

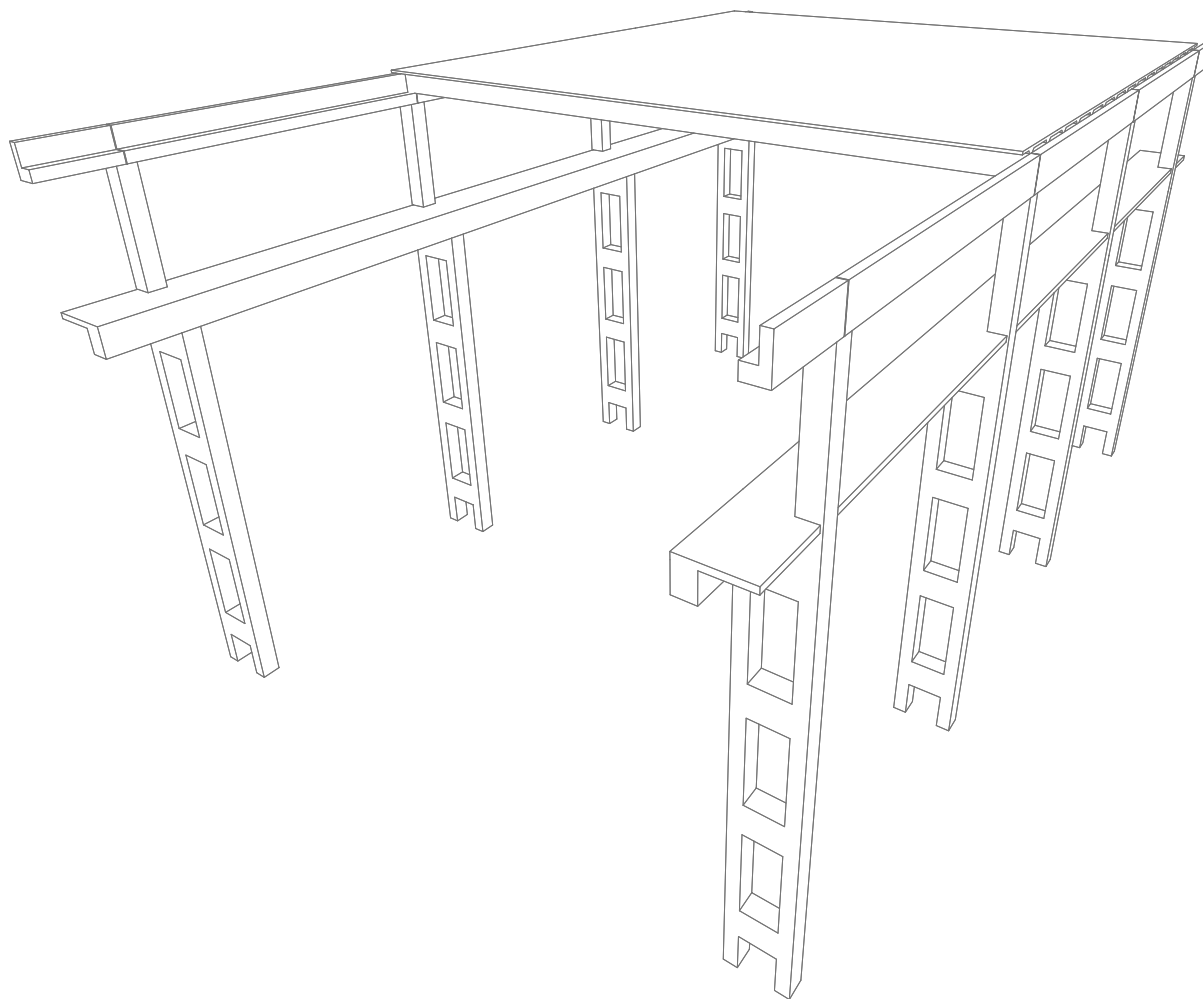
TERVEZÉSI SEGÉDLET

a

Magasépítési Vasbetonszerkezetek

című tantárgy gyakorlati feladatához
(levelező tagozat)

Készítette: Haris István, Kiss Rita M.



Budapest, 2007. augusztus

TARTALOMJEGYZÉK

1.	<u>FÉLÉVKÖZI TERVEZÉSI FELADAT ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE.....</u>	4
2.	<u>ÁLTALÁNOS SZERKEZETI KIALAKÍTÁS.....</u>	6
3.	<u>KÖZELÍTŐ MÉRETFELVÉTELEK</u>	11
3.1.	KÖZBENSŐ FŐÁLLÁS ÁLTALÁNOS VÁZLATTERVI NÉZETE	11
3.2.	MÉRETFELVÉTEL.....	12
3.3.	DARUPÁLYATARTÓ MÉRETFELVÉTELE.....	13
3.4.	RÖVIDFŐTARTÓ MÉRETFELVÉTELE	13
3.5.	TETŐPANEL MÉRETFELVÉTELE.....	15
3.6.	OSZLOP MÉRETFELVÉTELE.....	15
3.6.1.	FELSŐ SZAKASZ.....	15
3.6.2.	ALSÓ SZAKASZ	17
3.6.2.1.	TÖMÖR ALSÓ KERESZTMETSZET	17
3.6.2.2.	VIERENDEL ALSÓ KERESZTMETSZET	18
3.7.	A KEHELYALAP MÉRETFELVÉTELE ÉS KIALAKÍTÁSA	20
3.8.	NÉHÁNY TÍPIZÁLT VASBETON ELEM KATALÓGUSLAPJA	21
4.	<u>KÖZELÍTŐ ELLENŐRZŐ SZÁMÍTÁSOK.....</u>	25
4.1.	FELHASZNÁLT SZABVÁNYOK, EGYÉB SZAKIRODALOM.....	25
4.2.	RENDELKEZÉSÜNKRE ÁLLÓ ADATOK.....	25
4.3.	TERHEK, HATÁSOK	26
4.3.1.	TEHER ÚTJA.....	27
4.3.2.	ÁLLANDÓ HATÁSOK.....	28
4.3.3.	ESETLEGES HATÁSOK	28
4.3.4.	HATÁSKOMBINÁCIÓK	29
4.4.	CSARNOKOT ÉRŐ HATÁSOK MEGHATÁROZÁSA.....	30
4.4.1.	ÁLLANDÓ HATÁSOK, AZ ÖNSÚLY	30
4.4.2.	ESETLEGES HATÁSOK, HASZNOS TEHER	30
4.4.3.	ESETLEGES HATÁSOK, HÓTEHER.....	31
4.4.4.	ESETLEGES HATÁSOK, SZÉLTEHER	32
4.4.5.	ESETLEGES HATÁSOK, DARUTEHER	35
4.4.6.	DARUTEHER SZÁMÍTÁSA, SZÁMPÉLDA	44
4.5.	TETŐPANEL KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	47
4.5.1.	TETŐPANEL GEOMETRIAI ADATAI, STATIKAI VÁZ	47
4.5.2.	TETŐPANEL ANYAGJELLEMZŐI.....	47
4.5.3.	TETŐPANELRE HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK	48
4.5.4.	TETŐPANEL KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	49
4.6.	RÖVIDFŐTARTÓ KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	50
4.6.1.	RÖVIDFŐTARTÓ GEOMETRIAI ADATAI, STATIKAI VÁZ	50
4.6.2.	RÖVIDFŐTARTÓ ANYAGJELLEMZŐI	50
4.6.3.	RÖVIDFŐTARTÓRA HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK.....	51
4.6.4.	RÖVIDFŐTARTÓ KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	51
4.7.	DARUPÁLYATARTÓ KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	53
4.7.1.	DARUPÁLYATARTÓ GEOMETRIAI ADATAI, STATIKAI VÁZ	53
4.7.2.	DARUPÁLYATARTÓ ANYAGJELLEMZŐI.....	53

4.7.3.	DARUPÁLYATARTÓRA HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK.....	54
4.7.4.	DARUPÁLYATARTÓ KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	57
4.8.	OSZLOP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE	60
4.8.1.	OSZLOP GEOMETRIAI ADATAI, STATIKAI VÁZ	60
4.8.2.	OSZLOP ANYAGJELLEMZŐI.....	61
4.8.3.	OSZLOPRA HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK.....	61
4.8.4.	VIERENDEL OSZLOP KIHAJLÁSI HOSSZÁNAK MEGHATÁROZÁSA KERETSÍKBAN	63
4.8.5.	VIERENDEL OSZLOP KIHAJLÁSI HOSSZÁNAK MEGHATÁROZÁSA KERETSÍKRA MERŐLEGESEN	67
4.8.6.	TÖMÖR OSZLOP KIHAJLÁSI HOSSZÁNAK MEGHATÁROZÁSA KERETSÍKBAN	67
4.8.7.	TÖMÖR OSZLOP KIHAJLÁSI HOSSZÁNAK MEGHATÁROZÁSA KERETSÍKRA MERŐLEGESEN	68
4.8.8.	VIERENDEL OSZLOP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE	68
4.8.9.	TÖMÖR OSZLOP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE	69
4.9.	KEHÉLYALAP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	70
4.9.1.	KEHÉLYALAP GEOMETRIAI ADATAI.....	70
4.9.2.	KEHÉLYALAP ANYAGJELLEMZŐI	70
4.9.3.	ALTALAJ JELLEMZŐI.....	70
4.9.4.	KEHÉLYALAPRA HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK	70
4.9.5.	KEHÉLYALAP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE.....	71
4.10.	FALVÁZOSZLOP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE	74
4.10.1.	FALVÁZOSZLOP SZEREPE	74
4.10.2.	FALVÁZOSZLOP KIALAKÍTÁSA, STATIKAI VÁZ	75
4.10.3.	FALVÁZOSZLOP ANYAGJELLEMZŐI.....	77
4.10.4.	FALVÁZOSZLOPRA HATÓ ERŐK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK	77
4.10.5.	FALVÁZOSZLOP KÖZELÍTŐ ELLENŐRZÉSE	79

5. RÉSZLETES ERŐTANI SZÁMÍTÁSOK..... 84

5.1.	BEVEZETÉS.....	84
5.2.	VIERENDEL OSZLOP RÉSZLETES ERŐTANI SZÁMÍTÁSA.....	85
5.2.1.	STATIKAI VÁZ KERETSÍKKAL PÁRHUZAMOSAN.....	85
5.2.2.	HATÁSOK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK KERETSÍKKAL PÁRHUZAMOSAN	87
5.2.3.	TERVEZÉSI ÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA KERETSÍKKAL PÁRHUZAMOSAN	88
5.2.4.	MÉRETEZÉS KERETSÍKKAL PÁRHUZAMOSAN	88
5.2.5.	STATIKAI VÁZ KERETSÍKRA MERŐLEGESEN.....	89
5.2.6.	HATÁSOK ÉS HATÁSKOMBINÁCIÓK KERETSÍKRA MERŐLEGESEN	90
5.2.7.	MÉRETEZÉS KERETSÍKRA MERŐLEGESEN	90
5.2.8.	MÉRETEZÉS IDEIGLENES ÁLLAPOTBAN	90
5.2.9.	KÖZVETLEN ERŐBEVEZETÉSEK HELYÉNEK ELLENŐRZÉSE AZ OSZLOPON.....	93
5.3.	VASBETON KEHÉLYALAP RÉSZLETES ERŐTANI SZÁMÍTÁSA.....	94
5.3.1.	KEHÉLYFALRA JUTÓ TERHEK.....	94
5.3.2.	MÉRETEZÉS A NYOMÁS TERVEZÉSI ÉRTÉKÉRE	94
5.3.3.	KEHÉLYFALAK VÍZSZINTES VASALÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA	95
5.3.4.	KERESZTFAL NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE	96
5.3.5.	KEHÉLYFALAK FÜGGŐLEGES VASALÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA	97
5.3.6.	KEHÉLYFALAK MÉRETEZÉSE KÉTIRÁNYÚ IGÉNYBEVÉTELRE	98
5.3.7.	KETTŐS OSZLOPTALP ESETÉN A KEHÉLYFALAK MÉRETEZÉSE.....	98
5.3.8.	TALPLEMEZ VASALÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA.....	99

Mellékletek:

Statikai Kiviteli Terv: Oszlop zsaluzási terve	M=1:25
Statikai Kiviteli Terv: Oszlop vasalási terve	M=1:25
Statikai Kiviteli Terv: Kehelyalap vasalási terve	M=1:25

1. Félévközi tervezési feladat általános ismertetése

I. Egyhajós, daruzott ipari csarnok tervezése

- I.1. Közelítő számítás
- I.2. Vázlattervek készítése
- I.3. Részletes erőtani számítás
- I.4. Zsaluzási- és vasalási tervek készítése

A tervezési feladat keretein belül többnyire előregyártott vasbeton tartószerkezeti elemekből álló, egyhajós, daruzott csarnok komplett tervezését kell elvégezni. A közelítő számítás során a csarnok áttekintő szerkezeti kialakításának megtervezése mellett, a főbb tartószerkezeti elemek közelítő statikai méret-ellenőrzését is el kell végezni.

A csarnok általános kialakítását $M=1:100$ és $M=1:50$ méretarányú vázlatterveken kell bemutatni, melynek tartalmaznia kell a csarnok alaprajzát, tetőpanel-kiosztását, kétirányú általános metszetet, illetve a szükségesnek ítélt mennyiségű homlokzati nézetet.

A részletes erőtani számítás egy általános közbenső főállás részletes méretezése. Tervfeladat „csupán” az előregyártott vasbeton oszlop és kehelyalap részletes számításán alapuló méretezése és a szükséges vasmennyiségek meghatározása.

A részletes számításnak megfelelően a vasbeton oszlop és a kehelyalap zsaluzási- és vasalási terveit kell elkészíteni $M=1:25$ méretarányban.

A tervfeladathoz - a tervezés megkönnyítése miatt - a kiadott Feladatlapon a főbb jellemző geometriai méretek és egyéb szükséges alapadatok megadásra kerültek. A tervezési feladatot ezek alapján kell elkészíteni.

DARUZOTT IPARI CSARNOK TERVEZÉSE I.

Közelítő statikai számítás

2. Általános szerkezeti kialakítás

Feladat: A feladatlapon megadott alapadatokat a Megrendelő, és/vagy a különböző szakági tervezők (építész, talajmechanikus és gépész) meglévő adatszolgáltatása.

Ennek megfelelően az alábbi adatok állnak rendelkezésünkre:

- fesztáv (darusínek tengelyének távolsága a főállásban)
- főállások száma
- főállások tengelytávolsága
- daru típusa, jele
- horonymagasság
- talaj határszilárdsága
- alapozási sík

Szerkezet megválasztásának szempontjai:

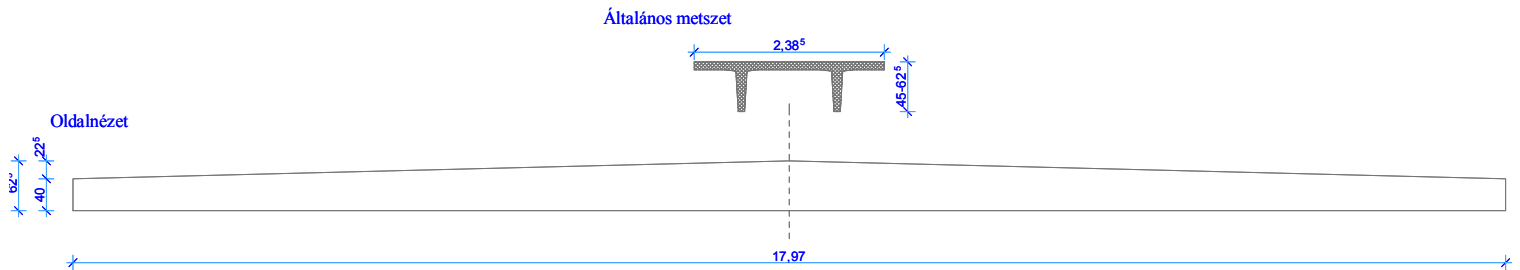
- általános szempontok (megrendelői),
- megbízó igénye,
- technológiai igény,
- építészeti elképzelés,
- statikai megvalósíthatóság,
- tartósság,
- gazdaságosság,
- későbbi variálhatóság,
- építési idő.

Alkalmazandó szerkezeti kialakítás:

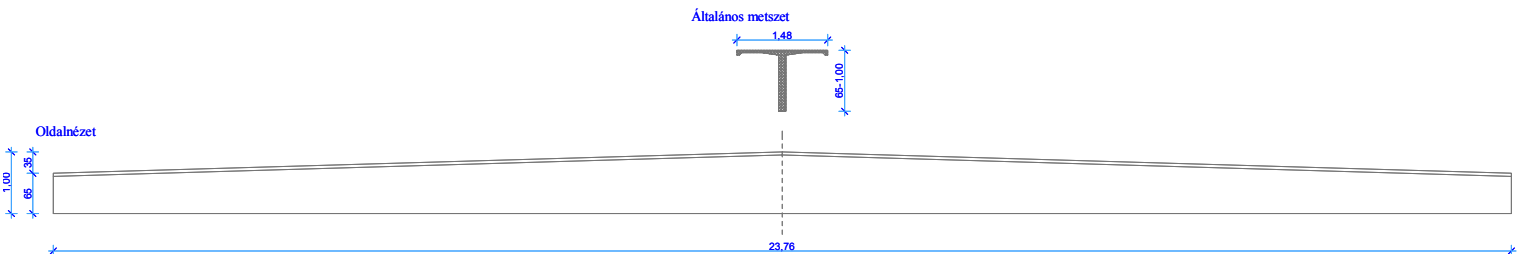
- tipizált vasbeton elemek felhasználása mellett,
- egyedi tervezésű előregyártott- és monolit vasbeton tartók felhasználásával.

Általános tartószerkezeti elemek ismertetése:❖ Tetőszerkezet:

- Π , vagy T feszített vasbeton tető-, vagy födémelemek. A tetőszerkezet bármilyen előregyártó üzem tipizált termékéből kialakítható, vagy egyedileg tervezendő.
- 14 – 18 fesztávolság között alkalmazandó: az egykori 31. ÁÉV által gyártott (más gyártónál mai napig forgalomban lévő) Π -18 -as tetőelemnek megfelelő tipizált, vagy egyedi tartó.

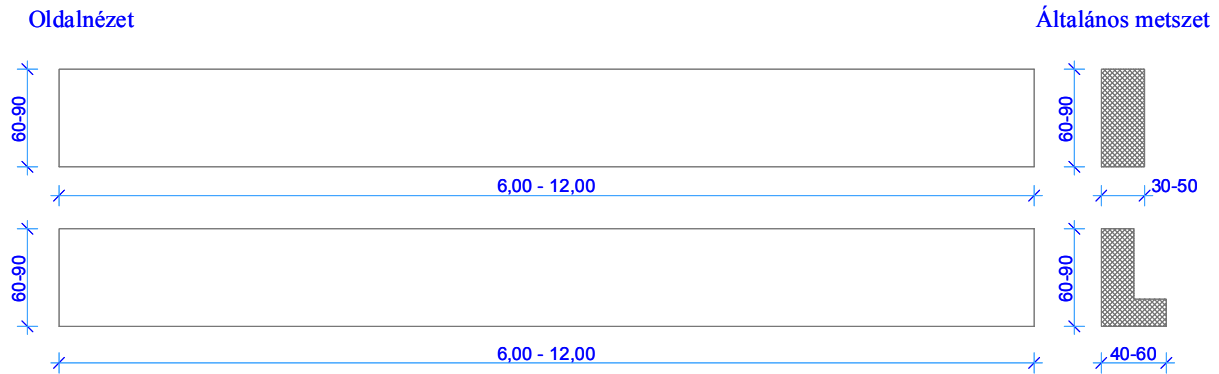
1. ábra Π -18-as tetőelem vázlata

- 18 – 24 fesztávolság között alkalmazandó: szintén az egykori 31. ÁÉV által gyártott (más gyártónál mai napig forgalomban lévő) T -24 -es tetőelemnek megfelelő tipizált, vagy egyedi tartó.

2. ábra T -24-es tetőelem vázlata

❖ Rövidfőtartó:

- a csarnok hossz tengelyével párhuzamos, főállásokra merőleges, az oszlopokra kéttámaszú gerendaként támaszkodó, előregyártott vasbeton tipizált-, vagy egyedi tervezésű elem.
- betervezhető bármelyik gyártó tipizált feszített-, vagy lágyvasalású gerendája, vagy egyedi tervezésű feszített, vagy lágyvasalású vasbeton tartó.



3. ábra Előregyártott „□” és „L” keresztmetszetű vasbeton rövidfőtartók vázlatai

- a tetőszerkezetet alkotó feszített tartók közvetlenül ezekre, a gerendákra támaszkodnak, melyek közvetlenül az alátámasztó oszlopokra ülnek fel.

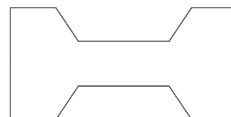
❖ Oszlop:

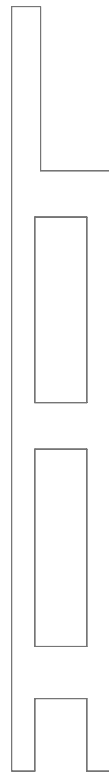
- Változó, vagy állandó keresztmetszetű, függőleges szerkezeti irányú, előregyártott vasbeton tartó, alsó végén többnyire előregyártott, ritkábban monolit vasbeton kehelyalapba befogva.

Felül tömör,



Alul tömör, vagy könnyített,



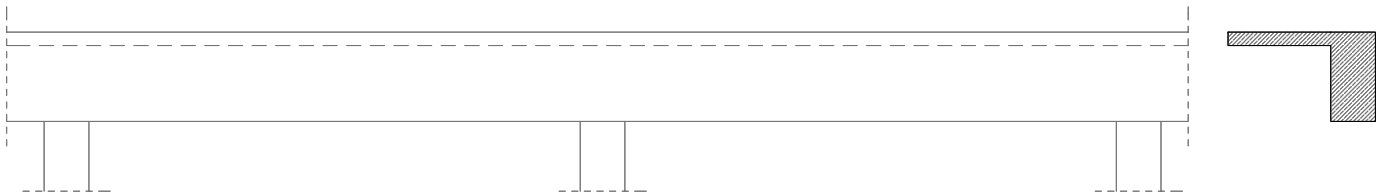


- vagy Vierendel kialakítású:

4. ábra *Vierendel oszlop vázlata*

❖ Darupályatartó:

- Monolit vasbeton többtámaszú tartó, vasbeton kezelőjárda lemezzel.

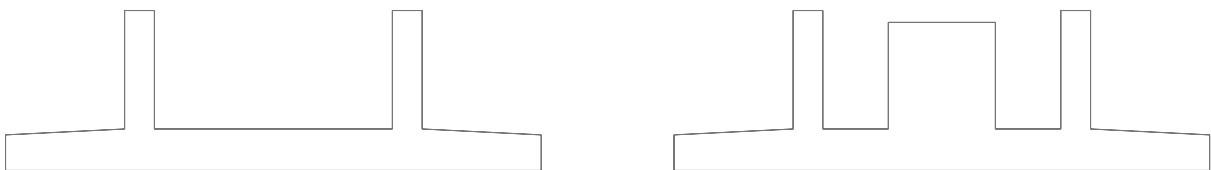


5. kép *Folytatólagos, többtámaszú darupályatartó vázlata*

- Közvetlenül az oszlopokra terhel.
- 50 métert meghaladó csarnokokat dilatálni kell, amelyet legcélszerűbb oszlopkettőzéssel megoldani. A többtámaszú darupályatartót folyamatosan a dilatáción nem lehet átvezetni, ezért azt is meg kell szakítani, dilatálni kell.

❖ Alapozás:

- Többnyire síkalapozás, monolit vasbeton, vagy előregyártott vasbeton kehelyalappal. Mélyebben fekvő teherbíró talaj esetén a kehelyalap alatt csömöszölt beton alaptömb alkalmazásával.
- Rossz altalajviszonyok esetén cölöp-, vagy szekrényalapozás is előfordulhat.



6. ábra *Vasbeton kehelyalap vázlatai*

- ❖ Hosszmerevítés:
 - általában egy, vagy két mezőben kerülnek beépítésre, többnyire szimmetrikusan az elcsavarodás megakadályozása miatt. készülhet a féktartóval együtt vagy anélkül.
 - az épület hossz tengelyével párhuzamos, főállások síkjára merőleges terheléseket viseli.
 - általában acélszerkezetből kerülnek kialakításra.

- ❖ Falváz tartó oszlopok:
 - az előregyártott elemekből álló falszerkezet elemeinek megtámasztására szolgálnak.
 - hosszfalak esetén az oszlopközökben, véghomlokzatnál, szükség szerint kerülnek kiosztásra.
 - alul befogott, felül pedig megtámasztott, vagy szabadon álló.
 - készülhetnek vasbetonból, illetve acélból.

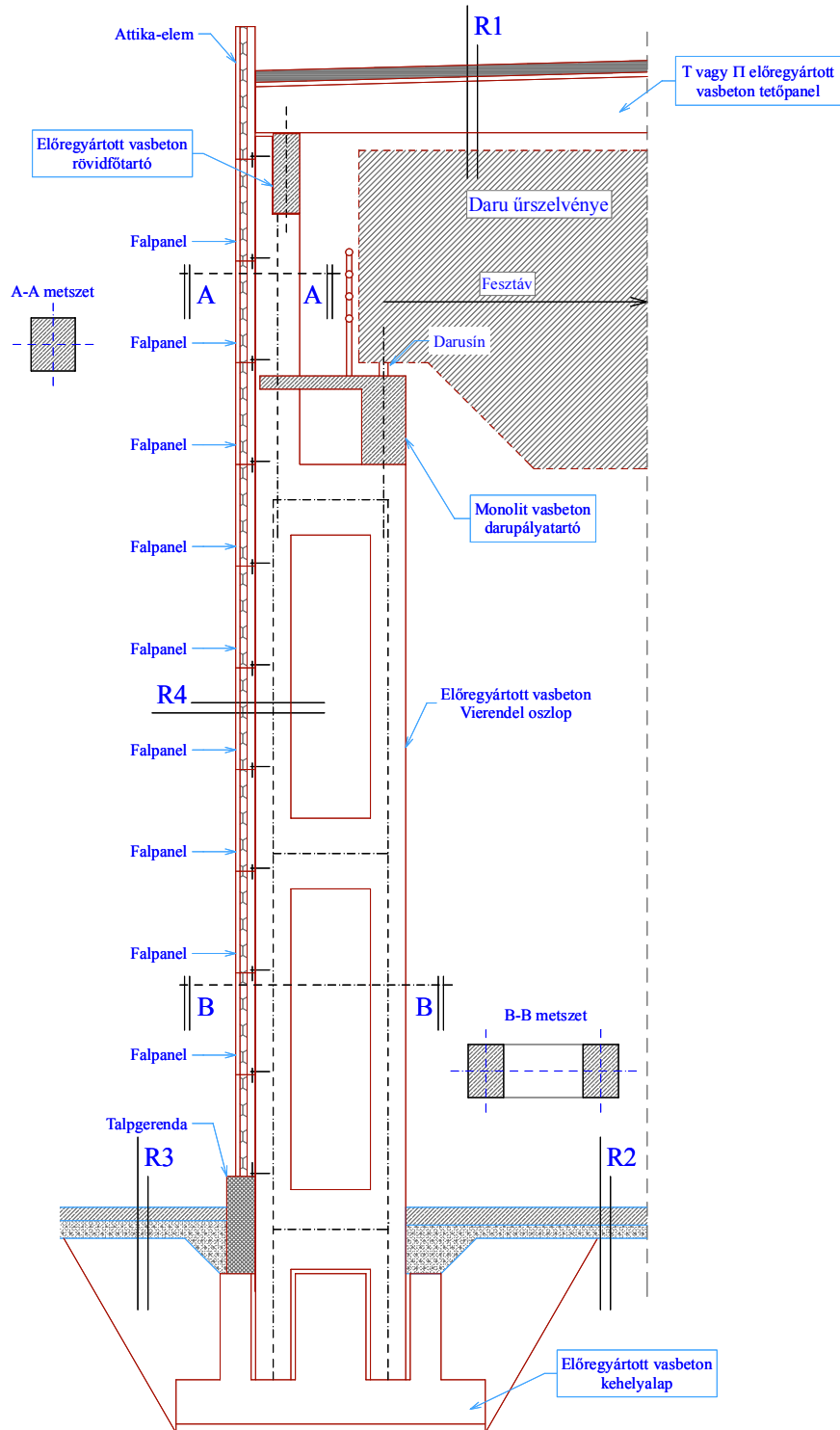
- ❖ Egyéb épületszerkezeti elemek:
 - falpanelek, szendvicspanelek,
 - nyílászárók, ipari kapuk,
 - üvegfelületek, bevilágítók,
 - másodlagos teherhordó szerkezetek, tartórészek,
 - korlát.

- ❖ Daru:
 - gyártó adatszolgáltatásai alapján tervezendő.

3. Közelítő méretfelvételek

Jelen tervezési feladat célja egy előregyártott, vasbeton, Vierendel oszlopos kialakítású ipari csarnok tervezése.

3.1. Közberső főállás általános vázlatrervi nézete

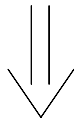


7. ábra Vierendel keret nézete

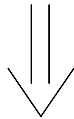
3.2. Méretfelvétel

❖ Honnan induljunk ki a méretek felvételekor? Miket vegyünk figyelembe?

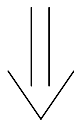
- általános esetben ez egy hosszú és bonyolult feladat, hiszen egyszerre kell kielégíteni a megrendelői igényeket, továbbá a különböző szakági tervezők különféle kritériumokat írnak elő a szerkezetre vonatkozóan.
- figyelembe kell venni több olyan meghatározó körülményt, amely jelen tervezési feladatban nem dolgozunk, azokat most adatszolgáltatásként kapjuk (lásd feladatlap).



Csupán egy általános főállás keretét kell megterveznünk!



- adatszolgáltatásként ehhez is rendelkezésünkre állnak a daru adatai:
 - ✓ fesztávolság,
 - ✓ űrszelvény méretei
 - ✓ biztonsági előírások
- szintén „készen kapjuk” a szükséges magassági adatokat, többek közt a horogmagasságot és a padlószintet.
- az alapozási sík és az ottani talajadottságok is rendelkezésünkre állnak.



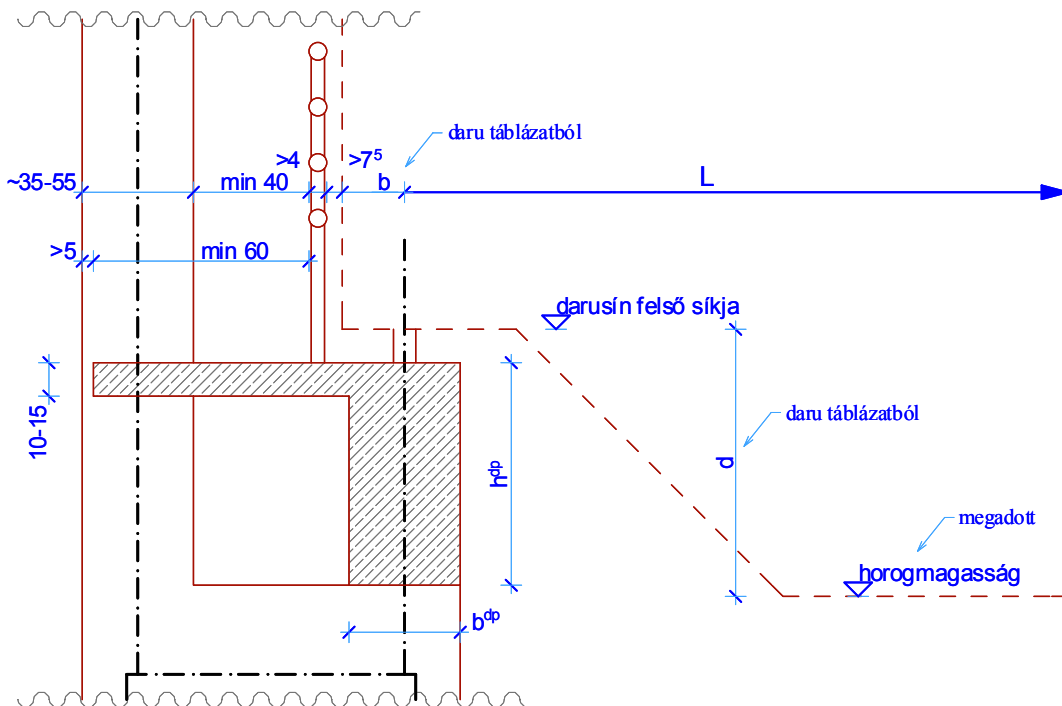
- a tartószerkezeti elemek főbb méretei „ökölszabályok” alapján többnyire közelítően felvehetők.
- vannak kötelező érvényű előírások, biztonsági utasítások.
- megépült szerkezetek tapasztalatait figyelembe vesszük.

❖ Jelen tervfeladatban az alábbi feltételezéssel élünk:

- a tervlapon megadott „L” fesztávolság legyen a darusínek tengelyének távolsága, így vízszintes értelemben már el tudjuk kezdeni a csarnokot felépíteni.

