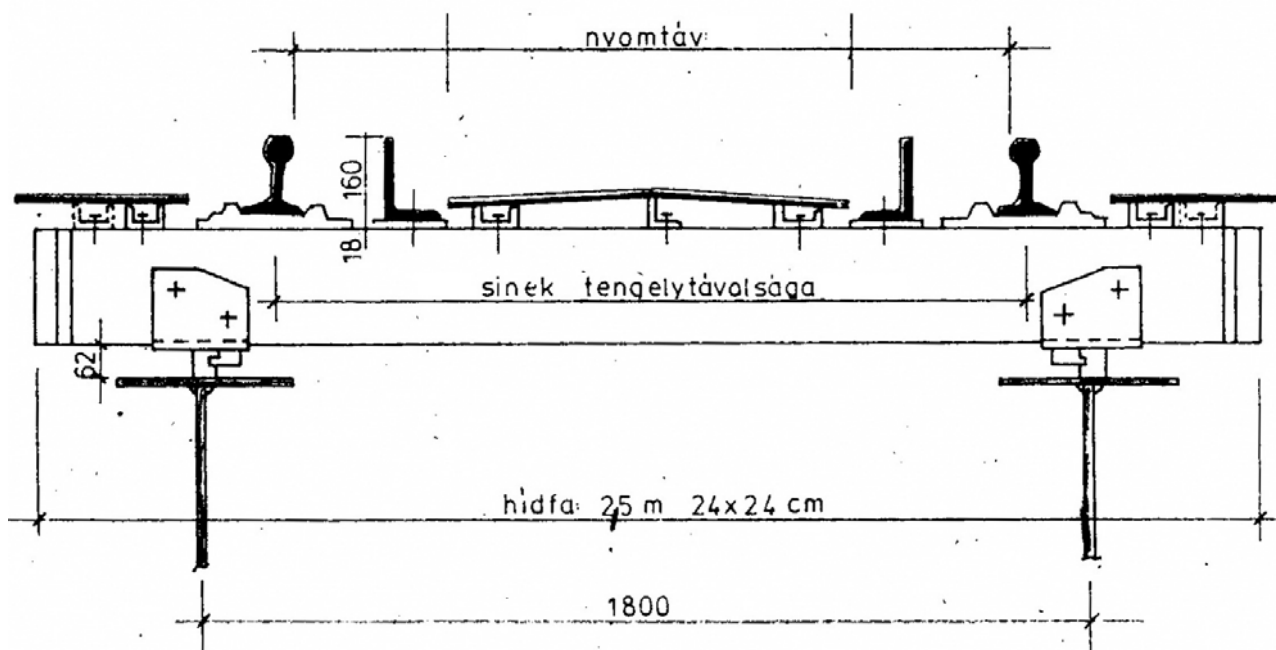
4. ábra: A terelősín elhelyezése hídszerkezeten

Részben a későbbiekben kiderülő szempontok alapján célszerű a szélrácsot úgy kialakítani, hogy:

- csomópontjainak távolsága az 1,5 - 2,0 m tartományba essen,
- páros számú (a híd fesztávolságától függően 6, 8, 10, 12) osztásból álljon.

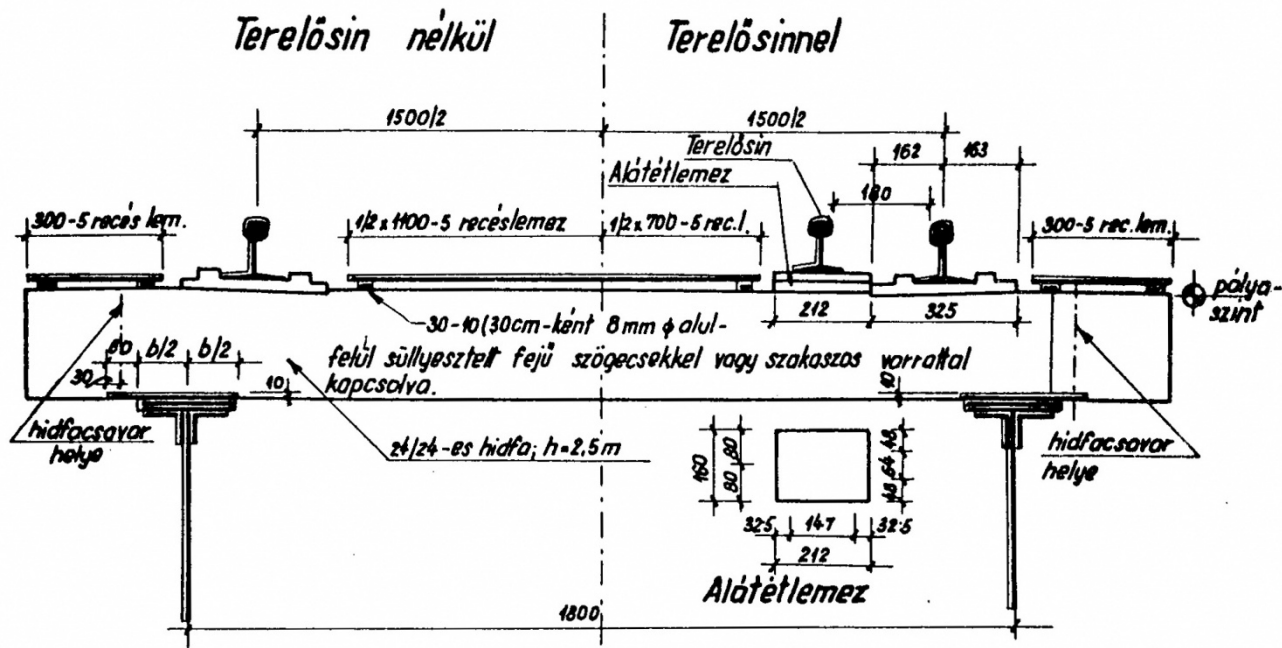
A felsőpályás változatnál minden második osztásnál alakíthatunk ki keresztköteket.

A hídon lévő pálya rugalmasságának fokozása érdekében a hídfákat nem közvetlenül a sínszalak alatt támasztja alá a két főtartó (illetve más megoldás esetén a két hossztartó), hanem azok tengelytávolsága 1800 mm (5. ábra). Emiatt a hídfák szokványos mérete 24 x 24 x 250 cm, míg osztástávolságuk 60 cm körüli.



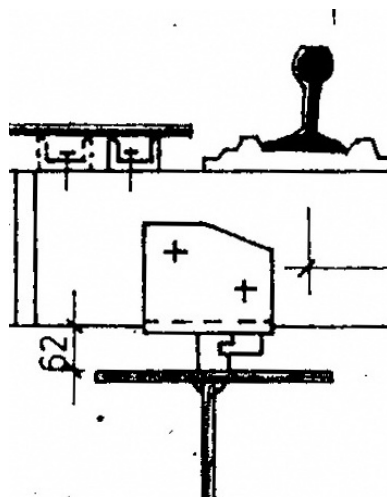
5. ábra: Hídfás kialakítás

Régebbi megoldásoknál a hídfák közvetlenül feküdtek fel a főtartók, illetve hossztartók felső öveire és azokat a külső oldalon a (szegecselt hídnál a legfelső) kiszélesített felső övlemezhez kapcsolták (6. ábra). A hídfa hajlékonysága következtében a felső övet a vasúti teher keresztirányban hajtogatja, amely számtalan esetben repedések, törések forrásává vált.



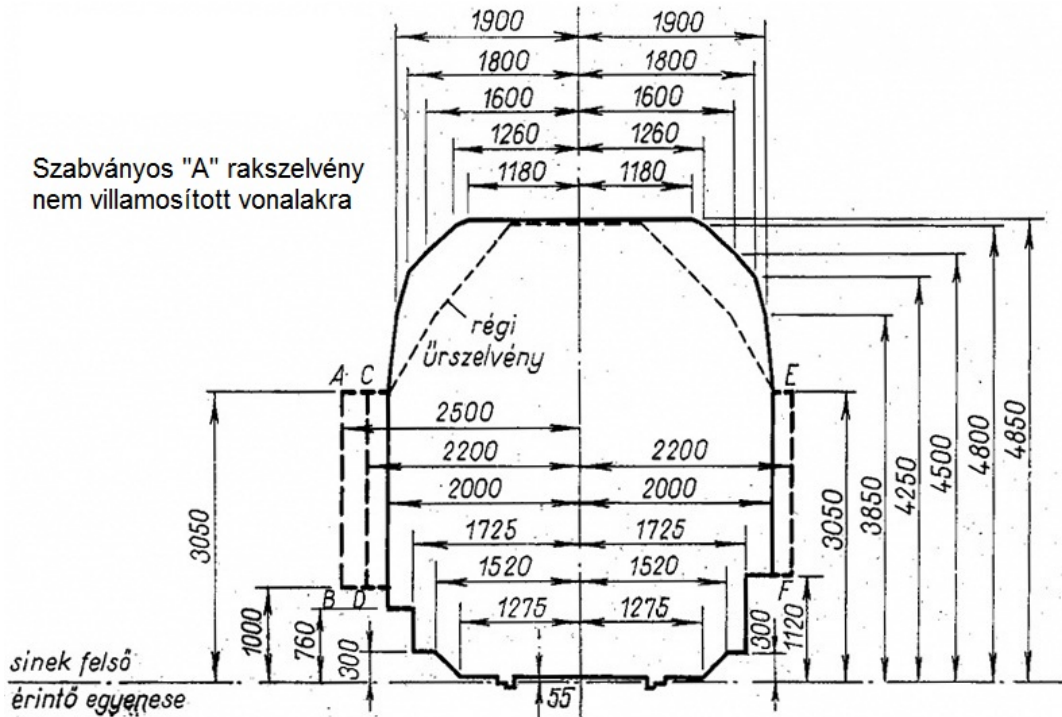
6. ábra: Terelessines és terelessin nélküli keresztmetszet központosító léccel

Emiatt manapság a hídfát a felső öv közepvonalában elhelyezett központosító lécre fektetik fel, megakadályozva az öv keresztirányú hajtogatását; a hídfa és a központosító léccé közé pedig kis sarut helyeznek (7. ábra). Jelen feladatban a központosító léces megoldást tételezzük fel.



7. ábra: Hídfa alatti központosító léccé

Minden vasúti hídon, legalább üzemi használatra, megfelelő járófelületet szükséges kialakítani és azt a szélein korláttal kell lezárni. Figyelembe véve a vasúti úrszelvény szélességét (4400 mm), a kétoldali korlát belső élei közötti távolság min. 4400 mm (8. ábra). Attól függően, hogy a híd nyílt pályán vagy állomás közelében helyezkedik-e el, a korláttáv nagyobb is lehet.



8. ábra: Szabványos rakszelvény

A pályaeépítő gépek áthaladása szempontjából is kedvezőbb a nagyobb korláttáv, így a feladatban 5000 mm-es korláttávot alkalmazunk. A pályaeépítő gépekre néhány példát mutat a 9. és 10. ábra.



9. ábra: Ágyazatrostáló gép

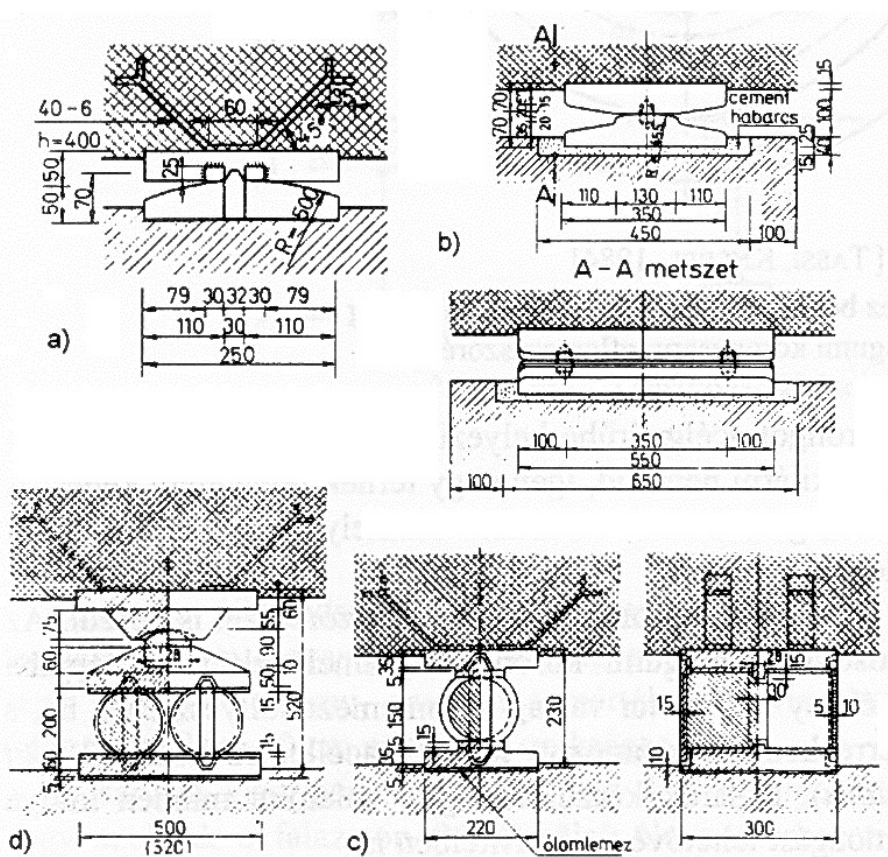


10. ábra: Ágyazatrendező gép

A járófelületeket úgy a két sínszál között, mind azokon kívül is megfelelő szélességű recéslemez burkolattal kell ellátni. A hídfák feletti recéslemezeket a hídfák támasztják alá, míg a hídfa vége és a korlát közötti szakaszokat megfelelő hosszirányú járdatartók (pl. melegen hengerelt U, L szelvény). A járdatartókat és a korlátokat a gerinclemezes főtartóhoz kapcsolódó konzolok tartják.

