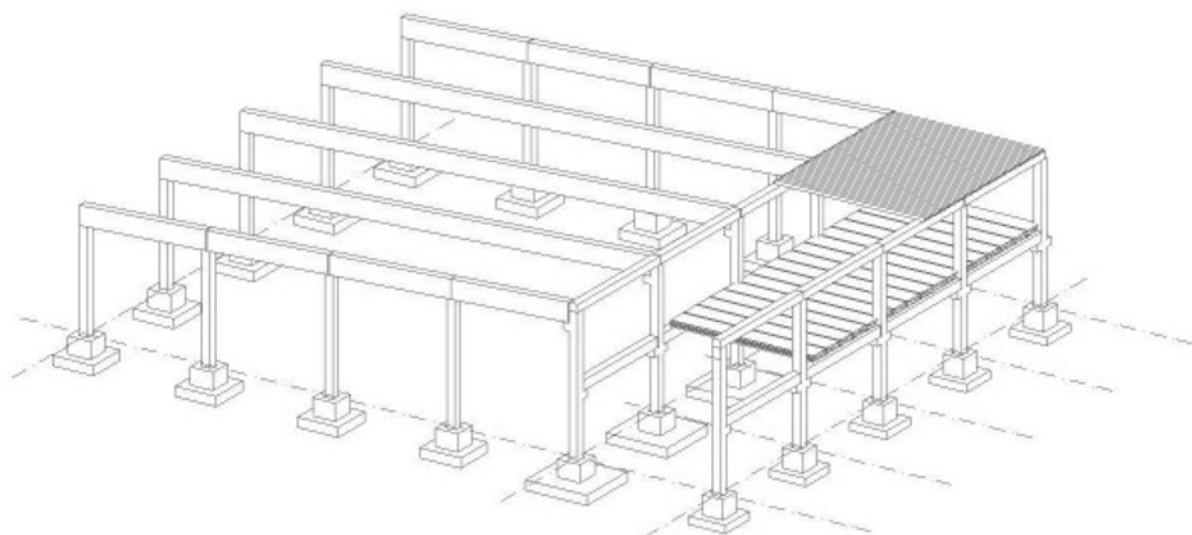


Kéthajós vasbeton ipari csarnok számítása



Készítette: Olajos Katalin

Neptun-kód: [REDACTED]

Konzulens: Hernád Attila

Dr.Koris Kálmán

2014

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
Műszaki leírás	4
Műszaki leírás	4
Általános leírás- Kiinduló környezeti adatok:	4
1.Elhelyezkedés	4
Telek:	4
2.Talajmechanika	4
3.Szerkezetismertetés:	5
4.Kivitelezési utasítások:	6
5. Különleges körülmények és szükséges intézkedések:	6
6.Általános térbeli organizációs ismertető:	7
7 .Technológiai utasítás a földmunkára-nagy tömegű földkiemelés	8
7.1.A munka megkezdésének feltételei:	8
7.2 A munkavégzéssel kapcsolatos előírások:	9
3. Munkavédelmi eszközök, előírások:	10
7.4. Minőségi előírások:	10
8.2 A munkavégzéssel kapcsolatos előírások:	11
1.1. A tervezési feladat ismertetése (Ld. a feladatkiírásban)	13
1.2. Geometriai adatok	13
1.3.A tervezés során felhasznált szabványok, szakirodalom	13
1.4. Tervezés során felhasznált szoftverek	14
1.5. Tervezési élettartam	14
1.6. Környezeti kitéti osztály	14
2.5 Felhasznált anyagok és azok tervezési adatai	14
2.5.1 Felhasznált beton	14
2.5.2. Felhasznált betonacél	15
3. Tartószerkezetet érő terhek és hatások	16
3.1. Állandó terhek	16
3.1.1. Rétegredek	16
3.1.2.Könnyszerkezetes tetőhéjalás önsúlya:	16
3.1.3.Gépészeti teher:	16
3.2. Esetleges terhek	16
3.2.1.Hasznos teher	17
3.2.2. Szerelési teher	17
3.2.3. Válaszfal teher	17
3.3.3. Meteorológiai terhek:	17
3.3.3.1. Hóteher	17
3.3.3.3 Hózug teher	18
3.3.3.4 Hőteher	18
3.3.3.5. Szélteher	18
I. Közelítő számítás	20
I.1 A feszített főtartó közelítő számítása	20
I.1.2 Alapanyagok, anyagminőségek	20
I.1.3. Állandó terhek	20
I.1.4 Esetleges terhek	20
I.1.5 Mértékadó nyomaték	20
I.1.6 Acélbetétek megnyúlása	21
I.1.7 Feszítőpáaszma adatai	21
I.1.8 Kezdeti feszítési feszültség	22
I.1.9 Ellenőrzés nyírásra	23
I.2 Körüreges palló ellenőrzése	24
I.2.1 Geometriai adatok	24
I.2.2 Állandó terhek	24
I.2.3 Esetleges terhek	24
I.2.4 Mértékadó nyomaték a terhekből	24
I.3 A lágyvasalású gerenda közelítő számítása	25
I.3.1 Geometriai adatok, anyagminőségek	25
I.3.2 Önsúly jellegű terhek	25

I.3.3 Hasznos terhelés	25
I.3.4 Mértékadó nyomaték	25
I.3.5 Szerkesztési szabályok ellenőrzése	26
I.3.6 Mértékadó nyíróerő	26
I.3.7 Ellenőrzés nyomatékra	26
I.3.8 Ellenőrzés nyírásra	26
I.4 Rövid konzolok ellenőrzése	27
I.4.1 Fő húzott vasalás	28
I.4.2 Nyomatéki egyensúly	28
I.4.3 Nyomott beton teherbírás ellenőrzése	28
I.5. A közbső oszlop közelítő méretezése	29
I.5.1 Geometriai adatok, anyagminőségek	29
I.5.2 Állandó terhek	29
I.5.3 Esetleges terhek	29
I.5.3.1 Szélteher-tehereloszlás erőmódszerrel	30
I.5.3.2 Terhelési tényezők (második esetben)	32
I.6 Lágvasalású födémtartó-fióktartó terhelése	33
I.6.1 Állandó terhek	33
I.6.2 Esetleges terhek	33
I.6.3 Teherkombinációk	33
I.6.4 Elsőrendű igénybevételek	34
I.6.4.1 Keresztirányban mértékadó nyomatékból a legnagyobb nyomaték	35
I.6.4.2 Keresztirányban mértékadó a normálerő	36
I.6.5 Hosszirányban mértékadó normálerőből képződő legnagyobb nyomaték	38
I.6.6 Igénybevételek tervezési értékei	39
I.6.7 Vasmennyiség keresztirányban	39
I.6.8 Alkalmazott vas	40
I.6.9 Alkalmazott vas a másik irányban	41
I.6.10 Oszlop szilárdsága normálerőre	41
I.6.11 Nyírási vasalás tervezése	41
I.7. Kehelyalap ellenőrzése	42
I.7.1 Mértékadó igénybevételek a talpnál	42
I.7.2 Geometriai méretek	43
I.7.3 Egyenletesen megoszló teher	43
I.7.4 Kehelyalap vizsgálata átszúródásra	43
I.8 Földrengés számítása	43
I.9 Igénybevételek ellenőrzése gépi számítással	49
II. Részletes statikai számítás	56
II.1 Szelemenek méretezése	56
II.1.1 Kiindulási adatok	56
II.1.3 Szerkezeti modell adatai	56
II.1.4 Szelemenek Elrendezése	56
II.2 Állandó terhek	56
II.2.1 Tető- és falburkolati rendszerek súlya	56
II.2.3 Állandó jellegű hasznos terhek	57
II.2.4 Esetleges terhek	57
II.2.4.1 Hasznos teher	57
II.2.5 Hóteher	57
II.2.6 Szélteher	58
II.2.6.1 Szélsebesség alapértékéhez tartozó szélnyomás	58
II.2.6.2 Szélsebesség csúcserősségéhez tartozó szélnyomás	58
II.2.6.3 Külső szélnyomás	58
II.2.6.3.1 Keresztirányú szélhatás	59
II.2.6.3.2 Hosszirányú szélhatás (90fok)	60
II.2.6.4 Belső szélnyomás	61
II.2.6.4.1 Nyílások adatai	61
II.2.6.4.2 Keresztirányú szélhatás (0fok)	62
II.2.6.4.3 Hosszirányú szélhatás (90fok)	62
II.2.6.5 Szélnyomások értékei	63
II.2.6.5.1 Hosszirányú külső szélhatás esete	64

II.2.6.5.2 Keresztirányú külső szélhatás esete	65
II.2.6.5.3 Keresztirányú belső szélhatás esete	65
II.2.6.5.4 Hosszirányú belső szélhatás esete	65
II.2.6.6 Terhelési esetek	68
II.3 Burkolati elemek méretezése	68
II.3.1 Külső trapézlemez méretezése	68
II.3.3.1 Geometriai modell	68
II.3.1.2 Tehermodell	68
II.3.1.2.1 Terhek karakterisztikus értékei	68
II.3.1.2.2 Mértékadó teherkombinációk	69
II.3.1.2.3 Mértékadó hatásállapotok ellenőrzése	71
II.4 Feszített főtartó számítása	71
II.4.1 Kezdeti állapot (feszítő ráengedésének pillanata) ellenőrzése	71
II.4.2 Ellenőrzés tartóközépen	72
II.4.3 Ellenőrzés a tartóvégen	72
II.4.4 Feszítési feszültség-veszteségek számítása	73
II.4.5 Nyomatéki teherbírás ellenőrzése	76
II.4.6 Nyírási vasalás tervezése	76
II.4.7 A tartó lehajlásának ellenőrzése	78
II.4.8 Tartóvég vizsgálata	82
II.5 Közbenső oszlop részletes számítása	84
II.5.1 Statikai váz	84
II.5.2 Igénybevételek	84
II.5.3 Kihajlási hosszak meghatározása	84
II.5.4 Méretezés a felső keresztmetszetben	85
II.5.5 Méretezés a középső keresztmetszetben	93
II.5.6 Nyírási vasalás tervezése	101
II.5.6.1 Felső keresztmetszetben	101
II.5.7 Tartóvég vizsgálata	104
II.5.7.1 Keresztmetszeti jellemzők	104
II.6 Rövid konzol vasalása- felső keresztmetszeti résznél	106
II.6.1 Keresztmetszeti és anyagjellemzők	106
II.6.2 Vasalás tervezése	108
II.7 Oszlopvég vizsgálatok	109
II.7.1 Oszloptalp vizsgálat	109
II.8 Ideiglenes állapotok vizsgálata	111
II.8.1 Zsaluzatból való felszakítás	111
II.8.2 Oszlopvég vizsgálata	112
II.8.2.1 A felső oszloprész tetejének vizsgálata keretsíkban, mint központosan nyomott oszlopfej	112
II.8.2.2 A felső oszloprész tetejének vizsgálata keretsíkra merőlegesen, mint két oldalon nyomott oszlopfej	113
II.9 Közbenső állapotokra való méretezés	113
II.9.1 Tárolás állapot	113
II.9.1.2 Ellenőrzés nyírásra	115
II.9.2. Felállítás állapota	116
II.9.3 Ellenőrzés nyírásra	118
II.9.4 Emelő kampó méretezése	119
II.9.5 Emelőcső méretezése	119
II.10. Az oszlophoz csatlakozó szerkezetek csatlakoztató elemei	120
II.10.1 A rövid főtartó csatlakozó elemei	120
II.11 Közbenső kehelyalap részletes számítása	121
II.11.1 Kehelynyak részletes számítása – keretsíkban	121
II.11.2 Kehelynyak részletes számítása keretsíkra merőlegesen	127
II.11.3 Kehelynyak vasalásának kialakítása keretsíkban	133
II.12 Talplemez vasalásának számítása – keretsíkban	135
II.12.1 Átszűrődés vizsgálata	139
II.12.2 Talplemez vasalása keretsíkban	141
II.12.3 Talplemez vasalása keretsíkra merőlegesen	142
II.12.4 Kehelytalp vasalásának kialakítása keretsíkban (nyírásra)	143

Műszaki leírás

Általános leírás- Kiinduló környezeti adatok:

1. Elhelyezkedés

Az építési telek, 5440 Kunszentmárton, Öcsödi úton található, Kunszentmárton egyik újonnan kiépülő ipari területén a Tradeplast Kft-vel szemben, a Mol Benzin-és töltőállomás mellett, keleti irányú szomszédságban.

Telek:

– Területe: 904m²

– Méretei:

- | | |
|------------------------------------|-------|
| ○ északi (utcafronti) telekhatáron | 25,1m |
| ○ keleti oldalhatáron | 18m |
| ○ déli telekhatáron | 25,1m |
| ○ nyugati oldalhatáron | 18m. |

A telek a nyugati oldalról közelíthető meg és az északi oldalon.

A kialakított építési telek egy rendezett és jól kiépített, területen helyezkedik el. Bontandó épület nem található az építés helyszínén. Közművek megtalálhatóak rajta, a víz, villany és a fűtési szempontból a termálvíz jelenti a megoldást, a termál vezeték a telek déli oldalán a 44-es számú főút mellett helyezkedik el.

2. Talajmechanika

A részletes talajmechanikai szakvéleményt a PETIK és TÁRSAI Mérnöki Szolgáltató Kft. készítette, melyet az Építési Geotechnikai Adattár bocsátott a rendelkezésemre. A vizsgált területen Borro fúrás és Borro dinamikus szondázás történt a november 2-3-án. A talajvíznyugalmi szintje a területen 4,8-6,2m jelentkezett. A vizsgált részen a tavaszi árvízi időszakban nem volt sem árvíz sem belvíz. Az észlelt csapadékvíz mélyhelyzetűnek mondható. A becsült maximális talajvízszint 3 méter mélyen van, a mértékadó maximum pedig 2,5m mélységben található.

Megfelelő teherbírással rendelkező talajréteg 0,8-2,6m mélyen található, az alapozási síkot ennek megfelelően -1,7m mélyen határoztam meg. 2,6m alatt kevésbé teherbíró

talajrétegek helyezkednek el, ezért az alapozás kialakításához a pontalapot választottam, mely a talajmechanikai szakvéleménnyel is egyezik, továbbá a süllyedéskülönbségekre kevésbé érzékenyen reagál. A talajmechanikai fúrások elhelyezkedését és eredményét a tervdokumentációba csatoltan találhatók.

A szerkezet alapelestjeinek süllyedéskülönbsége nem haladja meg az előírt határértéket, így azok megfelelő biztonsággal alkalmazhatók.

3.Szerkezetismertetés:

Elsődleges tartószerkezetei a kehelyalapozás, az előre gyártott és helyszínen felállított különböző kialakítású vasbeton pillérek, előre gyártott feszített körüreges földémpallók (FF-160/B), a lágyvasalású rövid főtartók, a feszített gerendatartók.

A teljes tető felülete hőszigetelt.

Az épületegyüttes több részből áll:

- 1 csarnokrészből
- 1 iroda részből
- 1 iroda alatti csarnokrészből

A különböző részek alaprajzi elhelyezésüket illetően egyaránt téglalap elrendezésűek.

Épület méretei:

Irodarész vízszintes:

- A: 5,1m
- B: 18m

Magassága: 3,05m

Iroda alatti rész vízszintes:

- A: 5,1m
- B: 18m

Magassága: 2,9m

Csarnokrész vízszintes:

- A: 20m
- B: 18m

Magassága: 6,55m

4.Kivitelezési utasítások:

Az előre gyártott elemek elhelyezése során a falváztartókat, mint teherviselő szerkezeteket igénybe venni nem lehet. A feszített tartó elhelyezése a közbenső oszlop rövid konzoljára és a bal szélső oszlop tetejére központosan történik, a falváztartók nem támasztják alá, a kettő közötti kapcsolatot 2 db U300-as melegen hengerelt acélszelvény biztosítja. A két elem között biztosítani kell 5 cm hézagot, a feltámaszkodás elkerülése miatt.

Az elemek elhelyezése során fokozottan ügyelni kell a daruk mozgására és elhelyezésére, mivel a közbenső és a bal szélső oszlop felállítása egyszerre történik. Az felállítás során és a tárolás alatt ébredő igénybevételekre az oszlopok ellenőrzése megtörtént, megfelelnek a mozgatás és tárolás követelményeinek. Az oszlopok felállítása során, a munkavégzés területén emberi tartózkodás szigorúan tilos.

A körüreges földémpallók elhelyezése során a megadott elem elhelyezési tervektől tilos eltérni. A pallófödémek elhelyezése a kiharapások miatt az oszlopok csatlakozásánál egyedik, ezért a tervező megkérdezése nélkül utólag eltérni azoktól nem lehet.

Az feszített főtartó közbenső oszlop rövid konzoljára történő felültetése során valamint a feszített főtartó nyugati oldalon lévő szélső oszlop tetejére történő elhelyezésekor a 10x260x260-as méretű vasalt Q szendvicslap támaszelem elhelyezendő. Ugyanez a támaszelem megfelelő teherbírással rendelkezik a lágyvasalású gerenda és a közbenső oszlop rövidkonzolos csatlakozásai esetén, ahová szintén elhelyezendők.

Az útpálya állapotát folyamatosan vizsgálni kell.

A gépek helyes működését és irányítását állandóan ellenőrizni kell.

A gépek alatt és környezetében, azok munkavégzése közben tartózkodni szigorúan tilos. A vezetékek és a kábelek oldható kivitelben készüljenek.

A világítást úgy kell kialakítani, hogy a közlekedés egyéni világítás nélkül is biztonságos legyen.

5. Különleges körülmények és szükséges intézkedések:

A területen lévő lombhullató- és örökzöldfákat illetve bokrokat el kell távolítani, és ezek pótlásáról később gondoskodni kell. A növények kivágásához önkormányzati engedélyt kell beszerezni. A közterületről elfoglalt területek mérete összesen 283 m².

Az újra telepítendő fák mennyiségét, fajtáját és telepítendő helyét a helyi önkormányzat fogja meghatározni. Az építési területet elhagyó járművek kerekeinek mindig tisztának kell

lenni, amikor elhagyják a telket, mert a közutat nem lehet beszennyezni, illetve sárral,porral betéríteni.

6.Általános térbeli organizációs ismertető:

Felvonuláskor az építési területet ideiglenes kerítéssel vesszük körbe. A területlehatárolást Tempofor F2 mobilkerítéssel biztosítjuk, amelyeken a be- és kijáratnál kifelé tolható toló kapu van kialakítva, az anyagi védelmet egy-egy őrbódéval biztosítjuk, amelyet 0-24 órás 2 műszakos őrszolgálattal biztosítunk.

A terület nyugati határán két kapu kapott helyet. A nyugati kapuk egy 7,2m és egy 4,5 m széles kapu a déli irányú egy ideiglenes kapu, az északi a fő bejárat ahol megérkezni lehet az építés helyszínre. Az észak-keleti kapu a kijárat, előtte egy fóliával bélelt vízelvezetésű,a szennyezett vizet külön tartályba gyűjtő, 25 m-es tömlővel felszerelt kerékmű található,ami egyben a leállósávként is szolgál.

Az építési területen 2 db, a vezetőségnek és az ellenőröknek fenntartott ideiglenes gépkocsi parkoló található. A helyszínen kavicsterítéses, egyirányú 3 méter széles utat létesítünk.

A mobil konténerek a telek északkeleti és nyugati oldalán kerülnek elhelyezésre.

Az építési területen egyszerre dolgozók létszáma összesen 82 fő. A konténerek befoglaló mérete: 6,2 m X 2,6 m

A területen található konténerek és részlegek:

- 2db őrbódé (U1)
- 2db mosdó (V3)
- 1db (V3) konténerben→ 3 mosdó, 4 WC
- 1db elsősegély részleg (U1)
- 2db fürdő(U8 és V3)- 2db fürdő (V1)
- 4 db öltöző (U1)
- 2db raktár (U1)
- 2db adminisztrációs helyiség (U1)
- 2db (U2) konténer→tárgyaló/iroda
- 1 db építésvezetői/művezetői iroda (U2)
- 3 db étkező konténer (U2)

Az észak-keleti kapu mellett nyugati irányban van az egyik beérkező víz, szennyvíz és elektromos áram közmű-lecsatlakozásunk az utcáról. Itt egy véglegesen kialakított a fagyhatár alatt -1,00 m-en elhelyezett vízóránk van. És egy elektromos mérőóránk főkapcsolóval elhelyezve, amelyek villanyoszlopon vannak elhelyezve. Az észak-nyugati oldalról beérkező közműveink is a víz és az elektromos áram, itt a víz ideiglenesen kialakított mérőórával és aknával használatos, az áram szintén főkapcsolóval, de ez csak biztonsági, tartalék főkapcsoló. A vízóra aknákból tovább a vizet -1,00m-en a fagyhatár alatt vezetjük a további csapokhoz és a konténerekhez. A toronydaruhoz mobil kapcsolószerkeényt telepítünk, a toronydaruhoz még főkapcsolót is el kell helyeznünk. Vizet a mobil konténer blokkokhoz és a kerékmósóhoz vezetünk, a kerékmósónál ideiglenes védő csőben elvezetve. A konténerek a hálózatra rá vannak kapcsolva. A területen 8-12 méterenként villanyoszlopok találhatóak, amelyeken ideiglenes lámpatestek találhatóak az éjszakai megvilágításért. A létesített úthoz közel kerülnek elhelyezésre az anyagdepóniák, az északi telek határon, a szállítás megkönnyítése érdekében. A depóniák közelében villanyoszlopokat létesítünk, amelyek biztosítják a megvilágítást. A depóniák körül minimum 1,00 méter széles körüljárhatóság mindenhol biztosítva van.

7 .Technológiai utasítás a földmunkára-nagytömegű földkiemelés

7.1.A munka megkezdésének feltételei:

A munka megkezdése előtt a terület közműveit fel kell tární, annak ismeretében kell dolgoznunk. Fontos tehát a Genplan megléte. Az érvényes építési/kivitelezési szerződés megkötése szükséges, ez nélkül az építkezést megkezdeni nem szabad. A telephelyeket, irodákat, és a közlekedési útvonalakat, depóniákat előzetesen el kell helyezni és ki kell jelölni és a zavartalan munka érdekében. A tényleges építési munkát az építési napló megnyitásával és a terület átadásával lehet elkezdni. A kivitelezési tevékenységet a felelős műszaki vezetőnek kell irányítani, aki rendelkezik a kivitelezés szakirányának megfelelő jogosultsággal és közvetlen irányítási joggal. Az építés megkezdését megelőzően a közterületről kiemelt, jól észrevehető helyen tájékoztató táblákat kell elhelyezni, melyen információt kell adnunk az építető nevééről, az építőipari tevékenység tárgyáról, az építés kezdési és befejezési időpontját, az építési engedély számát, a fővállalkozó és a kivitelező nevét és nyilvántartási számát, a tervező nevét, építetői fedezetkezelő közreműködése esetén ennek megnevezését és elérhetőségét, a műszaki ellenőr nevét, nyilvántartási számát és névjegyzéki jelét. A munka befejezésének várható időpontját, a tervező és a kivitelező nevét

is fel kell tüntetnünk. A földmunka első fázisában az építési terület felső rétegének, a humusznak az eltávolítása történik meg. A humuszt 50 cm vastagságban kell leszedni a felszínről. A humuszt a teljes építési területéről el kell távolítani.

Szükséges a humusz eltávolításához egy CATERPILLAR 329E kotrógép, elszállításához VOLVO Euro III-as típusú billenőplatós tehergépkocsikat használunk.

Az építési területen humuszt nem deponálunk, a kitermelt humusz folyamatosan elszállításra kerül. A kijárat előtt keréklemosóval ellátott leállósáv található, amelynek használata kötelező a területen dolgozó gépeknek. A munkagödrünk partfalmegtámasztását rézsűs rendszerrel biztosítjuk. A földkitermelés során a billenőplatós tehergépkocsi elszállítja a kitermelt laza földet egy 35 km-re lévő faluba, ahol egy árvíz védő gát építésére használják. Az első fázisban dél-nyugati, második fázisban a terület dél-keleti sarkából indulunk ki ahonnan észak-nyugati irányban haladunk a kotrógéppel. A harmadik fázisban az észak-keleti oldalról nyugat felé haladunk.

7.2 A munkavégzéssel kapcsolatos előírások:

Az építési munkahelyeken üzemeltetett valamennyi gépi meghajtású munkaeszközt annak kezelője minden munkavégzés előtt köteles megvizsgálni és meggyőződni arról, hogy a működtető és biztonsági berendezések megfelelőek.

Építőipari gépeket úgy kell elhelyezni, hogy azok egymás hatósugarába ne kerülhessenek, biztosítsák a megfelelő védőtávolságokat, ne legyenek veszélyforrás okozói, illetve elegendő hely álljon rendelkezésre a gépek közötti biztonságos közlekedési út kijelölésére.

A földmunkáknál, mint minden építőipari munkánál a környezetvédelmi előírások betartására fokozott figyelmet kell fordítani. A munkaterületeken építőipari gépek dolgoznak. Ezek megfelelő mértékben szennyezhetik csak a környezetüket. A munkák során keletkezett veszélyes hulladékokat a megsemmisítés helyére kell haladéktalanul szállítani. A környezetben megmaradó zöldfelületek védelméről gondoskodni kell körbekerítéssel, elzárással stb.

A földmunkák biztonságtechnikai és balesetvédelmi követelményeit a geológiai, hidrológiai és talajmechanikai vizsgálati adatokat és erőtani számításainkat figyelembe véve kell megtervezni és végrehajtani.

