

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

Malzseniczki József

Budapest, 2018

Malzseniczki József levelező tagozatos, építőmérnök hallgató

Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport
Diplomaterv feladatkiírás

Gyalogos – kerékpáros fahíd tervezése

Feladat leírása

Megtervezendő egy gyalogos-kerékpáros fahíd. A feladat egy új híd tervezése a régi, rossz állapotban lévő híd helyére. Ez egy 60,00m hosszú ötnyílású gyalogos – kerékpáros fa szerkezetű rácsos tartó híd. A nyílás méretek 12,0m.

Geometriai kialakítás, terhek

A híd geometriája (a szelvények tengelytávolságaival megadva):

- szélesség: 4,27 m (elválasztás nélküli gyalogos és kerékpáros)
- hossz: 60,0 m
- magasság: 1,6 m

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

Összeállította: Mihók Barna

Budapest, 2017. szeptember

KISKUNSÁGI ÖNTÖZŐCSATORNA 58+690
GYALOGOS – KERÉKPÁROS FAHÍD TERVEZÉSE

Szakdolgozat

Malzseniczki József

2018

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÁBRAJEGYZÉK.....	4
2. KÉPJEGYZÉK.....	4
3. TERVJEGYZÉK.....	5
4. FELHASZNÁLT IRODALOM	6
5. BEVEZETÉS	8
6. A HÍDSZERKEZETEK ALAPTÍPUSAI.....	8
6.1. A hidak csoportosítása az erőjátékok szerint:	10
6.1.1. Gerendahidak	10
6.1.2. Pontonhíd vagy úszóhíd.....	12
6.1.3. Függőhidak	12
6.1.4. Ívhidak	14
6.2. A hidak csoportosítása a hídpálya elhelyezése szempontjából	16
6.3. A hidak csoportosítása a főtartó kialakítása szerint	17
7. A HIDAK SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE	17
8. RÁCSOS TARTÓK.....	19
8.1. Rácsos szerkezetek felépítése	19
8.2. Rácsos tartók anyaga.....	20
9. MEGLÉVŐ GYALOGOS HÍD.....	22
9.1. Előzmények.....	22
9.2. A meglévő híd statikai rendszere	22
9.3. A meglévő híd állapota	23
10. ALSÓPÁLYÁS, KÉT FŐTARTÓS, KÉTTÁMASZÚ, ÖTNYÍLÁSÚ GYALOGOS, KERÉKPÁROS RÉTEGELT-RAGASZTOTT FA HÍD	29
10.1. Helyszínrajzi viszonyok	29
10.2. Alépítmény	30

10.3. Felszerkezet.....	30
10.4. Hídtartozékok.....	31
10.5. Építéstechnológia.....	32

1. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Gerendahidak elrendezésének statikai váza.....	11
2. ábra: Kerethidak elrendezésének statikai váza	11
3. ábra: Ferdekábeles hidak elrendezésének statikai váza	14
4. ábra: Valódi ívhidak statikai váza.....	15
5. ábra: Álvhidak statikai váza	15
6. ábra: Felsőpályás hídszerkezet	16
7. ábra: Alsópályás hídszerkezet.....	16
8. ábra: Süllyesztett pályás hídszerkezet	16
9. ábra: Tömör kialakítású főtartó	17
10. ábra: Rácsos kialakítású főtartó	17
11. ábra: Vierendeel főtartó	19
12. ábra: Egyszerű hálózatu rácsos tartók.....	19
13. ábra: Többszörös rácsozású rácsos tartók.....	19
14. ábra: Felszerkezet beemelése.....	34

2. KÉPJEGYZÉK

1. kép: Pont du Gard-híd (Nimes, Franciaország)	8
2. kép: Zhaozhou híd (Zhao, Kína).....	9
3. kép: Keshwa Chaca (Huinchiri, Peru)	9
4. kép: Vashíd (Coalbrookdale, Anglia)	10
5. kép: Csongrádi fahíd (Csongrád, Magyarország)	12
6. kép: Erzsébet-híd régen és ma (Budapest, Magyarország).....	13

7. kép: Matematikai híd (Cambridge, Anglia).....	21
8. kép: Forth-híd (Firth of Forth öböl, Skócia).....	21
9. kép: Grosshesseloher Brücke (München, Németország).....	22
10. kép: Meglévő híd statikai rendszere: több támaszú gerendahíd	23
11. kép: Meglévő híd	24
12. kép: Meglévő híd pályalemez eltömődése, mohásodás kialakulása	24
13. kép: Meglévő híd cölöpjeinek állapota.....	25
14. kép: Meglévő híd pályalemezének és korlátjának állapota	25
15. kép: Gerenda állapota	26
16. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 1.	26
17. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 2.	27
18. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 3.	27
19. kép: Rézsű állapota	28
20. kép: Helyszínrajzi viszonyok.....	29

3. TERVJEGYZÉK

- DM-01 Kiskunsági főcsatorna 58+690 gyalogos-kerékpáros fahíd általános terv
DM-02 Kiskunsági főcsatorna 58+690 gyalogos-kerékpáros fahíd gyártmányterv

4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ámon Tibor-Dr. Tóth Ernő: Közúti hidak építési és fenntartási zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988
- Armuth Miklós-Bodnár Miklós: Fa tartószerkezetek, Tervezés az Eurocode alapján, 2. javított kiadás, Artifex Kiadó Kft., Budapest, 2013
- Dr. Bárczi István: Mechanika I. – Statika, statikai szempontból határozott tartók, Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar, Budapest, 2008
- Freund Péter: Segédletek a mechanika és tartószerkezetek című tárgyhoz, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, 2013
- Horváth Katalin: Acélszerkezetek, faszerkezetek II. 1., TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, 2011
- Horváth Katalin: Acélszerkezetek, faszerkezetek II. 2., TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Budapest, 2011
- Ian Penberthy: Hidak – 75 épített csoda, Kossuth Kiadó, Budapest, 2009
- Kis László-Szabó Balázs: Műtárgyépítés III. – Hídépítés jegyzet, Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar, Budapest, 2012
- Wittmann Gyula-Szarka Antal-Kajli László: Építőipari fa tartószerkezetek gyártása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981
- e-UT 07.01.11:2011 Útügyi Műszaki Előírás – Közúti hidak tervezése (KHT) 1.
- e-UT 07.01.12:2011 Útügyi Műszaki Előírás – Erőtani számítás, Közúti hidak tervezése (KHT) 2.

e-UT 07.01.18:2011 Útügyi Műszaki Előírás – Fahidak, Közúti hidak tervezése (KHT)
8.

e-UT 07.02.13:2003 Útügyi Műszaki Előírás - Közúti hidak építése III., Fahidak és
hídállványok

e-UT 07.03.11:2003 Útügyi Műszaki Előírás – Hídtartozékok I. Közúti hidak sarui és
dilatációs szerkezetei

MSZ EN 338:2010 Szerkezeti fa, szilárdsági osztályok

MSZ EN 1194:2000 Faszervezetek, rétegelt-ragasztott fa

MSZ EN 1990:2005 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 1995-1:2010 Eurocode 5.: Faszervezetek tervezése

<https://hu.wikipedia.org/wiki/H%C3%ADd>

http://archiv.uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/havasi_zoltan.pdf

5. BEVEZETÉS

A hidak azok a felépítmények, amelyek közlekedési útvonalat, csatornát vagy vezetékét visznek át valamilyen akadály felett.

Más megfogalmazás szerint a híd olyan építmény, amely arra szolgál, hogy átvezesse valamely közút, vasút, kerékpáros- vagy gyalogút forgalmát egy bizonyos akadály fölött, és a szabad nyílása nagyobb, mint 2 m. A 2 m alatti műtárgyakat gyűjtőnéven átereszeknek nevezzük. Az áthidalt akadály lehet vízfolyás, völgy, közlekedési vonal, felüljáró, aluljáró, keresztezési műtárgy.

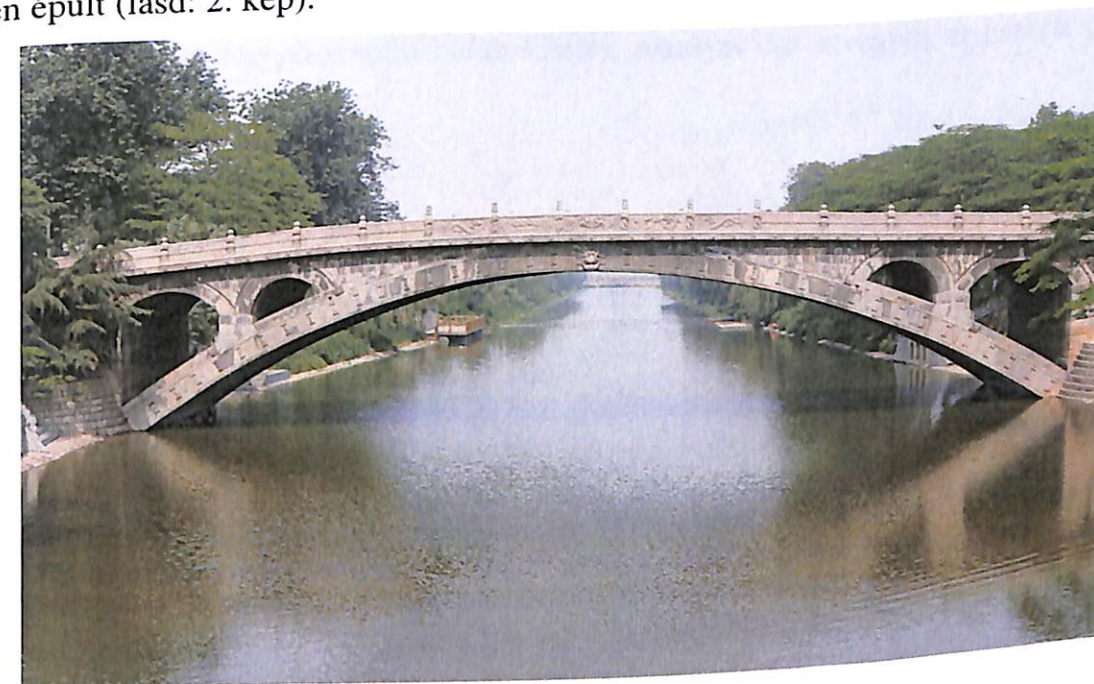
6. A HÍDSZERKEZETEK ALAPTÍPUSAI

Az ember először nem épített, csak felhasznalta a környezetében rejlő lehetőségeket, majd ha át akart jutni a szakadékok, folyók túloldalára, akkor azt a természet nyújtotta áthidalásokkal oldotta meg. A hídépítés kezdetének az az időpont tekinthető, amikortól nem az utakat, ösvényeket vezették a kidőlt fákhöz, hanem maguk az emberek határozták meg az akadály áthidalásának helyét. Többek között fejlett építészetükről is híres ókori rómaiak nagyszerű hidakat és vízvezetékeket hagytak az utókorra, melyek közül sok még ma is áll. Ilyen a rómaiak által több mint 2000 évvel ezelőtt emelt, a Gard folyó völgyét áthidaló Pont du Gard híd, mely tulajdonképpen egy íves köből épített vízvezeték (lásd: 1. kép).



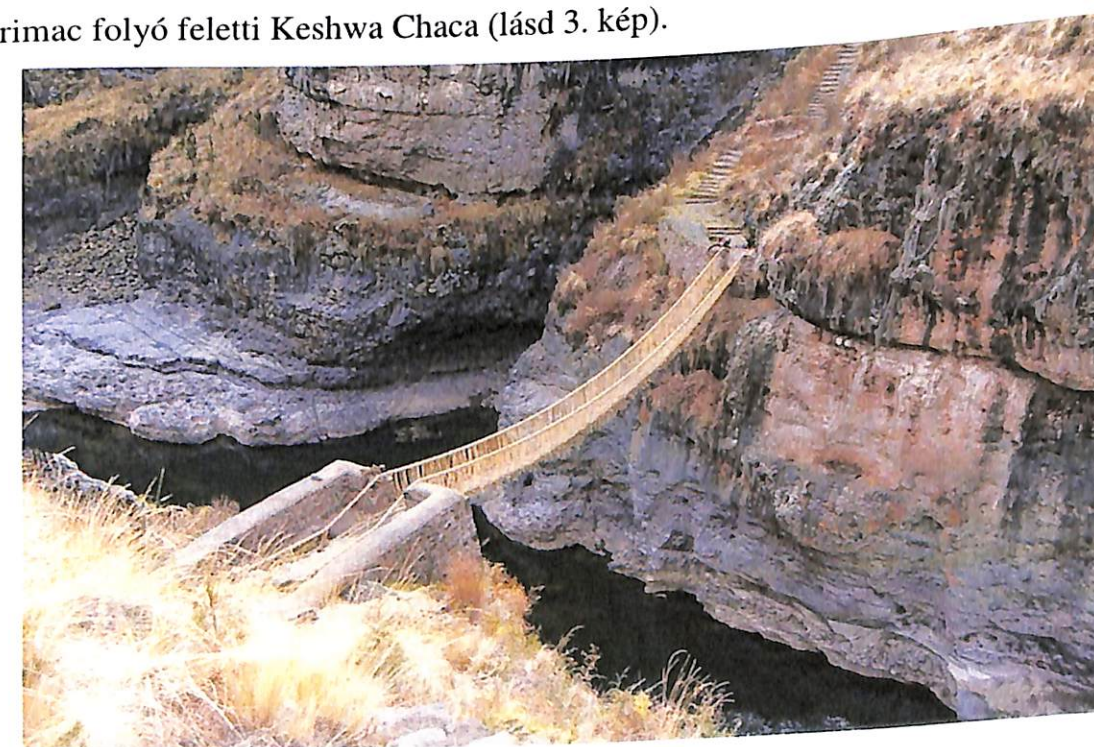
1. kép: Pont du Gard-híd (Nîmes, Franciaország)

Ezzel párhuzamosan a kínaiak is megdöbbentően ügyes megoldással építették fel hídjaikat. A Xiao folyó felett átívelő Zhaozhou híd (vagy Nagy kőhíd néven ismert híd) a világ legrégebbi nyitott ívszerkezetű, többszelvényes kőhídja, amely a VI. század végén épült (lásd: 2. kép).



2. kép: Zhaozhou híd (Zhao, Kína)

A Dél-Amerikai Andok-hegységben az inkák farönkökből, kövekből, úszó nádából, kézzel szőtt szalmából és magas füvekből készített kötelekből épített függőhidakat használtak a mélység leküzdésére. Az utolsó megmaradt inka függőhíd (kötélhíd) az Apurimac folyó feletti Keshwa Chaca (lásd 3. kép).



3. kép: Keshwa Chaca (Huinchiri, Peru)

A XVIII. századra a technológia igen fejletté vált, főként ami a fahidakat illeti. A legnagyobb ugrásra azonban a XIX. században, az ipari forradalmak idején került sor. Ez együtt járt az új, igen erős építőanyagok, a kovácsoltvas, az öntött vas és az acél térhódításával. A Severn folyó medrét övező árok fölé épült Vashíd (Iron Bridge) volt az első a hasonló nagyságrendű hidak között, amelyet öntöttvasból építettek (lásd: 4. kép).



4. kép: Vashíd (Coalbrookdale, Anglia)

Manapság – bár a gyaloghidaknál sokszor fát használnak – az acél, beton és a vasbeton, illetve ezek kombinációja vált megszokott építőanyaggá a hidak építésekor.

6.1. A hidak csoportosítása az erőjátékok szerint:

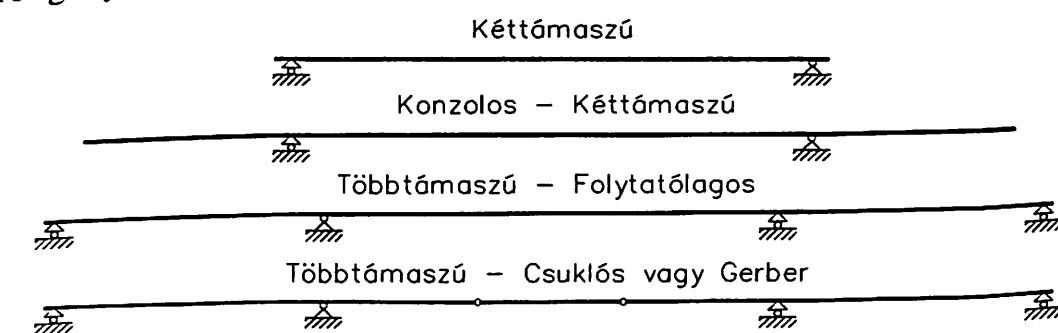
Az erőjátékok szerint négy alapformát különböztetünk meg, melyek valamelyike a mai hídjainknál is megtalálható.

6.1.1. Gerendahidak

Tudatos hídépítésről akkor beszélünk, amikor már a legallyazott szálfát eleve merőlegesen döntötték a szakadékra, aztán felismerték, hogy hézagosan vagy zártan kettőt vagy akár többet is el lehet helyezni egymással párhuzamosan. Ez a gerendahidak alapelve, amely legegyszerűbb formájában egynyílású, kéttámaszú tartós. Abban az

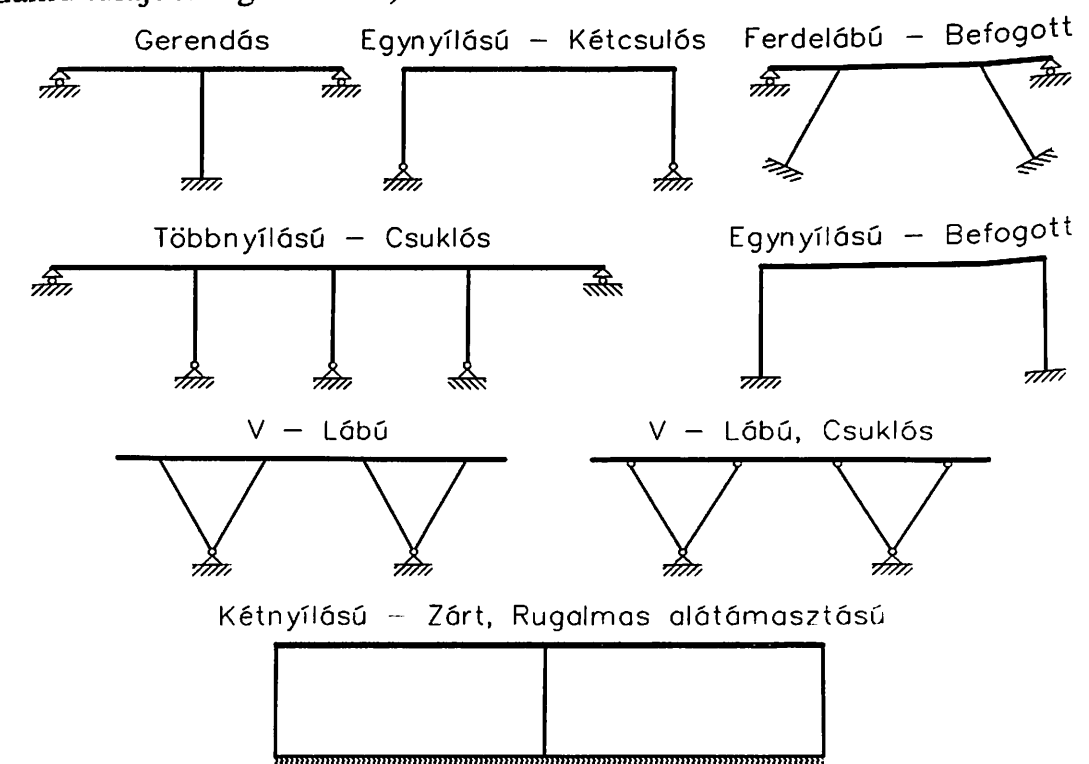
esetben, ha a szálfa „nem ért el” a túlsó partig, mert az messzebb volt, akkor a szálfa végénél függőleges alátámasztást, „lábakat” alkalmaztak. Ha ezeket földbe verték, akkor cölöpről, ha talpgerendára állították, akkor bakról volt szó. Természetesen kőrakatra, gerendakötegekre is gondolhattak, amíg a klasszikus alépítmény ki nem alakult. Így tehát közbenső alátámasztásokkal többrészes, többnyílású gerendahidakat tudtak építeni.

Gerendahíd: függőleges terhelések hatására függőleges hatásvonalú erőket ad át az alépítménynek. A főtartó keresztmetszetében a függőleges terhek hatására csak hajlító és nyíró igénybevétel keletkezik. Ezt nevezzük gerendahatásnak.



1. ábra: Gerendahidak elrendezésének statikai váza

Kerethidak: függőleges vagy ferde oszlopokkal sarokmereven összekapcsolt gerenda, amely függőleges terhek hatására ferde erőket ad át az alépítménynek (az ívhíd és a gerendahíd tulajdonságait ötvözi).



2. ábra: Kerethidak elrendezésének statikai váza

6.1.2. Pontonhíd vagy úszóhíd

Tudatos elrendezéssel, a fák egymáshoz és a parthoz való kötözésével úszó szőnyeget lehetett készíteni. Ezt további burkolattal látták el és kész az úszó híd. Fejlettebb formájában a híd „pillérei” üreges testek, csónakok, dereglyék, hajók vagy kimondottan erre a célra készített „dobozok” voltak, és akkor már az igazi úszóaljzatú hidaknál tartunk, amelyek a víz felhajtóerejét hasznosították. A hajóhidak széles és áradásos folyókon a XIX. század közepéig tartották magukat, majd kifejezetten hadi jellegűvé váltak a gyors építhetőség, bonthatóság és áttelepíthetőség miatt.

Ritkaságszámba megy hazánkban a pontonhíd. A nagyréti tanyai emberek összefogásának eredményeképpen állították fel a csongrádi fahidat 1896-ban a Tisza partjánál. Mivel a hídnak jelentős része fából készült, a köznyelvtől hamarosan megkapta a fahíd elnevezést. 1956-ban a faszerkezetet vasra cserélték, majd több alkalommal is korszerűsítették, de a neve megmaradt fahídnak. A híd meglétének kezdeményezése, az összefogás példa értékű a mai kor embere számára is. A híd megléte könnyíti a tanyákon élők mozgáslehetőségét, funkcióját napjainkban is maximálisan betölti (lásd: 5. kép).



5. kép: Csongrádi fahíd (Csongrád, Magyarország)

6.1.3. Függőhidak

A kúszónövények gyökerei és indái szolgáltatják a két ponton felfüggesztett szabadon függő kötél alapformáit. A természetet utánozva őseink e növények szívós rostjaiból kötelet fontak, két végét megbízhatóan rögzítették, így alakultak ki a statikailag többszörösen határozatlan szerkezetű függőhidak, amelyekkel igen nagy fesztávolságok hidálhatók át, mert csak a kötél szakítószilárdsága korlátozta az áthidalás méretét.

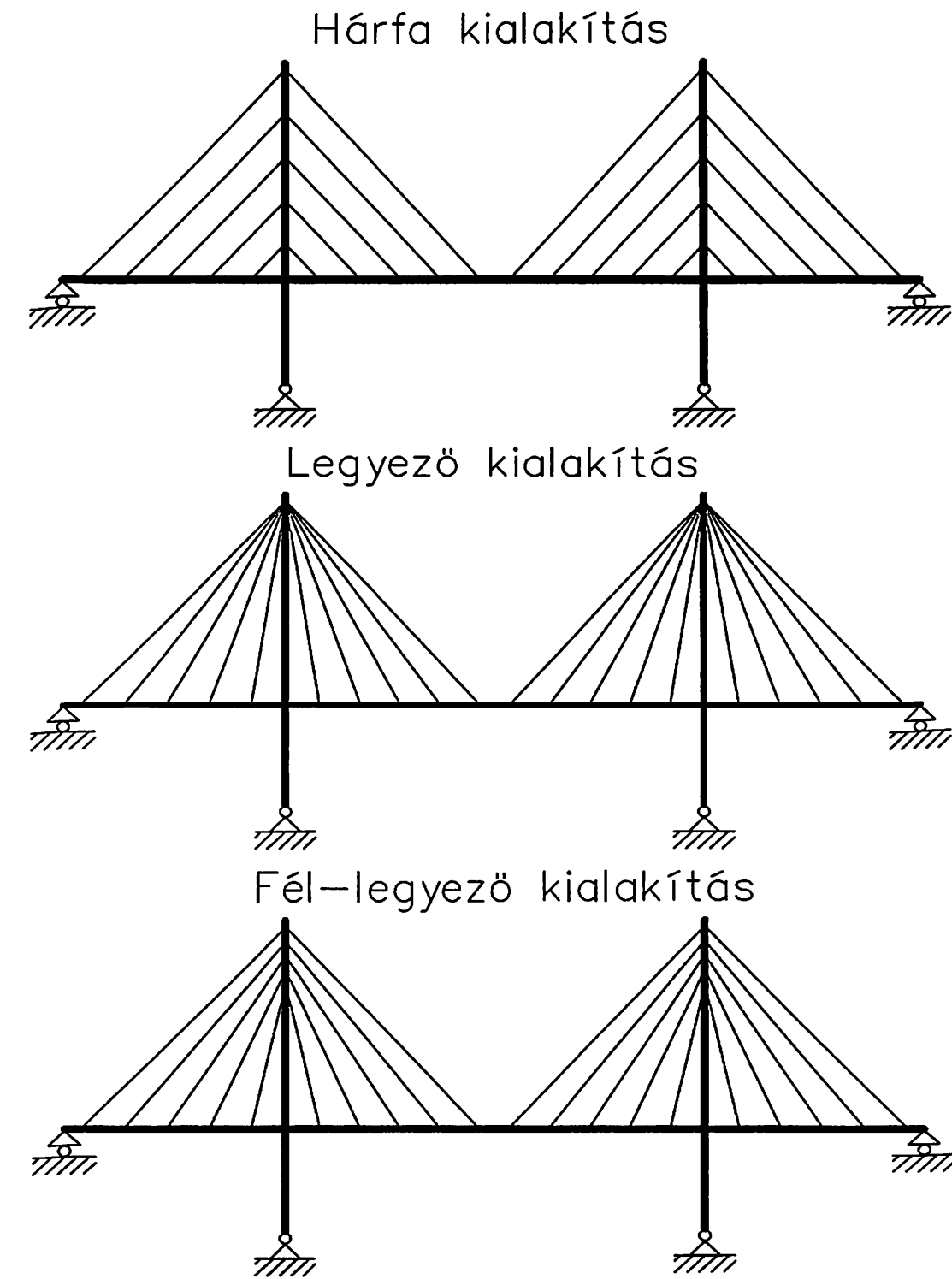
A függőhíd olyan híd, melynek fő tartószerkezeti elemei a végpontjaikon lehorgonyzott tartókábelek vagy láncok, és a híd pályaszerkezete (merevítőgerendája) e főtartók alá kerül befüggesztésre jellemzően függőleges, esetenként ferde helyzetű függesztőrudakkal vagy kábelekkel (lásd: 6. kép).

A függőhidak fő teherviselő eleme a két végén lehorgonyzott lánc vagy kábel, amit általában két pilon tetején átvezetve helyeznek el. A főtartó (kábel) nagy hajlékonysága miatt (inerciája elméletileg zérus) kizárólag tengelyirányú húzóerő felvételére alkalmas, a külső terhek hatására mindenkor az ennek megfelelő alakot veszi fel. Ez a főtartó saját súlyának hatására az ún. láncgörbe, vagy más néven kötélgörbe, míg egyenletesen megoszló állandó terhelés esetében parabola. A főtartók tényleges alakja a függőhidak esetében e kettő között alakul. A pilonokat úgy alakítják ki, hogy azokra lehetőleg csak nyomóerő hasson, hajlítás ne. A főtartók a pilonok merevítésében is részt vesznek, ami lehetővé teszi azok karcsú kialakítását.

A nagy alakváltozási képesség miatt a főtartó önmagában nem felel meg tartószerkezetként, ezért szükség van egy hosszirányú gerendára, az ún. merevítőtartóra, ami a hídpálya terheit elosztja és a függesztő kábeleken keresztül szakaszosan továbbítja azokat a fő tartókábelre. A merevítőtartó megfelelő kialakítása biztosítja a függőhíd oldalirányú szélteherrel szembeni kellő merevségét is.



6. kép: Erzsébet-híd régen és ma (Budapest, Magyarország)



3. ábra: Ferdekábeles hidak elrendezésének statikai váza

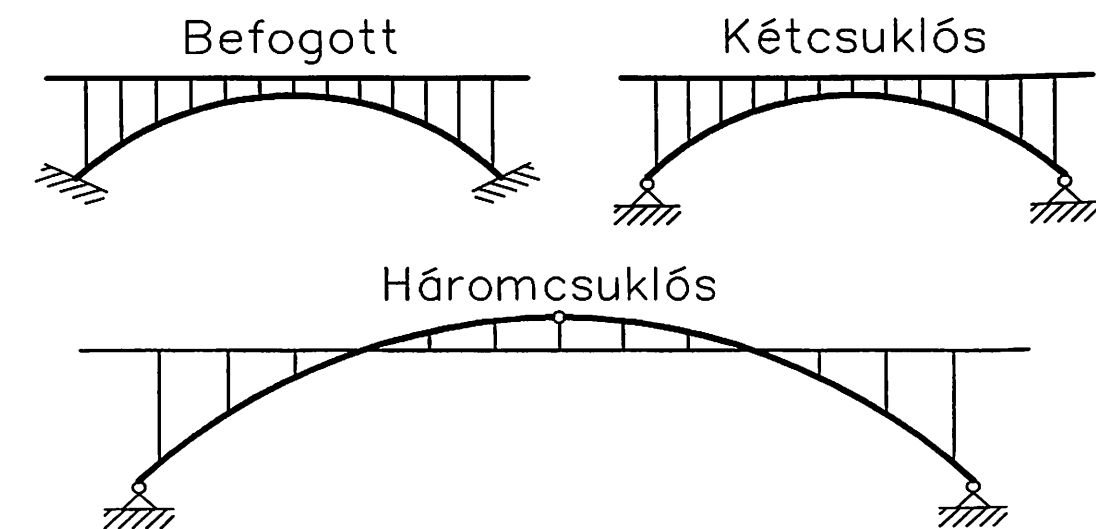
6.1.4. Ívhidak

Az ókori kőépítészet csúcstechnológiáját képviselő rómaiak tudták utánozni először a természet - erózió, defláció hatására – alkotta boltozatokat. A boltív egyesíti magában az alátámasztó és az áthidaló szerkezetet. A kő nyomó- és húzószilárdsága közötti arány hozzávetőleg 10:1. A kő tehát nem alkalmas hajlított tartónak, a boltív mentén viszont

csak nyomóerők ébrednek, így az ív nyílása elvileg csak a kő és a habarcs nyomószilárdságától függ. A római hídépítés fénykorában 46 m volt a maximális híd nyílás (lásd: 1. kép, Pont du Gard híd).