A főtartók és hídfők csatlakozásánál a mozgások felvételére acélsarukat érdemes alkalmazni. Ezek lehetnek billenő acélsaruk és gördülő acélsaruk. A billenő acélsaruk azok a saruk, amelyek vagy csak billenő mozgást végeznek (állósaruk), vagy ezen kívül csúszó mozgást is (mozgósaruk). Gördülősaruknak azokat a sarukat nevezzük, amelyek vagy csak gördülő, vagy gördülő és billenő mozgást is végeznek. Ezek a tartószerkezet hosszváltozásait, de többé-kevésbé szögforgásait is biztosítják (mozgósaruk).

A 11. ábra az acélsaruk formáit mutatja: a) lemezes billenősaru, b) acélöntvény billenősaru, c) egyhengeres saru, d) gömbcsuklós gördülősaruk.



11. ábra: Acélsaruk

1.2. A főtartó szelvényének felvétele

Az acél főtartók hegesztett kialakítású, a függőleges tengelyükre szimmetrikus keresztmetszetű gerinclemezes tartók, melyek tengelytávolsága, mint jeleztük, 1800 mm.

A gerinclemez magasságának felvétele:

A kéttámaszú vasúti hídnál a gerinclemez h_w magasságát - gyakorlati szempontok alapján - az L fesztávot alapul véve célszerű az $\frac{L}{10} < h_w < \frac{L}{12}$ tartományban - 100 (esetleg 50) mm-re kereken - megválasztani. 10 - 12 m fesztáv esetén nagyobb gerincmagasság felvétele is szükségessé válhat.

A gerinclemez vastagságának felvétele:

A gerinclemez vastagságát – gerincnyírás, gerinchorpadás és a járatos lemezvastagságok figyelembevételével – 12 - 20 mm között vehetjük fel. A gerinclemez magasság 1/100-a körüli gerinclemez vastagság esetén a lemezhorpadás általában nem mértékadó.

Járatos lemezvastagságok: 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22 - 25 (- 28 - 30) mm.

$$t_w = \frac{h_w}{100} \quad (1.1)$$

$$t_w \approx 12 \div 20 \text{ mm} \quad (1.2)$$

Az övlemezek geometriai méreteinek felvétele:

Az övlemezek méretét szilárdsági és stabilitási szempontok mellett az is befolyásolja, hogy célszerű a főtartó anyagának zömét az övbe helyezni, de nem célszerű a 25 - 30 mm-es lemezvastagságot és a 450 - 500 mm szélességet meghaladni.

Emellett a nyomott oldalon az övlemez félszélessége (lemezhorpadás elkerülése érdekében) nem lehet nagyobb a vastagság 15-szörösénél.

$$\frac{b_f}{2} \leq 15 \cdot t_f \quad (1.3)$$

$$b_{f,\max} \approx 450 \div 500 \text{ mm} \quad (1.4)$$

$$t_{f,\max} \approx 25 \div 30 \text{ mm} \quad (1.5)$$

Bizonyos körülmények indokolhatják azt is, hogy a felső övlemezt az alsónál erősebbre választjuk.

A szélességi méret megválasztásánál emellett célszerű arra is gondolni, hogy csavarozott illesztésnél egy keresztmetszetben 2 ill. 4 db (M20 - M24) csavar helyezhető el a minimális és maximális csavartávolságok figyelembevételével.

Az acéltartó tervezése - alkalmas gerinc méretek felvétele után - a szilárdsági és fáradási szempontból megfelelő méretű övlemezek felvételéből áll, mely felvétel jogosságát a további vizsgálatokkal ellenőrizzük. Túl kicsi vagy túl nagy övlemez méret esetén a gerinclemez magasság és vastagság változtatása is szükségessé válhat.

A keresztkötések, a szélrács és a gerincmerevítő bordák kialakítása

A két acél főtartót - azok vízszintes síkú együttműködése és a teljes szerkezet globális stabilitásának biztosítása érdekében - helyenként - a tartó hossz tengelyére merőleges, függőleges síkban - keresztkötésekkel kell összekapcsolni.

A vízszintes erők felvétele és támaszokra továbbítása érdekében a két főtartót a felső övnél szélrácscsal kell összefogni. A keresztkötések helyzete, a szélrács hálózata és a gerinclemez függőleges merevítő bordáinak helyzete egymással összhangban veendő fel. Sűrűbb merevítő borda kiosztásnál minden második, ritkább merevítő borda kiosztásnál pedig minden osztásnál keresztkötést alkalmazunk.

A szélrács hálózatának kialakítása során fontos az 1. ábra megjegyzéseit és a 3.4.1. Oldallökő erő (Q_{sk}) szakasz vonatkozó kitételeit is szem előtt tartani.

A támaszoknál lévő keresztkötések a vízszintes síkú terhekből származó reakcióerők levezetésére is szolgálnak, emellett biztosítaniuk kell azt a lehetőséget, hogy sarucsere vagy javítás, esetleg magassági pályakorrekció esetén a hidat megemelhessék. Emiatt azok jelentősen merevebbek a többi keresztkötésnél, esetlegesen tárcsaszzerű kialakításúak.

A függőleges gerincmerevítő bordák távolsága ne legyen kisebb a gerinclemez magasságnál és ne legyen nagyobb annak kétszeresénél, emellett igazodjon a szélrács geometriájához is.

A vázlaterv oldalnézetén az alábbi lényeges méreteket kell feltétlenül megadni:

- a híd támaszköze
- a híd szabad nyílása
- az acélszerkezet hossza
- a sínkoronaszint magassága (szintkótával)
- a szerkezet alsó élének magassága (szintkótával)
- a híd szerkezeti magassága
- a sarufészek alsó síkja (szintkótával)
- a hídfőkre vonatkozó legfontosabb adatok

Az oldalnézetben ábrázolni kell vonalasan a gerincmerevítések helyét, szaggatott vonallal a keresztmetszetek tervezett helyét.

A vázlaterv felülnézetén vonalasan ábrázolni kell:

- a főtartókat
- járdatartókat
- járdamerevítőket
- szélrácsot

Bekótázandó méretek:

- acél főtartók tengelytávolsága
- acél főtartók hossza
- gyalogjáró hossztartók helyzete
- korlátok közötti tiszta távolság
- a hídfőkre vonatkozó legfontosabb adatok

A vázlaterv keresztmetszetén szereplő lényeges méretek és adatok:

- acél főtartók távolsága
- gerinclemez magassága - vastagsága
- közelítő övlemez méretek
- korlátok közötti tiszta távolság
- recéslemez burkolatok szélessége (korlát-hídfavég, hídfavég-sín, sínpár között)
- gyalogjáró hossztartók helyzete, konzolok fő méretei
- a hídfőkre vonatkozó legfontosabb adatok

A vázlaterven (és minden acélszerkezeti terven) az acélszerkezetre vonatkozó méreteket mindig mm-ben, a vasbeton- és egyéb szerkezetekre vonatkozókat pedig cm-ben kell bekótázni, illetve ilyen pontossággal kiírni.

A vázlaterven emellett szöveges formában kell, hogy feltüntetve legyen az anyagminőség, a méretezés alapjául szolgáló szabályzat(ok) (MSZ-EN-1991:2 Hidak forgalmi terhei, MSZ-EN-1993:2 Hidak) és a terhek.

A vázlattervet alapvetően az előkészítő gyakorlat, a konzulensek útmutatásai és az **1. MELLÉKLETBEN** található mintarajz alapján kell kialakítani.

Részletes számítás

2. Kiindulási adatok

2.1. A statikai számításhoz felhasznált szabályzati előírások

MSZ-EN-1991:2 Hidak forgalmi terhei

MSZ-EN-1993:2 Hidak

2.2. Alkalmazott anyagminőségek és fizikai jellemzőik

Szerkezeti acél:

Szabvány és acélminőség	Névleges vastagság t (mm)				Rugalmassági modulus E (N/mm ²)	Sűrűség ρ (kg/m ³)
	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	210000	7850
S 275	275	430	255	410		
S 355	355	510	335	470		
S 450	440	550	410	550		

12. ábra: Szerkezeti acélok szilárdsági jellemzői

Csavarok:

Csavarminőség	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f _{yb} (N/mm ²)	240	300	480	640	900
f _{ub} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

13. ábra: Csavarok szilárdsági jellemzőinek nominális értékei

3. Terhek

3.1. Állandó súlyterhek

Az állandó súlyterheket a tényleges viszonyoknak megfelelően kell figyelembe venni, a vázlatteven feltüntetett méretek alapján.

Valós tervezési feladat során a vázlatteven készítését is megelőzik előszámítások, melyek alapján a szükséges méretek és azok alapján az acélszerkezeti önsúly viszonylag pontosan becsülhető.

Elterjedtek olyan közelítő formulák is, amely bizonyos szerkezeti típuskialakításokra és feszítáv tartományra kielégítő pontossággal megadják az önsúly várható értékét.

A statikai számítás méretfelvételt befolyásoló részeinek elkészítése és a részletek alkalmas mértékű kialakítása után a feltételezett és tényleges önsúly összevetéséből a

korrekció szükségessége eldönthető. Jelen feladatnál - egyszerűsítés érdekében - az acélszerkezet önsúlyát az alábbi összefüggésekkel közelítjük:

Ágyazat átvezetéses kétfőtartós vasúti gerendahidaknál - megtervezett szerkezetek ilyen jellegű analízise alapján (lásd: HERZOG, M.: *Stahlgewichte moderner Eisenbahn- und Strassenbrücken, Der Stahlbau*, 1975., pp. 280-282)

$$g_1 [kN/m] = 12 + 0,42 \cdot L [m] \quad (3.1)$$

Ágyazat átvezetése nélkül a hivatkozott cikk a $\frac{g}{g_1} = \frac{g+100}{g+140}$ redukció használatát ajánlja. Ennek az összefüggésnek a figyelembevételével a szerkezet önsúlya:

$$g_s [kN/m] = \frac{\sqrt{(140 - g_1)^2 + 400 \cdot g_1} - (140 - g_1)}{2} \quad (3.2)$$

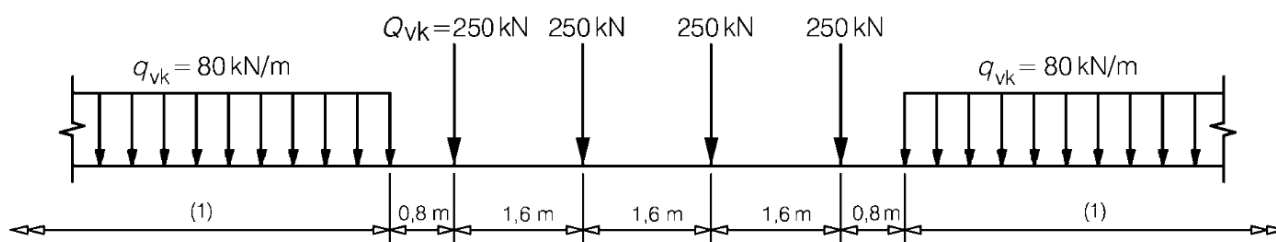
A főtartók és a hozzájuk szorosan kapcsolódó elemek önsúlyán túlmenően számításba veendő az alábbi súlyterhek:

- | | |
|---|--------------------------------|
| – vasúti vágány (sínek, alátétlemezek, leerősítő elemek) | $g_v = 2,0 \frac{kN}{m}$ |
| – terelősín - 20 m fesztáv felett | $g_t = 2,0 \frac{kN}{m}$ |
| – hídfa | $g_{hf} = 2,0 \frac{kN}{m}$ |
| – recéslemez - vázlattervből adódó szélességnek megfelelően | $g_r = 0,36 \frac{kN}{m^2}$ |
| – korlát - közelítően | $g_k = 1,0 \frac{kN}{m}$ |
| – világítási és egyéb szerelvények - közelítően | $g_{egyéb} = 1,0 \frac{kN}{m}$ |

3.2. Függőleges mozgó terhek

3.2.1. Mozgó Járműteher karakterisztikus értéke

A szerkezet méretezésénél az EUROCODE-1 által javasolt UIC-71 jelű vonatterhet vesszük számításba, amely egy vágányra, vagyis esetünkben két főtartóra vonatkozóan az alábbi:



14. ábra: A 71. tehermodell és a függőleges terhek karakterisztikus értéke

Ha az adott hatás szempontjából az a mértékadó, a vonat egy helyen megszakadtnak tekinthető (pl. maximális nyíróerő ábra szerkesztés, reakció erő, stb.)

A 14. ábrán látható karakterisztikus értékeket a szokásosnál nehezebb, vagy könnyebb vasúti forgalmat bonyolító vonalak esetén α tényezővel meg kell szorozni. Az α tényező ajánlott értékei nemzetközi vasútvonalakon:

- fővonal esetén: $\alpha = 1,21$
- mellékvonal esetén: $\alpha = 1,00$

3.2.2. Vasúti gyalogjáró teher

A járműteherrel nem egyidejűleg működő, egyenletesen megoszló, $5,0 \text{ kN/m}^2$ intenzitású teher. Esetünkben a járdát tartó konzol, hossztartók, recéslemez tervezése során kell figyelembe venni.

A feladat keretében ezeket az elemeket nem fogjuk részleteiben megtervezni, a főtartó szempontjából pedig ez a teher biztosan nem mértékadó.

3.3. Mozgó teher többlettényezői

A Φ dinamikus tényező a tartószerkezetben fellépő feszültségek és rezgések dinamikus hatások miatti növekményét veszi figyelembe, de nem tartalmazza a rezonancia következtében fellépő hatásokat.

A dinamikus tényezőt együtt kell alkalmazni a tényleges vonatokból származó terheléssel és a fáradását okozó vonatokból származó terheléssel.

Dinamikus tényező a függőleges járműteherhez:

- Gondosan karbantartott vágányok esetén:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad (3.3)$$

$$1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67 \quad (3.4)$$

- Szokásos módon karbantartott vágányok esetén (a feladatban erről van szó):

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad (3.5)$$

$$1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00 \quad (3.6)$$

ahol:

- L_Φ a meghatározott „jellemző” hossz (a Φ -hez tartozó hossz) [m]
- Az L_Φ értéke kéttámaszú tartóknál a főtartó irányában értelmezett támaszköz, L.