A területünket megfelelő védőkerítéssel a biztonsági távolságok megtartásával el kell határolni, a környéken közlekedőket figyelmeztető táblák segítségével tájékoztatni kell az

esetleges veszélyekről. Az építkezésen dolgozók csak munkavédelmi ruházatban tartózkodhatnak az építkezés területén. Ha a szerkezetépítés megkívánja, az adott részfolyamat munkavédelmi követelményeinek megfelelő védőfelszerelés használata is kötelező (például porálarc, stb). A balesetveszély elkerülése végett a biztonsági védőtávolság minden esetben elengedhetetlen. A munkagödör mellett fokozott óvatossággal kell közlekedni, mely a munkagépekre különösen vonatkozik. A munkagödörbe való biztonságos lejutáshoz, arra alkalmas segédszerkezetet kell alkalmazni. A munkagépek között a megfelelő védőtávolságot be kell tartani. A gépek közelében csak kellő körültekintéssel lehet tartózkodni. A gépek manőverezését ne gátoljuk, a biztonság érdekében ezen a területen személyi tartózkodás tilos. A biztonság érdekében a gépkezelő köteles követni a vezérgéplánc számításban megtervezett ütemtervet, attól csak indokolt esetben térhet el.

3. Munkavédelmi eszközök, előírások:

A munka és balesetvédelemről általános és személyi eszközökkel is gondoskodni kell. Mindenképp lehatárolni a munkaterületünket, jelzőtáblák kihelyezése, ha szükséges védőtetők, átjáró kialakítása. A munkaterületen dolgozók számára állványok, korlátok, biztonsági kerítések kiépítése kötelező, az érvényes munkavédelmi szabályozások betartásával.

Személyi védőfelszerelések az érvényes munkavédelmi szabályzat által meghatározott munkavédelmi felszerelésekből áll, munkavédelmi bakancs, kesztyű, sisak, porálarc, maszk, védőszemüveg, hevederek, kikötés, sisak, kesztyű, a munkavégzéshez alkalmas öltözet.

Az építkezés ideje alatt gondoskodni kell a használt gépek karbantartásáról, a munka megkezdése előtt működésüket le kell ellenőrizni a hibátlan működés érdekében. Az eszközöket és berendezéseket ellenőrzését is biztosítani kell, az esetleges hiba elhárításáról gondoskodni kell, tárolásuk úgy kell biztosítani, hogy az semmilyen állagromlást, balesetveszélyt ne okozzon.

7.4. Minőségi előírások:

Az építkezés folyamán kizárólag olyan terméket használjunk, ami tartósan jó minőségű, magas színvonalon megfelel az adott termékre vonatkozó műszaki specifikáció követelményeinek, továbbá műszaki jellemzői meghatározott tűréshatáron belül változatlanok és minősége és megbízhatósága egyenletes és megfelelő alkalmazási és műszaki tanúsítvánnyal rendelkezik.

A beton minőségét a statikai tervek alapján készítik el az előregyártás folyamán. Az elemek összeillesztése közben alkalmazott injektálás során a cementpép minőségét a statikai tervek alapján kell előállítani. A helyszínen megváltoztatni nem lehet. Bedolgozás előtt nem kezdődhet meg a cementhabarcs kötése. Ha azonban mégis megkezdődött a kötése, bedolgozni nem szabad. A habarcsnak minden esetben meg kell felelni a minőségi előírásoknak.

8.1.A munka megkezdésének feltételei

A munka és balesetvédelemről általános és személyi eszközökkel is gondoskodni kell. Mindenképp szükséges a munkaterület lehatárolása, jelzőtáblák kihelyezése, ha szükséges védőtetők, átjáró kialakítása.

A munkaterületen dolgozók számára állványok, korlátok, biztonsági kerítések kiépítése kötelező, az érvényes munkavédelmi szabályozások betartásával.

A helyszínen kavicsterítéses, egyirányú, 3 méter széles út van. A telken belül összesen 1db leállósávot és 1 db kerékművet biztosítunk a gépjárművek számára. A mobil konténerek a telek északkeleti és délnyugati oldalán kerülnek elhelyezésre.

Az építési területen egyszerre dolgozók létszáma összesen 40 fő. A konténerek befoglaló mérete: 6,2 m X 2,6 m.

8.2 A munkavégzéssel kapcsolatos előírások:

A közúton vagy vasúton érkező anyagokat minőség, méret szerint elkülönítve, oszlopokkal elválasztva, raklapokon kell tárolni. Telepített feldolgozó helyeken, erre a célra épített rekeszes tárolók szolgálnak. Építési helyen keresztben elhelyezett alátétfákon kell tárolni az elemeket úgy, hogy a talajra ne érjen le, vízben ne álljon. Feszítőhuzalokkal ellátott előre gyártott feszített szerkezeteket azok fokozott korrózió érzékenysége miatt lehetőleg fedett részen tároljuk.

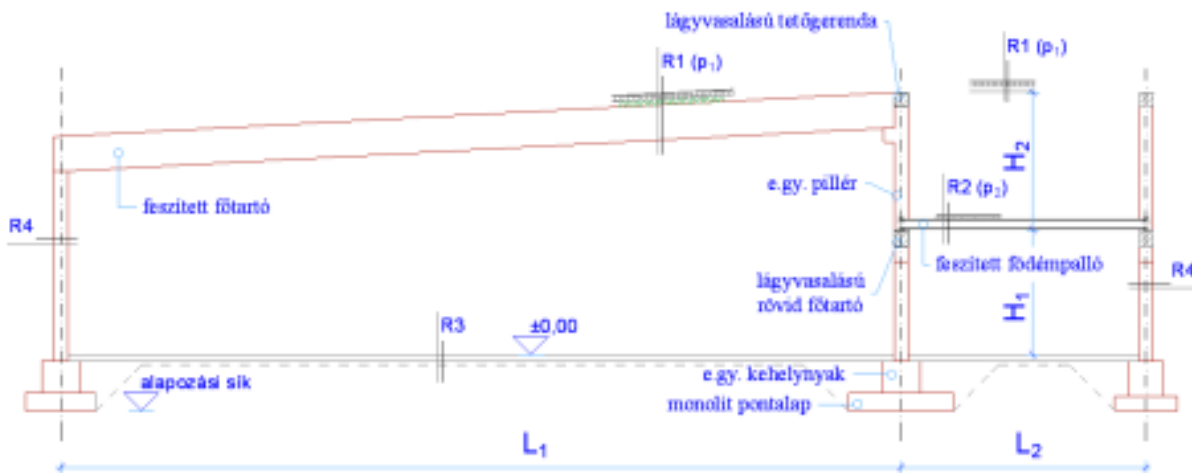
A hegesztésre kerülő anyagokat fedett helyen ajánlatos tárolni, mivel oxidált anyagot ellenállás hegesztéssel megbízhatóan nem lehet hegeszteni. Az utólagos tisztítás nehézkes és költséges. A betonacél megmunkálása üzemben készül a vasalási terv alapján, a helyszínre már megmunkált, méretre vágott, megfelelő húzószilárdságú és átmérőjű betonacélokkal kialakított előre gyártott szerkezetek érkeznek.

Az, emelőfülek, kampók készítését helyszínen végezzük. Hajlítás során az acélban maradó alakváltozást hozunk létre, azaz a hajlítás helyén az acél megfolyik. Az alakváltozás

azonban egy rugalmas és egy plasztikus részből fog állni. Ennek megfelelően az acélokat „túl” kell hajlítani a kívánt mértéken, hogy a rugalmas alakváltozás után a megfelelő alakot vegye fel. Az elemek rögzítését a statikai tervek alapján végezzük. Az elemek tervszerinti helyének biztosítására szolgálnak még a külön e célra kialakított „sámlik”, kampók, stb. Nagyon fontos, hogy az egyes vasak tervszerinti helyükön legyenek. További követelmény, hogy az acélok felülete rozsdamentes legyen.

1.1. A tervezési feladat ismertetése (Ld. a feladatkiírásban)

1.2. Geometriai adatok



$$L_1 := 20\text{m}$$

$$L_2 := 5.1\text{m}$$

$$H_1 := 2.9\text{m}$$

$$H_2 := 3.5\text{m}$$

Keretállások száma

$$h_a := -1.7\text{m}$$

$$n := 4$$

$$b_0 := 6\text{m}$$

Keretállások távolsága

1.3. A tervezés során felhasznált szabványok, szakirodalom

Méretezés:

1. MSZ EN 1990 Eurocode 0: Tartószerkezetek tervezésének alapjai
2. MSZ EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások
3. MSZ EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése
4. MSZ EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés
5. MSZ EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezése

Szakirodalom:

6. Farkas-Huszár-Kovács-Szalai: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, 2006

1.4. Tervezés során felhasznált szoftverek

- Autocad 2012 (Oktatási változat) - kiviteli tervek és a statikai tervdokumentáció ábráinak készítéséhez
- Axis VM12 (Hallgatói változat) - szerkezeti elemek igénybevételeinek meghatározására
- Microsoft Office programok - a műszaki tervdokumentáció készítéséhez
- Mathcad 14.0 (Oktatási változat) - a kézi számítások gépi ellenőrzésére

1.5. Tervezési élettartam

Az ipari épület teherviselő szerkezeti elemeit az 50 év élettartam alatt előfordulható terhekre és hatásokra méreteztem.

1.6. Környezeti kitéti osztály

2.5 Felhasznált anyagok és azok tervezési adatai

2.5.1 Felhasznált beton

Az előre gyártott vasbeton elemek készítéséhez használt beton Eurocode szerinti jelölése C30/37-XC3-16-S4

Anyagjellemzők	Betonminőség: C30/37-XC3-16-S4
Nyomószilárdság karakterisztikus értéke, f_{ck} [N/mm ²]	30
Nyomószilárdság tervezési értéke, f_{cd} [N/mm ²]	20
Rugalmassági tényező várható értéke, E_{cm} [kN/mm ²]	33
Húzási határszilárdság karakterisztikus értéke, f_{ctm} [N/mm ²]	2,9
Húzási határszilárdság tervezési értéke, f_{ctd} [N/mm ²]	1,4
Beton és bordás betonacél közti tapadási feszültség, f_{bd} [N/mm ²]	3,0

Az előre gyártott vasbeton elemek készítéséhez használt beton Eurocode szerinti jelölése
C50/60-XC3-16-S4

Anyagjellemzők	Betonminőség: C50/60-XC3-16-S4
Nyomószilárdság karakterisztikus értéke, f_{ck} [N/mm ²]	50
Nyomószilárdság tervezési értéke, f_{cd} [N/mm ²]	33,3
Rugalmassági tényező várható értéke, E_{cm} [kN/mm ²]	37
Húzási határszilárdság karakterisztikus értéke, f_{ctm} [N/mm ²]	4,1
Húzási határszilárdság tervezési értéke, f_{ctd} [N/mm ²]	1,9
Beton és bordás betonacél közti tapadási feszültség, f_{bd} [N/mm ²]	4,3

2.5.2. Felhasznált betonacél

A felhasznált betonacél Eurocode szerinti megjelölése B500B, ami megegyezik a régi MSZ szerinti B60.50 jelölésű betonacéllal.

Anyagjellemzők	Betonacél jelölése: B500B
Határszilárdság karakterisztikus értéke, f_{yk} [N/mm ²]	500
Határszilárdság tervezési értéke, f_{yd} [N/mm ²]	434,78
Rugalmassági modulus várható értéke, E_s [kN/mm ²]	200
Hegeszthetőség	a
Jellemző felület	csavarbordás
ξ_{c0}	4,3

3. Tartószerkezetet érő terhek és hatások

3.1. Állandó terhek

3.1.1. Rétegredek

Az irodarész padlóburkolata:

Réteg neve	Rétegvastagság [cm]	Sűrűség [kg/m ³]	Teher értéke [kN/m ²]
Kerámia lap	0,7	2300	0,161
Ragasztóhabarcs	0,3	1500	0,045
Cementestrich	5	2200	1,1
Technológiai szigetelés			0,019
Lépéshanggátló	3	50	0,015
Vasalt felbeton réteg	5	2500	1,25
Előfeszített födémpanel (FF-160)	16		2,35
Vakolat	0,5	2000	0,3
		Összesen:	5,24

3.1.2. Könnyűszerkezetes tetőhéjalás önsúlya:

Réteg neve	Vastagság [cm]
Bitumenes vízszigetelés	0,08
Lindab trapézlemez (LTP 45)	0,07
Rockwool kőzetgyapot hőszigetelés	25
Párazáró fólia	0,01
Lindab trapézlemez (LTP 45)	0,07

A szerkezetre leadódó teher: 2,106 kN/m²

3.1.3. Gépészeti teher:

0,5 kN/m², Ipari csarnok esetén felveendő érték.

3.2. Esetleges terhek

3.2.1. Hasznos teher

Az iroda rész hasznos terhe: $2,8 \text{ kN/m}^2$

3.2.2. Szerelési teher

$Q=1 \text{ kN/m}^2$, azonban elhanyagolható, mivel a tetőpanelen nem járnak, nem építkeznek a legnagyobb hó esetén. Elegendő a hóteher figyelembe vétele.

3.2.3. Válaszfal teher

3 kN/m^2 , 10 cm vastag, kétoldali vakolattal ellátott válaszfal teher (a biztonság javára felvett érték)

3.3.3. Meteorológiai terhek:

3.3.3.1. Hóteher

$$s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

$A=96 \text{ m}$ tengerszint feletti magasság (Kunszentmárton)

$$s_{k,1} := 0,25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{balti}}}{100} \right) = 0,49 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Szél hatását figyelembe vevő tereptényező értéke:

$$C_e = 1,0 \text{ (terep szokásos jellege miatt)}$$

Hőmérsékleti tényező értéke

$$C_t = 1,0 \text{ (a tető hőszigetelése miatt)}$$

A hóteher alakító tényezője a különböző tetőformák és teherelrendezéseknek megfelelően

A tető hóterhének karakterisztikus értéke

$$s := C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot \mu_i = 1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A hóteher biztonsági tényezője: $\gamma_h = 1,5$

Egyidejűségi tényezők:

$$\psi_0 = 0,6$$

$$\psi_1 = 0,2$$

$$\psi_2 = 0$$

$$s_d := s_k \cdot \gamma_h \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t = 1,5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.3.3.2. Rendkívüli hóteher

$$s_{Ad} := C_{esl} \cdot s_k = 2,5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ahol $C_{esl} = 2$

3.3.3.3 Hózug teher

A szerkezetre nem hat. A geometriai kialakítás miatt ezzel a teherrel nem kell számolni.

3.3.3.4 Hőteher

Hőterheléssel a szerkezeti kialakítás miatt nem kell számolni.

3.3.3.5. Szélteher

Egyidejűségi tényezők:

$$\psi_0=0,6$$

$$\psi_1=0,2$$

$$\psi_2=0$$

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

$$\rho := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{ref} := 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_{ref} := \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^3$$

$$z_e := 6,4 \text{ m}$$

$$C_e := 2,21$$

A külső nyomási tényezők meghatározása, a támadott felülettől függően:

$$H_w := 6,55 \text{ m}$$

$$B_w := L_1 + L_2 = 25,1 \text{ m}$$

$$\frac{B_w}{H_w} = 3,832$$

$$\approx 4,0$$

$$C_{pe} := C_{pe,10}$$

$$C_{pe,E} := -0,65$$

$$C_{pe,D} := 0,8$$

$$w_{e,D} := q_{ref} \cdot C_e \cdot C_{pe,D} = 0,442 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,E} := q_{ref} \cdot C_e \cdot C_{pe,E} = -0,359 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A szélteher biztonsági tényezője:

$$\gamma_w := 1,5$$

$$w_{e,D,d} := \gamma_w \cdot w_{e,D} = 0,663 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,E,d} := \gamma_w \cdot w_{e,E} = -0.539 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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	

I. Közelítő számítás

I.1.A feszített főtartó közelítő ellenőrzése:

Geometriai adatok:

$$h_f := 90\text{cm}$$

$$b_f := 40\text{cm}$$

$$c_1 := 28\text{cm} \quad \text{Felfekvés az oszlopra}$$

$$c_2 := 23\text{cm} \quad \text{Felfekvés a rövid konzolra}$$

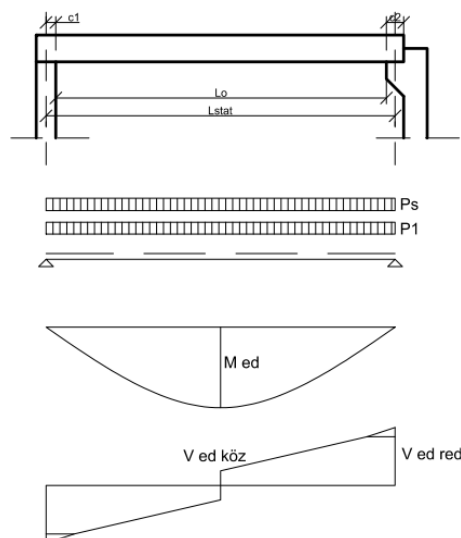
$$l_0 := 19.49\text{m}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$A_f := h_f \cdot b_f = 3600 \cdot \text{cm}^2$$

$$c_{\text{nom}} := 30\text{mm}$$

$$L := l_0 + \frac{(c_1 + c_2)}{2} = 19.745\text{m} \quad \text{Az elméleti támaszköz}$$



I.1.2. Anyagok, anyagminőségek

C 50/60-XC3-16-S4

$$f_{ck} := 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 33.333 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A beton szilárdságának karakterisztikus és tervezési értékei.

S500B

$$f_{yk} := 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 200 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\epsilon_{sy} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.002174$$

$$\epsilon_{su} := 0.050$$

I.1.3. Állandó terhek

Önsúly jellegű: $G_{0.f} := \frac{(\gamma_{vb} \cdot h_f \cdot b_f \cdot l_0)}{L} = 8.884 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

A tetőszerkezet terhe:

$$g_1 = 2.106 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{1.t} := b_0 \cdot g_1 = 12.636 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Gépészeti teher:

$$g_g = 0.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_g := b_0 \cdot g_g = 3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.1.4. Esetleges terhek

Hóteherből adódó:

$$s = 1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$S_k := s_k \cdot b_0 = 7.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.1.5. Mértékadó nyomaték

$$M_{Ed} := \frac{\left[L^2 \cdot \left[\gamma_g \cdot (G_{0,f} + G_{1,t} + G_g) + \gamma_q \cdot S_k \right] \right]}{8} = 2161.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$d_{köz.} := 0.9 \cdot h_f = 81 \cdot \text{cm}$$

Nyomatéki ellenőrzés:

$$\xi_{co} := \frac{560}{700 + f_{yd} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}} \quad \xi_{co} = 0.493$$

$$x_{c0} := \xi_{co} \cdot d_{köz.} = 0.4 \text{ m} \quad \alpha_c := 1.0$$

$$M_0 := b_f \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot x_{c0} \cdot \left(d_{köz.} - \frac{x_{c0}}{2} \right)$$

$$M_0 = 3251.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = b_f \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot x_c \cdot \left(d_{köz.} - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$x_c = 233.901 \cdot \text{mm}$$

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{köz.}} = 0.289 < \xi_{co} = 0.493$$

$$A_{s,cal} := \frac{b_f \cdot x_c \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 7173 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,lágyvas.} := 0.3 \cdot A_{s,cal} = 2151.9 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,páaszma} := 0.7 \cdot A_{s,cal} = 5021.1 \cdot \text{mm}^2$$

I.1.6. Acélbetétek megnyúlása $\phi_s := 20 \text{ mm}$

$$\epsilon_{cu} := \frac{3.5}{1000}$$

$$c := 0.8$$

$$\epsilon_s := \epsilon_{cu} \cdot \frac{d_{köz.} - \frac{x_c}{c}}{\frac{x_c}{c}} = 0.0062 < 0.025$$

$$n_{s,szüks} := \frac{A_{s,lágyvas.}}{\left(\frac{\phi_s^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 6.85 \quad n_{s,lágyvas} := 7 \text{ db}$$

lágvasak közti minimális távolság:

adalékanyag maximális szemnagysága: $d_g := 16\text{mm}$

$$\Delta_s := \max(\phi_s, d_g + 5\text{mm}, 20\text{mm}) = 21 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s,\text{lágyvas.alk.}} := n_{s,\text{lágyvas}} \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot \pi}{4} = 2199.1 \cdot \text{mm}^2 > A_{s,\text{lágyvas.}} = 2151.9 \cdot \text{mm}^2$$

$$\phi_k := 12\text{mm}$$

$$b_{\text{st.szüks}} := 2 \cdot (c_{\text{nom}} + \phi_k) + n_{s,\text{lágyvas}} \cdot \phi_s + (n_{s,\text{lágyvas}} - 1) \cdot \Delta_s = 350 \cdot \text{mm} < b_f = 400 \cdot \text{mm}$$

$$d_{\text{alk}} := h_f - c_{\text{nom}} - 10\text{mm} - \phi_k - \frac{\phi_s}{2} = 838 \cdot \text{mm}$$

I.1.7. Feszítőpáaszma adatai

Fp-150/1770-R2

$$\gamma_s := 1.15 \quad \alpha := 1.0$$

Rugalmassági modulusa:

$$E_p := 195 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

A szakítószilárdság karakterisztikus értéke:

$$f_{p,k} := 1770 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Az 0.001-es egyezményes folyáshatárhoz tartozó feszültség:

$$f_{p,0.1,k} := 1500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{\text{szüks}} := A_{s,\text{páaszma}} \cdot f_{yd} = 2183.072 \cdot \text{kN}$$

A szakítószilárdság tervezési értéke:

$$f_{pd} := 1539 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

1 db páaszma névleges keresztmetszeti területe:

$$A_{p,1\text{db}} := 150\text{mm}^2$$

A feszítőpáaszma névleges külső átmérője:

$$\phi_p := 15.7\text{mm}$$

A rugalmas nyúlás határa:

$$\varepsilon_{py} := \frac{f_{pd}}{E_p} = 0.0079$$

A hatányulás karakterisztikus értéke:

$$\varepsilon_{pu} := 0.040$$

adalékanyag maximális szemnagysága: $d_g := 16\text{mm}$

$$\Delta_s := \max(\phi_s, d_g + 5\text{mm}, 20\text{mm}) = 21 \cdot \text{mm}$$

$$A_{st} := A_{s,\text{lágyvas.alk.}}$$

$$F_{\text{szüks}} := A_{s,\text{cal}} \cdot f_{yd} = 3118.674 \cdot \text{kN}$$

$$F_{st} := A_{s,\text{lágyvas.alk.}} \cdot f_{yd} = 956.137 \cdot \text{kN}$$

$$F_{p,\text{szüks}} := F_{\text{szüks}} - F_{st} = 2162.5 \cdot \text{kN}$$

$$A_{p,\text{szüks}} := \frac{F_{p,\text{szüks}}}{f_{pd}} = 1405.2 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{p.szüks} := \frac{A_{p.szüks}}{A_{p.1db}} = 9.367718$$

Alkalmazott pászmaszám:

$$n_p := 10 \text{ db}$$

I.1.8. Kezdeti feszítési feszültség:

$$\sigma_{p0} := 1200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \min(0.8 \cdot f_{p.k}, 0.9 \cdot f_{p.0.1.k}) = 1350 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Megfelel

Pázmák közti minimális távolság:

vízszintesen:

$$\Delta_{px} := \max(d_g + 5\text{mm}, \phi_p \cdot 2, 20\text{mm}) = 31.4 \cdot \text{mm}$$

függőlegesen:

$$\Delta_{py} := \max(d_g, 2 \cdot \phi_p) = 31.4 \cdot \text{mm}$$

$$A_p := n_p \cdot A_{p.1db} = 1500 \cdot \text{mm}^2$$

$$\chi_{ff} := \frac{A_p \cdot f_{pd}}{A_p \cdot f_{pd} + A_{st} \cdot f_{yd}} = 0.707$$

$$d_{köz.} = 810 \cdot \text{mm}$$

$$x_{c.f} := \frac{A_{st} \cdot f_{yd} + A_{s.pászma} \cdot f_{pd}}{b_f \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = 651.267 \cdot \text{mm}$$

$$b_{p.szüks} := 2 \cdot (c_{nom} + \phi_k) + (n_p - 1) \cdot \Delta_{px} + n_p \cdot \phi_p = 523.6 \cdot \text{mm}$$

Nem férel egy sorban.

$$n_{fel} := 4 \quad n_{le} := 6$$

$$b_{p.alk} := 2 \cdot (c_{nom} + \phi_k) + n_{le} \cdot \phi_p + (n_{le} - 1) \cdot \Delta_{px} = 335.2 \cdot \text{mm} < b_f = 400 \cdot \text{mm}$$

Elfér 6 db pászma egy sorban.

$$a_p := \left(\frac{n_{fel}}{n_{fel} + n_{le}} \right) \cdot (\Delta_{py} + \phi_p) = 18.84 \cdot \text{mm}$$

$$d_{p.alk} := h_f - c_{nom} - \phi_k - \phi_s - \Delta_{py} - \left(\frac{\phi_p}{2} \right) - a_p = 779.91 \cdot \text{mm}$$

I.1.9. Ellenőrzés nyírásra:

$$\alpha := 90^\circ \quad \cot \theta := 1.3 \quad \cot \alpha := 1.0 \quad \alpha_{cw} := 1.0$$

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}{250} \right) = 0.48$$

$$V_{Rd,max,f} := \alpha_{cw} \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_f \cdot 0.9 \cdot d_{köz.} \cdot \frac{(\cot\theta + \cot\alpha)}{1 + \cot\theta^2} = 3989.2 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ed,f} := \frac{L \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,f} + G_{1,t} + G_g) + \gamma_q \cdot S_k]}{2} = 437.862 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ed,red,f} := \frac{L \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,f} + G_{1,t} + G_g) + \gamma_q \cdot S_k]}{2} - d_{köz.} \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,f} + G_{1,t} + G_g) + \gamma_q \cdot S_k]$$

$$V_{Ed,red,f} = 401.9 \cdot \text{kN} < V_{Rd,max,f} = 3989.2 \cdot \text{kN}$$

I.2.Körüreges palló ellenőrzése:

FF – 160

I.2.1.Geometriai adatok:

$b_p := 120\text{cm}$ A palló névleges hosszúsága

$h_p := 160\text{mm}$ A palló névleges magassága

$L_0 := 5.1\text{m}$ Nyílásköz

$c_p := 10\text{cm}$ Feltámaszkodási hossz (mindkét oldalon)

$L_{eff} := L_0 + c_p = 5.2\text{m}$ Beton: C50 / 60

I.2.2.Állandó terhek:

A födémpanel rétegrendjének önsúlya:

$$g_2 = 5.24 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad G_{ö,p} := \frac{(\gamma_{vb} \cdot b_p \cdot h_p \cdot L_0)}{L_{eff}} = 4.708 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Gépészeti teher:

$$g_g = 0.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad G_{g,p} := g_g \cdot b_p = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.2.3.Esetleges terhek:

Hasznos teher:

$$p_1 = 2.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad Q_p := p_1 \cdot b_p = 3.36 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.2.4. Mértékadó nyomaték a terhekből:

$$M_{Ed,p} := \frac{[L_{eff}^2 \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,p} + G_{g,p}) + \gamma_q \cdot Q_p]]}{8} = 41.254 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd,p} := 76.7\text{kN} \cdot \text{m}$$

Nyomatékra megfelel.