3.3. Darupályatartó méretfelvétele

- ❖ Az előző pontban leírtaknak megfelelően a darupályatartó főbb szerkezeti méretei az alábbi módon határozhatók meg:



$$h^{dp} = \frac{a_k}{11} \div \frac{a_k}{13} \text{ , ahol "a}_k\text{" a keretállások tengelytávolsága}$$

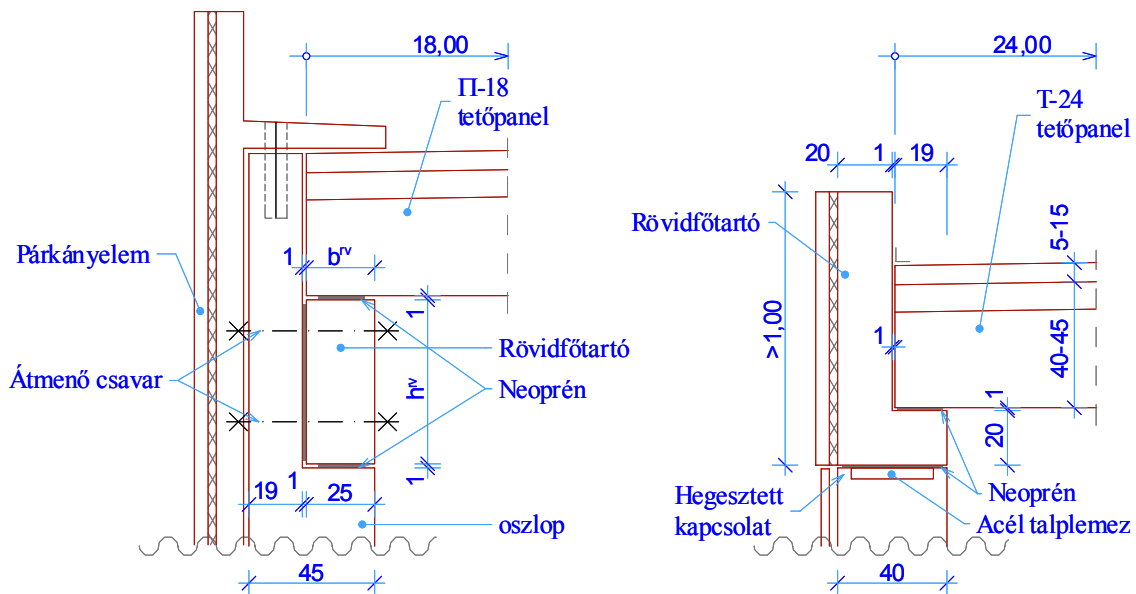
$$b^{dp} = \frac{h^{dp}}{2} \div \frac{h^{dp}}{3}$$

8. ábra Darupályatartó méreteinek meghatározása

3.4. Rövidfőtartó méretfelvétele

- ❖ A tervezési feladatban a rövidfőtartó méretfelvétele előtt el kell döntenünk, hogy milyen keresztmetszetű rövidfőtartót kívánunk alkalmazni, hiszen az jelentősen befolyásolja a szerkezeti kialakítást.
- ❖ Ennek megfelelően alkalmazhatunk:
 - négyszög-téglalap keresztmetszetű, vagy
 - „L” keresztmetszetű rövidfőtartót.
- ❖ 9-12 m fesztávolság között: előregyártott, feszített vasbeton gerendák
- ❖ 6-9 m fesztávolság között: előregyártott vasbeton gerendák
- ❖ Abban az esetben, ha tipizált gerendát alkalmazunk, akkor méreteit meghatározhatjuk a gyártó által kiadott katalógusból, például, lásd 3.8. pontban.

- ❖ Ha egyedi szelvényt alkalmazunk, akkor a gerenda magasságát a jól ismert $L/10 \div L/12$ ökölszabállyal határozhatjuk meg. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy előregyártott elemek esetén ez az arány akár $L/16 \div L/20$ -ig is lecsökkenhet nyomott vasalás alkalmazásával ($L=a_k$).
- ❖ Az egyedi lágyvasalású gerenda szélessége közel a magasság $\frac{1}{2}$ -e, illetve $\frac{2}{3}$ -a között vehető fel, figyelembe véve a szerkezeti kialakítást.
- ❖ A gerenda szélességének felvételénél már gondolni kell arra is, hogy az később bevasalható legyen, a szükséges vasak elférjenek a keresztmetszetben.
- ❖ A különböző csomóponti kialakításokat az alábbi ábra tartalmazza, ezek közül bármelyik alkalmazható a tervezési feladat során:



9. ábra Oszlop-Rövidfőtartó-Tetőpanel csomóponti kialakítása
a, négyzög keresztmetszet b, „L” keresztmetszet

- ❖ Fontos megjegyezni, hogy az előregyártott elemek csatlakozásainál a szeizmikus erőhatások továbbítására a súrlódási erő nem vehető figyelembe az EuroCode8 előírásai alapján. A kapcsolatokat méretezett vasalással, hegesztéssel, vagy egyéb közvetlen erőátadó módon kell kialakítani.

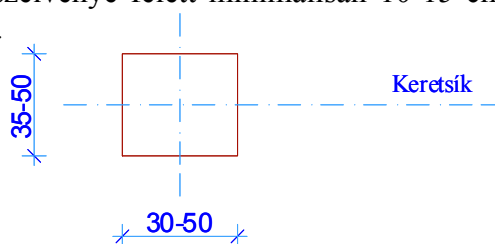
3.5. Tetőpanel méretfelvétele

- ❖ Tipizált tetőpanelből szeretnénk kialakítani a tetőszerkezetet:
 - katalógusból kiválasztjuk a szükséges fesztávú T, vagy II panelt,
 - egyedi fesztávút tervezünk be (külön kell legyártatni a 30 centiméteres modulgrást figyelembe véve).
- ❖ Természetesen bármilyen új keresztmetszetű tartót tervezhetnénk, de ebben a tervezési feladatban a már említett tetőpanelek közül választjuk ki csupán a megfelelőt.
- ❖ Néhány tipizált tetőpanel katalóguslapját lásd a 3.8. pontban.

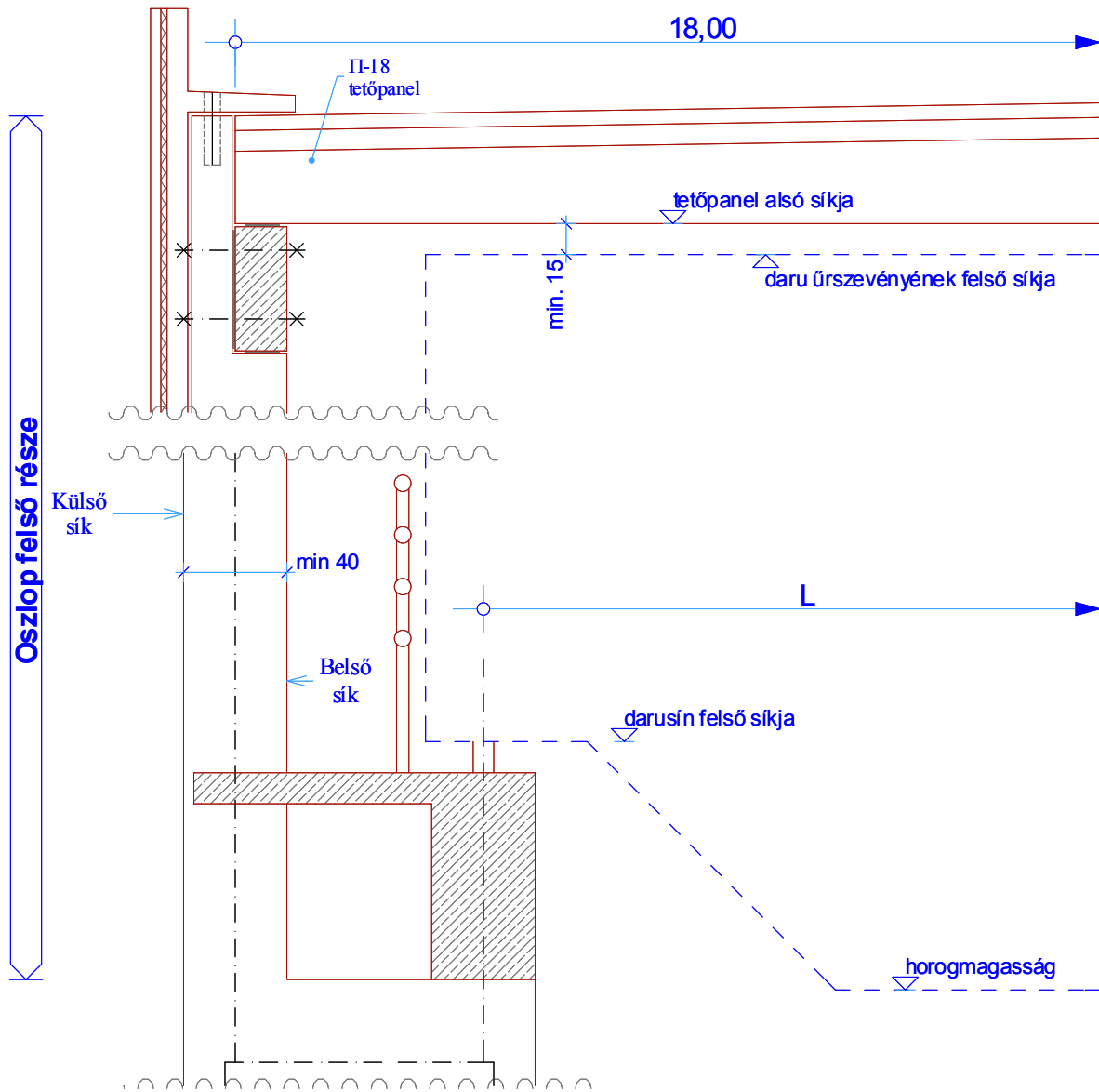
3.6. Oszlop méretfelvétele

3.6.1. Felső szakasz

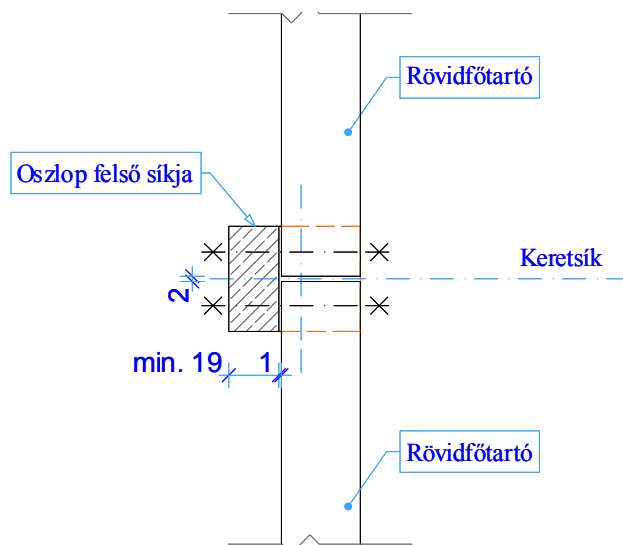
- ❖ Az előregyártott vasbeton oszlop felső részének geometriai kialakítását az előző pontokban tárgyalt egyéb tartószerkezet méret-meghatározásakor kijelöltük, illetve:
 - belső élét a darupályatartó kezelőjárdájának minimális méreteinek meghatározásakor szinte teljesen kijelöltük, illetve
 - külső élét a rövid főtartó külső széléhez igazítottuk, vagy minimális méretek miatt adódik (vasalhatóság miatt).
- ❖ Keretsíkra merőleges mérete meg kell egyezzen az alsó oszloprészével, részletesebben lásd 3.6.2. pontban.
- ❖ Az oszlop felső részének keresztmetszeti méretei így geometriai alapon már kialakultak.
- ❖ Természetesen az oszlop méreteit úgy kell már közelítően felvenni, hogy azok a jelentős nagyságú terheket el tudják viselni. Ezt mindenképpen vegyük figyelembe, túl kicsi keresztmetszeti méretet ne alakítsunk ki.
- ❖ Magasságát annak megfelelően kell megválasztani, hogy a daru úrszelvénye biztonságosan elférjen a tetőpanelek alsó síkja, illetve a világítótestek alatt.
- ❖ A daru úrszelvénye felett minimálisan 10-15 cm biztonsági távolságot kell kialakítani.



10. ábra Oszlop felső részének keresztmetszeti méretei



11. ábra Oszlop felső részének geometriai kialakítása



12. ábra Rövidfőtartók feltámaszkodása az oszlop felső részére (felülnézet)

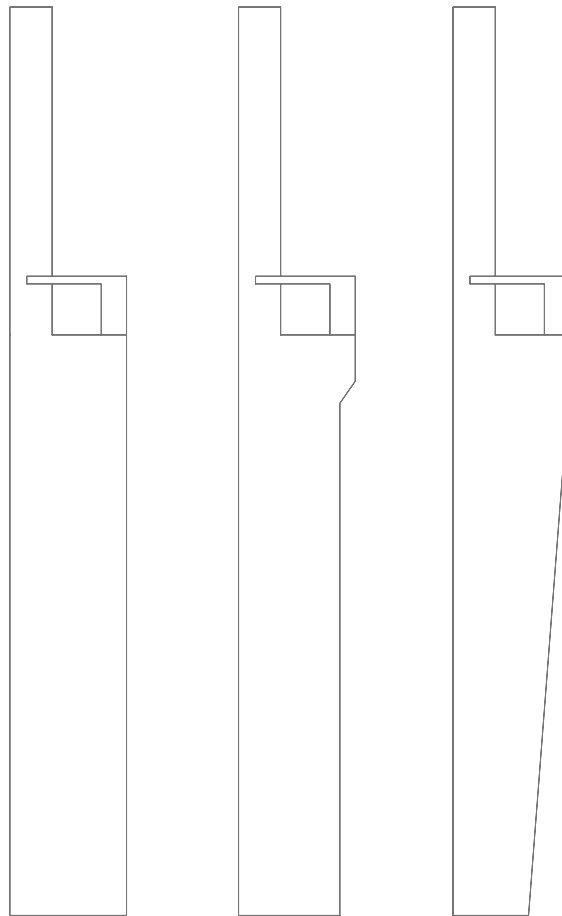
3.6.2. Alsó szakasz

- ❖ Az oszlop alsó szakaszára támaszkodik:
 - oszlop felső szakasza,
 - darupályatartó.
- ❖ Az összes terhet az alsó szakasz viseli.
- ❖ Kialakítása lehetséges:
 - tömör keresztmetszetként,
 - Vierendel tartóként.

3.6.2.1. Tömör alsó keresztmetszet



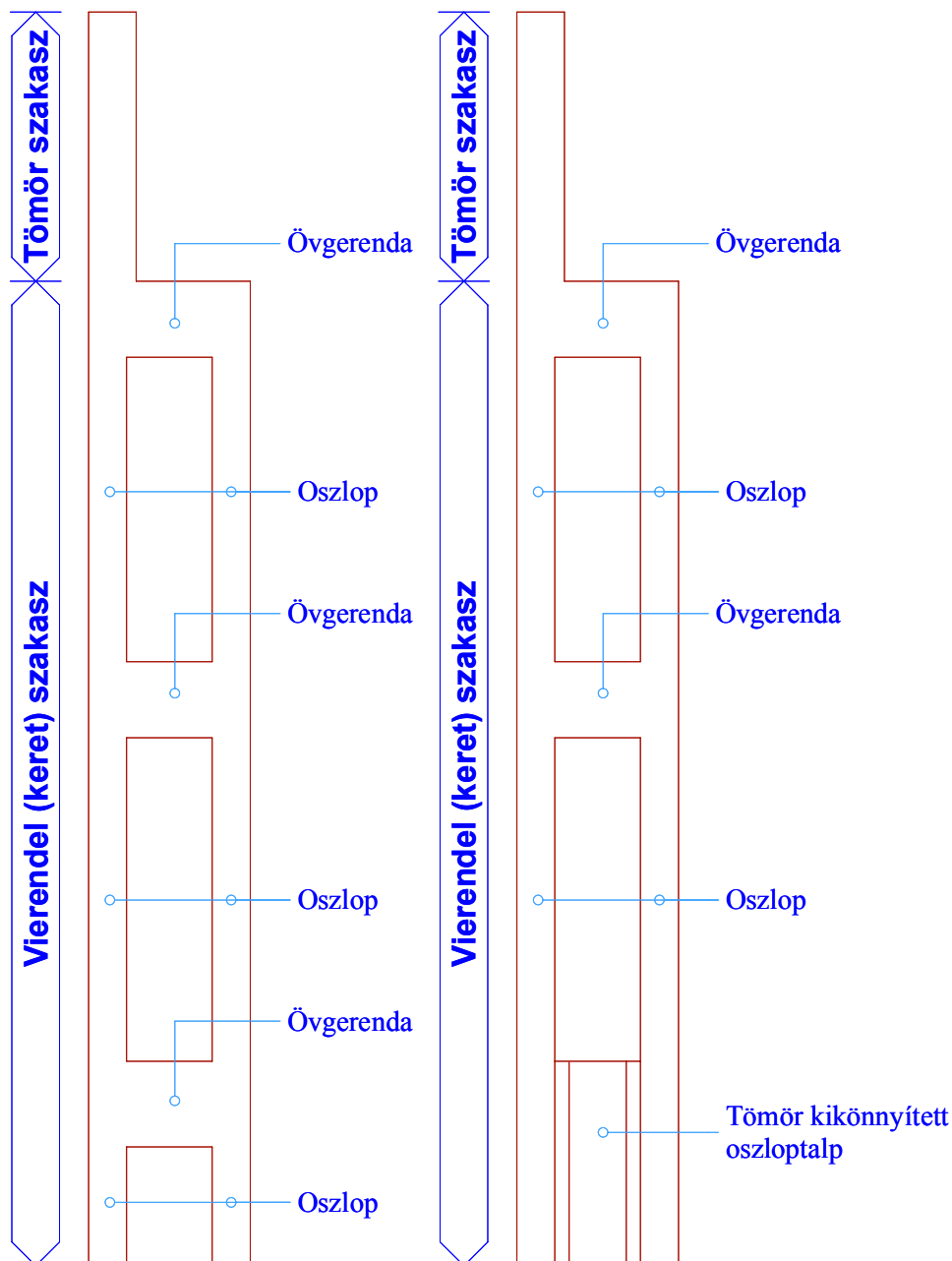
13. ábra *Tömör és könnyített oszlop keresztmetszete*



14. ábra *Különböző tömör szelvényű oszlopkialakítások*

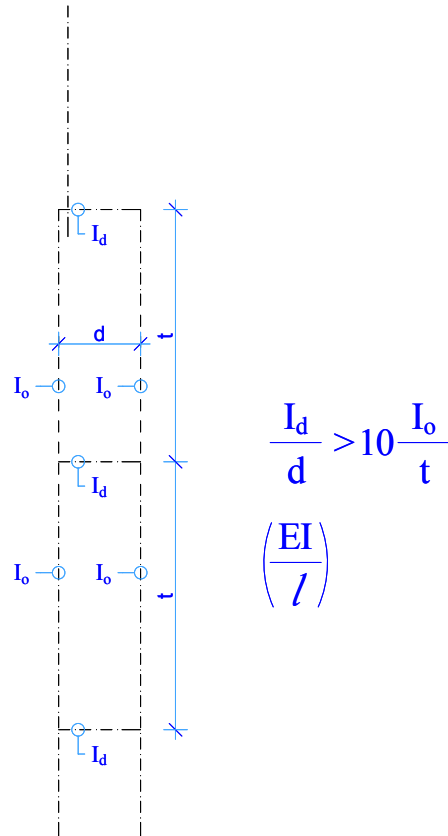
3.6.2.2. Vierendel alsó keresztmetszet

- ❖ A Vierendel oszlop-kialakítás nem más, mint egy keret-kialakítás. Az oszlop úgy fog viselkedni, mint egy keret, melynek vannak oszlopai és vannak övgerendái.
- ❖ Az oszlopvéget kétféleképpen szokás kialakítani:
 - egy darab tömör keresztmetszetként,
 - két darab, kisebb keresztmetszetű lábként.



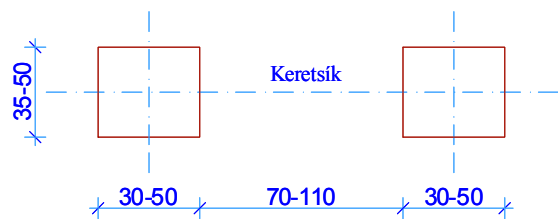
15. ábra Vierendel oszlop általános kialakításai
a, Vierendel végű b, Tömör végű

- ❖ A kialakítás során azt kell szem előtt tartani, hogy a keretszerkezetben a gerendák merevsége (hajlékonysága) egy nagyságrenddel nagyobb legyen, mint az oszlopok merevsége (hajlékonysága). Az előző félévben, ennek a keretfajtának a számítási módszerét már tanultuk, ez a portál-keret.



16. ábra Vierendel kialakítás feltétele

- ❖ A keresztmetszeti adatok felvétele során az előbbi feltételnek megfelelő oszlop- és gerenda méreteket kell meghatározni, melyek általában:



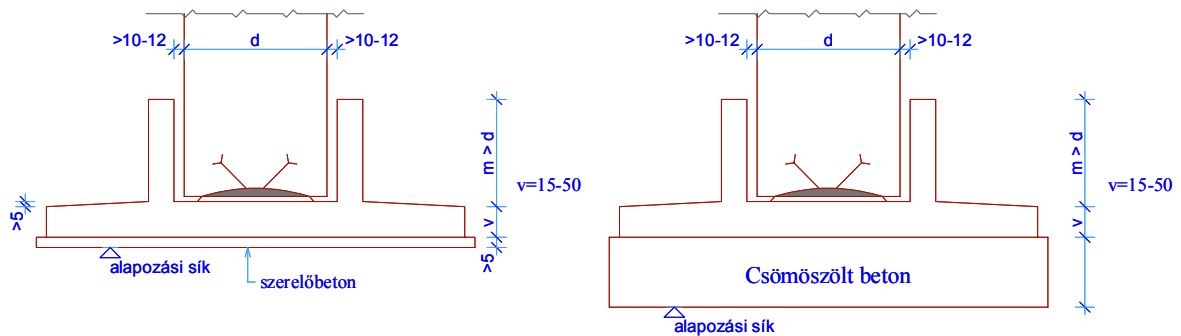
17. ábra Vierendel keresztmetszet általános méretei

- ❖ A tervezési feladat során Vierendel kialakítású oszlopot kell tervezni.

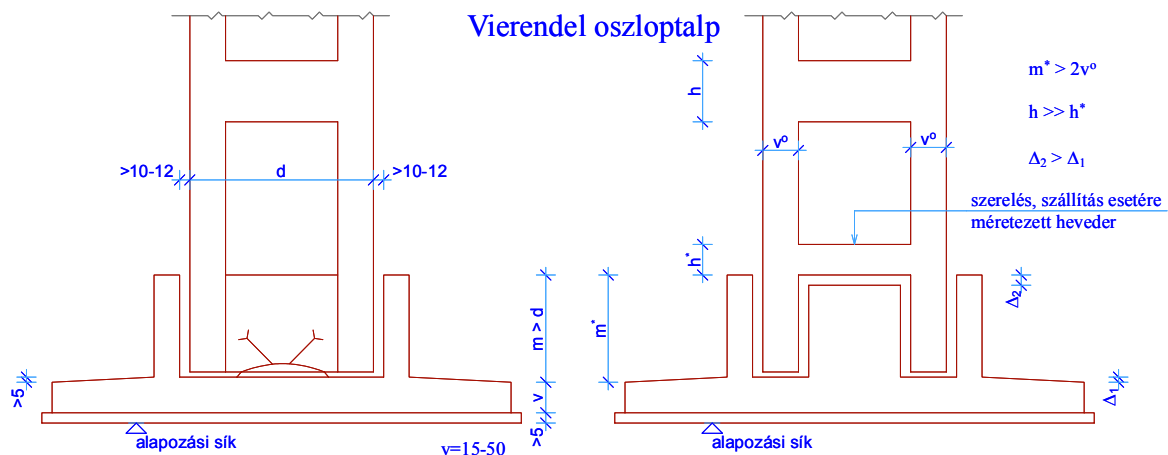
3.7. A kehelyalap méretfelvétele és kialakítása

- ❖ Az előző pontban ismertetett Vierendel oszlopok előregyártott, vagy monolit vasbeton pontalapokba vannak alsó végükön befogva.
- ❖ A Vierendel oszlop alsó végének megfelelő kehelyalapot kell a tervezési feladatban megtervezni, az alábbi ábrán látható méretek alkalmazásával.

Tömör oszloptalp



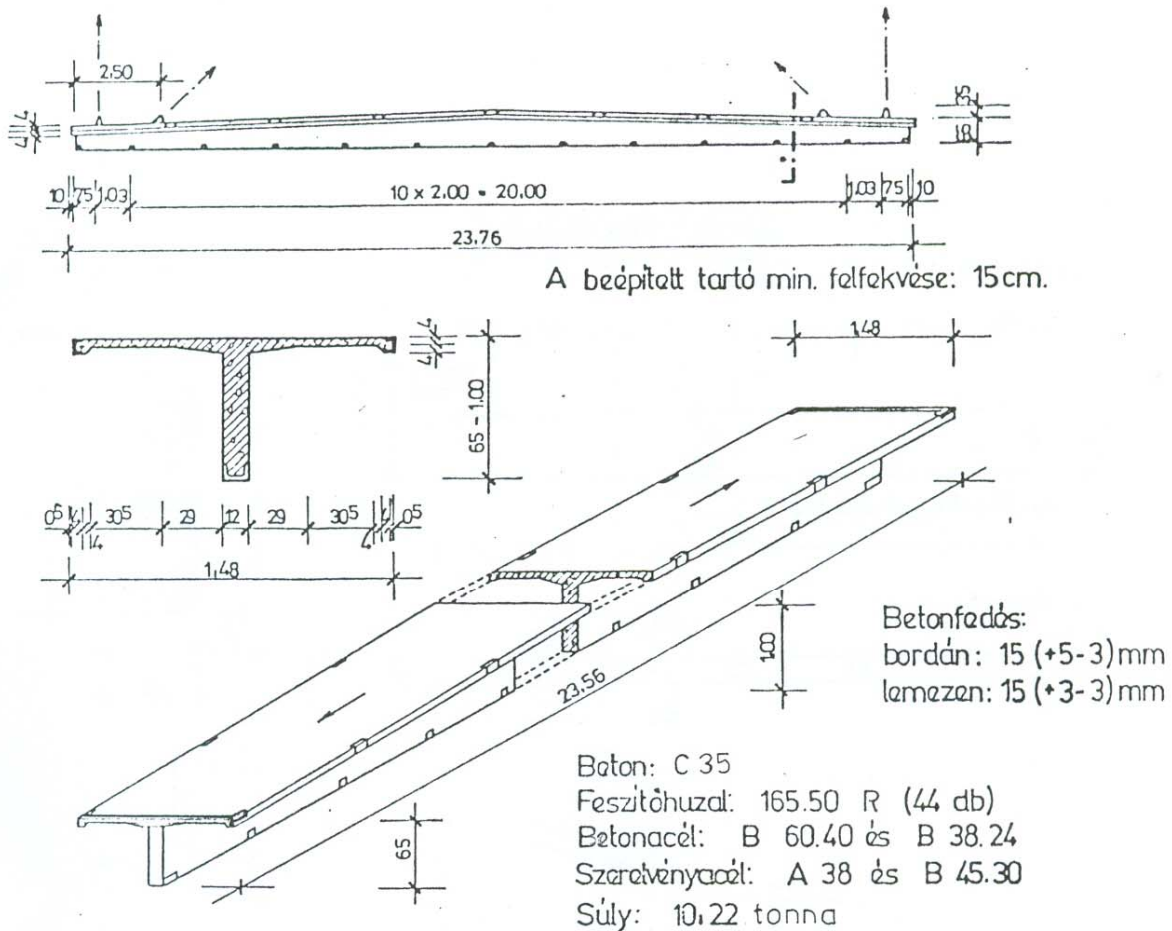
Vierendel oszloptalp



18. ábra Vasbeton kehelyalap általános kialakítása

- ❖ Csömöszölt beton alaptest alkalmazására csak akkor van szükség, ha
 - a kehelyalap alatt kialakuló feszültségek meghaladják a tervlapon megadott határ talajfeszültséget, vagy
 - az alapozási sík (teherbíró altalajréteg) mélyebben fekszik, mint a geometriailag adódó mélység.
- ❖ Az ábrákon látható, hogy az oszloptalp és a kehelyfal között megfelelő nagyságú rés van kialakítva. Erre azért van szükség, hogy az oszlop beállítása és szintezése után a kiöntőhabarcs megfelelően beinjektálható legyen.

3.8. Néhány tipizált vasbeton elem katalóguslapja



Felhasználási terület: nedves, de a betonra vagy acélra nem agresszív környezetben beépíthető.

Tűzállósági határérték: 0,40 óra.

Terhelhetőség:

$$q_{\max.} \text{ (megengedett legnagyobb teher)} = 12 \text{ kN/m} \quad (8,0 \text{ kN/m}^2)$$

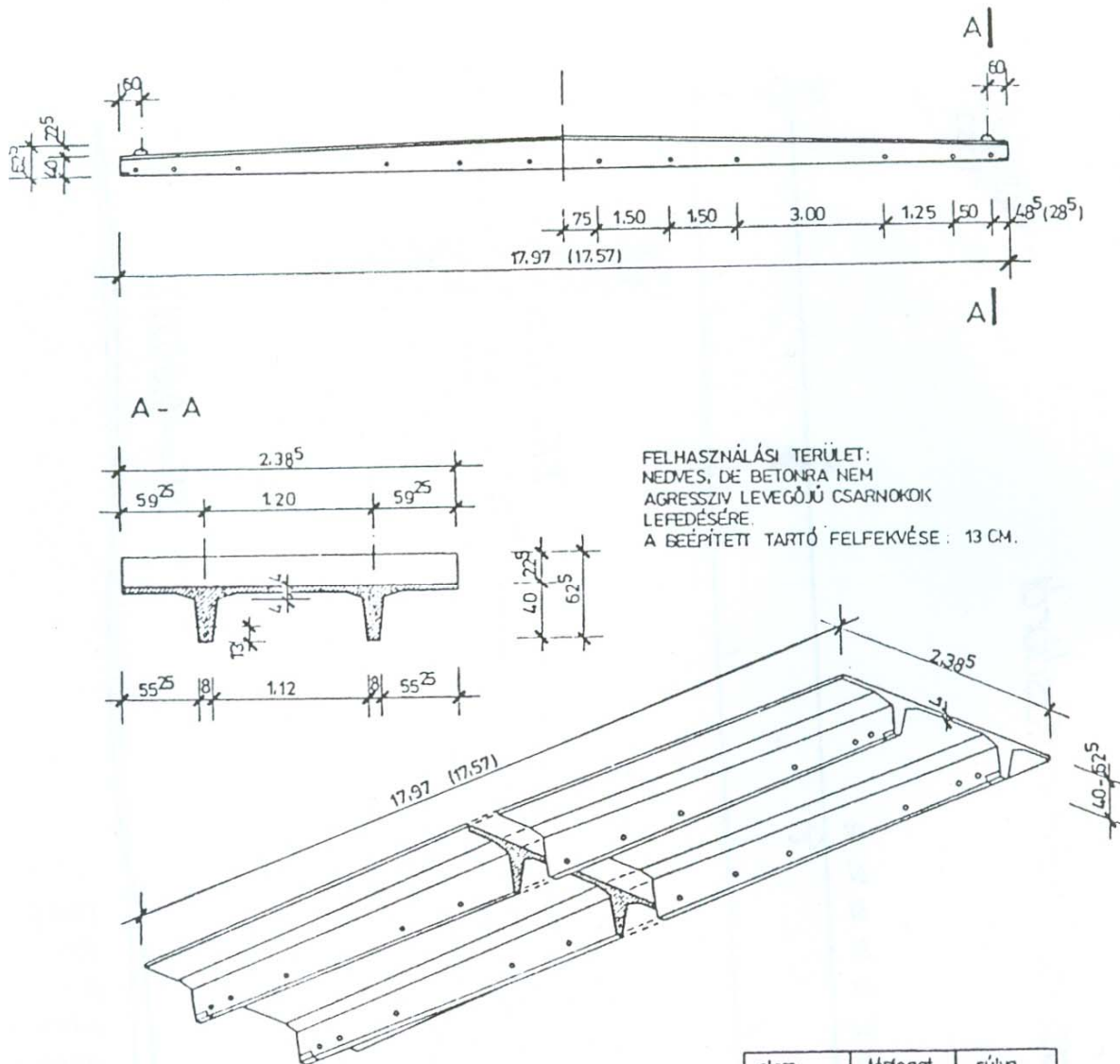
$$q_d \text{ (teher alapérték)} = 10,44 \text{ kN/m}$$

A megadott értékek egyenletesen megosztó teherre vonatkoznak. A tetőelem csak olyan erőkkel terhelhető, melyeknek eredője a tartó teljes hosszán egybeesik a keresztmetszet szimmetria tengelyével.

Az alátámasztó szerkezetek (alapi főtartó, oszlop) csak max.

$q = 6,8 \text{ kN/m}^2$ tetőterhelésre vannak méretezve.

Gyártja: 31.sz Állami Építőipari Vállalat.



FELHASZNÁLÁSI TERÜLET:
 NEDVES, DE BETONRA NEM
 AGRESSZIV LEVEGŐJŰ CSARNOKOK
 LEFEDÉSÉRE.
 A BEÉPÍTETT TARTÓ FELFEKVÉSE: 13 CM.

BETON: C35
 IDOMACÉL: A 38
 TŰZÁLLÓSÁGI HATÁRÉRTÉK: 0.25 óra
 HATÁRIGÉNYBEVÉTELEK:
 $M_H = 632 \text{ kNm}^2$
 $Q_H = 6,63 \text{ kN/m}$
 $T_H = 142 \text{ kN}$

elem jelle	térfogat m^3 / db *	súlya t *
II 17,97	4,12	10,3
II 17,57	4,04	10,1

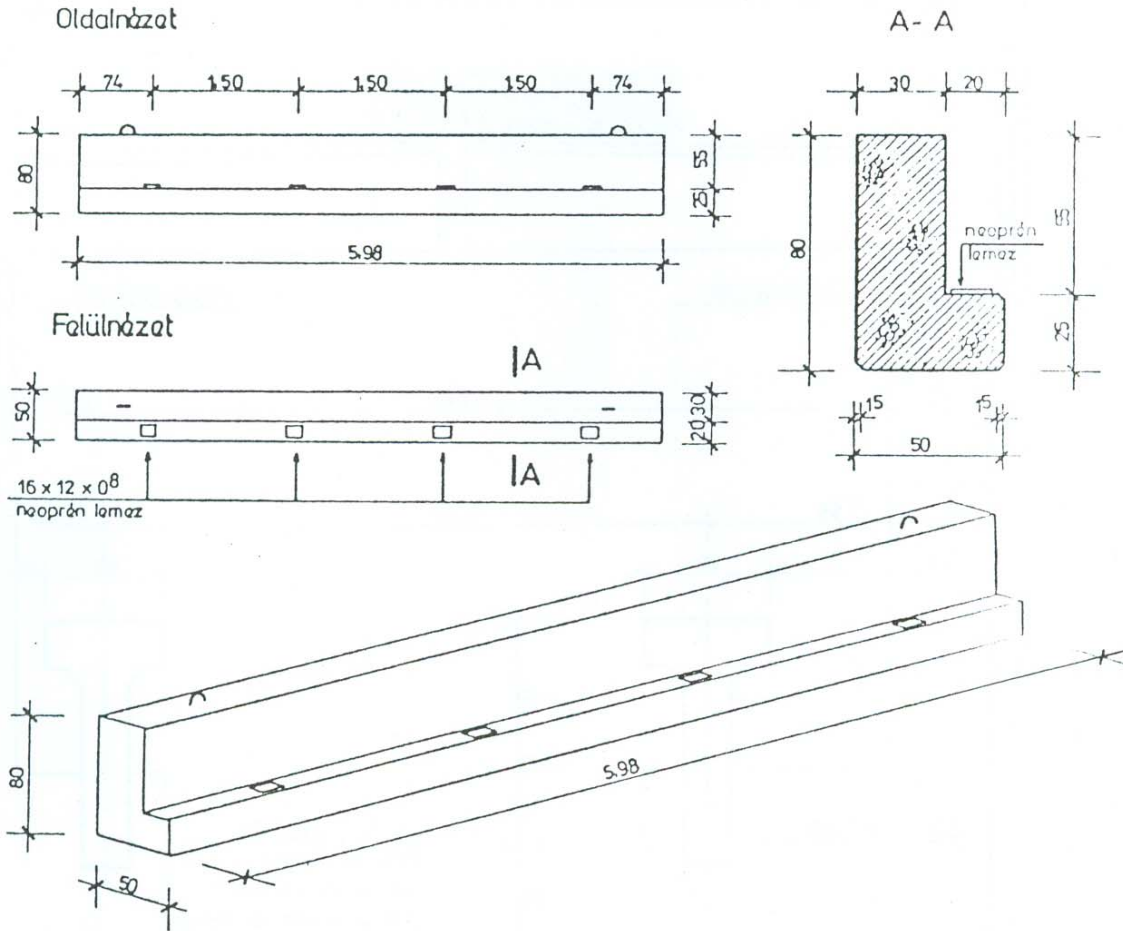
* + 6 mm lemezvastagsági tűréssel
számítva.