Ívhidak: a főtartó alakja íves, a rájuk jutó terhek jelentős részét központos, illetve közel központos nyomás útján adják át az alátámasztásoknak. Ebből következik, hogy kis hajlítónyomaték és kis nyíróerő keletkezik az ívben.

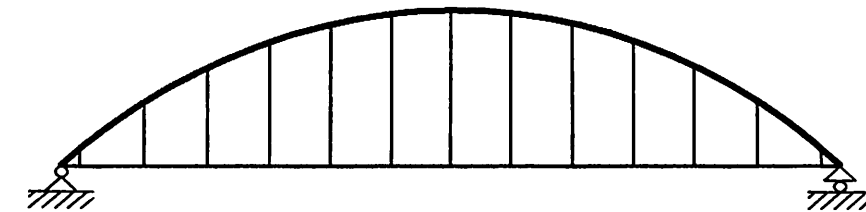
Valódi ívek: függőleges terhek hatására is ferde erőket adnak át az alépítménynek (lásd: 4. ábra).



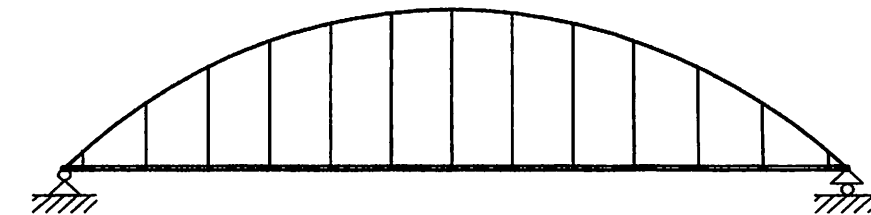
4. ábra: Valódi ívhidak statikai váza

Álívvek: a támaszerők vízszintes összetevőjét a vonórúd vagy merevítő gerenda veszi fel, és egyenlíti ki az ív két vége között. Ezek külső megtámasztás szempontjából egyszerű, kéttámaszú tartók.

Vonórudas vagy vonókábeles álív



Merevítőgerendás álív vagy Langer – tartó

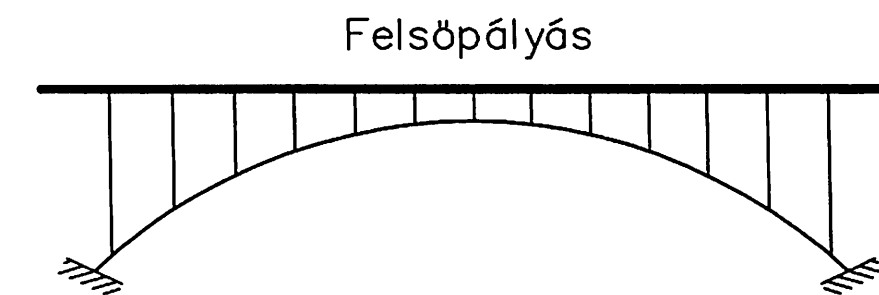


5. ábra: Álívhidak statikai váza

6.2. A hidak csoportosítása a hídpálya elhelyezése szempontjából

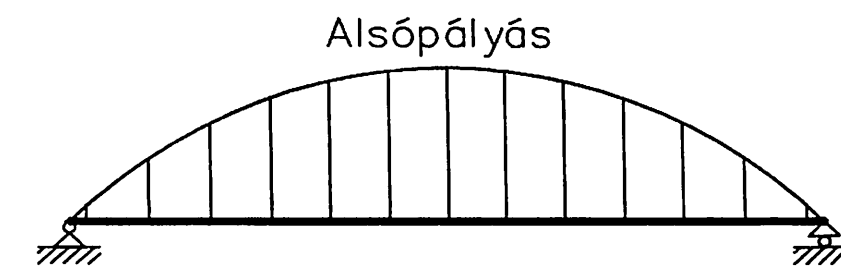
A hidakat ezen felül még számos szempont szerint csoportosíthatjuk, de dolgozatomban témáját tekintve fontos szót ejteni a hídpálya elhelyezkedésének lehetőségeiről.

Felsőpályás: a pályaszerkezet teljes hosszában a főtartó felett van.



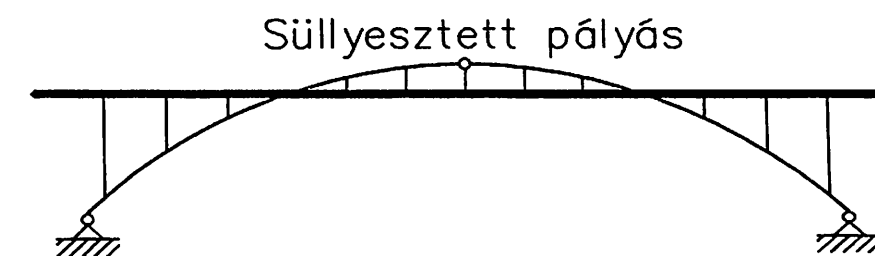
6. ábra: Felsőpályás hídszerkezet

Alsópályás: a pálya a lehető legközelebb van a szerkezet alsó éléhez.



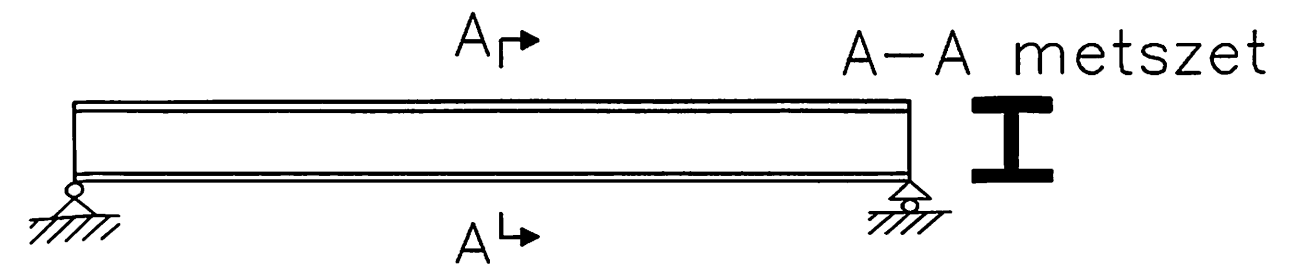
7. ábra: Alsópályás hídszerkezet

Süllyesztett pályás: a pályaszerkezet közbenső helyzetben van.

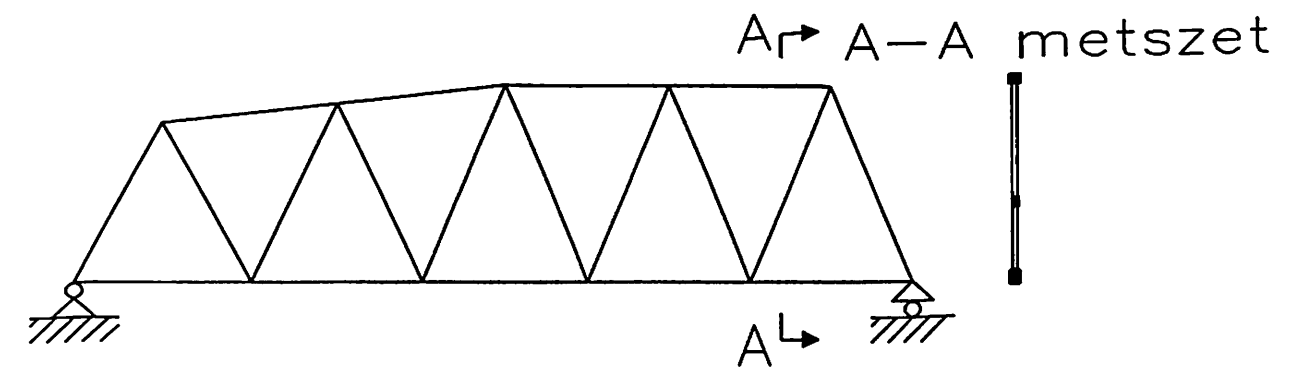


8. ábra: Süllyesztett pályás hídszerkezet

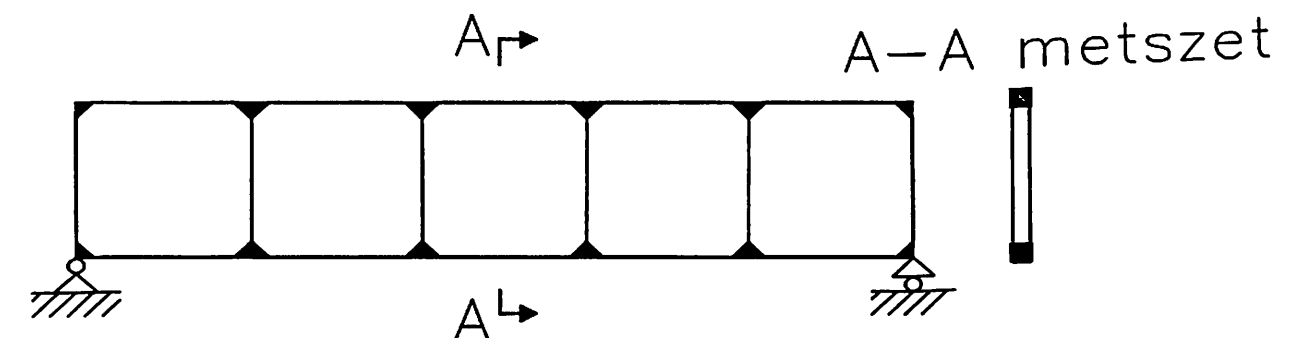
6.3. A hidak csoportosítása a főtartó kialakítása szerint



9. ábra: Tömör kialakítású főtartó



10. ábra: Rácsos kialakítású főtartó



11. ábra: Vierendeel főtartó

7. A HIDAK SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

Egy híd alapvetően alépítményből és felszerkezetből áll.

Az alépítmény alapozása a földfelszín alatti részt jelenti, az alépítmény felmenőrésze a földfelszín alatti rész. Ez maga a hídfő (a szélső támaszok) és a pillérek (a közbenső támaszok). Fő funkciója a felszerkezet terheinek biztonságos továbbítása az altalajra. Az alépítmény részei: alapozás (sík, cölöp, kút, szekrény), felmenő szerkezet (falak, oszlopok), fejgerenda vagy szerkezeti gerenda, saruzsámoly, térdfal, szárnyfalak.

A hídfő lehet szárnyfal, térdfal, felmenőfal, töltéslezárás.

A pillér lehet szerkezeti gerenda, felmenőfal vagy oszlop.

Szokásos szerkezeti elem elnevezések:

- hídfő szerkezeti gerenda, pillér fejgerenda, hídfőfal
- hídfő oszlopok, pillér oszlopok
- pilon.

A felszerkezet a hídpálya és az áthidalószerkezet. A hídpályán közúti burkolattal burkolt vagy lehet rajta vasúti felépítmény, biztosítani kell rajta a vízelvezetést és a szigetelést.

A felszerkezet részei:

- pályaszerkezet:
 - o funkcionális rész: közúti, gyalogos vagy kerékpáros pályaburkolat, illetve vasúti felépítmény
 - o szigetelést védő réteg (beton vagy aszfalt)
 - o szigetelés
 - o pályalemez
- főtartók: gerendák, hossz-, kereszt- és végkereszttartók
- hídtartozékok: kizárólag a híd funkciójának betöltése miatt van szükség rájuk, mivel általában nem teherviselő szerkezeti elemek. Ilyenek például: dilatációk, szegélyek, pótpadkák, bevonatok, korlátok, zajvédő falak, vakítás vagy leesés elleni védelem, víznyelők, csepegtető csövek, vizsgáló lépcsők és azok korlátai, surrantók, szélzsák, hídvilágítás, közművezetékek, hajózási jelzések, speciális vizsgálóberendezések, repülés biztonsági jelzések, vízmérce, terelősín, felcsapódás elleni védelem, stb.
- kiegyenlítő- vagy úszólemez: a hídfő és a háttöltés süllyedés különbségét hivatott kiegyenlíteni, csökkenteni.
- saruk: a felszerkezet terheit továbbítja az alépítményekre.

A hídpálya tartozékai: a korlát, a védőberendezések, a világítóberendezések, a vizsgálóberendezések, az üzemi vezetékek.

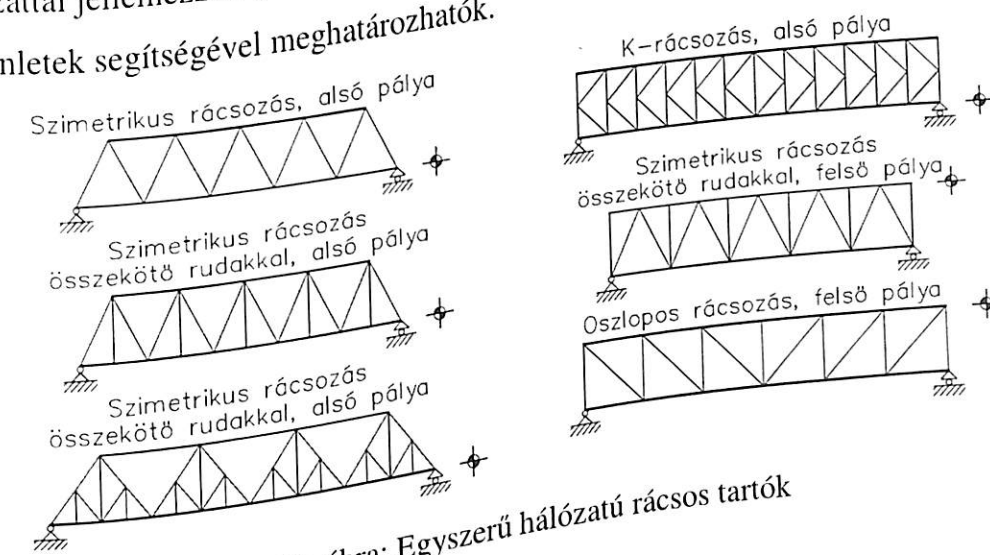
Az áthidalószerkezet részei a pályaszerkezet, főtartószerkezet és a saruk, csuklók.

8. RÁCSOS TARTÓK

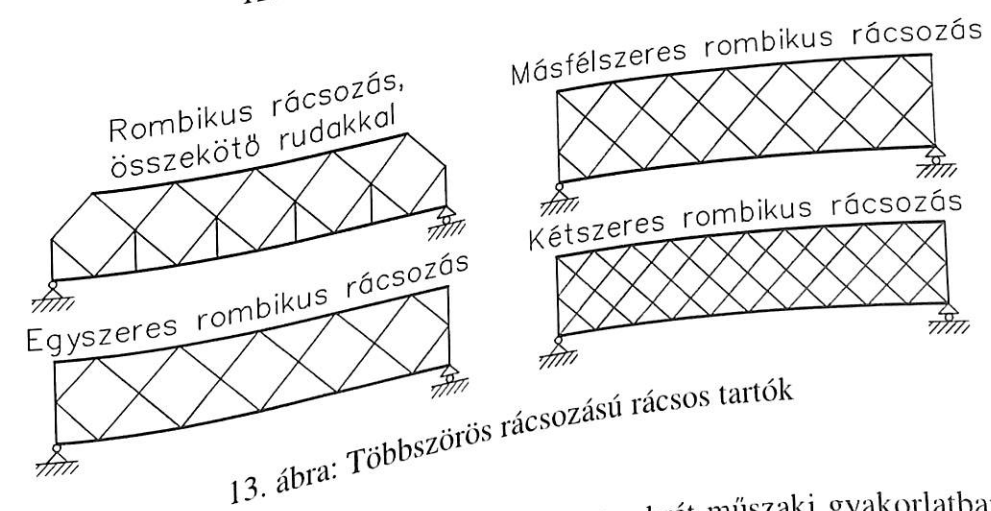
Nagyobb fesztávolságok áthidalására az építőgyakorlatban szívesen alkalmazzák a viszonylag kis súlyú, könnyen szerelhető, gazdaságos rácsos szerkezeteket. A rácsos tartókat nemcsak a hidászban alkalmazzák, hanem tetőszerkezetek és távvezetékes oszlopok építésében is.

8.1. Rácsos szerkezetek felépítése

A rácsos tartón olyan egyenes tengelyű rudakból álló tartószerkezetet értünk, melynek rúdjai csuklósan kapcsolódnak egymáshoz. A rácsos szerkezetet a csuklók tengelypontjából, az ún. csomópontokból és a rudak tengelyvonalaiából álló ún. hálózati alakzattal jellemezzük (lásd: 6. ábra, 7. ábra). A szerkezet támaszerői csupán egyensúlyi egyenletek segítségével meghatározhatók.



12. ábra: Egyszerű hálózati rácsos tartók



13. ábra: Többszörös rácsos tartók

A rácsos tartó alapvető vizsgálata során, illetve a konkrét műszaki gyakorlatban annak minimális alaktartó hibái, eltérései okán az alábbiakat feltételezzük:

- a szerkezet alaktartó, tehát annak alakja a rúdhosszak változtatása nélkül még végtelen kis mértékben sem módosítható.
- a rudak merevek és egyenes tengelyűek.
- a csuklók súrlódásmentesek.
- a szerkezetre ható külső erők:
 - o a hálózati alakzat síkjában működnek,
 - o a csomópontban működnek.

A rácsos tartó rúdjai csuklóban végződnek, a külső erők pedig csak a csomópontokban működnek. Így a rudak csak abban az esetben lehetnek egyensúlyban, ha az azokban működő erők (a rúderők) hatásvonala a csuklókat összekötő egyenessel esik egybe. Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy a rudak egyenes tengelyűek, azokban csak rúdtengely irányú, vagy ami ugyanaz, a rúd keresztmetszetére merőleges hatásvonalú erő keletkezhet. Ezt a belső erőt normál erőnek nevezzük, mely lehet húzó erő (pozitív) vagy nyomó erő (negatív). Természetesen a csuklók ugyanolyan nagyságú, de ellentétes irányú erőt adnak át a rudaknak, mint azok a csuklóknak.

8.2. Rácsos tartók anyaga

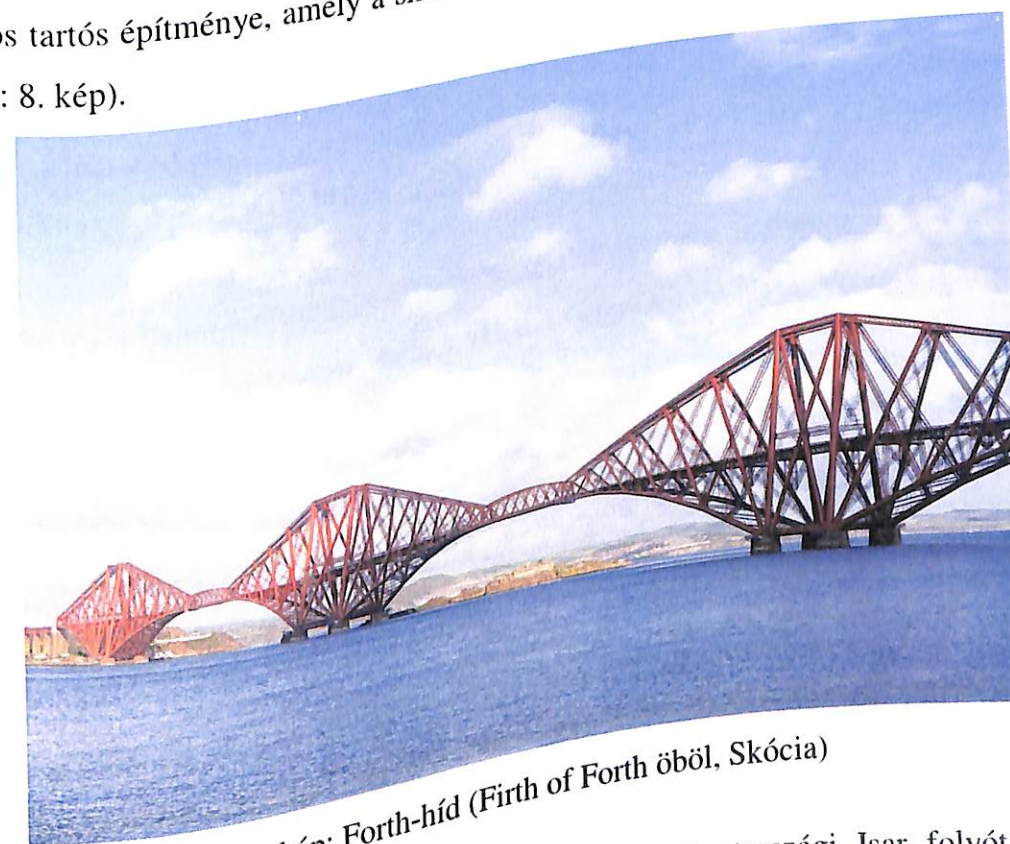
Rácsos tartókat sokféle anyagból lehet készíteni, leggyakrabban a fát és az acélt alkalmazzák, de a gyakorlatban találkozhatunk vasbeton anyagú rácsos szerkezetekkel is. A fa különösen alkalmas hídépítési célokra, mert könnyű, viszonylag szilárd, eléggé rugalmas, könnyen kitermelhető és megmunkálható. Az acél magas szilárdságú, könnyen alakítható.

A Matematikai híd egy régi favázas, geometrikus szerkezetű híd, amely Angliában, a híres cambridge-i egyetemhez tartozó Queen's College területén, a Cam folyó felett található. A híd valódi, hivatalos neve Wooden Bridge, azaz Fahíd (lásd: 7. kép).



7. kép: Matematikai híd (Cambridge, Anglia)

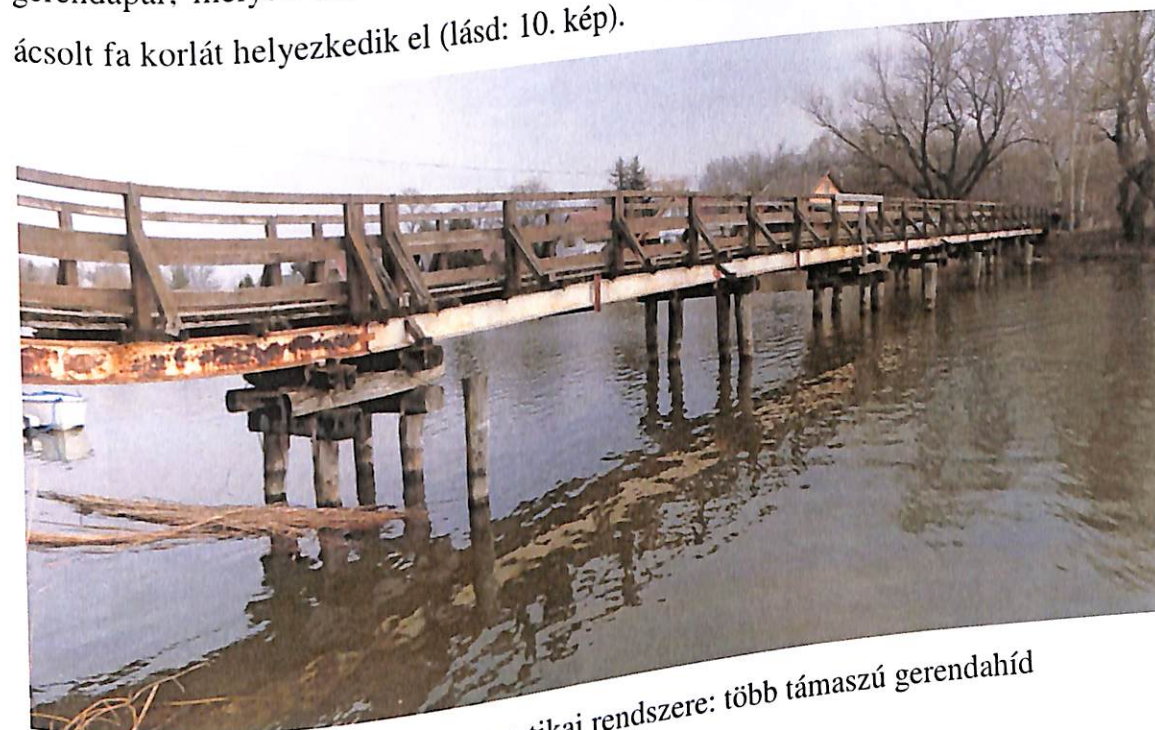
A Forth folyó torkolata felett átívelő Forth vasúti híd Skócia egyik legismertebb acél rácsos tartós építménye, amely a skót fővárost, Edinburgh-t és a fife-i régiót köti össze (lásd: 8. kép).



8. kép: Forth-híd (Firth of Forth öböl, Skócia)

Vasbeton anyagú, rácsos szerkezetű vasúti híd a németországi Isar folyót átszelő Grosshesseloher Brücke (lásd: 9. kép).

A felszerkezet tartórendszere egy többtámaszú, 450 mm magas I-szelvényű idomacél gerendapár, melyen ácsolt fa keresztgerendák, ácsolt fa deszkázat pályalemez, illetve ácsolt fa korlát helyezkedik el (lásd: 10. kép).



10. kép: Meglévő híd statikai rendszere: több támaszú gerendahíd

9.3. A meglévő híd állapota

A több mint 40 éve épült híd nem fagyálló anyagból, szigetelés nélkül készült, a folyamatos fa- valamint korrózióvédelem nem megfelelő, így a híd állaga igen rossz, jelenleg is több helyen megrongálódott és tönkremenetele robbanásszerűen gyors. Nem tartom valószínűnek, hogy az építés során vagy azt követően valaha kezelték-e favédelmi eljárásokkal a fa szerkezeteket. A keletkező hibák viszont jellemzően a csapadékvíz káros hatására vezethetők vissza. A gondos faelőkészítés, folyamatos karbantartás hiánya repedési, deformálódási, eltömődési, felületi romlási hibákat okozott (lásd: 11. kép).



11. kép: Meglévő híd

A fa cölöpök változó vízmagasságú vízben állnak, a vizet folyamatosan magukba szívják, ezáltal a magas víztartalom a farontó rovaroknak és gombáknak kedvez, illetve a szerkezetek repedéseiben szemrevételezési vizsgálat során a mohásodás, korhadás látható (lásd: 12. és 13. kép). Az áramló, változó magasságú víz az idők folyamán kárt okozott a nem kellően tömör, repedt szerkezetekben.

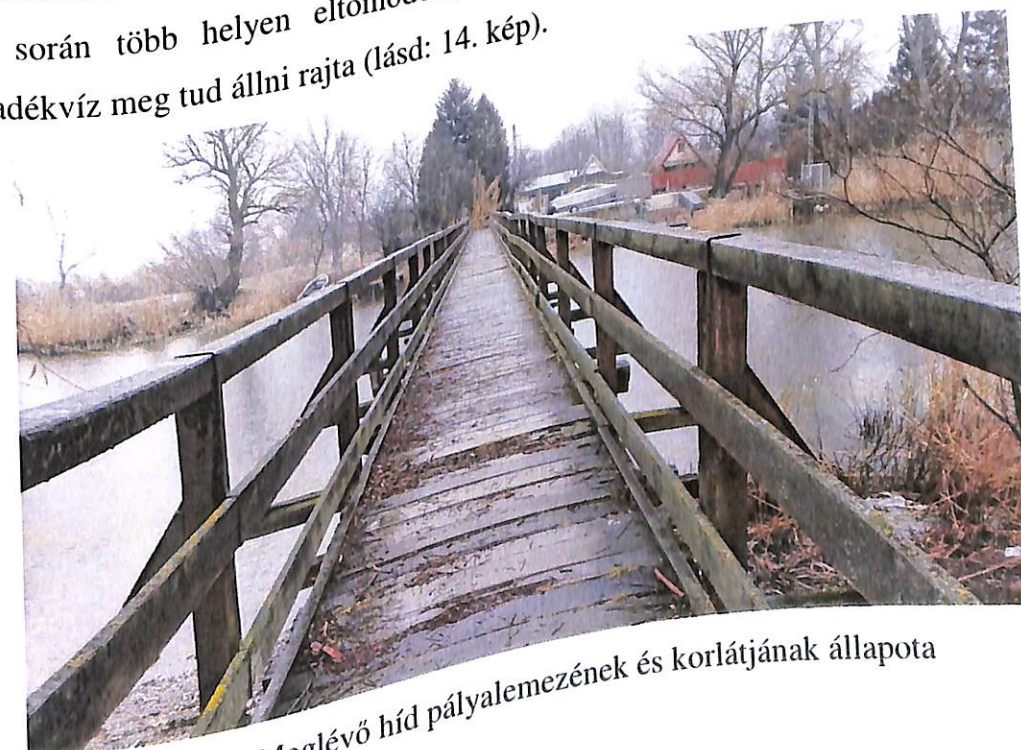


12. kép: Meglévő híd pályalemez eltömődése, mohásodás kialakulása



13. kép: Meglévő híd cölöpjeinek állapota

Sok a csapadéknak, napsugárzásnak (UV-fény), hőhatásoknak (nyári meleg, téli hideg), széljárásnak kitett felület. Az építéskor hézagosan rakott pályalemez deszkáinak rései az idők során több helyen eltömődött, felületi vízelvezetés nem megoldott, így a csapadékvíz meg tud állni rajta (lásd: 14. kép).