3.4. Vízszintes mozgó terhek

3.4.1. Oldallökő erő

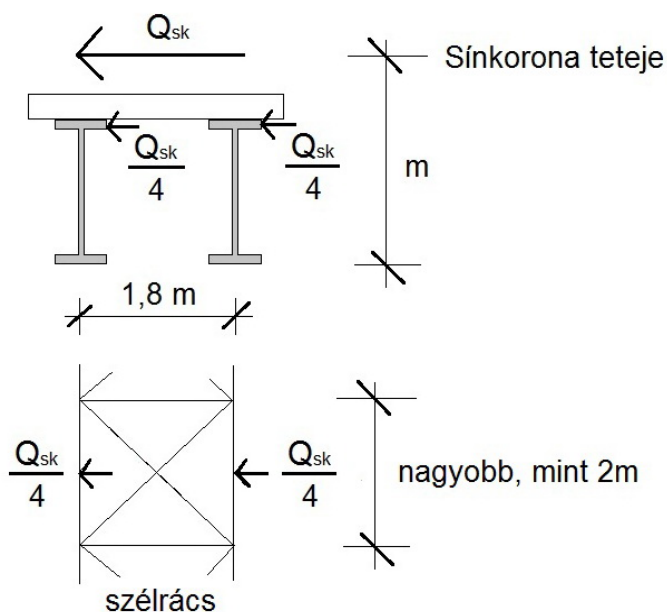
A hídon egyetlen, a sínkorona magasságában, a pályatengelyre merőlegesen és vízszintesen ható koncentrált erőt kell feltételezni a vizsgált igénybevétel szempontjából mértékadó helyen felvéve.

Az oldallökő erő karakterisztikus értékét $Q_{sk}=100 \text{ kN}$ – ra kell felvenni. Ezt nem kell megszorozni a Φ dinamikus tényezővel. Az oldallökő erő karakterisztikus értékét $\alpha \geq 1,00$ értékek esetén meg kell szorozni a 3.2.1. pontban ismertetett α tényezővel.

Az oldallökő erőt minden esetben kombinálni kell a függőleges irányú forgalmi terhekkel. Erre az erőre csak a vasúti pálya vízszintes erőit felvevő alkatrészeket (keresztkötéseket és szélrácsot) kell méretezni.

Ha a hídpályát közvetlenül alátámasztó hosszanti pályatartók (esetünkben főtartók) 2.0 m-nél nagyobb hosszban nincsenek oldalirányban a vízszintes erőket felvevő és továbbító külön tartóelemekkel megfogva (pl. hossztartó szélrács 2 m-nél hosszabb mezőjében), akkor a kérdéses pályatartókat e szakaszon a fél oldallökő erőre méretezni kell.

A jelen tervezési feladatban a hídpályát közvetlenül a főtartók támasztják alá. Ebből következően, ha a vízszintes síkú szélrács osztástávolsága a 2 m-t meghaladja, akkor a főtartók felső öveinek magasságában 25 - 25 kN nagyságú vízszintes erőket is működtetni kell, amely a teljes szelvényben vízszintes hajlítás mellett csavarást is okoz. (15. ábra). Ebben az esetben meggondolandó lehet az, hogy a felső övet az alsónál erősebb szelvénnnyel alakítsuk ki.



15. ábra: Az oldallökő erő helyzete

3.4.2. Vontatási és fékezőerők

Az erők a sín járófelületének magasságában a vágány hossz tengelyében hatnak. A vontatási és fékezőerők irányát mindegyik vágány esetében az adott vágányon közlekedő forgalom megengedett haladási irányának (irányainak) megfelelően kell felvenni.

A vontatási és fékezőerők karakterisztikus értékeit a következőképpen kell számításba venni:

Vontatási erő a 71-es tehermodell esetén:

$$Q_{lak} = 33 [kN/m] \cdot L [m] \leq 1000 \text{ kN} \quad (3.7)$$

Fékezőerő a 71-es tehermodell esetén:

$$Q_{l_{bk}} = 20 [kN/m] \cdot L [m] \leq 6000 kN \quad (3.8)$$

A vontatási és fékezőerők karakterisztikus értékeit nem szabad megszorozni a Φ dinamikus tényezővel.

A vontatási és fékezőerőket a 71-es tehermodell esetén α tényezővel meg kell szorozni, melynek értékei a 3.2.1. pontban ismertetésre kerültek.

3.5. Meteorológiai terhek

A feladat keretében csak a szélteher hatásával foglalkozunk, mivel a hőteher a híd kialakítása és szerkezeti rendszere miatt csak csekély mértékben rakódik a szerkezetre.

3.5.1. Szélteher

- Üres híd esete (Sz_1)

A terheletlen híd szélnek kitett felületére ható $3,00 \text{ kN/m}^2$ intenzitású egyenletesen megoszló, a híd tengelyére merőlegesen ható teher. A terheletlen híd szélnek kitett felülete a főtartó és az általa nem takart pályasáv együttes oldalnézeti felülete (jelen esetben a szerkezeti magasság).

$$S_{z_1} = 3,00 \frac{kN}{m^2} \quad (3.9)$$

- Mozgó teherrel terhelt híd esete (Sz_2)

A híd és a járművek szélnek kitett felületére ható $1,10 \text{ kN/m}^2$ intenzitású egyenletesen megoszló, a hídtengelyre merőleges vízszintes teher. A híd szélnek kitett felülete az a) pont szerinti, a járművek szélnek kitett felületének a sínkorona feletti $3,50 \text{ m}$ magas sáv tekintendő, ill. annyi, amennyit ebből a főtartó esetlegesen el nem takar.

$$S_{z_2} = 1,10 \frac{kN}{m^2} \quad (3.10)$$

A számításba veendő terhek összefoglalása után a statikai számítás tartalmazná az üzemi gyalogjáró szerkezeteinek, mint:

- recéslemez
- gyalogjáró hossztartók illetve az azok szerepét átvevő kábelcsatorna
- gyalogjáró konzolok és korlát tervezését

Ezt követően, a fentiek már ismert önsúlyának ismeretében térhetnénk rá a főtartó méretezésére.

4. Az acél főtartó méretezése

A híd két főtartós, szimmetrikus kialakítása következtében célszerű minden olyan terhet, amely a két főtartó között egyenletesen oszlik meg és azonos értelmű hatást kelt, egy főtartóra redukálni.

4.1. Ható terhek

4.1.1. Állandó súlyterhek

A 3.1 pontban felsoroltak alapján:

$$G = g_s + g_v + g_t + g_{hf} + (g_r \cdot \text{recéslemez szélessége}) + g_k + g_{\text{egyéb}} \quad (4.1)$$

$$\text{Egy főtartóra számítva: } g = \frac{G}{2} \quad (4.2)$$

4.1.2. Függőleges mozgó terhek - 3.2 pont szerint

4.1.3. Mozgó teher többlettényezői - 3.3 pont szerint

4.1.4. Vízszintes mozgó terhek - 3.4 pont szerint

4.1.5. Meteorológiai terhek - 3.5 pont szerint

4.1.6. Építési állapothoz tartozó teher

Adott esetben a főtartó szempontjából az építési állapot nem mértékadó - nem számítjuk.

4.2. Igénybevételek számítása

Az igénybevételeket az egyes teherfajtákból külön-külön határozzuk meg és a későbbiekben azok hatását értelemszerűen összegezzük.
A további vizsgálatok végrehajthatóságához ki kell számolni az alábbi igénybevételeket.

4.2.1. A tartón keletkező legnagyobb hajlító nyomatékok

Állandó teherből:

$$M_G^K = \frac{g \cdot L^2}{8} \quad (4.3)$$

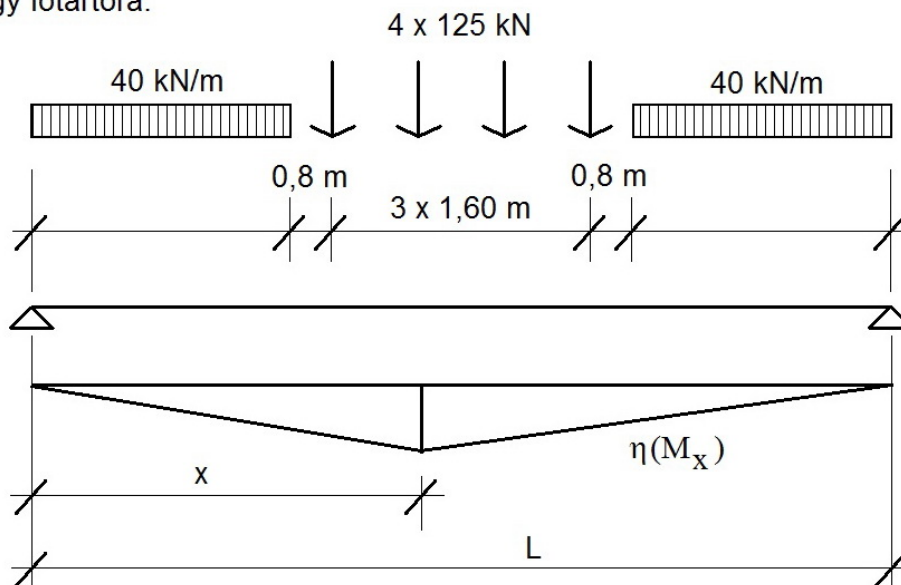
Járműteherből:

Négy koncentrált erő és megoszló teher együtteséből a legnagyobb nyomaték nem a tartó közepén, hanem attól balra ill. jobbra, a támaszoktól

$$x = \frac{L}{2} - \frac{9,76}{2 \cdot (L + 12,2)} \quad x \text{ és } L \text{ méterben} \quad (4.4)$$

távolságban lévő keresztmetszetekben keletkeznek (16. ábra).

Egy főtartóra:



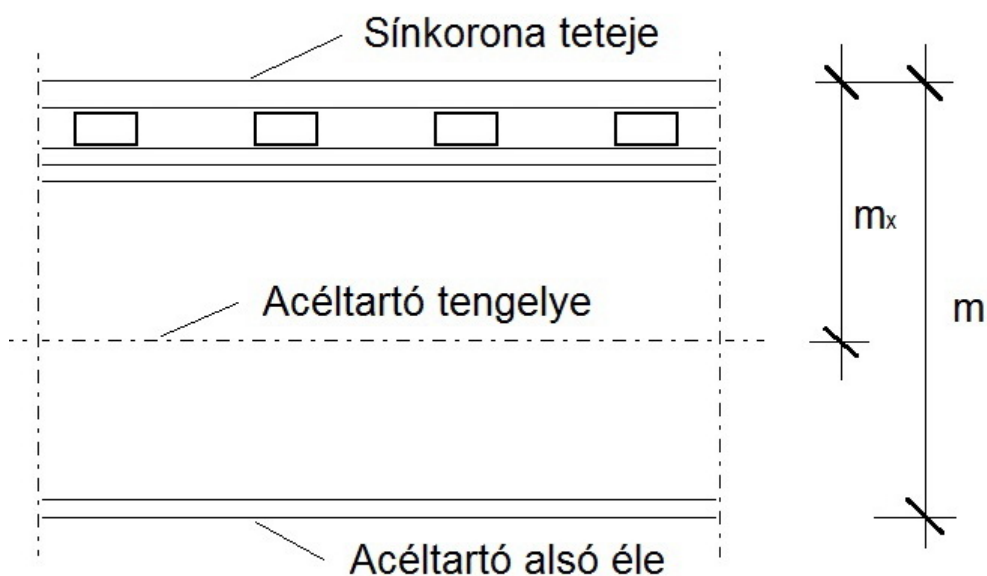
16. ábra: A legnagyobb nyomaték helye

A legnagyobb nyomaték:

$$M_j^K = 5 \left\{ \frac{4}{L} \cdot (L^2 + 12,2 \cdot x + 9,76) \cdot (L - x) - 120 - 4 \cdot [(L - x)^2 - 16] \right\} \quad (4.5)$$

Közelítésképpen ezt a nyomatékot tekintjük érvényesnek a tartó közepén is.

Indító erőből:



17. ábra: m_x távolság értelmezése

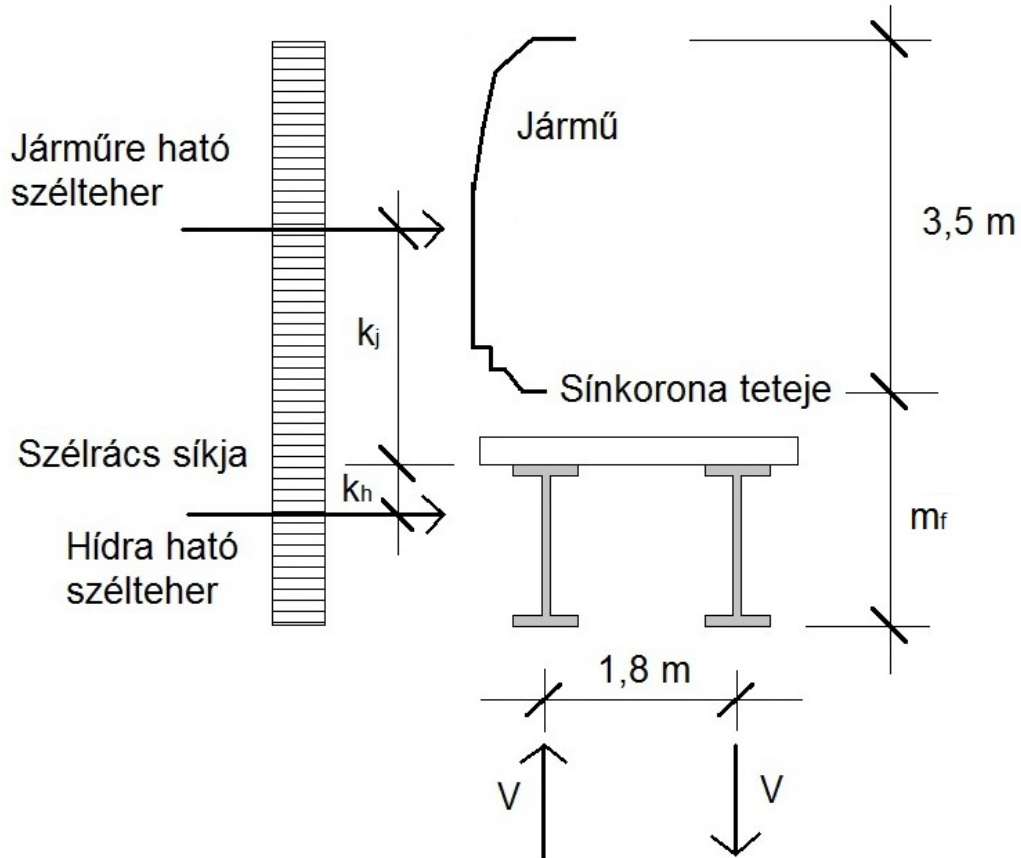
$$M_Q^K = \frac{Q_{lak}}{2} \cdot m_x \quad (4.6)$$

ahol m_x az acéltartó és a sínkorona teteje közötti magasság.