AZ ALÁTÁMASZTÓ SZERKEZETEK (ALAP, OSZLOP, FŐTARTÓ) CSAK MAX. $q = 6,0 \text{ kN/m}^2$
 TETŐTERHELÉSRE VANNAK MÉRETEZVE.

GYÁRTJA 31 SZ. ÁLLAMI ÉPÍTŐPARI VÁLLALAT
 AZ ELEM CSAK A MŰSZAKI FELTÉTELEKBEN FOGLALTAK FIGYELEMBEVÉTELÉVEL TERVEZHETŐ BE.

31. sz.ÁÉV

II-18 FESZÍTETT VASBETON
 TETŐELEM. KATALÓGUS LAP

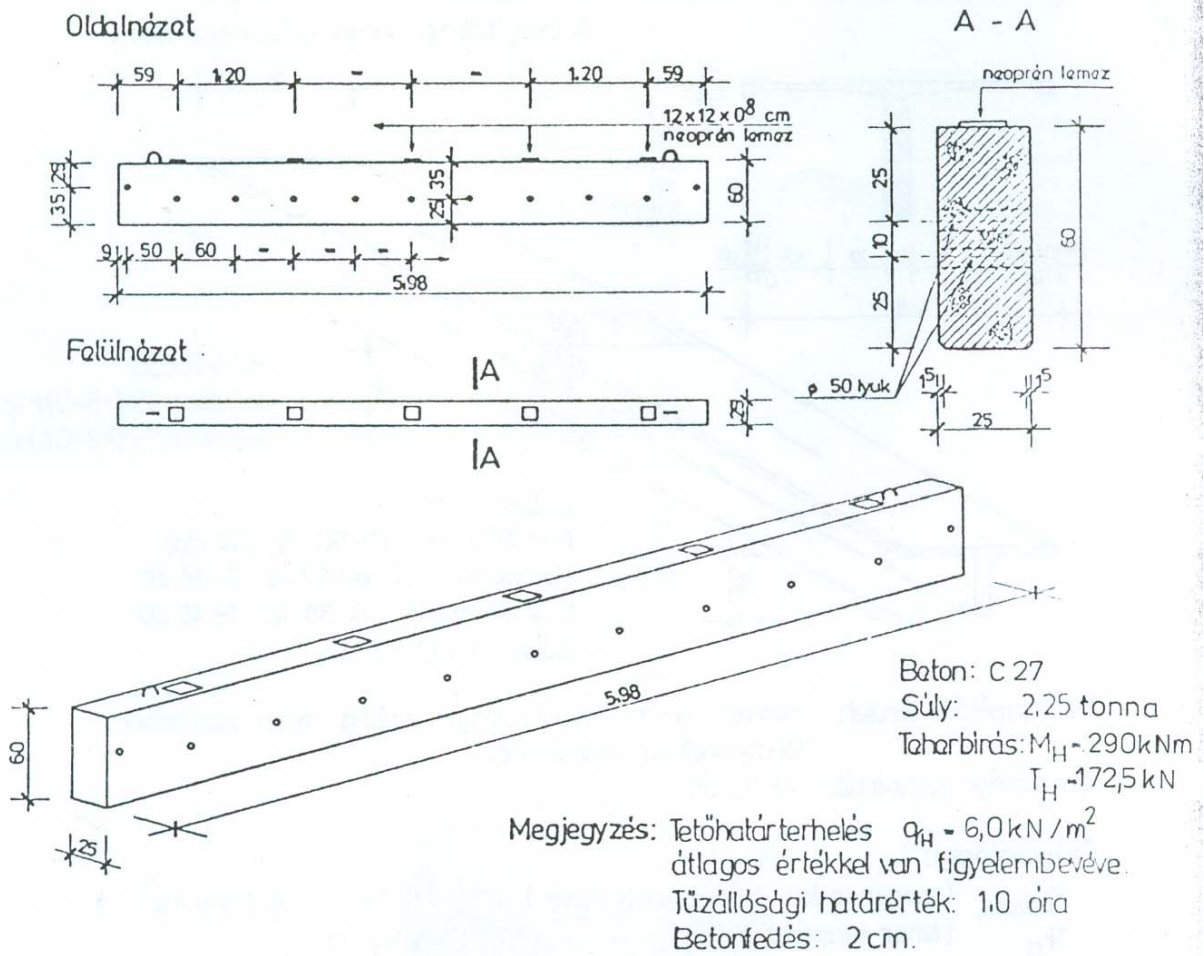


Megjegyzés: A gerendák és oszlopok $q_H = 6,8 \text{ kN/m}^2$ tetőhatárterhelésre vannak méretezve.
Tűzállósági h.é. $T_H = 1,90$ óra.

Beton: C 27
Súly: 4,59 tonna
Teherbírási: $M_H = 440 \text{ kNm}$
 $T_H = 267 \text{ kN}$
 $M_{cs} = 36 \text{ kNm}$

31. sz. ÁÉV

Gsz 6-50/80 GERENDA
KATALÓGUS LAP



31. sz. ÁÉV

Gsz 6-25/60 GERENDA
 KATALÓGUS LAP

4. Közelítő ellenőrző számítások

4.1. Felhasznált szabványok, egyéb szakirodalom

❖ Méretezésmélet	EuroCode-0
❖ Terhek, hatások	EuroCode-1
• Állandó és esetleges terhek	MSZ EN 1991-1
• Daru teher	MSZ ENV 1991-3
❖ Méretezés	EuroCode-2
• Vasbetonszerkezetek	MSZ EN 1992-1
❖ Egyéb szakirodalom	
• Kollár L.:	Vasbetonszerkezetek I., 2003
• Farkas/Huszár/Kovács/Szalai	Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, 2006

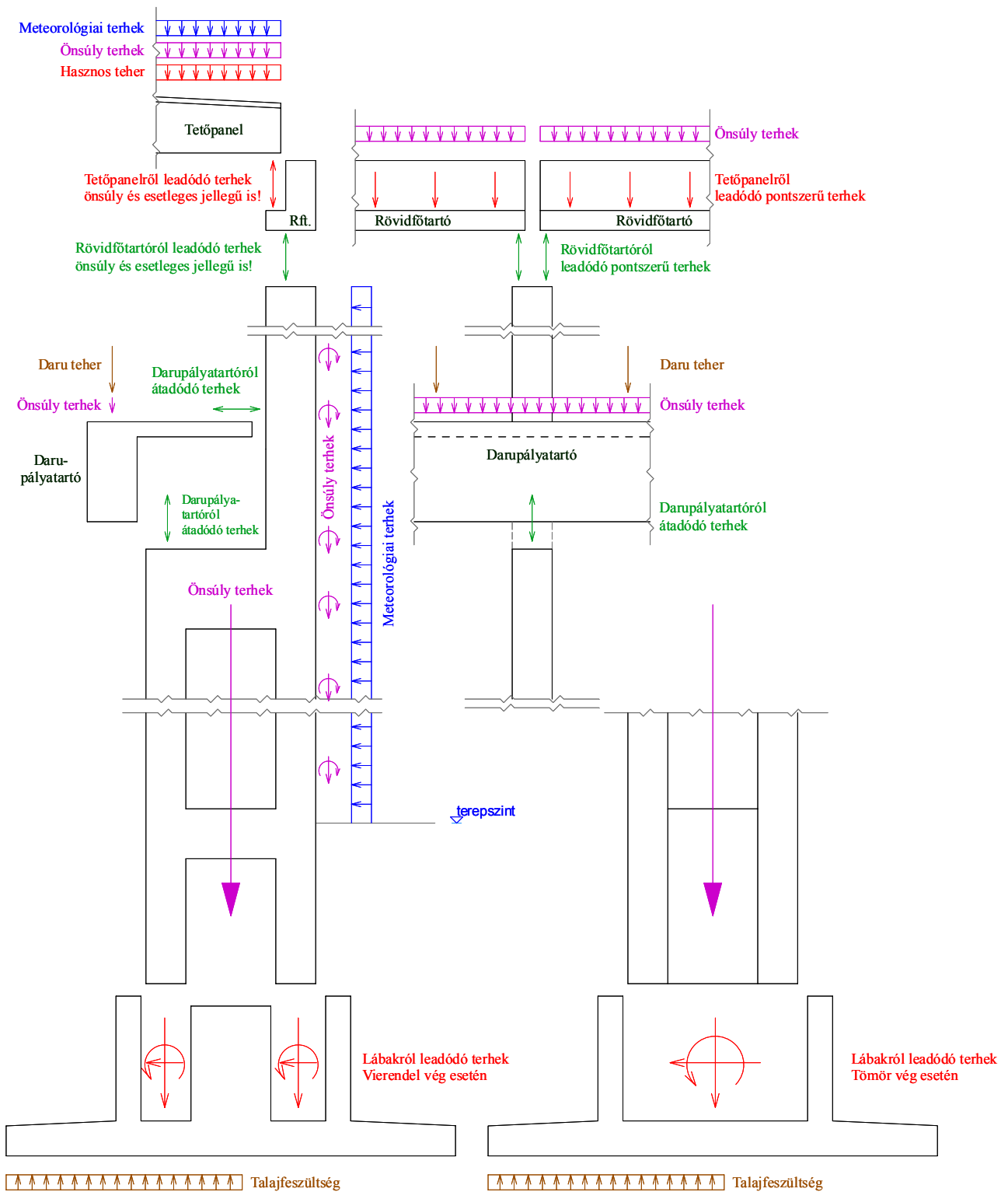
4.2. Rendelkezésünkre álló adatok

- ❖ Az előző pontokban ismertetettek alapján a csarnok általános főállásának geometriai kialakítása már rendelkezésünkre áll.
- ❖ A közelítő statikai számításhoz szükséges alapvető geometriai adatokat részben meghatároztuk, részben pedig az adatlapon megkaptuk (alaprész, metszet), a számítás elkezdhető.
- ❖ A közelítő statikai számítás célja:
 - a felvett geometriai méretek közelítő ellenőrzése,
 - egyszerűsített, könnyen kezelhető, ám mégis viszonylag pontos eredményt szolgáltató módszerekkel, képletekkel.
 - az esetlegesen nem megfelelő kialakítású szerkezeti elemek méretei, így könnyen, relatív kis energiaráfordítás mellett megváltoztathatók, még a részletes számítások előtt.
- ❖ Közelítően ellenőrizendő szerkezeti elemek:
 - tetőpanel,
 - rövid főtartó,
 - darupályatartó,
 - Vierendel oszlop felső és alsó szakasza,
 - Vierendel oszlop kehelyalapja,
 - falvázoszlop,
 - falvázoszlop kehelyalapja.

4.3. Terhek, hatások

- ❖ A közelítő ellenőrzések elvégzéséhez, meg kell határoznunk az egyes szerkezeti elemeket érő hatásokat.
- ❖ Ezt célszerűen az EuroCode szabványsorozat előírásai alapján tesszük meg.
- ❖ A szerkezetet érintő, jelen tervezési feladatban figyelembe vett hatások:
 - állandó jellegű hatások:
 - ✓ tartók önsúlya, pl.: tetőpanel, rövidfőtartó
 - ✓ rétegrend önsúlya, pl.: tető rétegrend
 - ✓ másodlagos szerkezetek önsúlya pl.: falpanel
 - esetleges jellegű hatások:
 - ✓ hasznos terhek, pl.: szerelési teher
 - ✓ daru teher, pl.: emelt teher, ferdénfutás
 - ✓ meteorológiai terhek: pl.: hó- és szélteher
- ❖ Az egyes hatások karakterisztikus- és reprezentatív értékeit az EC1 szerint kell meghatározni.
- ❖ A különböző tehercsoportok (hatáskombinációk) várható értékeit szintén az EC1 szerint kell meghatározni:
 - ideiglenes határállapotban,
 - teherbírasi határállapotban,
 - használhatósági határállapotban.
- ❖ Jelen tervezési feladatban figyelembe nem vett hatások:
 - egyéb esetleges hatások, pl.: hőterhelés
 - rendkívüli hatás pl.: ütközés
 - szeizmikus hatás pl.: földrengés

4.3.1. Teher útja



19. ábra A teher" útja" egy általános főálláson

4.3.2. Állandó hatások

❖ A $G_{k,inf}$ és a $G_{k,sup}$ az állandó hatások 5%-os alsó, és 95%-os felső becslt küszöbértéke, *karakterisztikus értéke*.

❖ Megfelelő adatok hiányában az alábbi összefüggéseket lehet használni:

$$G_{k,inf} = 0,95 G_k$$

$$G_{k,sup} = 1,05 G_k$$

❖ Abban az esetben, ha az állandó hatás relatív szórása nem haladja meg a 10%-ot, és/vagy a G nem az ellenállás oldalon játszik szerepet, a várható érték megegyezik a karakterisztikus értékkel:

$$G_m = G_k$$

❖ Állandó hatás parciális tényezői:

• alsó parciális tényező: $\gamma_{G,inf} = 1,00$ (általában)

• felső parciális tényező: $\gamma_{G,sup} = 1,35$ (általában)

4.3.3. Esetleges hatások

❖ Az esetleges hatás *karakterisztikus értéke* megegyezik a várható értékkel:

$$Q_m = Q_k$$

❖ Az esetleges hatásnak a határállapot igazolásakor alkalmazott értéke, tervezési értéke, a *reprezentatív érték*. Ezek az alábbiak lehetnek:

• karakterisztikus érték: Q_k

• kombinációs érték: $\Psi_0 * Q_k$

• gyakori érték: $\Psi_1 * Q_k$

• kvázi állandó érték: $\Psi_2 * Q_k$

❖ Az egyes esetleges hatásokhoz rendelt Ψ_j értékeket a szabványból lehet meghatározni.

❖ Az esetleges hatások parciális tényezője egységesen:

$$\gamma_Q = 1,50$$

4.3.4. Hatáskombinációk

❖ A teherbírási határállapothoz tartozó hatáskombinációk:

a) *A tartós és ideiglenes tervezési állapothoz, mint alapkombináció:*

$$E_{d1,a} = \Sigma(\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

b) *részletes erőtani vizsgálat esetén általában:*

$$E_{d1,b} = \Sigma(\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

c) *vagy:*

$$E_{d1,c} = \Sigma(\xi_j \gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

ahol

$\gamma_{G,j,\text{sup}} ; \gamma_{G,j,\text{inf}} ; G_{k,j,\text{sup}} ; G_{k,j,\text{inf}}$ - lásd 4.3.2. pontban,
 ξ_j - csökkentő tényező, általában 0,85,
 $\gamma_{Q,j} ; \Psi_{0,j} ; Q_{k,j}$ - lásd 4.3.3. pontban,

❖ A használhatósági határállapothoz tartozó hatáskombinációk:

d) *A terhek karakterisztikus kombinációja:*

$$E_{\text{ser},d} = \Sigma(G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

e) *A terhek gyakori kombinációja:*

$$E_{\text{ser},e} = \Sigma(G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } \Psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

f) *A terhek kvázi-állandó kombinációja:*

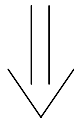
$$E_{\text{ser},f} = \Sigma(G_{k,j,\text{sup}} \text{ „+” } G_{k,j,\text{inf}}) \text{ „+” } \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ahol

$\gamma G_{k,j,\text{sup}} ; G_{k,j,\text{inf}}$ - lásd 4.3.2. pontban,
 $\Psi_{0,i} ; \Psi_{1,i} ; \Psi_{2,i} ; Q_{k,i}$ - lásd 4.3.3. pontban,

4.4. Csarnokot érő hatások meghatározása

- ❖ Az előző pontokban egy rövid áttekintést adtunk a csarnokot érő hatásokról, a hatáskombinációkról.



- ❖ Határozzuk meg a csarnokot érő egyes hatásokat

4.4.1. Állandó hatások, az önsúly

- ❖ Általában önsúly jellegű hatások, melyek föntről lefelé haladva az alábbiak:
 - tető rétegrend önsúlya,
 - tetőpanel önsúlya,
 - lámpatestek önsúlya,
 - rövidfőtartó önsúlya,
 - oszlop önsúlya,
 - falpanelek önsúlya,
 - darupályatartó önsúlya,
 - kehelyalap önsúlya
- ❖ Az egyes elemek, szerkezeti kialakítások geometriai alakjából és a felhasznált anyagok sűrűségéből egyértelműen meghatározhatóak minden esetben.
- ❖ A tartók statikai vázára értelemszerűen kell működtetni az egyes terheket, lásd részletesen az egyes elemek méretezésénél később.

4.4.2. Esetleges hatások, hasznos teher

- ❖ Jelen tervezési feladatban hasznos teher két helyen vehető számításba:
 - tetőpanelon szerelési hasznos teher
 - darupályatartó kezelőjárdáján szerelési hasznos teher
- ❖ Mindkét esetben a szerelési teher várható értéke:
$$Q_k^{\text{szerelési}} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$
- ❖ A közelítő számítás során, azonban mindkét esetben elhanyagoljuk ezeket a hatásokat, mivel
 - tetőpanelon nem járnak, építkeznek a legnagyobb hó esetén, így elegendő a hóteher figyelembevétele,
 - darupályatartóra ható szerelési teher nagysága közel egy nagyságrenddel kisebb, mint a daruteheré, így ezt is jó közelítéssel elhanyagolhatjuk.

4.4.3. Esetleges hatások, hóteher

- ❖ A hóteher tervezési értéke:

$$s_d = \gamma_s s$$

ahol

s a vízszintessel α szöget bezáró tetők vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú hóteher nagysága

$\gamma_s = 1,50$ a hóhatás parciális tényezője

- ❖ A vízszintessel α szöget bezáró tetők vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú hóteher a következő összefüggésekből kell kiszámítani:

$$s = \mu_i C_e C_r s_k$$

ahol

s_k a felszíni hóhatás karakterisztikus értéke, Magyarország területén az alábbi módon számítható:

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

de: $s_k \geq 1,25 \text{ kN/m}^2$ egységesen M.o. területén

ahol

A – a talaj felszínének tengerszint feletti magassága [m]-ben.

C_e a miatti csökkentő tényező, értéke szokásos időjárási viszonyok esetén 1,0. E tényező 1,0-nél kisebb értékeivel vehető figyelembe az erőteljes szél hóhatás csökkentő hatása.

C_t a hőmérsékleti csökkentő tényező, értéke szokásos hőszigetelésű tetők esetén 1,0. E tényező 1,0-nél kisebb értékeivel vehető figyelembe a tetőn keresztüli intenzív hővesztés hóteher csökkentő hatása.

μ_i a hóteher alakító tényezője, $\alpha = 0^\circ$ tetőhajlásszög esetén az értéke 0,8.

- ❖ A hóteher Ψ tényezői:

$$\Psi_0 = 0,6$$

$$\Psi_1 = 0,2$$

$$\Psi_2 = 0$$

4.4.4. Esetleges hatások, szélteher

- ❖ Egy épület adott külső felületére működő szélnyomás tervezési értéke:

$$w_d = \gamma_w w_e$$

ahol

w_e az épület külső felületén működő szélnyomás
 $\gamma_w = 1,50$ a szélteher parciális tényezője

- ❖ Az épület külső felületén működő szélnyomást a következő összefüggésekből kell kiszámítani:

$$w_e = q_{ref} c_e(z_e) c_{pe}$$

ahol

q_{ref} az átlagos torlónyomás, ami egyben a szélhatás karakterisztikus értéke, értékét a következő összefüggésből lehet meghatározni:

$$q_{ref} = \rho/2 v_{ref}^* \quad [\text{kN/m}^2]$$

ahol

ρ - a levegő, tengerszint feletti magasságtól, hőmérséklettől és légköri nyomástól függő sűrűsége, általános esetben értéke $1,25 \text{ kg/m}^3$ -nek tehető fel.

v_{ref} – a szélesség referenciaértéke, Magyarország területén értékét 20 m/s -ra kell felvenni.

a fenti értékeket behelyettesítve, Magyarország területén:

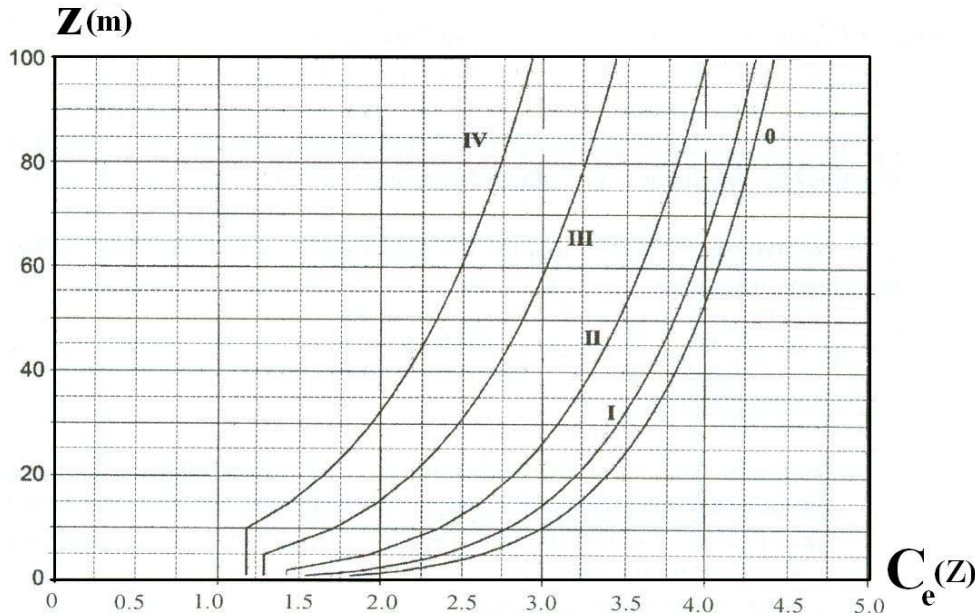
$$q_{ref} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$c_e(z_e)$ a helyszíntényező, melynek értékét a terep tulajdonságai (beépítettségi kategóriák, terep tagoltsága) és a z_e terepszint feletti, ún. referenciamagasság függvényében lehet meghatározni. A szabvány szerinti beépítettségi kategóriákat az alábbi táblázat tartalmazza:

Beépítettségi kategória	
0.	Parti terület, vagy nyílt tenger; mel ki van téve a tenger felől fújó szél hatásának
I.	Tavak, szélirányban legalább 5 km hosszú tó; sima szárazföldi terület, akadályok nélkül
II.	Mezőgazdasági terület kerítésekkel, elszórtan mezőgazdasági építményekkel, házakkal vagy fákkal
III.	Külvárosi, vagy ipari övezet, állandó erdők
IV.	Városi övezet, ahol a földfelület legalább 15%-át olyan épületek fedik, amelyek átlagos magassága legalább 15m.

1. táblázat Beépítettségi kategóriák

- ❖ A helyszíntényező értékét, sík terepen az alábbi grafikon segítségével határozhatjuk meg. (Hegyvidéken, ahol a szélességet a terep tagoltsága jelentősen befolyásolja, egy $c_r(z)$ topográfiai tényezőt is figyelembe kell venni a $c_e(z_e)$ számításakor.



1. diagram Helyszíntényező értékei

- ❖ Az épület függőleges homlokzatára ható szélhatás esetén az EC különböző zónákat definiál, amelyekben a szélnyomás értéke eltérő. Amennyiben a vizsgált oldalfal magassága nem haladja meg a szél irányára merőleges szélességi méretet, elegendő egyetlen szélnyomás-zóna figyelembe vétele. A tervezési feladatban megadott épület méretek esetén ez a feltétel teljesül, ezért egyszerűsítésképpen a számítás során ezt az esetet alkalmazhatjuk. Ekkor a referenciamagasság értéke az épület magasságával vehető egyenlőnek:

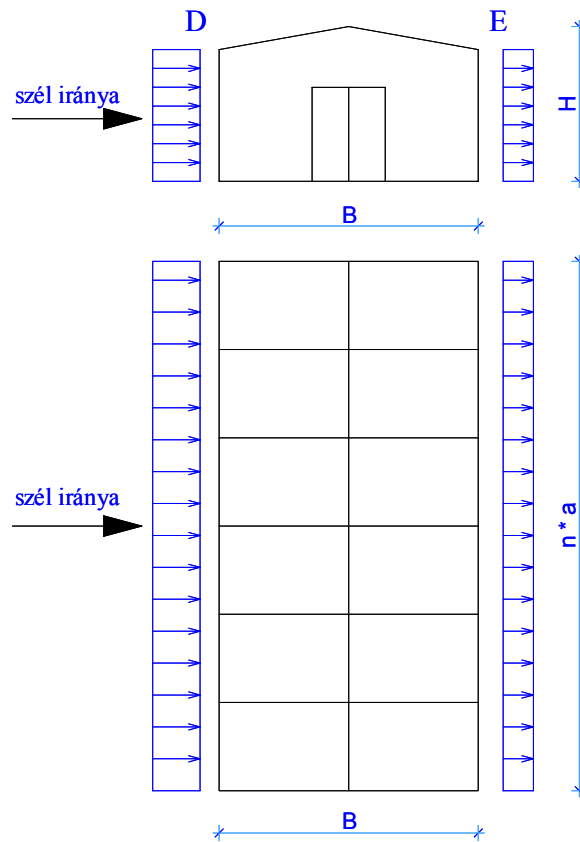
$$z_e = H$$

c_{pe} a külső nyomási tényező, melynek értéke azon A felület függvényében határozható meg, amelyre a szélnyomás (szélszívás) nagyságát meg akarjuk határozni. Az összefüggés a következő:

$$\begin{aligned} c_{pe} &= c_{pe,1} && \text{ha } A \leq 1 \text{ m}^2 \\ c_{pe} &= c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) * \log_{10} A && \text{ha } 1 \text{ m}^2 \leq A \leq 10 \text{ m}^2 \\ c_{pe} &= c_{pe,10} && \text{ha } 10 \text{ m}^2 \leq A \end{aligned}$$

ahol $c_{pe,1}$ illetve $c_{pe,10}$ az $A = 1 \text{ m}^2$ illetve $A = 10 \text{ m}^2$ terhelt felülethez tartozó c_{pe} értékek (a tervezési feladatban megadott épület méretek esetén a $c_{pe,10}$ értéket alkalmazhatjuk).

- ❖ A külső nyomási tényező értékeit tervezési feladatban előforduló esetekre az alábbiakban foglaljuk össze az épület függőleges oldalfalára ható szélteher esetén:



20. ábra A szélteher értelmezése

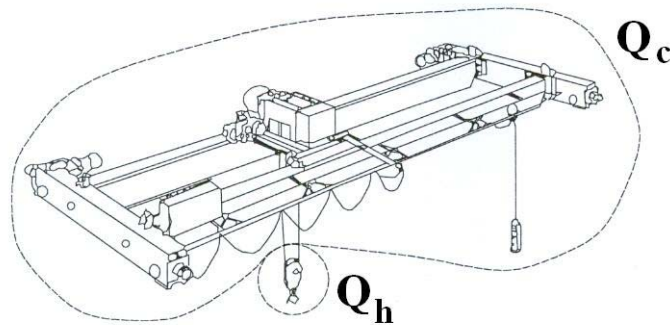
B/H	Zónák jele			
	D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	+0,8	+1,0	-0,5	
5	+0,8	+1,0	-0,7	

2. táblázat A nyomási tényezők értékei

- ❖ A B/H arány közbenső értékeinél lineáris interpoláció alkalmazandó.
- ❖ A szélteher Ψ tényezői:
 - $\Psi_0=0,6$
 - $\Psi_1=0,5$
 - $\Psi_2=0$

4.4.5. Esetleges hatások, daruteher

- ❖ A darupályatartón mozgó emelődaru okozta hatások speciálisak, éppen ezért ezzel a teherrel egy külön fejezet, az EuroCode 1-3 foglalkozik.
- ❖ A daruteher pontos meghatározása meglehetősen nehézkes és hosszadalmas feladat. Így csupán, egy áttekintő, összefoglaló kivonatot adunk a teherfelvételtől, mely alapján a mostani tervezési feladat elkészíthető.
- ❖ A daru mozgása által keltett hatások többirányúak lehetnek, így megkülönböztetünk:
 - függőleges értelmű hatást,
 - hosszirányú vízszintes értelmű hatást, és
 - keresztirányú vízszintes értelmű hatást.



21. ábra A daru általános kialakítása

- ❖ A daru mozgása által keltett hatások az alábbiak lehetnek:
 - daru önsúlya,
 - emelt teher súlya,
 - daruhíd gyorsulásából-lassulásából származó erők,
 - darukocsi gyorsulásából-lassulásából származó oldalerők,
 - ferdén futási erők,
 - szélhatás miatt kialakuló erők (csak szabadban),
 - tesztteher,
 - ütközési erő,
 - elakadási erő.
- ❖ Az előbb felsorolt hatások önmagukban nem alkotják a daruterhet az EuroCode felfogása szerint, hanem azokból ki kell választani az adott szempontból legkedvezőtlenebb teheresetek kombinációját, és a továbbiakban az a kombináció lesz az a hatás, amelyet *darutehernek* tekinthetünk.
- ❖ A meghatározott daruterhet, mint esetleges hatást vehetjük figyelembe a tehercsoportok várható értékének meghatározásánál (Q_j), lásd 4.3.4 pontban.

- ❖ A teherbírási határállapotokhoz tartozó hatáskombinációkba az első 7, a használhatósági határállapotba a 8., a rendkívüli határállapotba pedig a 9. és a 10. csoport tartozik.
- ❖ A daruteher parciális tényezője:
 - ha hatása kedvezőtlen $\gamma_{Q,c.sup} = 1,35$
 - ha hatása kedvező $\gamma_{Q,c.inf} = 1,00$
- ❖ A daruteher ψ tényezői:

$$\Psi_0 = 1,00 \quad \Psi_1 = 0,90 \quad \Psi_2 = 0$$

$$\psi_2 = \text{a daruteher állandó része és a teljes daruteher hányadosa}$$
- ❖ Ha a daruteher egyik alkotóeleme kedvező hatású, a másik pedig kedvezőtlen, akkor az előbbit meg kell szorozni a $\psi_{vec} = 0,8$ tényezővel.
- ❖ Az egyes határállapotokhoz tartozó csoportokat az alábbi táblázat szerint lehet meghatározni (ezeket tekinthetjük egy esetleges hatásnak):

Hatás	Jele	Határállapotnál figyelembe vehető									
		Teherbírási							Használhatósági	Rendkívüli	
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Daru önsúlya	Q_C	v_1	v_1	1	v_4	v_4	v_1	1	v_1	1	1
Emelt teher súlya	Q_H	v_2	v_3		v_4	v_4	v_4	0		1	1
Daruhíd gyorsulása, vagy fékezése	H_L, H_T	v_5	v_5	v_5	v_5				v_5		
Daruhíd ferdén futása	H_S					1					
Darukocsi gyorsulása, vagy fékezése	H_{T3}						1				
Szélerő	F_w	1	1	1	1	1			1		
Tesztteher	Q_T								v_6		
Ütközési erő	H_B									v_7	
Elakadási erő	H_{TA}										1

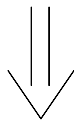
3. táblázat Daruesetek csoportjai és a velük együtt kezelendő dinamikus tényezők egyetlen esetleges jellegű daruteher meghatározásához

- ❖ Az előző táblázatban felhasználandó dinamikus tényezőket az alábbiak szerint kell értelmezni:

Dinamikus tényező	A dinamikus tényező által leírt hatás	Vonatkozó tehereset	Értéke
v_1	A daruszerkezet gerjesztett rezgése a teher földről való felemelésekor	Daru önsúlya	$0,9 \leq v_1 \leq 1,1$
v_2	Az emelt teher a földről a daruszerkezetre való átadódása következtében fellépő dinamikus hatás	Emelt teher súlya	$v_{2,\min} + \beta_2 v_h$
ahol v_h a daru emelési sebessége [m/s]-ban, vegyük fel $v_h = 5$ m/perc $v_{2,\min}$; β_2 a daru csoportjától függő tényezők, vegyük fel $v_{2,\min} = 1,10$; $\beta_2 = 0,24$ <i>(HC2 csoport feltételezésével)</i>			
v_3	Az emelt teher hirtelen elejtéséből származó dinamikus hatás	Emelt teher	$1 - \frac{\Delta_m}{m} (1 + \beta_3)$
ahol β_3 a darukocsi horogkialakításától függő tényező: normál horgos darukocsi esetén értéke 0,5; mágneses, vagy gyors darukocsi esetén értéke 1,0 $\frac{\Delta_m}{m}$ az elengedett teherész és az összes emelt teher önsúlyának aránya, vegyük fel közelítésként 0,9-re.			
v_4	A darupályatartón való folyamatos mozgás közben fellépő dinamikus hatások	A daru önsúlya és az emelt teher	1,0
v_5	A daru (daruhíd és darukocsi) irányváltoztatásaiból származó dinamikus hatások	Oldalerő és fékezőerő	$1,0 \leq v_1 \leq 3,0$
v_6	A tesztteher felemelése és mozgatása közben fellépő dinamikus hatások	Tesztteher	statikus vizsg.: 1,0 dinamikus vizsg.: $\frac{(1+v_2)}{2}$
v_7	Rugalmas hatások ütközéskor a tartóvégen	Ütközési erő	

4. táblázat A dinamikus tényezők értékei

- ❖ Az egyes terhek nagyságát a megfelelő dinamikus tényezővel kell összeszorozni, majd a 3. táblázat szerint képezni kell a különböző csoportokat, melyek eredménye adja a hatáskombinációban egyetlen esetleges teherként figyelembe vehető daruterhet.