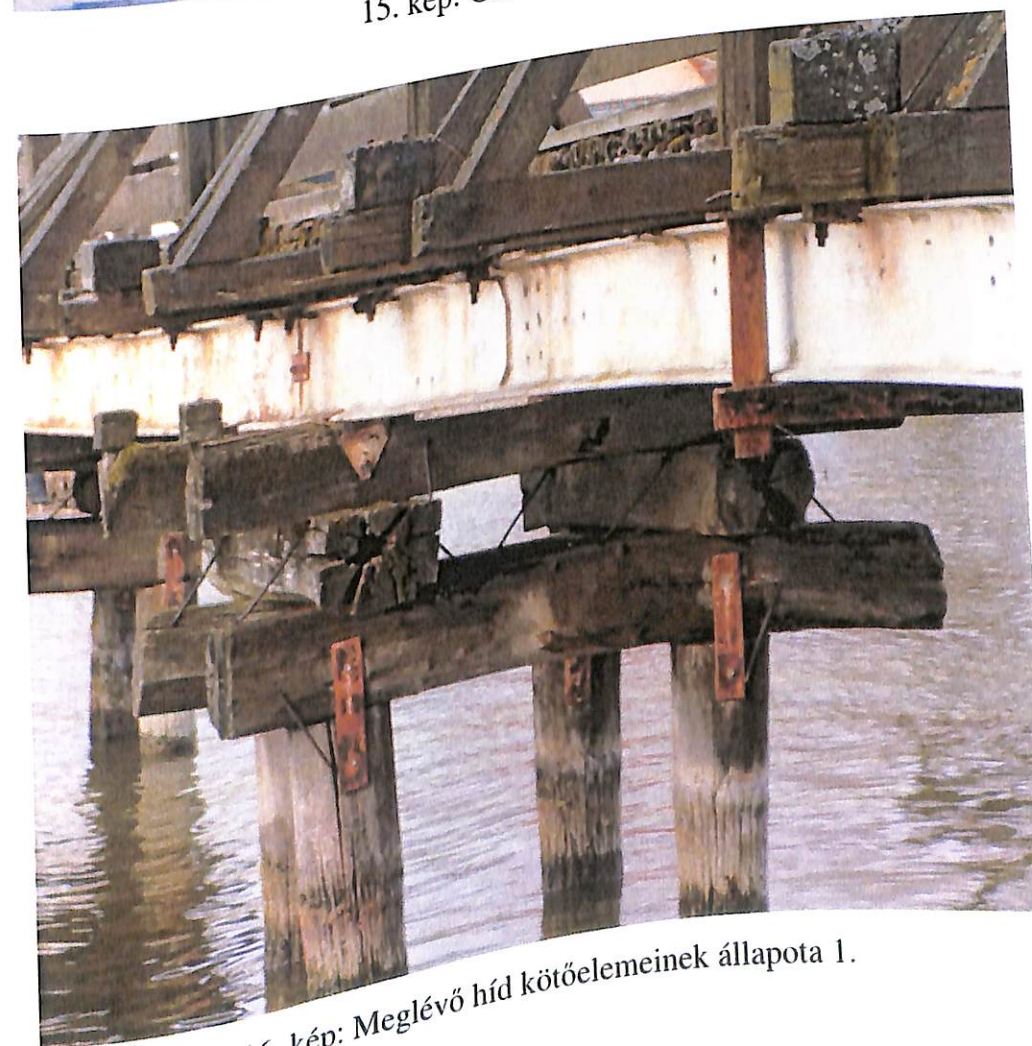


14. kép: Meglévő híd pályalemezének és korlátjának állapota

Az időjárási viszonyoknak kitett acélgerenda szerkezeti elemein a festékréteg levált, oxidációs rétegek alakultak ki, a felületén több helyen szennyeződés is található (lásd: 15., 16., 17. és 18. kép).



15. kép: Gerenda állapota



16. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 1.

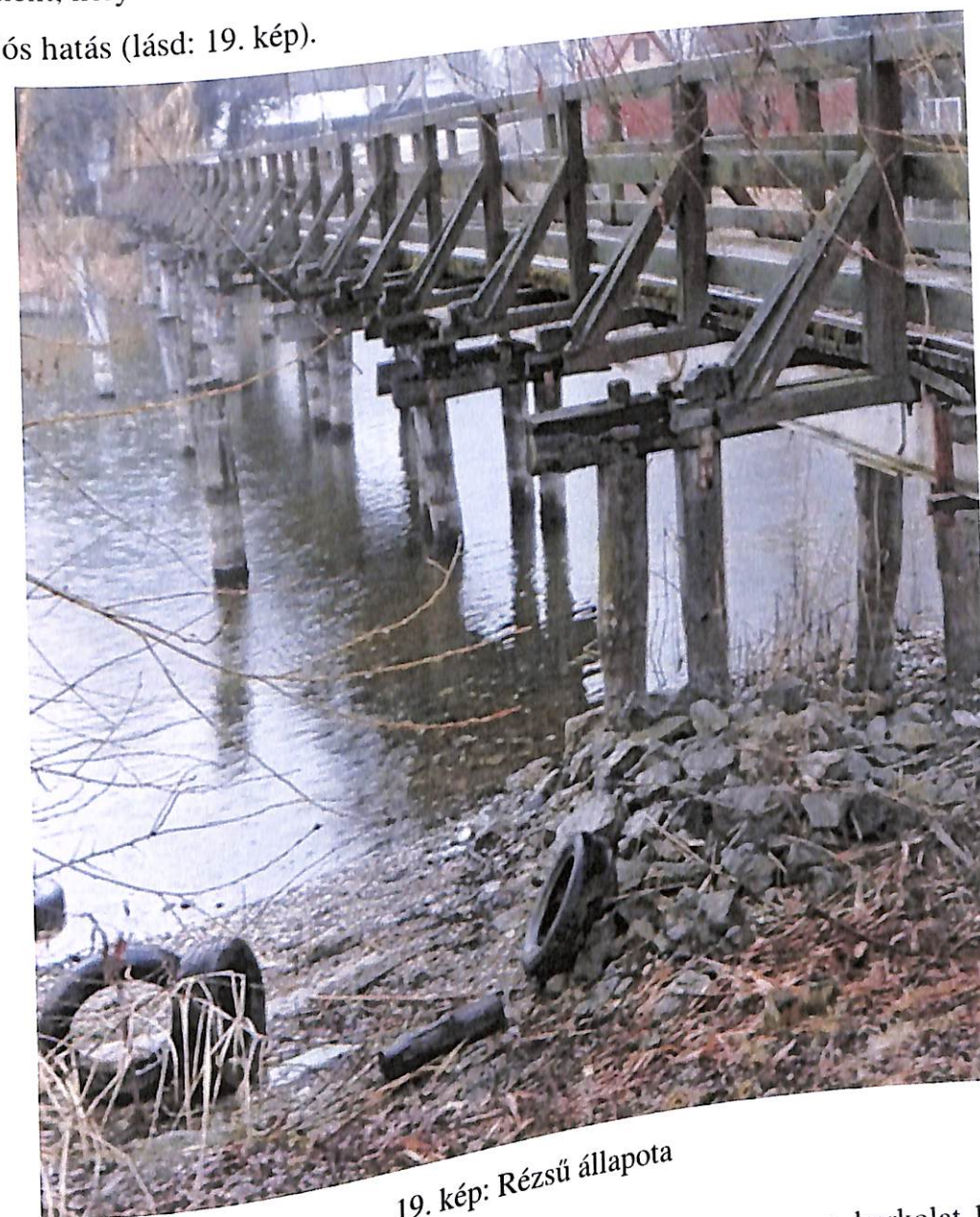


17. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 2.



18. kép: Meglévő híd kötőelemeinek állapota 3.

A rézsűburkolást kőszórással oldották meg, de ez időközben a változó vízszintmagasság hatására beiszapolódott, illetve emberi tevékenység hatására annak mennyisége csökkent, helyenként megtelepedett a növényzet. Ezért a hídfők környékén jól látható az eróziós hatás (lásd: 19. kép).



19. kép: Rézsű állapota

A helytelen tervezés miatt a hídfő környékének vízelvezetése sem burkolat lejtéssel, sem folyókával nincs megoldva. A hídvizsgálathoz szükséges lépcső nem került megépítésre.

Egyeztetve a tulajdonossal és a vagyonkezelővel a meglévő híd bontásra kerülne. Ezt követően a Kiskunsági Főcsatorna Ráckevei (Soroksári) Duna-ág és a Főcsatorna zsilipe közötti szakaszát valamely választott módszerrel kikotorja. A tervezett híd építése ezután megvalósulhat.

10. ALSÓPÁLYÁS, KÉT FŐTARTÓS, KÉTTÁMASZÚ, ÖTNYÍLÁSÚ GYALOGOS, KERÉKPÁROS RÉTEGELT-RAGASZTOTT FA HÍD

10.1. Helyszínrajzi viszonyok

A híd Tass település nyugati külterületi részén, a Kiskunsági Főcsatorna 58 + 690 cskm szelvényben a Dunasor utcát és a Szentgyörgypusztai utcát köti össze. A terület közel sík szelvényben a Dunasor utcát és a Szentgyörgypusztai utcát köti össze. A terület közel sík felszínű, a terepszint 108,47 mBf. Az épülő keresztelvényben 60 m széles a Kiskunsági Főcsatorna.

A terület árvízveszélyes, a talajvíz állását a Ráckevei (Soroksári) Duna-ág és a Kunsági Főcsatorna főcsatorna vízállása befolyásolja.



20. kép: Helyszínrajzi viszonyok

A fa híd hosszúsága 60 méter, szélessége 6,27 méter, a keresztezési pont a 4 + 530,8 km szelvényben van. A keresztezési pontban a pályaszint magassága 111,62 mBf, a szerkezet alsó éle 111,09 mBf, a folyási fenékszint 106,36 mBf, a legnagyobb vízszint (LNV) 108,04 mBf. A keresztezési pontig, mely a híd tengelyében található, hosszirányban átlagosan 7,1 %-ot emelkedik, a keresztezési ponttól pedig átlagosan 7,1 %-ot esik.

A 2017. április 26-án végzett fúrásoknál vett talajminták laboratóriumi vizsgálatai alapján meghatározott talajrétegződést a rétegszelvényben ábrázoltam, amely a DM-01 rajzszámú Általános terven látható 5869 jelű fúrás.

A talajrétegződés közel egyenletes.

A jelenlegi térszinttől -0,5 m mélységig vegyes feltöltés van, változó összetételű és tömörségű. -0,5 m mélységtől világosszürke iszapos homok következik, a fúrások idején képlékeny és kenhető állapotú. -2,6 m terepszint alatti mélységtől sárgásbarna agyagos homok következik, amely rozsdafoltos, képlékeny állapotú. -6,3 m terepszint mélységtől a fúrások talppontjáig szürke kavicsos homok van.

A 2017. április 26-án a nyugalmi talajvízszintet -1,29 m terepszint alatti mélységben mértük. A laboratóriumi vizsgálatok alapján a talajvíz gyengén agresszív ($\text{pH}=7,2-7,5$, $\text{SO}_4=1320-1560 \text{ mg/l}$)

A talajrétegződésből, az alacsony vízállásból adódóan könnyen kivitelezhető a vízkirekesztés és a síkalap megépítése. A tervezett híd szerkezeti megoldásaiból és a szerkezeti anyagokból, illetve a hasznos teherből (gyalogos, kerékpáros forgalom) adódóan viszonylag kis terheket kell továbbítani a teherhordó talajra. A teherhordó talaj közel található a terepszinthez. A geotechnikai vizsgálatok alapján a beépítésre szánt terület síkalapozásra alkalmas.

10.2. Alépítmény

Az alépítmény 6 db vasbeton tömb alapból, 4 db mederpillérből, 2 db szélső hídfőből áll.

A tömbalap 2,50 m széles, 1,00 m magas, 6,27 m hosszú vasbeton. A mederpillér 0,75 m széles, változó magasságú (2 db 4,90 m, 2 db 4,21 m magas), 5,27 m hosszú. A hídfők a merőleges lebegő szárnyfalas kiegyenlítő lemezzel ellátott vasbeton szerkezetek 1,10 m szélesek, 2,89 m magasak, 10,83 m hosszúak szárnyfalakkal együtt.

A hídpillérek alapozási síkja 104,84 mBf. A hídfők alapozási síkja 105,31 mBf.

A 12 mm átmérőjű betonacélokat 100 mm-es hálóban kiosztva kell elhelyezni a vasbeton szerkezetekben a vonatkozó szabvány előírásában szereplő betontakarással.

10.3. Felszerkezet

A tervezett híd főtartója rácsos kialakítású gerenda, melynek övrúdjai 20/20 keresztmetszetű rétegelt-ragasztott fa. A híd nyomott, ferde rács rudazata 20/25

keresztshelvényű réteget-rasztott fa. A teljes hosszában átfűrt, húzott, merőleges rács rudak 20/20 keresztshelvényű réteget-rasztott fából készülnek, a keletkező húzó erőket egy 30 mm átmérőjű vas vonórúd veszi fel. A keresztgerenda 20/30 keresztshelvényű réteget-rasztott fa. A ferde oldaltámaszok 20/20 keresztshelvényű réteget-rasztott fa.

A fentebb említett nyomott rácsrudakat és az oldaltámasz rudazatát speciálisan erre a célra kialakított, hegesztett laposacél homloklemek rögzítik. Az oldalirányú vízszintes erőt (szél) a keresztgerendák alá az alsó övre szerelt ún. szélrács (L40.40.4 keresztshelvényű idomacél rács rúd) veszi fel.

10.4. Hídtartozékok

A háttöltés és híd csatlakozása:

A hídfők mögötti ún. háttöltés feladata az úttöltés és a merev (elvileg süllyedés nélküli) hídszerkezet közötti átmenet létrehozása. Az útpálya alatti süllyedés többnyire egyenletesen oszlik meg, így a forgalmat nem zavarja, de a híd előtt létrejövő relatív süllyedéskülönbség káros, sőt a forgalom szempontjából veszélyes bukkanókat hoz létre. E relatív süllyedéskülönbség kiküszöbölésének érdekében egy 20 cm vastag – hídfőre támaszkodó - vasbeton úszólemez terveztem be, amely ezen felül egyenletes átmenetet teremt a két különböző módon alapozott szerkezet között.

Dilatációk:

A hídszerkezeten a különböző hatások és erők hosszirányú alakváltozásokat hoznak létre. A híd épségének megőrzése érdekében 6 mm vastag acéllemezről ún. pályamegszakításokat, dilatációs szerkezeteket terveztem meg.

Saruk:

A hidak felszerkezetének saját tömegét, a szerkezetre ható terhelő erőket, illetve egyéb hatásokból keletkező erőket külön szerkezeti elemmel, a saruval adjuk át az alépítményekre. A saruk feladata, hogy lehetővé tegyék a szerkezet működéséből adódó mozgásokat. Az álló saruk csak szögforgást, a mozgó saruk ezenkívül a szerkezet hosszváltozását is lehetővé teszik. Mindkét fajta sarut egyedi gyártású, hegesztett, 20 mm vastag lemezacélból terveztem meg.

Korlátok:

A gyalogos és kerékpáros forgalom biztonságos átvezetésének és a megfelelő esztétikai hatás elérése érdekében a híd anyagával azonos fa korlátot terveztem, mely egyben maga a rácsos tartó szerkezet, s ezzel a főtartó szerepét tölti be. A korlátokat a főtartók megszakítási helyein a tervezés során megszakítottam, így tettem lehetővé a dilatációs mozgásukat. A korlát oldalirányú megtámasztására a fent említett 20/20 keresztmetszvényű rétegelt-ragasztott fa anyagból készülő ferde oldaltámaszt alkalmaztam.

10.5. Építéstechnológia

Alépitmény kivitelezése:

A kivitelezési munkák megkezdése előtt fontos, hogy a geodéták olyan módon tűzzék ki és rögzítsék a geodéziai alappontok hálózatát, hogy a kivitelezés során fokozottan védve legyenek a sérülésektől.

A tervezett szakaszon gépjárműforgalom nincsen. Az időszakos jellegű kerékpáros- és a gyalogos forgalom a keleti irányba 450 m-re található Kunsági Főcsatorna zsilip műtárgyán átvezető hídra terelhető.

A megtervezett tömb alapok kivitelezéséhez szükséges munkatér víztelenítését a kivitelező többféleképpen is megoldhatja. Az egyik lehetőség, hogy a tömb alap kerületét a szádfalazza körbe, majd az így kijelölt munkaterületet vízteleníti. Ezzel a módszerrel a kivitelezőnek kis munkatér kialakítására van módja, viszont a környezet élővilágát kevésbé zavarja. A másik lehetőség, hogy a tárgybeli csatorna keresztmetszvényét a tervezett híddal párhuzamosan, annak mindkét oldala mellett az elvégzendő munkához szükséges tér felmérését követően szádfallal lezárja, majd az ilyen módon bekerített munkaterületet vízteleníti. Ezzel a módszerrel a kivitelező ugyan nagyobb munkaterületet tud kialakítani magának, de ezzel együtt a környezet élővilágát is nagyobb mértékben zavarja.

A kiemelt munkagödör mélységének szintjét úgy kell megválasztani, hogy az alapozási sík alá egy 7 cm vastag szerelő beton réteg kerülhessen, azaz ennek a betonnak a felső síkja lesz az alapozási sík.

A szerelő betonon kell összeszerelni a tervekben szereplő betonacél armatúrát és a felmenő szerkezetek (mederpillér, hídfő) vasalási tüskéit.

Kibetonozás előtt ellenőrizni kell a zsaluzat kötéseit, valamint a zsaluzat zártságát, és az éltompító lécek beépítését.

Ellenőrzés után a zsaluzat betonnal érintkező felületeit be kell kenni tapadásgátló vegyszerrel.

A kivitelező által készített betonozási tervnek - melynek tartalmaznia kell a bedolgozandó betonkeverék pontos összetételét, a keverés időtartamát, az adalékszereit, konzisztenciáját, a bedolgozás módját, az előzetes próbakockák eredményét (típusvizsgálati jelentés) - megfelelően ki kell betonozni az alaptestet.

Amennyiben az alaptest elérte a kellő szilárdságát, megkezdődhet a felmenő falak, hídfő, pillérek betonacél betétek szerelése.

Az acélbetétek szerelésekor be kell tartani a tervben előírt kiosztási rendet, ugyanez vonatkozik a betontakarásra is, ahol a tervezettől való megengedett eltérésre különösen figyelni kell. Az acélbetéteket csak ott és olyan módon szabad toldani, ahogyan és ahol a terv előírja vagy megengedi. Az acélbetétek szerelésének befejezését a kivitelező építési naplóban közli a megrendelővel, aki bejegyzésben igazolja a szerelés ellenőrzését és engedélyt ad a betonozás megkezdésére.

Az acélbetétek szerelésével együtt helyezik el – általában – a sarukat. Ezeket azonban csak a szerkezet betonozásának megfelelő fázisában lehet pontosan beállítani. A betonozás és tömörítés közben ügyelni kell az acélbetétek mozdulatlanságára. Meg kell akadályozni a zsaluzat minden nem tervezett elmozdulását és alakváltozását a betonozás alatt. A beton utókezelését a kötés után kell megkezdni, az utókezelés tartama alatt a betonfelületeket nedvesen kell tartani és óvni kell a káros hőmérsékletektől. Kizsaluzáskor kerülni kell a zsaluzat erőteljes ütését. A zsaluzat lebontása után azonnal el kell távolítani a felületből kiálló részeket. A felületi hibákat, lyukakat, fészkes felületeket 24 órán belül ki kell javítani.

A beépítésre kerülő anyagokból (acél, beton) próbatesteket kell venni a helyszínen, amiket a gyártó minőségi vizsgálatától függetlenül meg kell vizsgáltatni egy laboratóriumban. Ennek a bevizsgálási folyamatnak a gyakoriságát a mintavételi és minősítési tervben kell meghatározni, azt előírászerűen be kell tartani.

Felépítmény kivitelezése:

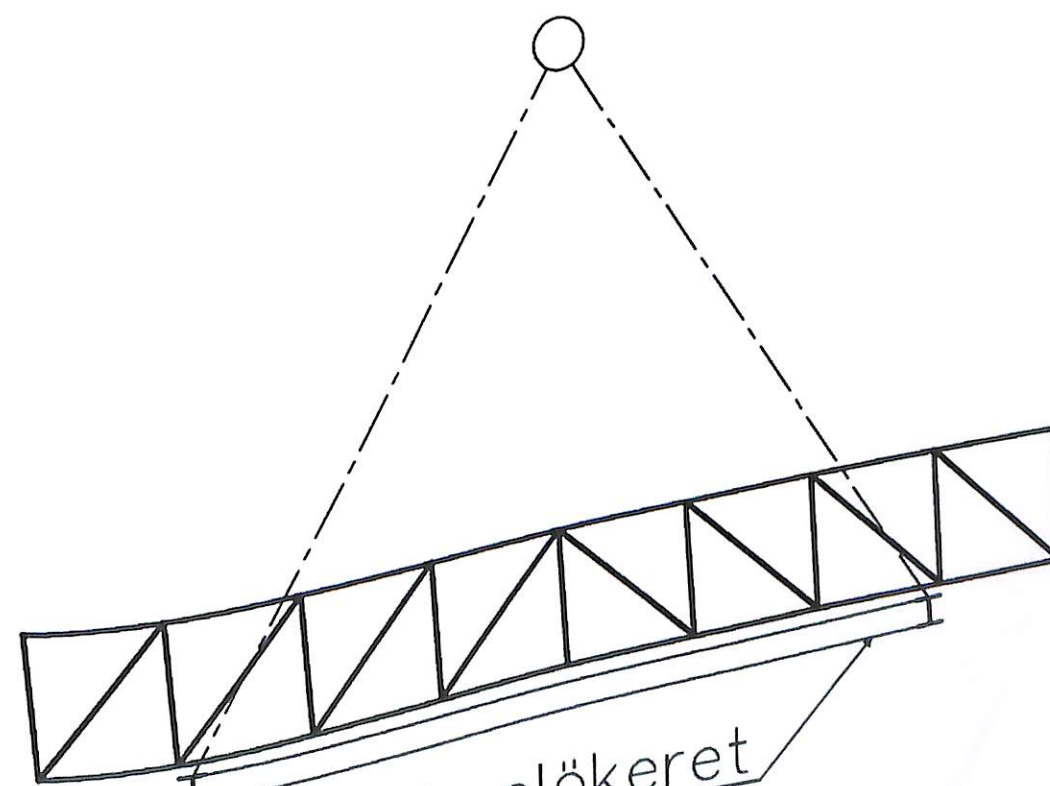
A felmenő hídszerkezeteket teljes egészében egy, a közelbe kitelepült rétegelt-ragasztott fa szerkezeteket gyártó üzem gyártja le. Azonos keresztmetszetű egyenes tartók gyártásánál a tartó több oldali gyalulása, valamint szükség szerinti csiszolása, a pontos

hosszméretre való leszabása egy munkagépen, egy munkamenetben történik. A tartó határoló felületeinek kialakítása után kerül sor a gombainfekciót megkönnyítő és esztétikailag is kifogásolható feszültséggyűjtő helyek, ún. felületi hibák javítására, a terv szerinti csapolások, rések, hézagok kialakítására, az összekötő és rögzítő szelvények furatainak és hornyainak kimunkálására.

A lakatosműhelyben egyedi tervek alapján legyártott fém szerelvényeket csavarozással rögzítik. Felszerelni csak a korrózió ellen megfelelően védett szerelvényeket szabad.

A ragasztott fa szerkezetek tűz-, gomba-, és rovarfertőzés elleni megelőző védelme általában a kész elemek felületi kezelése után történik. A védőszer felhordása úgy célszerű, hogy az utolsó réteget az építés helyszínén, az esetleges károsodások javítását szem előtt tartva végzik el.

Szállítás előtt a kész tartókat fedett helyen kell tárolni. A tartókat olyan helyzetben kell tárolni és mozgatni, hogy azokban káros feszültségek ne keletkezzenek. A káros alakváltozás elkerülésére a tartók kihajlását gátló alátéteket és távolságtartó betéteket kell megfelelő sűrűségben elhelyezni. A betétek méretét úgy kell megválasztani, hogy a tartók fém szerelvényei ne sérthessék meg egymás felületi bevonatát. A tartók mozgatásához kalodát, emelőhimbát kell kialakítani.



HEA300 Emelőkeret

14. ábra: Felszerkezet beemelése

Mint azt már az előbbiekben is említettem, az egyes műveletek folyamatos gyártás közbeni technológiai és minőségi kontrollján kívül egyéb vizsgálatok és ellenőrzési feladatok elvégzése fontos. Tehát ez nemcsak az acél- és betonszerkezetek, a fém szerelvények, hanem a fa anyagú szerkezetek folyamatos vizsgálatát is kell, hogy jelentse.

Az így elkészült fa szerkezeteket a helyszínre szállítást követően kellő odafigyeléssel és óvatossággal a tervezett helyére kell emelni.



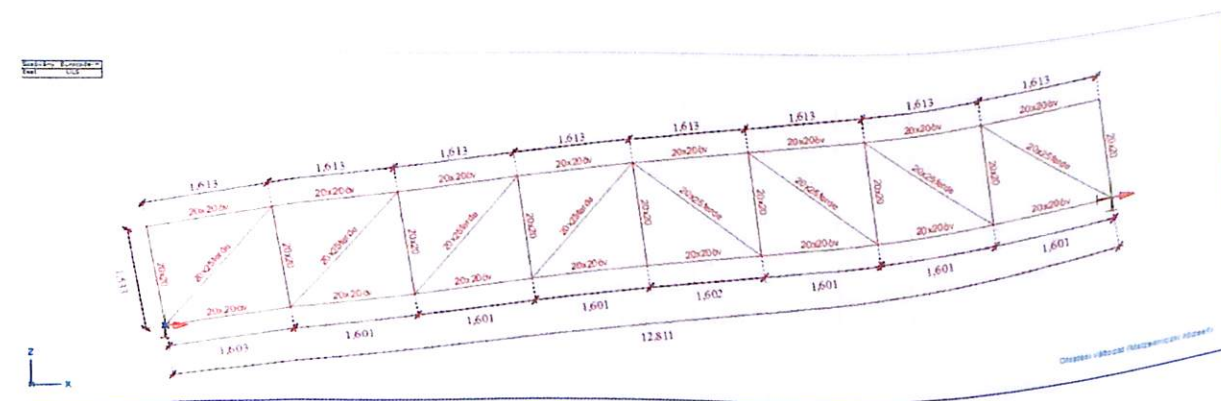
SZENT ISTVÁN
EGYETEM



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Kiskunsági Főcsatorna Gyalogos-Kerékpáros Fahíd 58+690 fkm

Erőtani Számítások Melléklet



Készítette: Malzseniczki József

1. Kiinduló adatok

Állandóterhek

	Rétegrend	v	g
		[kN/m ³]	[kN/m ²]
75	mm vastag rétegelt-ragasztott fa pályalemez	7,0	0,525

Pályalemezre jutó önsúly

$$g_{pl,k} = 0,525 \text{ kN/m}^2$$

Esetleges terhek

Hasznos teher

$$p_{q,k} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Hóteher

$$s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2 \quad C_e = 0,8 \text{ (szeles)} \quad C_t = 1,0 \quad \mu_1 = 0,8$$

$$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,25 = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

Parciális tényezők

$$\text{Állandó hatás: } \gamma_{G,sup} = 1,35 \quad \gamma_{G,inf} = 1,00$$

$$\text{Esetleges hatás: } \gamma_Q = 1,50$$

Reprezentatív érték szorzói

$$\text{Hasznos teher: } \psi_0 = 0,70 \quad \psi_1 = 0,70 \quad \psi_2 = 0,60$$

$$\text{Szélteher: } \psi_0 = 0,60 \quad \psi_1 = 0,50 \quad \psi_2 = 0,00$$

$$\text{Hóteher: } \psi_0 = 0,50 \quad \psi_1 = 0,20 \quad \psi_2 = 0,00$$

Dinamikus tényező

$$\mu = 1,05 + \frac{5}{L+5}, \text{ de legfeljebb } 1,40$$

Biztonság javára mindenhol a maximális dinamikus tényezőt használom.