Szélteherből:

A szélteher okozta összes vízszintes erőhatást ("vízszintes túlterhelés") a vízszintes síkú szélrács veszi fel.

A szél irányától függően a szél okozta nyomaték az egyik főtartón növeli, a másikon csökkenti a függőleges terhekből származó nyomatékokat ("függőleges túlterhelés").



18. ábra: Az m_f távolság értelmezése

A jármű felületére ható vízszintes vonalmentén megoszló teherből származó függőleges túlterhelés:

$$V_j = \frac{S_{z_2}^j \cdot 3,5 \cdot k_j}{1,8} \quad (4.7)$$

A híd oldalfelületére ható vízszintes vonalmentén megoszló teherből származó függőleges túlterhelés:

$$V_h = \frac{S_{z_2}^h \cdot m \cdot k_h}{1,8} \quad (4.8)$$

A két hatás ellentétes lévén:

$$V = V_j - V_h \quad (4.9)$$

A függőleges síkú nyomaték:

$$M_{SZ}^K = \frac{V \cdot L^2}{8} \quad (4.10)$$

4.2.2. A támasz melletti első merevítőborda keresztmetszetében a maximális nyíróerő és a vele egyidejű nyomaték

- állandó teherből
- járműteherből

Tetszőleges módszerrel meghatározva.

4.2.3. A tartó közepéhez legközelebb eső merevítőbordánál a maximális nyomaték

- állandó teherből
- járműteherből

Tetszőleges módszerrel meghatározva.

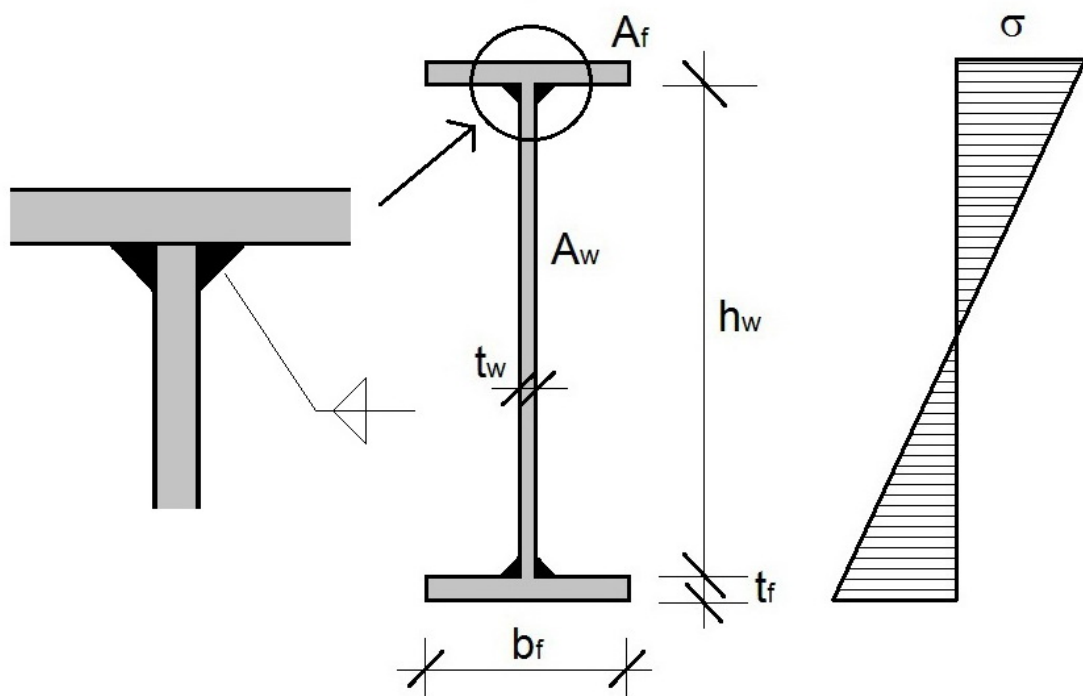
4.2.4. A támasz keresztmetszetére ható maximális nyíróerő

- állandó teherből
- járműteherből
- indító erőből

Tetszőleges módszerrel meghatározva.

4.3. A főtartó szelvényének felvétele

Vázlattervi szinten már tettünk egy előzetes méretbecslést a gerinclemezre vonatkozóan.



19. ábra: A főtartó szelvénye

Élve azzal a közelítéssel, hogy a hegesztett I szelvényű keresztmetszet teljes magassága és gerincmagassága érdemben nem különbözik egymástól, az övlemezek által felvett nyomaték közelítően:

$$M_f = A_f \cdot h_w \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (4.11)$$

míg a gerinc által felvett nyomaték:

$$M_w = \frac{A_w}{2} \cdot \frac{f_y}{2} \cdot \frac{2 \cdot h_w}{3} = \frac{A_w \cdot \frac{f_y}{2} \cdot h_w}{6} \quad (4.12)$$

az összes nyomaték:

$$M = M_f + M_w \quad (4.13)$$

Teherbírási határállapothoz tartozó teherkombináció:

$$M_{Ed} = M_G^K \cdot \gamma_G + M_J^K \cdot \Phi \cdot \gamma_Q \quad (4.14)$$

A szükséges övlemez keresztmetszet:

$$A_{f,req} = \frac{M_{Ed}}{h_w \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} - \frac{A_w}{6} \quad (4.15)$$

Az övlemez b_f szélességét 20 ill. 50 mm-re kerek méretben, t_f vastagságát a 25 (30) mm-es maximum betartásával pedig úgy választjuk meg, hogy a nyomott övlemez lemezhorpadás szempontjából eleve megfelelő legyen, vagyis:

$$\frac{b_f}{2} \leq 15 \cdot t_f \quad (4.16)$$

4.4. Az acéltartó vizsgálata

4.4.1. Teherbírás vizsgálata

4.4.1.1. Szilárdsági vizsgálat

Keresztmetszet osztályba sorolása:

Öv:

$$c_f = \left(\frac{b_f}{2} \right) - \left(\frac{t_w}{2} \right) - \sqrt{2} \cdot a \quad (4.17)$$

Az öv keresztmetszeti osztályba sorolása a következőképpen történik (nyomott lemezelem):

- 1. km osztályú, ha: $\frac{c_f}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon$
- 2. km osztályú, ha $\frac{c_f}{t_f} \leq 10 \cdot \varepsilon$
- 3. km osztályú, ha $\frac{c_f}{t_f} \leq 14 \cdot \varepsilon$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (4.18)$$

Gerinc:

$$c_w = h_w - 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \quad (4.19)$$

A gerinc keresztmetszeti osztályba sorolása a következőképpen történik (hajlított lemezelem):

- 1. km osztályú, ha: $\frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \varepsilon$
- 2. km osztályú, ha $\frac{c_w}{t_w} \leq 83 \cdot \varepsilon$
- 3. km osztályú, ha $\frac{c_w}{t_w} \leq 124 \cdot \varepsilon$

A hegesztett keresztmetszet hajlítási ellenállásának számítása:

A hajlító nyomaték $M_{c,Rd}$ tervezési értékének minden keresztmetszetben teljesítenie kell a következő feltételt:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (4.20)$$

ahol $M_{c,Rd}$ a keresztmetszet hajlítási ellenállásának tervezési értéke:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (1. \text{ vagy } 2. \text{ osztályú km. esetén})$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (3. \text{ osztályú km. esetén})$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (4. \text{ osztályú km. esetén})$$

A keresztmetszet kihasználtsági fokát ellenőrizni kell, a kihasználtsági fok:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \quad (4.21)$$

$$\text{A minimális kihasználtsági fok: } 75\%, \text{ azaz: } 75\% \leq \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 100\% \quad (4.22)$$

A hegesztett keresztmetszet nyírási ellenállásának számítása:

A nyíró igénybevétel $V_{c,Rd}$ tervezési értékének minden keresztmetszetben teljesítenie kell a következő feltételt:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (4.23)$$

Rugalmas méretezés esetén $V_{c,Rd}$ – t abból a kritériumból határozzuk meg, hogy a kritikus pontban:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y} \leq 1,0 \quad (4.24)$$
$$\frac{\tau_{Ed}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

ahol

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I \cdot t} \quad (4.25)$$

ahol

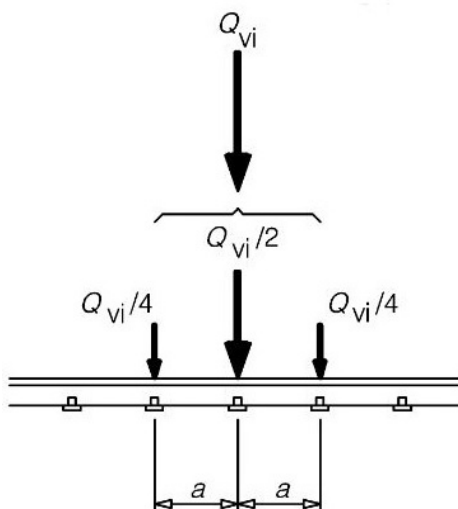
- V_{Ed} a nyíróerő tervezési értéke
- S a vizsgált pont feletti terület statikai nyomatéka
- I a teljes keresztmetszet inercianyomatéka
- t lemezvastagság a vizsgált pontnál

Nyomaték és nyíróerő kölcsönhatásának nem kell figyelembe venni, ha:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} < 0,5 \quad (4.26)$$

Nyakvarrat vizsgálata

A 71. tehermodellben szereplő koncentrált erők, vagy kerékkerhek szétoszthatók a sínszál három megtámasztási pontja között az 20. ábra szerint:

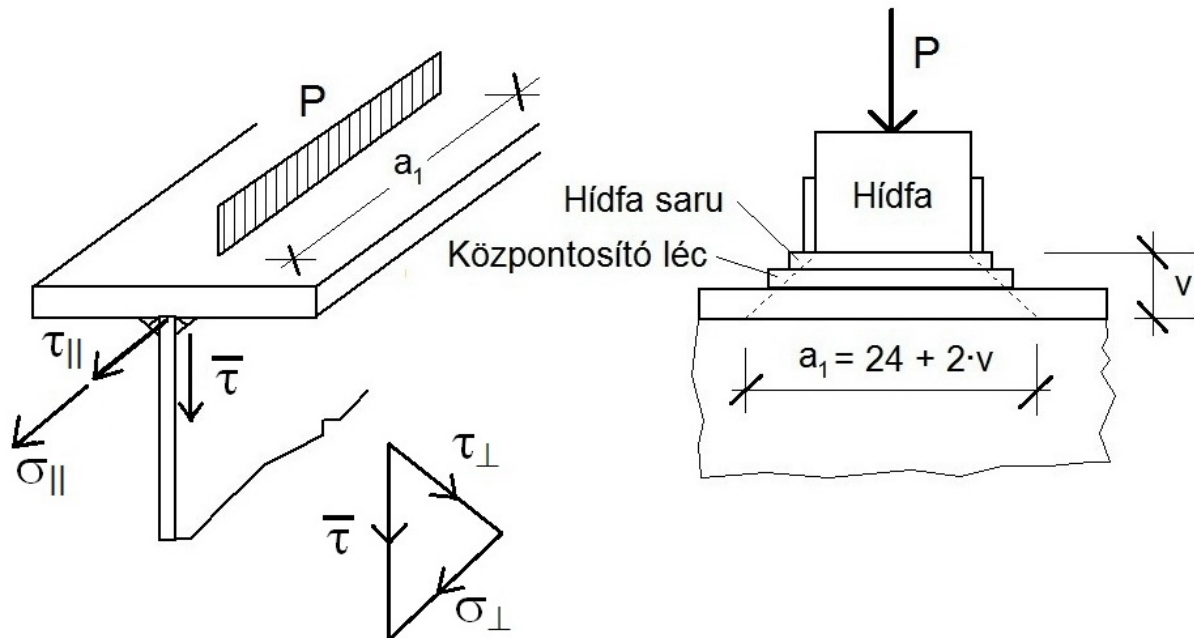


20. ábra: A koncentrált erők vagy kerékkerhek hosszirányú szétterjedése a sín hossz tengelye mentén

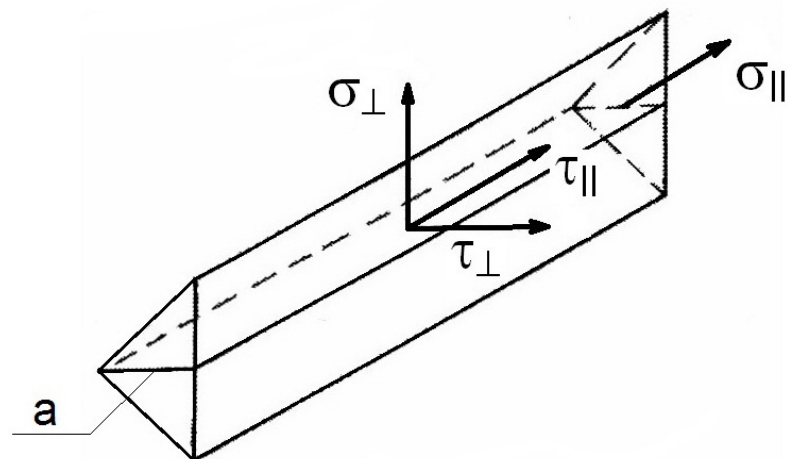
A 20. ábrán Q_{vi} a kerékker, a értéke pedig a sínleerősítések távolsága.