I.2.5.Ellenőrzés mértékadó nyíróerőre:

$$V_{Ed,p} := \left[\frac{[L_{eff} \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,p} + G_{g,p}) + \gamma_q \cdot Q_p]]}{2} \right] - 0.9 \cdot h_p \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,p} + G_{g,p}) + \gamma_q \cdot Q_p] = 29.976 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd} := 60.8 \text{ kN}$$

Nyírásra megfelel.

I.3.A lágyvasalású gerenda közelítő ellenőrzése:

I.3.1. Geometriai adatok, anyagminőségek:

$$h_l := 40 \text{ cm}$$

$$b_l := 40 \text{ cm}$$

$$L_{0,l} := 6 \text{ m}$$

$$c_l := 18 \text{ cm} \quad \text{A rövidkonzolon való feltámaszkodás hossza}$$

$$L_{\text{eff},l} := L_{0,l} + c_l = 6.18 \text{ m}$$

$$c_{\text{nom},l} := 15 \text{ cm}$$

$$\phi_k := 12 \text{ mm}$$

$$\phi := 16 \text{ mm}$$

Beton: C30 / 37-XC3-16-S4

$$f_{ck,l} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd,l} := \frac{f_{ck,l}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

S500B

$$f_{yk} = 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{yd} = 434.783 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

I.3.2. Önsúly jellegű terhek:

$$G_{\delta,l} := \frac{(L_{0,l} \cdot h_l \cdot b_l \cdot \gamma_{vb})}{L_{\text{eff},l}} = 3.883 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Födém terhe:

$$g_2 = 5.24 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad G_{f,l} := g_2 \cdot \frac{L_2}{2} = 13.362 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Gépészeti teher:

$$g_g = 0.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad G_{g,l} := g_g \cdot \frac{L_2}{2} = 1.275 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.3.3. Hasznos terhelés:

$$p_1 = 2.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad Q_l := p_1 \cdot \frac{L_2}{2} = 7.14 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

I.3.4. Mértékadó nyomaték:

$$M_{\text{Ed},l} := \frac{\left[L_{\text{eff},l}^2 \cdot \left[\gamma_g \cdot (G_{\delta,l} + G_{f,l} + G_{g,l}) + \gamma_q \cdot Q_l \right] \right]}{8} = 170.494 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$d_l := h_l - c_{nom,l} - \phi_k - \frac{\phi}{2} = 23 \cdot \text{cm}$$

$$M_{Ed,l} = b_l \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot x_{c,l} \cdot \left(d_l - \frac{x_{c,l}}{2} \right)$$

$$x_{c,l} = 64.695 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s,cal,l} := \frac{b_l \cdot x_{c,l} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 1984 \cdot \text{mm}^2 \quad n_l := 10 \quad \text{db}$$

$$A_{s,alk,l} := n_l \cdot \frac{(\phi^2 \cdot \pi)}{4} = 2010.6 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{Vasak közti minimális távolság: } \zeta_v := \max(\phi, 20\text{mm}, d_g + 5\text{mm}) = 21 \cdot \text{mm}$$

$$b_{rec} := (c_{nom} + \phi_k) + (n_l \cdot \phi) + (n_l - 1) \cdot \zeta_v + (c_{nom} + \phi_k) = 433 \cdot \text{mm}$$

$$b_{rec} = 433 \cdot \text{mm}$$

Nem felel meg.

$$n_{fel} := 4 \quad n_{le} := 6$$

$$b_{l,alk} := 2 \cdot (c_{nom} + \phi_k) + n_{le} \cdot \phi_p + (n_{le} - 1) \cdot 20\text{mm} = 278.2 \cdot \text{mm} < b_f = 400 \cdot \text{mm}$$

Elfér 6 db vas egy sorban.

$$\text{I.3.5.Szerkesztési szabályok ellenőrzése: } f_{ctm} := 2.9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Minimális vasmennyiség:

$$A_{s,min} := \max \left[0.26 \cdot \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b_l \cdot d_l, 0.0013 \cdot b_l \cdot d_l \right] = 138.7 \cdot \text{mm}^2$$

Maximális vasmennyiség:

$$A_{s,max} := 4\% \cdot b_l \cdot d_l = 3680 \cdot \text{mm}^2$$

Az alkalmazott vasmennyiség a szerkesztési szabályoknak megfelel.

I.3.6.Mértékadó nyíróerő:

$$V_{Ed,red,l} := \left[\frac{[L_{eff,l} \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,l} + G_{f,l} + G_{g,l}) + \gamma_q \cdot Q_l]]}{2} \right] - d_l \cdot [\gamma_g \cdot (G_{ö,l} + G_{f,l} + G_{g,l}) + \gamma_q \cdot Q_l]$$

$$V_{Ed,red,l} = 102.138 \cdot \text{kN}$$

I.3.7.Ellenőrzés nyomatékra:

$$\xi_{co,l} := \frac{560}{700 + f_{yd} \cdot \frac{\text{mm}^2}{N}} = 0.493 \quad \alpha_c = 1$$

$$x_{co,l} := \xi_{co,l} \cdot d_l = 11.35 \cdot \text{cm}$$

$$M_{0,l} := b_l \cdot \alpha_c \cdot f_{cd,l} \cdot x_{co,l} \cdot \left(d_l - \frac{x_{co,l}}{2} \right) = 157.313 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Nyomatékra megfelel.

I.3.8. Ellenőrzés nyírásra:

$$\alpha := 90^\circ \quad \cot \theta := 1.3 \quad \cot \alpha := 1.0 \quad \alpha_{cw} := 1.0$$

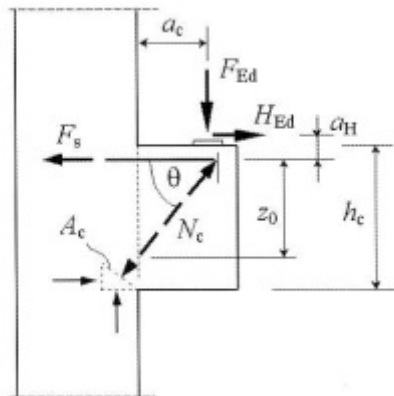
$$v_l := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}{250} \right) = 0.48$$

$$V_{Rd,max,l} := \alpha_{cw} \cdot v_l \cdot f_{cd} \cdot b_l \cdot 0.9 \cdot d_l \cdot \frac{(\cot \theta + \cot \alpha)}{1 + \cot \theta^2} = 1132.7 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ed,red,l} = 102.1 \cdot \text{kN} < V_{Rd,max,l} = 1132.7 \cdot \text{kN}$$

Megfelel

I.4. Rövid konzolok ellenőrzése



Beton C30/37-XC3-16-S4

$$a_{c,c} := 110 \text{ mm}$$

$$c_{nom} := 15 \text{ mm}$$

$$h_c := 30 \text{ cm}$$

$$l_{röv.konz} := 20 \text{ cm}$$

$$\frac{h_c}{2} = 0.15 \text{ m} \quad a_c < \frac{h_c}{2}$$

$$b_{konz} := 40 \text{ cm}$$

$$h_{oszlop} := 40 \text{ cm}$$

$$\phi_{konz} := 14 \text{ mm}$$

$$f_{ck,konz} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{Ed,konz} := 22.513 \text{ kN}$$

$$f_{cd,konz} := \frac{f_{ck,konz}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} := \left(\frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1.15} \right) = 434.783 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd_{red}} := 0.8 \cdot f_{yd} = 347.826 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{ö.konz} := b_{konz} \cdot h_c \cdot \gamma_{vb} \cdot l_{röv.kon} = 0.6 \cdot \text{kN}$$

Beton nyomószilárdsága:

$$k_1 := 1.0 \quad (\text{EC}_2)$$

$$\nu_1 := 1 - \frac{f_{ck.konz}}{250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0.88$$

$$\sigma_{Rd.1.max} := k_1 \cdot \nu_1 \cdot f_{cd.konz} = 17.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_2 := 0.85 \quad (\text{EC}_2)$$

$$\nu_2 := 1 - \frac{f_{ck.konz}}{250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0.88$$

$$\sigma_{Rd.2.max} := k_2 \cdot \nu_2 \cdot f_{cd.konz} = 14.96 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

I.4.1.Fő húzott vasalás:

$$\text{-Hasznos magasság:} \quad d_{konz} := h_c - c_{nom} - \frac{\phi_{konz}}{2} = 143 \cdot \text{mm}$$

$$\text{-Belső erő karja:} \quad z := 0.8 \cdot d_{konz} = 114.4 \cdot \text{mm}$$

I.4.2.Nyomatéki egyensúly:

$$x_{1.konz} := \frac{F_{Ed.konz.}}{b_{konz} \cdot \sigma_{Rd.1.max}} = 3.198 \cdot \text{mm}$$

$$a_{konz} := \left(\frac{x_{1.konz}}{2} \right) + (a_{c.c}) = 111.599 \cdot \text{mm}$$

$$F_t := \left(\frac{F_{Ed.konz.} \cdot a_{konz}}{z} \right) = 21.962 \cdot \text{kN}$$

Húzott fővasalás:

$$A_{s_{szüks.konz}} := \frac{F_t}{f_{yd_{red}}} = 63.14 \cdot \text{mm}^2$$

Kengyelezés

$$F_{w,d} := \left[\frac{\left[\left(2 \cdot \frac{z}{a_{konz}} \right) - 1 \right]}{3 + \left(\frac{F_{Ed,konz.}}{F_t} \right)} \right] \cdot F_t = 5.73 \cdot \text{kN}$$

$$A_{sw.szüks} := \frac{F_{w,d}}{f_{yd,red}} = 16.474 \cdot \text{mm}^2$$

I.4.3. Nyomott beton teherbírás ellenőrzés:

$$y_1 := 0.2 \cdot d_{konz} = 28.6 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{c,1} := \frac{F_t}{b_{konz} \cdot 2 \cdot y_1} = 0.96 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t_{1.} := 180 \text{mm}$$

$$t_{2.} := 390 \text{mm}$$

$$\sigma_{c,2} := \frac{F_{Ed,konz.}}{t_{1.} \cdot t_{2.}} = 0.321 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nyomott beton rácsrudak hajlásszögének ellenőrzése:

$$1.0 \leq \tan \Theta = \frac{z}{a_{cc}} \quad \text{azaz} \quad 1.08 \leq 2.5$$

I.5.A közbenső oszlop közelítő méretezése:

I.5.1. Geometriai adatok, anyagminőségek

$$h_o := 40 \text{cm}$$

$$b_o := 35 \text{cm}$$

$$l_o := 6.4 \text{m}$$

$$l_{o,eff} := 6.55 \text{m}$$

$$\text{C 30/37-XC3-16-S4: } f_{ck,o} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{cd,o} := \frac{f_{ck,o}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

S 500 B

$$f_{yk} = 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd} = 434.783 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

I.5.2. Állandó terhek:

$$G_{o,k} := h_o \cdot b_o \cdot l_o \cdot \gamma_{vb} + (G_{ö,konz} \cdot 3) = 24.2 \cdot \text{kN}$$

$$G_{o,d} := \gamma_g \cdot G_{o,k} = 32.67 \cdot \text{kN}$$

Feszített tartó terhei:

Állandó terhek:

$$L = 19.745 \text{m}$$

$$G_{f,\text{ön.}} := \frac{\gamma_{vb} \cdot h_f \cdot b_f \cdot L}{2} = 88.852 \cdot \text{kN}$$

Könnyszerkezetes tetőfedés:

$$G_{f,\text{fed}} := \frac{b_0 \cdot g_1 \cdot L}{2} = 124.749 \cdot \text{kN}$$

Gépészeti teher:

$$G_{f,g} := \frac{b_0 \cdot g_g \cdot L}{2} = 29.617 \cdot \text{kN}$$

I.5.3.Esetleges terhek:

I.5.3.1.Széltéher -teherelosztás erőmódszerrel:

$$\begin{aligned} \text{Keret magassága: } H_0 &:= 6.55\text{m} \\ H_{1,0} &:= 3.05\text{m} \end{aligned}$$

$$H_2 = 3.5\text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{Támaszközök } L_1 &= 20\text{m} \\ L_2 &= 5.1\text{m} \end{aligned}$$

A keret bal oldalán működtetve a szélnyomást és a szélszívást is:

$$w_{e,D,d} = 0.663 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,E,d} = -0.539 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{E,d} := (w_{e,D,d} - w_{e,E,d}) \cdot b_0 = 7.21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egységtényezők meghatározása:



$$M_{0,\text{befogásnál}} := w_{E,d} \cdot 6.55\text{m} \cdot \frac{6.55\text{m}}{2} = 154.666 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$a_{10} := \frac{-(154.666 \cdot 6.55)}{3} \cdot \frac{3}{4} \cdot 6.55 = -1658.9$$

$$a_{20} := 0$$

$$a_{30} := 0$$

$$a_{11} := \frac{(6.55 \cdot 6.55)}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 6.55 + \frac{(6.55^3)}{3} \cdot \frac{1}{2.44} = 132.06$$

$$a_{22} := \frac{(6.55 \cdot 6.55)}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 6.55 \cdot \frac{1}{2.44} + \frac{(6.55^2)}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot 6.55 = 132.06$$

$$a_{33} := \frac{(3.05 \cdot 3.05)}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3.05 \cdot \frac{1}{2.44} + \frac{(3.05^2)}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot 3.05 = 13.334$$

$$a_{12} := \left(\frac{6.55^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot 6.55 \cdot -1 \cdot \frac{1}{2.44} = -38.39$$

$$a_{13} := \left(\frac{-3.05 \cdot 3.05}{2}\right) \cdot (5.55) \cdot \frac{1}{2.44} = -10.58$$

$$a_{23} := 10.58 + 2.44 \cdot 10.58 = 36.395$$

$$a_{21} := a_{12} = -38.39$$

$$a_{32} := a_{23} = 36.395$$

$$a_{31} := a_{13} = -10.58$$

$$A := \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 132.06 & -38.39 & -10.58 \\ -38.39 & 132.06 & 36.395 \\ -10.58 & 36.395 & 13.334 \end{pmatrix}$$

$$Z := A^{-1} = \begin{pmatrix} 8.271 \times 10^{-3} & 2.405 \times 10^{-3} & -7.825 \times 10^{-7} \\ 2.405 \times 10^{-3} & 0.031 & -0.083 \\ -7.825 \times 10^{-7} & -0.083 & 0.303 \end{pmatrix}$$

$$a_0 := \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1658.9 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Kapcsolati erők:

$$X_i := -Z \cdot a_0 = \begin{pmatrix} 13.721 \\ 3.989 \\ -0.001 \end{pmatrix}$$

$$x := -A^{-1} \cdot a_0 = \begin{pmatrix} 13.7 \\ 4 \\ -0 \end{pmatrix}$$

$$X_1 := 13.7 \quad (\text{nyomott})$$

$$X_2 := 4 \quad (\text{nyomott})$$

$$X_3 := 0$$

A szélteherből kapott igénybevételek:

$$Q_{w.b.1} := -X_1 \cdot kN = -13.7 \cdot kN$$

$$Q_{w.j.1} := -X_2 \cdot \text{kN} = -4 \cdot \text{kN}$$

I.5.3.2. Terhelési tényezők (második esetben):

$$M_{0.\text{befogásnál}} = 154.7 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_1 := w_{E.d} \cdot H_2 \cdot \frac{H_2}{2} = 44.162 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$a_{10.} := 0$$

$$a_{20.} := \frac{3}{4} \cdot (6.55) \cdot \frac{154.7 \cdot 6.55}{3} = 1659.25$$

$$a_{30.} := 479.69$$

$$a_0 := \begin{pmatrix} a_{10.} \\ a_{20.} \\ a_{30.} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1659.3 \\ 479.7 \end{pmatrix}$$

Kapcsolati erők:

$$X_i := -Z \cdot a_0 = \begin{pmatrix} -3.99 \\ -11.855 \\ -6.783 \end{pmatrix}$$

$$x := (-A)^{-1} \cdot a_0 = \begin{pmatrix} -4 \\ -11.9 \\ -6.8 \end{pmatrix}$$

$$X_1 := -4$$

$$X_2 := -11.9$$

$$X_3 := -6.8$$

Szélteherből kapott értékek:

$$Q_{w.b.2} := -X_1 \cdot \text{kN} = 4 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{w.j.2} := -X_2 \cdot \text{kN} = 11.9 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{w.k.2} := -X_3 \cdot \text{kN} = 6.8 \cdot \text{kN}$$

Hóteher

$$Q_{f.s.k} := \frac{(b_0 \cdot L_{\text{eff}} \cdot s_k)}{2} = 19.5 \cdot \text{kN}$$

A feszített főtartó küldpontossága:

$$e_f := 37.5 \text{ cm}$$

A feszített főtartó állandó terheinek tervezési értéke:

$$G_{f.d} := \gamma_g \cdot (G_{f.\delta n.} + G_{f.fed} + G_{f.g}) = 328.346 \cdot \text{kN}$$

Lágyvasalású fióktartó terhelése:

Állandó terhek:

$$\text{önsúly} \quad b_0 = 6 \text{ m}$$

$$G_{l.1.\delta n.} := h_l \cdot b_l \cdot b_0 \cdot \gamma_{vb} = 24 \cdot \text{kN}$$

tetőfedés

$$G_{l.1.fed} := g_1 \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 32.222 \cdot \text{kN}$$

Gépészeti teher:

$$G_{l.1.g} := g_g \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 7.65 \cdot \text{kN}$$

Esetleges terhek:
hóteher

$$Q_{1.s.k} := s_k \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 19.125 \cdot \text{kN}$$

Lágyvasalású fióktartó állandó terheinek tervezési értéke:

$$G_{l.1.d} := \gamma_g \cdot (G_{l.1.ön} + G_{l.1.fed} + G_{l.1.g}) = 86.227 \cdot \text{kN}$$

(Központosan ható)

I.6.Lágyvasalású födém tartó-fióktartó terhelése:

I.6.1.Állandó terhek:

$$\text{önsúly} \quad L_{0,l} = 6 \text{ m}$$

$$G_{l.2.ön} := b_l \cdot h_l \cdot L_{0,l} \cdot \gamma_{vb} = 24 \cdot \text{kN}$$

Födém súlya:

$$G_{l.2.föd} := g_2 \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 80.172 \cdot \text{kN}$$

Gépészeti teher:

$$G_{l.2.g} := g_g \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 7.65 \cdot \text{kN}$$

I.6.2.Esetleges terhek:

Hasznos teher:

$$Q_{l.q} := p_1 \cdot b_0 \cdot \frac{L_2}{2} = 42.84 \cdot \text{kN}$$

lágyvasalású födém tartó-fióktartó állandó terheinek tervezési értéke:

$$G_{l.2.d} := \gamma_g \cdot (G_{l.2.ön} + G_{l.2.föd} + G_{l.2.g}) = 150.96 \cdot \text{kN}$$

Nincs külpontosság

I.6.3.Teherkombinációk

I. Kiemelt a hó és a hasznos teher:

$$N_1 := (G_{o.d} + G_{f.d} + G_{l.1.d} + G_{l.2.d}) + \gamma_q \cdot (Q_{f.s.k} + Q_{1.s.k} + Q_{l.q}) = 720.4 \cdot \text{kN}$$

A szélteherből normális irányú erő nem ébredhet.

Bal oldali szélteher:

$$M_{1,1} := -G_{f.d} \cdot e_f - \gamma_q \cdot (Q_{f.s.k} \cdot e_f) + \gamma_q \cdot \psi_{w,0} \cdot l_{o,eff} \cdot (Q_{w,b,1} - Q_{w,j,1}) = -191.28 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Jobb odali szélteher:

$$M_{1,2} := -G_{f.d} \cdot e_f - \gamma_q \cdot (Q_{f.s.k} \cdot e_f) + \gamma_q \cdot \psi_{w,0} \cdot [6.55 \text{ m} \cdot (Q_{w,j,2} + Q_{w,b,2}) + (-Q_{w,k,2}) \cdot 3.05 \text{ m}]$$

$$M_{1,2} = -59.034 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

II. Kiemelt a szélteher

$$N_2 := G_{o.d} + G_{f.d} + G_{l.1.d} + G_{l.2.d} + \gamma_q \cdot \psi_{s,0} \cdot (Q_{f.s.k} + Q_{1.s.k} + Q_{l.q}) = 671.521 \cdot \text{kN}$$

Bal oldali szélteher:

$$M_{2,1} := -G_{f,d} \cdot e_f + \gamma_q \cdot l_{o,eff} \cdot (Q_{w,b,1} - Q_{w,j,1}) - \gamma_q \cdot \psi_{s,0} \cdot (Q_{f,s,k} \cdot e_f) = -225.013 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Jobb oldali szélteher:

$$M_{2,2} := -G_{f,d} \cdot e_f - \gamma_q \cdot [l_{o,eff} \cdot (Q_{w,j,2} - Q_{w,b,2}) + (Q_{w,k,2} \cdot 3.5\text{m})] - \gamma_q \cdot \psi_{s,0} \cdot (Q_{f,s,k} \cdot e_f)$$

$$M_{2,2} = -243.028 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.4.Elsőrendű igénybevételek:

$$M_{l_1} := M_{2,2} \cdot (-1) = 243.028 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_{\text{egyidejű}} := N_2 = 671.521 \cdot \text{kN}$$

Mértékadó normálerő:

$$N_{l_1} := N_1 = 720.4 \cdot \text{kN} \quad M_{\text{egyidejű}} := M_{1,1} \cdot (-1) = 191.28 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Kihalási hosszak meghatározása:

Keretsíkban

$$\mu_x := 2$$

$$l_{o,eff,x} := 6.55\text{m}$$

$$l_{0,x} := \mu_x \cdot l_{o,eff,x} = 13.1 \text{ m}$$

Hosszirányban

$$\mu_y := 0.8$$

$$\mu_{y,1} := 1$$

$$l_{o,eff,y} := 3.05\text{m}$$

$$l_{o,eff,y,1} := 3.5\text{m}$$

$$l_{0,y} := \mu_y \cdot l_{o,eff,y} = 2.44 \text{ m}$$

$$l_{0,y,1} := \mu_{y,1} \cdot l_{o,eff,y,1} = 3.5 \text{ m}$$

Karcsúság ellenőrzés

$$I_{o,x} := \frac{(h_o^3 \cdot b_o)}{12} = 186666.67 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{o,y} := \frac{(b_o^3 \cdot h_o)}{12} = 142916.67 \cdot \text{cm}^4$$

$$A_o := h_o \cdot b_o = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$\lambda_x := \frac{l_{0,x}}{\sqrt{\left(\frac{I_{o,x}}{A_o}\right)}} = 113.449 > \lambda_{\text{lim}} := \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{\left(\frac{N_{l_1}}{A_o \cdot f_{cd,o}}\right)}} = 21.253$$

Nem zömök

$$\lambda_y := \frac{l_{0,y}}{\sqrt{\left(\frac{I_{o,y}}{A_o}\right)}} = 24.15 > \lambda_{\text{lim}} := \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{\left(\frac{N_{l_1}}{A_o \cdot f_{cd,o}}\right)}} = 21.253$$

Nem zömök

$$\lambda_y := \frac{l_{0,y}}{\sqrt{\left(\frac{l_{0,y}}{A_o}\right)}} = 24.15 > \lambda_{\lim} := \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{\left(\frac{N_{l.}}{A_o \cdot f_{cd.o}}\right)}} = 21.253$$

Nem zömök

I.6.4.1. Keresztirányban mértékadó nyomatékból a legnagyobb nyomaték:

$$M_{l.} = 243 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_{\text{egyidejű}} = 671.521 \cdot \text{kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0,x}}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{200}\right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\left(\frac{l_{0,x}}{m}\right)}}\right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 18.097 \cdot \text{mm}$$

ahol

$$l_{0,x} = 13.1 \text{ m}$$

$$M_{0,ED} := N_{\text{egyidejű}} \cdot e_a = 12.152 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e} := 0$$

$$M_e := M_{l.} \cdot 0.6 + (M_{1,e} \cdot 0.4) = 145.817 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_o := \frac{M_e}{N_{\text{egyidejű}}} = 217.144 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l,o} := N_{\text{egyidejű}} \cdot e_o = 145.817 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}\right)}{(200)}\right] - \frac{\lambda_x}{150} = -0.16$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_x = 113.449$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13$$