Anyagjellemzők

Anyagjellemzők						
Fafajta	Szilárdsági értékek [N/mm ²]					Nyírás
	Hajlítás	Húzás		Nyomás		
		rosttal	rostra	rosttal	rostra	f _{v,k}
		párhuzamos	merőleges	párhuzamos	merőleges	
f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}		
GL36h	36	26	0,6	31	3,6	4,3

Nyitott tér, csapóesőnek kitett szerkezet

⇓

Környezet relatív páratartalma max. 85%

⇓

Faanyag átlagos nedvességtartalma 20% ≥ u

⇓

Felhasználási osztály: 2 } k_{mod} = 0,6

Állandó hatás

Szerkezeti fa

=> γ_m = 1,25

$$f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_k}{\gamma_m}$$

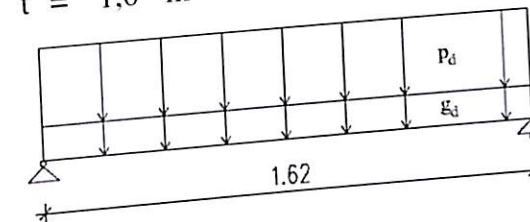
$$I_d = \kappa_{mod} \gamma_m$$

Fafajta	Szilárdsági értékek [N/mm ²]					Nyírás
	Hajlítás	Húzás		Nyomás		
		rosttal párhuzamos	rostra merőleges	rosttal párhuzamos	rostra merőleges	f _{v,d}
	f _{m,d}	f _{t,0,d}	f _{t,90,d}	f _{c,0,d}	f _{c,90,d}	
GL36h	17,28	12,48	0,29	14,88	1,73	2,06

Pályalemez igénybevétele

Statikai model: kéttámaszú tartó

terhelési sáv: $t = 1,0 \text{ m}$ $l = 1,62 \text{ m}$



Alapkombináció

$$q_{Pl,d}^1 = t * (\gamma_{G,sup} * g_{Pl,k} + \mu * \gamma_Q * p_{q,k} + \mu * \gamma_Q * \psi_0 * s)$$

$$q_{Pl,d}^1 = 1,00 * (1,35 * 0,525 + 1,40 * 1,50 * 5,0 + 1,40 * 1,50 * 0,50 * 1,00) = 12,26 \text{ kN/m}$$

$$q_{Pl,d}^2 = t * (\gamma_{G,sup} * g_{Pl,k} + \mu * \gamma_Q * s + \mu * \gamma_Q * \psi_0 * p_{q,k})$$

$$q_{Pl,d}^2 = 1,00 * (1,35 * 0,525 + 1,40 * 1,50 * 1,00 + 1,40 * 1,50 * 0,70 * 5,0) = 10,16 \text{ kN/m}$$

$$M_{max}^{pl} = \frac{q_{max} * l^2}{8} = \frac{12,26 * 1,62^2}{8} = 4,02 \text{ kNm}$$

$$F_{RE}^{Kt} = \frac{q_{max} * l}{2} = \frac{12,26 * 1,62}{2} = 9,93 \text{ kN}$$

Kvázi-állandó kombináció

$$q_{Pl} = t * (g_{Pl,k} + \psi_2 * q_{p,k} + \psi_2 * s)$$

$$q_{Pl} = 1,0 * (0,525 + 0,60 * 5,0 + 0,00 * 1,00) = 3,525 \text{ kN/m}$$

Pályalemez méretezése

Keresztmetszeti jellemzők

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 75 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = k_{cr} * b \quad k_{cr} = 0,67$$

$$b_{ef} = 0,67 * 1000 = 670 \text{ mm}$$

$$W = \frac{b * h^2}{6} = \frac{1000 * 75^2}{6} = 937500 \text{ mm}^3$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{1000 * 75^3}{12} = 35156250,0 \text{ mm}^4$$

$$S = b * \frac{h}{2} * \frac{h}{4} = 1000 * \frac{75}{2} * \frac{75}{4} = 703125 \text{ mm}^3$$

Egytengelyű hajlítás

egyenletesen megoszló teher esetén $v_m = 0,90$

$$l_{ef} = 1 * v_m = 1620 * 0,90 = \mathbf{1458 \text{ mm}}$$

$$\frac{l_{ef} * h}{b^2} = \frac{1458 * 75}{1000^2} = 0,109 < \lambda_{m0}^2 = \mathbf{145} \Rightarrow k_{crit} = 1,00$$

$$M_{Rd} = W_l * k_{crit} * f_{m,d}$$

$$M_{Rd} = 937500 * 1,00 * 17,28 = \mathbf{16,20 \text{ kNm}} > M_{Ed} = \mathbf{4,02 \text{ kNm}}$$

MEGFELEL

Nyírás

$$\tau = \frac{S * V}{b_{ef} * I} \Rightarrow V_{Rd} = \frac{b_{ef} * I * f_{v,d}}{S}$$

$$V_{Rd} = \frac{670 * 35156250,0 * 2,06}{703125} = \mathbf{69,14 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} = F_{RE}^{Kt} = 9,93 \text{ kN} < V_{Rd} \quad \mathbf{MEGFELEL}$$

Lehajlás

$$q_{Pl} = 3,525 \text{ kN/m} \quad E = 14700 \text{ N/mm}^2$$

$$y_H = \frac{l}{400} = \frac{1620}{400} = \mathbf{4,05 \text{ mm}}$$

$$y_{max} = \frac{5 * q_{Pl} * l^4}{384EI}$$

$$y_{max} = \frac{5 * 3,525 * 1620^4}{384 * 14700 * 35156250} = \mathbf{0,61 \text{ mm}} < y_H = 4,05 \text{ mm}$$

MEGFELEL

Kifordulás

egyenletesen megoszló teher esetén $v_m = 0,90$

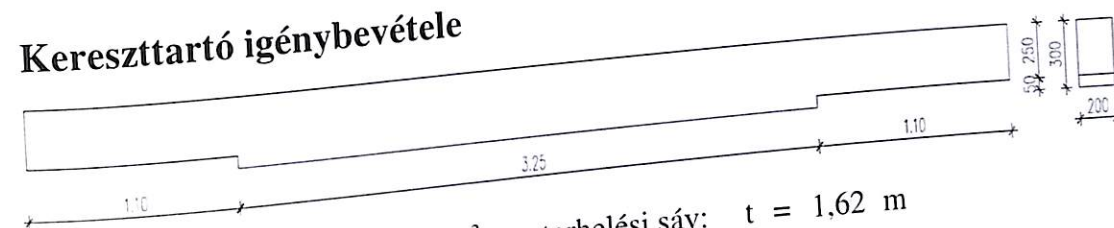
$$l_{ef} = 1 * v_m = 1620 * 0,90 = \mathbf{1458 \text{ mm}}$$

$$\frac{l_{ef} * h}{b^2} = \frac{1458 * 75}{1000^2} = 0,109 < \mathbf{140}$$

⇓

Kifordulás vizsgálat mellőzhető.

Kereszttartó igénybevétele



Térfogatsúlya: $\gamma_k = 7,0 \text{ kN/m}^3$ terhelési sáv: $t = 1,62 \text{ m}$

$b = 200 \text{ mm}$

Kereszttartó súlyozott magassága

$h_1 = 300 \text{ mm}$ $h_2 = 250 \text{ mm}$ $l_1 = 4270 \text{ mm}$ $l_2 = 1100 \text{ mm}$

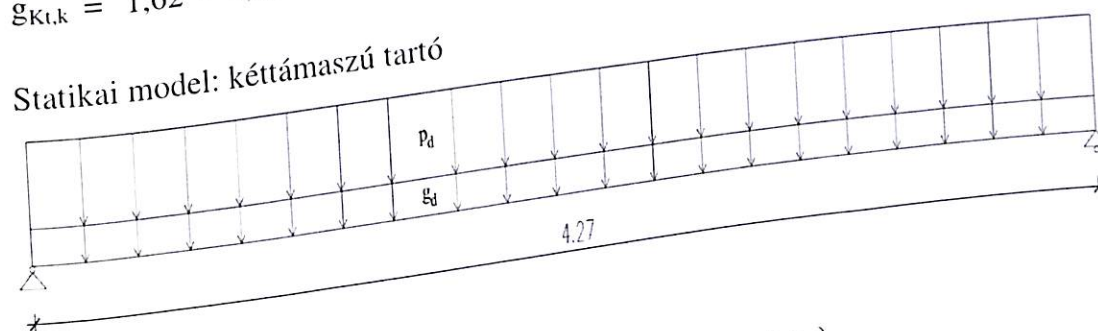
$$h' = \frac{300 * 4270 + 250 * 1100 + 250 * 1100}{4270 + 1100 + 1100} = 283,0 \text{ mm}$$

Kereszttartóra jutó önsúly

$$g_{Kt,k} = t * g_{Pl,k} + \gamma_k * h' * b$$

$$g_{Kt,k} = 1,62 * 0,525 + 7,0 * 0,283 * 0,2 = 1,25 \text{ kN/m}$$

Statikai model: kéttámaszú tartó



Alapkombináció

$$q_{Kt,d}^1 = \gamma_{G,sup} * g_{Kt,k} + t * (\mu * \gamma_Q * p_{q,k} + \mu * \gamma_Q * \psi_0 * s)$$

$$q_{Kt,d}^1 = 1,35 * 1,25 + 1,62 * (1,40 * 1,50 * 5,0 + 1,40 * 1,50 * 0,50 * 1,00) = 20,39 \text{ kN/m}$$

$$q_{Kt,d}^2 = \gamma_{G,sup} * g_{Kt,k} + t * (\mu * \gamma_Q * s + \mu * \gamma_Q * \psi_0 * p_{q,k})$$

$$q_{Kt,d}^2 = 1,35 * 1,25 + 1,62 * (1,40 * 1,50 * 1,00 + 1,40 * 1,50 * 0,70 * 5,0) = 16,99 \text{ kN/m}$$

$$M_{max}^{Kt} = \frac{q_{max} * l^2}{8} = \frac{20,39 * 4,27^2}{8} = 46,48 \text{ kNm}$$

$$F_{RE}^{Kt} = \frac{q_{max} * l}{2} = \frac{20,39 * 4,27}{2} = 43,54 \text{ kN}$$

Kvázi-állandó kombináció

$$q_{K1} = g_{K1,k} + t * (\psi_2 * p_{q,k} + \psi_2 * s)$$

$$q_{K1} = 1,25 + 1,62 * (0,60 * 5,0 + 0,00 * 1,00) = 6,11 \text{ kN/m}$$

$$F_{RE} = \frac{q_{K1} * l}{2} = \frac{6,11 * 4,27}{2} = 13,04 \text{ kN}$$

Kereszttartó méretezése

Keresztmetszeti jellemzők

$$b = 200 \text{ mm} \quad h_1 = 300 \text{ mm} \quad h_2 = 250 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = k_{cr} * b \quad k_{cr} = 0,67$$

$$b_{ef} = 0,67 * 200 = 134 \text{ mm}$$

$$W_1 = \frac{b * h_1^2}{6} = \frac{200 * 300^2}{6} = 3000000 \text{ mm}^3$$

$$I_1 = \frac{b * h_1^3}{12} = \frac{200 * 300^3}{12} = 450000000,0 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{b * h_2^3}{12} = \frac{200 * 250^3}{12} = 260416666,7 \text{ mm}^4$$

$$S_2 = b * \frac{h_2}{2} * \frac{h_2}{4} = 200 * \frac{250}{2} * \frac{250}{4} = 1562500 \text{ mm}^3$$

Egytengelyű hajlítás

egyenletesen megoszló teher esetén $v_m = 0,90$

$$l_{ef} = l * v_m = 4270 * 0,90 = 3843 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{ef} * h}{b^2} = \frac{1458 * 75}{200^2} = 2,734 < \lambda_{m0}^2 = 145 \Rightarrow k_{crit} = 1,00$$

$$M_{Rd} = W_1 * k_{crit} * f_{m,d}$$

$$M_{Rd} = 3000000 * 1,00 * 17,28 = 51,84 \text{ kNm} > M_{Ed} = 46,48 \text{ kNm}$$

MEGFELEL

Nyírás

$$\tau = \frac{S * V}{b_{ef} * I} \Rightarrow V_{Rd} = \frac{b_{ef} * I_2 * f_{v,d}}{S_2}$$

$$V_{Rd} = \frac{134,0 * 260416666,7 * 2,06}{1562500} = 46,096 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = F_{RE}^{K1} = 43,54 \text{ kN} < V_{Rd}$$

MEGFELEL

Lehajlás

$$q_{K1} = 6,11 \text{ kN/m} \quad E = 14700 \text{ N/mm}^2$$

$$y_H = \frac{1}{400} = \frac{4270}{400} = 10,7 \text{ mm}$$

$$y_{\max} = \frac{5 * q_{K1} * l^4}{384EI}$$

$$y_{\max} = \frac{5 * 6,107 * 4270^4}{384 * 14700 * 450000000} = 4,00 \text{ mm} < y_H = 10,7 \text{ mm}$$

MEGFELEL

Kifordulás

egyenletesen megoszló teher esetén $v_m = 0,90$

$$l_{ef} = l * v_m = 4270 * 0,90 = 3843 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{ef} * h}{b^2} = \frac{3843 * 75}{200^2} = 7,206 < 140$$

∥

Kifordulás vizsgálat mellőzhető.

Rácsostartó igénybevétele

Geometria

$$\text{Rácsrúd: } b_{fer} = 200 \text{ mm} \quad h_{fer} = 250 \text{ mm}$$

$$b_{\perp} = 200 \text{ mm} \quad h_{\perp} = 200 \text{ mm} \quad l_{fer} = 2222 \text{ mm} \quad l_{\perp} = 1533 \text{ mm}$$

$$A_{Rr} = (l_{fer} * h_{fer}) + (l_{\perp} * h_{\perp}) = 0,8621 \text{ m}^2$$

$$V_{Rr} = (l_{fer} * b_{fer} * h_{fer}) + (l_{\perp} * b_{\perp} * h_{\perp}) = 0,1724 \text{ m}^3$$

$$\text{Övrúd: } b = 200 \text{ mm} \quad h = 200 \text{ mm} \quad h_{ef} = 156 \text{ mm}$$

$$l' = 1613 \text{ mm} \quad (\text{két csomópont közötti hossza})$$

$$A_{Ör} = l' * h = 1613 * 200 = 0,3226 \text{ m}^2$$

$$V_{Ör} = l' * b * h = 1613 * 200 * 200 = 0,0645 \text{ m}^3$$

Függőleges teher

Rácsostartó egy csomópontjára jutó önsúly

$$\text{Térfogatsúly: } \gamma_K = 7,0 \text{ kN/m}^3$$

$$G_{R1,k} = (V_{Rr} + 2 * V_{Ör}) * \gamma_K = (0,1724 + 2 * 0,0645) * 7,0 = 2,11 \text{ kN}$$

$$G_{R1,d} = \gamma_{G,sup} * g_{R1,k} = 1,35 * 2,11 = 2,85 \text{ kN}$$

A rácsostartó csomópontjaira adódik át a kereszttartó mértékadó teheresetéhez tartozó reakció erő!

Rácsostartó egy csomóponti terhe használhatósági határállapothoz

Vízszintes teher

Szélnyomás

Önálló gyalogoshíd eseténben a hasznos teher szélnek kitett felülete a pályaszinttől felfelé 1,7 m magas.

$$h = 1,7 + 0,48 = 2,18 \text{ m}$$

$$q_{s1} = 2,18 \cdot 0,8 = 1,74 \text{ kN/m}$$

Szellőkés
A szellőkés a terheletlen híd szélnek kitett felületére ható - az alaki tényezőt is magába foglaló - 3 kN/m^2 egyenletessen megoszló vízszintes erő.

[illegible]

Keresztmetszeti jellemzők

Rácsrúd

$$A = (b - 12) * h = (200 - 12) * 250 = 47000 \text{ mm}^2$$

$$I_z = \frac{a * b^3}{12} = \frac{188 * 250^3}{12} = 244791667 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{b * a^3}{12} = \frac{250 * 188^3}{12} = 138430667 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{244791667}{47000}} = 72,2 \text{ mm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{138430667}{47000}} = 54,3 \text{ mm}$$

Övrúd

$$A = b * h_{ef} = 200 * 156 = 31200 \text{ mm}^2$$

$$I_z = \frac{b * h_{ef}^3}{12} = \frac{200 * 156^3}{12} = 63273600 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{63273600}{31200}} = 45,0 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{h_{ef} * b^3}{12} = \frac{156 * 200^3}{12} = 104000000 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{104000000}{31200}} = 57,7 \text{ mm}$$

Központossan nyomott rúd

Rácsrúd

$$L = 2,22 \text{ m} = 2222 \text{ mm} \quad N_{Ed} = 234,01 \text{ kN} \text{ (Axisből kivett adat)}$$

$$\text{csuklós - csuklós kapcsolat z irányban} \quad \Rightarrow v = 1,00$$

$$\lambda_z = \frac{v * L}{i} = \frac{1,00 * 2222}{72,2} = 30,79$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{30,79}{61,6} = 0,5$$

$$\left. \begin{array}{ll} 0,48 & 0,977 \\ 0,50 & 0,974 \end{array} \right\} k_{c,z} = 0,9740$$

$$\text{csuklós - csuklós kapcsolat y irányban} \quad \Rightarrow v = 1,00$$

$$\lambda_y = \frac{v * L}{i} = \frac{1,00 * 2222}{54,3} = 40,94$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{40,94}{61,6} = 0,665$$

$$\left. \begin{matrix} 0,66 & 0,942 \\ 0,68 & 0,937 \end{matrix} \right\} k_{c,y} = 0,941$$

$$k_c = \min \left\{ \begin{matrix} k_{c,z} \\ k_{c,y} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,974 \\ 0,941 \end{matrix} \right\} = 0,941$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{234010}{47000} = 4,98 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c * f_{c,0,d} = 0,941 * 14,88 = 14,00 \text{ N/mm}^2$$

$$4,98 < 14,00 \quad \text{MEGFELEL}$$

Övrúd

$$L = 1,61 \text{ m} = 1613 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 361,22 \text{ kN} \quad (\text{Axisből kivett adat})$$

$$\Rightarrow v = 1,00$$

csuklós - csuklós kapcsolat z irányban

$$\lambda_z = \frac{v * L}{i} = \frac{1,00 * 1613}{57,7} = 27,938$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{27,94}{61,6} = 0,454$$

$$\left. \begin{matrix} 0,44 & 0,983 \\ 0,46 & 0,98 \end{matrix} \right\} k_{c,z} = 0,981$$

csuklós - csuklós kapcsolat y irányban

$$\Rightarrow v = 1,00$$

$$\lambda_y = \frac{v * L}{i} = \frac{1,00 * 1613}{57,7} = 27,938$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{27,94}{61,6} = 0,454$$

$$\left. \begin{matrix} 0,44 & 0,983 \\ 0,46 & 0,98 \end{matrix} \right\} k_{c,y} = 0,981$$

$$k_c = \min \left\{ \begin{matrix} k_{c,z} \\ k_{c,y} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,981 \\ 0,981 \end{matrix} \right\} = 0,981$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{361220}{31200} = 11,58 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c * f_{c,0,d} = 0,981 * 14,88 = 14,6 \text{ N/mm}^2$$

$$11,58 < 14,6 \quad \text{MEGFELEL}$$

Központossan húzott rúd

$$N_{t,Ed}^+ = 387,73 \text{ kN} \quad (\text{Axisből kivett adat})$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}^+}{A_{gyeng}} = \frac{387730}{31200} = 12,43 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 12,48 \text{ N/mm}^2$$

$$12,4 < 12,48 \quad \text{MEGFELEL}$$

Központossan nyomott rúd kihajlása

Rácsrúd

Z irányba

$$N_{Ed}^- = 234,01 \text{ kN} \quad (\text{Axisből kivett adat})$$

$$N_{Rd} = k_c * A * f_{c,0,d} = 0,974 * 47000 * 14,88 = 681,2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{MEGFELEL}$$

Y irányba

$$N_{Rd} = k_c * A * f_{c,0,d} = 0,941 * 47000 * 14,88 = 658 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{MEGFELEL}$$

Övrúd

Z irányba

$$N_{Ed}^- = 361,22 \text{ kN} \quad (\text{Axisből kivett adat})$$

$$N_{Rd} = k_{c,z} * A * f_{c,0,d} = 0,981 * 31200 * 14,88 = 455,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{MEGFELEL}$$

Y irányba

$$N_{Rd} = k_{c,y} * A * f_{c,0,d} = 0,981 * 31200 * 14,88 = 455,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < N_{Rd} \quad \text{MEGFELEL}$$

8. Rácsostartó Lehajlás Ellenőrzése

AxisVM program által meghatározott érték

$$w_z = 9,437 \text{ mm}$$

Közelítő módszer

$$a = \text{súlyvonal} = 0,767 \text{ m} \quad L = 12811 \text{ mm}$$

$$I_z^{f,\ddot{o}v} = I_z^{a,\ddot{o}v} = 63273600 \text{ mm}^4 \quad A_{f,\ddot{o}v} = A_{a,\ddot{o}v} = 31200 \text{ mm}^2$$

$$I_{\max} = 0,8 * [(I_y^{f,\ddot{o}v} + A_{f,\ddot{o}v} * t_{fl}^2) + (I_y^{a,\ddot{o}v} + A_{a,\ddot{o}v} * t_{al}^2)]$$

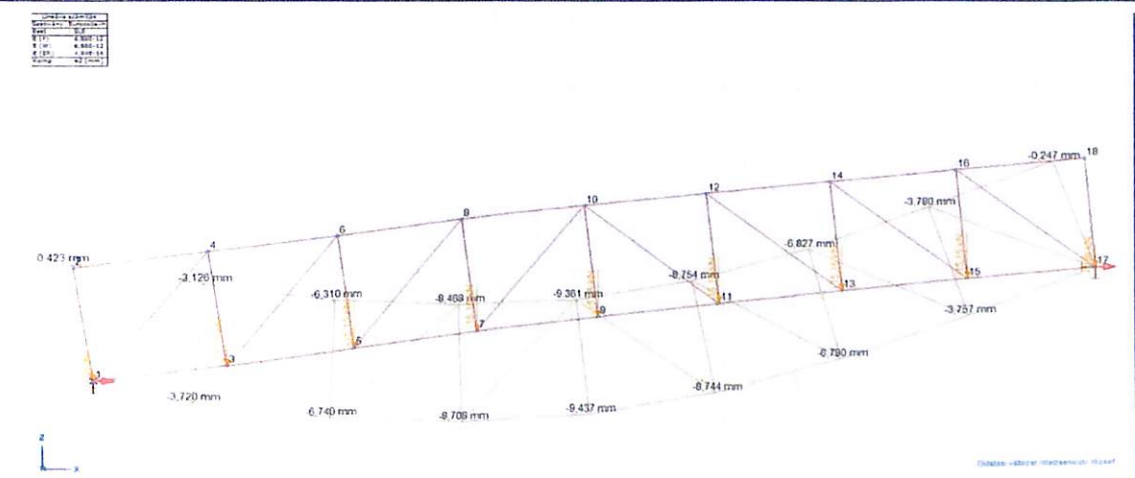
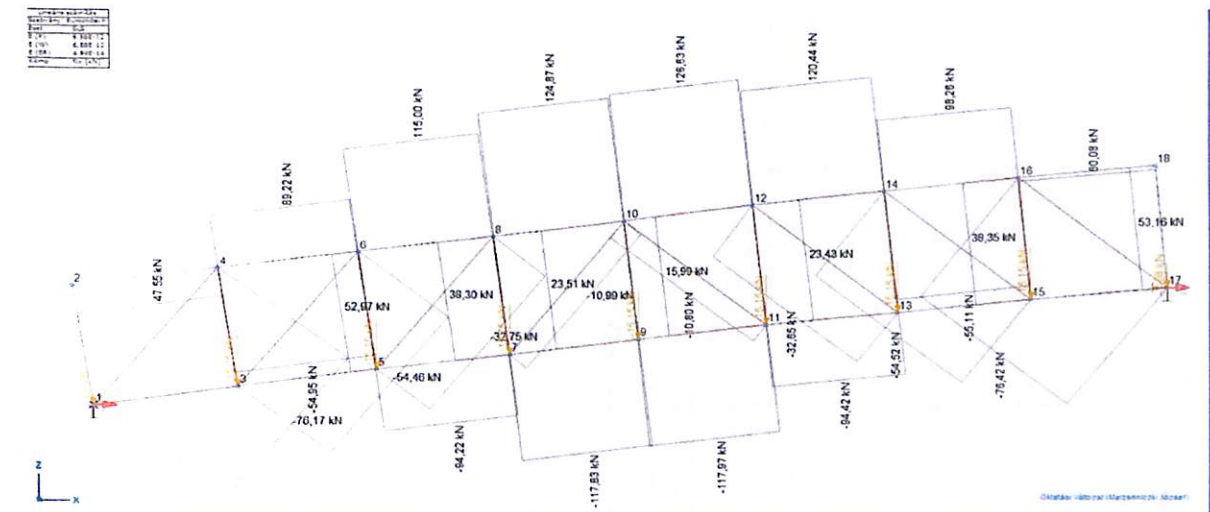
$$I_{\max} = 0,8 * [(63273600 + 31200 * 766,5^2) + (63273600 + 31200 * 766,5^2)]$$

$$I_{\max} = 29430348480 \text{ mm}^4$$

$$q_z = \Sigma F_i / L = 144480 / 12811 = 11,28 \text{ N/mm}$$

$$w_z^{\max} = (5 * q_z * L^4) / (384 * E * I_y)$$

$$w_z^{\max} = (5 * 11,28 * 12811^4) / (384 * 14700 * 29430348480) = 9,14 \text{ mm}$$



Munkatétel

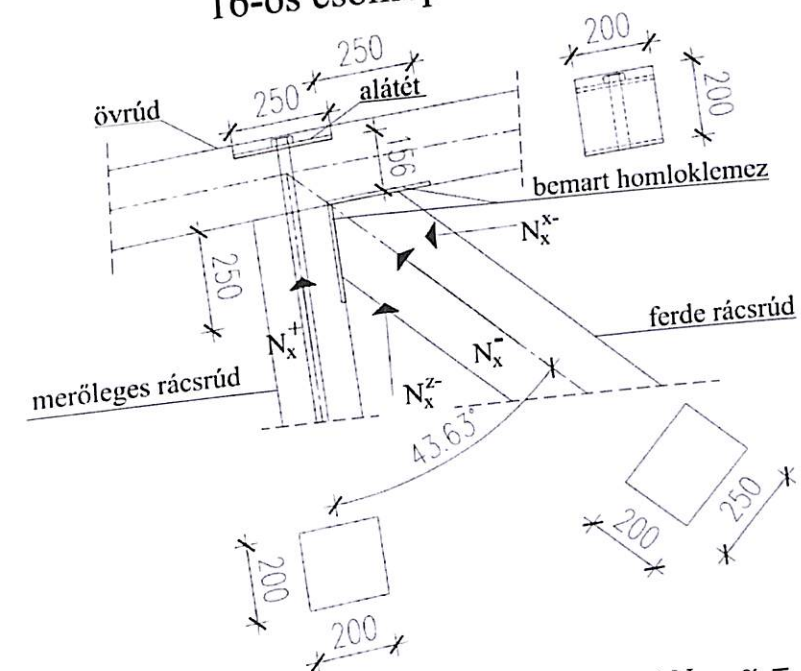
Rácsrúd sorszáma	A [mm ²]	L [m]	N _x [N]	N _{vx}	E [N/mm ²]	w _z = N _x *N _{vx} *L/E [mm]
1	31200	1,603	47551	0,45	14700	0,075
2	31200	1,601	89217	0,97	14700	0,302
3	31200	1,601	115000	1,49	14700	0,598
4	31200	1,602	126626	2,13	14700	0,942
5	31200	1,601	120436	1,61	14700	0,677
6	31200	1,601	98261	1,09	14700	0,374
7	31200	1,601	60082	0,57	14700	0,120
8	31200	1,613	0	0	14700	0,000
9	31200	1,613	-54949	-0,52	14700	0,100
10	31200	1,613	-94219	-1,04	14700	0,345
11	31200	1,613	-1E+05	-1,56	14700	0,646
12	31200	1,613	-1E+05	-1,56	14700	0,647
13	31200	1,613	-94425	-1,04	14700	0,345
14	31200	1,613	-55110	-0,52	14700	0,101
15	31200	1,613	0	0	14700	0,000
16	706,86	1,533	0	0	190000	0,000
17	706,86	1,533	52965	0,5	190000	0,302
18	706,86	1,533	38303	0,5	190000	0,219
19	706,86	1,533	15993	1,01	190000	0,184
20	706,86	1,533	23428	0,51	190000	0,136
21	706,86	1,533	38350	0,5	190000	0,219
22	706,86	1,533	53157	0,5	190000	0,303
23	706,86	1,533	0	0	190000	0,000
24	31200	1,601	124867	2,02	14700	0,880
25	706,86	1,533	23510	0,51	190000	0,137
26	47000	2,222	-76175	-0,72	14700	0,176
27	47000	2,221	-54463	-0,72	14700	0,126
28	47000	2,221	-32750	-0,72	14700	0,076
29	47000	2,221	-10993	-0,72	14700	0,025
30	47000	2,221	-10795	-0,72	14700	0,025
31	47000	2,221	-32646	-0,72	14700	0,076
32	47000	2,221	-54521	-0,72	14700	0,126
33	47000	2,221	-76422	-0,72	14700	0,177
			Σ = 144480			w _z ^{max} = 8,46

$$\left. \begin{array}{l} w_z = 9,44 \text{ mm} \\ w_z = 9,14 \text{ mm} \\ w_z = 8,46 \text{ mm} \end{array} \right\} < L / 400 = 12811 / 400 = 51,24 \text{ mm} \quad \text{MEGFELEL!}$$

Csomópontok ellenőrzése

Rostirányra merőleges nyomás (pecsétnyomás)

16-os csomópont



A ferderácsrúdban keletkező nyomóerő: $N_x^- = 234,01 \text{ kN}$ $\alpha = 43,63^\circ$

Merőleges rácsrúd - ferde rácsrúd kapcsolata

$$N_x^{*-} = N_x^- \cdot \cos \alpha = 169,38 \text{ kN} \quad k_{c,90} = 1,75$$

$$l = 250 \text{ mm} \quad \Delta_1 = 0 \text{ mm} \quad \Delta_2 = 30 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l + \Delta_1 + \Delta_2 = 250 + 0 + 30 = 280 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = b \cdot l_{ef} = 200 \cdot 280 = 56000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \leq \frac{N_{x,Rd}^{*-}}{A_{ef}} \quad N_{x,Rd}^{*-} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot A_{ef}$$

$$N_{x,Rd}^{*-} = 1,75 \cdot 1,75 \cdot 56000 = 171,5 \text{ kN} > N_x^{*-} \quad \text{MEGFELEL}$$

Övrúd - ferde rácsrúd kapcsolata

$$N_x^{z-} = N_x^- \cdot \sin \alpha = 161,47 \text{ kN} \quad k_{c,90} = 1,75$$

$$l = 250 \text{ mm} \quad \Delta_1 = 0 \text{ mm} \quad \Delta_2 = 30 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l + \Delta_1 + \Delta_2 = 250 + 0 + 30 = 280 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = b \cdot l_{ef} = 200 \cdot 280 = 56000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \leq \frac{N_{x,Rd}^{x-}}{A_{ef}} \quad N_{x,Rd}^{x-} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot A_{ef}$$

$$N_{x,Rd}^{z-} = 1,75 \cdot 1,75 \cdot 56000 = 171,5 \text{ kN} > N_x^{z-} \quad \text{MEGFELEL}$$