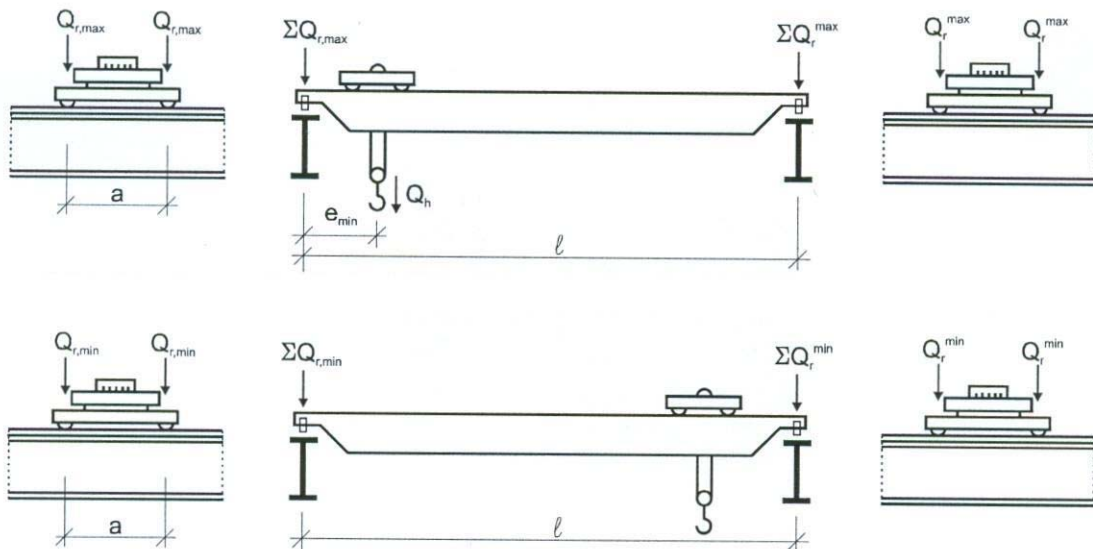
- ❖ Meg kell határozni az egyes terhek nagyságát.

A függőleges terhek

- ❖ A függőleges teher lehet (lásd 21. ábrán):
 - daru önsúlya G_{daru}
 - emelt teher súlya Q_H
- ❖ A függőleges terhek nagyságát a gyártó cég adatai alapján kell meghatározni. Ezek általában csak az egyes keréknyomási adatokat tartalmazzák, melyek természetesen tartalmazzák mindkét említett hatást.
- ❖ A tervezési feladatban, az egyes keréknyomási értékeket a mellékletként kiadott daru-táblázatból kell kivenni (K1-K4). Az EuroCode1 a keréknyomási terheket nem a táblázat szerinti „K” jelöléssel kezeli, hanem azokat Q_r -rel jelöli. A továbbiakban mi is ezt a jelölésrendszert fogjuk használni.
- ❖ Az EuroCode1 szerinti jelölések értelmezése

Teher jele	A teher értelmezése
$Q_{r,\max}$	az egy kerékről átadódó legnagyobb erő <i>(Fontos megjegyezni, hogy a szabvány általában az egy darupályatartóra jutó terheket azonosnak tekinti, azaz egyazon darupályatartó felett lévő két kerékről ugyanakkora erő adódik át, K1=K2)</i>
Q_r^{\max}	az előző teherrel egyidejűen egy kerékről a másik darupályatartóra átadódó erő
$\Sigma Q_{r,\max}$	az egy darupályatartóra eső $Q_{r,\max}$ erők összege
ΣQ_r^{\max}	az egy darupályatartóra eső Q_r^{\max} erők összege
$Q_{r,\min}$	egy kerékről átadódó legkisebb erő
Q_r^{\min}	az előző teherrel egyidejűen egy kerékről a másik darupályatartóra átadódó erő
$\Sigma Q_{r,\min}$	az egy darupályatartóra eső $Q_{r,\min}$ erők összege
ΣQ_r^{\min}	az egy darupályatartóra eső Q_r^{\min} erők összege

5. táblázat A függőleges erők EC1 szerinti jelölése és értelmezése



22. ábra A függőleges terhek EC1 szerinti jelölése

- ❖ A tervezési feladathoz kiadott daru-adatlap K1-K4 jelű oszlopai az egyes keréknyomásokat adják meg.
- ❖ A darupályatartó közelítő ellenőrzése során azokat ajánlott felhasználni a mértékadó leterhelés készítésekor.
- ❖ Azonban a további erők nagyságának meghatározásához szükségünk lesz az egyes, táblázatban nem szereplő erőkre is. Így azokat közelítően meg kell határoznunk.
- ❖ Hiányzik a $Q_{r,min}$ és Q_r^{min} érték. Feltételezhetjük, hogy az első és a hátsó darutengelyeken ugyanakkora erők adódnak át, ezért ha $Q_{r,max}$ és Q_r^{max} értékeket beszorozzuk

$$\lambda = \frac{G_{daru}}{2(Q_{r,max} + Q_r^{max})} \text{ hányadossal}$$

jó közelítésként megkapjuk Q_r^{min} és $Q_{r,min}$ értékeket.

A fékezőerő

- ❖ Ha a darukocsi nem a daruhíd közepén helyezkedik el, akkor a daruhíd gyorsulásából és fékezéséből kialakulhat:
 - hosszirányú és
 - keresztirányú erő.
- ❖ A fékezőerő nagyságát és irányát továbbá az is befolyásolja, hogy mely kerekek vannak meghajtva (fékezve). A jelenleg forgalomban lévő daruk többségének kerekei egyedi meghajtást kapnak.
- ❖ A számítás során meg kell határozni, hogy mekkora a K meghajtási erő, a kerekek egyedi meghajtásának feltételezésével.
- ❖ A meghajtási erő az alábbi képlet alapján határozható meg:

$$K_1 + K_2 = \mu \cdot \sum Q_{r,min} = \mu \cdot m_w \cdot Q_{r,min}$$

ahol

μ súrlódási tényező a darukerék és a sín között. Értéke 0,5 gumi, illetve 0,2 acél esetén.

m_w a meghajtott darukerekek száma (2db)

- ❖ A hosszirányú fékezőerő karakterisztikus értéke az alábbi képletből számítható:

$$H_L = \frac{\sum K}{n_r}$$

ahol

$\sum K$ K_1+K_2 , lásd előbb
 n_r a darupályatartók száma.

- ❖ A keresztirányú fékezőerők karakterisztikus értékének meghatározása a következőképpen történik a két darupályatartóra:

$$H_{T,1} = \xi_1 \cdot \sum K \cdot l \cdot \frac{(\xi_1 - 0,5)}{a} \quad \text{illetve}$$

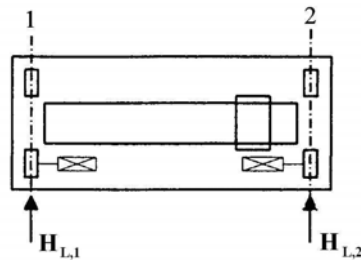
$$H_{T,2} = \xi_2 \cdot \sum K \cdot l \cdot \frac{(\xi_1 - 0,5)}{a}$$

ahol

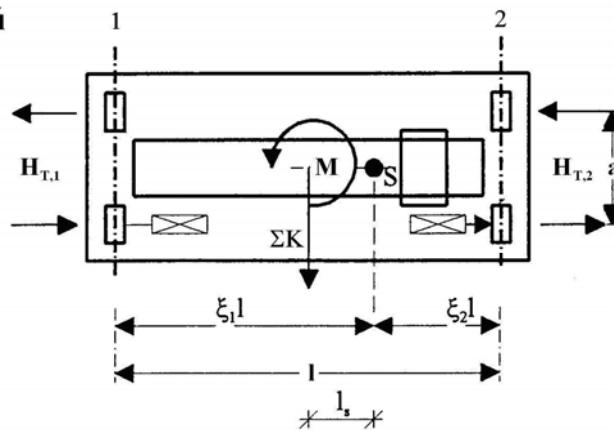
$\sum K$ K_1+K_2 , lásd előrébb,
 l és 2 darupályatartókat jelöli,
 l daru támaszköze,
 a darukerekek távolsága,
 ξ_1 és ξ_2 erőosztók, melyeket a következő képletekkel számolhatunk

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,max}}{\sum Q_{r,max} + \sum Q_r^{max}} \quad \text{és} \quad \xi_2 = 1 - \xi_1$$

**hosszirányú
fékezőerő**



**keresztirányú
fékezőerő**



23. ábra A kereszt- és a hosszirányú fékezőerők

Az oldallökő erő

- ❖ Az oldallökő erő a *darukocsi* gyorsulásából és fékezéséből alakul ki. Számításának elve megegyezik a fékezőerő számításával.
- ❖ Általában a daru egyik tengelyére szimmetrikus, ez általában a hossz tengelye, így kizárólag a darupályatartó tengelyére merőleges irányú erők keletkeznek a darukocsi mozgásából.
- ❖ Az egy darupályatartón futó kerekeken azonos nagyságú és irányú oldallökő erők alakulhatnak ki, melyet az alábbi képlet szerint számolhatunk ki:

$$H_{T,3} = \frac{\mu \cdot \eta_{wc} \cdot G_{kocsi}}{n_r}$$

ahol

G_{kocsi} a darukocsi súlya, jelen esetben vegyük fel 1,5 tonnára,

μ súrlódási tényező, lásd előző pontban,

n_r a darupályatartók száma,

η_{wc} a daru hajtott kerekeinek aránya, azaz

$$\eta_{wc} = \frac{\text{hajtott} \cdot \text{ker} \cdot \text{ek} \cdot \text{száma} \cdot (2db)}{\text{összes} \cdot \text{ker} \cdot \text{ék} \cdot \text{száma} \cdot (4db)}$$

A befeszülési erő

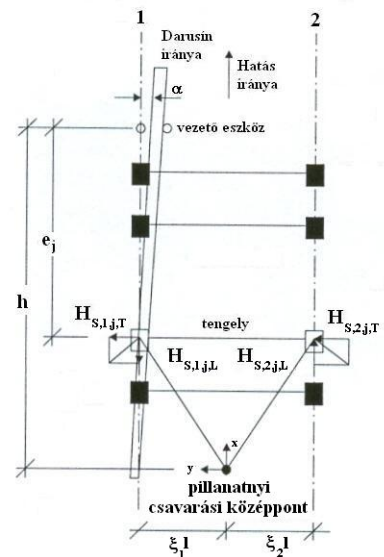
- ❖ A számítás során feltételezzük, hogy a daruhíd oldalirányban a darusínhez hozzá van erősítve egy ún. megvezető eszközzel, mely lehet:
 - az első kerék, ha mindkét oldalán karimás,
 - az összes kerék, ha mindkét oldalukon karimásak,
 - külön erre a célra kifejlesztett kiegészítő eszköz.

- ❖ Általában az feltételezhető, hogy az elől futó kerekek karimásak.

- ❖ Tengelyenként összesen négy különböző erőt kell meghatározni:

- $H_{S,1,j,T}$ és $H_{S,2,j,T}$ oldalirányú vízszintes erők,
- $H_{S,1,j,L}$ és $H_{S,2,j,L}$ hosszirányú vízszintes erők

- ❖ A megvezető eszközre az összes keresztirányú vízszintes erő eredője hat.



24. ábra A befeszülési erők

- ❖ A befeszülési erő nagysága többek között a következő tényezőktől függ:
 - A darukerekek egymáshoz viszonyított mozgásától, amelyek a szabvány jelöléseinek megfelelően lehetnek:
CFF, CFM, IFF, IFM

ahol

<i>C</i>	a kerekek össze vannak kötve
<i>I</i>	a kerekek nincsenek összekötve
<i>FF</i>	a kerekek mereven kapcsolódnak a tengelyhez
<i>FM</i>	csak az egyik kerék kapcsolódik mereven a tengelyhez, a másik szabadon mozog.

Javasoljuk az iFF feltételezését a tervezési feladatban.

 - Az emelt tehernek a pillanatnyi csavarási középponthoz viszonyított aktuális helyzetétől, a megvezető eszköz kialakításától és helyétől, valamint a daru geometriai kialakításától.

- ❖ A daruk nagy többségének nincs külön kiképzett megvezető eszköze, hanem ezt a funkciót a darukerekek mindkét oldalán lelő nyomkarimák biztosítják.

- ❖ A tervezési feladatban az alábbi feltételezéseket tesszük a részletes adatok hiányában (*a további levezetéseket ezek figyelembevételével végezzük el*):
 - darupályatartónként 2–2 kerék van,
 - a hátsó kerekek egyenkénti meghajtással rendelkeznek (IFF),
 - az első kerekek nyomkarimásak,
 - az első és hátsó kerekek közötti távolságot *a*-val jelöljük.

- ❖ Az egyes erőkomponensek általánosan az alábbi módon számíthatók ki:

$$H_i = f \cdot \delta_s \cdot \sum Q_{r,max}$$

- ❖ A megvezető eszközre ható erőkomponensek pedig:

$$S_i = f \cdot \delta_s \cdot \sum Q_{r,max}$$

ahol

δ_s	erőkomponens (daru) jellegétől függő tényező,
$\sum Q_{r,max}$	lásd 5. táblázat,
f	az alábbi képletből határozható meg: $f = 0,3 \cdot (1 - e^{-250 \cdot \alpha}) \leq 0,3$

ahol

α	a daru tengelyének ferdesége a sínhez képest, legnagyobb megengedett értéke 0,015 radián (<i>ezt tételezzük fel: 0,293°</i>)
----------	--

- ❖ Az egyes darucsoportokra különböző formulákat ad meg az EC1, az egyszerűsítés miatt ezeket nem ismertetjük részletesen, csupán a feltételezett darucsoportnak megfelelő eljárást mutatjuk be.

- ❖ A feltételezett daru kialakításai és a megtett feltételezések miatt δ_s meghatározását az alábbi módon tehetjük meg:

- a daru pillanatnyi csavarási középpontjának és a megvezető távolsága ($e_1=0$; $e_2=a$; $m=0$):

$$h = \frac{\sum e_i^2}{e_i} = \frac{a^2}{a} = a$$

- δ_s értékei meghatározhatók (IFF) a különböző erőkomponensekre:

$$\delta_s = 1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h}$$

$$\delta_{s,1,j,L} = 0 ; \delta_{s,2,j,L} = 0$$

$$\delta_{s,1,j,T} = \frac{\xi_2}{n} \cdot \left(1 - \frac{e_j}{h}\right) ; \delta_{s,1,j,T} = \frac{\xi_1}{n} \cdot \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$$

ahol

ξ_1 ; ξ_2 erőosztók, lásd fékezőerő számításánál,
 e_j a vizsgált tengely távolsága a megvezető eszköztől,
 n összes tengely száma (2db)

- ❖ Mindezek felhasználásával az egyes erőkomponensek kiszámíthatók:

- megvezető szerkezetre ható erő értéke:

$$S_1 = f \cdot \left(1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h}\right) \cdot \sum Q_{r,max} = f \cdot \left(1 - \frac{a}{2 \cdot a}\right) \cdot \sum Q_{r,max}$$

- első kerekre ható erők értékei:

$$H_{S,1,1,T} = \frac{\xi_1}{n} \cdot f \cdot \sum Q_{r,max} \quad , \quad \text{illetve} \quad H_{S,2,1,T} = \frac{\xi_2}{n} \cdot f \cdot \sum Q_{r,max}$$

$$H_{S,1,1,L} = 0 \quad , \quad \text{illetve} \quad H_{S,2,1,L} = 0$$

- ❖ A bal első nyomkarimánál ható erő nagysága ezek szerint:

$$S_{1,bal} = S_1 - H_{S,1,1,T}$$

A tesztteher

- ❖ A tesztteher nagyságát az alábbiak szerint kell meghatározni:

- dinamikus tesztteher:

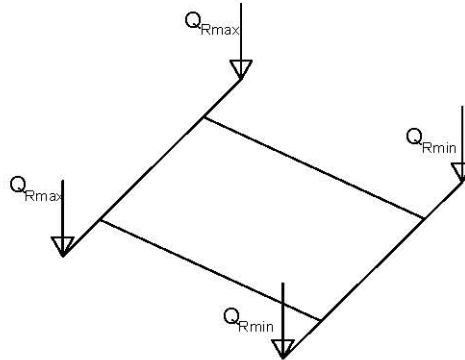
$$Q_{T,din} \geq 1,1 \cdot Q_H$$

- statikus tesztteher:

$$Q_{T,stat} \geq 1,25 \cdot Q_H$$

- ❖ A két teher esetén a velük kezelendő dinamikus tényezők értéke más és más, részletesen lásd 4. táblázatban.

4.4.6. Daruteher számítása, számpélda

Fékező- és gyorsítóerő meghatározása:

- egy kerékből átadódó legnagyobb erő:

$$\max_T := 72.5 \text{ kN}$$

$$Q_{R\max} := \max_T$$

- az előző teherrel egyidejűen egy kerékről a másik darupályatartóra átadódó erő:

$$\min_T := 17.5 \text{ kN}$$

$$Q_{R\min} := \min_T$$

- a daru teherbírása:

$$Q_h := 10 \cdot 10 \text{ kN}$$

$$Q_h = 100 \text{ kN}$$

- a daru önsúlya:

$$G := 2 \cdot (Q_{R\max} + Q_{R\min}) - Q_h$$

$$G = 80 \text{ kN}$$

- egy kerékből átadódó legkisebb erő:

$$Q_{r\min} := \frac{(Q_{R\max} \cdot G)}{2 \cdot (Q_{R\max} + Q_{R\min})}$$

$$Q_{r\min} = 32.222 \text{ kN}$$

- az előző teherrel egyidejűen egy kerékről a másik darupályatartóra átadódó erő:

$$Q_{r\min1} := \frac{(Q_{R\min} \cdot G)}{2 \cdot (Q_{R\max} + Q_{R\min})}$$

$$Q_{r\min1} = 7.778 \text{ kN}$$

$$2 \cdot (Q_{r\min} + Q_{r\min1}) = 80 \text{ kN}$$

Fékező és gyorsítóerő meghatározása :

- súrlódási tényező :

$$\mu := 0.2$$

- a meghajtott kerekek száma :

$$m_w := 2$$

- meghajtóerő :

$$K := \mu \cdot m_w \cdot Q_{r\min1}$$

$$K = 3.111 \text{ kN}$$

- daupályatartók száma :

$$n_T := 2$$

- hosszirányú fékezőerő :

$$H_L := \frac{K}{n_T} \quad H_L = 1.556 \text{ kN}$$

$$\xi_1 := \frac{(2 \cdot Q_{Rmax})}{2 \cdot (Q_{Rmax} + Q_{Rmin})} \quad \xi_1 = 0.806$$

$$\xi_2 := 1 - \xi_1 \quad \xi_2 = 0.194$$

- a darukerekek távolsága :

$$a := 4.0 \text{ m}$$

- a daru támaszköze :

$$l := 20 \text{ m}$$

- keresztirányú fékezőerő :

$$H_{T1} := \xi_1 \cdot K \cdot l \cdot \frac{(\xi_1 - 0.5)}{a} \quad H_{T1} = 3.829 \text{ kN}$$

$$H_{T2} := \xi_2 \cdot K \cdot l \cdot \frac{(\xi_1 - 0.5)}{a} \quad H_{T2} = 0.924 \text{ kN}$$

Oldallökő erő meghatározása:

- a darukocsi becsült súlya :

$$G_C := 15 \text{ kN}$$

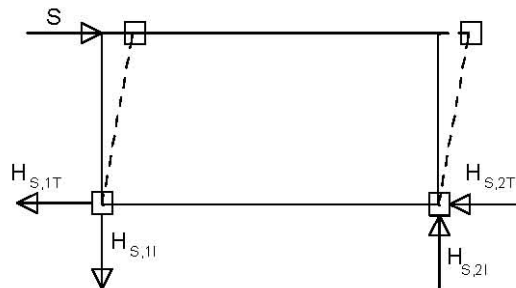
- a darukocsi meghajtott kerekei es összes kereke számának hányadosa :

$$\eta_{wc} := 0.5$$

$$H_{TO} := \mu \cdot \eta_{wc} \cdot \frac{G_C}{n_T} \quad H_{TO} = 0.75 \text{ kN}$$

Ferdén futásból származó erő:

iFF rendszerű daru esetén :



$$\alpha := 0.015 \text{ rad}$$

$$f := 0.3 \cdot (1 - \exp(-250 \cdot \alpha)) \quad f = 0.293$$

$$m_f := 0 \quad (\text{összekötött kerek szám}) \quad e_1 := 0 \quad e_2 := 4$$

$$n := 2 \quad (\text{tengelyek száma})$$

$$h := \frac{(e_1 + e_2)^2}{e_2} \quad h = 6.09 \text{ m}$$

$$\lambda_s := 1 - \frac{(e_1 + e_2)}{n \cdot h} \quad \lambda_s = 0.5$$

- a megvezetőre ható S erő :

$$S := f \cdot \lambda_s \cdot 2 \cdot Q_{Rmax} \quad S = 21.238 \text{ kN}$$

- az első kerekre ható oldalirányú erők :

$$\Pi_{S1T} := \frac{\xi_1}{n} \cdot f \cdot 2 \cdot Q_{Rmax} \quad \Pi_{S1T} = 17.109 \text{ kN}$$

$$H_{S2T} := \frac{\xi_2}{n} \cdot f \cdot 2 \cdot Q_{Rmax} \quad H_{S2T} = 4.13 \text{ kN}$$

Dinamikus tényező:

- a tehernek a felemelésekor gerjesztett rezgése:

$$\phi_1 := 1.1$$

- az emelt tehernek a földről a daruszerkezetre való átadódása következtében fellépő dinamikus hatása:

$$\beta_2 := 0.34 \quad \phi_{2min} := 1.1 \quad v_h := \frac{6}{60}$$

$$\phi_2 := \phi_{2min} + \beta_2 \cdot v_h \quad \phi_2 = 1.134$$

- az emelt teher hirtelen elengedéséből származó dinamikus hatás:

$$\beta_3 := 0.5$$

$$\phi_3 := 1 - 0.9 \cdot (1 + \beta_3) \quad \phi_3 = -0.35$$

- a darupályatartón történő haladás közben fellépő dinamikus hatás:

$$\phi_4 := 1$$

- a daru irányváltatásából származó dinamikus hatás:

$$\phi_5 := 1.5$$

- a tesztteher felemelése és mozgatása közben fellépő dinamikus hatás:

$$\text{statikus vizsgálatnál:} \quad \phi_{61} := 1$$

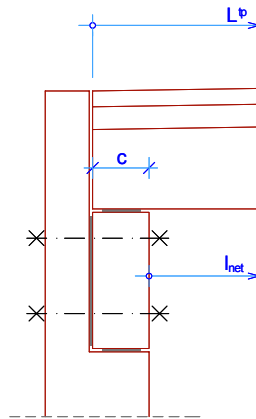
dinamikus vizsgálatnál:

$$\phi_{62} := \frac{(1 + \phi_2)}{2} \quad \phi_{62} = 1.067$$

4.5. Tetőpanel közelítő ellenőrzése

4.5.1. Tetőpanel geometriai adatai, statikai váz

- ❖ A tetőpanel (T, vagy II) teljes hosszát, az egyes csomóponti kialakítások függvényében, már a közelítő méretfelvétel során meghatároztuk (L^p).



25. ábra A tetőpanel hossza és a feltámaszkodási hossz

- ❖ A főállás szimmetriája miatt, a c feltámaszkodási hossz a tetőpanel mindkét végén egyenlő, és ha a feltámaszkodás alatt egyenletes feszültségeloszlást tételezünk fel, akkor a tetőpanel statikai vázának hossza (l_{eff}) az alábbi képletből határozható meg:

$$l_{eff} = l_{net} + \frac{c_1 + c_2}{2}$$

- ❖ A statikai vázat kéttámaszú gerendaként vesszük fel.

4.5.2. Tetőpanel anyagjellemzői

- ❖ A tervezési feladatban tipizált elemeket alkalmazunk, a gyártó által kiadott adatlap rendelkezésünkre áll. Ebben a tetőpanel minden főbb anyagjellemzője rendelkezésünkre áll, ezeket nem nekünk kell meghatározni.
- ❖ A tervezési feladatban csak a közelítő számításban ellenőrizzük a tetőpanelt, így az adatlapon szereplő anyagjellemzőkre nincs szükségünk, csak a tartó megadott teherbírására.

4.5.3. Tetőpanelre ható erők és hatáskombinációk

- ❖ A tetőpanelre ható egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - önsúly az adatlapon egy adott elem önsúlya (G_a) rendelkezésünkre áll (l_a), ebből és az alkalmazandó elemünk hosszából (L^p) egy egyszerű arány felállításával az alkalmazott elem önsúlya közelítően meghatározható:

$$\sim G^p = G_a \cdot \frac{L^p}{l_a}$$

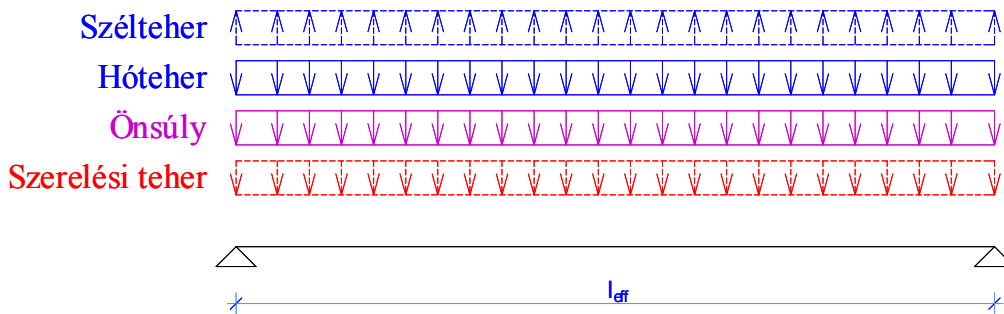
- rétegrend a tetőpanelon elhelyezendő teljes rétegrend súlyát az egyes rétegek vastagságából és fajsúlyából kell meghatározni:

$$G^{rg} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot \rho_i \quad [\text{kN/m}^2]$$

ahol

- t_i az egyes rétegek vastagsága,
- ρ_i az egyes rétegek fajsúlya,

- ❖ A tetőpanelre ható egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - szerelési teher lásd 4.4.2. pontban *(nem vesszük figyelembe)*
 - hóteher lásd 4.4.3. pontban
 - szélteher lásd 4.4.4. pontban *(nem vesszük figyelembe, mert a szélnyomás elhanyagolhatóan kicsi!)*

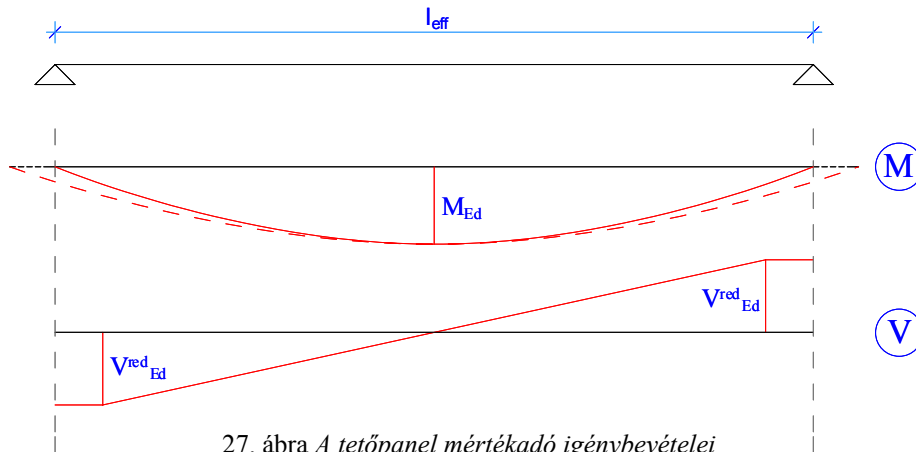


26. ábra A tetőpanelre ható erők (a szaggatottakat nem vesszük figyelembe)

- ❖ Az egyes figyelembe vett hatások karakterisztikus értékeit meghatároztuk, majd képezzük a teherbírasi határállapothoz tartozó a), b) és c) jelű hatáskombinációkat, a 4.3.4. pont szerint.
- ❖ Továbbá meg kell határozni a használatosi határállapothoz tartozó e), f) és g) jelű hatáskombinációkat, szintén a 4.3.4. pont szerint.

4.5.4. Tetőpanel közelítő ellenőrzése

- ❖ A mértékadó tehercsoport várható értékéből meghatározzuk a tetőpanelre ható erők M_{Ed} , illetve V^{red}_{Ed} tervezési értékeit.



27. ábra A tetőpanel mértékadó igénybevételei

- ❖ Ezek után következhetne a keresztmetszeti méretek és alkalmazott acélmennyiségek közelítő ellenőrzése szilárdságtani alapon, azonban mivel tipizált elemet alkalmazunk a tartó hajlítási- és nyírási teherbírása rendelkezésünkre áll a gyártói adatlapon (M_{Rd} ; $V_{Rd,s}$).
- ❖ Mindösszesen annyi most a dolgunk, hogy összehasonlíjuk a tervezési értékeket a teherbírasi értékekkel, azaz a tartó megfelel ha:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \text{ illetve } V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$$

- ❖ A tervezési feladatban, mellékletként csak egy-egy tetőpanel adatlapját adtuk meg (*adott hosszúsággal, adott keresztmetszettel, adott teherbírással*), ha ettől különböző tartót tervezünk be, természetesen az adatok nem *érvényesek*.
- ❖ Ha nem a kiadott elemek egyikét terveztük be, akkor az adatlapon szereplő adatok alapján a tartó nem ellenőrizhető le, ekkor két dolgot tehetünk:
 - olyan elemet tervezünk be, melynek teherbírasi adatai rendelkezésünkre állnak, így elvégezhető az ellenőrzés, vagy
 - feltételezzük, hogy elegendő csupán az igénybevételek tervezési értékének meghatározása, mert azokat leadjuk a gyártó cégnek, aki erre készít egy *megfelelő teherbírású* elemet.
- ❖ Ez utóbbi valójában egy „idilli” állapotot feltételez, de jobb híján most (és csakis most) megteesszük.
- ❖ **Fontos megjegyeznünk**, hogy a további elemek közelítő ellenőrzésénél a tetőpanelről leadódó akcióerők tervezési értékeire is szükségünk lesz, azokat célszerű már most kiszámítani mind teherbírasi, mind használhatósági határállapotban.

4.6. Rövidfőtartó közelítő ellenőrzése

4.6.1. Rövidfőtartó geometriai adatai, statikai váz

- ❖ A rövidfőtartó geometriai méreteit már szintén meghatároztuk a méretfelvételek során.

- ❖ A rövidfőtartó szerkezeti hossza általában az alábbi módon határozható meg:

$$L^{ft} = a_t - (2 \cdot 1cm) \quad [m]$$

ahol

a_t a főállások tengelytávolsága.

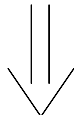
- ❖ A statikai vázat szintén kéttámaszúként vehetjük fel, illetve hosszát már az előzőekben említett képlettel tudjuk meghatározni (l^{ft}_{eff}).

4.6.2. Rövidfőtartó anyagjellemzői

- ❖ A tervezési feladatban két eshetőség áll fenn:

- tipizált elemet, vagy
- egyedi elemet tervezünk be.

- ❖ Ha ez előbbit tettük meg, akkor már előző pontban leírtakat használhatjuk ismét azaz, hogy a gyártó cég által megadott adatokat használjuk fel. Ebben az esetben egy meglévő tipizált elemet kell betervezni, és annak az adatlapját megszerezni.



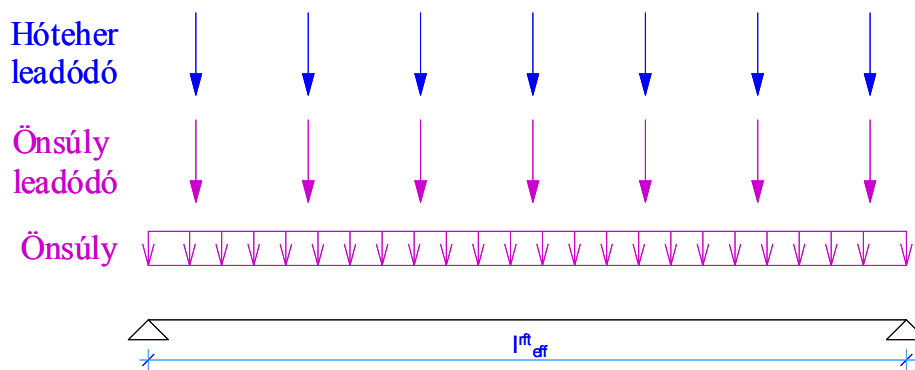
- ❖ Aki ezt a változatot választja, annak kötelező a betervezett elem adatlapját csatolnia a feladatához, és az abban megadott adatoknak megfelelően elvégezni az ellenőrző számítást.

- ❖ Az utóbbi esetben viszont nekünk kell az anyagjellemzőket és a geometriai adatokat, és természetesen a vasalási paramétereket meghatároznunk.