Kúszási tényező(C30/37 esetén)

$$A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{egyidej\ddot{u}})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{egyidej\ddot{u}}}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.144$$

$$n_2 := \frac{N_1}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.154$$

$$\varepsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.36 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 78.246 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 78.246 \text{ m}$$

$$e_2 := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0,x}}{\pi} \right)^2 = 0.222 \text{ m}$$

$$M_{l,2} := N_{egyidej\ddot{u}} \cdot e_2 = 149.224 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,x} := M_{l,o} + M_{0,ED} + M_{l,2} = 307.194 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.4.2.Keresztirányban mértékadó a normálerő:

$$N_{ll} := N_1 = 720.4 \cdot \text{kN}$$

$$M_{egyidej\ddot{u},ll} := (M_{1,1}) \cdot (-1) = 191.28 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_{a,ll} := \left(\frac{l_{0,x}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0,x}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 18.097 \cdot \text{mm}$$

ahol

$$l_{0,x} = 13.1 \text{ m}$$

$$M_{0,ED,xx} := N_{ll} \cdot e_{a,ll} = 13.037 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e} := 0$$

$$M_{e,ll} := M_{egyidej\ddot{u},ll} \cdot 0.6 + (M_{1,e} \cdot 0.4) = 114.768 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o,II} := \frac{M_{e,II}}{N_{II}} = 159.311 \cdot \text{mm}$$

$$M_{II,o,xx} := N_{II} \cdot e_{o,II} = 114.768 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_x}{150} = -0.16$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_x = 113.449$$

$$M_{\text{állandó},xx} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező (C30/37 esetén)}$$

$$A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min,II} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{II})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,II} := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{II}}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.154$$

$$\varepsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.36 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 78.246 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 78.246 \text{ m}$$

$$e_2 := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0,x}}{\pi} \right)^2 = 0.222 \text{ m}$$

$$M_{2,xx} := N_{II} \cdot e_2 = 160.086 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.xx} := M_{2.xx} + M_{l.o.xx} + M_{0.ED.xx} = 287.891 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.5. Hosszirányban mértékadó normálerőből képződő legnagyobb nyomaték:

$$M_{l.y} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{l.y} := N_{\text{egyidejű}} = 671.521 \cdot \text{kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_{a.y} := \left(\frac{l_{0,y}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0,y}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 7.81 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } l_{0,y} = 2.44 \text{ m}$$

$$M_{0.ED.y} := N_{l.y} \cdot e_{a.y} = 5.245 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{ck.y} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd.y} := \frac{f_{ck.y}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e} := 0$$

$$M_{e.y} := M_{l.y} \cdot 0.6 + (M_{1,e} \cdot 0.4) = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o.l.y} := \frac{M_{e.y}}{N_{l.y}} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o.y} := N_{l.y} \cdot e_{o.l.y} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck.y} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.34$$

ahol

$$\lambda_y = 24.15$$

$$M_{\text{állandó.y}} := 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{\text{ef}} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező (C30/37 esetén)}$$

$$A_0 = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{l.y})}{f_{yd.y}} \right], 0.003 \cdot A_0 \right] = 5036.4 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,\min}$$

$$n_{\text{bal}} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd,y})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.022$$

$$n := \frac{N_{l,y}}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.144$$

$$\varepsilon_{y,d,y} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot b_o = 0.315 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d,y}} = 68.5 \text{ m}$$

$$K_r := \min\left(1.0, \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}}\right) = 1$$

$$K_\zeta := \max\left[\left(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}\right), 1.0\right] = 1.722$$

$$r := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta}\right) \cdot r_0 = 39.757 \text{ m}$$

$$e_{2,y} := \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \left(\frac{l_{0,y}}{\pi}\right)^2 = 15.17265 \cdot \text{mm}$$

$$M_{2,y} := N_{l,y} \cdot e_{2,y} = 10.189 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,y} := M_{0,ED,y} + M_{2,y} + M_{l,y} = 15.433 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.6. Igénybevételek tervezési értékei:

$$N_{Ed,m} := N_l = 720.4 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ed,x} = 307.194 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{keresztirányban}$$

$$M_{Ed,y} = 15.433 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{hosszirányban}$$

I.6.7. Vasmenység keresztirányban:

$$h := h_o = 0.4 \text{ m} \quad \phi := 20 \text{ mm} \quad \phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

$$b := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$d_o := h - 15 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{\phi}{2} = 36.5 \cdot \text{cm}$$

$$x_1 := \frac{N_{Ed,m}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} = 0.196$$

$$\mu := 0.25$$

$$x_2 := \frac{M_{Ed,x}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0.265$$

$$A_{s,x} := \frac{(0.25 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 2113.125 \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{cd} = 33.333 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{tengely}_y := 0.25$$

$$M_{\text{Rd},x} := \text{tengely}_y \cdot b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 388.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.8. Alkalmazott vas:

$$\Phi_o := 20 \text{ mm}$$

$$n_x := 7$$

$$A_{s,x,\text{alk}} := \frac{\Phi_o^2}{4} \cdot \pi \cdot n_x = 2199.1 \cdot \text{mm}^2 > A_{s,x} = 2113.1 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_x := b_o - c_{\text{nom}} - \phi_k - \left(\frac{\Phi_o}{2} \right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_x := c_{\text{nom}} + \phi_k + \frac{\Phi_o}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$c_{\text{nom},x} := 30 \text{ mm}$$

$$\Delta_s = 21 \cdot \text{mm}$$

$$b_{x,\text{alk}} := 2 \cdot (c_{\text{nom},x} + \phi_k) + n_x \cdot \phi + (n_x - 1) \cdot \Delta_s = 350 \cdot \text{mm}$$

Nem fér el egy sorban.

$$n_{\text{felső}} := 2 \quad n_{\text{alsó}} := 5$$

$$b_{o,\text{alk}} := 2 \cdot (c_{\text{nom},x} + \phi_k) + n_{\text{alsó}} \cdot \Phi_o + (n_{\text{alsó}} - 1) \cdot \Delta_s = 268 \cdot \text{mm} < b_o = 350 \cdot \text{mm}$$

Elfér egy sorban.

Vasmennyiség hosszirányban

$$h := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$b := h_o = 0.4 \text{ m}$$

$$\phi := 20 \text{ mm}$$

$$d := h - 30 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{\phi}{2} = 30 \cdot \text{cm}$$

$$x_{1.} := \frac{N_{\text{Ed},m}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} = 0.17$$

$$\mu := 0.1$$

$$x_{2.} := \frac{M_{\text{Ed},y}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0.01$$

$$A_{s,y} := \frac{(\mu \cdot b \cdot d_o \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 1119.3333 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,\text{min},y} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_l)}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{tényleges}} := \frac{(A_{s,\text{min},y} \cdot f_{yd})}{b \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.038 \quad \text{tengely}_{y,1} := 0.125$$

$$M_{\text{Rd},y} := \text{tengely}_{y,1} \cdot b \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 222 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

I.6.9. Alkalmazott vas a másik irányban:

$$\Phi := 20 \text{ mm}$$

$$n_y := 2$$

$$A_{sy.alk} := \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi \cdot n_y = 628.3 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_y := b_o - c_{nom} - \phi_k - \left(\frac{\Phi}{2} \right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_y := c_{nom} + \phi_k + \frac{\Phi}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$b_y := \left(2 \cdot \frac{n_y}{2} - 1 \right) \cdot \Phi + 2 \cdot c_{nom} + 2 \cdot \phi_k = 344 \cdot \text{mm} < h_o = 400 \cdot \text{mm} \quad \text{Elfér egy sorban.}$$

I.6.10. Oszlop szilárdsága normálerőre:

$$N_{Rd} := A_o \cdot f_{cd} + (A_{sx.alk} + A_{sy.alk}) \cdot f_{yd} = 5895.9855 \cdot \text{kN}$$

$$a_{O.1} := \frac{N_{Ed.m}}{N_{Rd}} = 0.122 \quad A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$a := \max \left[1, \left[\left(\frac{a_{O.1} - 0.1}{0.6} \right) \cdot (1.5 - 1) + 1 \right] \right] = 1.018$$

$$M_{Rd.x} = 388.573 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.xx} = 287.891 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.y} = 222.042 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y} = 15.433 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\left(\frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}} \right)^a + \left(\frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}} \right)^a = 0.853 < 1.0$$

Megfelel

I.6.11. Nyírási vasalás tervezése

-A húzott vasalásra vonatkozó helyettesítő hasznos magasság:

$$d_h := \frac{E_s \cdot A_{sx.alk} \cdot d_x}{E_s \cdot A_{sx.alk}} = 178 \cdot \text{mm} \quad N_{Ed} := 338.97 \text{ kN} \quad \sigma_{cp} := \frac{N_{Ed}}{h_o \cdot b_o} = 2.421 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-Mértékadó igénybevételek a nyírás vizsgálatához:

$$\text{A mértékadó nyíróerő: } V_{Ed} := 26.63 \text{ kN}$$

-A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d_h \cdot \frac{1}{\text{mm}}}}, 2 \right) = 2$$

A húzott hosszvasalásra vonatkozó vashányad , amibe a megfelelően lehorgonyozott acélbetétek számíthatók be:

$$\rho_l := \min \left(0.02, \frac{A_{sx.alk}}{b_o \cdot d_x} \right) = 2 \cdot \% \quad \text{vashányad}$$

$$v_{\min} := \left[0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot (b_o \cdot d_h) = 66.236 \cdot \text{kN}$$

A nyírási vasalás nélküli keresztmetszet teherbírásának alsó korlátja.

Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása:

$$V_{Rd,c} := \max \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N^{\frac{2}{3}}}{(\text{mm}^2)^{\frac{2}{3}}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot (b_o \cdot d_x), v_{\min} = 92.027 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = 92.027 \cdot \text{kN} > V_{Ed} = 26.63 \cdot \text{kN}$$

Nincs szükség méretezett nyírási vasalásra, de a minimális vasalást alkalmazni kell.

$$s := 250 \text{ mm}$$

$$\phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

A nyírási acélbetétek keresztmetszeti területe:

$$A_{sw} := 2 \cdot \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

A szükséges kengyeltávolság:

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A maximális kengyeltávolság ellenőrzése:

$$s_{\max} := 0.75 \cdot d_o \quad s_{\max} = 273.75 \cdot \text{mm} > s = 250 \cdot \text{mm} \quad \text{Megfelel!}$$

A nyírási vashányad ellenőrzése: $\alpha_{sw} := 90^\circ$

$$\rho_w := \frac{A_{sw}}{s \cdot b_f \cdot \sin(\alpha_{sw})} \quad \rho_w = 0.002262$$

$$> \rho_{w,\min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{N}{\text{mm}^2}}}{f_{yk}} = 0.001131$$

Megfelel.

A keretsíkra merőleges nyíró igénybevételekre nem számított nyírási vasalást mert nem lesz mértékadó.

I.7.Kehelyalap ellenőrzése:

I.7.1.Mértékadó igénybevételek a talpnál:

$$M_{Ed,x} = 307.194 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,y} = 15.433 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,m} = 720.4 \cdot \text{kN}$$

I.7.2. Geometriai méretek:

$$a_k := 300 \text{ cm}$$

$$b_k := 250 \text{ cm}$$

$$h_k := 80 \text{ cm}$$

Külpontosság

$$e_{alap,x} := \frac{M_{Ed,x}}{N_{Ed,m}} = 42.642 \cdot \text{cm} < \frac{a_k}{6} = 50 \cdot \text{cm}$$

$$e_{alap,y} := \frac{M_{Ed,y}}{N_{Ed,m}} = 2.142 \cdot \text{cm} < \frac{b_k}{6} = 41.667 \cdot \text{cm}$$

I.7.4. Egyenletesen megoszló teher:

$$c_x := \left(\frac{b_k}{2} \right) - e_{alap,x} = 82.358 \cdot \text{cm}$$

$$2 \cdot c_x = 164.716 \cdot \text{cm}$$

$$c_y := \left(\frac{a_k}{2} \right) - e_{alap,y} = 147.858 \cdot \text{cm}$$

$$2 \cdot c_y = 295.715 \cdot \text{cm}$$

$$\sigma_x := \frac{N_{Ed,m}}{2 \cdot c_x \cdot a_k} = 145.786 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_y := \frac{N_{Ed,m}}{2 \cdot c_x \cdot b_k} = 174.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

I.7.4. Kehelyalap vizsgálata átszúródásra:

Az átszúródás nem lesz mértékadó, ezért a közelítő számítás során nem ellenőrizzük.

I.8. Földrengés számítása:

Adatok

$$a_{gr} := 0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{Vízszintes gyorsulás, sziklára értelmezve}$$

A -talajosztály

III. Fontossági osztályú épület

$$\gamma_1 := 1.2$$

$$a_g := \gamma_1 \cdot a_{gr} = 0.132 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Válaszspektrum értékei

$$S := 1.0 \quad T_B := 0.15 \quad T_C := 0.4 \quad T_D := 2.0$$

Az épület rezgésideje:

$C_t := 0.05$ Csillapítás, merevített keretszerkezet esetén

$H_t := 6.55$ Épület magassága (méterben értendő)

$q := 1.5$ Viselkedési tényező

$$T := C_t \cdot H_t^{\frac{3}{4}} = 0.205$$

$$T_B = 0.15 < T = 0.205 < T_C = 0.4$$

$$S_d := a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} = 0.22 \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$m_1 := \frac{\left(\gamma_{vb} \cdot h_f \cdot b_f \cdot L_1 + g_1 \cdot b_f \cdot L_1 + G_{ö.konz} + g_g \cdot b_f \cdot L_1 + \frac{G_{o.d}}{2} \right)}{10 \cdot \left(\frac{m}{sec^2} \right)} + \frac{\left(h_o \cdot b_o \cdot \frac{H_{1.o}}{2} \cdot \gamma_{vb} \right)}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}} \dots$$

$$+ \frac{\left(h_o \cdot b_o \cdot \frac{H_2}{2} \cdot \gamma_{vb} \right)}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}}$$

$$m_1 = 22924.55 \text{ kg}$$

$$m_2 := \frac{\left(h_l \cdot b_l \cdot L_{eff.l} \cdot \gamma_{vb} \cdot 2 \right)}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}} + \frac{g_1 \cdot L_2 \cdot 6m}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}} \dots = 12613.36 \text{ kg}$$

$$+ \frac{\left(h_o \cdot b_o \cdot \frac{H_2}{2} \cdot \gamma_{vb} \right)}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}} + \frac{\left(h_o \cdot b_o \cdot \frac{H_2}{2} \cdot \gamma_{vb} \right)}{10 \cdot \frac{m}{sec^2}}$$

$$m_3 := \frac{\left(L_2 \cdot b_p \cdot g_2 + L_2 \cdot b_p \cdot g_g + p_1 \cdot L_2 \cdot b_p + G_{ö.konz} + G_{o.d} \right)}{10 \cdot \left(\frac{m}{sec^2} \right)} = 8553.5 \text{ kg}$$

$$\Sigma m := m_1 + m_2 + m_3 = 44091.4 \text{ kg}$$

$$F_d := 0.22 \cdot \frac{m}{sec^2} \cdot \Sigma m = 9.7 \cdot \text{kN}$$

$$F_1 := \left[\frac{(m_1 + m_2)}{\Sigma m} \right] \cdot F_d = 7.8 \cdot \text{kN}$$

$$F_2 := \left(\frac{m_3}{\Sigma m} \right) \cdot F_d = 1.9 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F_1}{3} = 2.606 \cdot \text{kN} \quad \text{A középső oszlopon felül}$$

$$\frac{F_2}{2} = 0.941 \cdot \text{kN} \quad \text{A középső oszlopon közén}$$

Teherkombinációk

$$N_{keh.1} := \left[\frac{(G_{o.d} + G_{f.d} + G_{l.1.d} + G_{l.2.d})}{\gamma_g} \right] + \psi_2 \cdot Q_{l,q} = 468.817 \cdot \text{kN}$$

->

irányú földrengés terhelés

$$H := 6.55 \text{ m}$$

$$H_1 = 2.9 \text{ m}$$

$$M_{keh.1} := \left[\frac{(-G_{f.d} \cdot e_f)}{\gamma_g} \right] + \left(\frac{F_1}{3} \right) \cdot m \cdot H_t + \left(\frac{F_2}{2} \right) \cdot H_1 = -71.408 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Ellenkező irányú földrengés teher esetén:

$$M_{2,k} := \left[\frac{(-G_{f.d} \cdot e_f)}{\gamma_g} \right] - \left(\frac{F_1}{3} \right) \cdot m \cdot H_t - \left(\frac{F_2}{2} \right) \cdot H_1 = -111.006 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_k := N_{keh.1} = 468.817 \cdot \text{kN}$$

$$M_k := M_{2,k} \cdot (-1) = 111.006 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{k.1.1} := M_{keh.1} \cdot (-1) = 71.408 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Oszlop ellenőrzése:

Keresztirányban mértékadó földrengésből a legnagyobb nyomaték:

$$M_k = 111.006 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_k = 468.817 \cdot \text{kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_{a.f} := \left(\frac{l_{0,x}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0,x}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 18.097 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } l_{0,x} = 13.1 \text{ m}$$

$$M_{0,ED,x} := N_l \cdot e_{a.f} = 13.037 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{ck,y} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd,y} := \frac{f_{ck,y}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{0,ED,f} := N_l \cdot e_{a,f} = 13.037 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$e_{o.keh} := \frac{M_k}{N_k} = 236.778 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.keh} := N_k \cdot e_{o.keh} = 111.006 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck,y} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_x}{150} = -0.26$$

ahol

$$\lambda_x = 113.449$$

$$M_{\text{állandó.f}} := -1 \cdot \left[\frac{(-G_{f.d} \cdot e_f)}{\gamma_g} \right] = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{\text{ef}} := 2.13$$

Kúszási tényező

$$A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s,\text{min}} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_k)}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,\text{min}}$$

$$n_{\text{bal}} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd,y})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.002$$

$$n := \frac{N_k}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.1$$

$$\varepsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.36 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 78.2 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n}{n_u - n_{\text{bal}}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{\text{ef}}), 1.0 \right] = 1$$

$$r := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 78.246 \text{ m}$$

$$e_{2,f} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0,x}}{\pi} \right)^2 = 222.21875 \cdot \text{mm}$$

$$M_{\text{Ed,x,keh.}} := N_k \cdot (e_{2,f} + e_{a,f} + e_{o,\text{keh}}) = 223.67 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Hosszirányban mértékadó földrengésből a legnagyobb nyomaték:

$$M_{y,k} := 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_k = 468.817 \cdot \text{kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_{a.f.2} := \left(\frac{l_{0,y}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0,y}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 7.81 \cdot \text{mm}$$

ahol $l_{0,y} = 2.44 \text{ m}$

$$M_{0,ED.f.2} := N_k \cdot e_{a.f.2} = 3.662 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{ck,y} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yd,y} := \frac{f_{ck,y}}{1.5} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$e_{o.keh.2} := \frac{M_{y,k}}{N_k} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{keh.2} := N_{l,y} \cdot e_{o.keh.2} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck,y} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.34$$

ahol $\lambda_y = 24.15$

$$M_{\text{állandó.y.2.f}} := 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező}$$

$$A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_k)}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.2.f} := A_{s,\min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_{s.2.f} \cdot f_{yd,y})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.002$$

$$n_{f.2} := \frac{N_k}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.1$$

$$\epsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.36 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 78.2 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_{f,2}}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1.722$$

$$r := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 45.437 \text{ m}$$

$$e_{2,y,2,f} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0,y}}{\pi} \right)^2 = 13.27607 \cdot \text{mm}$$

$$M_{Ed,y,keh} := N_k \cdot (e_{2,y,2,f} + e_{a,f,2} + e_{o,keh,2}) = 9.886 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Mértékadó igénybevételek földrengés teherből:

$$M_{Ed,x,keh} = 223.67 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,y,keh} = 9.886 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,k} := N_k = 468.817 \cdot \text{kN}$$

Vasmenyiség keresztirányban:

$$h_2 := 40 \text{ cm} \quad \phi := 16 \text{ mm}$$

$$b_2 := 35 \text{ cm}$$

$$d_{2.} := 0.9 \cdot h_2 = 36 \cdot \text{cm}$$

$$x_1 := \frac{N_{Ed,k}}{b_2 \cdot d_{2.} \cdot f_{cd}} = 0.1116 \quad \mu_2 := 0.2$$

$$x_2 := \frac{M_{Ed,x,keh.}}{b_2 \cdot d_{2.}^2 \cdot f_{cd}} = 0.148$$

$$A_{s,x,2} := \frac{(\mu_2 \cdot b_2 \cdot d_{2.} \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 1932 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,x,alk,2} := A_{s,x,2} = 1932 \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{cd} = 33.333 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{tengely}_{y,f} := 0.2$$

$$M_{Rd,x,2} := \text{tengely}_{y,f} \cdot b_2 \cdot d_{2.}^2 \cdot f_{cd} = 302.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Vasmennyiség hosszirányban

$$h_3 := b_2 = 0.35 \text{ m}$$

$$b_3 := h_2 = 0.4 \text{ m} \quad \phi := 16 \text{ mm}$$

$$d_3 := 0.9 \cdot h_3 = 31.5 \cdot \text{cm}$$

$$x_{1.3} := \frac{N_k}{b_3 \cdot d_3 \cdot f_{cd}} = 0.1116$$

$$\mu_3 := 0.1$$

$$x_{2.3} := \frac{M_{Ed.y.keh}}{b_3 \cdot d_3^2 \cdot f_{cd}} = 0.0075$$

$$A_{s.y.3} := \frac{(\mu_3 \cdot b_3 \cdot d_3 \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 966 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.min.y.3} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_k)}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.alk.y.3} := A_{s.min.y}$$

$$\eta_{tényleges.3} := \frac{(A_{s.alk.y.3} \cdot f_{yd})}{b \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.038$$

$$\text{tengely}_{y.3} := 0.15$$

$$M_{Rd.y.3} := \text{tengely}_{y.3} \cdot b_3 \cdot d_3^2 \cdot f_{cd} = 198.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Oszlop szilárdsága normálterőre:

$$N_{Rd.3} := A_o \cdot f_{cd} + (A_{s.x.alk.2} + A_{s.alk.y.3}) \cdot f_{yd} = 5689.2754 \cdot \text{kN}$$

$$a_{0.2} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd.3}} = 0.06 \quad A_o = 0.14 \text{ m}^2$$

$$a_0 := \max \left[1, \left[\left(\frac{a_{0.2} - 0.1}{0.6} \right) \cdot (1.5 - 1) + 1 \right] \right] = 1$$

$$M_{Rd.x.2} = 302.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.x.keh.} = 223.67 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.y.3} = 198.45 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y.keh} = 9.886 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\left(\frac{M_{Ed.x.keh.}}{M_{Rd.x.2}} \right)^{a_0} + \left(\frac{M_{Ed.y.keh}}{M_{Rd.y.3}} \right)^{a_0} = 0.789 < 1.0$$

Megfelel az oszlop földrengés teherre.

I.9. Igénybevételek ellenőrzési gépi számítással

A szerkezet modellezése során az oszlopokat teljesen befogottnak feltételeztem. A földrengés teher modellezése során az EuroCode által előírt tömegrészesedéseknek elegettem tettem.

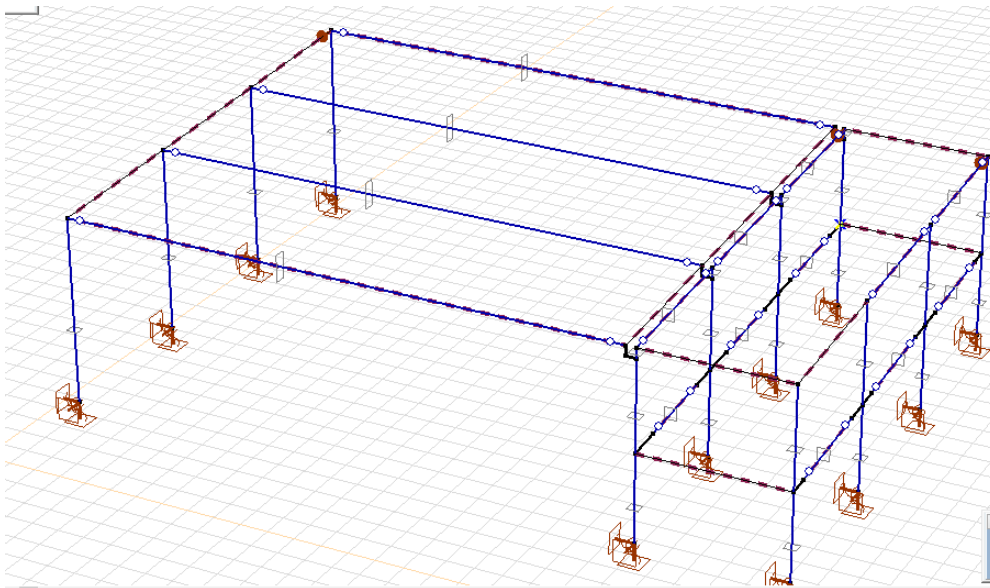
Az eredményekben tapasztalható eltérés (maximálisan 11%), mely az AXIS VM 12 program

modellezésében keresendő. Míg én kézi számítással határoztam meg az igénybevételeket, addig az AXIS program véges elemes módszer alapján állítja elő az értékeket. Ez utóbbi esetben pontosabb eredményt kapható, mint ahogy én közelítési módszerrel, kézzel tudok meghatározni. Az eltérés a két számítás között a határon belül van, tehát megfelelőek.