Övrúd - Húzótrúd kötőelemének kapcsolata

$$N_x^+ = 162,77 \text{ kN}$$

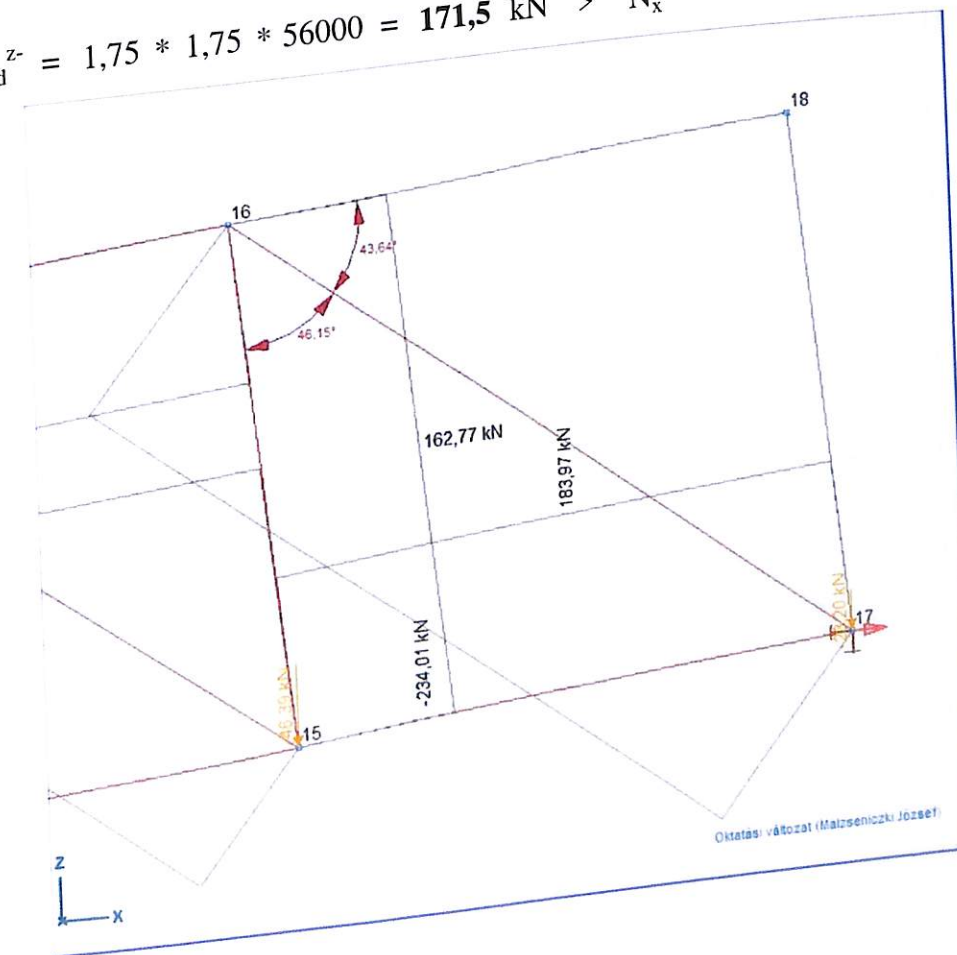
$$l = 250 \text{ mm} \quad \Delta_1 = 0 \text{ mm} \quad \Delta_2 = 30 \text{ mm} \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l + \Delta_1 + \Delta_2 = 250 + 0 + 30 = 280 \text{ mm}$$

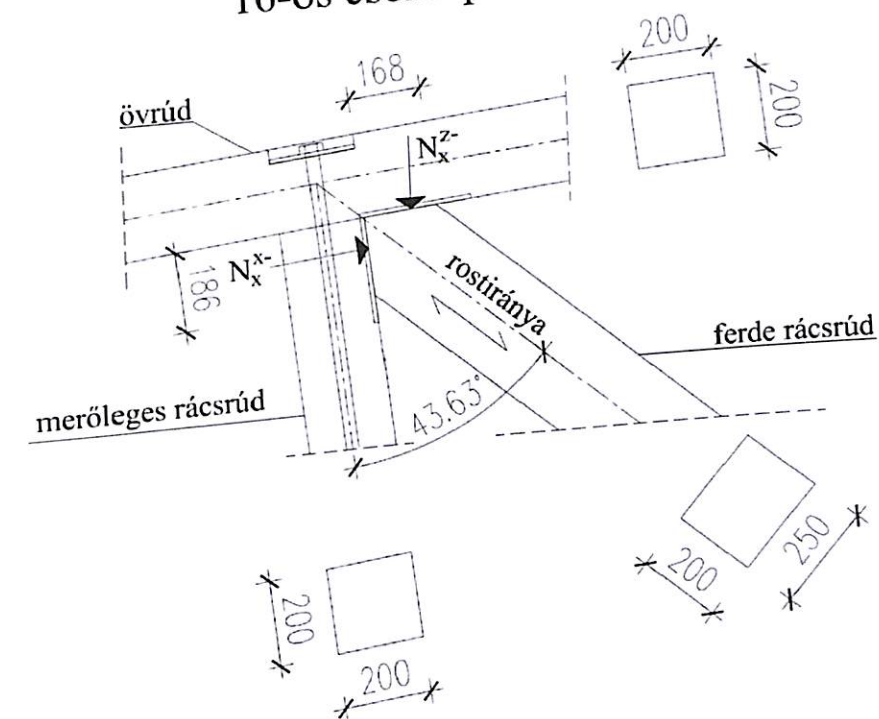
$$A_{ef} = b \cdot l_{ef} = 200 \cdot 280 = 56000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \leq \frac{N_{x,Rd}^{x-}}{A_{ef}} \quad N_{x,Rd}^{x-} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot A_{ef}$$

$$N_{x,Rd}^{z-} = 1,75 \cdot 1,75 \cdot 56000 = 171,5 \text{ kN} > N_x^+ \quad \text{MEGFELEL}$$



Rostiránnyal α szöget bezáró nyomás
16-os csomópont



Merőleges rácsrúd - ferde rácsrúd kapcsolata

$$\alpha = 133,63^\circ \quad k_{c,90} = 1,75 \quad b = 200 - 14 = 186 \text{ mm} \quad h_{ef} = 186 \text{ mm}$$

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} * f_{c,90,d}} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{14,88}{1,75 * 1,75} * \sin^2 133,6 + \cos^2 133,6} = 0,33$$

$$f_{c,\alpha,d} = k_\alpha * f_{c,0,d} = 0,33 * 14,88 = 4,92 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ef} = b * h_{ef} = 186 * 186 = 34596 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_x}{A_{ef}} = \frac{169378,94}{34596} = 4,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} < f_{c,\alpha,d} \quad \text{MEGFELEL}$$

Övrúd - ferde rácsrúd kapcsolata

$$\alpha = 136,37^\circ \quad k_{c,90} = 1,75 \quad b = 186 \text{ mm} \quad h_{ef} = 168 \text{ mm}$$

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{14,88}{1,75 \cdot 1,75} \cdot \sin^2 136,4 + \cos^2 136,4} = 0,35$$

$$f_{c,\alpha,d} = k_\alpha \cdot f_{c,0,d} = 0,35 \cdot 14,88 = 5,24 \text{ N/mm}^2$$

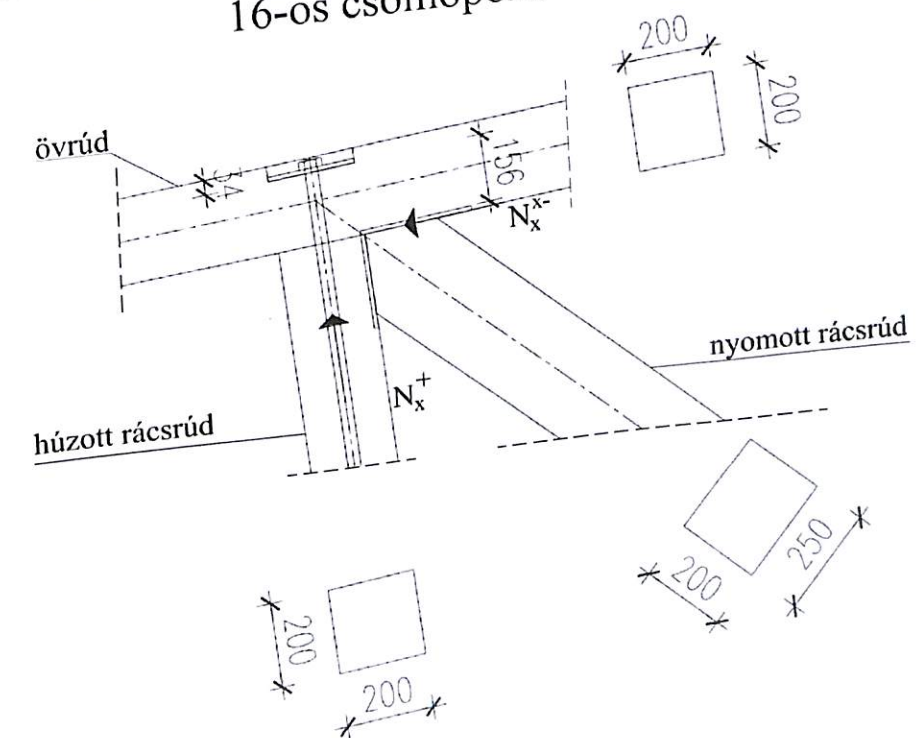
$$A_{ef} = b \cdot h_{ef} = 186 \cdot 168 = 31248 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_x^z}{A_{ef}} = \frac{161466,58}{31248} = 5,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} < f_{c,\alpha,d} \quad \text{MEGFELEL}$$

Feszített-nyírt rúd

16-os csomópont



$$V = N_x^+ = 169,38 \text{ kN} \quad N_x^+ = 162,77 \text{ kN}$$

$$\text{M30 8.8} \quad f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 30 \text{ mm} \quad A = 707 \text{ mm}^2 \quad A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_x}{A_s} = \frac{162770}{561} = 290,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{V}{A_s} = \frac{169379}{561} = 301,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_M = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = \sqrt{290,14^2 + 3 \cdot 301,92^2}$$

$$\sigma_M = 598,04 \text{ N/mm}^2 < f_{yb} \quad \text{MEGFELEL}$$

Sarú méretezése

Hossz irányú hőtágulás

Hőtágulási együttható: $\alpha = 0,0000614 \text{ K}^{-1}$ (Bükk fa, rostirányra merőleges)

Tartó ívhossza $L = 12,77 \text{ m} \approx 13,00 \text{ m}$

Hőmérséklet változás $= \pm 35 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 70 \text{ K}$

$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T = 0,0000614 \cdot 13000 \cdot 70 = 55,9 \text{ mm}$

Sarú nyírás ellenállása

Támasz erő: $F_A = 151,27 \text{ kN}$

Kétszernyírt kapcsolat $n = 2 \quad \gamma_{M2} = 1,25$

Szerkezeti acélból készült kapcsolat, acélminőség S235 $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

Csapszeg átmérője (nyírásra)

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_u \cdot A}{\gamma_{M2}} \Rightarrow A = \frac{F_{v,Rd} \cdot \gamma_{M2}}{n \cdot 0,6 \cdot f_u}$$

$$A = \frac{151270 \cdot 1,25}{2 \cdot 0,6 \cdot 360} = 438 \text{ mm}^2 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot 438}{3,1416}} = 23,6 \text{ mm} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ A csapszeg átmérője 30 mm

Acéllemez vastagsága (palástnyomás)

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \Rightarrow t = \frac{F_{b,Rd} \cdot \gamma_{M2}}{f_u \cdot d}$$

$$t = \frac{151270 \cdot 1,25}{360 \cdot 30} = 17,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{Az acéllemez vastagsága 20 mm}$$



Szélrács méretezése

$$N_{Ed} = 5,65 \text{ kN}$$

$$L 40.40.4 \quad S235 \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 308 \text{ mm}^2 \quad v = 4 \text{ mm} \quad \text{lemez vastagsága} = 10 \text{ mm}$$

$$M12 \quad 8.8 \quad f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 12 \text{ mm} \quad d_0 = 13 \text{ mm} \quad A = 113 \text{ mm}^2 \quad A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \gamma_{M0} = 1,00 \quad \beta_2 = 0,40$$

Szögacél teherbírása húzásra

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{113 \cdot 235}{1,00} = 26,578 \text{ kN}$$

$$A_{net} = A - (d_0 \cdot v) = 308 - (13 \cdot 4) = 256,0 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \beta_2 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,40 \cdot \frac{256 \cdot 360}{1,25} = 29,491 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \min \{ N_{pl,Rd}; N_{u,Rd} \} = \min \{ 26,578; 29,491 \} = 26,578 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} > N_{Ed} \quad \text{MEGFELEL}$$

Csavar teherbírása

Egy csavar teherbírása nyírásra

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 113}{1,25} = 86,859 \text{ kN}$$

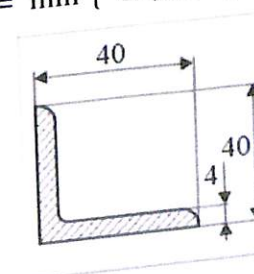
Egy csavar teherbírása palástnyomásra

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{50}{39}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = 1,000$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot \frac{1,000 \cdot 800 \cdot 12 \cdot 8}{1,25} = 153,6 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min \{ F_{v,Rd}; F_{b,Rd} \} = \min \{ 86,859; 153,6 \} = 86,859 \text{ kN}$$



Dilatáció

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

$$q_{Pl} = 3,525 \text{ kN/m} \quad y_{Rd} = 1 / 400 = 100 / 400 = 0,25 \text{ mm}$$

$$y_{max} = \frac{5 * q_{Pl} * l^4}{384 * E * I} \Rightarrow I = \frac{y_{Rd} * 384 * E}{5 * q_{Pl} * l^4} = \frac{0,25 * 384 * 210000}{5 * 3,525 * 100^4}$$

$$I = 114,4 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \Rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{I * 12}{b}} = \sqrt[3]{\frac{114,4 * 12}{1000}} = 1,11 \text{ mm}$$

=> Az acéllemez vastagsága 8 mm

Acél-fa kapcsolata a rúdelemek rögzítésénél

$$M8 \quad 8.8 \quad f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 8 \text{ mm} \quad d_0 = 9 \text{ mm} \quad A = 50,3 \text{ mm}^2 \quad A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \gamma_{M0} = 1,00 \quad \beta_2 = 0,40 \quad \rho_k$$

$$\text{Acél lemez} \quad \text{acél minőség: S235} \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{acél} = 20 \text{ mm} > d = 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{vastag acéllemez} \quad \alpha = 90^\circ$$

$$20/20 \text{ RRFA} \quad \text{anyag minőség: GL36h} \quad \rho_k = 430 \text{ kg/m}^3 \quad t_1 = 100 \text{ mm}$$

Acéllemez - fa egyszer nyírt csavaros kapcsolat

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 * d = 1,30 + 0,015 * 8 = 1,42$$

$$f_{h,k} = [0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k] / (k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$f_{h,k} = [0,082 * (1 - 0,01 * 8) * 430] / (1,42 * \sin^2 90 + \cos^2 90) =$$

$$f_{h,k} = 22,84 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{ub} * d^{2,6} = 0,3 * 800 * 8^{2,6} = 53,487 \text{ kNmm}$$

$$F_{v,Rk}^I = f_{h,k} * t * d = 22,84 * 100 * 8 = 18,28 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk}^2 = f_{h,k} * t * d * \left[\sqrt{\left(2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d * t^2} \right)} - 1 \right]$$

$$F_{v,Rk}^2 = 18,28 * \left[\sqrt{\left(2 + \frac{4 * 53,487}{22,84 * 8 * 100^2} \right)} - 1 \right]$$

$$F_{v,Rk}^2 = 8,316 \text{ kN}$$

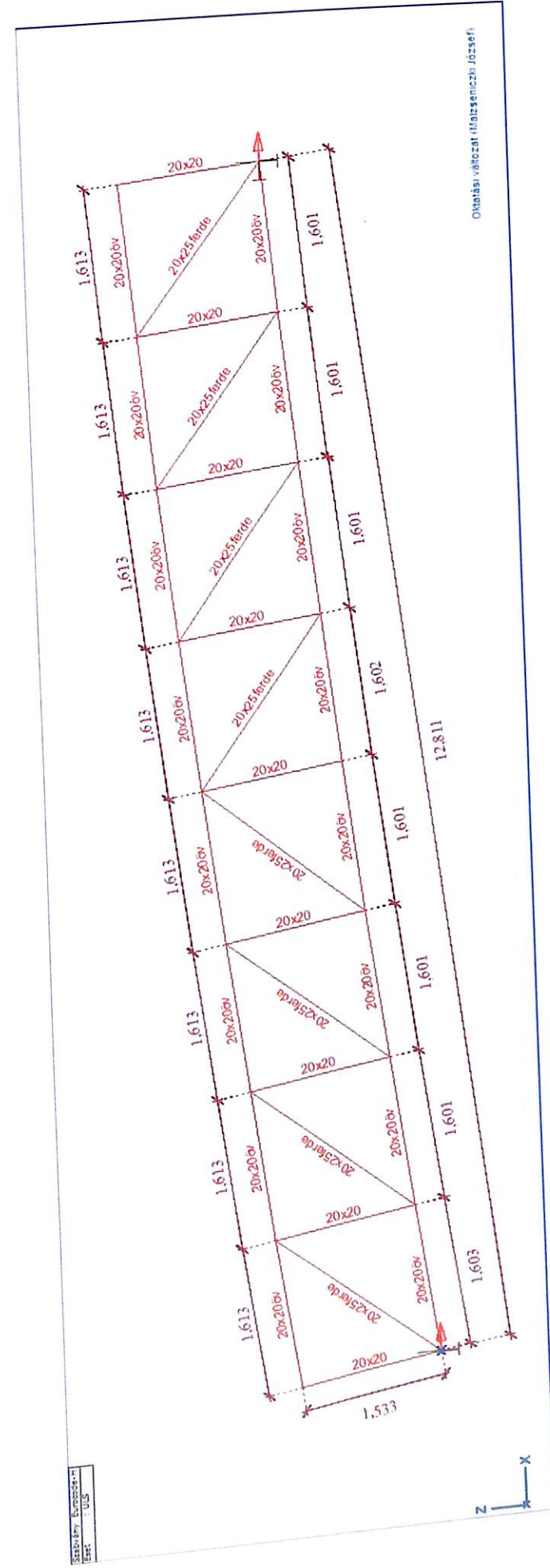
$$F_{v,Rk}^3 = 2,3 \cdot \sqrt{M_{v,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} = 2,3 \cdot \sqrt{53487 \cdot 22,84 \cdot 8} = 7,19 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \min (F_{v,Rk}^1 ; F_{v,Rk}^2 ; F_{v,Rk}^3) \cdot k_{mod} / \gamma_m$$

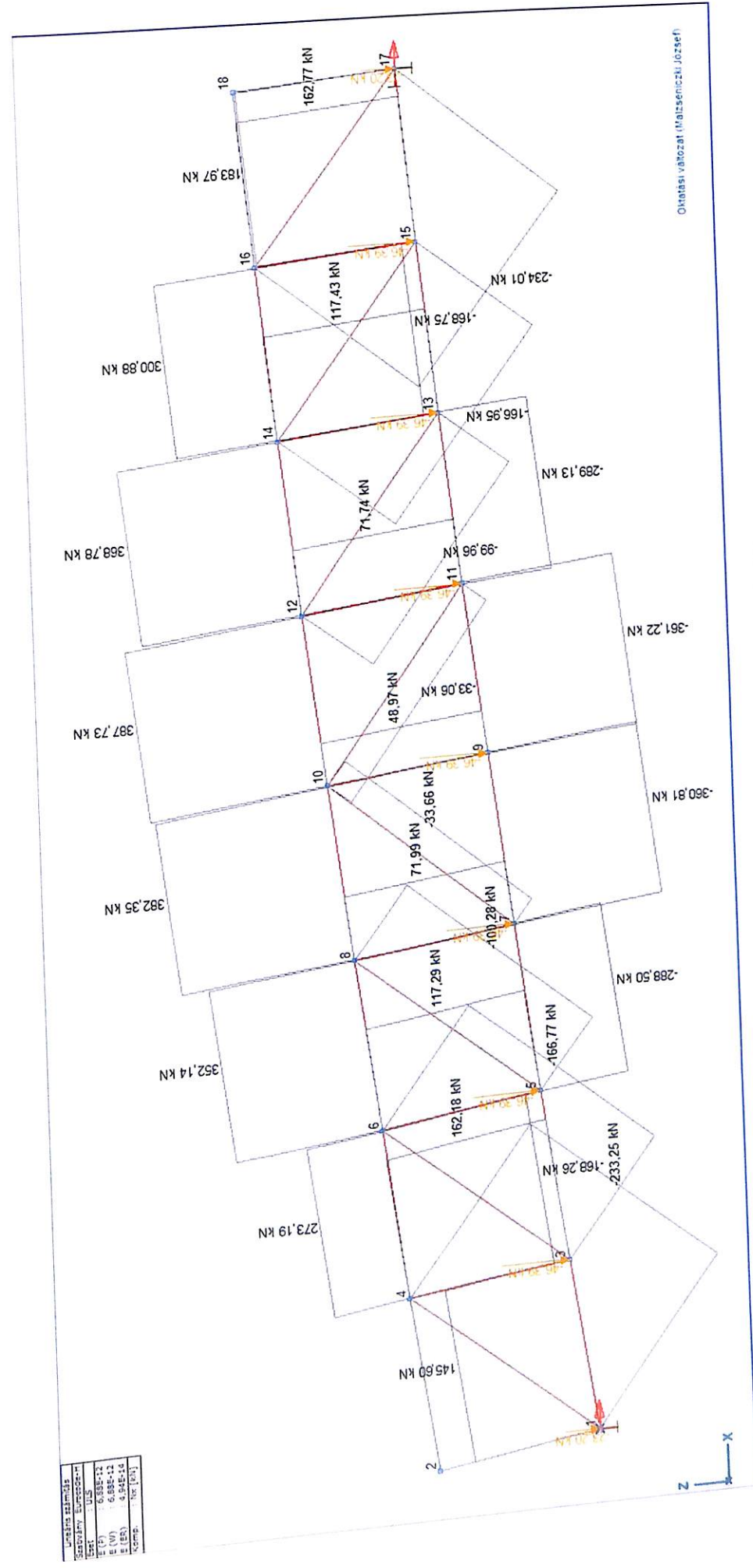
$$F_{v,Rd} = \min (18,28 ; 8,316 ; 7,19) \cdot 0,6 / 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 3,45 \text{ kN}$$

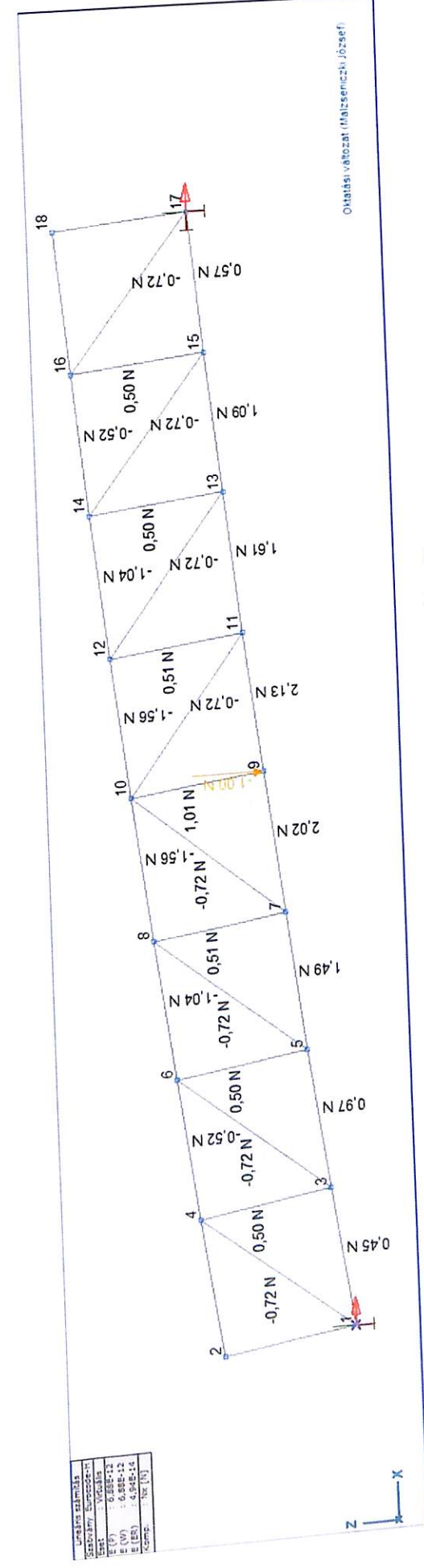
$$Q_{s2} / F_{v,Rd} = 4,52 / 3,45 = 1,3 \Rightarrow \text{6 db M8*120 8.8 Süllyesztett fejű facsavar}$$



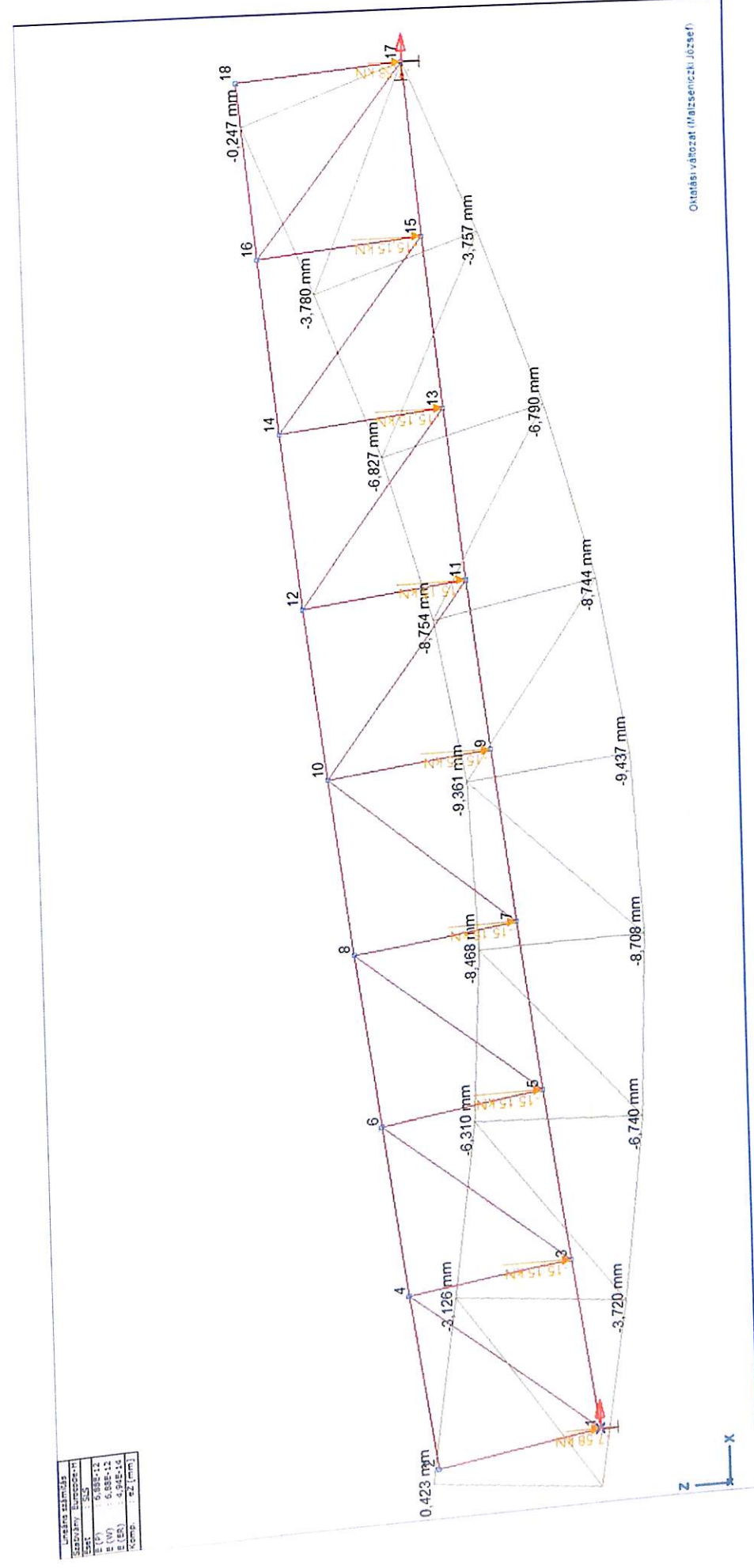
1. kép Hálózati kialakítás



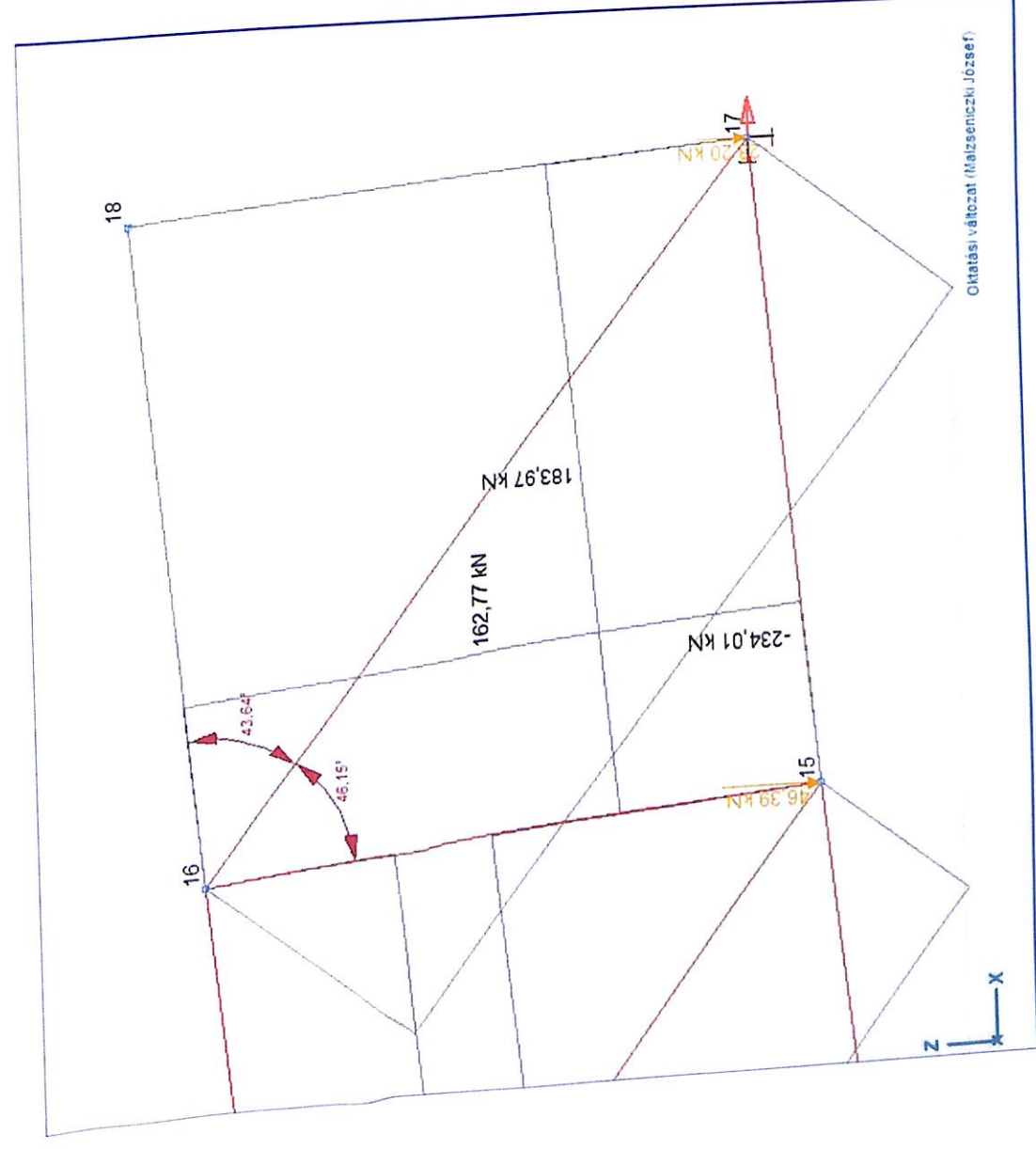
2. kép Teherbírási határállapot rúderői



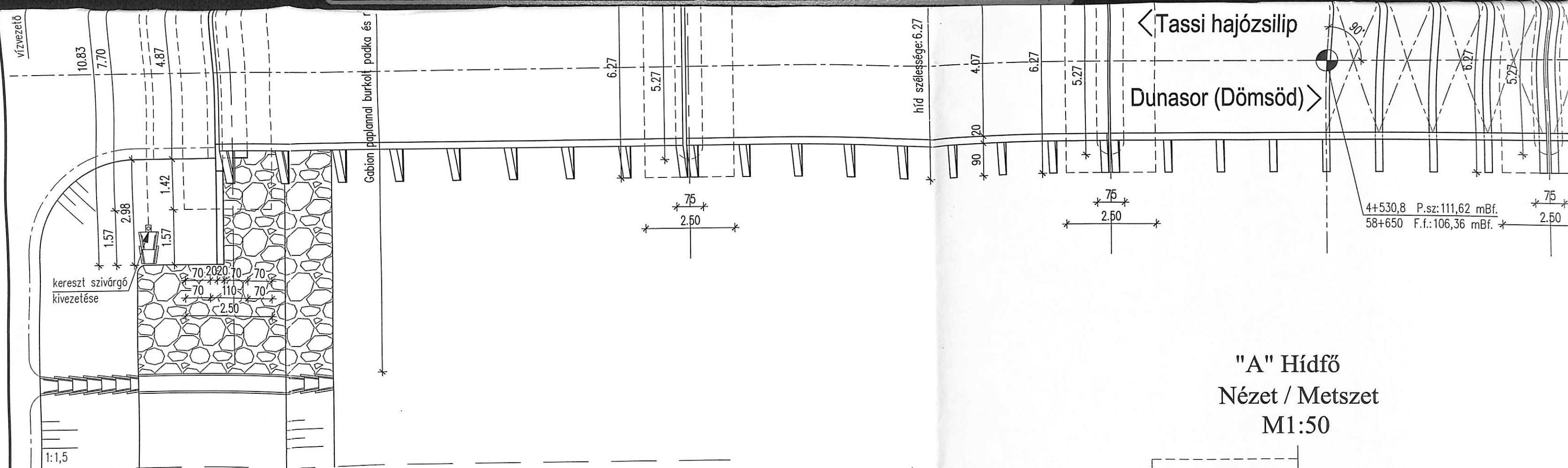
4. kép Virtuális erőből származó rúderők