- Beton: minimum **C20** szilárdsági jelű
- Betonacél: **S500B** jelű

4.6.3. Rövidfőtartóra ható erők és hatáskombinációk

- ❖ Az egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - gerenda önsúlya: *vonal mentén megoszló*
 - egyedi gerenda esetén a geometriai adatok és a beton feltételezett térfogatsúlya alapján egyértelműen számítható, vagy
 - tipizált elem esetén az adatlapból kivehető.
 - leadódó önsúly: *pontszerűen ható*
 - a tetőpanelről leadódó panel önsúly és rétegrend önsúly, értékeit előzetesen már meghatároztuk mind teherbírási, mind használhatósági állapotban.
 - a pontszerűen leadódó erők pontos helyét meg kell határoznunk, annak figyelembevétele mellett, hogy milyen tetőpanelt alkalmaztunk (*I* – egy erő; *II* – kettő erő).
- ❖ Az egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - leadódó hóteher: *pontszerűen ható*

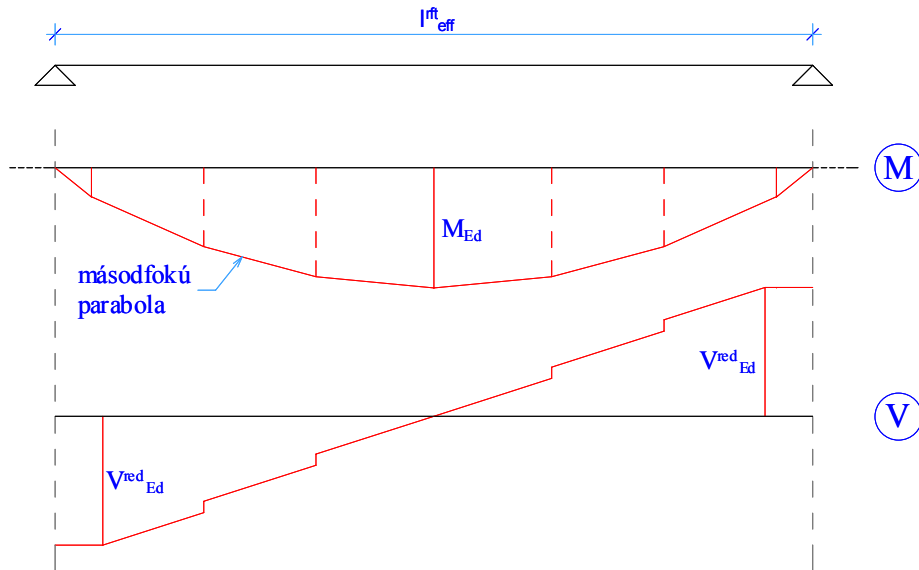


28. ábra A rövidfőtartóra ható erők

- ❖ Ha az egyes figyelembe vett hatások karakterisztikus értékeit meghatároztuk, képeznünk kell a teherbírási- és a használhatósági határállapothoz tartozó hatáskombinációkat, a 4.3.4. pont szerint.

4.6.4. Rövidfőtartó közelítő ellenőrzése

- ❖ A mértékadó tehercsoport várható értékéből meghatározzuk a rövidfőtartóra ható erők M_{Ed} , illetve V^{red}_{Ed} tervezési értékeit.
- ❖ **Fontos:** Abban az esetben, ha „L” keresztmetszetű rövidfőtartót terveztünk, a leadódó függőleges erőkből csavarónyomaték (T_{Ed}) is keletkezik a tartón, melynek tervezési értékét szintén meg kell határozni.



29. ábra A rövidfőtartó mértékadó igénybevételei

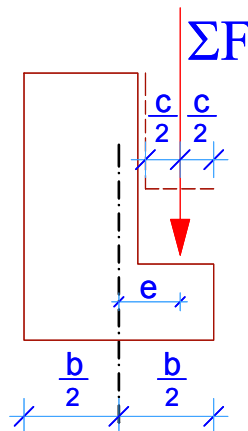
- ❖ A csavarónyomaték tervezési értéke, a leadó erők, és azok hatásvonalának a keresztmetszet csavarási középpontjától mért távolságának szorzataként állítható elő. Azonban ehhez a keresztmetszet csavarási középpontjának pontos helyét meg kellene határozniuk (I_1 ; I_2 ; C_{12}), mely a közelítő számítások során igencsak nehézkessé válhat.
- ❖ A T_{Ed} csavarónyomaték tervezési értékét, így az alábbi képlettel lehet közelítően meghatározni:

$$T_{Ed} = \sum F \cdot e$$

ahol

ΣF
 e

a leadó erők értéke,
az erő hatásvonalának és a keresztmetszet csavarási középpontjának közelítő távolsága, mely meghatározható az ábra szerint:



30. ábra A csavarónyomaték közelítő számítása

- ❖ A rövidfőtartó keresztmetszeti méreteinek közelítő ellenőrzése során az alábbi egyenlőtlenségeket kell teljesítenünk teherbírasi határállapotban:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} ; V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \quad \text{valamint}$$

$$T_{Rd} \geq T_{Ed} ; \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0 \quad (\text{ha van csavarás})$$

- ❖ Tipizált elem esetén: természetesen az előbbi egyenlőtlenségek ellenőrzése a gyártói adatlapon megadott teherbírasi értékekkel történhet.
- ❖ Egyedi elem esetén: az ellenőrzések során elegendő az alábbi egyszerűsített egyenlőtlenségeket kimutatni a tartóra:

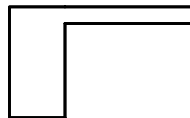
$$M_0 \geq M_{Ed} ; \text{ illetve } V_{Rd2} \geq V_{Ed}$$

4.7. Darupályatartó közelítő ellenőrzése

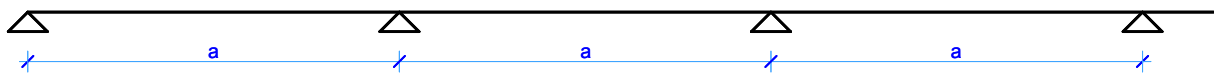
4.7.1. Darupályatartó geometriai adatai, statikai váz

- ❖ A darupályatartó geometriai méreteit már szintén meghatároztuk a méretfelvételek során.
- ❖ A statikai vázat azonban ennél a szerkezeti elemnél többtámaszú folytatólagos tartóként vehetjük fel, a megtámasztások egymástól mért távolsága megegyezik a főállások tengelytávolságával ($l_{eff}^p = a$).

Darupályatartó keresztmetszete



Darupályatartó statikai váza



31. ábra A darupályatartó statikai váza

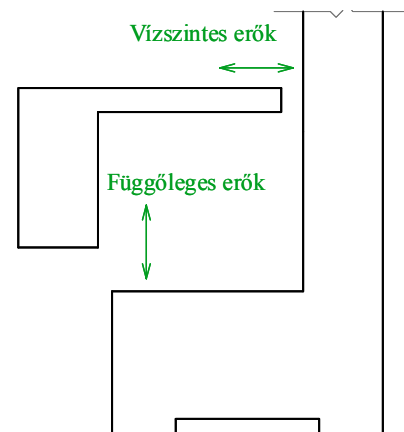
4.7.2. Darupályatartó anyagjellemzői

- ❖ Az anyagjellemzőket az alábbiak figyelembevételével határozzuk meg.
 - Beton: minimum **C20** szilárdsági jelű
 - Betonacél: **S500B** jelű

4.7.3. Darupályatartóra ható erők és hatáskombinációk

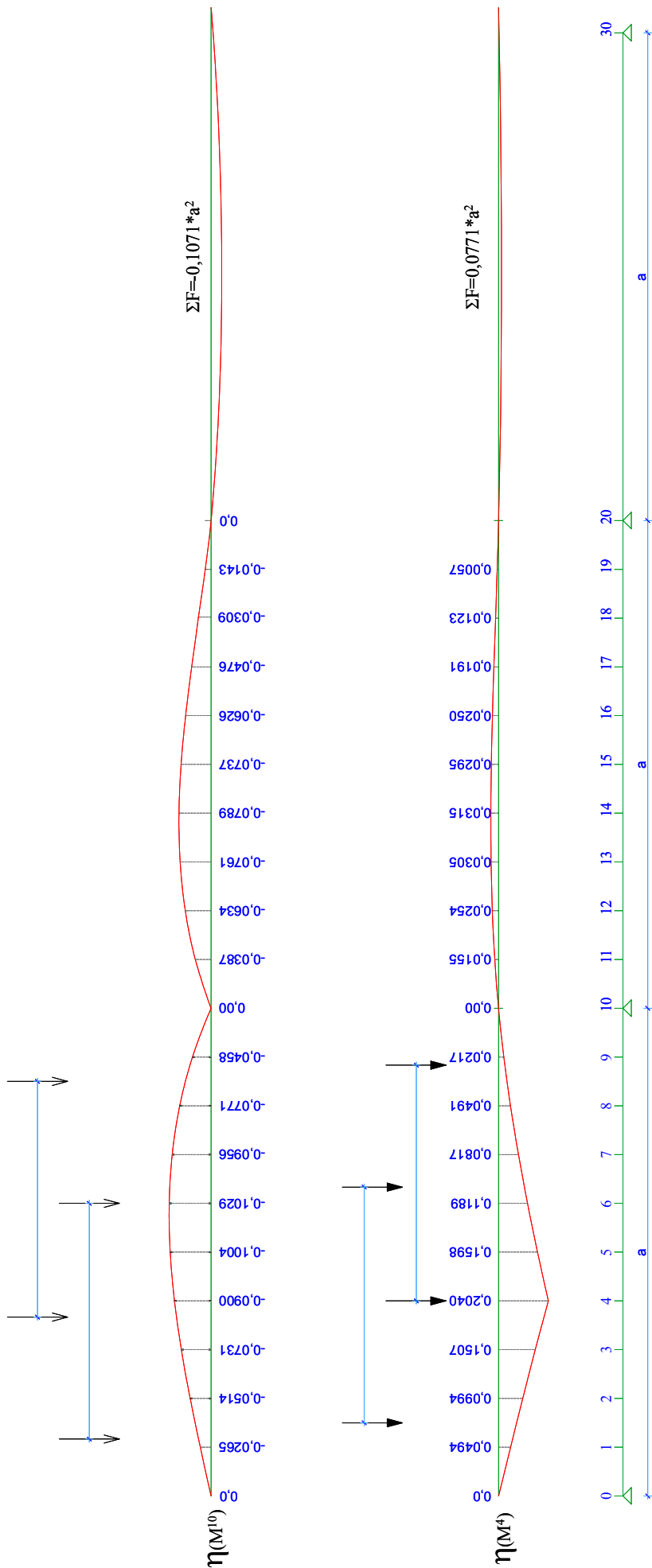
- ❖ Az egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - tartó önsúlya: a felvett geometriai adatok és a beton feltételezett térfogatsúlya alapján egyértelműen számítható (*vonal mentén megoszló*).
- ❖ Az egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - hasznos teher: a szerelőjárdán hat, azonban értéke nagyságrenddel kisebb, mint a daruteheré, így közelítésképpen elhanyagolhatjuk, hiszen nem közlekedik senki a járdán, ha a daru mozog.
 - daruteher: meghatározását részletesen lásd 4.4.5. pontban, jellege azonban az eddigi hatásoktól eltér, hiszen ugyan pontszerűen adódik át a kerekeken, azonban helyzete nem rögzített, állandóan változik.
- ❖ Ha az egyes figyelembe vett hatások karakterisztikus értékeit meghatároztuk, képeznünk kell a teherbírasi- és a használhatósági határállapothoz tartozó hatáskombinációkat, a 4.3.4. pont szerint.

- ❖ Ne feledkezzünk meg arról, hogy a daruteher nem csak függőleges értelmű lehet, hanem vízszintes is. A különböző erők, különböző helyen adódnak át:

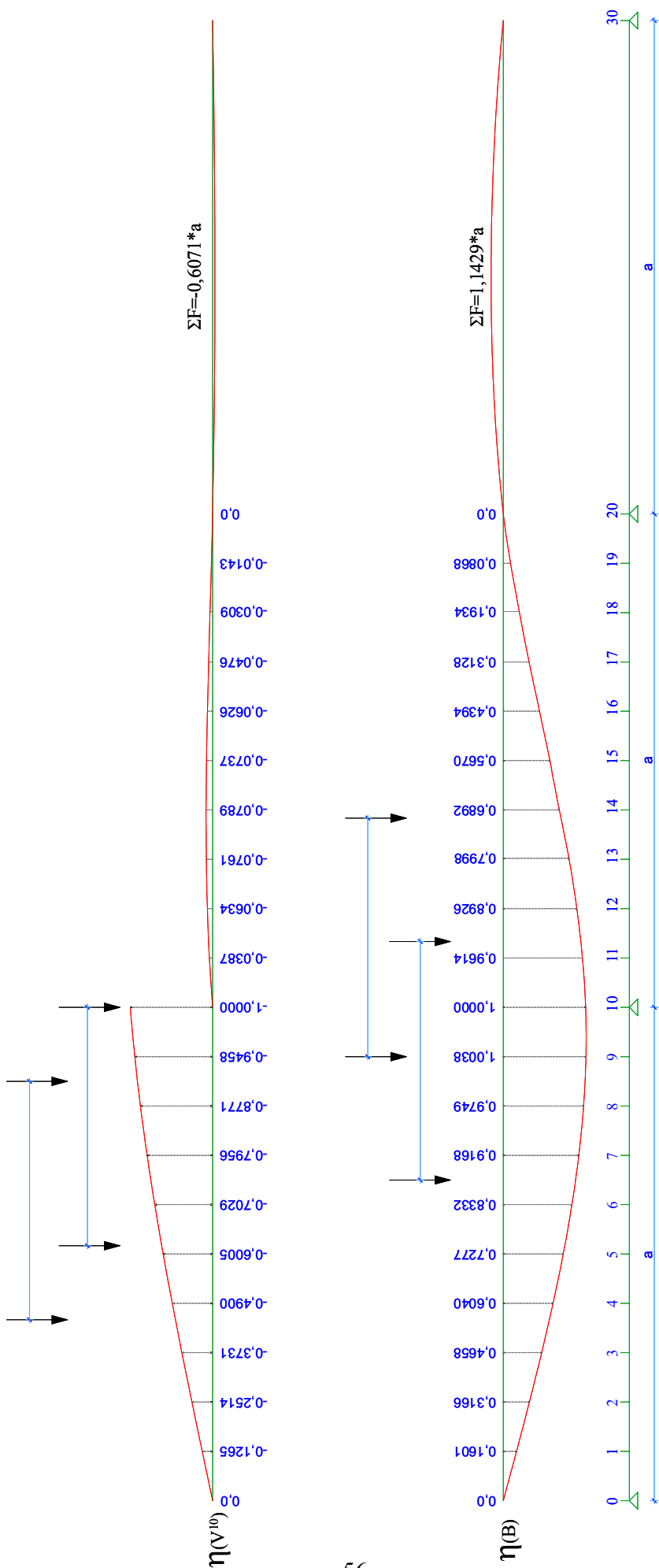


32. ábra A darupályatartóról átadódó erők

- ❖ A daruteherből származó mértékadó igénybevételek értékeit hatásábrákból tudjuk meghatározni.
- ❖ Szükségünk lesz az ellenőrzés során a függőleges daruteherből:
 - nyomaték tervezési értékére támaszközépen $M^A_{Ed,f}$
 - nyomaték tervezési értékére támasz felett $M^{l0}_{Ed,f}$
 - nyíróerő tervezési értékére támasz felett $V_{Ed,f}$
- ❖ A vízszintes daruteherből:
 - nyomaték tervezési értékére támaszközépen $M^A_{Ed,v}$
 - nyomaték tervezési értékére támasz felett $M^{l0}_{Ed,v}$
- ❖ A darupályatartóról a Vierendel oszlopra átadódó akcióerők (*vízszintes és függőleges*) nagyságát szintén hatásbra-leterhelésből tudjuk meghatározni.



Darupálytartó hatásábrái I.



Darupálytartó hatásábrái II.

❖ A hatásábrák használata:

• pontszerű teher esetén:

A terheket úgy kell elhelyezni a hatásábra leterhelésekor, hogy ha az erők tervezési értékeit megszorozzuk a hatásábra aktuális ordinátájával, akkor a legnagyobb értéket kapjuk. Természetesen két erőt kell elhelyezni a hatásábra felett, hiszen egyidejűleg két teher hat egy darupályatartóra. Ezeket a terheket összegezni kell.

• megoszló teher esetén:

Minden egyes hatásábrán feltüntettük a megoszló teherre érvényes képletet is, az ezzel számolt értéket a pontszerű teherből számított értékekkel összegezni kell.

❖ Példa: a „4” keresztmetszetben a mértékadó nyomaték nagysága a függőleges hatásokból:

$$M_{Ed,f}^4 = (\eta_4^{Q1} \cdot Q_1 + \eta_4^{Q2} \cdot Q_2) + 0,0771 \cdot a^2 \cdot g_{dp}^{terv}$$

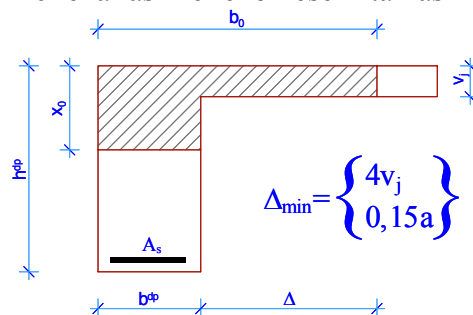
ahol

η_4^{Q1}	az „1” jelű kerék alatti hatásábra ordináta értéke,
η_4^{Q2}	az „2” jelű kerék alatti hatásábra ordináta értéke,
$Q_1; Q_2$	a darukerekekről leadódó hatások tervezési értékei teherbírasi határállapotban,
g_{dp}^{terv}	a darupályatartó önsúlyának tervezési értéke teherbírasi határállapotban.

4.7.4. Darupályatartó közelítő ellenőrzése

Teherbírasi határállapotok ellenőrzése

❖ A darupályatartó keresztmetszeti méreteit különböző helyeken, és különböző irányú hatásokra kell ellenőrizni.

❖ Az ellenőrzés a már tanult vasbeton-szilárdságtani képletek felhasználásával történik (*vetületi és nyomatéki egyensúlyi egyenletek*).❖ Nyomatéki ellenállás ellenőrzése támaszközépen („4”) függőleges hatásokra:

33. ábra Nyomatéki ellenőrzés függőleges hatásra, támaszközépen

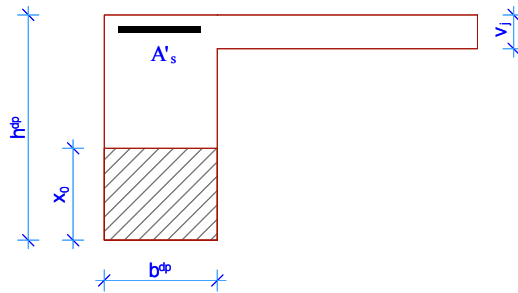
Ellenőrzés:

$$M_{Ed,f}^4 \leq M_{0,f}^4$$

ahol $M_{0,f}^4$

a keresztmetszet csak húzott vasalással számított maximális nyomatéki teherbírása

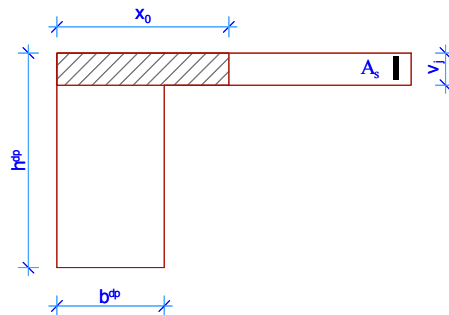
- ❖ Nyomatéki ellenállás ellenőrzése támasz felett („10”) függőleges hatásokra:



34. ábra Nyomatéki ellenőrzés függőleges hatásra, támasz felett

Ellenőrzés: $M_{Ed,f}^{10} \leq M_{0,f}^{10}$

- ❖ Nyomatéki ellenállás ellenőrzése („10” és „4”) vízszintes hatásokra:



35. ábra Nyomatéki ellenőrzés vízszintes hatásokra

Ellenőrzés: $M_{Ed,v}^4 \leq M_{0,v}^4$
 $M_{Ed,v}^{10} \leq M_{0,v}^{10}$

- ❖ Nyírás ellenállás ellenőrzése („10”) függőleges hatásokra:

Ellenőrzés: $V_{Ed,f} \leq m_b \cdot V_{Rd,max}$

ahol

m_b a fáradást közelítően figyelembe vevő módosító tényező, értékét vegyük fel 0,7-re.
 $V_{Rd,max}$ a nyomott beton rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó erő

- ❖ Méretezés fáradásra: EC szerint a fáradást okozó ismétlődő terhet (Q_{fat}), a fáradást nem okozó terhek gyakori kombinációjával kell egyidejűleg feltételezni:

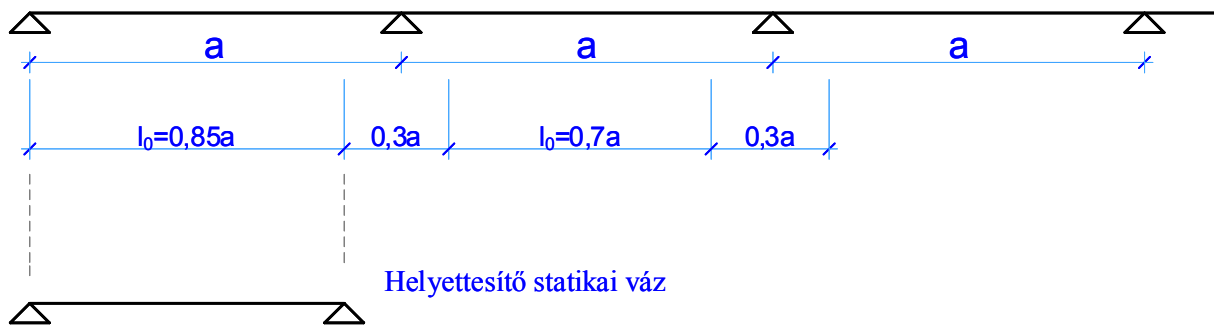
$$E_{ser,e} = \{ \Sigma (G_{k,j,sup} \text{ „+” } G_{k,j,inf}) \text{ „+” } \Psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ „+” } \Sigma \Psi_{2,i} Q_{k,i} \} \text{ „+” } Q_{fat}$$

- ❖ Ebben a feladatban a darupályatartó fáradási vizsgálatát nem kell elvégezni, azonban fontos megjegyezni, hogy ezt egyéb esetben kötelezően meg kell tennünk!

Alakváltozások ellenőrzése

- ❖ A darupályatartó **lehajlásának** közelítő ellenőrzését szintén el kell végeznünk.
- ❖ A szerkezet lehajlását és elfordulását a kvázi-állandó kombinációnak megfelelő teher hatására kell megvizsgálni, lásd 4.3.4. pont szerinti f kombinációt.
- ❖ A folytatólagos többtámaszú kialakítása miatt a lehajlások közelítő meghatározását egy helyettesítő gerendán végezzük el. A helyettesítő gerenda keresztmetszeti méretei megegyeznek a darupályatartó keresztmetszeti méreteivel, míg statikai vázát a feltételezett nyomatéki nullpontok között vesszük fel az alábbi ábra szerint:

Darupályatartó statikai váza



36. ábra Többszámszű tartó nyomatékú nullpontjainak meghatározása

- ❖ A helyettesítő statikai vázra működtetjük a darupályatartóra ható terheket.
- ❖ Meghatározzuk a lehajlást:
 - a koncentrált hatásokból daruteher e_{daru}
 - a vonalmentén megoszló hatásokból önsúly $e_{\text{öns}}$
- ❖ A mértékadó lehajlás közelítő nagysága az előbbi két érték összegeként adódik (e_{max}).
- ❖ A legnagyobb lehajlás $e_{\text{eng}} = L/500$ –ban korlátozandó.
- ❖ A szerkezet lehajlásra közelítően megfelel, ha:

$$e_{\text{max}} \leq e_{\text{eng}}$$

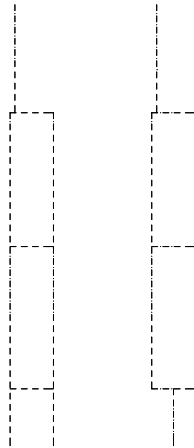
- ❖ A darupályatartó alakváltozásainak ellenőrzése során a tartó legnagyobb elfordulását (φ_{max}) is meg kell határoznunk, hiszen a daru mozgása miatt arra is előírunk korlátozásokat (φ_{eng}).
- ❖ A tartó elfordulásra közelítően megfelel, ha:

$$\varphi_{\text{max}} \leq \varphi_{\text{eng}}$$

4.8. Oszlop közelítő ellenőrzése

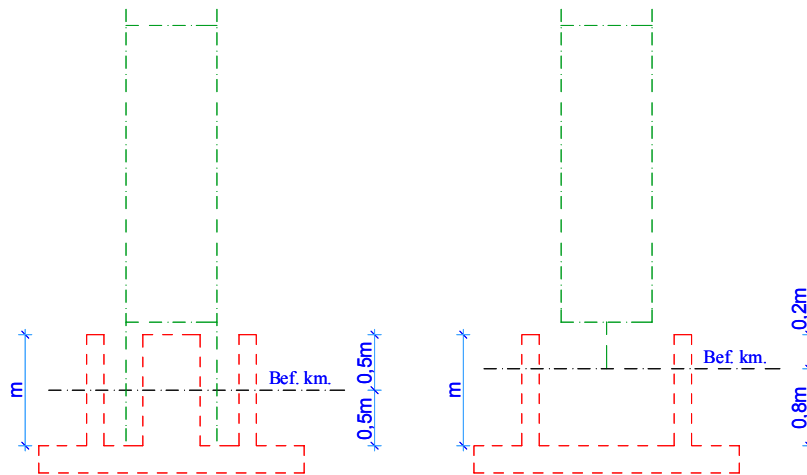
4.8.1. Oszlop geometriai adatai, statikai váz

- ❖ Az oszlop geometriai méreteit már szintén meghatároztuk a méretfelvételek során.
- ❖ A statikai vázat az egyes szerkezeti egységek tengelyében kell felvenni:



37. ábra Vierendel oszlop lehetséges statikai vázai

- ❖ A befogási keresztmetszet helyét, azaz az alsó végét a statikai váznak, az alábbi ábra szerint kell meghatározni az oszlop alsó kialakításának függvényében:



38. ábra Vierendel oszlop befogási keresztmetszete

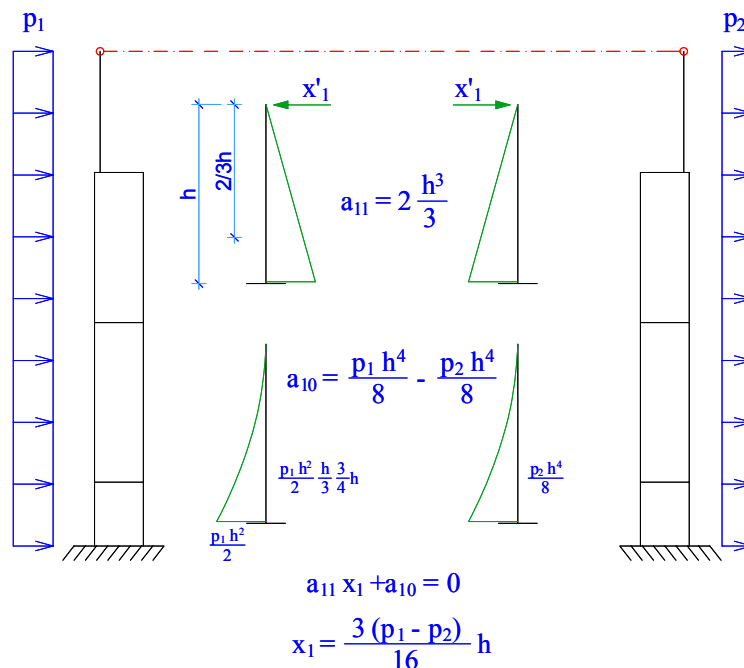
- ❖ Nem szabad megfeledkezni arról, hogy a tetőpanelek egy főállásban lévő, szimmetrikusan elhelyezkedő Vierendel oszlopok felső részét összekötik, megtámasztják. Ezt ún. kapcsolati erőkkel vesszük figyelembe.

4.8.2. Oszlop anyagjellemzői

- ❖ Ajánlott szilárdsági jellemzők:
 - Beton: minimum **C20** szilárdsági jelű
 - Betonacél: **S500B** jelű

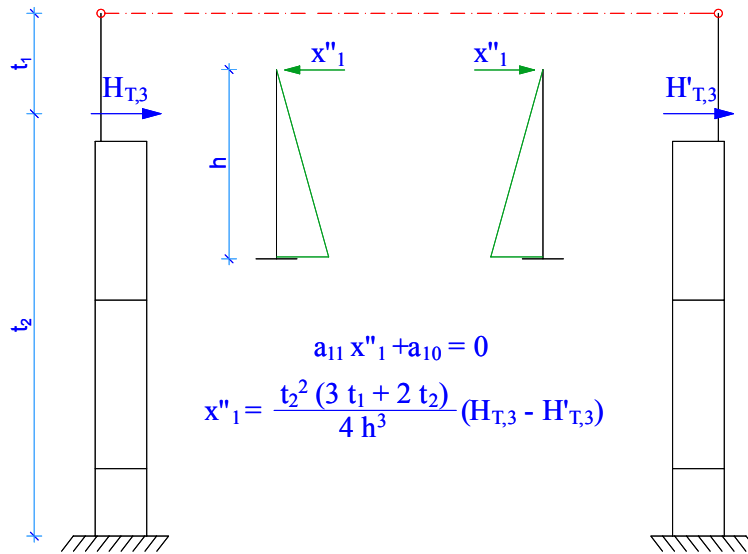
4.8.3. Oszlopra ható erők és hatáskombinációk

- ❖ Az egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - oszlop önsúlya: *vonala mentén megoszló*
 - a geometriai adatok és a beton feltételezett térfogatsúlya alapján egyértelműen számítható.
 - leadódó önsúly: *pontszerűen ható*
 - a rövidfőtartóról leadódó önsúly jellegű terhek
 - a darupályatartóról leadódó önsúly jellegű terhek
 - falpanel önsúlya: az esetlegesen betervezett fálváz-oszlopok és a csomóponti kialakítások függvényében számítható, esetleg tipizált szendvicspanel adatlapjáról
- ❖ Az egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - leadódó hőteher: *pontszerűen ható (függőleges)*
 - átadódó szélteher: *vonala mentén megoszló (vízszintes)*
 - leadódó daruteher: *pontszerűen hat (függőleges és vízszintes)*
- ❖ Kapcsolati erők a vízszintes értelmű hatásokból számíthatók, erőmódszer segítségével:
 - Szélteherből:



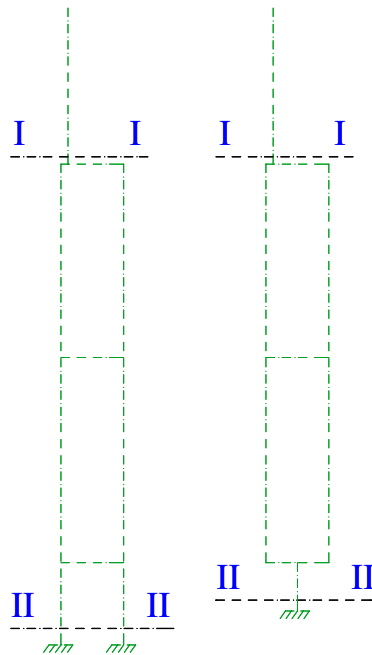
39. ábra Kapcsolati erő a szélteherből

- Vízszintes daruteher (*oldallökő erő és ferdén futás*):



40. ábra Kapcsolati erő a daruteherből

- ❖ Egyes figyelembe vett hatások karakterisztikus értékeit meghatároztuk, képeznünk kell a teherbírasi- és a használhatósági határállapothoz tartozó hatáskombinációkat, a már ismert a 4.3.4. pont szerint.
- ❖ A tervezési feladat során két különböző helyen kell vizsgálni a Vierendel oszlopot. A keresztmetszetekben külön-külön meg kell határozni a mértékadó igénybevételek nagyságát.
 - I-I jelű keresztmetszet: a felső oszlop alsó keresztmetszetében
 - II-II jelű keresztmetszet: a befogási keresztmetszetben



41. ábra Vizsgálandó oszlop-keresztmetszetek

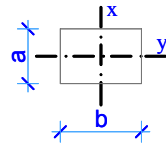
4.8.4. Vierendel oszlop kihajlási hosszának meghatározása keretsíkban

- ❖ Általános oszlop méretezésénél szükségünk van az oszlop kihajlási hosszára (l_0).
- ❖ Ennek meghatározása tömör keresztmetszetű oszlopok során nem ütközik különösebb nehézségekbe, ha ismerjük a megtámasztási viszonyokat, lásd következő pontban a keretsíkra merőleges kihajlási hosszok meghatározásánál.
- ❖ A Vierendel oszlop keretsíkban változó keresztmetszetű (merevségű), hiszen felső része tömör, alsó része keretjellegű. Ennek megfelelően a két különböző szakaszra két különböző kihajlási hossz határozandó meg.
- ❖ Egy Vierendel oszlop kihajlási hosszának meghatározása az alábbi módon tehető:

- Felső tömör keresztmetszetű szakasz (I_1 ; v_1):

Táblázat segítségével, lineáris interpolációval az alábbi segédmennyiségek felhasználásával:

I_1 felső rész inercianyomatéka keretsíkban (x-x)



I_2 alsó szakasz helyettesítő inercianyomatéka keretsíkban (x-x), mely az alábbi módon határozható meg:

$$I_2 = \frac{I_x}{1 + \frac{m}{8 + n^2}}$$

ahol

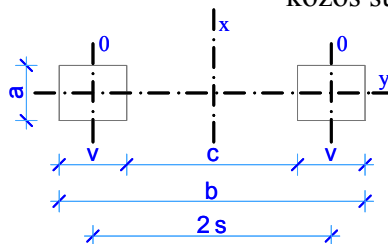
I_x a két oszlopláb közös inercianyomatéka az x-x tengelyre:

$$I_x = 2 \cdot (I_0 + A_0 \cdot s^2)$$

I_0 egy láb inercianyomatéka a saját 0-0 tengelyére,

A_0 egy láb keresztmetszeti területe,

s egy láb súlypontjának távolsága a közös súlyponttól

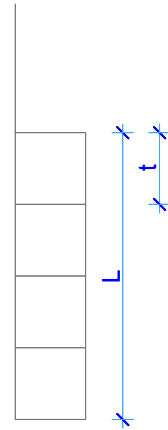


42. ábra Vierendel keresztmetszet

m inercianyomatékok aránya,

$$m = \frac{I_x}{I_0}$$
 n geometriai arány, az ábra szerint

$$n = \frac{L}{t}$$



A fenti inercianyomatékok segítségével, és a mellékelt táblázatban szereplő erők (P1;P2) értelemszerű meghatározásával a felső oszlop kihajlási hossza meghatározható (l_1 ; ν_1).

Fontos: A táblázat segítségével az alsó, keretjelleű oszlopszakasz kihajlási hossza NEM határozható meg.