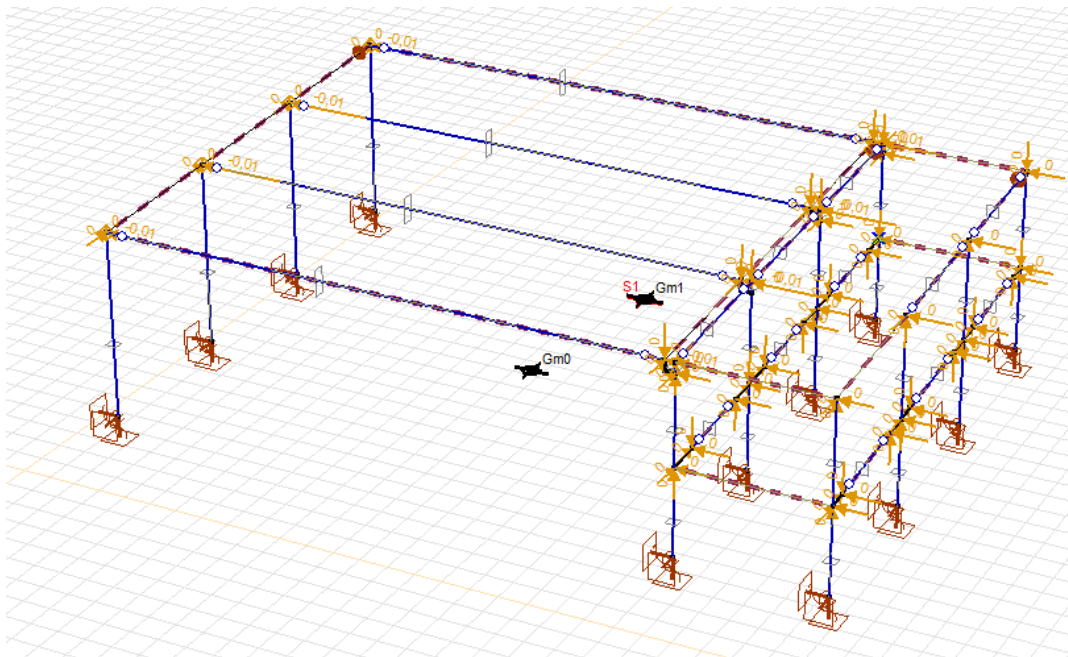
	f [Hz]	ε_x	ε_y	ε_z	Aktív
21	41,75	0	0	0,071	✓
22	43,59	0	0	0,041	✓
23	57,24	0	0	0,039	✓
24	60,87	0	0	0,008	✓
25	69,07	0	0,246	0	✓
26	75,11	0	0	0,009	✓
27	81,42	0	0	0	✓
28	87,92	0	0	0,003	✓
29	91,09	0	0	0	✓
30	95,12	0	0	0,002	✓
31	97,00	0	0	0,002	✓
32	100,13	0	0	0,001	✓
33	103,26	0	0	0,002	✓
34	108,75	0	0	0,001	✓
35	126,10	0	0	0	✓
36	140,92	0	0	0,005	✓
37	142,76	0	0	0	✓
38	200,09	0	0	0	✓
39	205,80	0	0,001	0	✓
40	206,57	0	0	0	✓
41	238,23	0	0,002	0	✓
42	250,35	0	0	0,001	✓
43	256,95	0	0	0,001	✓
44	261,24	0	0	0,001	✓
45	283,13	0	0	0	✓
46	305,46	0	0	0	✓
47	308,55	0	0	0	✓
48	330,40	0	0	0	✓
49	419,11	0	0	0	✓
50	501,21	0	0	0	✓
50/50		0,968	0,536	0,968	

A tömegrészesedések százalékban értendők.

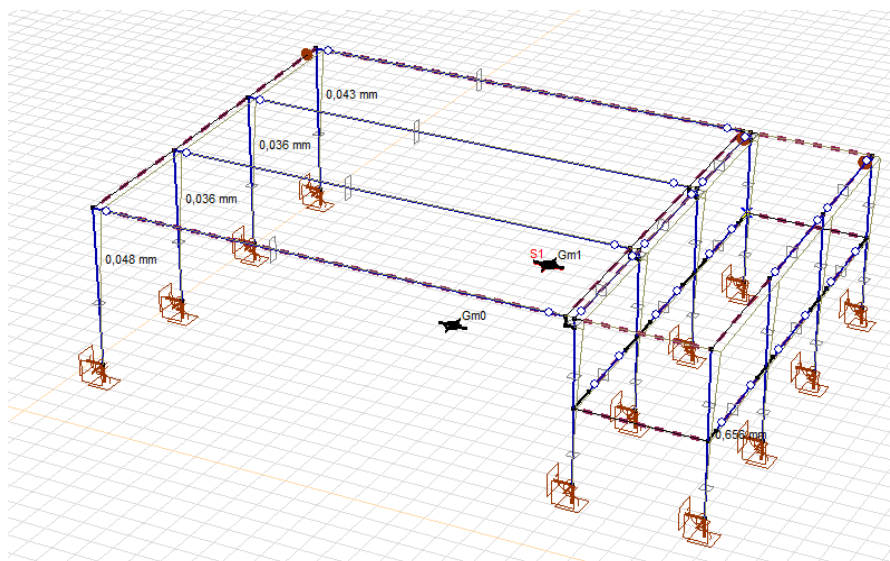
A szerkezeti modell:



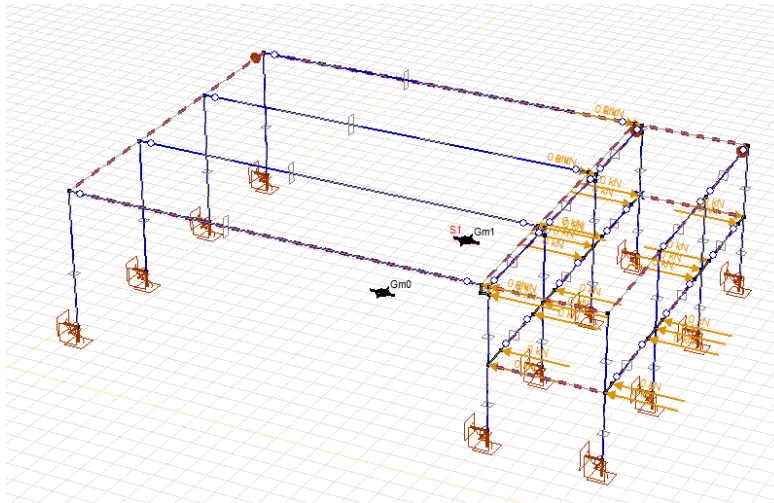
Legenerált y irányú földrengéstéher középpontokkal:



Kihajlás földrengés hatására:

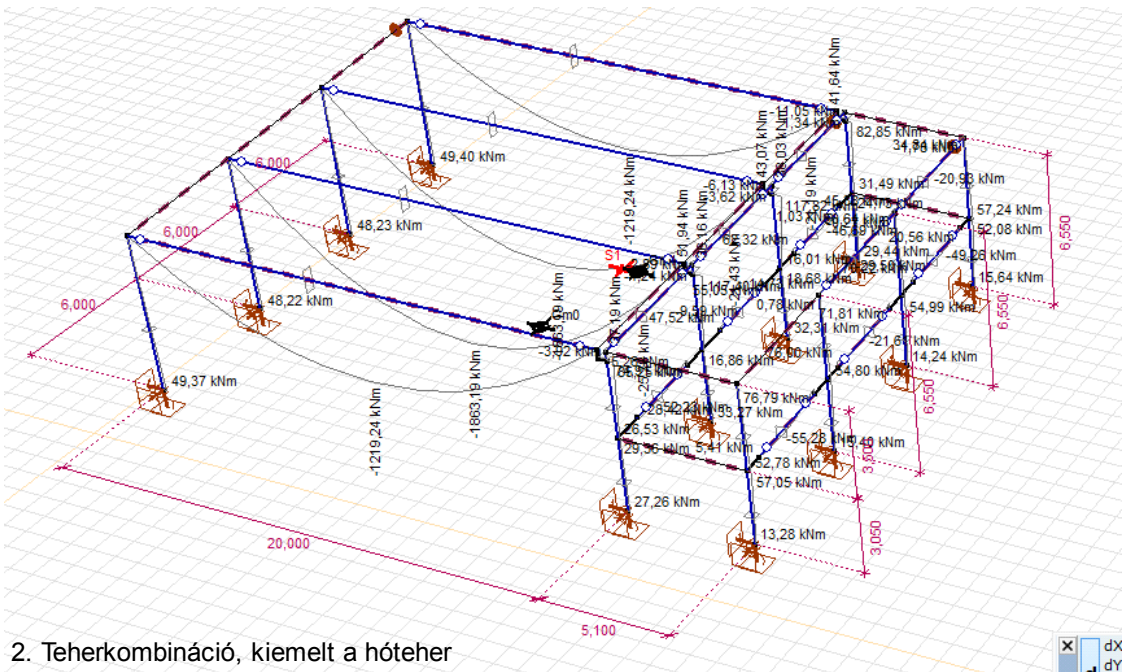


Legenerált földrengés teher, x irányban

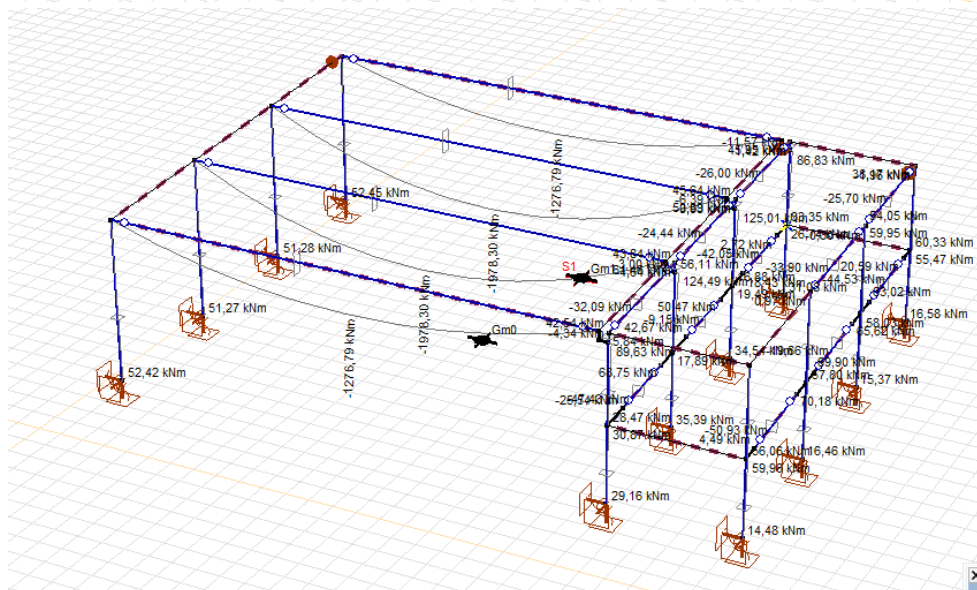


Mértékadó nyomtatékok

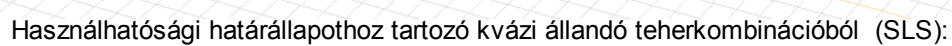
1. Teherkombináció, kiemelt a hasznos teher:



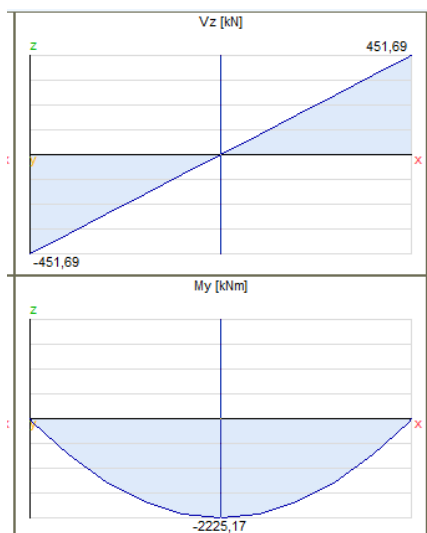
2. Teherkombináció, kiemelt a hőteher



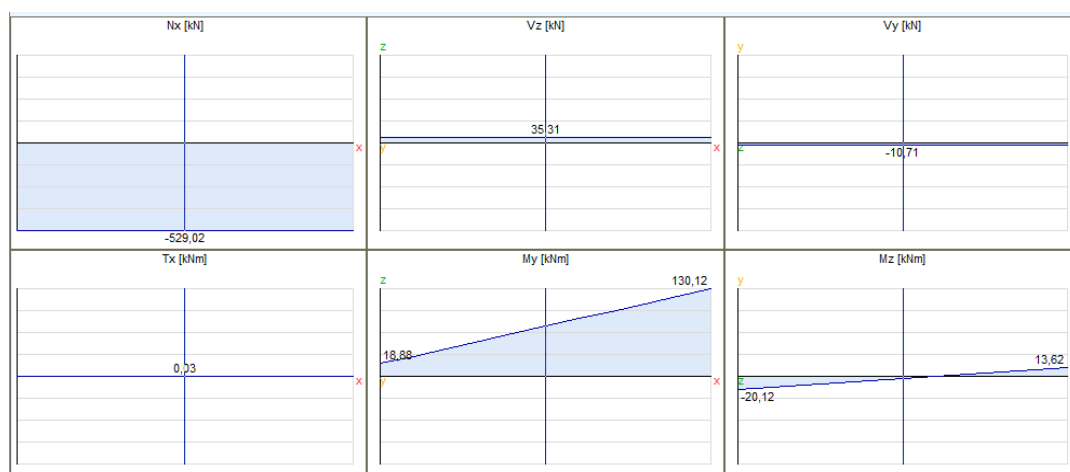
3. Teherkombináció, kiemelt az x irányú szélteher



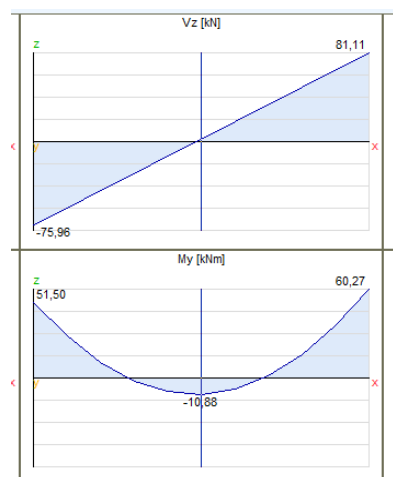
Feszített főtartó mértékadó igénybevételei: Mértékadó a 4. teherkombináció, kiemelt az y irányú szélteher.



Közbső oszlop mértékadó igénybevételei a felső és a középső keresztmetszetben:
Mértékadó a 4. teherkombináció, kiemelt az y irányú szélteher.

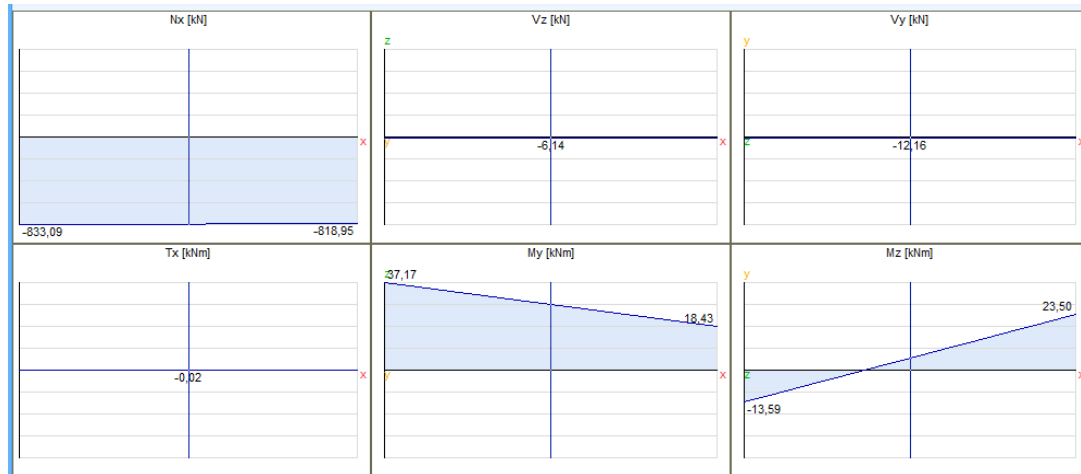


Lágyvasalású rövid főtartó mértékadó igénybevételei:
Mértékadó a 4. teherkombináció, kiemelt az y irányú szélteher.



A kehely alapok mértékadó igénybevételei:

Mértékadó a 4. teherkombináció, kiemelt az y irányú szélteher.



II. Részletes statikai számítás

II.1. Szelemenek méretezése

II.1.1. Kindulási adatok

beépítendő alapterület	$A := 904 \cdot \text{m}^2$
épület szélessége	$b := 25.1 \text{m}$
épület magassága	$H_v := 6.55 \text{m}$
tetősík hajlásszöge	$\alpha := 3 \cdot \text{deg}$
épület hossza	$h := 18 \text{m}$

II.1.3. Szerkezeti modell adatai

	$h_o := 30 \text{cm}$	$b := 20 \text{m}$
Fesztávolsága:	$L := b - h_o$	$L = 19.7 \text{m}$
Magassága:	$H_o := 6.55 \text{m}$	
Keret elméleti magassága:	$H_f := H_o + \frac{L}{2} \cdot \tan(\alpha)$	$H_f = 7.066 \text{m}$
Szelemen:	Lindab Z200	$h_{sz} := 200 \text{mm}$
Falvázartó:	Lindab C200	$h_{fvt} := 200 \text{mm}$

II.1.4. Szelemenek elrendezése

Peremtartó elméleti távolsága az elméleti keretsaroktól:

$$f := \frac{\frac{h_o}{2} + h_{fvt}}{\cos(\alpha)} \quad f = 350.48 \cdot \text{mm}$$

Szelemenek közötti távolság: $L_s := \frac{L}{2 \cdot \cos(\alpha)} + f = 10.214 \text{m}$

$$e_4 := \frac{L_s}{4} = 2553 \cdot \text{mm}$$

$$e_6 := \frac{L_s}{6} = 1.702 \text{m}$$

Szelemenek távolsága: $e_5 := 2000 \text{mm}$

II.2. Állandó terhek

II.2.1. Tető- és falburkolati rendszerek súlya

- külső trapézlemez LTP 45 t=0.7mm	$q_{\text{tr.külső}} := 0.058 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- belső trapézlemez LTP 45 t=0.7mm	$q_{\text{tr.belső}} := 0.058 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

- hőszigetelő réteg

térfogatsúly

$$\gamma_{\text{hőszig}} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

vastagság

$$t_{\text{hőszig}} := 0.150 \text{m}$$

$$q_{\text{hőszig}} := \gamma_{\text{hőszig}} \cdot t_{\text{hőszig}}$$

$$q_{\text{hőszig}} = 0.225 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- egyéb szigetelő elemek

$$q_{\text{szig}} := 0.100 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- szelemen: Lindab Z200 (t=2mm)

$$q_{\text{szelemen.f}} := 0.058 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{szelemen}} := \frac{q_{\text{szelemen.f}}}{e_5}$$

$$q_{\text{szelemen}} = 0.029 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egy keretre adódó teher a tetőburkolatból:

$$q_{\text{tető}} := (q_{\text{tr.külső}} + q_{\text{tr.belső}} + q_{\text{hőszig}} + q_{\text{szelemen}}) \cdot 6 \text{m} \quad q_{\text{tető}} = 2.22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

II.2.3. Állandó jellegű hasznos terhek

$$q_{\text{gépezet}} := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

II.2.4. Esetleges terhek

II.2.4.1. Hasznos teher

nem járható tető $\alpha = 3 \cdot \text{deg}$ tetőhajlás esetén:

$$q_{\text{hasznos}} := 0.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{hasznos}} := 1 \text{kN}$$

II.2.5. Hóteher

Tartós és ideglenes tervezési állapotban

$$s := \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

ahol

s a tetőre ható felszíni hóteher [kN/m²]-ben;

μ_i az épületre vonatkozó alaki tényező;

C_e a szélhatás tényező;

C_t a hőmérsékleti tényező;

s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke [kN/m²]-ben;

$$A_{\text{teng.m}} := 96 \text{m}$$

$$s_k := 0.25 \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{teng.m}}}{100} \right)$$

$$s_k \geq 1.25 \quad s_k := 1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Szokásos terep esetén:

$$C_e := 1.0$$

Alakítényező: $0\text{deg} \leq \alpha \leq 30\text{deg}$ $\mu_i := 0.8$

A tervezési feladatban a hőmérséklet tényező: $C_t := 1.0$

Felszíni hőteher: $s := \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ $s = 1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

II.2.6. Szélteher

2.6.1. Szélesebesség alapértékéhez tartozó szélnyomás

Kiindulási paraméterek:
szélesebesség $v_{b,0} := 23.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
iránytényező $C_{dir} := 0.85$
szezónális tényező $C_{season} := 1.0$
levegő sűrűsége $\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Szélesebesség alapértéke:

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \quad v_b = 20.06 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Szélnyomás alapértéke:

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_b)^2 \quad q_b = 0.252 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.2. Szélesebesség csúcsértékéhez tartozó szélnyomás

- helyszín kategória: II.kategória

- épület magassága $z := 6.55\text{m}$

- helyszínekategória paraméterei (II. kategória) $z_0 := 0.05 \cdot \text{m}$

$$z_{\min} := 2.0 \cdot \text{m}$$

- II. helyszínekategóriához tartozó tényező $z_{0,II} := 0.05 \cdot \text{m}$

- tereptényező $k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19$

- referenciamagasság $z = 6.55 \text{ m}$

- érdességi tényező $z = 6.55 \text{ m} > z_{\min} = 2 \text{ m}$

$$c_r := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.926$$

- hegyrajzi tényező $c_0 := 1.0$

- turbulencia tényező $k_l := 1.0$

- turbulencia intenzitása $I_v := \frac{k_l}{c_0 \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = 0.205$

- helyszíntényező $c_e := (1 + 7 \cdot I_v) \cdot c_r^2 \cdot c_0^2 = 2.09$

- szélnyomás $q_p := c_e \cdot q_b = 0.527 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

2.6.3 Külső szélnyomás

2.6.3.1. Keresztirányú szélhatás (0fok)

Kiindulási adatok:

Épület közelítő méretei:

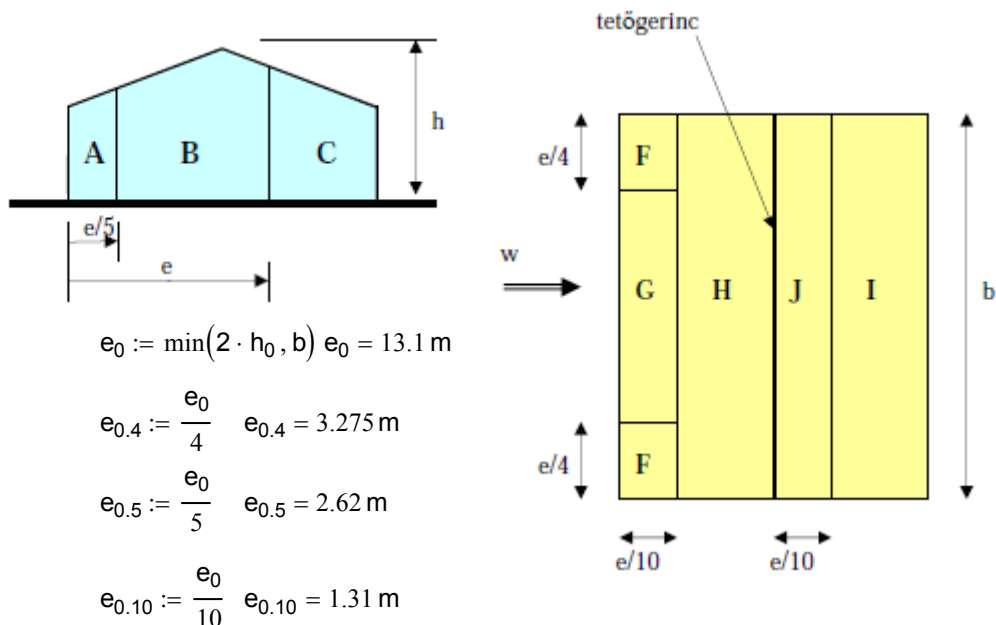
szélirányra merőleges mérete: $b_0 := h$ $b_0 = 18 \text{ m}$

széliránnyal párhuzamos mérete: $d_0 := b$ $d_0 = 25.1 \text{ m}$

magasság: $h_0 := z$ $h_0 = 6.55 \text{ m}$

épület méret aránya: $\eta_0 := \frac{h_0}{d_0}$ $\eta_0 = 0.261$

zónaméret: $e < d$



Az alábbi szakaszokban a következő indexeket alkalmazom:

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J oldalfali- és tetőzónák jelei

0; 90 szélirány fokban kifejezve

1; 10 referenciaterület (1 m^2 vagy 10 m^2)

Szélnyomás a falakon

- interpolációs tényező a $h/d=1$ és $h/d=0.25$ közötti esethez

$$\beta_0 := \frac{(\eta_0 - 0.25)}{0.75} \quad \beta_0 = 0.015$$

- nyomási tényezők:

$$c_{pe.10.A} := -1.2 \quad c_{pe.1.A} := -1.4$$

$$c_{pe.10.B} := -0.8 \quad c_{pe.1.B} := -1.1$$

$$c_{pe.10.C} := -0.5 \quad c_{pe.1.C} := -0.5$$

$$c_{pe.10.D} := 0.7 + 0.1 \cdot \beta_0 = 0.701 \quad c_{pe.1.D} := 1.0$$

$$c_{pe.10.E} := -(0.3 + 0.2 \cdot \beta_0) = -0.303 \quad c_{pe.1.E} := c_{pe.10.E} = -0.303$$