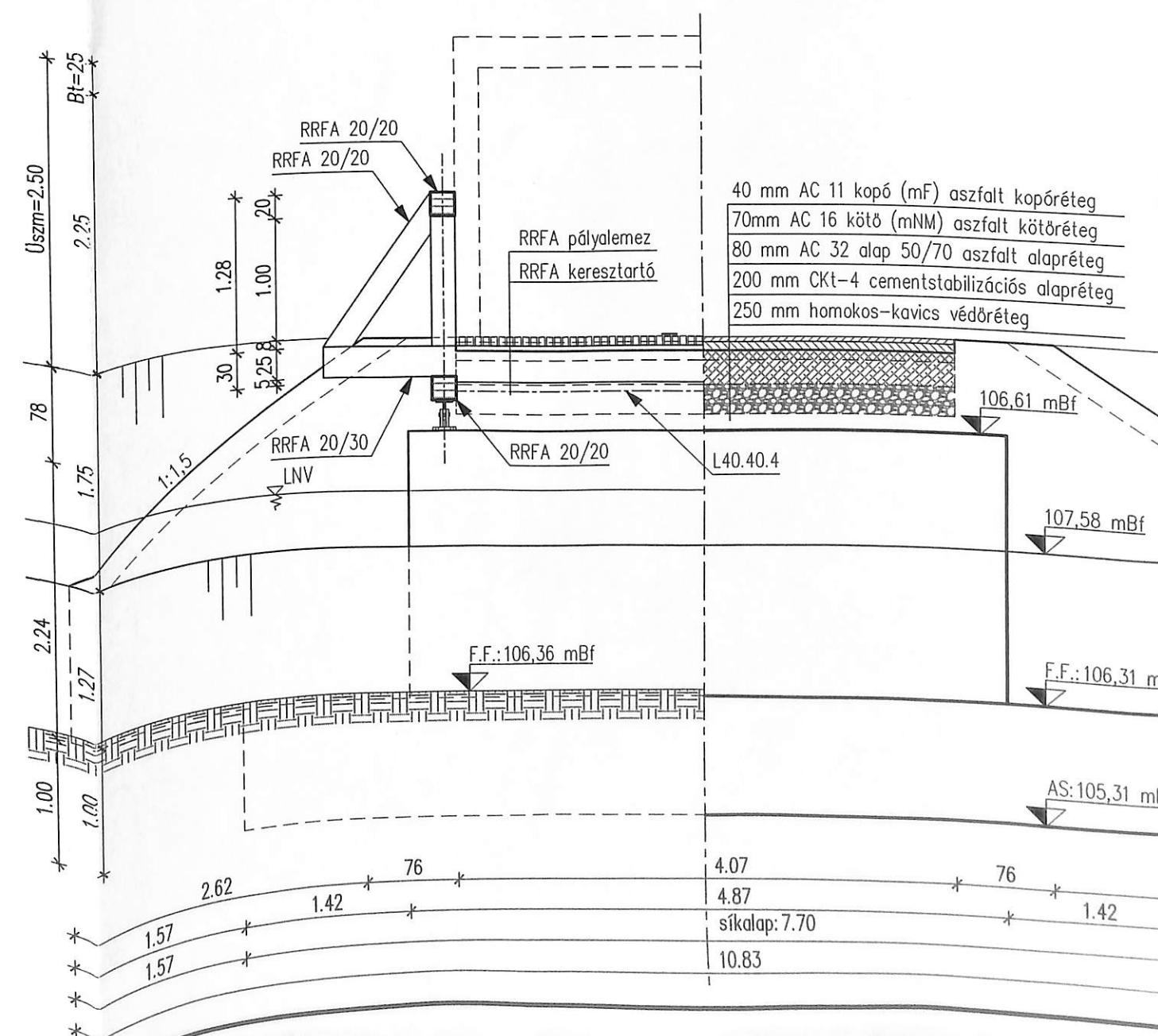
5. kép Használhatósági állapot lehatárolása

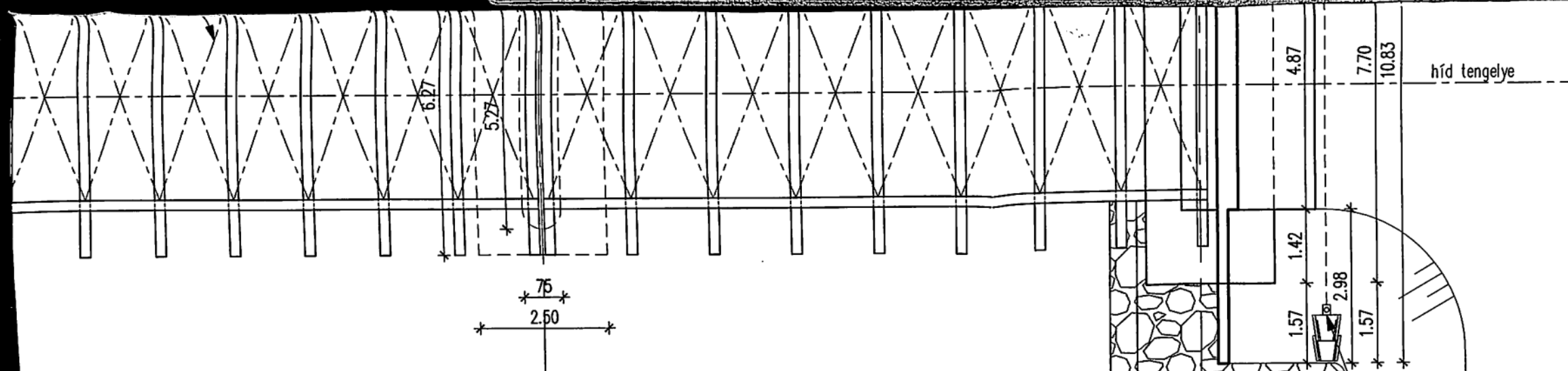


6. kép 16-os csomópont rúderői

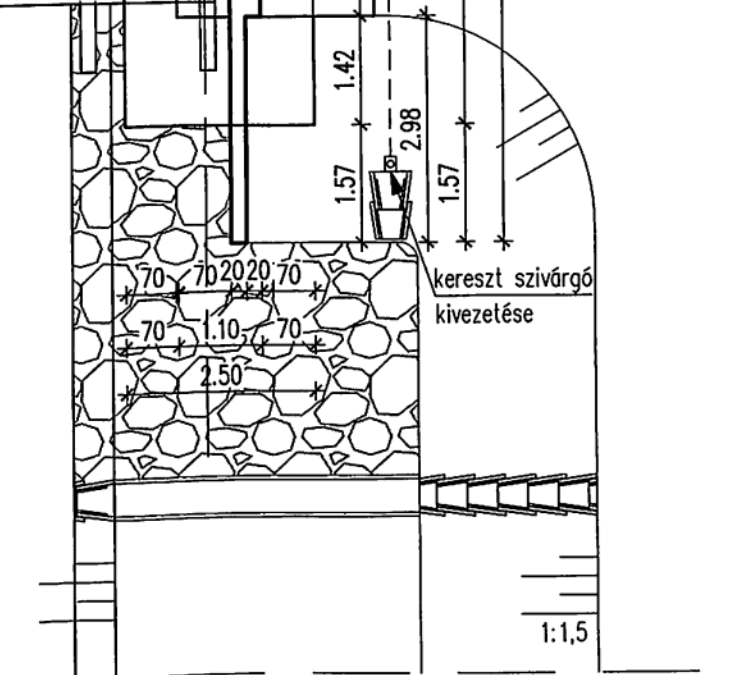
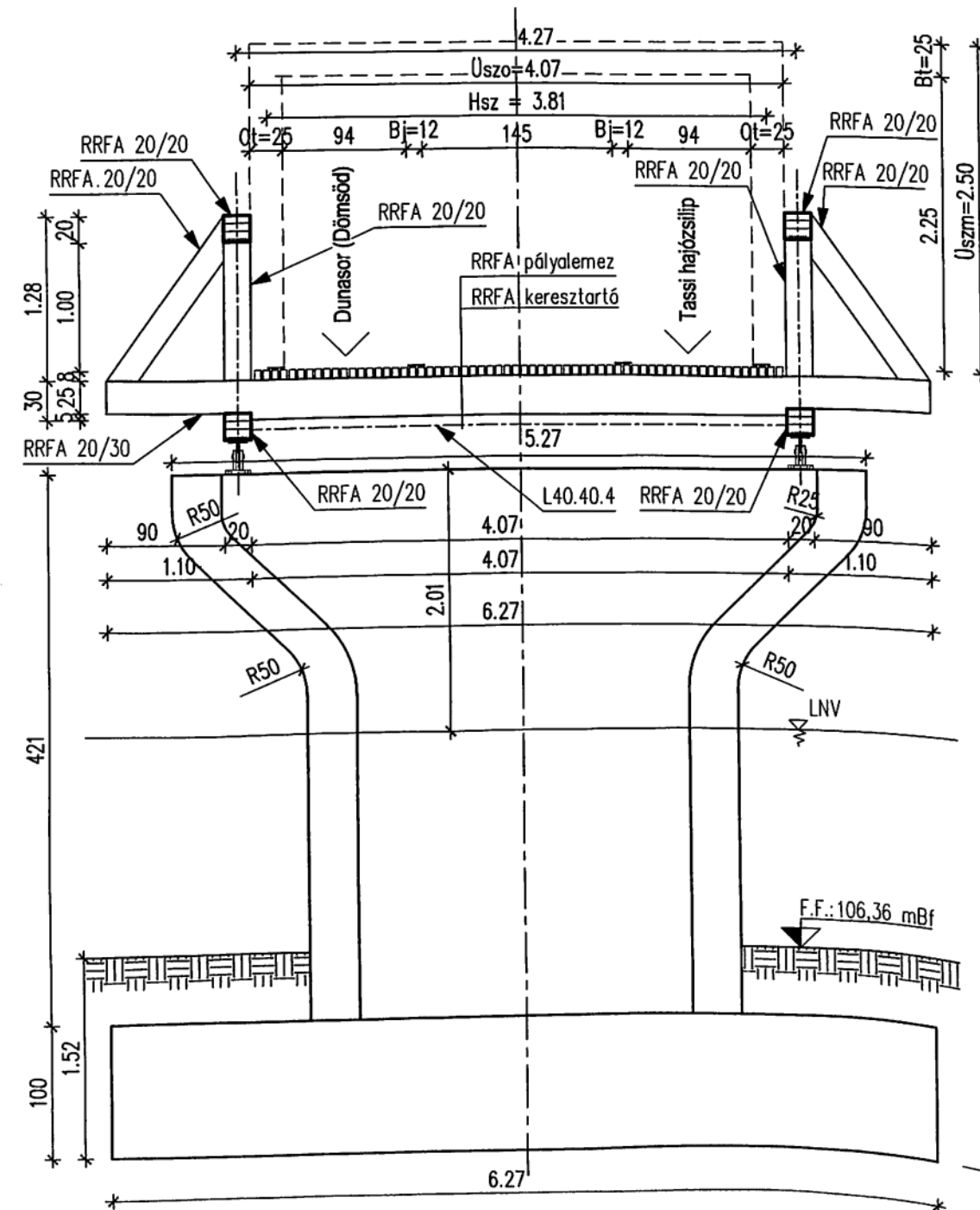


"A" Hídő
Nézet / Metszet
M1:50

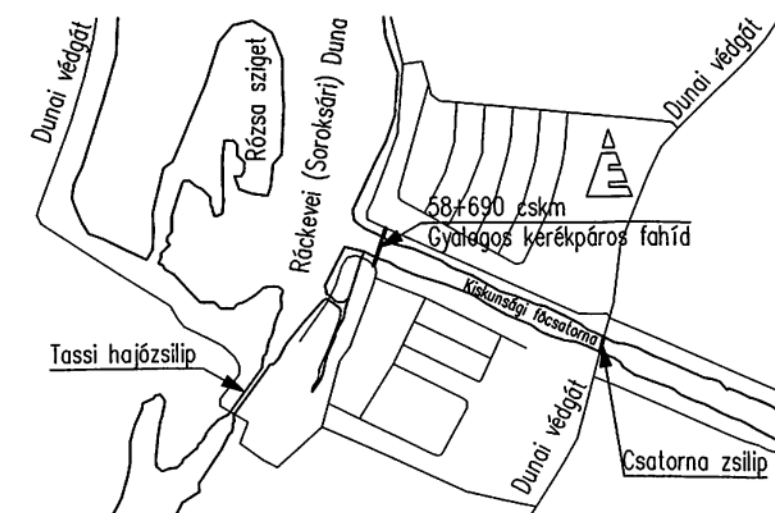




Keresztmetszet
M1:50



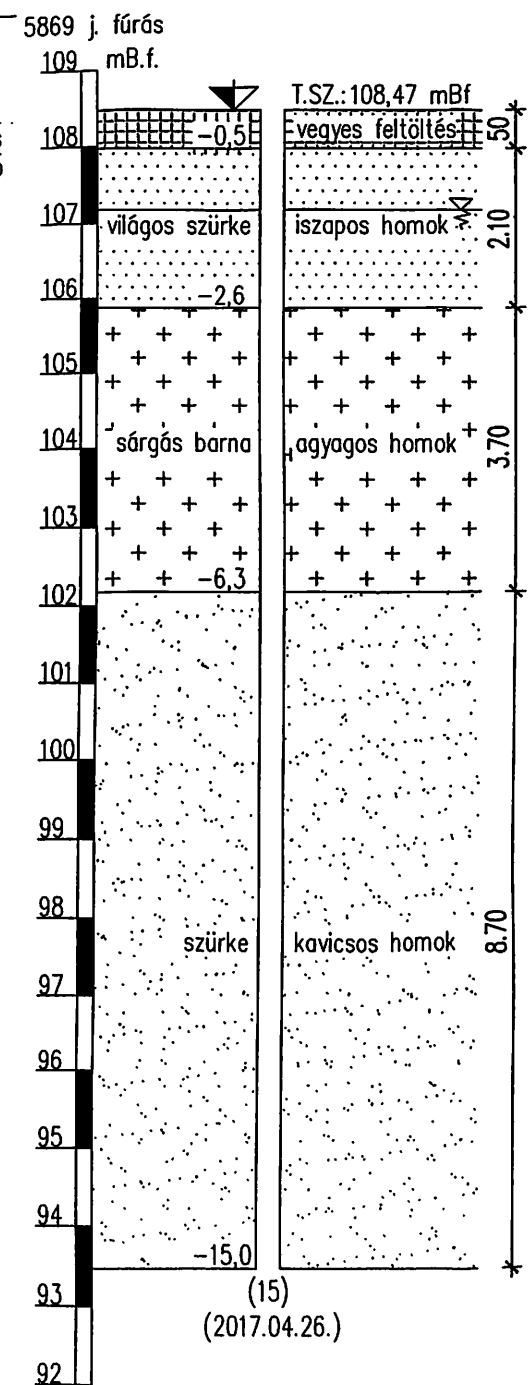
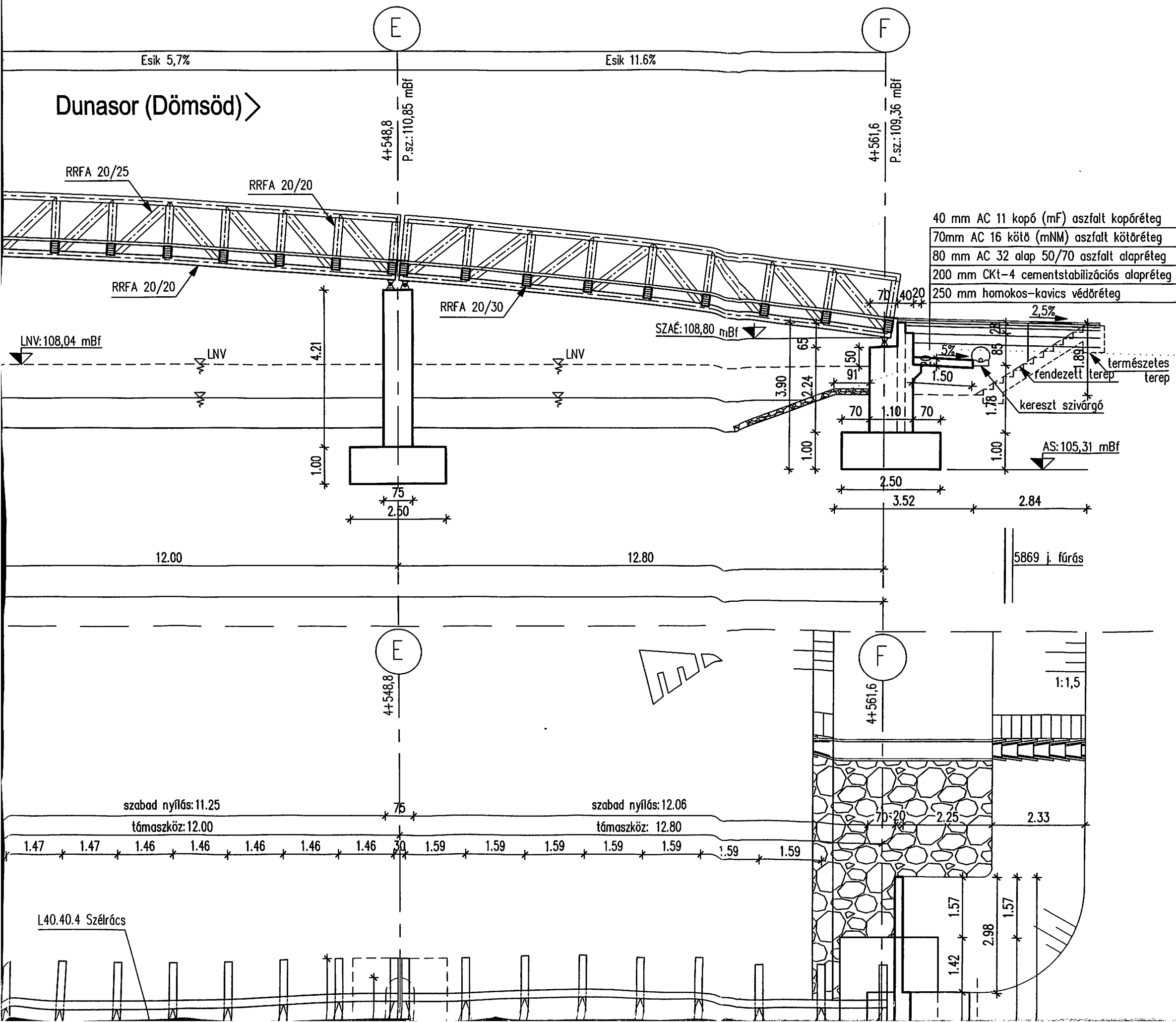
Átnézeti helyszínrajz
M1:10000



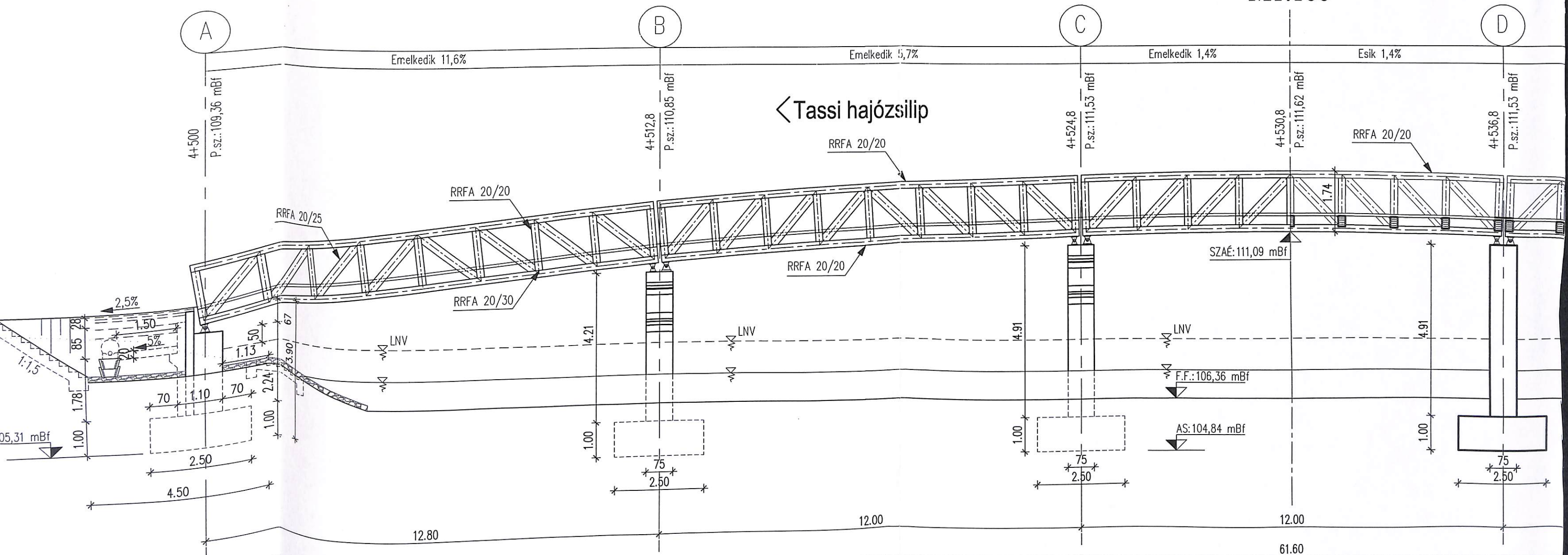
Terv: YBL Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Tárgy:	Diplomamunka	Rajz száma:	DM-01
Projekt:	Gyalogos-Kerékpáros Fahíd Kiskunsági Főcsatorna 58+690	Dátum:	2017.11.22.
Általános Terv		Méretarány:	M = 1:100 M = 1:50
Készítette:	Malzseniczki József	Konzulens:	Mihók Barna
		Rajz mérete:	A1

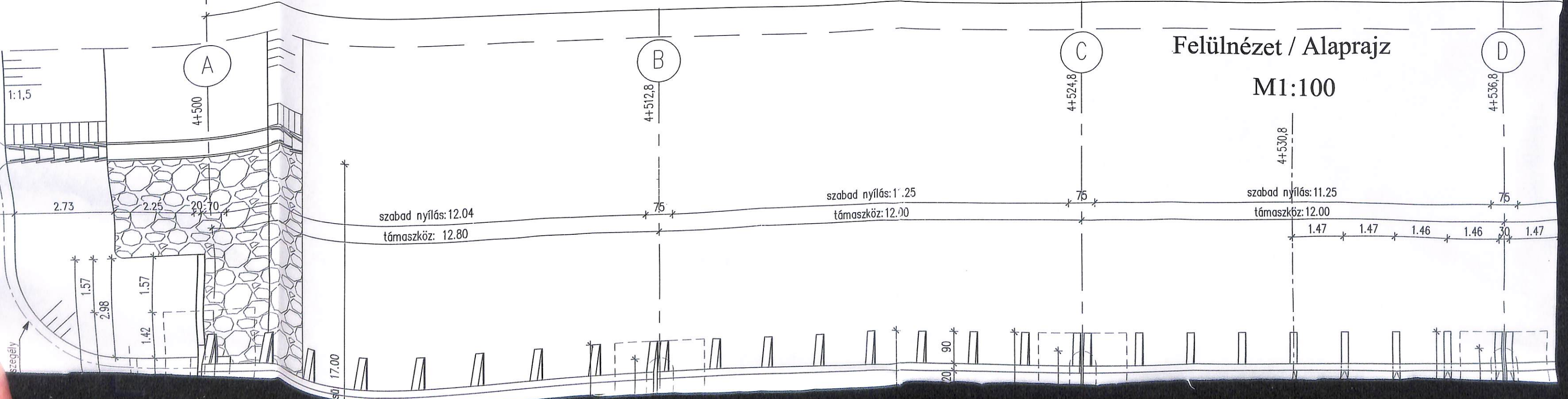
Dunasor (Dömsöd) >



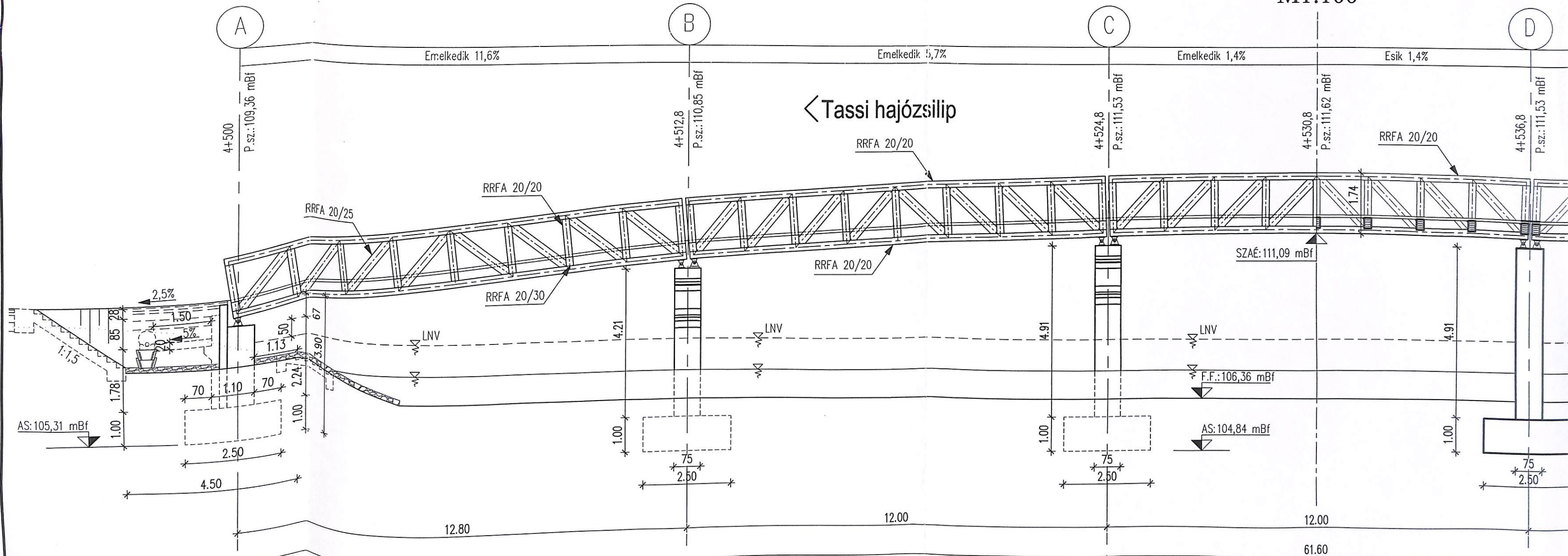
Oldalnézet / Hosszmetszet
M1:100



Felülnézet / Alaprajz
M1:100

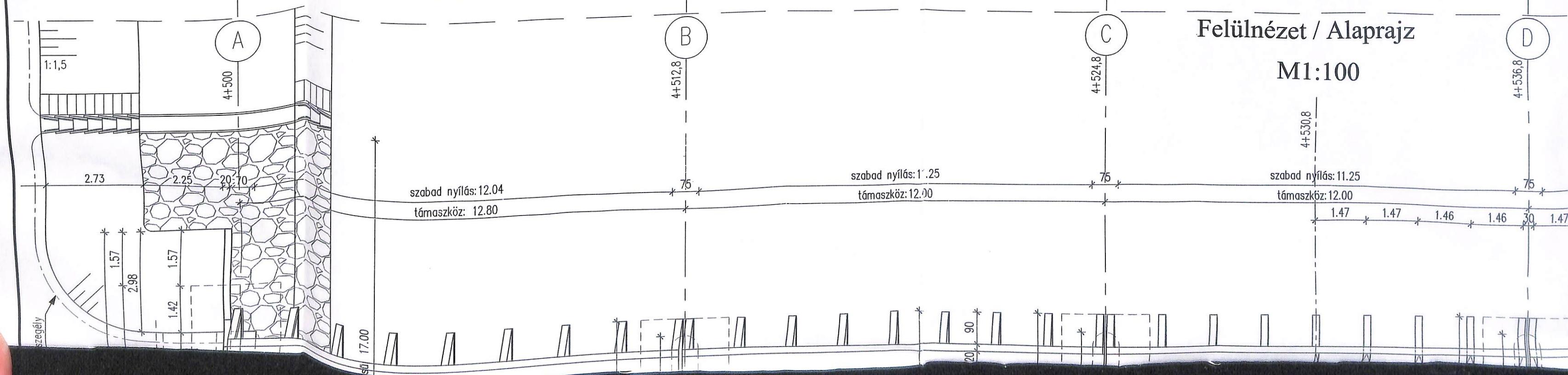


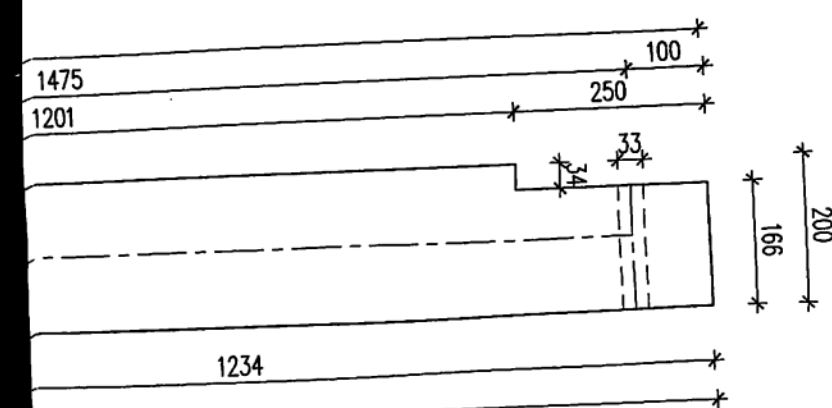
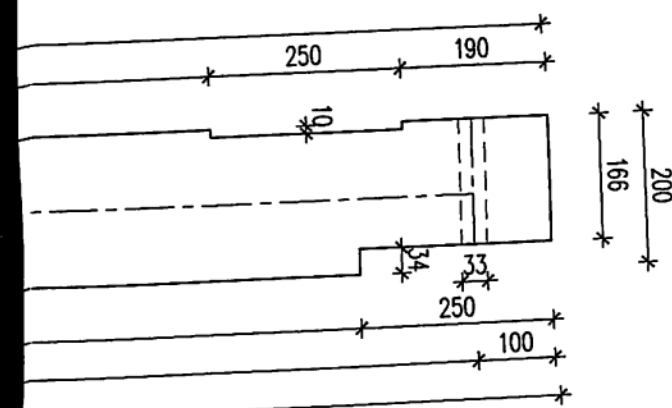
Oldalnézet / Hosszmetszet
M1:100