A nyakvarratban ébredő feszültségeket a nyakvarrat feletti szerkezeti részek (adott esetben elhanyagolható) súlyából és a vizsgált pont felett álló – dinamikus tényezővel megnövelt – kerékteherből kell számítani. Utóbbit a sín és a hídfák bizonyos szakaszon megosztják.

A keréknyomás (Q_{vi}) felét a két szomszédos hídfa adja át, másik fele hat a vizsgált helyen. A megosztási hossz (a_1) a hídfák szélessége (24 cm) és az alatta lévő részek (hídfa saru, központósító lécz, övlemez) vastagságának kétszerese (21. ábra).



21. ábra: A nyakvarratban ébredő feszültségek a teher hatására



22. ábra: A sarokvarratban ébredő feszültségek

Egy hídfára ható teher a kerékteherből:

$$P = \frac{Q_{vk}}{2} \cdot \Phi \cdot \gamma_Q \quad (4.27)$$

A megosztási hossz:

$$a_1 = 24 \text{ cm} + 2 \cdot v \quad (4.28)$$

A varrat vizsgálata az **egyszerűsített eljárással**:

A nyakvarratra működő fajlagos erő tervezési értéke:

$$F_{w,Ed} = \frac{P}{2 \cdot a_1} \quad (4.29)$$

A varrat nyírási szilárdsága:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (4.30)$$

A sarokvarrat fajlagos (egységnyi hosszra jutó) ellenállása:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \quad (4.31)$$

A varrat megfelel, ha

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (4.32)$$

4.4.1.2. Stabilitásvizsgálat

A főtartó stabilitásvesztésének legfontosabb lehetséges formái: kifordulás, övlemez és gerinclemez horpadás. Az övlemezek méreteit a lemezhorpadás elkerülését biztosító arányok betartásával vettük fel, így azt nem kell vizsgálni.

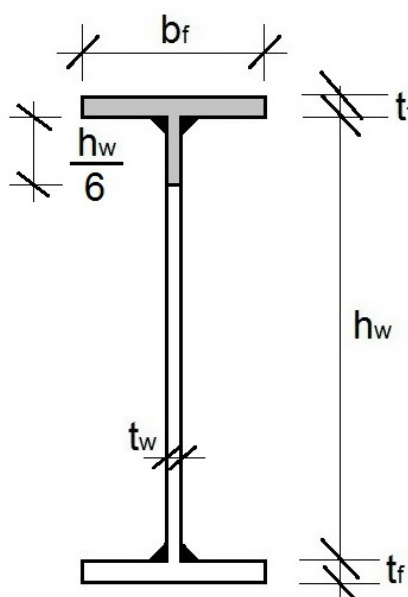
A kifordulás vizsgálata - a viszonylag magas és vékony gerincű és a kifordulás során alakját nem megtartó - gerinclemezes tartóknál övmerevség vizsgálattal közelíthető.

Övmerevség vizsgálat

Szelvény adatai:

Keresztmetszeti terület (23. ábra):

$$A_{fz} = b_f \cdot t_f + t_w \cdot \frac{h_w}{6} \quad (4.33)$$



23. ábra: Az övmerevség vizsgálatához alkalmazandó keresztmetszeti terület

Inercianyomaték:

$$I_{fz} = \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} \cdot \frac{t_w^3}{12} \quad (4.34)$$

Inerciasugár:

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_{f,z}}} \quad (4.35)$$

Nyomott öv viszonyított karcsúsága:








$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} \quad (4.36)$$

ahol:

$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$ viszonyított karcsúság

k_c azt a hatást veszi figyelembe, hogy a nyomófeszültségek eredője a tartó hossza mentén nem állandó, hanem megoszlása arányos a nyomatéki ábrával (24. ábra)

L_c oldalirányú megtámasztások távolsága

A nyomatéki ábra alakja	k_c tényező
	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

24. ábra: A k_c tényező értékei

A gerenda kifordulási vizsgálat nélkül is megfelelő, ha

$$\bar{\lambda}_f < \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}} \quad (4.37)$$

ahol

$$\bar{\lambda}_{c0} = 0,5 \quad \text{határkarcsúság}$$

Ha el kell végezni az övmerevség vizsgálatot, akkor a gerenda kifordulási ellenállása az övmerevség vizsgálat során a következők szerint számítható:

$$M_{b,Rd} = k_{fl} \cdot \chi \cdot M_{c,Rd} \quad (4.38)$$

ahol

$$k_{fl} = 1,10 \quad \text{a korrekciós tényező szabvány szerint ajánlott értéke}$$
$$\chi \quad \text{a helyettesítő nyomott öv kihajlási csökkentő tényezője}$$

($\bar{\lambda}_f$ függvényében, a megfelelő kihajlási görbéből)

Az egyszerűsített kifordulásvizsgálat alapján kifordulásra megfelel, ha:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (4.39)$$

Gerinclemez horpadásvizsgálata

A vizsgálandó mező nyírási horpadási tényezője:

$$\alpha = \frac{a}{b} \quad (4.40)$$

ahol

$$a \quad \text{a támasz és az első merevítőborda közötti távolság}$$
$$b \quad \text{a gerinclemez magassága } b = h_w$$

A merevítő bordák elhelyezésénél célszerű az osztástávolságot úgy megválasztani, hogy $\alpha < 1$ legyen.

A nyírási horpadási tényező

$$k_\tau = 5.34 + \frac{4}{(\alpha)^2} \quad (4.41)$$

A horpadási ellenőrzést nem kell elvégezni, ha

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{31}{\eta} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_t} \quad (4.42)$$

ahol

$$\eta \quad \text{értéke S460-as acélminőségig } \eta = 1,20, \text{ S460-nál magasabb minőség}$$

esetén $\eta = 1,00$

Gerinclemez horpadási karcsúsága:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_t}} \quad (4.43)$$

A gerinclemez nyírási horpadási ellenállásának számításakor az övek hozzájárulását elhanyagoljuk, csak a gerinclemez ellenállását vesszük tekintetbe.

A nyírási horpadási csökkentő tényező:

mivel a véglehorgonyzás nem merev:

$$\chi_w = \begin{cases} \eta & \text{ha } \bar{\lambda}_w < \frac{0,83}{\eta} \\ \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} & \text{ha } \frac{0,83}{\eta} \leq \bar{\lambda}_w \end{cases} \quad (4.44)$$

A gerinclemez ellenállása nyírási horpadással szemben:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \quad (4.45)$$

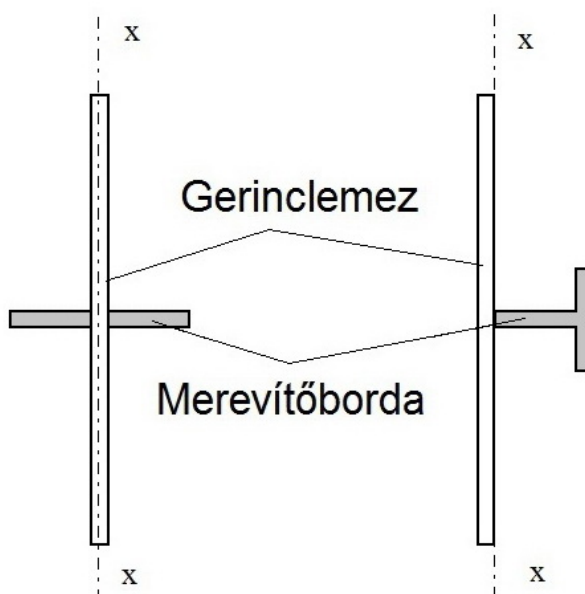
A gerinclemez ellenőrzése nyírási horpadásra:

A gerinclemez nyírási horpadással szemben kellő biztonsággal rendelkezik, ha:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (4.46)$$

Gerincmervítések vizsgálata

A gerinclemez előzőekben ismertetett horpadási vizsgálata feltételezi, hogy az egyes mezőket kellő merevségű bordák határolják (25. ábra).



25. ábra: A merevítő bordák kialakítása

Együttdolgozó gerinclemez-szélesség: $15 \cdot \varepsilon \cdot t_w$ (4.47)

Mező méreteinek aránya: $\frac{a}{h_w}$ (4.47)

Merevítőborda szükséges merevsége:

$$I_{st} \geq \begin{cases} \frac{1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3}{a^2} & \text{ha } \frac{a}{h_w} < \sqrt{2} \\ 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 & \text{ha } \sqrt{2} \leq \frac{a}{h_w} \end{cases} \quad (4.48)$$

A bordák megfelelőségének feltétele: $I_{borda} > I_{st}$ (4.49)

4.4.2. Tartósság (fáradás) vizsgálata

A szerkezeti részletkialakításoktól függően egy hídon számos olyan hely lehet, ahol ezen vizsgálatot egy tényleges tervezés során végre kell hajtani.

A fáradásvizsgálat az MSZ – EN 1993-1-9 szerint történik. A képletek és összefüggések a vasúti hidakra ható terhekhez vannak átalakítva.

Egyszerű feszültségállapot esetén, a fáradásvizsgálat során igazolni kell:

$$\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Phi \cdot \Delta\sigma_{71} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} \quad (4.50)$$

Azaz:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Phi \cdot \Delta\sigma_{71}}{\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}} \leq 1,0 \quad (4.51)$$

Ahol:

$\gamma_{Ff} = 1,0$ a fárasztóteher parciális biztonsági tényezője

λ a fáradásra vonatkozó egyenértékű károsodási tényező
A károsodási tényező összetevői az üzemi forgalom, a híd tervezett élettartama, a híd támaszköze és hogy mennyi vágány terheli az adott szerkezetet. A károsodási tényezőre tehát:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad (4.52)$$

kritérium: $\lambda \leq \lambda_{\max} = 1,4$ (4.53)

λ értékének kiszámítására a feladatban nem térünk ki, de egy valós tervezési feladatnál a tényező értékének kiszámítását el kell végezni. Emiatt a feladatban $\lambda = \lambda_{\max} = 1,4$ – re veendő fel

- Φ dinamikus tényező (a 3.3 szerint)
- $\Delta\sigma_{71}$ a 71 - es tehermodellnek a vizsgált tartószerkezeti elem szempontjából legkedvezőtlenebb elhelyezkedéséhez tartozó feszültségtartomány
- $\Delta\sigma_c$ a fáradási szilárdság referencia értéke, meghatározása a fáradási besorolási táblázatok és a fáradási szilárdsági görbék segítségével történik
- γ_{Mf} a fáradási szilárdság parciális biztonsági tényezője (24. ábra)

Biztonsági szint	Tönkremenetel következménye	
	Kisebb jelentőségű következmény	Jelentős következmény
Károsodásnak ellenálló szint	1,00	1,15
Életbiztonsági szint	1,15	1,35

24. ábra: A fáradási szilárdság parciális biztonsági tényezőjének értékei

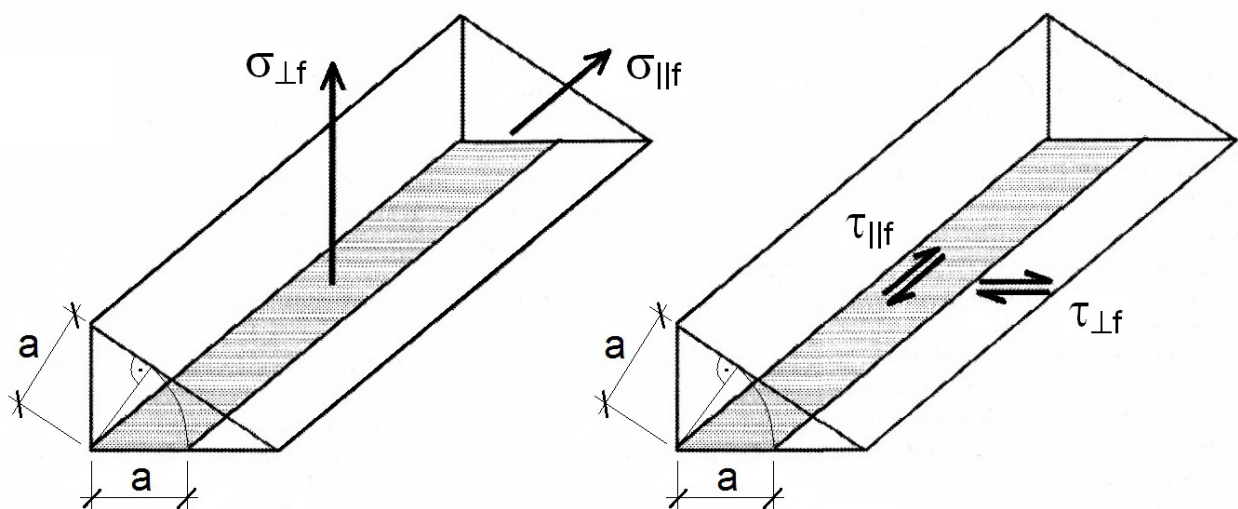
Ha pedig összetett feszültségállapot áll fenn:

$$\left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c} \right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c} \right)^5 \leq 1,0 \quad (4.54)$$

Ahol

$\Delta\sigma_{E,2} = \sqrt{\sigma_{\perp f}^2 + \tau_{\perp f}^2}$ normálfeszültségek a varrat hossz tengelyére merőlegesen

$\Delta\tau_{E,2} = \tau_{\parallel f}$ nyírófeszültségek a varrat hossz tengelyével párhuzamosan



26. ábra: Hegesztési varratok feszültségeinek értelmezése fáradásvizsgálat esetén

A fáradásvizsgálathoz számítandó varratfeszültségeket a szilárdsági vizsgálatoktól eltérően nem a varrat gyökméretének síkjában kell értelmezni, hanem a varrat hossztengeyében.