- Alsó keretjelleű szakasz (l_{02}):
Az EuroCode egyértelmű számítási módszert ad meg a Vierendel-szerkezetű, illetve rácsos kialakítású oszlopok redukált karcsúságának meghatározására:

$$\left(\frac{l_{02}}{h} \right)_{red} = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{\lambda_{red}}{3,46} \cong \frac{\lambda_{red}}{3}$$

ahol

l_{02} a Vierendel oszlop kihajlási hossza keretsíkban,
 h egy oszlopláb hatékony magassága (d),
 λ_{red} redukált karcsúság, mely az alábbi képletekkel számolható ki:

$$\lambda_{red} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_0^2}, \text{ ahol}$$

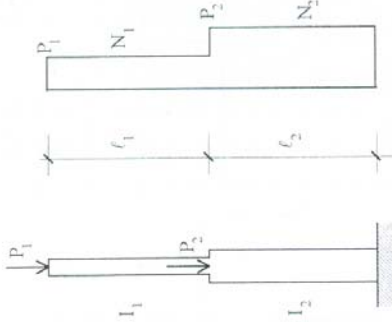
$$\lambda_x = \frac{l_0}{i_x} \Leftarrow i_x = \sqrt{\frac{I_x}{2 \cdot A_0}};$$

$$\lambda_0 = \frac{t}{i_0} \Leftarrow i_0 = \sqrt{\frac{I_0}{A_0}};$$

az egyes változók magyarázatát, lásd feljebb.

Az ismertetett képletekkel a Vierendel oszlop II-II jelű keresztmetszeténél a kihajlási hossz (l_{02}) közvetett módon meghatározható.

Változó keresztmetszetű rúd kihajlási hosszai



$$\ell_{0,1} = v_1 \cdot \ell_1$$

$$\ell_{0,2} = v_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2)$$

P ₁ /P ₂	ℓ ₁ /ℓ ₂	v ₁	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
0,50	0,2	v ₁	2,45	3,01	4,17	5,05	5,83	6,52	7,14	7,71
		v ₂	1,93	1,84	1,80	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
	0,3	v ₁	2,14	2,34	2,97	3,56	4,07	4,55	4,94	5,33
		v ₂	2,33	1,98	1,77	1,73	1,72	1,71	1,70	1,70
	0,4	v ₁	2,06	2,16	2,52	2,88	3,25	3,60	3,90	4,17
		v ₂	2,78	2,26	1,86	1,73	1,70	1,68	1,66	1,64
0,5	v ₁	2,06	2,09	2,32	2,55	2,82	3,05	3,31	3,53	
	v ₂	3,24	2,55	2,00	1,79	1,72	1,66	1,64	1,63	
0,6	v ₁	2,04	2,07	2,21	2,38	2,56	2,74	2,94	3,11	
	v ₂	3,61	2,83	2,14	1,88	1,76	1,68	1,64	1,61	
0,7	v ₁	2,02	2,07	2,15	2,27	2,41	2,55	2,71	2,86	
	v ₂	3,93	3,11	2,29	1,97	1,82	1,72	1,66	1,63	
0,8	v ₁	2,02	2,03	2,12	2,22	2,34	2,44	2,56	2,68	
	v ₂	4,24	3,31	2,43	2,08	1,90	1,77	1,70	1,64	
0,9	v ₁	2,00	2,04	2,12	2,20	2,28	2,37	2,45	2,57	
	v ₂	4,48	3,52	2,60	2,20	1,97	1,84	1,73	1,68	
1,0	v ₁	2,02	2,05	2,09	2,17	2,23	2,32	2,39	2,46	
	v ₂	4,76	3,74	2,71	2,29	2,04	1,89	1,78	1,70	

P ₁ /P ₂	ℓ ₁ /ℓ ₂	v ₁	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
0,75	0,2	v ₁	2,35	2,79	3,76	4,55	5,26	5,88	6,44	6,96
		v ₂	2,09	1,93	1,84	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
	0,3	v ₁	2,14	2,27	2,78	3,29	3,76	4,15	4,50	4,86
		v ₂	2,64	2,17	1,88	1,81	1,79	1,77	1,75	1,75
	0,4	v ₁	2,08	2,15	2,42	2,72	3,03	3,32	3,59	3,88
		v ₂	3,17	2,55	2,02	1,86	1,80	1,75	1,73	1,73
0,5	v ₁	2,05	2,08	2,28	2,48	2,69	2,91	3,11	3,29	
	v ₂	3,65	2,88	2,23	1,97	1,86	1,79	1,76	1,72	
0,6	v ₁	2,03	2,08	2,18	2,35	2,48	2,64	2,80	2,96	
	v ₂	4,08	3,23	2,40	2,11	1,93	1,84	1,77	1,74	
0,7	v ₁	2,04	2,07	2,15	2,26	2,38	2,49	2,61	2,75	
	v ₂	4,49	3,53	2,60	2,22	2,03	1,90	1,81	1,77	
0,8	v ₁	2,03	2,06	2,14	2,22	2,29	2,40	2,50	2,61	
	v ₂	4,83	3,78	2,78	2,36	2,11	1,97	1,88	1,82	
0,9	v ₁	2,03	2,03	2,12	2,18	2,24	2,34	2,41	2,51	
	v ₂	5,15	3,98	2,94	2,47	2,20	2,05	1,93	1,86	
1,0	v ₁	2,02	2,05	2,10	2,15	2,23	2,29	2,37	2,43	
	v ₂	5,41	4,24	3,08	2,57	2,31	2,12	2,00	1,90	

P ₁ /P ₂	ℓ ₁ /ℓ ₂	v ₁	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
0,25	0,2	v ₁	2,92	3,72	5,21	6,37	7,36	8,23	9,01	9,63
		v ₂	1,77	1,75	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,71
	0,3	v ₁	2,23	2,63	3,60	4,36	4,98	5,57	6,11	6,59
		v ₂	1,88	1,71	1,66	1,64	1,63	1,62	1,62	1,62
	0,4	v ₁	2,10	2,27	2,85	3,38	3,86	4,32	4,69	5,06
		v ₂	2,20	1,84	1,63	1,58	1,56	1,56	1,55	1,55
0,5	v ₁	2,06	2,15	2,47	2,87	3,21	3,56	3,90	4,17	
	v ₂	2,51	2,02	1,64	1,56	1,51	1,50	1,50	1,49	
0,6	v ₁	2,03	2,10	2,28	2,55	2,83	3,11	3,37	3,61	
	v ₂	2,78	2,22	1,72	1,56	1,50	1,47	1,46	1,45	
0,7	v ₁	2,02	2,06	2,20	2,39	2,61	2,81	3,02	3,20	
	v ₂	3,05	2,40	1,81	1,61	1,52	1,46	1,43	1,41	
0,8	v ₁	2,04	2,06	2,17	2,29	2,44	2,60	2,77	2,94	
	v ₂	3,31	2,59	1,93	1,66	1,53	1,46	1,42	1,40	
0,9	v ₁	2,01	2,03	2,14	2,22	2,36	2,48	2,60	2,73	
	v ₂	3,49	2,73	2,02	1,71	1,58	1,49	1,42	1,38	
1,0	v ₁	2,02	2,04	2,11	2,20	2,28	2,38	2,48	2,61	
	v ₂	3,69	2,88	2,11	1,80	1,61	1,50	1,43	1,40	

6. táblázat Vierendel oszlop kihajlási hosszának meghatározása I.

P ₁ /P ₂	ε ₁ /ε ₂	v _i	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
1,50	0,2	v ₁	2,26	2,56	3,35	4,04	4,63	5,18	5,64	6,10
		v ₂	2,38	2,09	1,94	1,90	1,89	1,89	1,88	1,88
	0,3	v ₁	2,11	2,24	2,62	3,00	3,39	3,74	4,05	4,35
		v ₂	3,08	2,53	2,09	1,96	1,91	1,89	1,87	1,86
	0,4	v ₁	2,07	2,14	2,35	2,59	2,84	3,10	3,31	3,53
		v ₂	3,74	2,99	2,33	2,09	1,99	1,94	1,89	1,87
	0,5	v ₁	2,04	2,03	2,19	2,36	2,54	2,72	2,90	3,10
		v ₂	4,30	3,32	2,53	2,23	2,07	1,99	1,93	1,91
	0,6	v ₁	2,04	2,07	2,18	2,30	2,43	2,56	2,70	2,83
		v ₂	4,83	3,79	2,82	2,43	2,23	2,10	2,02	1,96
	0,7	v ₁	2,01	2,05	2,14	2,24	2,34	2,44	2,55	2,66
		v ₂	5,23	4,14	3,05	2,60	2,36	2,20	2,10	2,03
0,8	v ₁	2,03	2,01	2,09	2,17	2,25	2,34	2,43	2,54	
	v ₂	5,71	4,37	3,21	2,72	2,45	2,28	2,16	2,09	
0,9	v ₁	2,01	2,00	2,07	2,14	2,21	2,28	2,36	2,47	
	v ₂	6,04	4,66	3,40	2,87	2,57	2,38	2,24	2,17	
1,0	v ₁	2,02	2,00	2,02	2,09	2,15	2,22	2,29	2,41	
	v ₂	6,41	4,79	3,50	2,95	2,63	2,43	2,28	2,22	

P ₁ /P ₂	ε ₁ /ε ₂	v _i	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
2,00	0,2	v ₁	2,24	2,52	3,27	3,90	4,48	4,98	5,42	5,85
		v ₂	2,49	2,17	1,98	1,94	1,93	1,91	1,90	1,90
	0,3	v ₁	2,10	2,21	2,57	2,94	3,29	3,64	3,94	4,23
		v ₂	3,23	2,64	2,17	2,03	1,96	1,94	1,92	1,90
	0,4	v ₁	2,06	2,13	2,33	2,56	2,80	3,03	3,24	3,46
		v ₂	3,93	3,14	2,43	2,18	2,07	2,00	1,95	1,93
	0,5	v ₁	2,05	2,03	2,18	2,35	2,52	2,69	2,86	3,04
		v ₂	4,55	3,50	2,67	2,33	2,17	2,07	2,01	1,97
	0,6	v ₁	2,03	2,07	2,17	2,29	2,42	2,54	2,67	2,79
		v ₂	5,07	4,00	2,97	2,56	2,34	2,20	2,11	2,04
	0,7	v ₁	2,04	2,05	2,14	2,23	2,33	2,43	2,53	2,64
		v ₂	5,61	4,36	3,21	2,74	2,48	2,31	2,20	2,12
0,8	v ₁	2,00	2,01	2,09	2,17	2,25	2,33	2,42	2,53	
	v ₂	5,93	4,61	3,38	2,87	2,58	2,40	2,27	2,20	
0,9	v ₁	2,03	2,00	2,06	2,13	2,20	2,20	2,35	2,44	
	v ₂	6,41	4,92	3,59	3,03	2,71	2,50	2,36	2,26	
1,0	v ₁	2,00	2,00	2,02	2,08	2,15	2,21	2,28	2,40	
	v ₂	6,68	5,06	3,69	3,10	2,77	2,56	2,40	2,34	

P ₁ /P ₂	ε ₁ /ε ₂	v _i	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
1,00	0,2	v ₁	2,30	2,65	3,57	4,32	4,93	5,51	6,04	6,52
		v ₂	2,21	1,97	1,88	1,85	1,84	1,84	1,84	1,84
	0,3	v ₁	2,12	2,25	2,71	3,16	3,56	3,93	4,26	4,60
		v ₂	2,83	2,33	1,98	1,88	1,84	1,81	1,79	1,79
	0,4	v ₁	2,07	2,13	2,36	2,64	2,94	3,21	3,44	3,72
		v ₂	3,41	2,73	2,14	1,95	1,88	1,84	1,79	1,79
	0,5	v ₁	2,04	2,04	2,21	2,40	2,60	2,80	2,99	3,19
		v ₂	3,93	3,04	2,32	2,06	1,94	1,87	1,82	1,79
	0,6	v ₁	2,04	2,07	2,19	2,32	2,46	2,61	2,76	2,90
		v ₂	4,42	3,47	2,59	2,24	2,06	1,95	1,88	1,84
	0,7	v ₁	2,03	2,06	2,15	2,25	2,36	2,47	2,59	2,70
		v ₂	4,83	3,78	2,79	2,39	2,17	2,03	1,94	1,88
0,8	v ₁	2,00	2,01	2,09	2,18	2,27	2,36	2,46	2,56	
	v ₂	5,15	4,00	2,94	2,50	2,25	2,10	1,99	1,93	
0,9	v ₁	2,01	2,00	2,07	2,14	2,22	2,29	2,37	2,47	
	v ₂	5,51	4,26	3,11	2,63	2,36	2,18	2,06	1,97	
1,0	v ₁	2,01	2,00	2,02	2,09	2,16	2,23	2,30	2,40	
	v ₂	5,81	4,38	3,20	2,70	2,41	2,23	2,10	2,02	

P ₁ /P ₂	ε ₁ /ε ₂	v _i	I ₁ /I ₂							
			0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,175
1,25	0,2	v ₁	2,28	2,61	3,44	4,17	4,79	5,32	5,83	6,26
		v ₂	2,31	2,05	1,91	1,89	1,88	1,87	1,87	1,86
	0,3	v ₁	2,11	2,24	2,65	3,07	3,46	3,82	4,16	4,46
		v ₂	2,96	2,43	2,04	1,93	1,88	1,86	1,85	1,84
	0,4	v ₁	2,08	2,14	2,37	2,62	2,87	3,14	3,38	3,61
		v ₂	3,61	2,88	2,26	2,04	1,94	1,89	1,86	1,84
	0,5	v ₁	2,06	2,03	2,20	2,38	2,57	2,75	2,94	3,13
		v ₂	4,19	3,20	2,44	2,16	2,02	1,94	1,88	1,86
	0,6	v ₁	2,02	2,07	2,18	2,31	2,44	2,58	2,72	2,85
		v ₂	4,62	3,65	2,72	2,35	2,16	2,04	1,96	1,90
	0,7	v ₁	2,02	2,05	2,14	2,24	2,35	2,45	2,56	2,68
		v ₂	5,07	3,98	2,94	2,51	2,28	2,13	2,03	1,96
0,8	v ₁	2,04	2,01	2,09	2,17	2,26	2,35	2,44	2,56	
	v ₂	5,51	4,21	3,09	2,63	2,37	2,20	2,09	2,02	
0,9	v ₁	2,02	2,00	2,07	2,14	2,21	2,29	2,39	2,46	
	v ₂	5,82	4,49	3,28	2,77	2,48	2,29	2,17	2,08	
1,0	v ₁	2,02	2,00	2,02	2,09	2,15	2,22	2,29	2,41	
	v ₂	6,15	4,62	3,37	2,84	2,54	2,34	2,21	2,15	

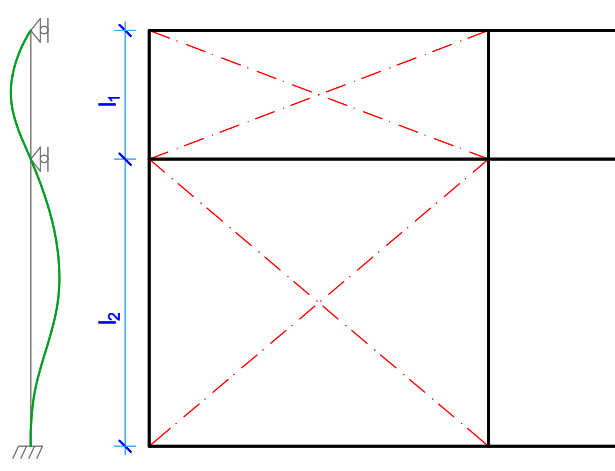
7. táblázat Vierendel oszlop kihajlási hosszának meghatározása II.

4.8.5. Vierendel oszlop kihajlási hosszának meghatározása keretsíkra merőlegesen

- ❖ A keretsíkra merőleges oszlopmerevségek egyértelműen számíthatók, hiszen ebben az irányban nincs keretjellegű kialakítása az oszlopoknak.
- ❖ A kihajlási hosszak a megtámasztási viszonyok függvényében egyszerűen meghatározhatók.
- ❖ Az alábbi ábra szerinti hossz-merevítés feltételezésével, a kihajlási hosszak az alábbiak szerint alakulnak:

$$l_{01} = 1,0 \cdot l_1$$

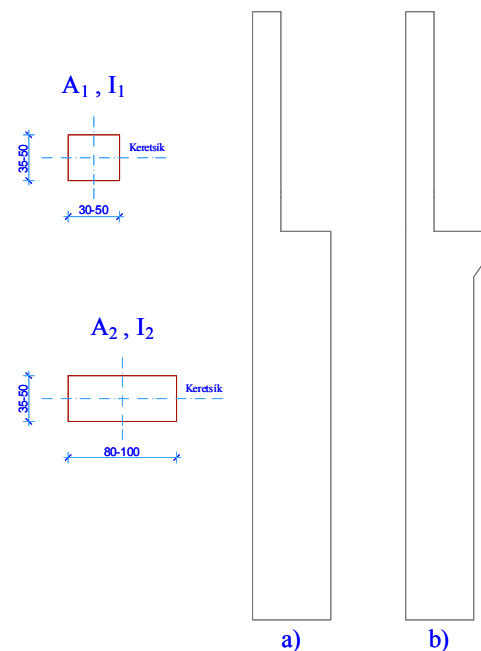
$$l_{02} = 0,8 \cdot l_2$$



43. ábra Vierendel oszlop kihajlási hosszának értelmezése keretsíkra merőlegesen

4.8.6. Tömör oszlop kihajlási hosszának meghatározása keretsíkban

- ❖ Tömör keresztmetszetű oszlop méretezésénél szintén szükségünk van az oszlop kihajlási hosszára (l_0).
- ❖ Ennek meghatározása megegyezik az előző pontban megadott táblázatos módszerrel, csupán az alsó szakasz keresztmetszeti adatai a felső szakaszéhoz hasonlóan számíthatók (nincs Vierendel szakasz).
- ❖ Mindkét ábrázolt esetben (44. ábra) a táblázat egyértelműen használható, különbség csak annyi, hogy a „b” jelű esetben egy rövidkonzolt is kell méretezni a darupályatartó alatt.



44. ábra Tömör oszlop kihajlási hosszának értelmezése

4.8.7. Tömör oszlop kihajlási hosszának meghatározása keretsíkra merőlegesen

- ❖ A keretsíkra merőleges oszlopmerevségek és kihajlási hosszok meghatározása megegyezik a 4.8.5. pontban leírtakkal.

4.8.8. Vierendel oszlop közelítő ellenőrzése

- ❖ A két különböző szerkezeti kialakítású oszlopszakaszt külön-külön kell ellenőriznünk:
 - felső tömör keresztmetszetet az I-I jelű keresztmetszetben,
 - alsó Vierendel kialakítású oszlopot a II-II jelű keresztmetszetben.
- ❖ Az ellenőrzés során meg kell határoznunk az egyes keresztmetszetekben ébredő, egyidejű, mértékadó igénybevétel-hármasokat:

Km. jele	max. M_{Ed}	max. N_{Ed}	max. V_{Ed}
I-I	$M_{Ed}^{max}; N_{Ed}^e; V_{Ed}^e$	$N_{Ed}^{max}; M_{Ed}^e; V_{Ed}^e$	$V_{Ed}^{max}; N_{Ed}^e; M_{Ed}^e$
II-II			

- ❖ Feladatunkat az nehezíti, hogy nem tudjuk melyik „kiemelt” teher esetén alakul ki a legnagyobb igénybevétel, így az összes esetleges hatás „kiemelésével” meg kell határoznunk mindkét keresztmetszetben a mértékadó igénybevételeket.
 - kiemelt szél teher
 - kiemelt daruteher
- ❖ Az oszlopban ébredő igénybevételek tervezési értékét könnyedén meg tudjuk határozni, hiszen a szerkezetre ható erőket minden esetben ismerjük már.
- ❖ Ennek megfelelően, az előző félévekben tanult Portál-módszer, valamint az elemi statikai egyenletek segítségével a keresztmetszetekben ébredő igénybevételeket meg tudjuk határozni.
- ❖ Az elsőrendű igénybevételek meghatározása után, számítanunk kell a külpontosság növekményeket, valamint a külpontosság tervezési értékét:

$$e_{Ed} = e_{tot} = e_0 + e_a + e_2$$

ahol (*a képletek mellőzésével*)

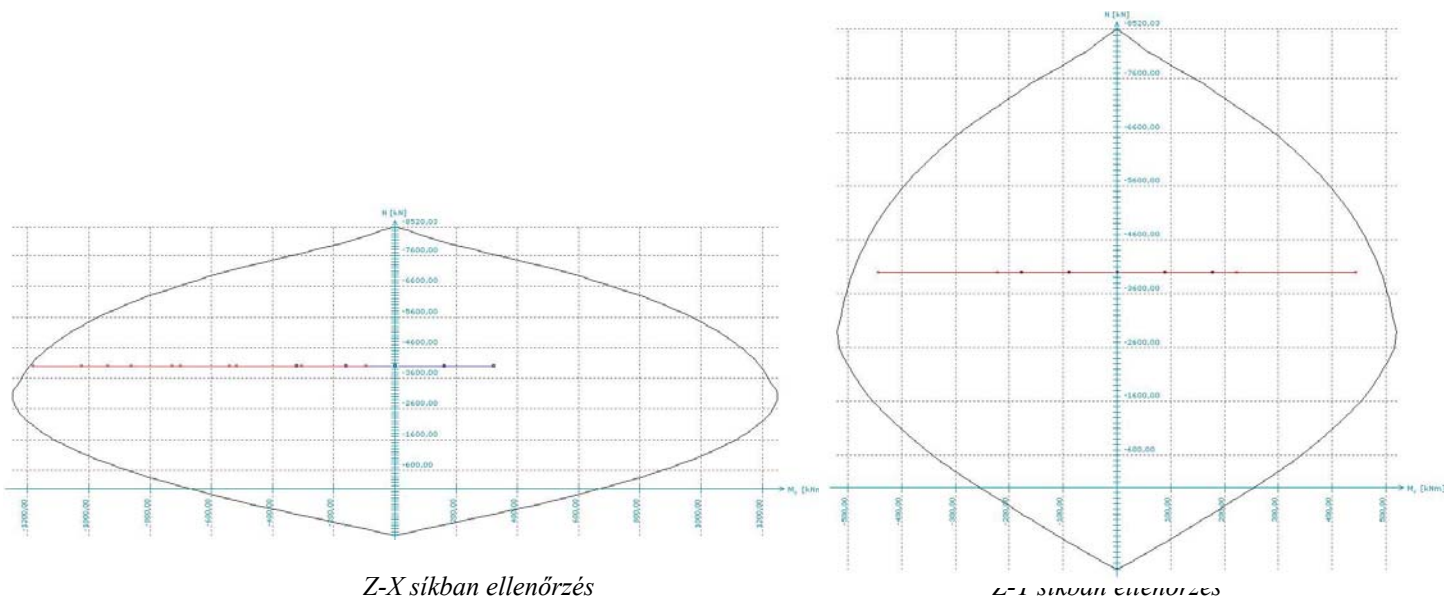
e_0	elsőrendű külpontosság,
e_a	építési pontatlanság,
e_2	másodrendű külpontosság

- ❖ A külpontosság meghatározott tervezési értékével hajtható végre az egyes keresztmetszetek ellenőrzése.

- ❖ Az előző félévekben hajlított-nyomott keresztmetszet közelítő teherbírási vonalát már megtanultuk előállítani. Ezt kell most meghatároznunk mindkét keresztmetszetben. Az ellenőrzés során tételezzük fel, hogy a keresztmetszetben 1% fővasalás van.
- ❖ Közelítő ellenőrzés során azt kell kimutatni, hogy az egyidejűleg ható igénybevétel párok ($M-N$), külpontosság növekményekkel növelt tervezési értékei minden esetben a közelítő teherbírási vonalon belülre esnek.

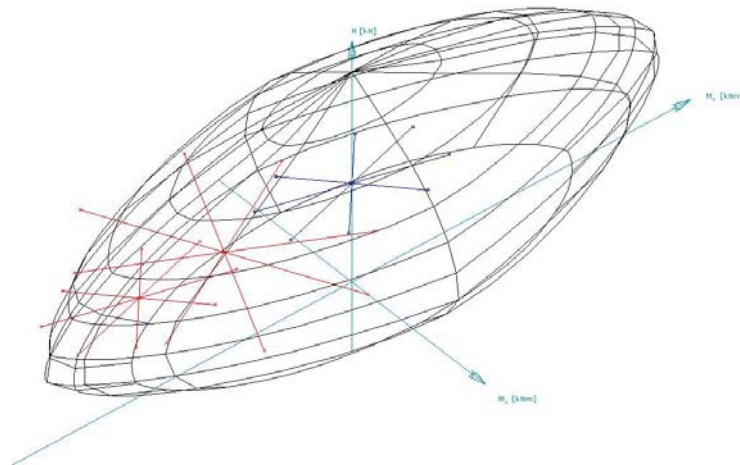
4.8.9. Tömör oszlop közelítő ellenőrzése

- ❖ A tömör oszlop különböző keresztmetszetű szakaszait külön-külön, mint hajlított-nyomott keresztmetszetet kell vizsgálni.
- ❖ Nem szabad elfelejtkezni arról, hogy az oszlop két irányban van hajlítva, így nem elég az egyes kiemelt síkokban ellenőrizni a keresztmetszetet.



Z-X síkban ellenőrzés

Z-Y síkban ellenőrzés



45. ábra Ferde hajlítás ellenőrzése

4.9. Kehelyalap közelítő ellenőrzése

4.9.1. Kehelyalap geometriai adatai

- ❖ Az előzőekben a kehelynyak és kehelytalp méreteit közelítően felvettük.

4.9.2. Kehelyalap anyagjellemzői

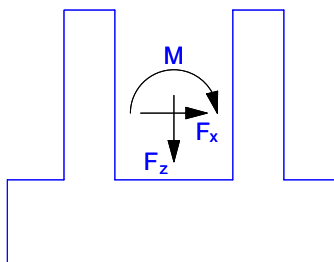
- ❖ Ajánlott szilárdsági jellemzők:
 - Beton: minimum **C20** szilárdsági jelű
 - Betonacél: **S500B** jelű

4.9.3. Altalaj jellemzői

- ❖ Adatszolgáltatásként kapjuk, a feladatlapon van megadva:
 - Talaj határfeszültsége: σ_H [kN/m²]

4.9.4. Kehelyalapra ható erők és hatáskombinációk

- ❖ Az egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - kehely önsúlya:
 - a geometriai adatok és a beton feltételezett térfogatsúlya alapján egyértelműen számítható,
 - leadódó önsúly: *pontszerűen ható*
 - a Vierendel oszlopról leadódó reakcióerők
- ❖ Az egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - leadódó teher: *pontszerűen ható*
 - szintén a Vierendel oszlopról leadódó reakcióerők



46. ábra A kehelyalapra ható reakcióerők értelmezése

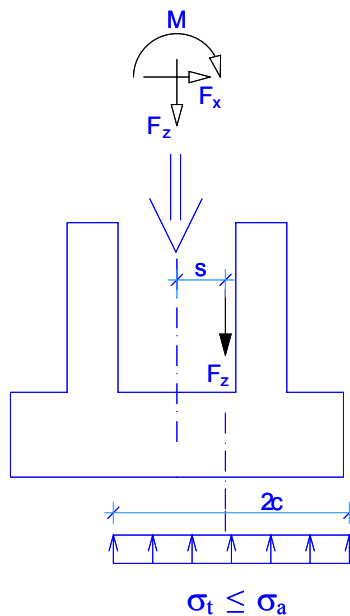
- ❖ A Vierendel oszlop reakcióerőiként adódó hatások már teherbírési határállapothoz tartozóan is rendelkezésünkre állnak, hiszen az előző pontban az igénybevételek számítása során biztosan meg kellett azokat határoznunk.

4.9.5. Kehelyalap közelítő ellenőrzése

- ❖ A kehelyalap közelítő ellenőrzése során elegendő két esetet vizsgálnunk:
 - a talajban ébredő feszültséget, azaz a kehelytalp méreteit, valamint
 - a kehelytalp vastagságát.

Kehelytalp alaprajzi méreteinek ellenőrzése
Talajfeszültség ellenőrzése

- ❖ Feltételezzük, hogy a talpra ható erők eredője, mint külpontos nyomóerő, a belső magon belül marad, így a már talajmechanikából megtanult összefüggéseket használhatjuk, azaz:



47. ábra A rövidfőtartó mértékadó igénybevételei

- ❖ Meghatározzuk az eredő erő hatásvonalának a talp közelebb eső végpontjától mért távolságát (c).
- ❖ A belső magon belül maradó erő $2c$ hosszon oszlik meg, így az ellenőrzés az alábbi módon tehető meg a talaj határfeszültségének ismeretében:

$$A_{kehely} \cdot \sigma_H \geq V_{Ed}$$

ahol

σ_H	a talaj határfeszültsége,
V_{Ed}	a kehelyre ható külpontos erő tervezési értéke,
A_{kehely}	a terület, melyen a külpontos erő megoszlik, értéke a következő képlettel számítható:

$$A_{kehely} = 2 \cdot c \cdot b$$

c építési pontatlanság,
 b a kehely másik irányú alaprajzi mérete.

Kehelytalp vastagságának ellenőrzése

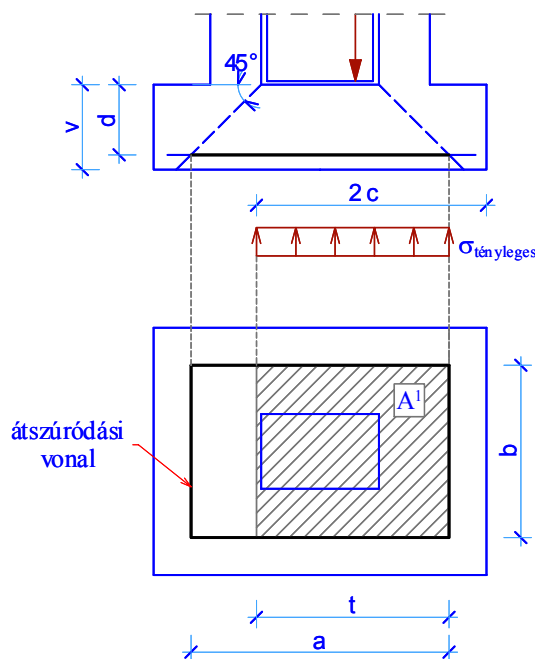
- ❖ A vizsgálat nem más, mint egy egyszerűsített átszűrődési vizsgálat.
- ❖ Az ellenőrzés során meg kell határozni az átszűrődési kúp geometriai méreteit:

$$d = d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2}$$

ahol

$d_x; d_y$ a kétirányú hasznos magasság,

- ❖ Az átszűrődési vonalat a pillér sarkaiból induló, akár 26,6°-os feltételezett terjedés és a d átlag metszésében lehet felvenni az EuroCode előírásai szerint. Jelen tervezési feladatban közelítően vegyük fel 45°-ra a terjedési szöget az alábbi ábra alapján:



48. ábra A kehelytalp vastagságának ellenőrzése

- ❖ Az ábrán sraffozottan feltüntetett felületen a talaj ellenkező irányú hatását vesszük figyelembe, azaz ezen a részen a talaj „visszanyomja” az átszűrődni akaró testet. Értékét a tényleges talajfeszültségből, nem a határfeszültségből kell meghatározni:

$$\Delta V_{talaj} = \sigma_{tényleges} \cdot A^1$$

- ❖ Az átszűrődési fajlagos nyíróerő tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed} - \Delta V_{talaj}}{u_i \cdot d}$$

ahol

β	közelítő tényező, értéke legyen 1,5
V_{Ed}	a kehelyre ható külpontos erő tervezési értéke,
u_i	átszűrődési vonal kerülete (<i>ábra szerint: 2a+2b</i>)
d	effektív hasznos magasság, lásd feljebb

- ❖ Az átszűrődési teherbírást az alábbi képlettel lehet kiszámítani:

$$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot d}{a}$$

ahol

γ_c	beton parciális tényezője (1,5)
k	$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ d [mm]-ben,
ρ_l	$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lx}}$, oszlop körüli együttdolgozó lemezszélességben elhelyezett tapadásos vasalásra meghatározott átlagos acélhányadok x és y irányban
f_{ck}	beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke
d	effektív hasznos magasság, lásd feljebb
a	az oszlop széle és az átszűrődési vonal távolsága (<i>nem a fenti ábra szerinti „a”</i>)

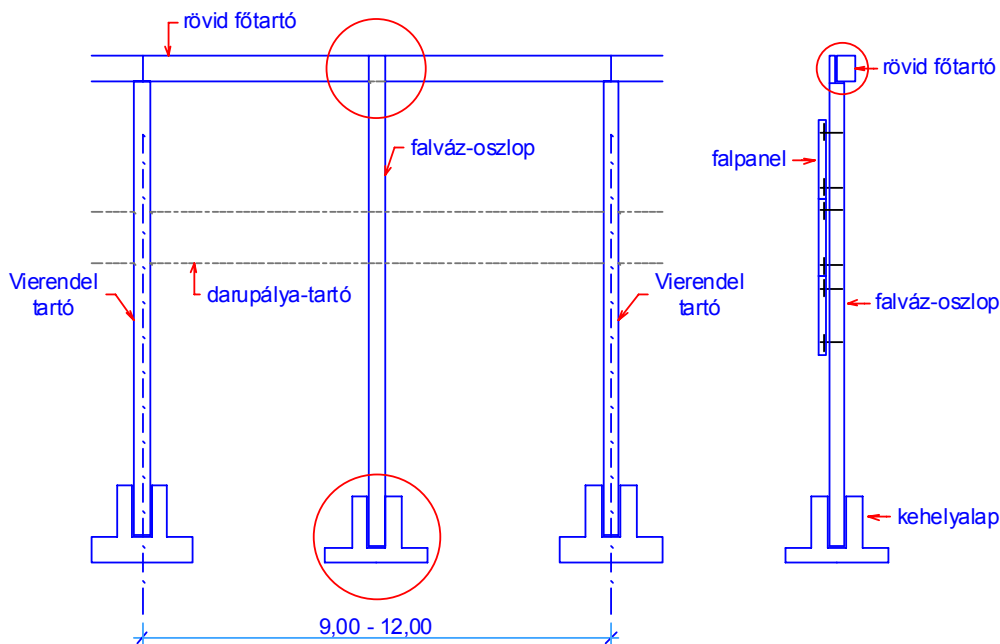
- ❖ A talplemez vastagsága átszűrődésre megfelel, ha az alábbi egyenlőtlenség teljesül:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

4.10. Falvázoszlop közelítő ellenőrzése

4.10.1. Falvázoszlop szerepe

- ❖ A falváz-oszlop(ok) elsődleges szerepe, hogy az egymástól nagy tengelytávolságra lévő főtartókra felhelyezendő homlokzati falpanelokat mind függőleges, mind vízszintes értelemben megtámassza a szomszédos főtartók között.
- ❖ A tervezési feladatban, mivel a Vierendel tartók egymástól mért tengelytávolsága nagynak tekinthető, azaz 6,0 méternél nagyobb, ezért a homlokzati falpanelok közbenső megtámasztására falváz-oszlopokat kell beterveznünk.
- ❖ Annak ellenére, hogy a különböző előregyártó üzemek termékei között manapság is léteznek 6 méternél nagyobb áthidaló képességű vasbeton falpanelok, és hőszigetelt szendvicspanelok, a tervezési feladatban minden esetben kell falváz-oszlopokat tervezni.
- ❖ A falváz-oszlopokra oldalirányú és függőleges terhek jutnak elsődlegesen. A főtartók és falváz-oszlopok között lévő falpanelok az oldalirányú szélterhet a felerősítési pontoknál közvetlenül a falváz-oszlopokra közvetítik, ebből alakulnak ki az oldalirányú terhek. A falpanelok önsúlyából, és természetesen a pillérek saját önsúlyából származnak a függőleges terhek. A falpanelok felerősítési kapcsolata többnyire külpontos kapcsolat, így ezekben a pontokban nyomatékok is átadódnak az oszlopra.
- ❖ **A rövid főtartó függőleges terhet NEM ad át a falváz-oszlopra.**

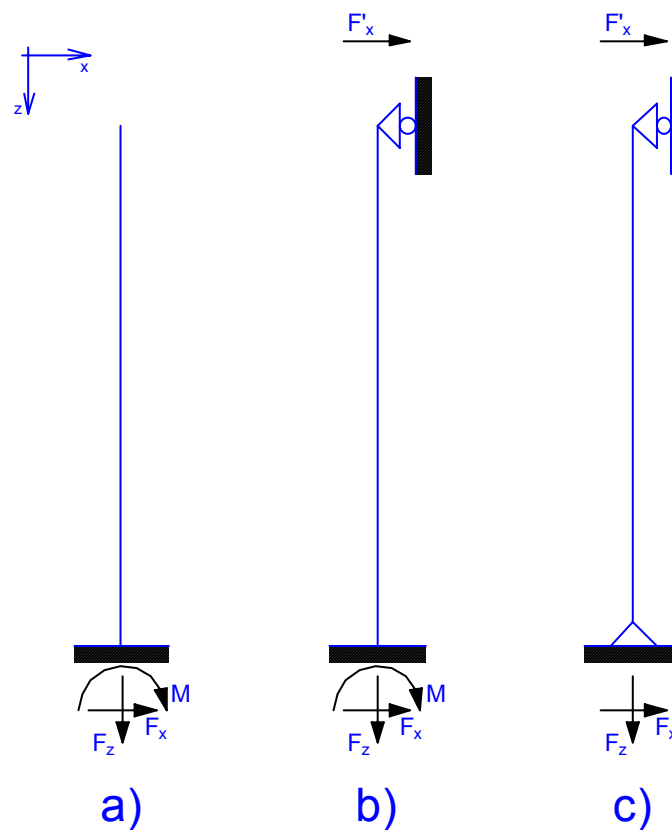


49. ábra A falvázoszlop szerepe

- ❖ A falváz-oszlopokat a közelítő statikai számításban kell csupán méretezni, a részletes számítások során nem szükséges. A feladatban a pillér vasalását egyértelműen meg kell határozni, de részletes vasalási tervet nem kell készíteni.