Felülnézet / Alaprajz

M1:100





Csavar
M30 8.8
M14 8.8
M12 8.8
M8 8.8

RRFA anyag kimutatás (Egy támaszköze)

Jel	Megnevezés	db	Szelvény	Hossz [mm]	Összes hossz [mm]	Tömeg [kg/m]	Tömeg [kg/db]	Össztömeg [kg/jel]
I	Övrúd	2	200x200	11920	23840	20	238,4	476,8
II	Övrúd	2	200x200	12010	24020	20	240,2	480,4
III	Keresztartó	9	200x300	6270	56430	30	188,1	1692,9
IV	Rácsrúd	16	200x250	2120	33920	25	53,0	848,0
V	Rácsrúd	18	200x200	1100	19800	20	22,0	396,0
VI	Szélrács	18	200x200	1570	28260	20	31,4	565,2
VII	Pályalemez	62	50x75	12000	744000	1,9	22,5	1395,0
Σ TÖMEG [kg] :							5854,3	

Készül: 5x

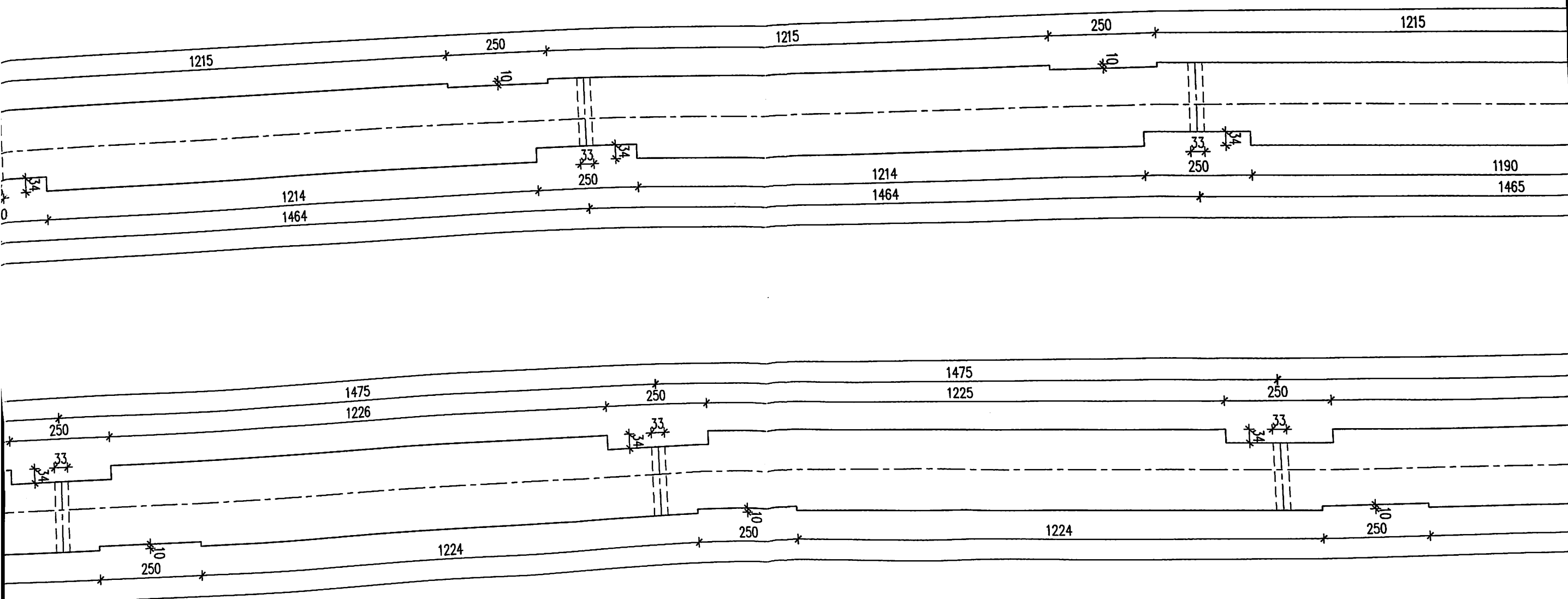
Acél anyag kimutatás (Egy támaszköze)

Jel	Megnevezés	db	Szelvény	Hossz [mm]	Összes hossz [mm]	Tömeg [kg/m]	Tömeg [kg/db]	Össztömeg [kg/jel]
A1	Kötőelem	32	200-10	500	16000	15,7	7,9	251,2
		32	100-10	100	3200	7,85	0,8	25,1
A2	Alátét	36	200-10	250	9000	15,7	3,9	141,3
A3	Kötőelem	18	200-10	260	4680	15,7	4,1	73,5
		18	100-10	100	1800	7,85	0,8	14,1
A4	Kötőelem	18	200-10	370	6660	15,7	5,8	104,6
		18	100-10	100	1800	7,85	0,8	14,1
A5	Sarú	6	200-10	270	1620	15,7	4,2	25,4
		6	150-10	151	906	11,78	1,8	10,7
A6	Sarú	2	200-10	200	400	15,7	3,1	6,3
		2	150-10	221	442	11,78	2,6	5,2
A7	Kötőelem	18	150-10	150	2700	11,78	1,8	31,8
		18	100-10	100	1800	7,85	0,8	14,1
A8	Szélrács	16	L40.40.4	4350	69600	2,42	10,5	168,4
A9	Diafragma	8	φ100-10	100	800	7,85	0,8	6,3
A10	Dilatáció	1	400-8	4000	4000	25,12	100,5	100,5
Σ TÖMEG [kg] :							992,6	

Készül: 5x

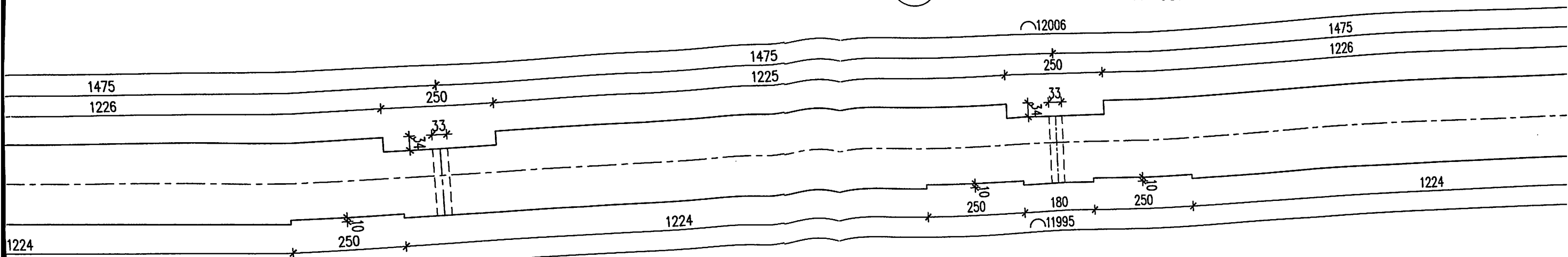
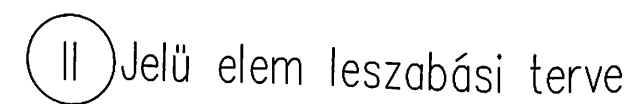
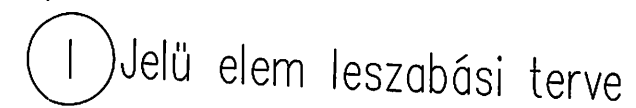
Terv: YBL Miklós Építéstudományi Kar
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

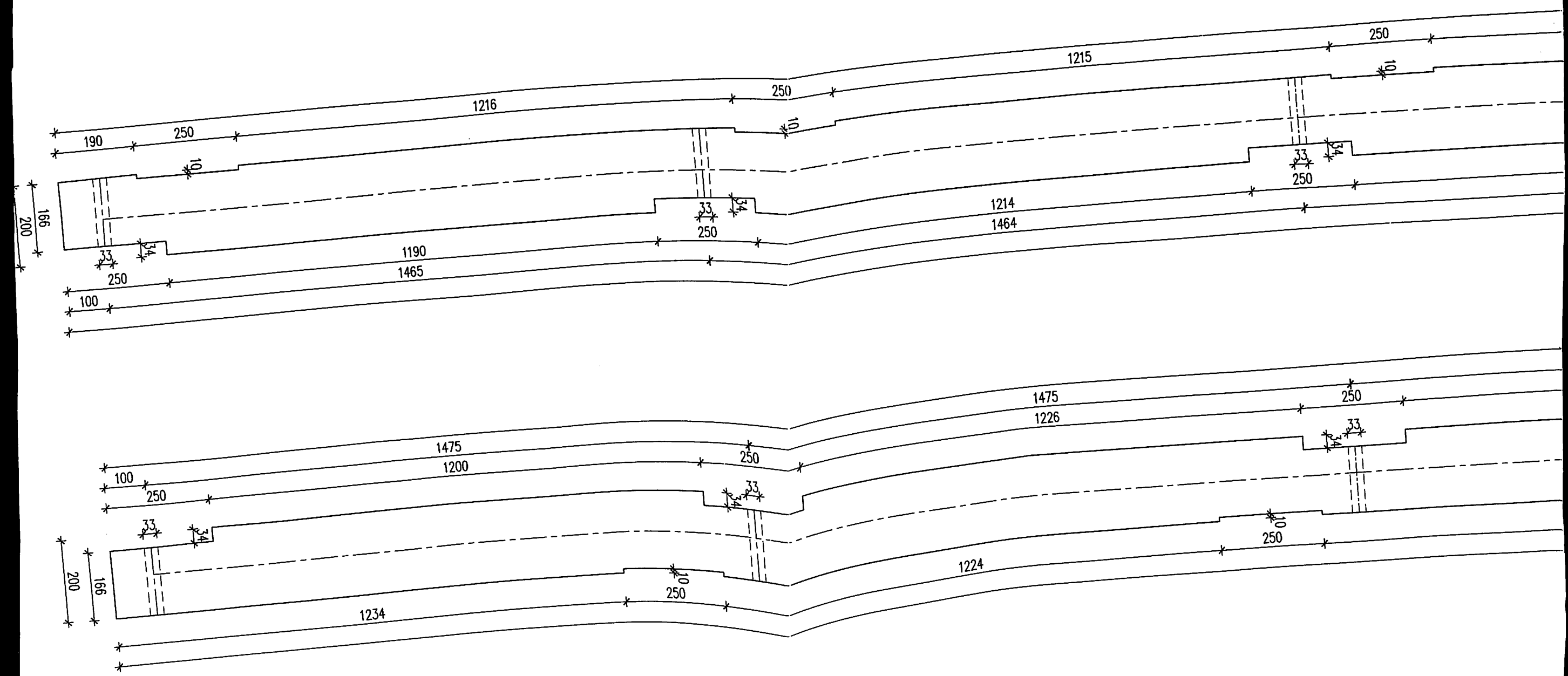
Tárgy:	Diplomamunka	Rajz száma:	DM-02
Projekt:	Gyalogos-Kerékpáros Fahíd Kiskunsági Főcsatorna 58+690	Dátum:	2017.11.22.
Gyártmány Terv		Méretarány:	M = 1:10
Készítette:	Malzseniczki József	Konzulens:	Mihók Barna
		Rajz mérete:	A0

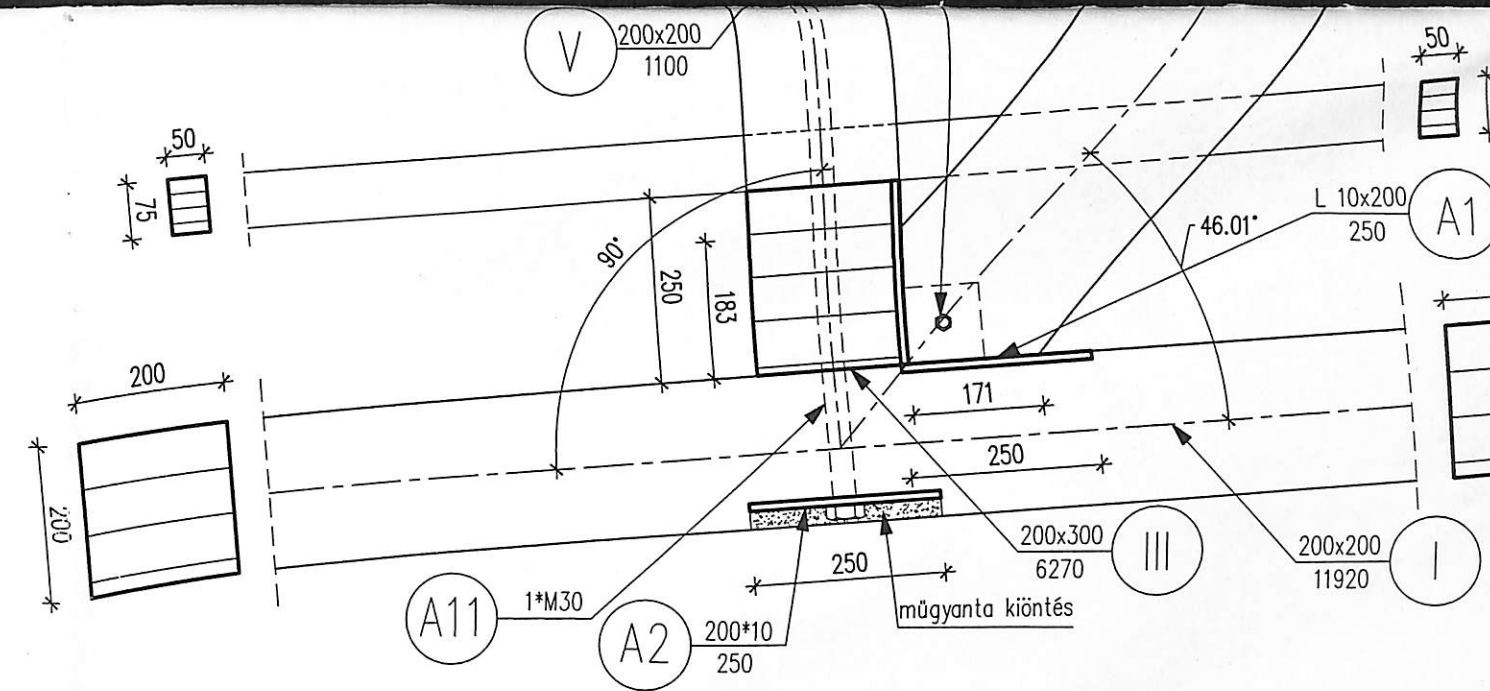


Csavar kimutatás (Egy támaszra)

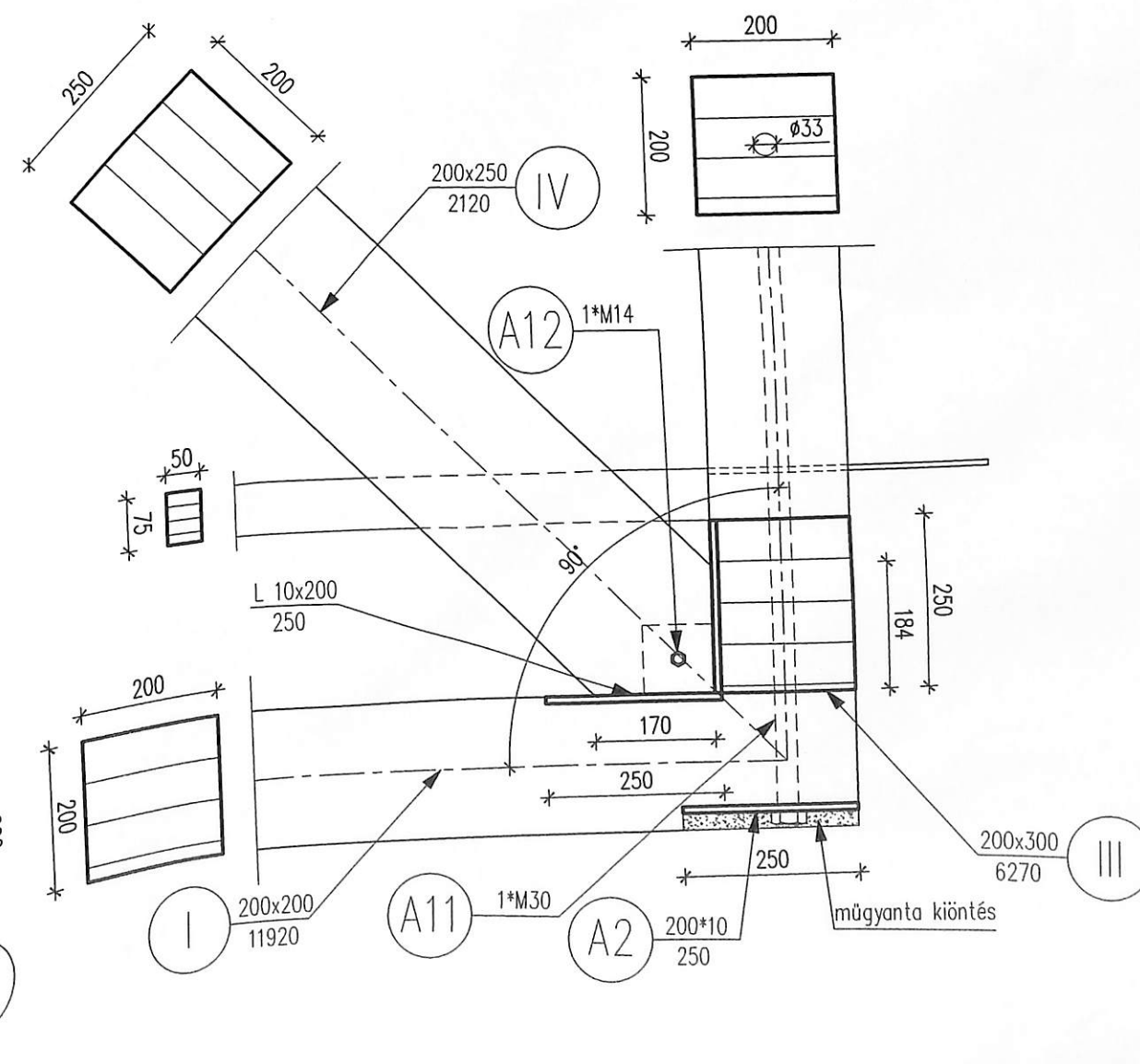
Jel	db	Megnevezés
A11	36	vonórúd - anya - alátét
A12	32	csavar - anya - alátét
A13	26	csavar - anya - alátét
A14	805	süllyesztett fejű facsavar
Készül: 5x		

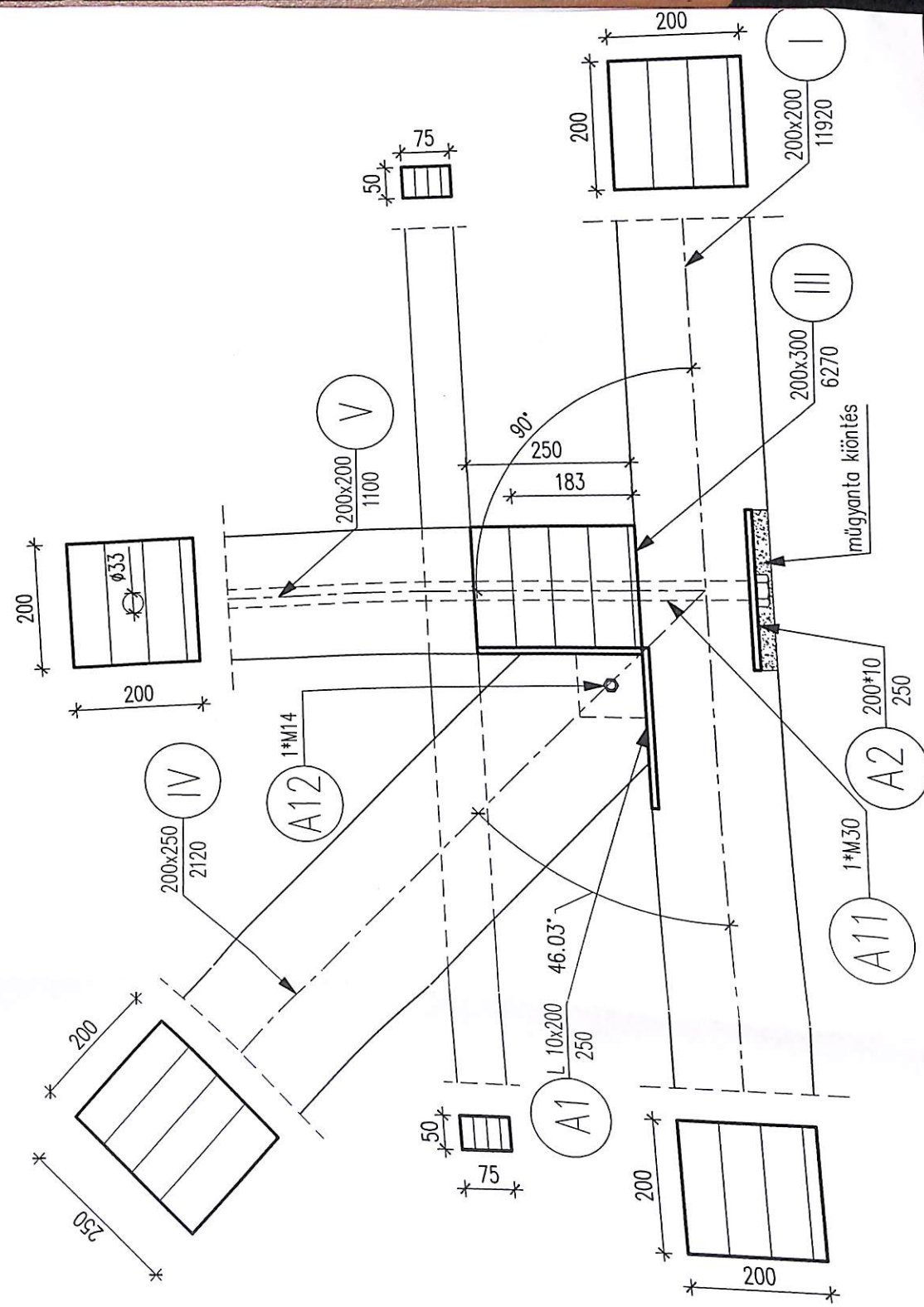


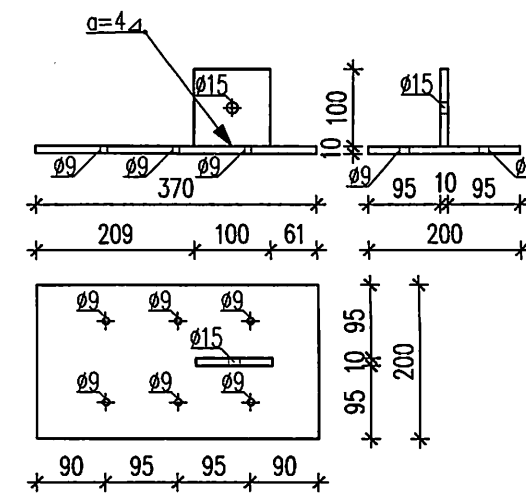




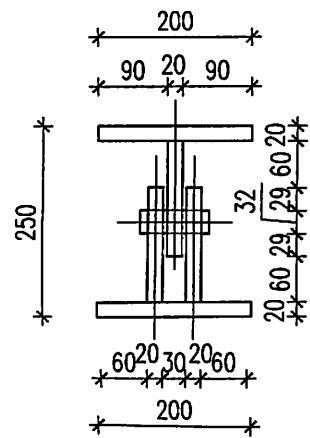
17) Csomópont



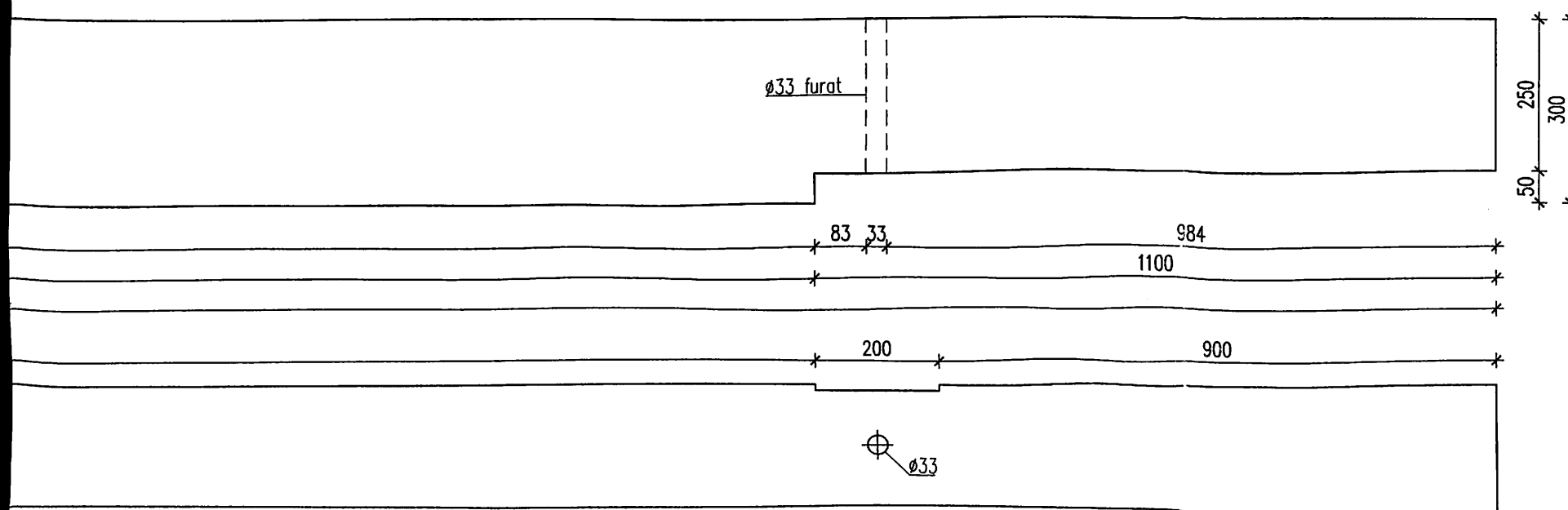
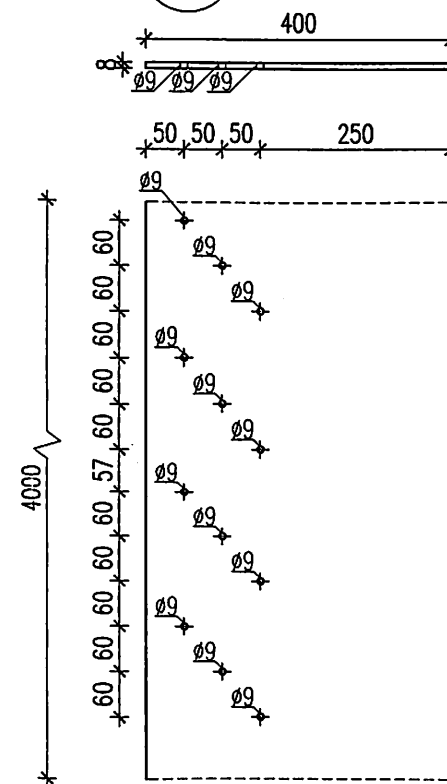
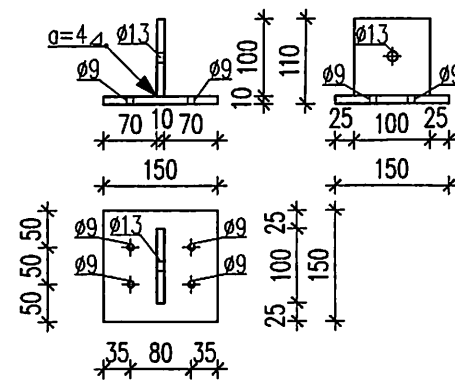