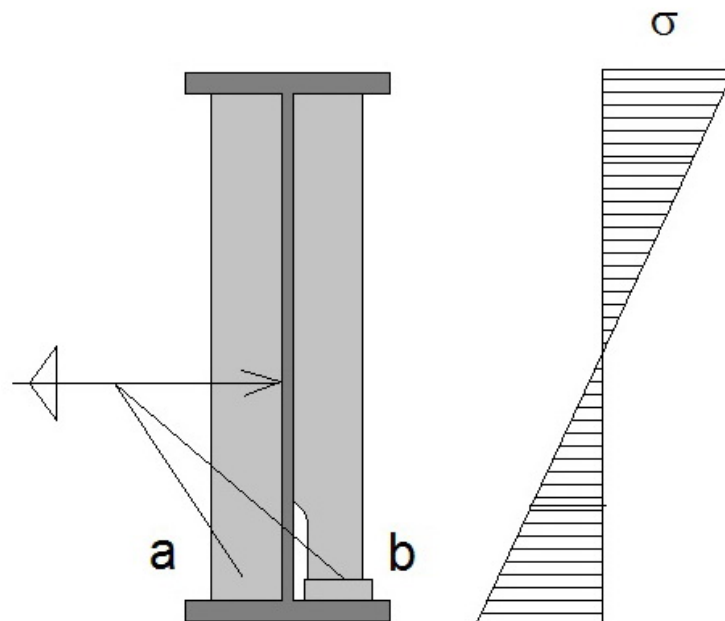
A tervezési feladat keretében az alábbi két helyen kell fáradási vizsgálatot elvégezni:

A gerinclemez alsó húzott szakaszán

A híd szimmetriatengelyéhez legközelebb eső (középső) merevítő borda legmélyebb felhegesztési pontjában. A húzott övlemezre keresztirányban felhegesztett varrat fáradási szempontból igen kedvezőtlen.

Ha már a szelvényfelvételnél gondoltunk a fáradásvizsgálatra, akkor az ábra bal felén alkalmazott megoldást alkalmazhatjuk.

Ha azonban a gerinclemez alján a szelvény fáradásra nem felelne meg, akkor a bordákat nem vezetik a húzott övlemezre, hanem felette egy lemezvastagságnnyival abbahagyják és a borda végét az ide befeszített alátétlemezhez hegesztik (27. ábra, „b”). Az övlemez és alátétlemez között csak a súrlódás tart kapcsolatot. Hasonló okokból nem hegesztik a bordát a gerinclemez alsó húzott szakaszához sem, hanem itt egy rést hagynak. A kialakított rész végénél a sarokvarratot körbevezetik (keresztirányú, körbevezetett I. minőségű sarokvarrattal érintett húzott alapanyag esete) (27. ábra „a” megoldás).



27. ábra: A húzott övlemez és a merevítő borda csatlakozásának kialakítása

A vizsgálat során ki kell mutatni, hogy

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \lambda \cdot \Phi \cdot \Delta\sigma_{71}}{\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}} \leq 1,0 \quad (4.55)$$

Nyakvarratnál

A nyakvarratok fáradásvizsgálatakor igazolni kell, mivel összetett feszültségtartományról van szó, hogy

$$\left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c} \right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c} \right)^5 \leq 1,0 \quad (4.56)$$

4.5. További számítások

A főtartó méretezését befejezve, foglalkoznunk kellene többek között a

- közbenső és végső keresztmetszetek
 - szélrács
 - saruk
- méretezésével is.

Jelen feladatban ezek tervezését nem hajtjuk végre, viszont egy valós tervezési feladatnál ezekkel a szerkezeti részekkel is foglalkozni kell.

5. A szerkezet egészére vonatkozó erőtan követelmények igazolása

5.1. Helyzeti állékonyság vizsgálata

A feladat keretében nem vizsgáljuk.

5.2. A függőleges síkú merevség (lehajlás) vizsgálata

A szerkezet merevsége megfelelő, ha a nyugvónak tekintett engedélyezési járműteherből számított legnagyobb lehajlás nem haladja meg a támaszköz 1/800-ad részét.

A maximális lehajlás közelítően:

$$e_{\max} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_J^K \cdot L^2}{E \cdot I_{y,el}} \quad (5.1)$$

A kapott érték az alábbi kritériumnak kell, hogy megfeleljen vasúti hidak esetében:

$$e_{\max} < \frac{L}{800} \quad (5.2)$$

5.3. Vízszintes síkú merevség vizsgálata

A feladat keretében nem végezzük el.

6. Anyagkiválasztás

A feladat keretében nem végezzük el.

Megjegyzés: A fentieket tartalmazó statikai számítás, akár jeleztük-e azt az egyes helyeken, akár nem, igen csak hézagos. Elsősorban a mozgó vasúti teher hatásainak és a fáradásvizsgálat részleteinek megismerése mellett egyes, már ismert vizsgálatok adaptációja volt a célja.

7. A feladat rajzi részletei

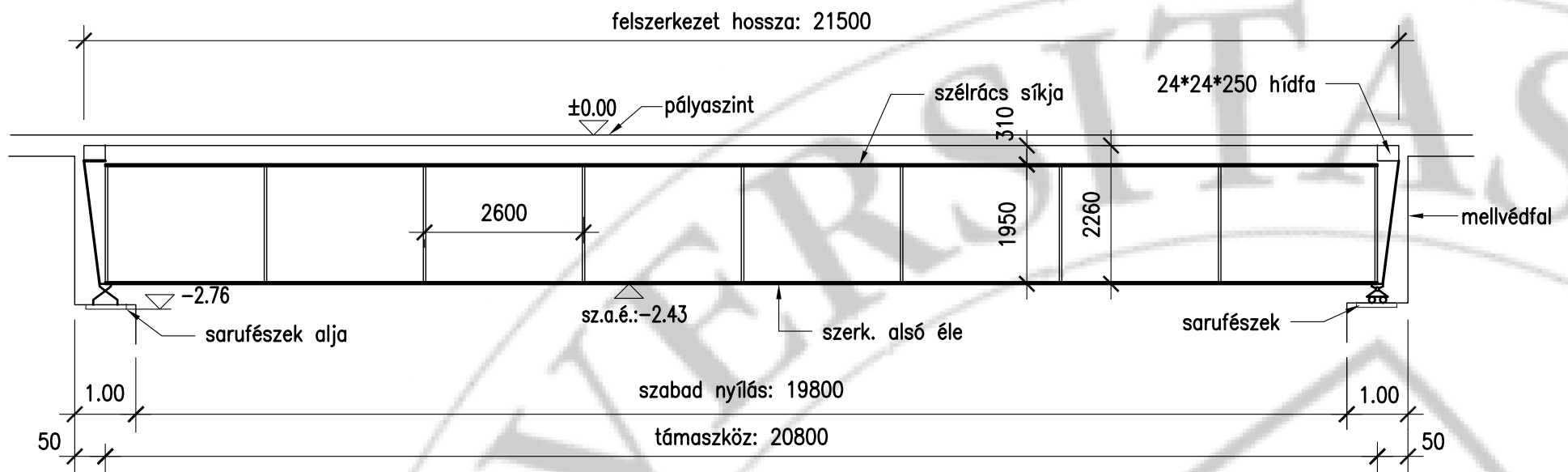
A tervfeladat szerkezeti részleteinek megértéséhez a **2. MELLÉKLET**, részletterveinek elkészítéséhez a mellékelt mintarajzok (**3. – 6. MELLÉKLET**) és a gyakorlatvezetővel folytatott konzultációk nyújtanak segítséget.

Irodalomjegyzék

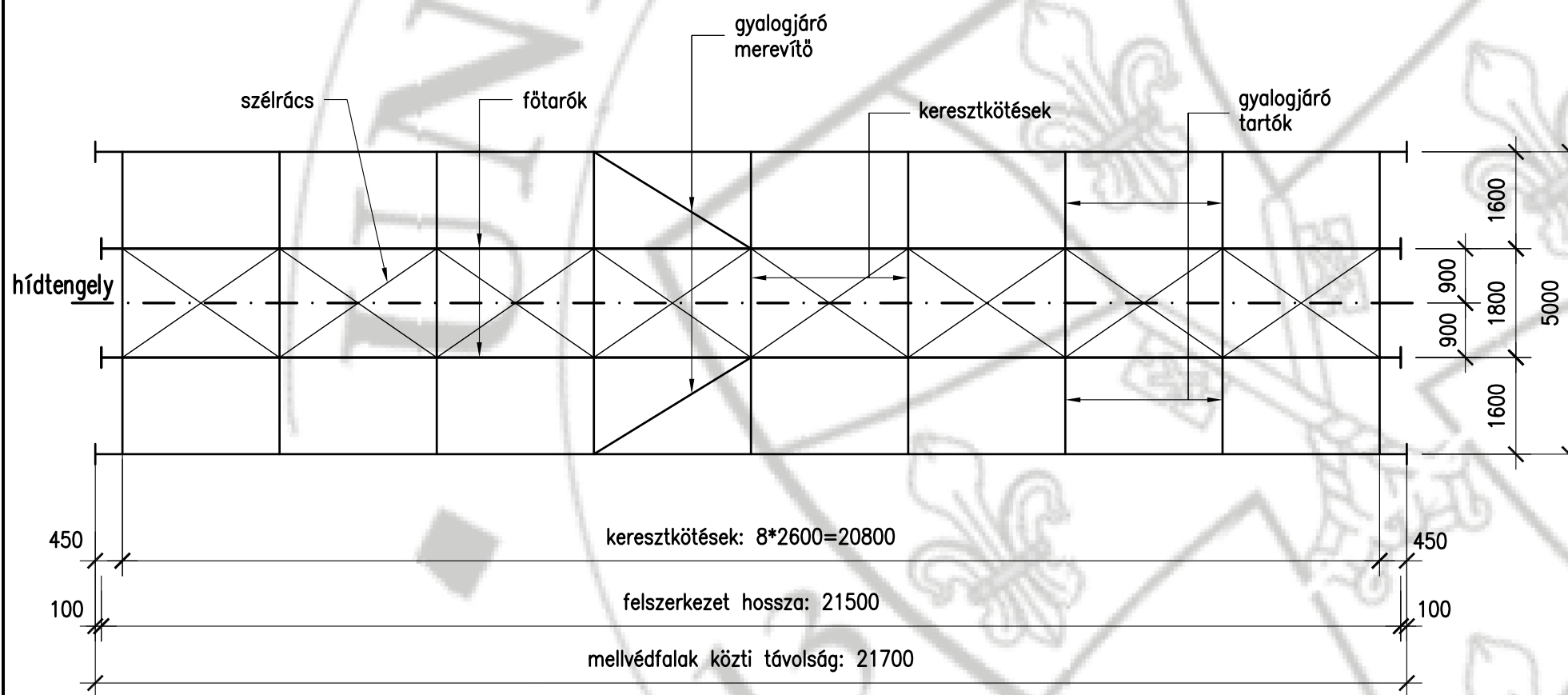
- HEGEDŰS, László: *Tervezési útmutató acélszerkezetű vasúti híd tervezéséhez*, BME-ÉÖK egyetemi segédlet, kézirat, Budapest, 2003.
- IVÁNYI, Miklós: *Hídépítéstan – Acélszerkezetek*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1998.
- IVÁNYI, Miklós: *Táblázatok acélszerkezetek méretezéséhez az Eurocode 3 szerint*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.
- DUNAI, László – HORVÁTH, László – KOVÁCS, Nauzika – VERŐCI, Béla – VÍGH, L. Gergely: *Acélszerkezetek méretezése Eurocode 3 szerint, gyakorlati útmutató*, Magyar Mérnöki Kamara - Tartószerkezeti tagozat, Budapest, 2009.
- MSZ EN 1991-2 Eurocode 1: *A tartószerkezeteket érő hatások, 2. rész, Hidak forgalmi terhei.*
- MSZ EN 1993-1-5 Eurocode 3: *Acélszerkezetek tervezése, 1-5. rész, Lemezszerkezetek.*
- MSZ EN 1993-2 Eurocode 3: *Acélszerkezetek tervezése, 2. rész, Hidak.*