Szélnyomás tetőfelületen

1. eset $\alpha = 3 \cdot \text{deg}$

$$c_{pe.10.F1} := -1.3 \quad c_{pe.1.F1} := -2.25$$

$$c_{pe.10.G1} := -1.0 \quad c_{pe.1.G1} := -1.75$$

$$C_{pe.10.H1} := -0.45$$

$$C_{pe.1.H1} := -0.75$$

$$C_{pe.10.I1} := -0.5$$

$$C_{pe.1.I1} := -0.5$$

$$C_{pe.10.J1} := -0.4$$

$$C_{pe.1.J1} := -0.65$$

2. eset

$$C_{pe.10.F2} := -1.3$$

$$C_{pe.1.F2} := -2.25$$

$$C_{pe.10.G2} := -1.0$$

$$C_{pe.1.G2} := -1.75$$

$$C_{pe.10.H2} := -0.45$$

$$C_{pe.1.H2} := -0.75$$

$$C_{pe.10.I2} := -0.5$$

$$C_{pe.1.I2} := -0.5$$

$$C_{pe.10.J2} := -0.3$$

$$C_{pe.1.J2} := -0.3$$

3. eset

$$C_{pe.10.F3} := 0.1$$

$$C_{pe.1.F3} := 0.1$$

$$C_{pe.10.G3} := 0.1$$

$$C_{pe.1.G3} := 0.1$$

$$C_{pe.10.H3} := 0.1$$

$$C_{pe.1.H3} := 0.1$$

$$C_{pe.10.I3} := -0.5$$

$$C_{pe.1.I3} := -0.5$$

$$C_{pe.10.J3} := -0.3$$

$$C_{pe.1.J3} := -0.3$$

4. eset

$$C_{pe.10.F4} := 0.1$$

$$C_{pe.1.F4} := 0.1$$

$$C_{pe.10.G4} := 0.1$$

$$C_{pe.1.G4} := 0.1$$

$$C_{pe.10.H4} := 0.1$$

$$C_{pe.1.H4} := 0.1$$

$$C_{pe.10.I4} := -0.5$$

$$C_{pe.1.I4} := -0.5$$

$$C_{pe.10.J4} := -0.4$$

$$C_{pe.1.J4} := -0.65$$

2.6.3.2. Hosszirányú szélhatás (90fok)

Kiindulási adatok:

Épület közelítő méretei:

$$\text{szélirányra merőleges mérete:} \quad b_{90} := b \quad b_{90} = 25.1 \text{ m}$$

$$\text{széliránnyal párhuzamos mérete:} \quad d_{90} := 18 \text{ m} \quad d_{90} = 18 \text{ m}$$

$$\text{magasság:} \quad h_{90} := 6.55 \text{ m}$$

$$\text{épület méret aránya:} \quad \eta_{90} := \frac{h_{90}}{d_{90}} \quad \eta_{90} = 0.364$$

zónaméretek:

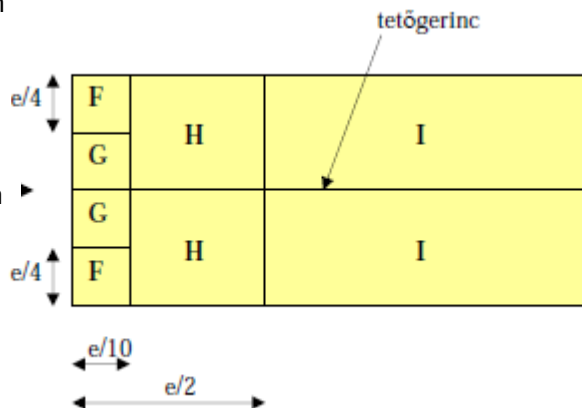
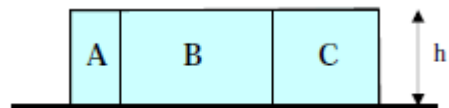
$$e_{90} := \min(2 \cdot h_{90}, b_{90}) \quad e_{90} = 13.1 \text{ m}$$

$$e_{90.2} := \frac{e_0}{2} \quad e_{90.2} = 6.55 \text{ m}$$

$$e_{90.4} := \frac{e_0}{4} \quad e_{90.4} = 3.275 \text{ m}$$

$$e_{90.5} := \frac{e_0}{5} \quad e_{90.5} = 2.62 \text{ m}$$

$$e_{90.10} := \frac{e_0}{10} \quad e_{90.10} = 1.31 \text{ m}$$



Szélnyomás a falakon

- $h/d < 0,25$ közötti esethez

- nyomási tényezők:

$$c_{pe.10.A} = -1.2$$

$$c_{pe.1.A} = -1.4$$

$$c_{pe.10.B} = -0.8$$

$$c_{pe.1.B} = -1.1$$

$$c_{pe.10.C} = -0.5$$

$$c_{pe.1.C} = -0.5$$

$$c_{pe.10.D} := 0.7$$

$$c_{pe.1.D} = 1$$

$$c_{pe.10.E} := -0.3$$

$$c_{pe.1.E} := -0.3$$

Szélnyomás tetőfelületen

$$c_{pe.10.Fh} := -1.45$$

$$c_{pe.1.Fh} := -2.1$$

$$c_{pe.10.Gh} := -1.30$$

$$c_{pe.1.Gh} := -2.00$$

$$c_{pe.10.Hh} := -0.65$$

$$c_{pe.1.Hh} := -1.20$$

$$c_{pe.10.Ih} := -0.55$$

$$c_{pe.1.Ih} := -0.55$$

2.6.4. Belső szélnyomás

2.6.4.1. Nyílások adatai

Nyílások felülete homlokzati falon:

ablaksáv névleges hossza:

$$L_{w,h} := 32 \text{ m}$$

ablaksáv névleges magassága:

$$h_{w,h} := 1.4 \text{ m}$$

$$A_h := L_{w,h} \cdot h_{w,h} \quad A_h = 44.8 \text{ m}^2$$

Nyílások felülete oromfalon:

ablaksáv:

$$\text{ablaksáv névleges hossza:} \quad L_{w,o} := 12 \text{ m}$$

$$\text{ablaksáv névleges magassága:} \quad h_{w,o} := 1.4 \text{ m}$$

$$A_{w,o} := L_{w,o} \cdot h_{w,o} \quad A_{w,o} = 16.8 \text{ m}^2$$

ipari kapu:

$$\text{iparikapu névleges hossza:} \quad L_{w,d} := 5 \text{ m}$$

$$\text{iparikapu névleges magassága:} \quad h_{w,d} := 4.6 \text{ m}$$

$$A_{w,d} := L_{w,d} \cdot h_{w,d} \quad A_{w,d} = 23 \text{ m}^2$$

$$A_o := A_{w,o} + A_{w,d} = \blacksquare$$

2.6.4.2. Keresztirányú szélhatás (0fok)

Kiindulási adatok

$$\text{összes nyílás felülete:} \quad A_{\text{összes}} := 2 \cdot (A_o + A_h) = 169.2 \text{ m}^2$$

negatív és zérus külső nyomási tényezőjű nyílások területe

$$A_{\text{negatív},0} := A_h + 2 \cdot A_o \quad A_{\text{negatív},0} = 124.4 \text{ m}^2$$

$$\text{nyíláshányad:} \quad \mu_0 := \frac{A_{\text{negatív},0}}{A_{\text{összes}}} \quad \mu_0 = 0.735$$

Nyomási tényezők

$$h/d=0.25 \text{ esetén} \quad c_{pi,0.0.25} := 0.726 - 1.14 \cdot \mu_0 = -0.112$$

$$h/d=1.00 \text{ esetén} \quad c_{pi,0.1} := 0.802 - 1.37 \cdot \mu_0 = -0.205$$

$$c_{pi,k} := c_{pi,0.0.25} + \beta_0 \cdot (c_{pi,0.1} - c_{pi,0.0.25})$$

$$c_{pi,k} = -0.114$$

Szélnyomás

$$w_{i,k} := c_{pi,k} \cdot q_p \quad w_{i,k} = -0.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.4.3. Hosszirányú szélhatás (90fok)

Kiindulási adatok

negatív és zérus külső nyomási tényezőjű nyílások területe

$$A_{\text{negatív},90} := 2 \cdot A_h + A_o \quad A_{\text{negatív},90} = 129.4 \text{ m}^2$$

$$\text{nyíláshányad:} \quad \mu_{90} := \frac{A_{\text{negatív},90}}{A_{\text{összes}}} \quad \mu_{90} = 0.765$$

Nyomási tényezők

$$h/d < 0.25 \text{ esete} \quad c_{pi,h} := 0.726 - 1.14 \cdot \mu_{90} = -0.146$$

Szélnyomás

$$w_{i,h} := c_{pi,h} \cdot q_p$$

$$w_{i,h} = -0.077 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.5. A szélnyomások értékei

2.6.5.1. Keresztirányú külső szélhatás esete

- Oldalfalak szélterhe:

$$W_{e,A,k} := c_{pe,10,A} \cdot q_p = -0.632 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,D,k} := c_{pe,10,D} \cdot q_p = 0.369 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,B,k} := c_{pe,10,B} \cdot q_p = -0.421 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,E,k} := c_{pe,10,E} \cdot q_p = -0.158 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,C,k} := c_{pe,10,C} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Tetőfelületek szélterhe:

1. eset

$$W_{e,F1,k} := c_{pe,10,F1} \cdot q_p = -0.685 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,G1,k} := c_{pe,10,G1} \cdot q_p = -0.527 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,H1,k} := c_{pe,10,H1} \cdot q_p = -0.237 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,I1,k} := c_{pe,10,I1} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,J1,k} := c_{pe,10,J1} \cdot q_p = -0.211 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \xrightarrow{\text{Szél}}$$

2. eset

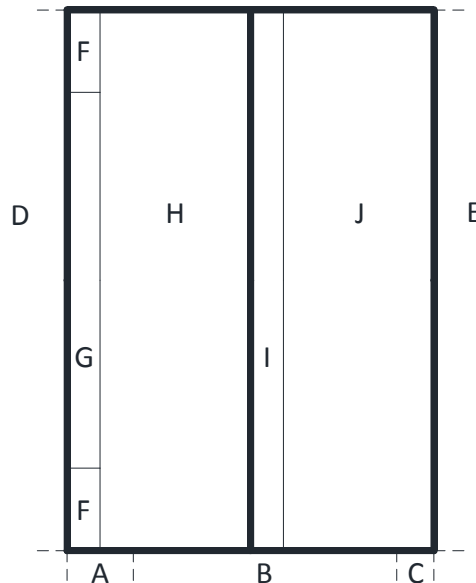
$$W_{e,F2,k} := c_{pe,10,F2} \cdot q_p = -0.685 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,G2,k} := c_{pe,10,G2} \cdot q_p = -0.527 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,H2,k} := c_{pe,10,H2} \cdot q_p = -0.237 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,I2,k} := c_{pe,10,I2} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W_{e,J2,k} := c_{pe,10,J2} \cdot q_p = -0.158 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



3. eset

$$w_{e.F3.k} := c_{pe.10.F3} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

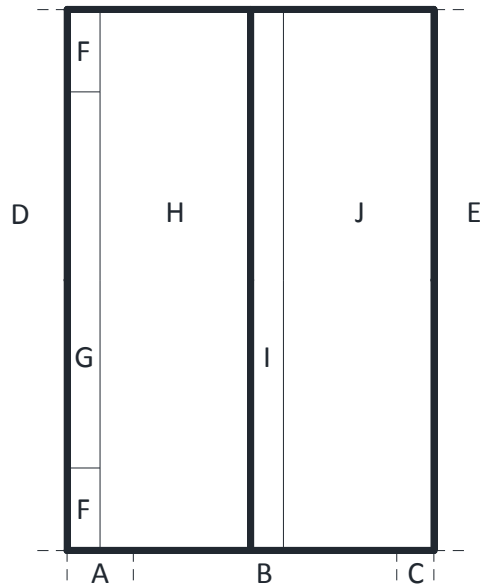
$$w_{e.G3.k} := c_{pe.10.G3} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.H3.k} := c_{pe.10.H3} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.I3.k} := c_{pe.10.I3} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.J3.k} := c_{pe.10.J3} \cdot q_p = -0.158 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Szél →



4. eset

$$w_{e.F4.k} := c_{pe.10.F4} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.G4.k} := c_{pe.10.G4} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.H4.k} := c_{pe.10.H4} \cdot q_p = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.I4.k} := c_{pe.10.I4} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.J4.k} := c_{pe.10.J4} \cdot q_p = -0.211 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.5.2. Hosszirányú külső szélhatás esete

- Oldalfalak szélterhe:

$$w_{e.A.h} := c_{pe.10.A} \cdot q_p = -0.632 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.D.h} := c_{pe.10.D} \cdot q_p = 0.369 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.B.h} := c_{pe.10.B} \cdot q_p = -0.421 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.E.h} := c_{pe.10.E} \cdot q_p = -0.158 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.C.h} := c_{pe.10.C} \cdot q_p = -0.263 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Tetőfelületek szélterhe:

$$w_{e.F.h} := c_{pe.10.Fh} \cdot q_p = -0.764 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.H.h} := c_{pe.10.Hh} \cdot q_p = -0.342 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.G.h} := c_{pe.10.Gh} \cdot q_p = -0.685 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad w_{e.I.h} := c_{pe.10.Ih} \cdot q_p = -0.290 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.5.3. Keresztirányú belső szélhatás esete

- minden felületre

$$w_{i.k} := c_{pi.k} \cdot q_p = -0.060 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.6.5.4. Hosszirányú belső szélhatás esete

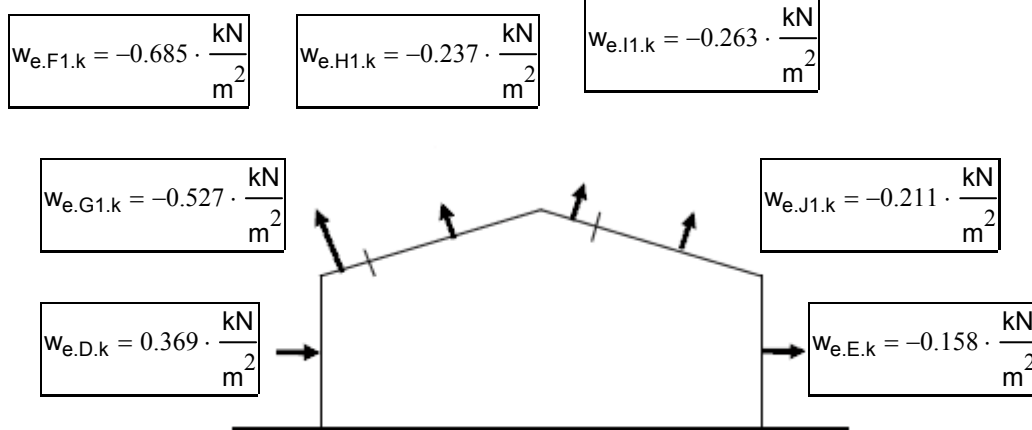
- minden felületre

$$w_{i.h} := c_{pi.h} \cdot q_p = -0.077 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

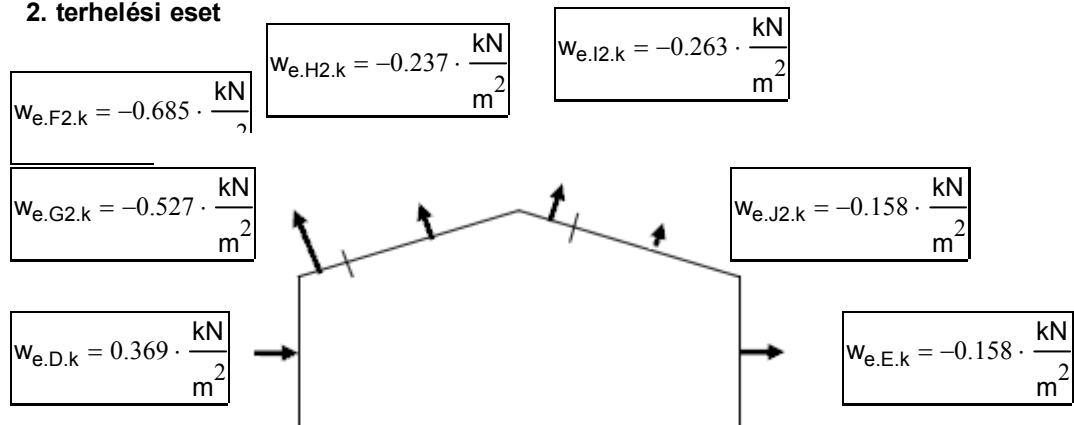
2.6.6. Terhelési esetek

A tetősík azon részein, ahol két terhelési zóna értékei is adottak, az együttes hatást a modellalkotás során veszem majd figyelembe.

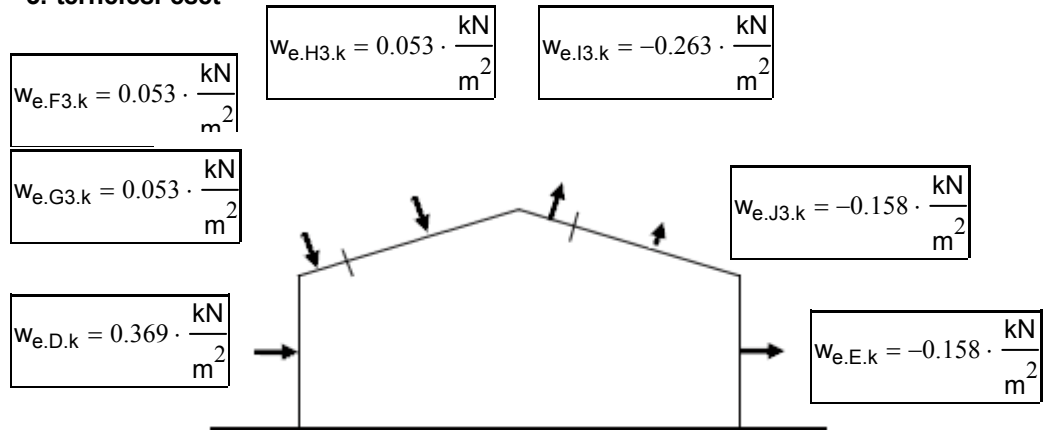
1. terhelési eset



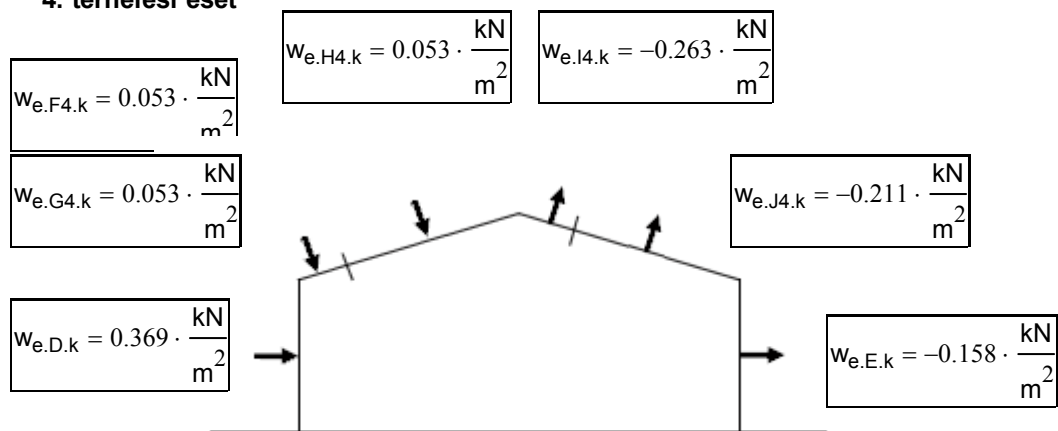
2. terhelési eset



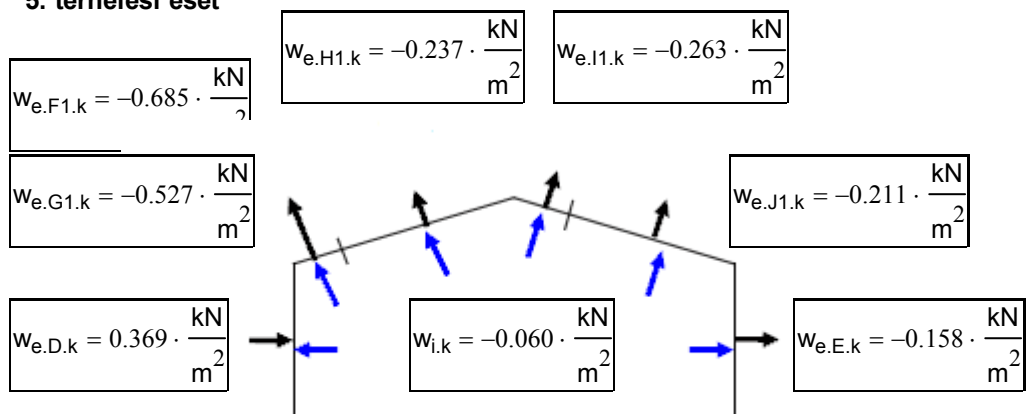
3. terhelési eset



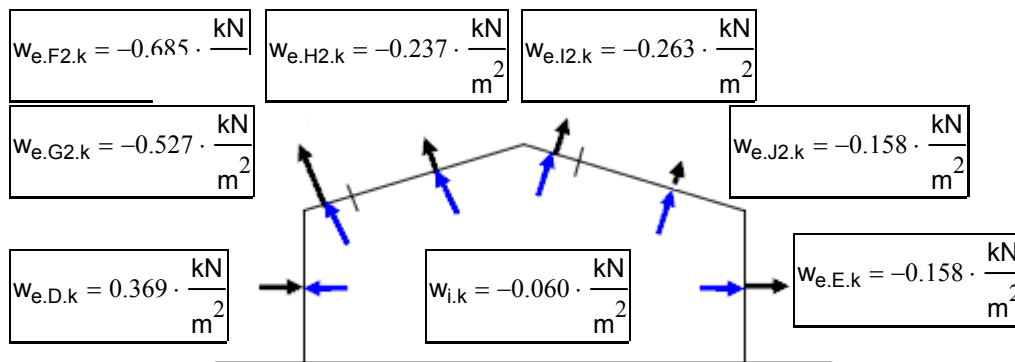
4. terhelési eset



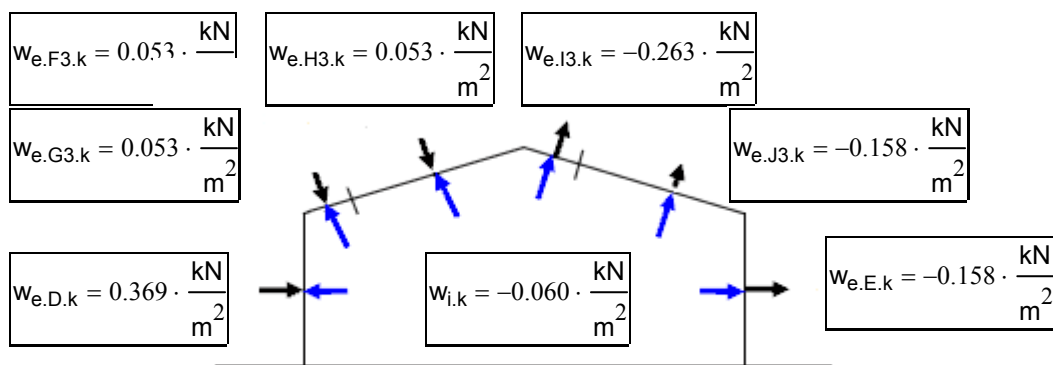
5. terhelési eset



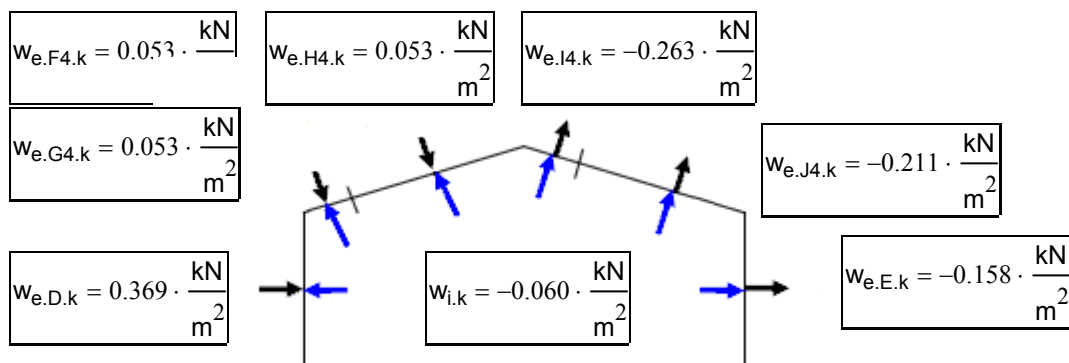
6. terhelési eset



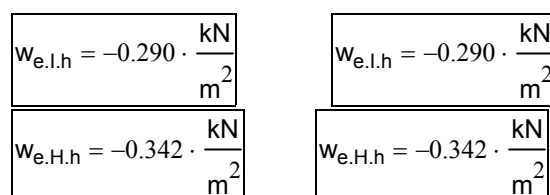
7. terhelési eset

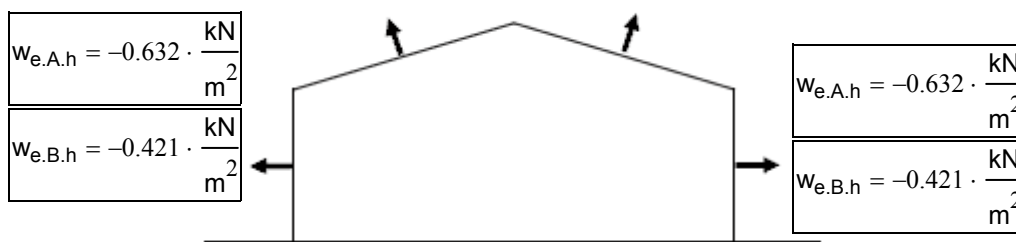


8. terhelési eset



9. terhelési eset





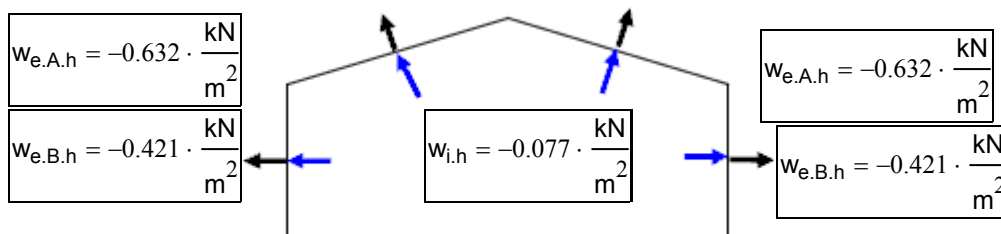
10. terhelési eset

$$w_{e.l.h} = -0.290 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.H.h} = -0.342 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.l.h} = -0.290 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.H.h} = -0.342 \cdot \frac{kN}{m^2}$$



II.3. Burkolati elemek méretezése

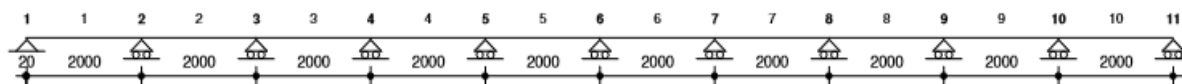
A feladat keretében a tetőburkolati rendszer külső trapézlemezét és a szelemeneket méretezem, a falburkolati rendszer elemeivel a jelen feladatban nem foglalkozom.