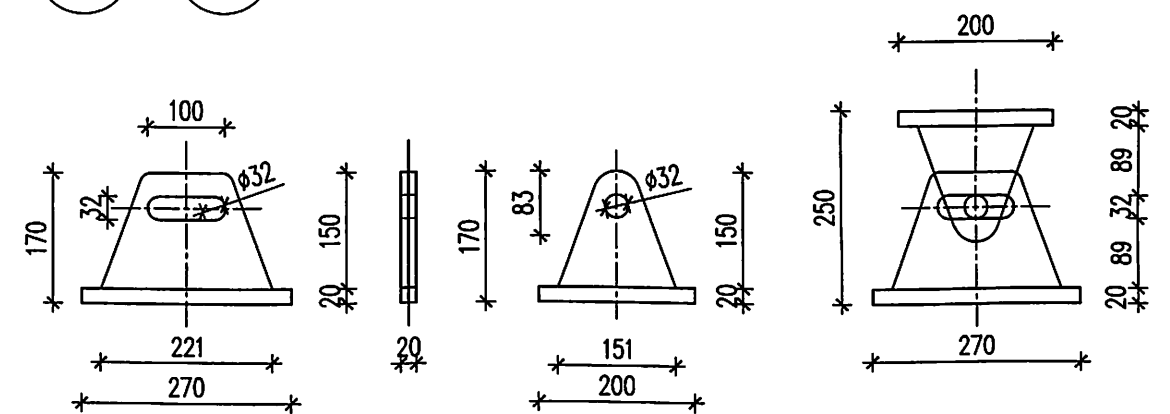
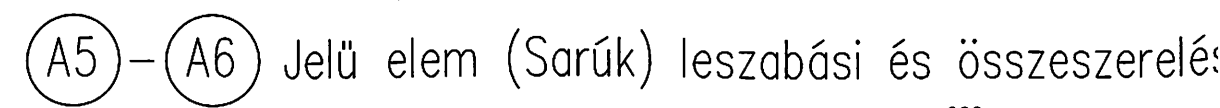
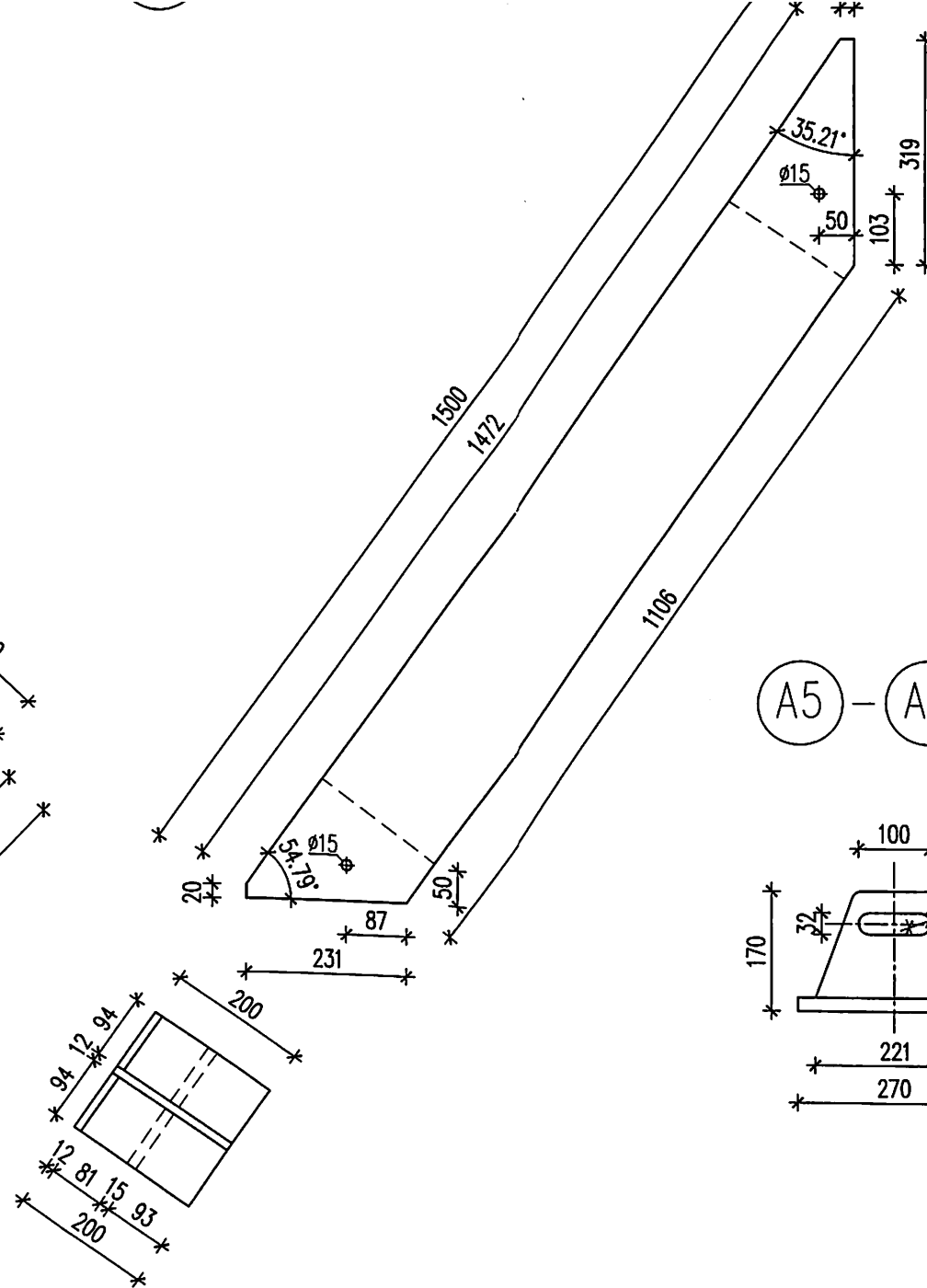


(A10) Jelű elem leszabási terve

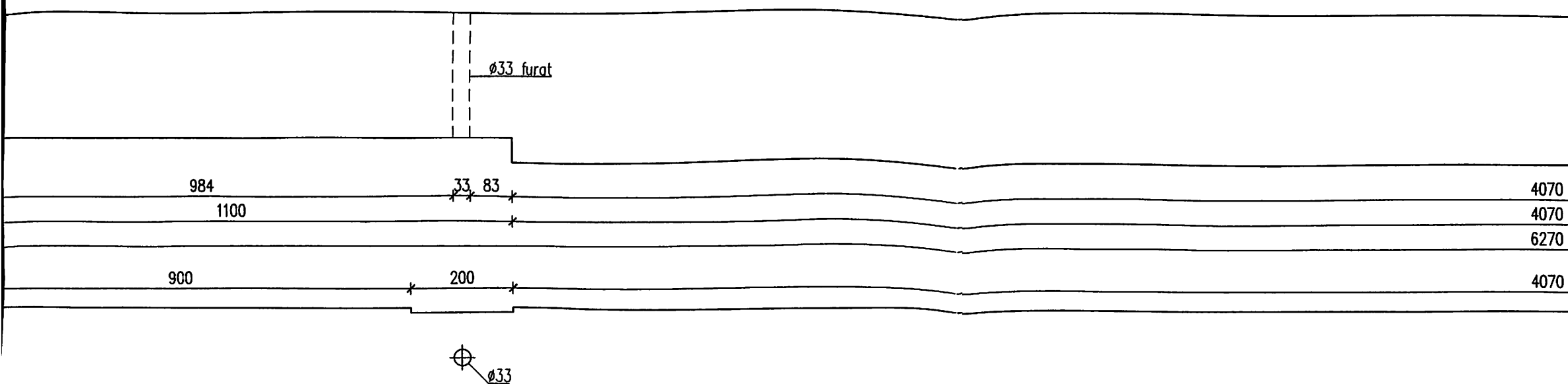


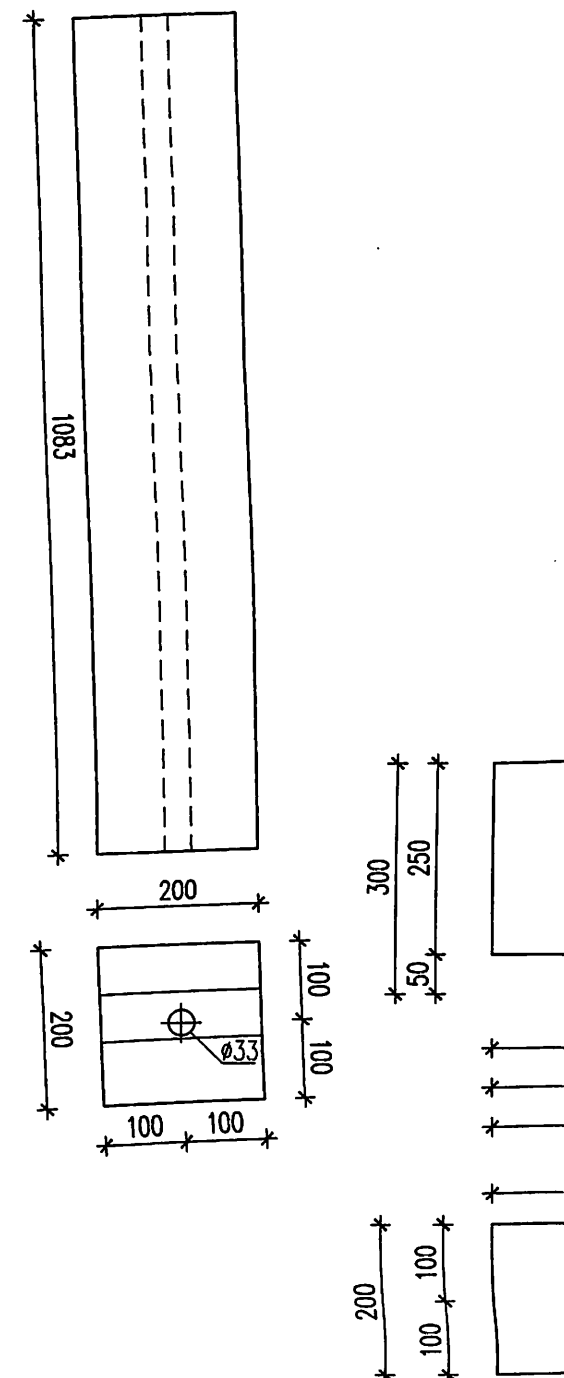
(A7) Jelű elem leszabási terve



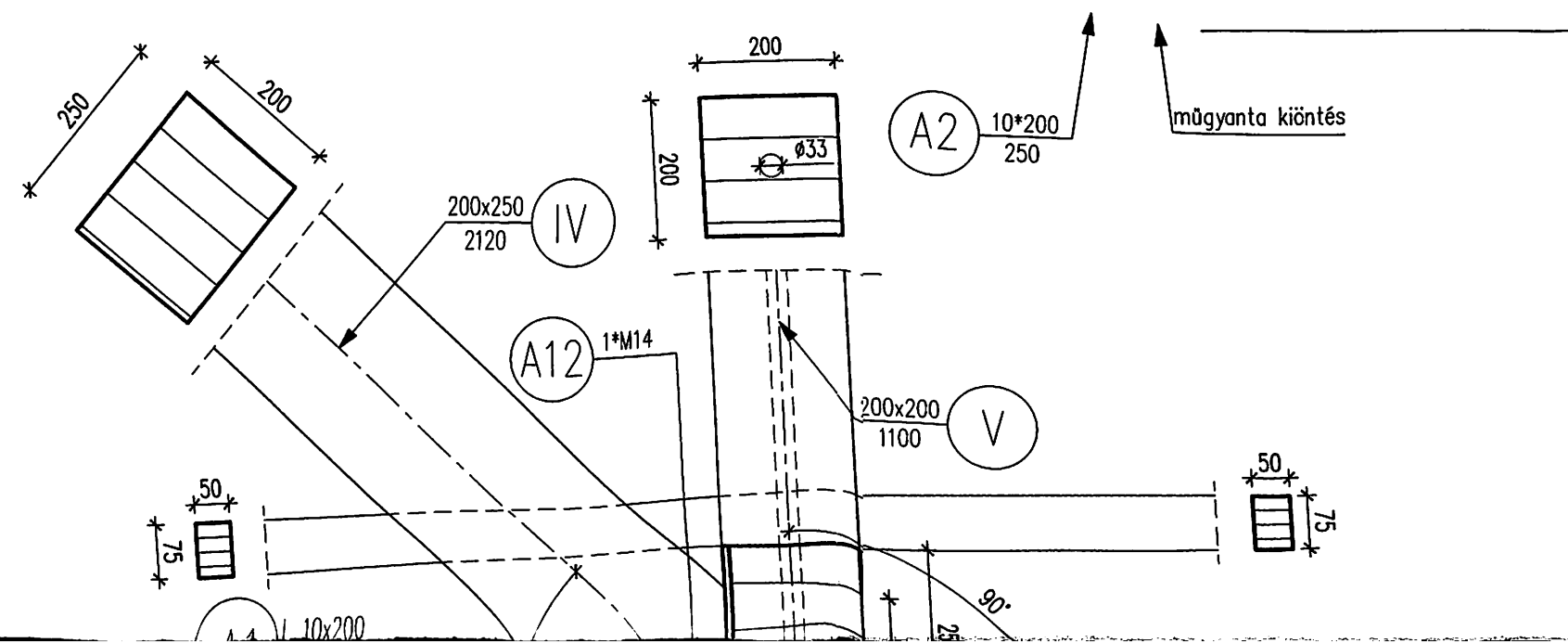


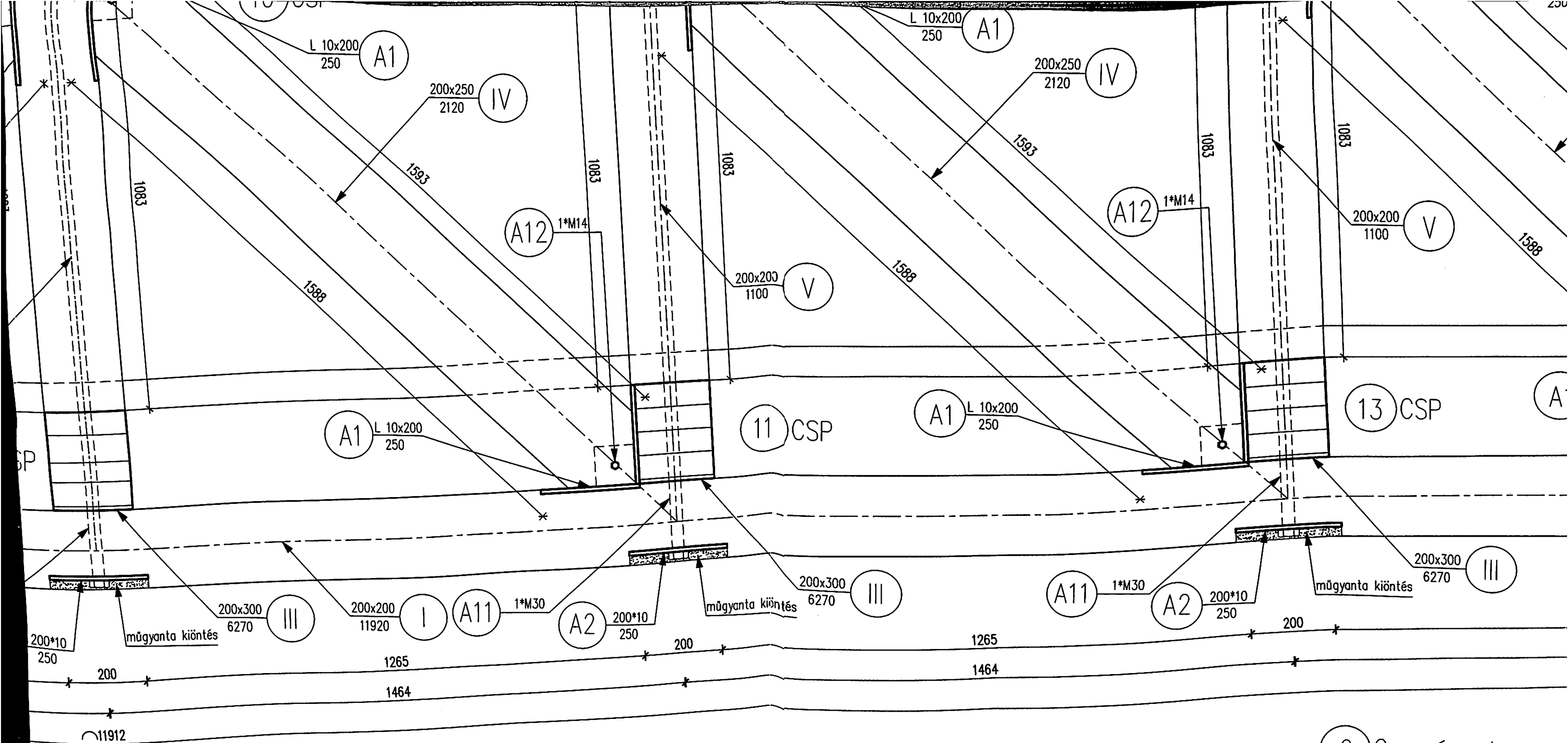
III Jelű elem leszabási te.



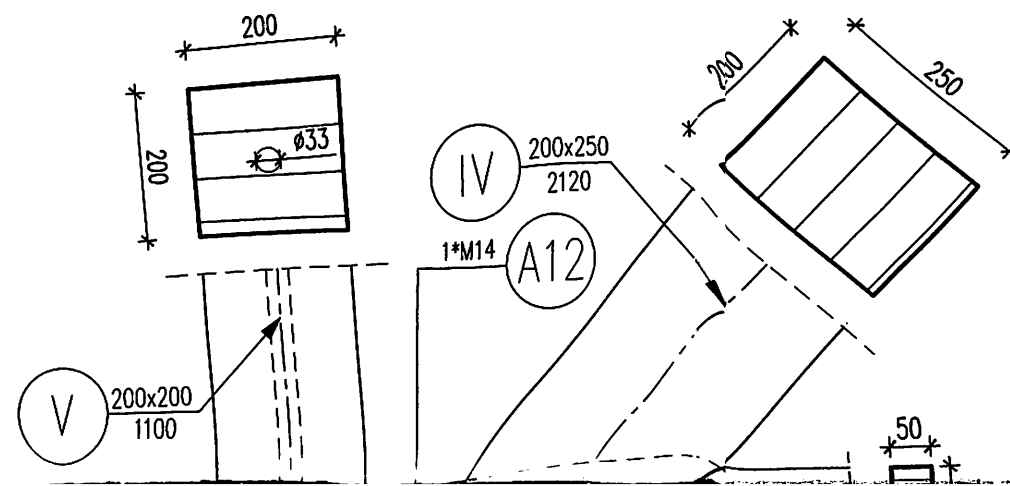


11 Csomópont

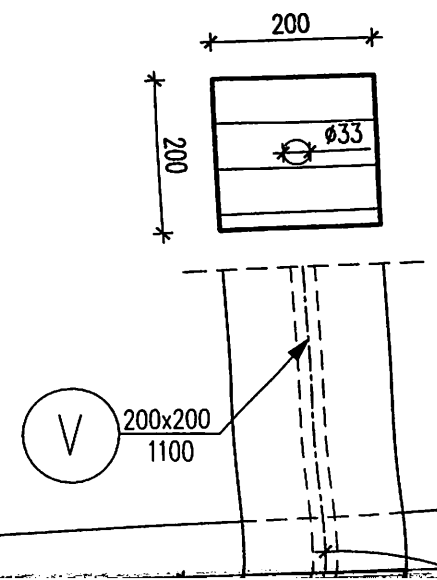


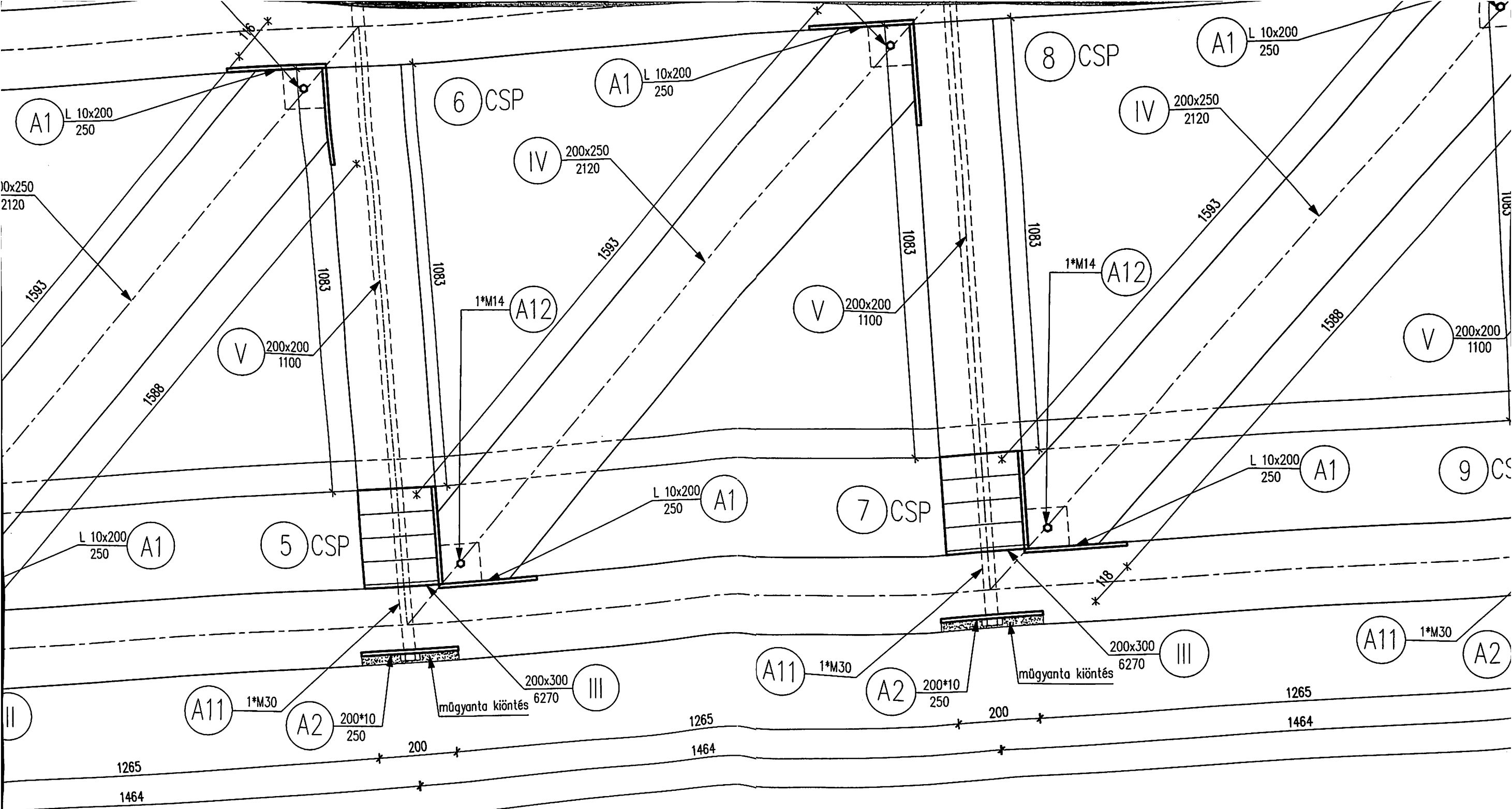


7 Csomópont

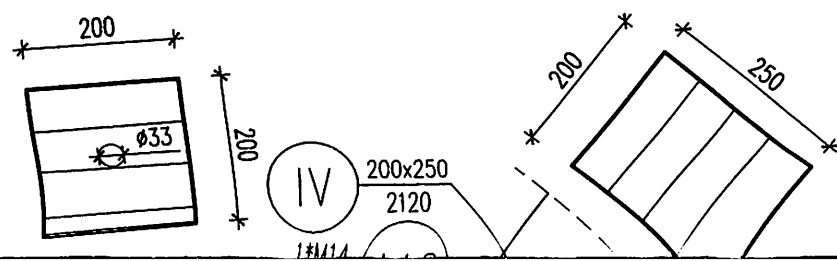


9 Csomópont

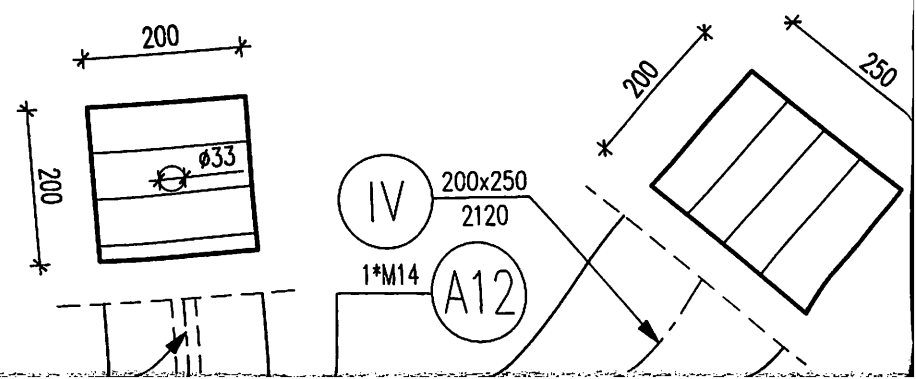


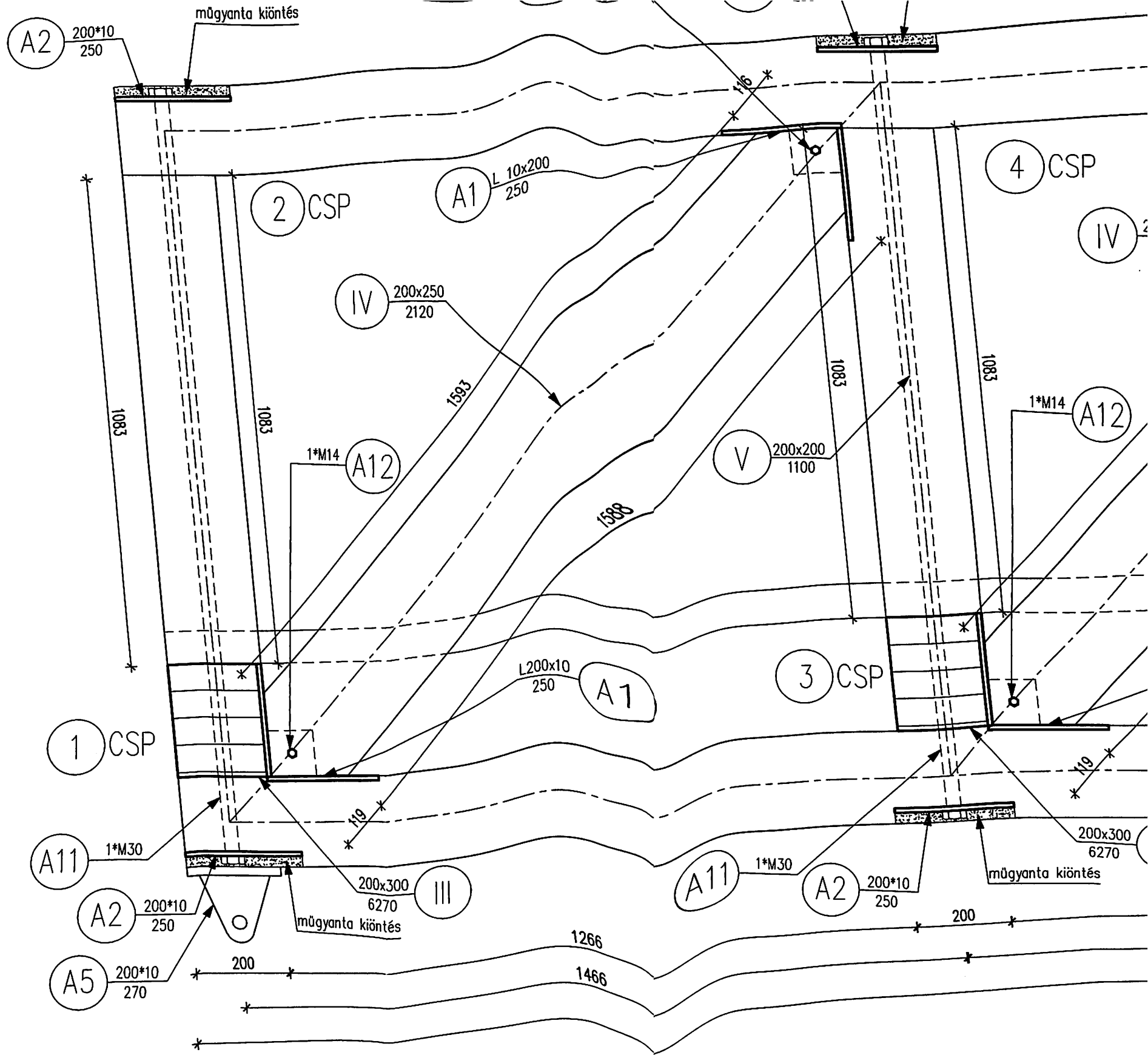


3 Csomópont



5 Csomópont





1 Csomópont