4.10.2. Falvázoszlop kialakítása, statikai váz

- ❖ A falváz-oszlop(ok) számításánál három kialakítási séma képzelhető el:
 - A pillér alul befogott, felül szabadon álló
 - A pillér alul befogott, felül oldalirányban csuklósan megtámasztott,
 - A pillér alul csuklósan, felül oldalirányban csuklósan megtámasztott.

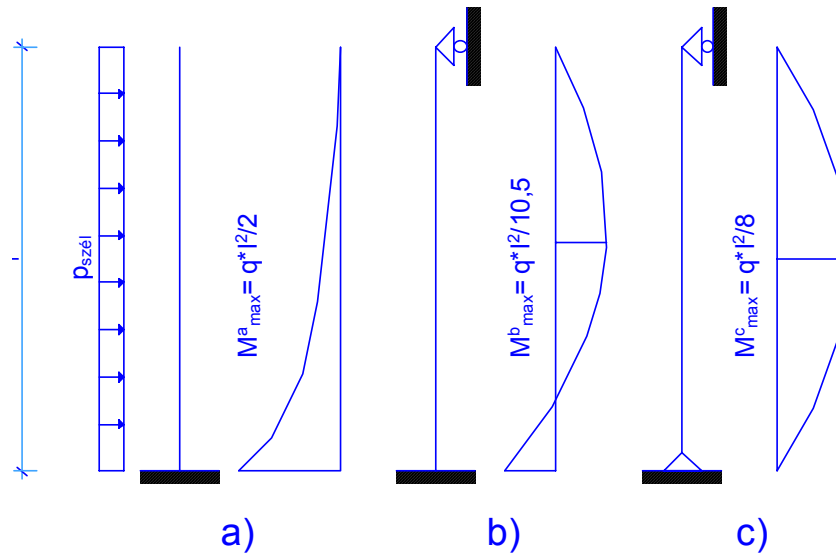


50. ábra A falvázoszlop lehetséges statikai vázai

- ❖ A három különböző esetet természetesen különböző módon kell számítani, annak figyelembe vételével, hogy milyen a **tervezett szerkezeti kialakítás**.
- ❖ Bármelyik statikai váz/kialakítás alkalmazható, de fontos megjegyeznünk, hogy a „b” és a „c” jelű esetekben a felső oldalirányú megtámasztást a rövid főtartó szolgáltatja, így ezekben az esetekben a rövid főtartókat oldalirányú terhelésre is méretezni kell (*ferde hajlításra*).
- ❖ Ha ezen kialakítások valamelyikét tervezzük meg, úgy már az oldalirányú terhelést a közelítő számítás során is figyelembe kell vennünk a rövid főtartó méretezésénél, tehát a vasbeton gerenda tervezését újra el kell végeznünk.

A három különböző kialakítás összehasonlítása

- ❖ A három kialakítás közötti lényeges különbséget (természetesen nem azt, hogy az első esetben kevesebbet kell számolnunk) a kialakuló igénybevételi ábrákban figyelhetjük meg.
- ❖ Az oldalirányú vonalmentén megoszló szélteherből számítható igénybevételi ábrák a különböző kialakítású falváz-oszlopok esetében:



51. ábra A különböző falvázoszlop igénybevételei

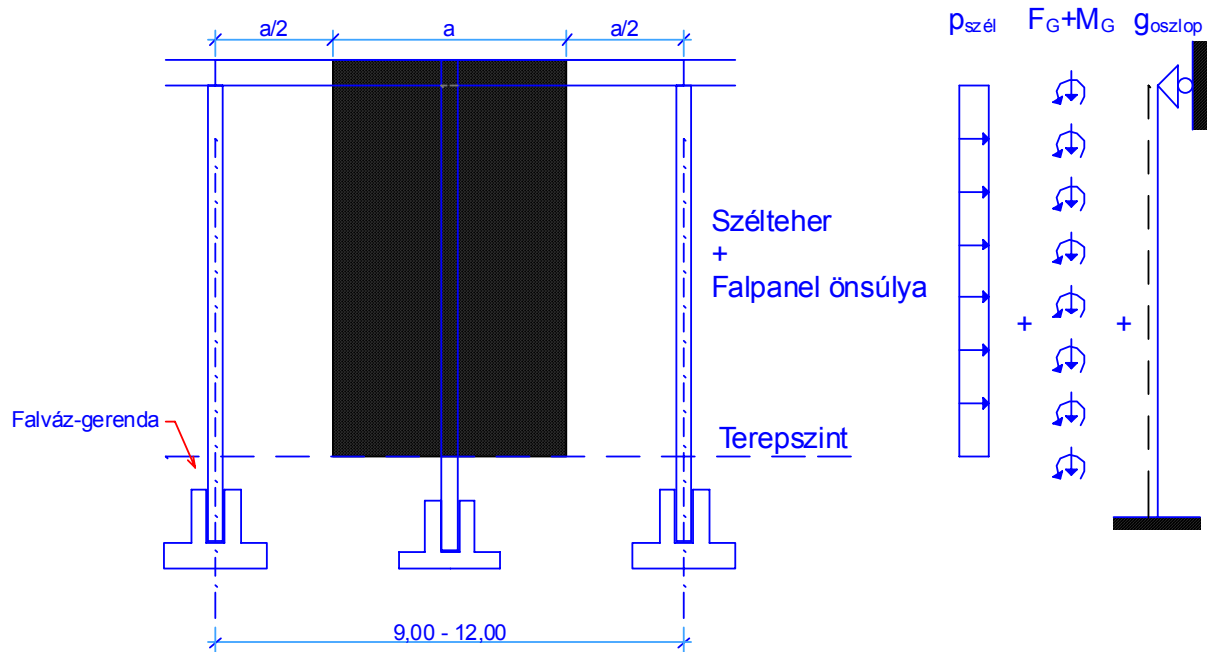
- ❖ Látható, az egyes számításba vett statikai vázagnál jelentős eltérés jelentkezik a kialakuló hajlító nyomatékok mértékadó értékeiben.
- ❖ Ez azt jelenti, hogy gazdasági megfontolás alapján szinte teljes mértékben elvethető lehetne az „a” jelű változat, hiszen ebben az esetben van szükségünk a legnagyobb oszlop-keresztmetszetre. Ebben az esetben alakul ki a legnagyobb tetőponti eltolódás, ami további szerkezeti problémák megoldását hozza előtérbe (*falpanelok elmozdulása, másodlagos külpontosságok figyelembe vétele*).
- ❖ Ugyanakkor a „b” és a „c” jelű esetekben, a már előzőekben említettekén túl, azaz, hogy oldalirányú erő adódik át a rövid főtartóra a pillérvégen, további hátrányok is előtérbe kerülnek. Igénybevétel, erőjáték és alakváltozás szempontjából mindkét utóbbi megoldás előnyösebb az „a” jelűnél, de ezek helyes épületszerkezeti kialakítása bonyolultabb mérnöki feladat.
- ❖ Mindezen tények ismeretében, az adott tervezési feladatban mindenki kiválaszthatja, hogy melyik megoldást alkalmazza. A számítást mindig a felvett és kialakítani kívánt szerkezeti megoldásra kell elvégezni, és természetesen a csomóponti kialakításokat a számításba vett adatok és a felvett statikai váz alapján kell megtervezni, megrajzolni.

4.10.3. Falvázoszlop anyagjellemzői

- ❖ Egyaránt készülhetnek a falváz-oszlopok **előregyártott vasbetonból**, illetve **acél szelvényből** is. Bármelyik betervezhető, azonban azt a tényt kell szem előtt tartani, hogy a falpanelek (jelen tervezési feladatnál) mindenképp beton termékek. Ennek megfelelően a beton elemek acél pillérhez való felerősítése meglehetősen nehézkes, hiszen előregyártott elemekről van szó. Acél pillért acélszerkezetű szerelt falhoz szoktak alkalmazni.
- ❖ A vasbeton pillérek minden esetben előregyártott elemek, melyeket a helyszínen emelnek be, és helyeznek el a szintén előregyártott vasbeton kehelyalapba.
- ❖ Ajánlott szilárdsági jellemzők:
 - Beton: minimum **C20** szilárdsági jelű
 - Betonacél: **S500B** jelű
- ❖ Jelen tervezési feladat során, ha egy mód van arra, mindig előregyártott vasbeton pillér tervezésére kell törekedni, de természetesen alkalmazható acél pillér is.
- ❖ Minden esetben el kell végezni a falváz-oszlop méretezését.

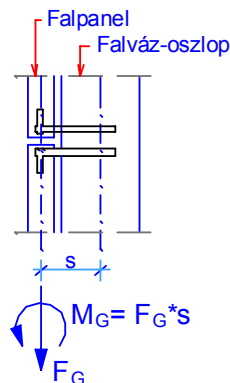
4.10.4. Falvázoszlopra ható erők és hatáskombinációk

- ❖ Az egyes állandó jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - oszlop önsúlya:
 - a geometriai adatok és a beton/acél feltételezett térfogatsúlya alapján egyértelműen számítható,
 - leadódó önsúly: *pontszerűen ható*
 - a falpanelek önsúlya katalóguslapról, vagy egyedileg meghatározva
- ❖ Az egyes esetleges jellegű hatások karakterisztikus értékei:
 - átadódó szél teher: *pontszerűen ható*
 - a falpanelek közvetítésével, az oszlopra jutó szélteher



52. ábra A falvázoszlopra jutó terhek értelmezése

- ❖ Falpanel felerősítésénél ébredő függőleges erő és nyomaték értelmezése:



53. ábra A falvázoszlop-falpanel kapcsolata

- ❖ Az egyes figyelembe vett hatások karakterisztikus értékeit meghatároztuk, képeznünk kell a teherbírási- és a használhatósági határállapothoz tartozó hatáskombinációkat, a már ismert a 4.3.4. pont szerint.
- ❖ **Fontos megjegyzés:** amennyiben a felső végén megtámasztott statikai váz szerinti számítást végezzük el („b”, vagy „c” jelű eset), nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy a rövid főtartóra jutó erőket is meg kell határozni. Ezeket az akció erőket a rövid főtartó statikai vázára működtetnünk kell, és a tartót újra le kell méreteznünk, ha ezt eddig nem vettük figyelembe.
- ❖ Bármelyik kialakítási módnak megfelelően méreteznünk, a kehelyalpra jutó erőket meg kell határozni ugyanúgy, mint azt a Vierendel oszlop esetén is tettük előzőleg.

4.10.5. Falvázoszlop közelítő ellenőrzése

Vasbeton falvázoszlop ellenőrzése

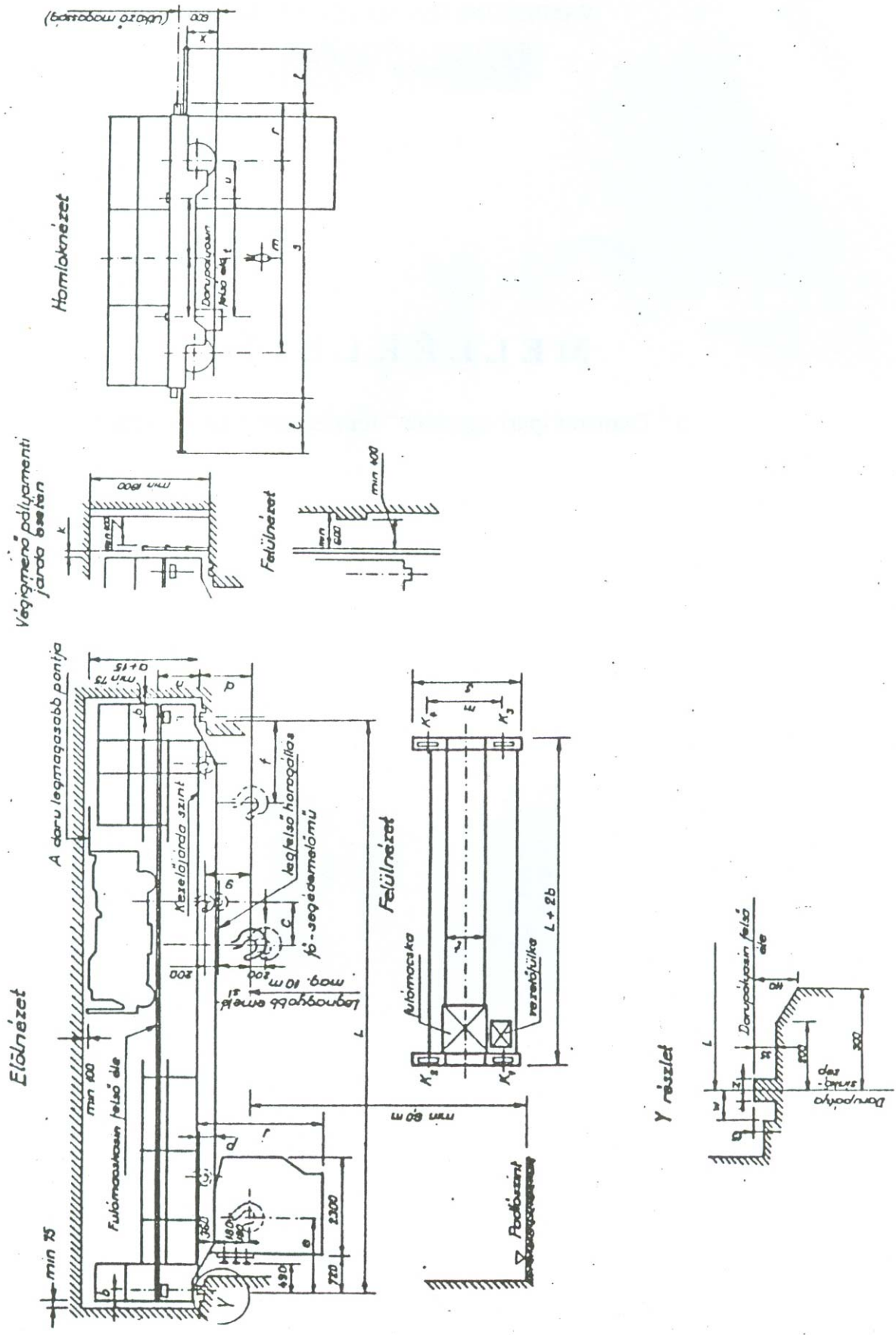
- ❖ Az előregyártott vasbeton oszlop előző pontokban meghatározott alapadatai és a számított igénybevételek alapján az ellenőrzést a már előzőekben bemutatottak alapján végezzük el.
- ❖ A statikai számítások során meg kell határozni a pillér vasalását.

Vasbeton kehelyalap ellenőrzése

- ❖ A kehelyalap méreteit a feltételezett megtámasztási viszonyoknak megfelelően kell felvenni, azaz teljes befogás feltételezése esetén a befogást biztosítani kell. Lásd a Vierendel főtartó kehelyalapjának meghatározásánál.
- ❖ A kehelyalap szükséges szélességét és a talplemez vastagságát a leadódó reakcióerők és a feladatlapon megadott határ talajfeszültség (σ_H) alapján, az előzőekben már bemutatott módon kell leellenőrizni.

**MELLÉKLETEK
A KÖZELÍTŐ STATIKAI SZÁMÍTÁSHOZ**

Daru



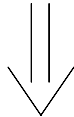
DARUZOTT IPARI CSARNOK TERVEZÉSE II.

Részletes erőtani számítás

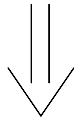
5. Részletes erőtani számítások

5.1. Bevezetés

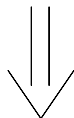
- ❖ Az előző pontokban meghatároztuk a daruzott, ipari vasbeton csarnok általános szerkezeti kialakítását és a főbb tartószerkezeti elemek lényeges keresztmetszeti adatait.
- ❖ Egyes szerkezeti elemeket a közelítő statikai számítás során le is ellenőriztünk.
- ❖ Következhet az egyes elemek részletes statikai számítása, mely során meghatározzuk a ténylegesen szükséges vasmennyiségeket, majd ezek alapján elkészítjük a végleges vasalási terveket.



- ❖ A tervezési feladat során azonban nem végezzük el a teljes csarnok részletes erőtani számítását, csupán egyetlen főállás vizsgálatát hajtjuk végre.



- ❖ Előállítjuk egy teljes főállás igénybevételi ábráit gépi számítással.



- ❖ Meghatározzuk az alábbi szerkezeti elemek szükséges vasmennyiségeit, majd elkészítjük azok alapján a különböző gyártmányterveket:
 - Vierendel oszlop,
 - Vasbeton kehelyalap.
- ❖ Elkészítendő és beadandó statikai kiviteli tervek az alábbiak:
 - Vierendel oszlop zsaluzási terve $M=1:25$,
 - Vierendel oszlop vasalási terve $M=1:25$,
 - Kehelyalap vasalási terve $M=1:25$.
- ❖ A többi, előzetesen tárgyalt, szerkezeti elem részletes statikai vizsgálatát a tervezési feladat során nem kell elkészíteni. A róluk le-, illetve átadódó terheket már a közelítő számításban kiszámítottuk, a továbbiakban közelítésképpen a már meghatározott adatokat fogjuk felhasználni.

5.2. Vierendel oszlop részletes erőtani számítása

- ❖ A részletes statikai számításhoz a kialakuló igénybevételeket gépi számítással fogjuk meghatározni. Ennek megfelelően célszerű mindenkinek egy általa kedvelt, használt végeselemes programmal dolgoznia pl.:
 - AxisVM,
 - FEM-Design,
 - Nemetschek stb..
- ❖ A hely szűkössége miatt, mi csupán az AxisVM 8.0+ nevű végeselemes program bemenő adatait és ábráit mutatjuk be, de természetesen bármilyen más program használható az igénybevételek kiszámításához.

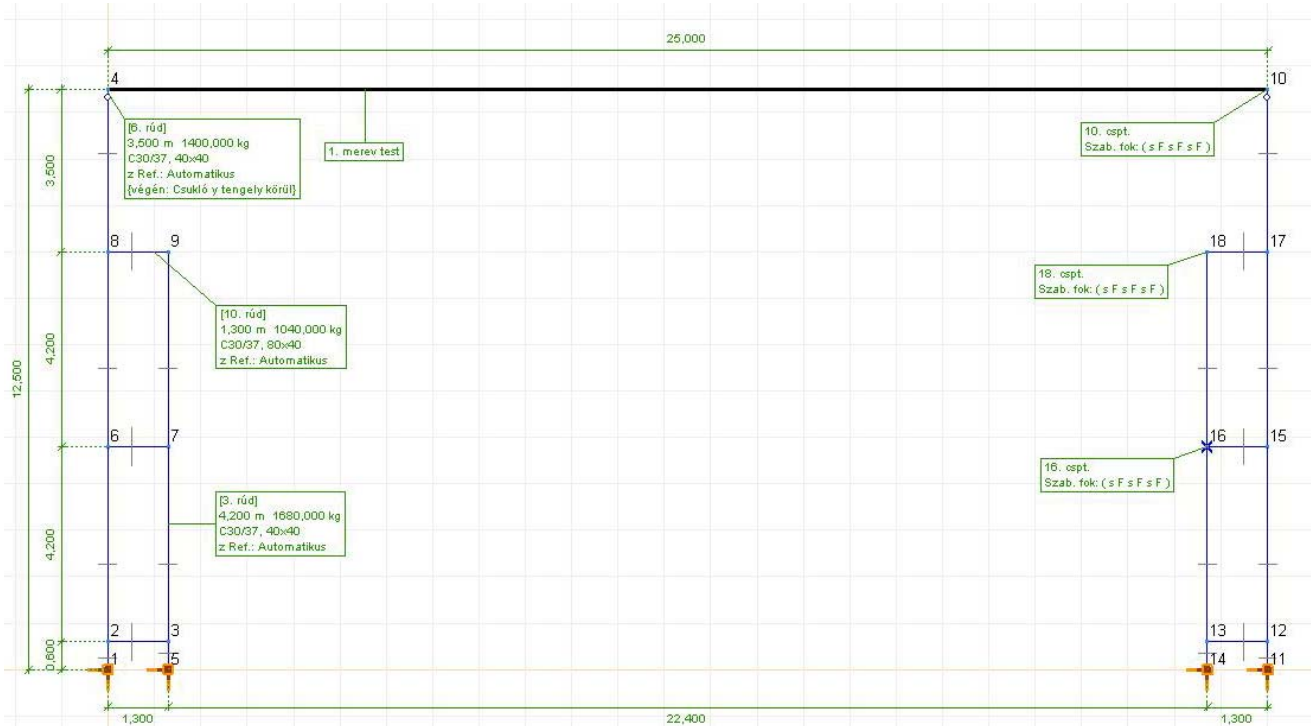
5.2.1. Statikai váz keretsíkkal párhuzamosan

- ❖ Vierendel oszlop alsó kialakításának függvényében már a közelítő számítás során felvettünk egy statikai vázat, lásd részletesen a 4.8.1. pontban.
- ❖ Biztonság kedvéért a statikai vázat le kell ellenőrizni, hiszen elképzelhető, hogy az kissé megváltozott a közelítő számítások során.
- ❖ Továbbiakban mi egyetlen főállást fogunk vizsgálni a keretállás síkjában.
- ❖ A feladat során, az előzetesen már meghatározott anyagjellemzőket és keresztmetszeti adatokat kell minden esetben továbbra is felhasználni. Azaz, a közelítő számítás során már leellenőrzött adatokat kell a végeselemes programban definiálni.
- ❖ A modellfelvétel lépései:
 1. Csomópontok megadása
 2. Vonalelemek megrajzolása
 3. Felhasznált anyagok kiválasztása
 4. Keresztmetszeti jellemzők szerkesztése
 5. Rúdelemek és merev testek definiálása
 6. Csomóponti szabadságfokok beállítása
 7. Támaszok definiálása
- ❖ Megjegyzések az egyes pontokhoz:
 1. A meglévő geometriai adatok alapján a főbb csomópontokban, esetleg a már ismert erők támadáspontjában kell felvenni.
 2. A Vierendel oszlop befogási keresztmetszetének függvényében egy, vagy két lábat kell definiálni.
 3. Értelemszerűen kell megadni.
 4. A leellenőrzött adatokat kell megszerkeszteni.
 5. Merev testként definiálandó a nagy merevséggel rendelkező tetőpanel-kiosztás, valamint tömör oszlopvég esetén a keresztmetszet-váltásnál a vízszintes övgerenda. Az egyes rúdelemek végeinél általában merev

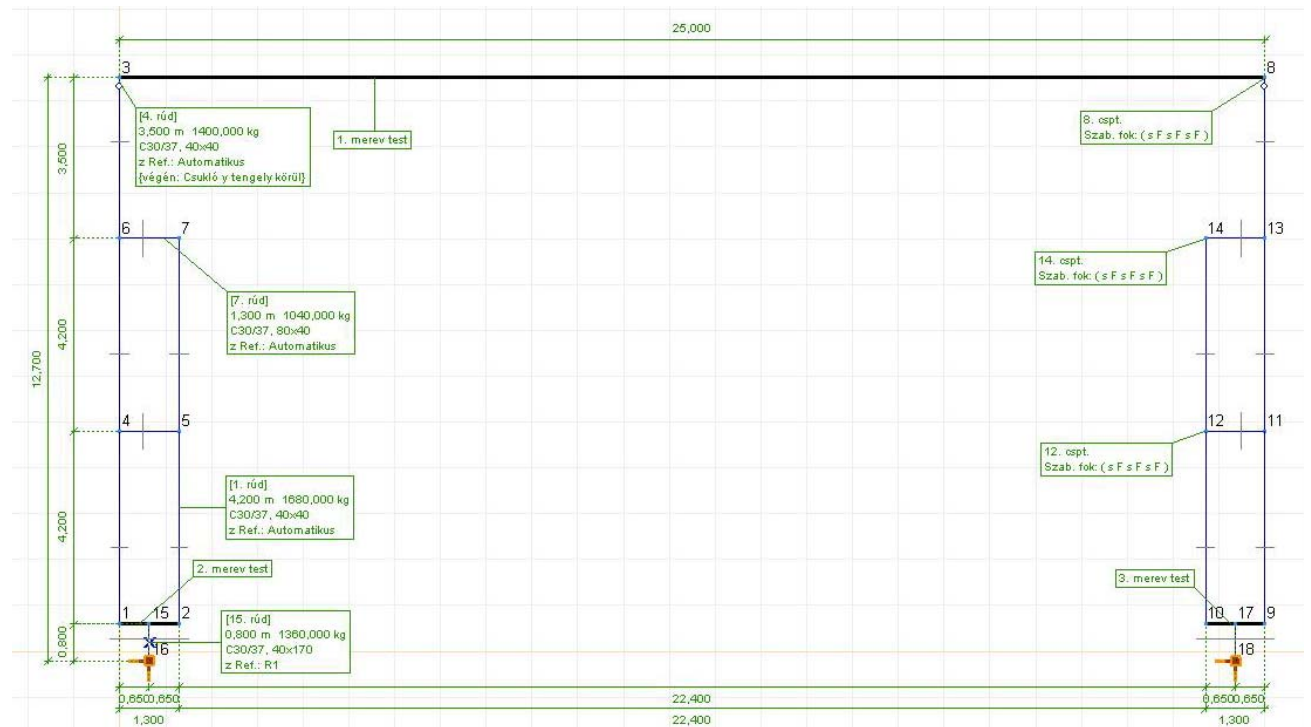
befogást kell felvenni, ez alól kivétel a felső oszlop és a tetőpanel közti csomópont, ott csuklót kell feltételezni. Részletesen lásd az ábrákon.

6. A végeelemes programban keretként kell definiálni a szabadságfokokat.
7. A támaszok közelítésképpen felvehetők teljes befogásra.

❖ A teljesség igénye és a részletek megadása nélkül a programban definiálandó keret-modell statikai váza az alábbi lehet:



54. ábra Statikai váz kettős oszloptalp esetén



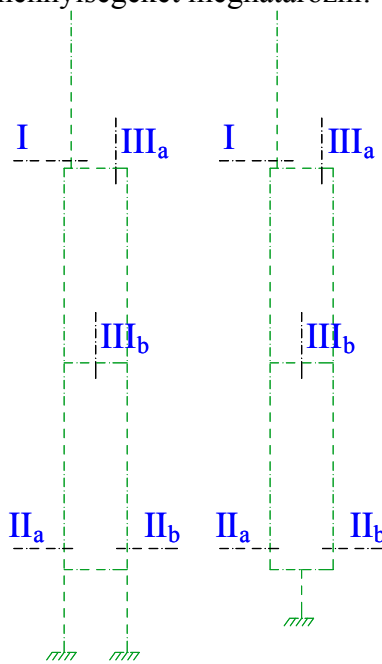
55. ábra Statikai váz tömör oszloptalp esetén

5.2.2. Hatások és hatáskombinációk keretsíkkal párhuzamosan

- ❖ A korábban figyelembe vett és kiszámított hatásokat, terheket kell most is figyelembe venni.
- ❖ Értelmszerűen, az állandó jellegű hatásokat és az esetleges jellegű hatásokat külön-külön egyenként definiálni kell a modellen.
- ❖ A definiálandó terhek karakterisztikus értékei és pozíciói minden esetben megegyeznek a már a 4.8.3. pontban figyelembe vett hatásokéval:
 - oszlop önsúlya
 - leadódó önsúly
 - leadódó hóteher
 - átadódó szélteher
 - leadódó daruteher
- ❖ **Megjegyzés:** A közelítő számításban számított ún. kapcsolati erőket most már nem kell a statikai vázra működtetnünk, hiszen azt a program számolja.
- ❖ A hatáskombinációkat kétféleképpen számíthatjuk ki:
 1. Manuálisan saját magunk kiszámítjuk.
 2. Programmal kiszámíttatjuk.
- ❖ Az első esetben saját magunknak kell előállítani az egyes hatáskombinációkat a már tanult módon. Azaz, jelen esetben ez azt jelenti, hogy a géppel kiszámíttatjuk az egyes hatásokból származó igénybevételeket külön-külön, majd a meghatározott hatáskombináció szerint képezzük a mértékadó tervezési értéket az egyes hatások összegeként. Meglehetősen időigényes vállalkozás, de működik.
- ❖ A második esetben szintén kétféleképpen járhatunk el:
 - a. a teherfelvételnél minden egyes teherhez definiálni kell a hozzátartozó parciális tényezőt és Ψ_1 tényezőket. Így a program automatikusan számítja a mértékadó hatáskombinációt és az abból kialakuló igénybevételeket. Ekkor csak arra kell figyelni, hogy mindig az egyidejű igénybevételekkel dolgozzunk, és ne az adott keresztmetszetben kialakuló mértékadó igénybevételekkel.
 - b. saját magunk definiálunk tehercsoportokat (a már tanult módon) az egyes hatások karakterisztikus értékeinek segítségével táblázatosan. Ekkor a tervezési értékeket mindenképpen azonos teherkombinációból kapjuk meg. Ezt a definiálási módszert ajánljuk mindenkinek, mert ekkor a legkisebb a hibalehetőség.
- ❖ **Fontos megjegyzés:** A gépi számítás bemenő adatait és számított eredményeit úgy kell dokumentálni, hogy azt bárki, bármikor le tudja ellenőrizni. Azaz, minden bemenő- és kijövő adatot ki kell nyomtatni, és a tervezési feladathoz csatolni kell.