II.3.1. Külső trapézlemez méretezése

II.3.3.1. Geometriai modell

A tetőszerkezet külső trapézlemezét többtámaszú gerendatartóval modelleztem.

A külső trapézlemez szelvénye: Lindab LTP45; $t=0,7\text{mm}$.



II.3.1.2. Tehermodell

A terheket 2000 mm széles trapézlemez sávra vonatkoztatva $[\text{kN/m}]$ mértékegységben.

II.3.1.2.1. Terhek karakterisztikus értékei

Állandó teher

trapézlemez önsúlya (2.2.)

$$q_{\text{tr.külső}} = 0.058 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{\text{állandó.t}} := q_{\text{tr.külső}} \cdot \cos(\alpha) \quad q_{\text{állandó.t}} = 0.058 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Hóteher totálisan megoszló teher (2.5)

$$p_{\text{hó}} := s \cdot \cos(\alpha)^2 \quad p_{\text{hó}} = 0.997 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Szélteher

- keresztirányú szélhatás (szélhatás a 2.6.3.1 szakasz alapján)

a) szélszívás

$$p_{\text{szél.0.F.sz}} := w_{\text{e.F1.k}} \quad p_{\text{szél.0.F.sz}} = -0.685 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{\text{szél.0.H.sz}} := w_{\text{e.H1.k}} \quad p_{\text{szél.0.H.sz}} = -0.237 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

b) szélnyomás

$$p_{\text{szél.0.FGH.ny}} := w_{\text{e.F3.k}} \quad p_{\text{szél.0.FGH.ny}} = 0.053 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- hosszirányú szélhatás (szélhatás a 2.6.3.2 szakasz alapján)



$$\text{a) szélszívás} \quad p_{\text{szél.90.F}} := w_{\text{e.F.h}} \quad p_{\text{szél.90.F}} = -0.764 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{\text{szél.90.G}} := w_{\text{e.G.h}} \quad p_{\text{szél.90.G}} = -0.685 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

b) szélnyomás nincs

II.3.1.2.2 Mértékadó teherkombinációk

Parciális tényezők

$$\text{állandó teher} \quad \gamma_{\text{G.sup}} := 1.35 \quad \gamma_{\text{G.inf}} := 1.0$$

$$\text{hóteher} \quad \gamma_{\text{s}} := 1.5$$

$$\text{szélteher} \quad \gamma_{\text{w}} := 1.5$$

Kombinációs tényezők

$$\text{hóteher} \quad \psi_{\text{s}} := 0.5$$

$$\text{szélteher} \quad \psi_{\text{w.0}} := 0.6$$

Teherkombinációkhoz tartozó terhek

1. eset: Nyomóhatás

A gravitációs (állandó és hó) terhek hatását az F és G zónákban a szélhatás erősíti.

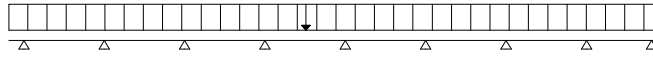
$$\text{ULS:} \quad p_{\text{ny.U.t}} := \gamma_{\text{G.sup}} \cdot q_{\text{állandó.t}} + \gamma_{\text{s}} \cdot p_{\text{hó}} + \psi_{\text{w.0}} \cdot p_{\text{szél.0.FGH.ny}}$$

$$p_{ny.U.t} = 1.606 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{SLS: } p_{ny.S.t} := q_{\text{állandó.t}} + p_{\text{hó}} + \psi_{w.0} \cdot p_{\text{szél.0.FGH.ny}}$$

$$p_{ny.S.t} = 1.087 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$p_{ny.U}; p_{ny.S}$



2. eset: Szívóhatás

Legnagyobb szélszívás hosszirányú szélhatásból.

F zóna

$$\text{ULS } p_{sz.U.F.t} := \gamma_{G.inf} \cdot q_{\text{állandó.t}} + \gamma_w \cdot p_{\text{szél.90.F}}$$

$$p_{sz.U.F.t} = -1.088 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{SLS } p_{sz.S.F.t} := q_{\text{állandó.t}} + p_{\text{szél.90.F}}$$

$$p_{sz.S.F.t} = -0.706 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

G zóna

$$\text{ULS } p_{sz.U.G.t} := \gamma_{G.inf} \cdot q_{\text{állandó.t}} + \gamma_w \cdot p_{\text{szél.90.G}}$$

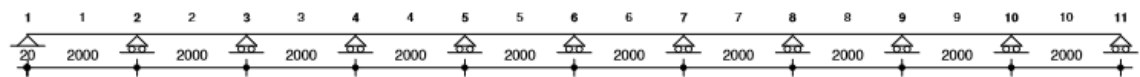
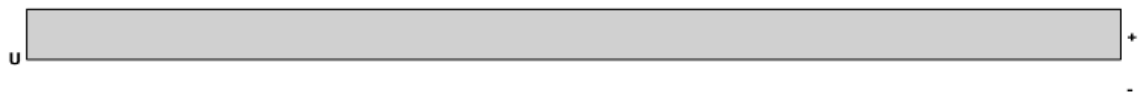
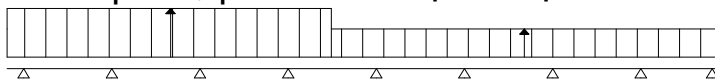
$$p_{sz.U.G.t} = -0.969 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

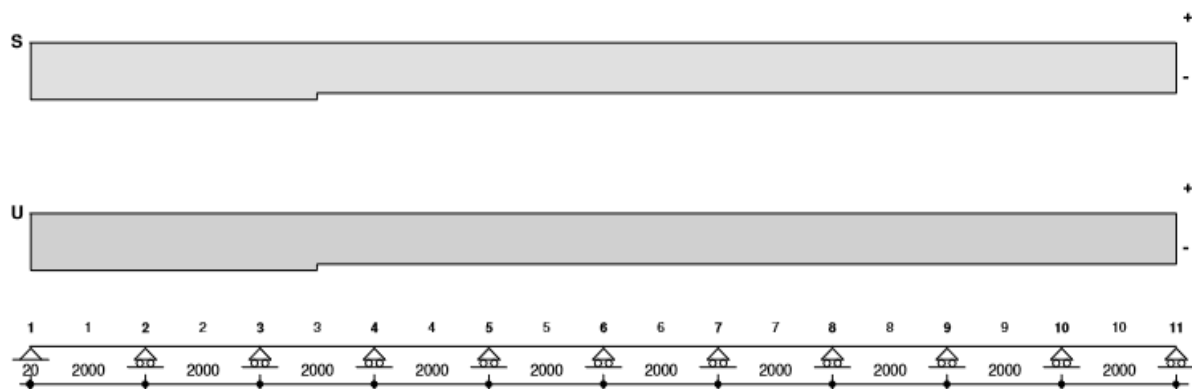
$$\text{SLS } p_{sz.S.G.t} := q_{\text{állandó.t}} + p_{\text{szél.90.G}}$$

$$p_{sz.S.G.t} = -0.627 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$p_{sz.U.F}; p_{sz.S.F}$

$p_{sz.U.G}; p_{sz.S.G}$





II.3.1.2.3 Mértékadó határállapotok ellenőrzése

A külső trapézlemez ellenőrzését teherbírási és használhatósági határállapotokra a DimRoof 3.5 tervező programmal végeztem el. A lemez tervezési kihasználtságai:

- szilárdsági: 95% (1. eset)
- használhatósági (L/200 maximális lehajlásra): 56% (2. eset)

A tervezés részletei a mellékletben találhatóak.

A Lindab **LTP45 (t=0,7mm)** típusú trapézlemez **megfelel**.

II.4. Feszített főtartó számítása

II.4. 1. Kezdeti állapot (feszítőerő ráengedésének pillanata) ellenőrzése:

Vizsgált keresztmetszetek: tartóközép és tartóvég

A feszítőerő ráengedésekor a beton még nem éri el a tervezett szilárdságát, ezért alacsonyabb szilárdsággal számolunk.

A beton szilárdsága a terhelés kezdetekor: C50/60-XC3-16-S4

A nyomószilárdság karakterisztikus értéke: $f_{ck,0} := 50 \frac{N}{mm^2}$

A húzószilárdság karakterisztikus értéke: $f_{ctk,0} := 4.1 \frac{N}{mm^2}$

A húzószilárdság tervezési értéke: $f_{ctd,0} := \frac{f_{ctk,0}}{1.5} = 2.733 \cdot \frac{N}{mm^2}$

A rugalmassági modulus tervezési értéke:

$$E_{cd,0} := \left(\frac{22}{\gamma_c} \right) \cdot \left[\frac{f_{ck} + 8 \left(\frac{N}{mm^2} \right)}{10} \right]^{0.3} \cdot \left(\frac{N}{mm^2} \right)^{0.7} \cdot 1000 = 24.852 \cdot \frac{kN}{mm^2}$$

A rugalmassági modulusok hányadosa:

$$\alpha_{es,0} := \frac{E_s}{E_{cd,0}} = 8.45$$

$$\alpha_{ep,0} := \frac{E_p}{E_{cd,0}} = 7.846$$

Ideális keresztmetszeti jellemzők rugalmas-repedésmentes állapotban:

$$A_{il.0} := b_f \cdot h_f + (\alpha_{es.0} - 1) \cdot A_{st} + (\alpha_{ep.0} - 1) \cdot A_p = 3866.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$S_{xil.0} := \left(b_f \cdot h_f \cdot \frac{h_f}{2} \right) + (\alpha_{es.0} - 1) \cdot A_{st} \cdot d_{alk} + (\alpha_{ep.0} - 1) \cdot A_p \cdot d_{p.alk} = 183738.8 \cdot \text{cm}^3$$

$$x_{il.0} := \frac{S_{xil.0}}{A_{il.0}} = 475.203 \cdot \text{mm}$$

$$I_{il.0} := \left[\frac{(b_f \cdot h_f^3)}{12} \right] + b_f \cdot h_f \left[\left(\frac{h_f}{2} \right) - x_{il.0} \right]^2 + (\alpha_{es.0} - 1) \cdot A_{st} \cdot (d_{alk} - x_{il.0})^2 + (\alpha_{ep.0} - 1) \cdot A_p \cdot (d_{p.alk} - x_{il.0})^2$$

$$I_{il.0} = 2763860 \cdot \text{cm}^4$$

II.4.2. Ellenőrzés tartóközépen:

Kezdeti feszítőerő és feszítőerőből származó nyomaték:

$$N_{p0} := A_p \cdot \sigma_{p0} = 1800 \cdot \text{kN}$$

$$M_{p0} := A_p \cdot \sigma_{p0} \cdot (d_{p.alk} - x_{il.0}) = 548.472 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Alsó szélső szál feszültség ellenőrzése:

$$M_{g1} := \frac{(G_{0.f} \cdot L^2)}{8} = 430.963 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{ca} := \left(\frac{-N_{p0}}{A_{il.0}} \right) + \left(\frac{M_{g1} - M_{p0}}{I_{il.0}} \right) \cdot x_{il.0} = -6.676 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 0.6 \cdot f_{ck.0} = 30 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(nyomás) Megfelel

Felső szélső szál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{ca} := \left| \left(\frac{-N_{p0}}{A_{il.0}} \right) + \left(\frac{M_{p0} - M_{g1}}{I_{il.0}} \right) \cdot x_{il.0} \right| = 2.635 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{ctk.0} = 4.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(húzás) Megfelel

II.4.3. Ellenőrzés a tartóvégen:

A feszítópázmák lehorgonyzási hossza:

$$\eta_{p1} := 3.2 \quad (7 \text{ eres pázmák esetén})$$

$$\eta_1 := 0.7$$

Tapadási szilárdság:

$$f_{bpt} := \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd.0} = 6.123 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 1.25 \quad (\text{hirtelen engedik rá a tartóra a feszítőerőt})$$

$$\alpha_2 := 0.19 \quad (7 \text{ eres pázmák esetén})$$

Lehorgonyzási hossz alapértéke: $l_{pt} := \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi_p \cdot \frac{\sigma_{p0}}{f_{bpt}} = 730.8 \cdot \text{mm}$

Lehorgonyzási hossz tervezési értéke: $l_{ptd} := 0.8 \cdot l_{pt} = 584.647 \cdot \text{mm}$

A reakcióerő az önsúlyból: $R_g := \frac{(G_{ö.f} + G_{1.t} + G_g) \cdot L}{2} = 241.52 \cdot \text{kN}$

Nyomaték a vizsgált keresztmetszetben:

$$M_{gv} := R_g \cdot \left(l_{ptd} - \frac{c_1}{2} \right) - G_{ö.f} \cdot \left[\frac{\left(l_{ptd} - \frac{c_1}{2} \right)^2}{2} \right] = 106.513 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Alsó szélső szál feszültség ellenőrzés:

$$\sigma_{c.av} := \left(\frac{-N_{p0}}{A_{il.0}} \right) + \left(\frac{M_{gv} - M_{p0}}{I_{il.0}} \right) \cdot (h_f - x_{il.0}) = -11.448 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 0.6 \cdot f_{ck.0} = 30 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Megfelel

A felső szélső szál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.fv} := \left(\frac{-N_{p0}}{A_{il.0}} \right) + \left(\frac{M_{p0} - M_{gv}}{I_{il.0}} \right) \cdot (h - x_{il.0}) = -6.657 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > f_{ctd.0} = 2.733 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nem felel meg, lecsövezés szükséges.

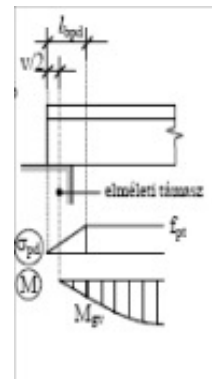
$$f_{ctd.0} = \left(\frac{-N_{p0}}{A_{il.0}} \right) + \left(\frac{M_{p0} - R_g \cdot X - G_{ö.f} \cdot \frac{X^2}{2}}{I_{il.0}} \right) \cdot x_{il.0}$$

$$X = 487.3 \cdot \text{mm}$$

A lecsövezés hossza:

$$l_{csövezés} := X - l_{ptd} + \frac{c_1}{2}$$

Lecsövezés := 50cm



II.4. 4. Feszítési feszültség-veszteségek számítása:

A tartó anyagának lassú alakváltozásai miatt a feszítési feszültség idővel csökken a pászmákban. Előfeszített tartóknál általában az alábbi veszteségekkel kell számolni:

- a beton zsugorodásából adódó feszültségveszteség,
- a beton kúszásából adódó feszültségveszteség,
- a pászmák relaxációjából adódó feszültségveszteség,
- a hőérlelésből adódó feszültségveszteség (amennyiben alkalmaztak hőérlelést a gyártás során).

A zsugorodásból származó feszültségveszteség

A zsugorodási alakváltozás végértéke: $\epsilon_{cs} := 0.0005$

A kúszásból származó feszültségvesztés:

$$\phi_t := 2.13 \quad \text{kúszási tényező végértéke (C 30/37 esetén)}$$

A pászmák relaxációjából származó feszültségvesztés

$$\mu = \frac{\sigma_{p0}}{f_{pk}} \quad \mu = 0.25 \quad A := 0.66 \quad B := 9.1 \quad \rho_{1000} := 0.025 \quad t_p := 500000$$

$$\Delta\sigma_{pr} := A \cdot \frac{\sigma_{p0}}{1000} \cdot \rho_{1000} \cdot e^{B \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_p}{1000} \right)^{0.75 \cdot (1-\mu)} = 6.351 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

ahol:

$$\sigma_{p0} = 1200 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{a kezdeti feszítési feszültség értéke (rövid idejű veszteségektől eltekintve)}$$

ρ_{1000} - a feszítőbetétek 1000 órás relaxációs vesztesége 20 °C hőmérsékletű tartó esetén. Pontosabb adat hiányában az 1000 órás relaxációs veszteség értéke feszítőpázmák esetén 2,5%:

$$\rho_{1000} = 0.025$$

t_p - a feszítés óta eltelt idő órákban. (50 éves tervezett élettartamot feltételeztünk, így a feszítés óta eltelt idő):

$$t_p = 500000 \text{ óra}$$

"A" - értéke feszítőpázmák esetén 0,66

$$A = 0.66$$

"B" értéke feszítőpázmák esetén 9,1

$$B = 9.1$$

A zsugorodásból, kúszásból és relaxációból származó együttes feszültségvesztés

$$\Delta\sigma_{p,t} = \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0.8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \alpha_p \cdot \phi_t \cdot |\sigma_{cgp0}|}{1 + \alpha_p \cdot \frac{A_p}{A_c} \cdot \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2 \right) \cdot (a + 0.8 \cdot \phi_t)}$$

ahol: σ_{cgp0} a betonfeszültség a kvázi-állandó tehercsoportosításból a pászmák környezetében:

$$M_{ser.c} := \left[(G_{ö.f} + G_{1.t} + G_g) \cdot L + \psi_{s.2} \cdot S_k \cdot L \right] \cdot \frac{L}{8} = 1189.5 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{cgp0} := -\frac{N_{p0}}{A_{il.0}} + \frac{M_{ser.c} - M_{p0}}{I_{il.0}} \cdot (d_{p.alk} - x_{il.0}) = 2.412 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

A_c a beton keresztmetszeti terület:

$$A_f = 360000 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_c := A_f$$

Ic a beton keresztmetszet inerciája:

$$I_c := \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(x_{il.0} - \frac{h}{2} \right)^2$$

$$I_c = 4.5 \times 10^{12} \cdot \text{cm}^4$$

yc a beton keresztmetszet súlypontja (a felső-szélsőszáltól mérve):

$$y_c := \frac{b_f \cdot \frac{h_f^2}{2}}{A_c}$$

$$y_c = 45 \cdot \text{cm}$$

zcp a feszítőpásmák távolsága a beton keresztmetszet súlypontjától:

$$z_{cp} := d_{p.alk} - y_c$$

$$z_{cp} = 32.991 \cdot \text{cm}$$

α_p a pászma és a (végleges) beton rugalmassági modulus várható értékének a hányadosa:

A rugalmassági modulus várható értéke:

$$E_{cm} := 22 \cdot \left[\frac{f_{ck} + 8 \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right)}{10} \right]^{0.3} \cdot \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right)^{0.7} \cdot 1000 = 37.278 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_p := \frac{E_p}{E_{cm}}$$

$$\alpha_p = 5.231$$

A fenti értékek behelyettesítésével a zsugorodásból, kúszásból és relaxációból származó feszítési feszültségveszteség:

$$\Delta\sigma_{p,t} := \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0.8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \alpha_p \cdot \phi_t \cdot |\sigma_{cgp0}|}{1 + \alpha_p \cdot \frac{A_p}{A_c} \cdot \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2 \right) \cdot (1 + 0.8 \cdot \phi_t)} \quad \Delta\sigma_{p,t} = 122.247 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

A beton hőérleléséből adódó feszültségveszteség

A feladatban feltételezzük, hogy a gyártás során a beton szilárdulását hőérlelés

alkalmazásával gyorsították, így számolnunk kell az ebből származó veszteséget is:

A hőtágulási együttható:

$$\alpha_T := 10^{-5} \quad 1/^\circ\text{C}$$

A hőmérsékletkülönbség: $\Delta T := 40 \quad 1/^\circ\text{C}$ (pontosabb adat hiányában $40 \quad ^\circ\text{C}$ feltételezhető)

A beton hőérleléséből származó feszültségveszteség értéke:

$$\Delta\sigma_{p,T} := \alpha_T \cdot \Delta T \cdot E_p$$

$$\Delta\sigma_{p,T} = 78 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

A hatásos feszítési feszültség

A hatásos feszítési feszültség értéke:

$$\sigma_{pm} := \sigma_{p0} - \Delta\sigma_{p,t} - \Delta\sigma_{p,T}$$

$$\sigma_{pm} = 999.8 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

A hatásos feszítési feszültség-hányad:

$$\nu := \frac{\sigma_{pm}}{\sigma_{p0}} = 0.833$$

A hatásos feszítőerő:

$$N_{pm} := \sigma_{pm} \cdot A_p$$

$$N_{pm} = 1499.6 \cdot \text{kN}$$

II.4. 5. Nyomatéki teherbírás ellenőrzése:

A nyomatéki teherbírás végleges állapotban (t_3) ellenőrizzük, a számításához a rugalmasképlékeny feszítőpáaszma anyagmodellt használjuk.

A vetületi egyensúlyi egyenlet (feltételezzük, hogy $x_c < t$ és az acélbetétek valamint a feszítőpáaszma is képlékenyen viselkednek):

$$b_f \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_{st} \cdot f_{yd} - A_p \cdot \sigma_{pm} = 0$$

$$x_c = 184.183 \cdot \text{mm}$$

Betonacél nyúlásának ellenőrzése:

$$\epsilon_s := \epsilon_{cu} \cdot \frac{d_{alk} - 1.25 \cdot x_c}{1.25 \cdot x_c} \quad \epsilon_{sy} := 0.00217 < \epsilon_s = 0.00924 < \epsilon_{su} = 0.05$$

Feszítőpáaszma nyúlásának ellenőrzése:

Tehát a feltételezés helyes volt.

$$\epsilon_p := \epsilon_{cu} \cdot \frac{d_{p.alk} - 1.25 \cdot x_c}{1.25 \cdot x_c} + \frac{\sigma_{pm}}{E_p} \quad \epsilon_{py} = 0.007892 < \epsilon_p = 0.013 < \epsilon_{pu} = 0.04$$

Tehát a feltételezés helyes volt.

A tartó nyomatéki teherbírása (x_c magasságra felírva):

$$M_{Rd} := b_f \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{x_c}{2} + A_{st} \cdot f_{yd} \cdot (d_{alk} - x_c) + A_p \cdot f_{pd} \cdot (d_{p.alk} - x_c) \quad M_{Rd} = 2226.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 2226.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed} = 2161.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{Megfelel.}$$

II.4.6. Nyírási vasalás tervezése:

A nyírási teherbírás számítását végleges állapotban végezzük el.

A húzott vasalásra vonatkozó helyettesítő hasznos magasság:

$$d_h := \frac{E_s \cdot A_{st} \cdot d_{alk} + E_p \cdot A_p \cdot d_{p.alk}}{E_s \cdot A_{st} + E_p \cdot A_p} \quad d_h = 815.474 \cdot \text{mm}$$

Mértékadó igénybevételek a nyírás vizsgálatához:

$$\text{A mértékadó nyíróerő:} \quad V_{Ed.f} = 437.862 \cdot \text{kN}$$

$$p_d := \frac{V_{Ed.f}}{L} = 22.226 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{A redukált nyíróerő:} \quad V_{Ed.red.f2} := V_{Ed.f} - d_h \cdot p_d \quad V_{Ed.red.f2} = 419.737 \cdot \text{kN}$$

A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

A teherbírás számításához szükséges mennyiségek:

$$k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d_h}}, 2 \right) \quad k = 1.495$$

A húzott hosszvasalásra vonatkozó vashányad, amibe a megfelelően lehorgonyzott acélbetétek és tapadásos feszítőbetétek számíthatók be:

$$\rho_1 := \min \left(\frac{A_{st} + A_p}{b \cdot d}, 0.02 \right) \quad \rho_1 = 0.000409375$$

A feszítőerőből származó átlagos betonfeszültség a keresztmetszetben:

$$\sigma_{cp} := \min\left(\frac{N_{pm}}{A_c}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) \quad \sigma_{cp} = 4.166 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

A nyírási vasalás nélküli keresztmetszet teherbírásának alsó korlátja:

$$v_{min} := \left(0.035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N^{\frac{1}{2}}}{\text{mm}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\right) \cdot b_f \cdot d_h \quad v_{min} = 309.378 \cdot \text{kN}$$

A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása:

$$V_{Rd,c} := \max\left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N^{\frac{2}{3}}}{(\text{mm}^2)^{\frac{2}{3}}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d_h, v_{min}\right]$$

$$V_{Rd,c} = 17452.6667 \cdot \text{kN} > V_{Ed,f} = 437.862 \cdot \text{kN}$$

Nincs szükség méretezett nyírási vasalásra, de a minimális vasalást alkalmazni kell.

$$s := 250 \text{ mm}$$

$$\phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

A nyírási acélbetétek keresztmetszeti területe: $A_{sw} := 2 \cdot \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$

A szükséges kengyeltávolság:

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A maximális kengyeltávolság ellenőrzése:

$$s_{max} := 0.75 \cdot d_h \quad s_{max} = 611.606 \cdot \text{mm} > s = 250 \cdot \text{mm} \quad \text{Megfelel!}$$

A nyírási vashányad ellenőrzése: $\alpha_{sw} := 90^\circ$

$$\rho_w := \frac{A_{sw}}{s \cdot b_f \cdot \sin(\alpha_{sw})} \quad \rho_w = 0.002262$$

$$> \rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{N}{\text{mm}^2}}}{f_{yk}} = 0.001131$$

Megfelel.