1. MELLÉKLET

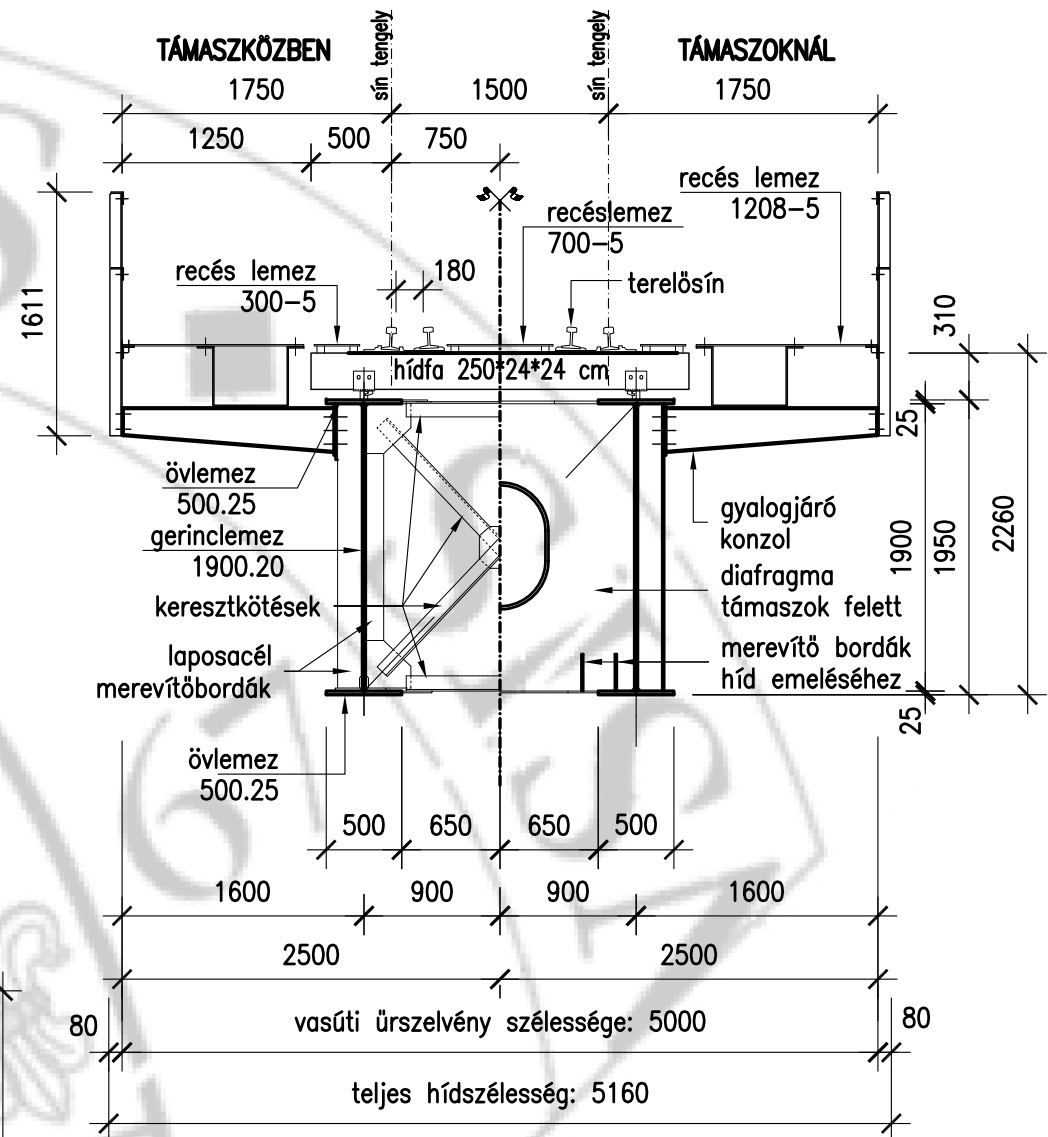
OLDALNÉZET 1:100



FELÜLNÉZET 1:100



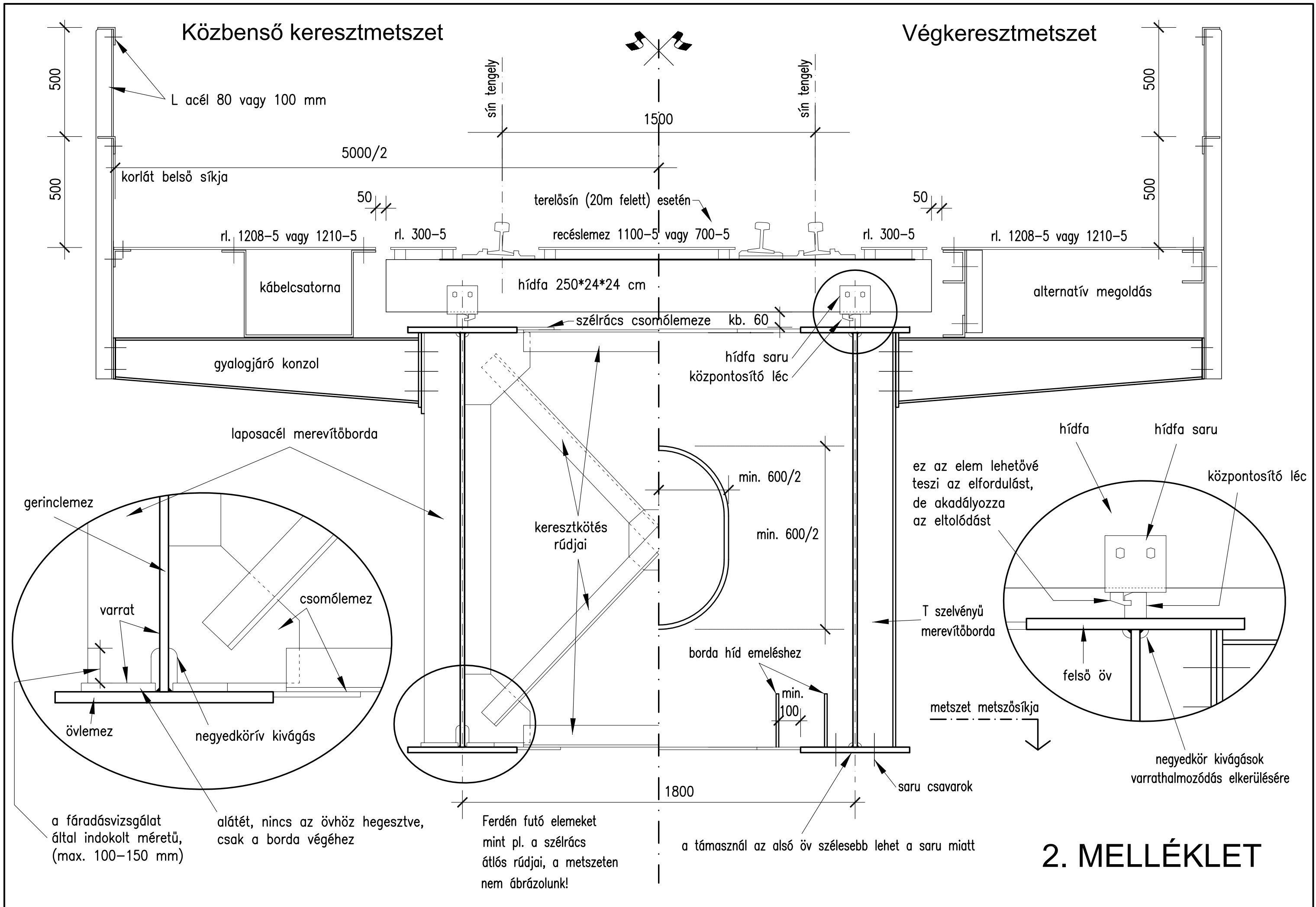
KERESZTMETSZET 1:50



MEGJEGYZÉSEK

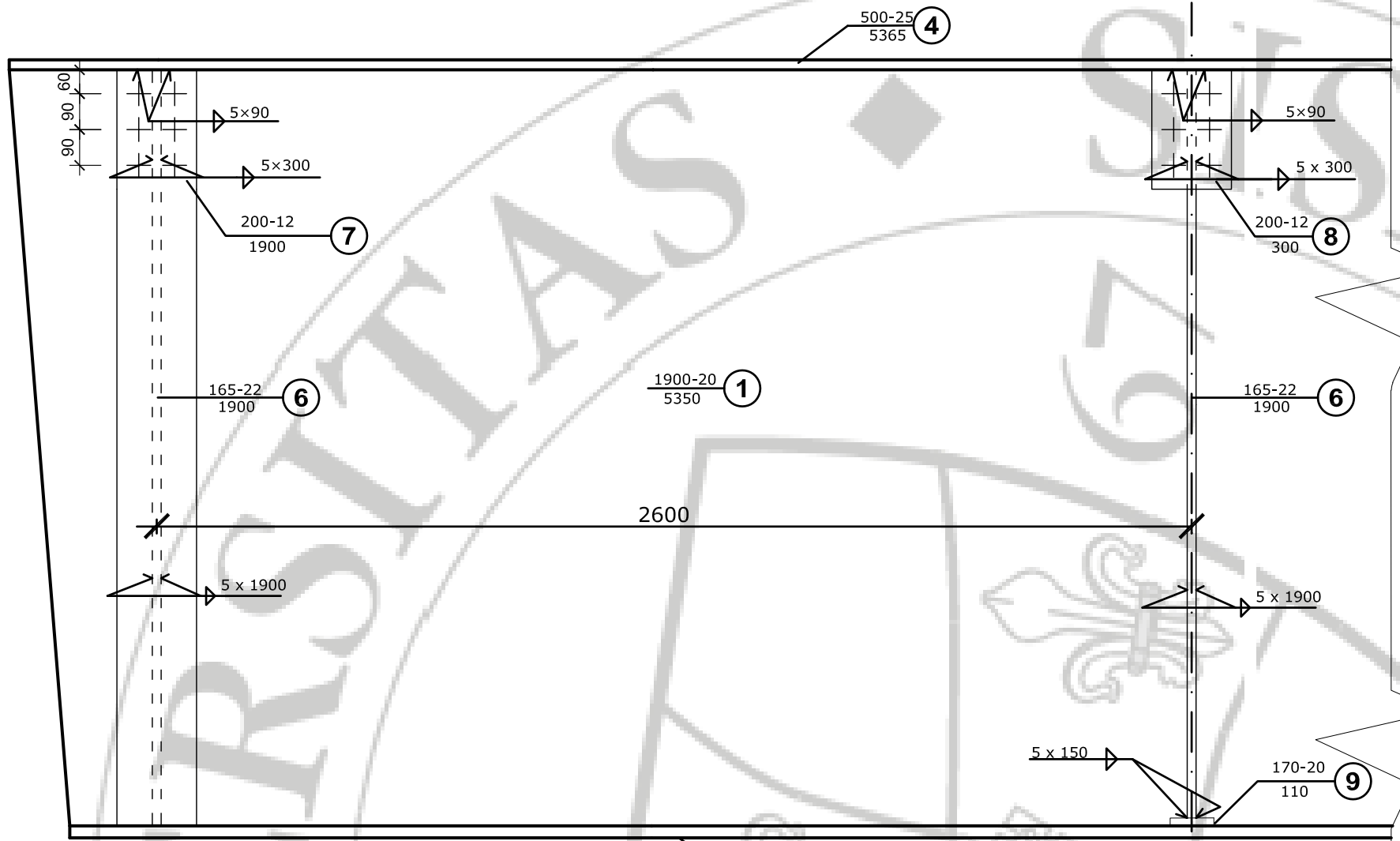
- A terven szereplő magasságok relatív alapsíkra vonatkoznak. A ± 0.00 szint a pályaszintre vonatkozik.
- A földdel érintkező betonszerkezetek kezelését ÉME engedéllyel rendelkező, talajnedvesség elleni szigeteléssel kell ellátni.
- Anyagminőségek: (felszerkezet)
Acélok:
 - szerkezeti acélok (MSZ EN ISO 10025:2005): S 235 JRG2
 - tompavarrat (MSZ EN ISO 5817:2004): "B"
 - korlát (MSZ-EN 10025): S 235 JRG2
 Csavarok:
 - "B" P.f. 5.6 min. DIN 7990
 - "B" P.f. 10.9 min. MSZ EN 24014
- Az acélszerkezet gyártása, szerelése során az ÚT 2-3.404:2002 jelű előírás szerint kell eljárni.
- A főtartógerendák felső övlemezei és a hídfák közé központosító lécs elhelyezése szükséges.

Megrendelő: PTE PMMK Szilárdságtan és tartószerkezetek Tanszék	Kurzus megnevezése: Hídépítéstan / Vasbeton és acél hidak	Dátum: ÉÉÉÉ / HH / NN
Hallgató: Tudom Ányos	Terv megnevezése: Acélszerkezetű felsőpályás vasúti híd	Rajzszám: H-1
Konzulens: Dr. Iványi Miklós	Tervrészlet: Vázlat	Méretarány: M 1:50,100

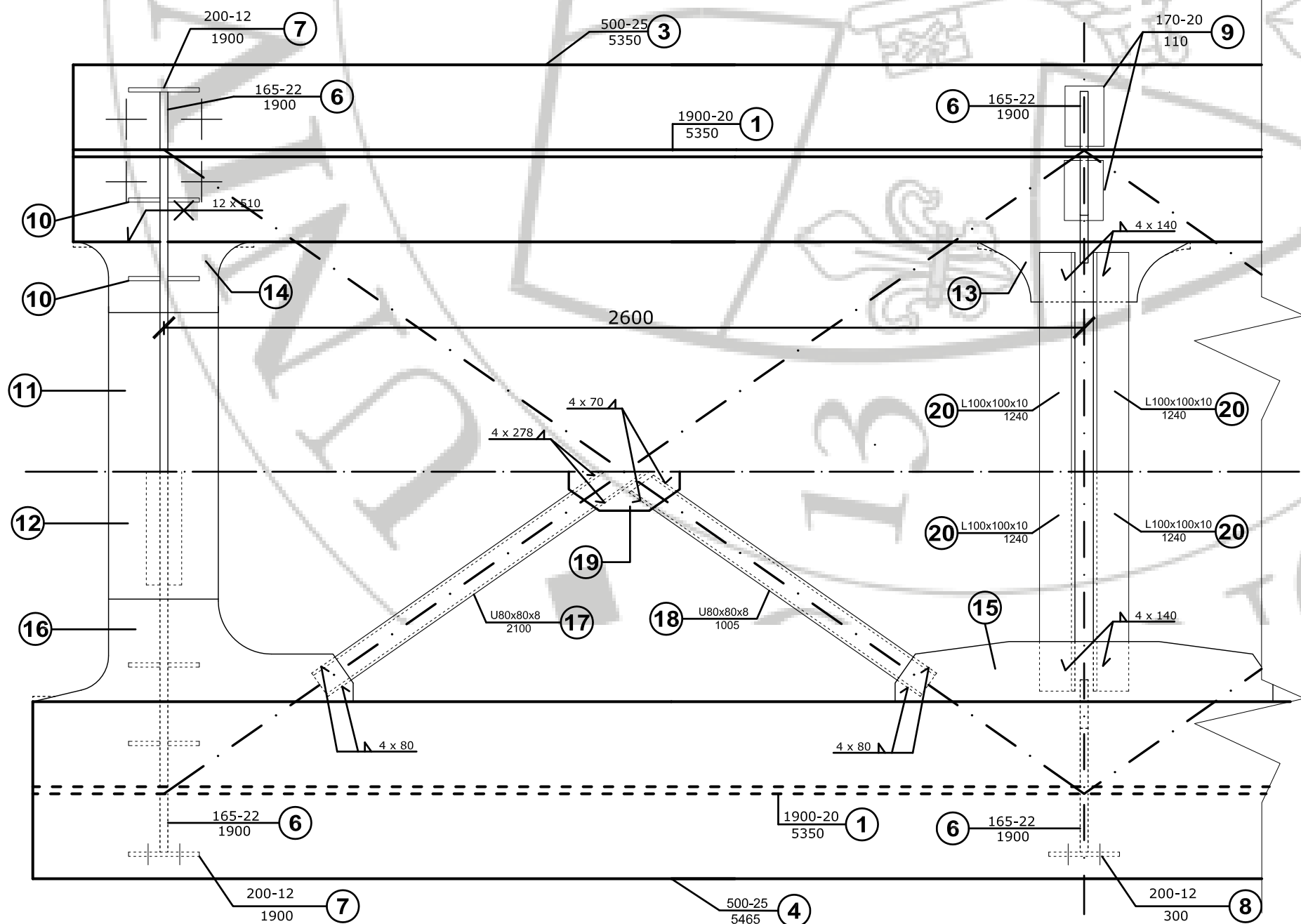


2. MELLÉKLET

Főtartó oldalnézete M=1:15 (támasz mellett)