5.2.3. Tervezési értékek meghatározása keretsíkkal párhuzamosan

- ❖ A Vierendel oszlopot minimum három különböző helyen kell vizsgálni a részletes számítás során:
 - felső oszlop alsó keresztmetszetében,
 - Vierendel oszlop alsó oszlopaiban,
 - övgerendán.
- ❖ Ezekben a pontokban kell az igénybevételeket és az abból számított szükséges vasmennyiségeket meghatározni:



56. ábra Minimálisan vizsgálandó keresztmetszetek

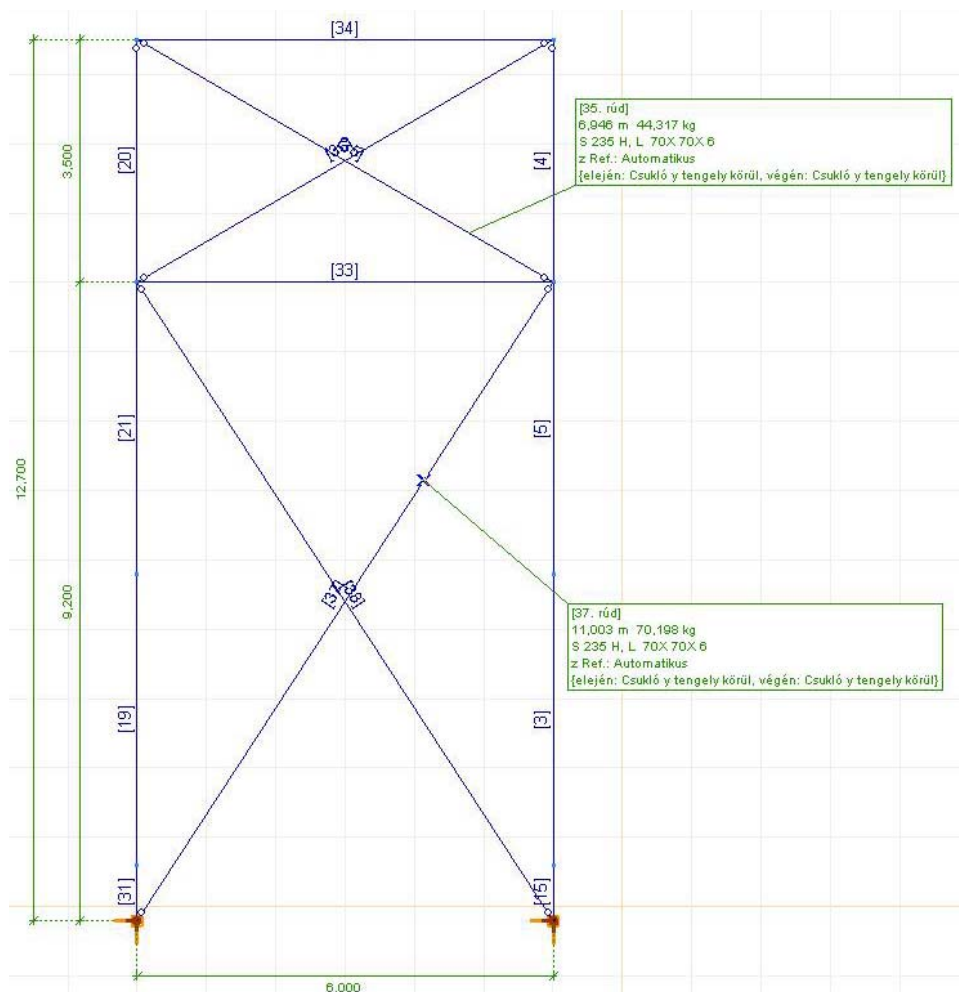
- ❖ Az igénybevételek tervezési értékeit táblázatosan célszerű kigyűjteni a vizsgált keresztmetszetekben ugyanúgy, mint ahogy a 4.8.6. pontban tettük.

5.2.4. Méretezés keretsíkkal párhuzamosan

- ❖ Az egyes keresztmetszetekben a szükséges vasmennyiséget a már előző félévekben megtanult vasbeton szilárdságtan alapján kell meghatározni.
- ❖ A vasmennyiségek meghatározásánál az EC2 előírásai alapján kell dolgozni.
- ❖ Az oszlopok vasalásának megfelelőségét a közelítő teherbírasi vonal alapján kell bizonyítani. Az egyes görbéket ábrázolni is kell, nem elég a kitüntetett pontjait kiszámítani.
- ❖ Az övgerendát, mint egy befogott gerendát kell méretezni, és így kell meghatározni a szükséges vasmennyiségeket (hajlított és nyírt vasakat is).

5.2.5. Statikai váz keretsíkra merőlegesen

- ❖ Az előző pontokban csupán a keretsíkkal párhuzamos igénybevételekre méreteztük a tartónkat.
- ❖ A keretsíkra merőleges vasalást az ideiglenes állapotok vizsgálata, és a keretsíkra merőleges erőkre való méretezés adja meg.
- ❖ A keretsíkra merőleges összes erőt, közelítésképpen azt mondjuk, hogy a merevítő rendszer közvetíti, mely esetünkben szimmetrikusan kialakított andráskereszt merevítést jelent két-két főállás között. ellenkező esetben a csarnokot, mint térbeli modellt kellene vizsgálnunk.
- ❖ A többnyire acélból készített, merevítések erőket adnak át a főtartókra, melyekre az oszlopokat méretezni kell.
- ❖ A méretezés során két főállást és a közöttük lévő merevítő rendszert fogjuk méretezni, ehhez a főállások „oldalnézetét” és az andráskereszteket kell definiálni a végeelemes programmal, az előzőekben már említettek szerint:



57. ábra Hossz-merevítés statikai váza

5.2.6. Hatások és hatáskombinációk keretsíkra merőlegesen

- ❖ A korábban figyelembe vett és kiszámított hosszirányú hatásokat, terheket kell most is figyelembe venni.
- ❖ A definiálandó terhek:
 - homlokfalról átadódó szélteher
 - leadódó hosszirányú daruteher
- ❖ A hatáskombinációkat az 5.2.2. pontban leírtaknak megfelelően számíthatjuk ismét.
- ❖ A meghatározott igénybevételeket célszerű ismét táblázatosan kigyűjteni.
- ❖ **Fontos megjegyzés:** A gépi számítás bemenő adatait és számított eredményeit az 5.2.2. pontban leírtaknak megfelelően kell dokumentálni.

5.2.7. Méretezés keretsíkra merőlegesen

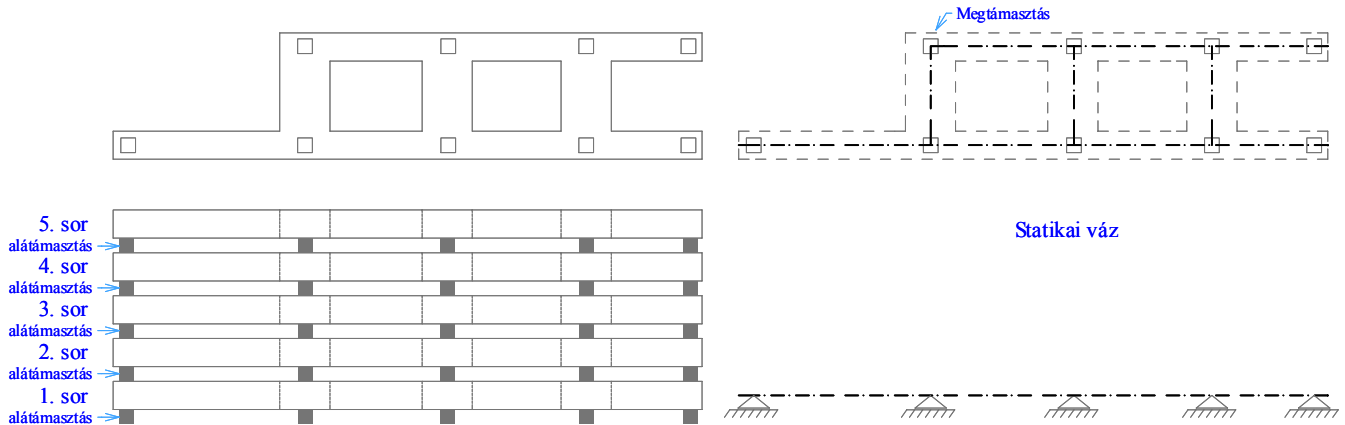
- ❖ A vasmennyiségek meghatározásánál szintén az EC2 előírásait kell alapul venni.
- ❖ Az oszlopok vasalásának megfelelőségét a keretsíkra merőleges közelítő teherbírasi vonal alapján kell bebizonyítani. Az egyes görbéket szintén ábrázolni kell.
- ❖ **Fontos megjegyzés:** Nem szabad elfeledkezni arról, hogy az oszlopok két irányban vannak hajlítva (külpontossági növekményekkel megnövelve), így azokat összetett hajlításra is le kell ellenőrizni.

5.2.8. Méretezés ideiglenes állapotban

- ❖ Az előregyártott elemek többnyire üzemben készülnek. Ennek köszönhetően, az elkészítéstől a végleges pozíciójukba kerülésükig ideiglenesen érhetik, érik olyan hatások, melyek a végleges funkciójuk során esetleg nem is érhetnék.
- ❖ Az előregyártott oszlopok építés közbeni, ideiglenes állapotai több esetben bizonyulnak mértékadónak, így ezekre a hatásokra méretezni kell a tartókat.
- ❖ A tervezési feladat során ellenőrzött, méretezett ideiglenes állapotok:
 - tárolás állapota,
 - felállítás állapota.
- ❖ A feladatban nem vizsgált állapotok lehetnek még: kizsaluzás-felszakítás, emelés, szállítás stb.

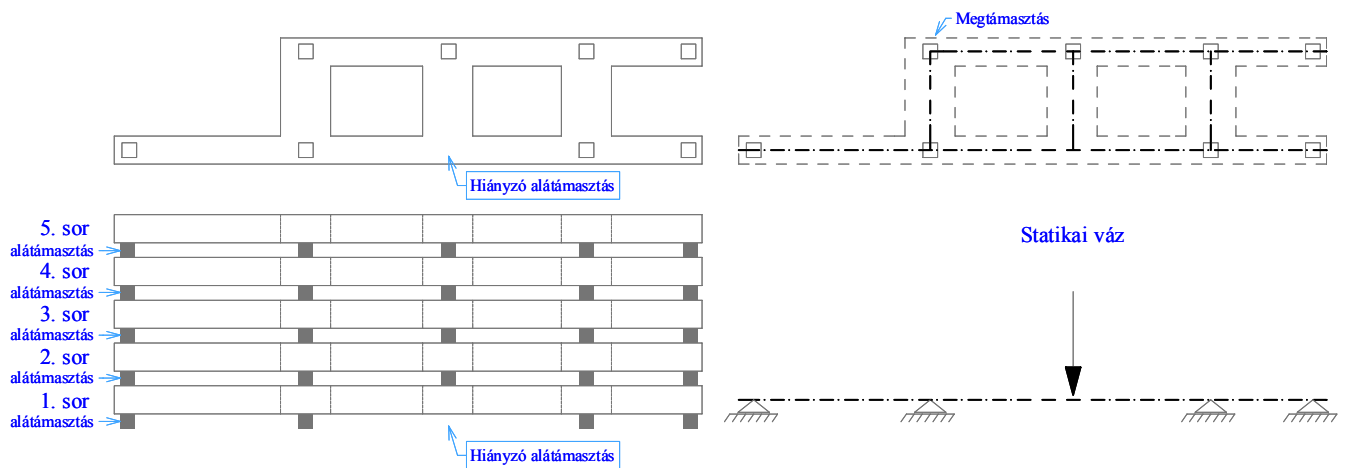
Tárolás állapota

- ❖ Az elemgyártó üzemben, a tartókat kizsaluzásuk után egymásra fektetve tárolják. Általában 5-6 db tartót helyeznek el egymáson.
- ❖ A tartókat nem közvetlenül egymásra fektetik, hanem alátámasztó bakok felhasználásával választják el egymástól.



58. ábra Tárolás

- ❖ Ebben az ideiglenes állapotban azt vizsgáljuk meg, hogy ha a legalul tárolt tartó alatt egy helyen nem raknak be alátámasztást, akkor a tartó a fölé helyezett tartók önsúlya alatt nem megy-e tönkre.

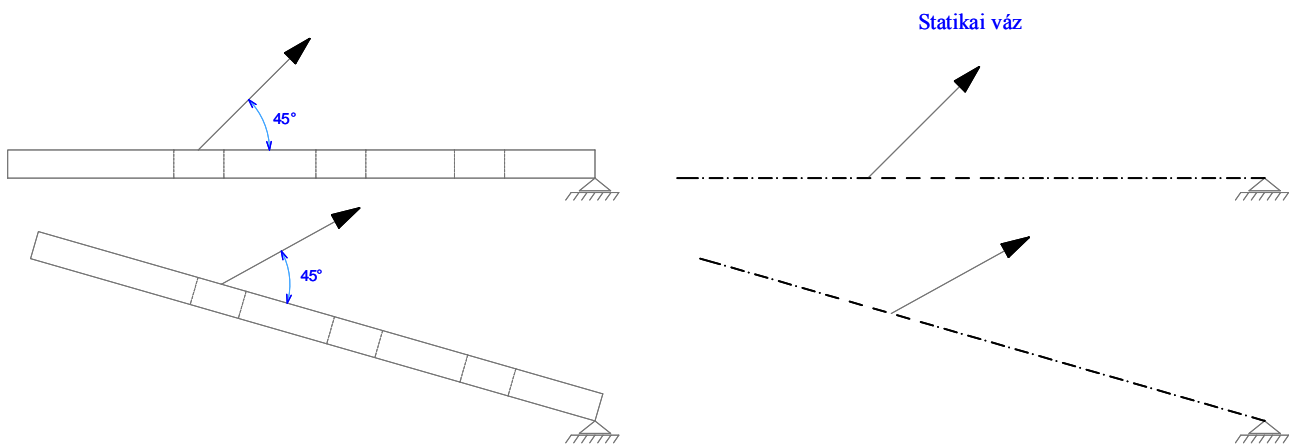


59. ábra Vizsgált állapot tárolás esetén

- ❖ A statikai méretezés során azt kell kimutatni, hogy az alsó (1. sor) sorban lévő tartó tönkremenetel nélkül kibírja a felette levő négy tartó és a saját önsúlyát.
- ❖ A pillér vasalását ennek tükrében kell megtervezni, kialakítani.

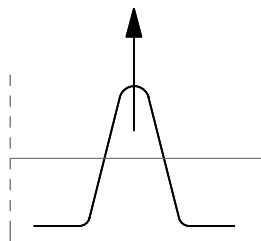
Felállítás állapota

- ❖ Az üzemből kikerkező tartókat a szállító járműről leemelik, és a kehelyalap mellé rakják. Ezt követően a tartót felállítják úgy, hogy felső övénel kezdik emelni, míg a talpát rögzítik. Ezt követően emelik be a kehelyalapba, ahol rögzítik végleges helyén.
- ❖ Ebben az állapotban azt vizsgáljuk meg, hogy a tartó nem megy-e tönkre felállítás közben.
- ❖ A számítás során feltételezhetjük, hogy $\sim 45^\circ$ -ban kezdik emelni a tartót:



60. ábra A felállítás állapota

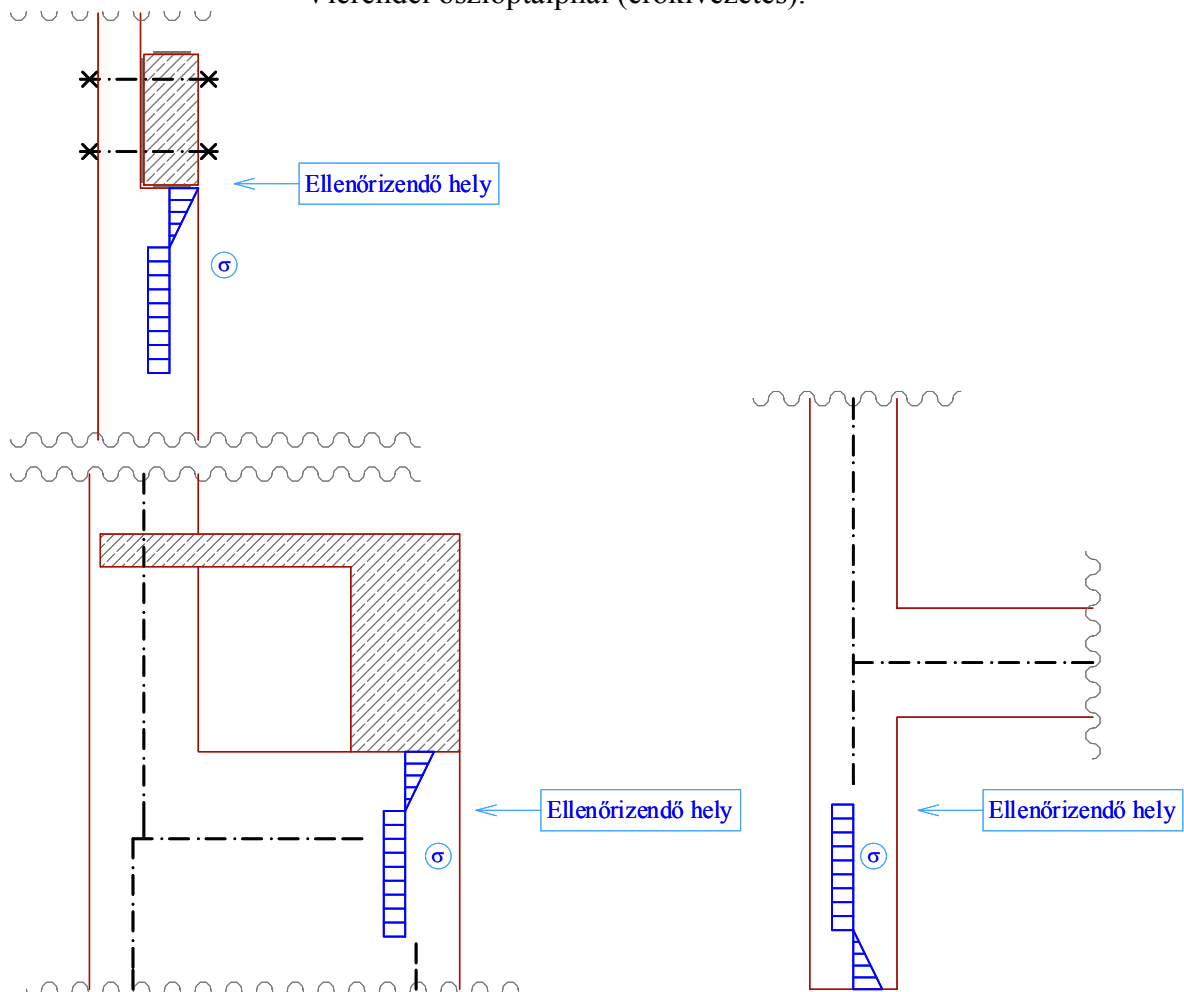
- ❖ A statikai méretezés során azt kell kimutatni, hogy a tartó felállítás közben nem megy tönkre saját önsúlya és az emelési erő hatására.
- ❖ A pillér vasalását ennek tükrében kell megtervezni, kialakítani.
- ❖ A pillér emeléséhez, illetve felállításához szükséges kampóvasakat szintén le kell méretezni.
- ❖ Méretezni kell őket:
 - kihúzóadás ellen, valamint meg kell határozni
 - szükséges keresztmetszeti méretüket (darabszám és átmérő).
- ❖ Méretezésük elvét már az előző félévekben tanultuk, azok részletes ismertetését így nem tesszük meg.



61. ábra Emelő kampó

5.2.9. Közvetlen erőbevezetések helyének ellenőrzése az oszlopon

- ❖ A vasbeton oszlopra két helyen rendkívül nagy erők adódnak át viszonylag kis felületen:
 - rövidfőtartó feltámaszkodásánál,
 - darupályatartó feltámaszkodásánál,
 - Vierendel oszloptalpnál (erőkivezetés).



62. ábra Erőbevezetések helye

- ❖ A közvetlen erőbevezetés közelében az erő hatásvonalára merőleges irányú húzás alakul ki a betonban. Erre a hatásra a vasbeton oszlopot méreteznünk kell.
- ❖ A méretezés részleteit szintén tanultuk már az előző félévben, így ennek menetét nem adjuk meg.

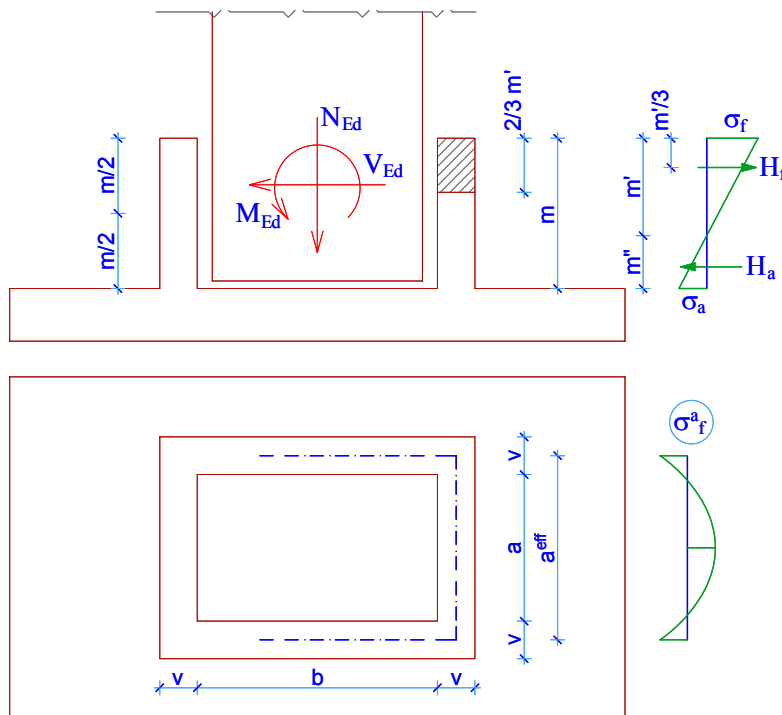
5.3. Vasbeton kehelyalap részletes erőtani számítása

5.3.1. Kehelyfalra jutó terhek

- ❖ A kehelyfalra jutó terhek tervezési értékeit szintén a gépi számítás eredményeként kaphatjuk meg.
- ❖ A kehelyfalra jutó erők nagyságát célszerű ismét táblázatos formában összegyűjteni. Továbbra se feledkezzünk meg arról, hogy egyidejű igénybevételekre kell a méretezéseket végrehajtanunk.

5.3.2. Méretezés a nyomás tervezési értékére

- ❖ A mértékadó esetben számítsuk ki az alábbi ábra szerinti betonban keletkező feszültségek tervezési értékét:



63. ábra Nyomófeszültségek ellenőrzése

- ❖ A kehelynyakban keletkező mértékadó feszültségek tervezési értékei:

$$\sigma_a = \frac{V_{Ed}}{F} - \frac{M_{Ed}}{K}; \sigma_f = \frac{V_{Ed}}{F} + \frac{M_{Ed}}{K}$$

ahol

$$F = a \cdot m, \text{ valamint}$$

$$K = \frac{a \cdot m^2}{6}, \text{ az ábra szerint értelmezve.}$$

- ❖ Az ellenőrzés:

$$\sigma_{max} = \sigma_f \leq \alpha \cdot f_{cd}$$

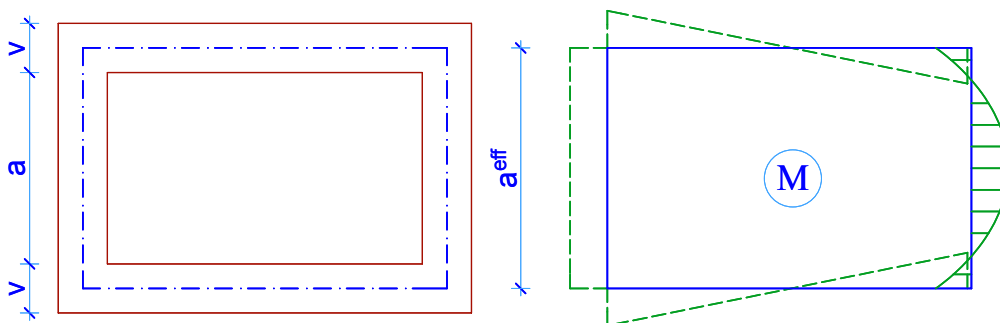
ahol

αf_{cd} az oszlop, a kiöntés és a kehely nyomó szilárdságának tervezési értékei közül a legkisebb.

- ❖ Az ellenőrzés során amennyiben a kehelynyak nem felel meg, növelni kell a magasságát (m).

5.3.3. Kehelyfalak vízszintes vasalásának meghatározása

- ❖ A kehely felső részét, melyet a befeszülő oszlop terhel, zárt keretnek tekintjük. A keresztirányú falban hajlítás és nyírás ($M+V$), a hosszirányú falban pedig húzás (N) lép fel.
- ❖ Az erőjáték meglehetősen bizonytalan, hiszen a kiöntőhabarcs akadályozza a felső keret alakváltozását.
- ❖ Közelítésképpen az alábbi nyomatéki ábrát feltételezzük:



64. ábra Nyomatéki ábra a keresztirányú kehelyfal felső 2/3 részében

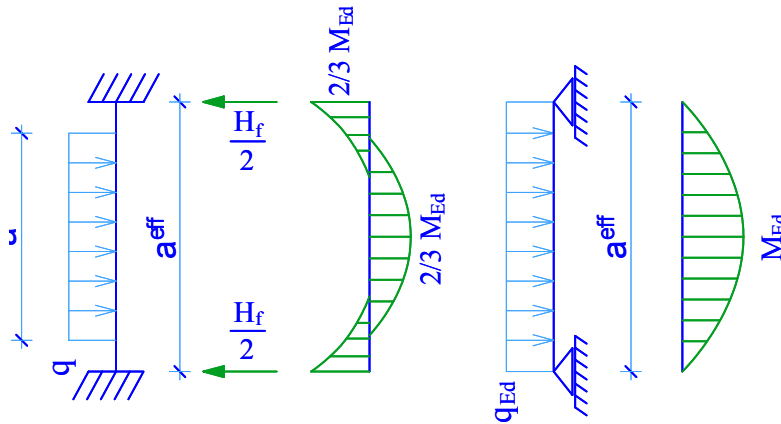
- ❖ A keresztirányú kehelyfalban elhelyezendő vízszintes vasalást, egy helyettesítő kéttámaszú gerenda szükséges vasmenyiségeiként számíthatjuk.
- ❖ Ha a kehelyfal terhelt szakaszát a -val, és a helyettesítő gerenda statikai vázának hosszát a^{eff} -fel jelöljük, akkor a gerendára jutó helyettesítő, vonalmenti teher tervezési értéke az alábbi képlettel számítható:

$$q_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot m' \cdot \sigma_f$$

ahol

σ_f a kehelyfal felső szálában ébredő maximális feszültség,
 a, a^{eff}, m' 60. sz. ábra szerint értelmezendő geometriai adatok.

- ❖ A helyettesítő teher tervezési értéke és a statikai váz hosszának ismeretében a maximális M_{Ed} nyomaték számítható.



65. ábra Helyettesítő teher értelmezése

- ❖ A helyettesítő teher tervezési értékének és a statikai váz hosszának ismeretében a maximális M_{Ed} nyomaték számítható, abból szükséges vasmenyiségek meghatározhatók.
- ❖ Az így meghatározott vízszintes irányú vasalást a kehelyfal felső $2/3 m'$ magasságában kell elhelyezni (nem a teljes magasságon!).
- ❖ A hosszirányú falakban külpontos húzás alakul ki, értéke:

$$\left[\frac{H_f}{2}; \frac{2}{3} \cdot M_{Ed} \right]$$

5.3.4. Keresztfal nyírási teherbírásának ellenőrzése

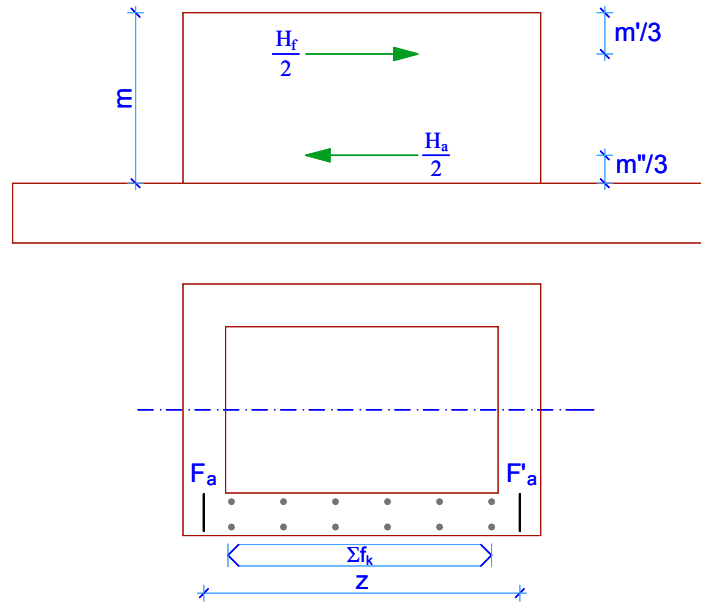
- ❖ Az előző pontban kiszámított kehelyfal vastagságát is le kell ellenőrizni.
- ❖ A felső $2/3 m'$ magasságú falrész nyírási teherbírásának tervezési értéke ($V_{Rd,3}$) a már tanult módon határozható meg.
- ❖ A mértékadó nyíróerő tervezési értéke és az ellenőrzés:

$$V_{Ed} = \frac{H_f}{2} \leq V_{Rd,3}$$

- ❖ A keresztfal befogásánál és a sarkoknál a teljes nyíróerőt célszerű vasakkal felvenni.
- ❖ Abban az esetben, ha a nyíróerő tervezési értéke nagyobb (V_{Ed}), mint a nyomott rácsrúd tönkremeneteléhez tartozó erő (V_{Rd2}), akkor a kehelyfal vastagságát kell növelni.

5.3.5. Kehelyfalak függőleges vasalásának meghatározása

- ❖ A kehelyfalak függőleges vasalását úgy kapjuk meg, hogy azokat, mint a talplemezbe befogott konzolokat méretezzük.



66. ábra Kehelyfal nyomatéki méretezése

- ❖ A nyomatékra méretezett vasalás keresztmetszetének meghatározása az alábbi képlettel lehetséges:

$$F_a = F'_a = \frac{\frac{H_f}{2} \cdot \left(m - \frac{m'}{3}\right) - \frac{H_a}{2} \cdot \frac{m''}{3}}{f_{yd} \cdot z}$$

ahol

f_{yd}	a betonacél húzószilárdságának tervezési értéke,
m', m''	60. sz. ábra szerint értelmezendő geometriai adatok,
z	a kétoldali vasalás belső karja.

- ❖ A hosszfalban elhelyezendő szükséges nyírási vasalás keresztmetszeti területét közelítően az alábbi módon számolhatjuk:

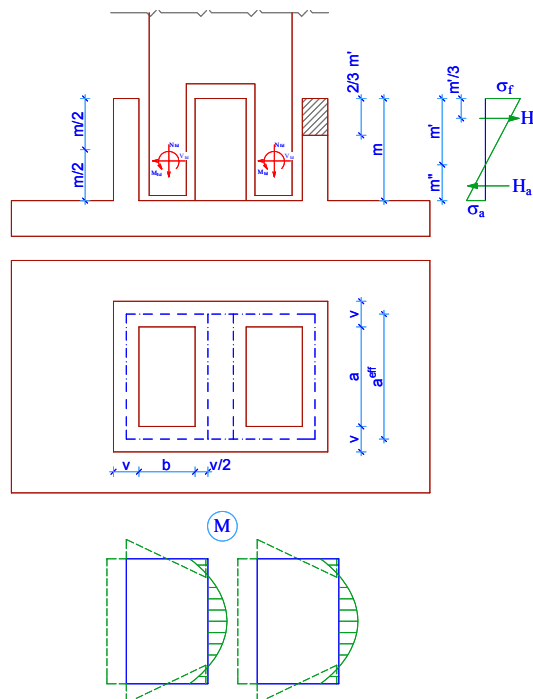
$$\Sigma f_k = \frac{H_f}{f_{yd}}$$

5.3.6. Kehelyfalak méretezése kétirányú igénybevételre

- ❖ Az előző pontokban megadott számítási algoritmust mindkét irányban el kell végezni.
- ❖ Meg kell határozni a kehelyfalak vasalását mind a keretsíkban kialakuló, illetve a keretsíkra merőleges irányban kialakuló igénybevételekre.
- ❖ Így valójában mind a kereszt-, mind a hosszfalakat, mint külpontosan húzott és nyírt vasbeton szerkezeti elemeket kell kialakítani.
- ❖ Ekkor természetesen el kell végezni a függőleges vasak meghatározását is külön-külön az egyik irányban, majd a másik irányú hajlításnak megfelelően, és végül az egyes falakban a szükséges mennyiségek összegzése után alakítható ki a ténylegesen alkalmazott vasalás

5.3.7. Kettős oszloptalp esetén a kehelyfalak méretezése

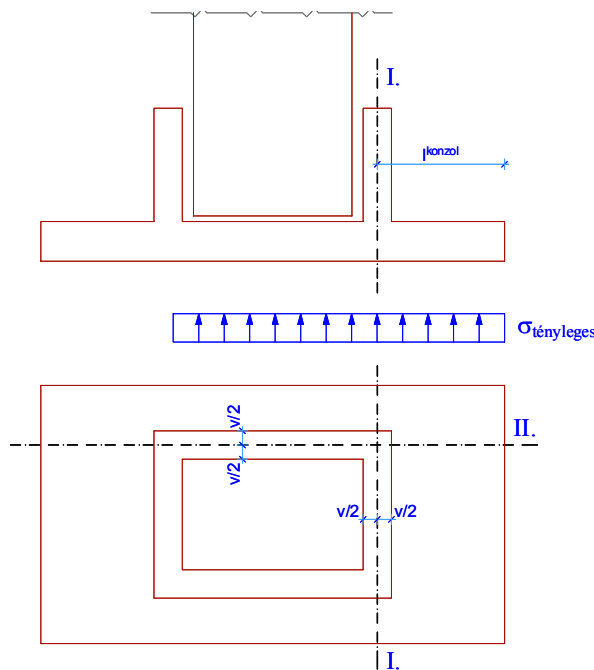
- ❖ Abban az esetben, ha a Vierendel oszlop talpát kettős oszloplábként alakítottuk ki, akkor szintén az előbb ismertetett számítási módszerrel lehet mind a kereszt-, mind a hosszfal vasalását méretezni.
- ❖ Természetesen a két oszloplábon leadódó terhekre külön-külön kell a két kehelyrészt méretezni:



67. ábra Kehelyfal nyomateki ábrája kettős oszlopláb esetén

5.3.8. Talplemez vasalásának meghatározása

- ❖ A pontos terhek és igénybevételek ismeretében ismét elvégezzük a talplemez felületének és vastagságának ellenőrzését.
- ❖ Az ellenőrzést pontosan úgy végezzük, ahogyan azt a közelítő számítások során már egyszer megtettük, lásd 4.9.5. pontban.
- ❖ A korábban elvégzett számításokat ismét elvégezzük, most már természetesen a gépi számításból megkapott mértékadó, egyidejű igénybevétel párokra (N_{Ed} ; M_{Ed}).
- ❖ A továbbiakban csupán a talplemez vasalásának meghatározását tárgyaljuk részletesen.
- ❖ A talplemezt, mint konzolt vizsgáljuk mindkét irányban. A konzol hosszát az alábbi ábra szerint vegyük fel:



68. ábra Kehelytalp méretezése

- ❖ Az így meghatározott konzolra működtessünk a tényleges talajfeszültségnek megfelelő nagyságú erőt.
- ❖ A konzol vasalását így könnyedén meg tudjuk határozni.
- ❖ A talplemez átszűrődási vizsgálata során, szükség esetén figyelembe vehetjük a felhajlított vasak nyírési teherbírását is.