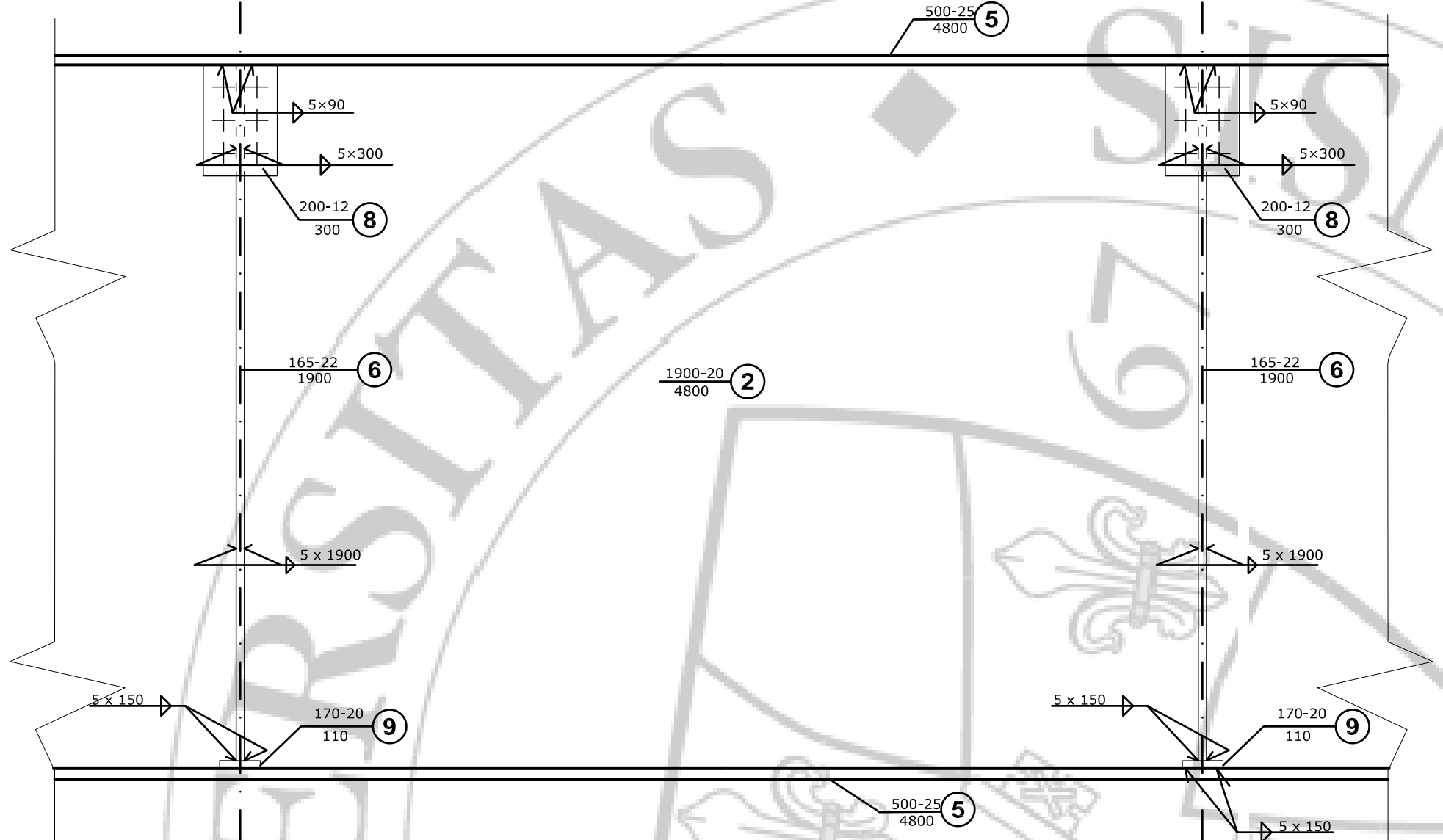
Főtartó vízszintes metszete M=1:15 (támasz mellett)



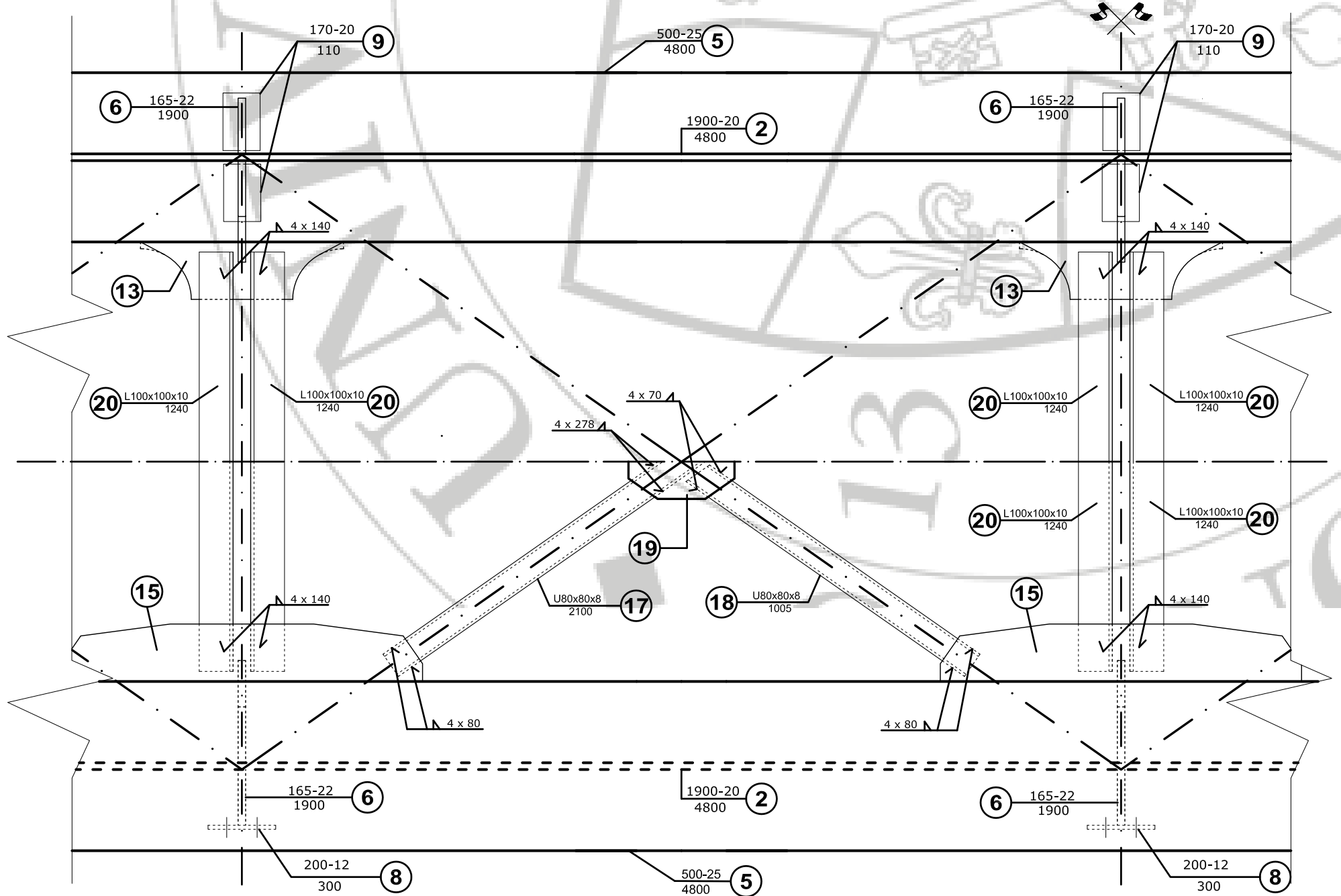
Főtartó felülnézete M=1:15 (támasz mellett)

Megrendelő: PTE PMMK Szilárdságtan és tartószerkezetek Tanszék		Kurzus megnevezése: Hídépítéstan / Vasbeton és acél hidak	Dátum: ÉÉÉÉ / HH / NN
Tervező: Tudom Ányos		Terv megnevezése: Acélszerkezetű felsőpályás vasúti híd	Rajzszám: H-2
Konzulens: Dr. Iványi Miklós	Tervrészlet: Részlettervek 1.	Méretarány: M 1:15	

Főtartó oldalnézete M=1:15 (tartó közepén)



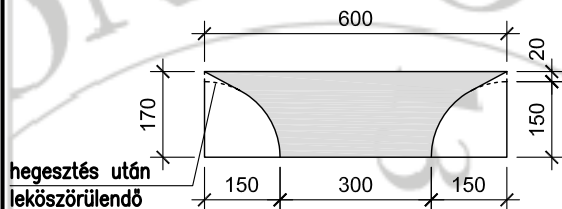
Főtartó vízszintes metszete M=1:15 (támasz mellett)



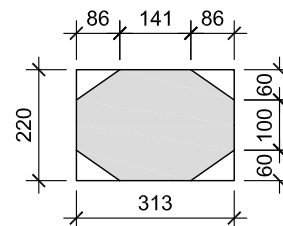
Főtartó felülnézete M=1:15 (támasz mellett)

Megrendelő: PTE PMMK Szilárdságtan és tartószerkezetek Tanszék		Kurzus megnevezése: Hídépítéstan / Vasbeton és acél hidak	Dátum: ÉÉÉÉ / HH / NN
Tervező: Tudom Ányos		Terv megnevezése: Acélszerkezetű felsőpályás vasúti híd	Rajzszám: H-3
Konzulens: Dr. Iványi Miklós	Tervrészlet: Részlettervek 2.	Méretarány: M 1:15	

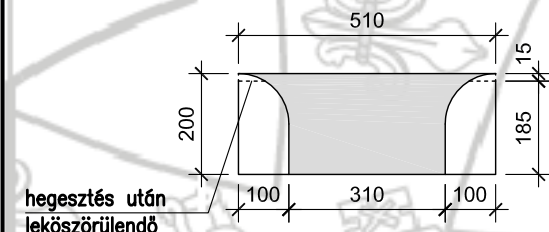
Csomólemezek M=1:15



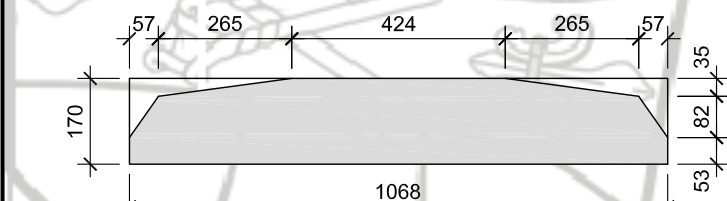
13 $\frac{170,12}{600}$



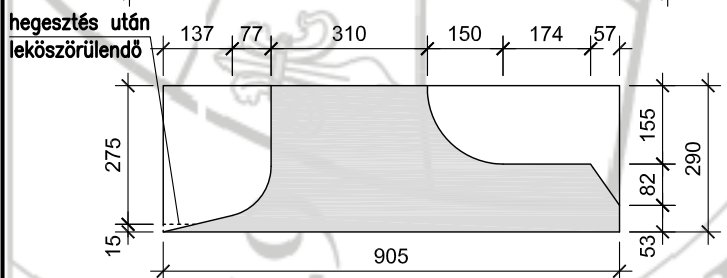
19 $\frac{220,12}{313}$



14 $\frac{200,12}{510}$



15 $\frac{170,12}{1068}$



16 $\frac{290,17}{905}$

Megjegyzések

1. Anyagminőségek: (felszerkezet)

Acélok:

- szerkezeti acélok (MSZ EN ISO 10025:2005): S 235 JRG2
- tompavarrat (MSZ EN ISO 5817:2004): "B"
- korlát (MSZ-EN 10025): S 235 JRG2

Csavarok:

- "B" P.f. 5.6 min. DIN 7990
- "B" P.f. 10.9 min. MSZ EN 24014

2. Az acélszerkezet gyártása, szerelése során

az ÚT 2-3.404:2002 jelű előírás szerint kell eljárni.

3. A tervezési feladatnak nem része a csomólemezek, illetve diafragmák méretezése,

így azokat teljes részletességgel kidolgozni nem szükséges.

Megrendelő: PTE PMMK Szilárdságtan és tartószerkezetek Tanszék		Kurzus megnevezése: Hídépítéstan / Vasbeton és acél hidak	Dátum: ÉÉÉÉ / HH / NN
Tervező: Tudom Ányos		Terv megnevezése: Acélszerkezetű felsőpályás vasúti híd	Rajzszám: H-4
Konzulens: Dr. Iványi Miklós	Tervrészlet: Részlettervek 3.	Méretarány: M 1:15	

5. MELLÉKLET