II.4.7.A tartó lehajlásának ellenőrzése

A keresztmetszeti jellemzők rugalmas-repedésmentes állapotban, a végleges betonszilárdság figyelembevételével (feltéve, hogy $x_{il} > t$):

$$M_{ser.c} = 1189.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A beton hatékony alakváltozási tényezője a kúszás figyelembevételével:

$$E_{c,eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_t} = 11909.9 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_{es} := \frac{E_s}{E_{c,eff}} = 17.632$$

$$\alpha_{ep} := \frac{E_p}{E_{c,eff}} = 16.373$$

Keresztmetszeti terület: $A_{il} := b_f \cdot h_f + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{st} + (\alpha_{ep} - 1) \cdot A_p$

$$A_{il} = 419636.1 \cdot \text{mm}^2$$

Statikai nyomaték: $S_{xil} := b_f \cdot \frac{h_f^2}{2} + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{st} \cdot d_{alk} + (\alpha_{ep} - 1) \cdot A_p \cdot d_{p,alk}$

$$S_{xil} = 210635.6 \cdot \text{cm}^3$$

Semleges tengely: $x_{il} := \frac{S_{xil}}{A_{il}} = 501.948 \cdot \text{mm}$

Inercia: $I_{xil} := \frac{b_f \cdot h_f^3}{12} + b_f \cdot h_f \cdot \left(x_{il} - \frac{h_f}{2}\right)^2 + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{st} \cdot (d_{alk} - x_{il})^2 + (\alpha_{ep} - 1) \cdot A_p \cdot (d_{p,alk} - x_{il})^2$

$$I_{xil} = 3118377.2 \cdot \text{cm}^4$$

Mértékadó nyomaték a gyakori teherkombinációból:

$$M_{ser.b} := (M_{2.1}) \cdot (-1) = 225.013 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Nyomaték a hatásos feszítőerőből:

$$M_{pm} := A_p \cdot \sigma_{pm} \cdot (d_{p,alk} - x_{il})$$

$$M_{pm} = 416.84 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Feszítésből számított felhajlás: $e_{lp} := \frac{-M_{pm} \cdot L^2}{8 \cdot E_{c,eff} \cdot I_{xil}} = -54.447 \cdot \text{mm}$

Lehajlás a külső terhekből:

$$e_{l,ser} := \left(\frac{5}{48}\right) \cdot \frac{M_{ser.c} \cdot L^2}{E_{c,eff} \cdot I_{xil}} = 129.475 \cdot \text{mm}$$

A zsugorodás okozta lehajlásnövekményt a feszítőerő veszteségeinél, a kúszását pedig a rugalmassági modulus effektív értékénél vettük figyelembe. A (fiktív) lehajlás ezek után:

$$e_l := e_{lp} + e_{l,ser} = 75.027 \cdot \text{mm}$$

A repesztőnyomaték:

$$M_{cr} := \frac{I_{xil}}{h_f - x_{il}} \cdot \left[f_{ctm} + \frac{N_{pm}}{A_{il}} + \frac{M_{pm}}{I_{xil}} \cdot (h_f - x_{il}) \right] \quad M_{cr} = 924 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ser,b} = 225.013 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{cr} = 924 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tehát a keresztmetszet a lehajlás számítása során rugalmas-repedésmentesnek tekintendő.

Mértékadó igénybevételek:

$$N_{pm} = 1499.6 \cdot \text{kN}$$

$$M_{pm} = 416.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ser,c} = 1189.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A beton szélsősízi feszültségek:

$$\text{felső-szélsősízi:} \quad \sigma_{cf,l} := -\frac{N_{pm}}{A_{il}} - \frac{M_{ser,c} - M_{pm}}{I_{xil}} \cdot x_{il} \quad \sigma_{cf,l} = -16.01 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{alsó-szélsősízi:} \quad \sigma_{ca,l} := -\frac{N_{pm}}{A_{il}} + \frac{M_{ser,c} - M_{pm}}{I_{xil}} \cdot (h_f - x_{il}) \quad \sigma_{ca,l} = 6.289 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A $\sigma_{ca,l}$ fiktív húzófeszültség érték, tekintet nélkül arra, hogy meghaladja-e a húzószilárdságot.

A tartó görbülete mezőközepén:

$$\kappa_l := \frac{|\sigma_{cf,l}| + \sigma_{ca,l}}{h \cdot E_{c,eff}} \quad \kappa_l = 0.000104 \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

A lehajlás értéke rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével:

$$y_l := \frac{5}{48} \cdot \kappa_l \cdot L^2 \quad y_l = 4.205 \cdot \text{mm}$$

A tartó lehajlása rugalmas-berepedt keresztmetszet feltételezésével

A nyomóerővel terhelt, rugalmas-berepedt állapotban lévő vasbeton keresztmetszet xII semleges tengely magassága az alábbi, xII-re harmadfokú egyenletből számítható:

$$\frac{M_{gqp}(x_{II})}{N_{pm}} = \frac{I_{III}(x_{II})}{S_{III}(x_{II})}$$

Ahol $M_{gqp}(x_{II})$ a mértékadó teherből ($p_{ser,c}$) és a feszítőerőből származó nyomaték a semleges tengely magasság függvényében, N_{pm} a hatásos feszítőerő, $I_{III}(x_{II})$ a berepedt keresztmetszet inerciája, $S_{III}(x_{II})$ a berepedt keresztmetszet statikai nyomatéka a semleges tengely magasság függvényében.

A mértékadó nyomaték a semleges tengely magasságának függvényében:

$$M_{gqp}(x) := M_{ser,c} - \sigma_{pm} \cdot A_p \cdot (d_{p,alk} - x)$$

A berepedt km. statikai nyomatéka és inerciája a semleges tengely magasságának függvényében:

$$S_{III}(x) := b_f \cdot \frac{x^2}{2} - \alpha_{es} \cdot A_{st} \cdot (d_{alk} - x) - \alpha_{ep} \cdot A_p \cdot (d_{p,alk} - x)$$

$$I_{III}(x) := b_f \cdot \frac{x^3}{3} + \alpha_{es} \cdot A_{st} \cdot (d_{alk} - x)^2 + \alpha_{ep} \cdot A_p \cdot (d_{p.alk} - x)^2$$

A semleges tengely magasságának számítása a fenti értékek felhasználásával:

$$f(x_{II}) = \frac{I_{III}(x_{II})}{S_{III}(x_{II})} - \frac{M_{gqp}(x_{II})}{N_{pm}} = 0$$

A fenti, x_{II} -re harmadfokú egyenlet megoldása meghatározható kézzel (pl. Newton-féle iterációs eljárás) vagy számítógéppel. A számított semleges tengely magasság:

$$x_{II} = 567.726 \cdot \text{mm}$$

A keresztmetszeti jellemzők x_{II} figyelembevételével:

$$A_{II} := x_{II} \cdot b_f + \alpha_{es} \cdot A_{st} + \alpha_{ep} \cdot A_p$$

$$A_{II} = 290425.8 \cdot \text{mm}^2$$

$$I_{III} := I_{III}(x_{II})$$

$$I_{III} = 28336294699 \cdot \text{mm}^4$$

Nyomaték a végleges feszítőerőből és a mértékadó terhekből:

$$M_{gqp} := M_{ser.c} - \sigma_{pm} \cdot A_p \cdot (d_{p.alk} - x_{II})$$

$$M_{gqp} = 871.288 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A beton szélsősízi feszültségek:

$$\text{felső-szélsősízi: } \sigma_{cf,II} := -\frac{N_{pm}}{A_{II}} - \frac{M_{gqp}}{I_{III}} \cdot x_{II}$$

$$\sigma_{cf,II} = -22.62 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{alsó-szélsősízi: } \sigma_{ca,II} := -\frac{N_{pm}}{A_{II}} + \frac{M_{gqp}}{I_{III}} \cdot (h_f - x_{II})$$

$$\sigma_{ca,II} = 5.053 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{A hajlító igénybevétel: } M_{qp} := M_{ser.c} - M_{pm} = 772.645 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{A betonacélok feszültsége: } \sigma_{sII} := \alpha_{es} \cdot \left(\frac{M_{qp}}{I_{III}} \right) \cdot (d_{alk} - x_{II}) = 129.943 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{A feszítésből származó felhajlás: } e_{IIp} := \frac{-M_{pm} \cdot L^2}{8 \cdot E_{c,eff} \cdot I_{III}} = -59.919 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Lehajlás a külső terhekből: } e_{II,ser} := \left(\frac{5}{48} \right) \cdot \frac{M_{ser.c} \cdot L^2}{E_{c,eff} \cdot I_{III}} = 142.485 \cdot \text{mm}$$

A zsugorodás okozta lehajlásnövekményt a feszítőerő veszteségeinél, a kúszását pedig a rugalmassági modulus effektív értékénél vettük figyelembe. A (fiktív) lehajlás ezek után:

$$e_{II} := e_{IIp} + e_{II,ser} = 82.567 \cdot \text{mm}$$

A $\sigma_{ca,II}$ fiktív húzófeszültség érték, tekintet nélkül arra, hogy meghaladja-e a húzószilárdságot.

A tartó görbülete mezőközépen:

$$\kappa_{II} := \frac{|\sigma_{cf,II}| + \sigma_{ca,II}}{h_f \cdot E_{c,eff}}$$

$$\kappa_{II} = 0.0025817 \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

A lehajlás értéke rugalmas-berepedt állapot feltételezésével:

$$y_{II} := \frac{5}{48} \cdot \kappa_{II} \cdot L^2$$

$$y_{II} = 104.369 \cdot \text{mm}$$

A tartó tényleges lehajlása

A tényleges lehajlás értéke közelítően az alábbi képlet szerint számítható:

$$y_d = \zeta \cdot y_{II} + (1 - \zeta)y_I$$

A ζ tényező értéke feszített tartó esetén a terhelés jellegétől, a repesztőnyomaték, a dekompressziós nyomaték, illetve a feszítőerőből + külső terhekből származó nyomaték értékeitől függ.

A dekompressziós nyomaték az a nyomaték érték, amely hatására a (korábban már megnyílt) repedések záródnak, azaz a rugalmas-berepedt keresztmetszet feltételezésével számított tartón az alsó-szélsőszál feszültség éppen zérussal lesz egyenlő. A dekompressziós nyomaték számítása:

A semleges tengely magassága: $x_{II} := h_f$ $x_{II} = 900 \cdot \text{mm}$

$$I_{III}(x) := b_f \cdot \frac{x^3}{3} + \left[\alpha_{es} \cdot A_{st} \cdot (d_{alk} - x_{II})^2 \right] + \left[\alpha_{ep} \cdot A_p \cdot (d_{p,alk} - x)^2 \right]$$

A keresztmetszeti jellemzők: $S_{III} := S_{III}(h)$ $S_{III} = 65888386.2 \cdot \text{cm}^3$

$$I_{III} := I_{III}(h) \quad I_{III} = 7.8 \times 10^{14} \cdot \text{mm}^4$$

A dekompressziós nyomaték: $M_0 := \frac{I_{III}}{S_{III}} \cdot N_{pm} + \sigma_{pm} \cdot A_p \cdot (d_{p,alk} - h_f)$ $M_0 = 17684 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

A ζ tényező számítása:

A teher jellegét figyelembe vevő tényező (tartós teher esetén): $\beta := 0.5$

$$\zeta := \begin{cases} 0 & \text{if } (\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} \geq M_0) \wedge (M_{gqp} < M_{cr}) \\ 0 & \text{if } (\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} < M_0) \wedge (M_{gqp} < M_0) \\ 1 & \text{if } (\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} < M_0) \wedge (M_{gqp} \geq M_0) \\ \left[1 - \left(\frac{\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} - M_0}{M_{pm} - M_0} \right)^2 \right] & \text{if } (\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} \geq M_0) \wedge (M_{gqp} \geq M_{cr}) \end{cases}$$

$$\zeta = 0$$

$$\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} = 653.361 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_0 = 17684 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sqrt{\beta} \cdot M_{cr} = 653.361 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{cr} = 924 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{ser,c} = 1189.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{gqp} = 871.288 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_0 = 17684 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

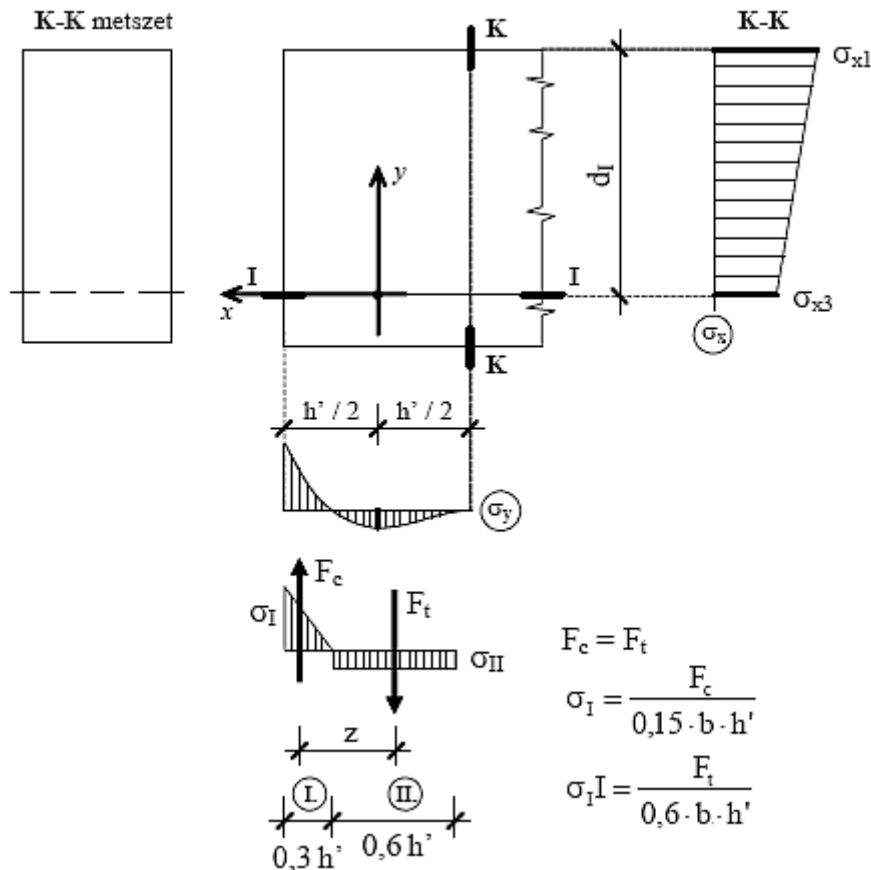
Ha a feszítésből + külső terhekből származó nyomaték értéke (M_{gqp}) kisebb mint a dekompressziós nyomaték (M_0), akkor a repedések (a feszítés hatására) záródnak. Ebben az esetben a tartó tényleges lehajlása rugalmas-repedésmentes keresztmetszet feltételezésével számítható, nincs szükség a berepedt állapot vizsgálatára, illetve ζ meghatározására.

A tartó tényleges lehajlása:

$$y := e_{II} \cdot \zeta + (1 - \zeta) \cdot e_I \quad y = 75 \cdot \text{mm} < \frac{L}{200} = 98.5 \cdot \text{mm} \quad \text{Megfelel.}$$

II.4.8. Tartóvég vizsgálata

A tartóvég közelében a tartó síkbeli feszültségállapotban van, míg a távolabb lévő keresztmetszetekben a feszültségállapot egytengelyűnek tekinthető. A kétfajta feszültségállapot között nincs határozott átmenet, a "megzavart" szakasz hosszát jó közelítéssel az l_{pt} lehorgonyzási hosszal vehetjük egyenlőnek. A következőkben ezen tartószakasz egyensúlyát vizsgáljuk végleges állapotban.



A keresztirányú σ_y feszültség a vízszintes I-I metszet mentén harmadfokú parabola eloszlású a h' hosszon. Ezt közelíthetjük egy helyettesítő, $0,9 \cdot h'$ hosszon megoszló, lineárisan változó (I. szakasz) és konstans (II. szakasz) feszültség eloszlással. Az I. és II. szakaszokon ébredő feszültségek F_c és F_t eredői egy erőpár alkotnak ($F_t = F_c$). A nyírófeszültségek elhanyagolása esetén ezen erőpár nyomatékának a K-K metszetben fellépő, tartótengely irányú σ_x feszültségek I-I metszet feletti részének nyomatékát kell egyensúlyoznia. Ebből a feltételből meghatározható a tartóvégen fellépő F_t keresztirányú húzóerő nagysága. Az I-I metszetet a legfelső húzott feszítőbetétek súlypontjának magasságában kell felvenni.

A lehorgonyzási hossz tervezési értéke a tartóvég vizsgálathoz:

$$l_{ptd} := 1,2 \cdot l_{pt}$$

$$l_{ptd} = 877 \cdot \text{mm}$$

A vizsgált szakasz hossza:

$$h_v := \max \left[\sqrt{h_f^2 + (0,6 \cdot l_{ptd})^2}, l_{ptd} \right]$$

$$h_v = 1,043 \text{ m}$$

A K-K metszet távolsága az elméleti támasztól:

$$\xi := h_v - \frac{c_1}{2}$$

$$\xi = 902,5 \cdot \text{mm}$$

Mértékadó nyomaték a K-K metszetben, végleges állapotban:

$$M_{Ed\xi} := \frac{p_d \cdot L}{2} \cdot \xi - p_d \cdot \frac{\xi^2}{2} \quad M_{Ed\xi} = 188.539 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Az I-I vízszintes metszetre vonatkozó hasznos magasság:

$$d_I := d_{p,alk} \quad d_I = 779.91 \cdot \text{mm}$$

A vízszintes feszültségek értékei (rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével):

$$\sigma_{x1} := \left| -\frac{N_{pm}}{A_{il}} - \frac{M_{Ed\xi} - M_{pm}}{I_{xil}} \cdot x_{il} \right| \quad \sigma_{x1} = 0.101 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{x3} := \left| -\frac{N_{pm}}{A_{il}} + \frac{M_{Ed\xi} - M_{pm}}{I_{xil}} \cdot (d_I - x_{il}) \right| \quad \sigma_{x3} = 5.609 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A vízszintes erők nyomatéka az I-I metszetre:

$$M_x := \sigma_{x3} \cdot d_I \cdot b_f \cdot \frac{d_I}{2} + \frac{\sigma_{x1} - \sigma_{x3}}{2} \cdot d_I \cdot b_f \cdot d_I \cdot \frac{2}{3}$$

$$M_x = 235.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A függőleges Fc és Ft erők karja:

$$z := 0.5 \cdot h_v \quad z = 521.3 \cdot \text{mm}$$

A függőleges húzóerő nagysága a K-K és I-I metszetekben ébredő nyomatékok egyenlőségéből:

$$F_t := \frac{|M_x|}{z} \quad F_t = 452.1 \cdot \text{kN}$$

A szükséges vasalás (zárt kengyelezés) mennyisége:

$$A_{sw.szüks} := \frac{F_t}{f_{yd}} = 1039.7 \cdot \text{mm}^2$$

Az alkalmazott kengyelek száma: $\phi 12$

$$A_{sw} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{kengyel} := \frac{A_{sw.szüks}}{A_{sw}} = 4.597 \quad n_{alk} := 5 \quad \text{db}$$

$$h_v \cdot 0.6 = 625.5 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{0.6 \cdot h_v}{n} = 156.4 \cdot \text{mm}$$

$$s_{sűrit} := 150 \text{mm}$$

Alkalmazott kengyeltávolság: $s := 250 \text{mm}$

Alkamazott tartóvégi kengyelezés: $s := 190 \text{mm}$

II.5. Közbenső oszlop részletes számítása

II.5.1. Statikai váz

A számításhoz szükséges bemenő adatok a közelítő számításból származnak:

A keretek távolsága:

$$a := 6\text{m}$$

Oszlopok méretei:

1-es index az oszlop felső része

2-es index az oszlop alsó részét jelenti

$$b_1 := 35\text{cm}$$

$$b_2 := b_1 = 35 \cdot \text{cm}$$

$$h_1 := 40\text{cm}$$

$$h_2 := 40\text{cm}$$

II.5.2. Igénybevételek

Az igénybevételek pontos számítását az Axis VM programmal végeztem.

$$N_{\text{EdmaxI.I}} := 554.01\text{kN}$$

$$N_{\text{EdmaxII.II}} := 685.3\text{kN}$$

$$M_{\text{Edyel.II}} := 39.87\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Edyell.II}} := 48.97\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{EdymaxI.I}} := 19.94\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{EdymaxII.II}} := 27.03\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Edel.II}} := 366.49\text{kN}$$

$$N_{\text{Edell.II}} := 427.33\text{kN}$$

II.5.3. Kihajlási hosszak meghatározása

Inerciák:

$$I_{xI} := b_1^3 \cdot \frac{h_1}{12} = 142917 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{xI} = 142916.7 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yI} := h_1^3 \cdot \frac{b_1}{12} = 186667 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yI} = 186666.7 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{xII} := b_2^3 \cdot \frac{h_2}{12} = 142917 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{xII} = 142916.7 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yII} := h_2^3 \cdot \frac{b_2}{12} = 186667 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yII} = 186666.7 \cdot \text{cm}^4$$

$$A_I := h_1 \cdot b_1 = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{II} := h_2 \cdot b_2 = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

Oszloprész hosszak:

$$l_f := 3.5\text{m}$$

$$l_a := 3.05\text{m}$$

A kihajlási hosszak az y tengely körül:

$$\nu_{yf} := 1$$

$$l_{0yf} := \nu_{yf} \cdot l_f$$

$$l_{0yf} = 3.5\text{m}$$

$$\nu_{ya} := 0.8$$

$$l_{0ya} := \nu_{ya} \cdot (l_a + l_f)$$

$$l_{0ya} = 5.24\text{m}$$

A kihajlási hosszak az x tengely körül:

$$\nu_{xf} := 2$$

$$l_{0xf} := \nu_{xf} \cdot l_f$$

$$l_{0xf} = 7\text{m}$$

$$\nu_{xa} := 2$$

$$l_{0xa} := \nu_{xa} \cdot l_a$$

$$l_{0xa} = 6.1\text{m}$$

II.5.4. Méretezés a felső keresztmetszetben

Az oszlop karcsúsága y tengely körüli kihajlás esetén

$$\lambda_x := \frac{l_{0yf}}{\sqrt{\left(\frac{I_{yl}}{A_o}\right)}} = 511.065 > \lambda_{lim} := \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{\left(\frac{N_{l.}}{A_o \cdot f_{cd.o}}\right)}} = 358.334$$

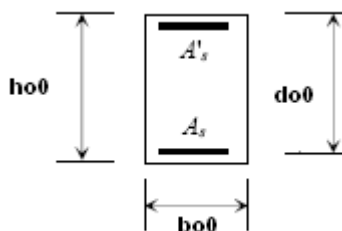
karcsú

Az oszlop karcsúsága x tengely körüli kihajlás esetén

$$\lambda_x := \frac{l_{0xf}}{\sqrt{\left(\frac{I_{xl}}{A_o}\right)}} = 1168.149 > \lambda_{lim} := \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{\left(\frac{N_{l.}}{A_o \cdot f_{cd.o}}\right)}} = 358.334$$

karcsú

Geometriai adatok a felső keresztmetszetben



$$h_1 = 40 \cdot \text{cm} \quad d_{y1} := h_1 \cdot 0.9 = 36 \cdot \text{cm}$$

$$b_1 = 35 \cdot \text{cm} \quad d_{x1} := b_1 \cdot 0.9 = 31.5 \cdot \text{cm}$$

A szükséges betonfedés számítása:

- a maximális vasátmérő:

$$\Phi_{st} := 20 \text{mm}$$

- környezeti osztály: XC3

- szerkezeti osztály: S4

- a tapadási követelménye miatti minimális betonfedés:

$$c_{min.b} := \Phi_{st}$$

- a tartóssági követelmények miatti minimális betonfedés:

$$c_{min.d} := 20 \text{mm}$$

- minimális betonfedés: $c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.d}) = 20 \cdot \text{mm}$

- a betonfedés növekmény az elhelyezési bizonytalanság miatt:

$$\Delta c_{dev} := 5 \text{mm}$$

- betonfedés:

$$c := c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 \cdot \text{mm}$$

$$c_{alk} := 25 \text{mm}$$

Az acélbetétek közötti minimális távolságok számítása:

- az adalékanyag max. szemcseátmérője: $d_g := 16 \text{mm}$

- a lágyvasak közti min. távolság: $\Delta s := \max(\Phi_{st}, d_g + 5 \text{mm}, 20 \text{mm}) \quad \Delta s = 21 \cdot \text{mm}$

Kengyelek:

$$\phi_k := 12 \text{mm}$$

Külpontosság hosszirányban:

$$M_{Edy_{maxl.l}} = 19.94 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_{Edel.ly} = 366.49 \cdot \text{kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0yf}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0yf}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 9.354 \cdot \text{mm}$$

ahol

$$(l_{0yf}) = 3.5 \text{ m}$$

$$M_{0,ED,f} := N_{Edel.ly} \cdot e_a = 3.428 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e,f} := 0$$

$$M_{e,f} := M_{Edy\max,l} \cdot 0.6 + (M_{1,e,f} \cdot 0.4) = 11.964 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o,f} := \frac{M_{e,f}}{N_{Edel.ly}} = 32.645 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o,f} := N_{Edel.ly} \cdot e_{o,f} = 11.964 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.44$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_y = 24.15$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13$$

Kúszási tényező(C30/37 esetén)

$$A_o = 39.8 \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Edel.ly})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 1.194 \times 10^5 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,\min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{\text{Edel.ly}}}{A_o \cdot f_{cd}} = 2.762 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\epsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1.935$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 30.327 \text{ m}$$

$$e_{2,f} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0yf}}{\pi} \right)^2 = 0.027 \text{ m}$$

$$M_{l,2,f} := N_{\text{Edel.ly}} \cdot e_{2,f} = 10.011 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed,y.f}} := M_{l,o.f} + M_{0,\text{ED},f} + M_{l,2,f} = 25.403 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Külpontosság keresztirányban:

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0xf}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0xf}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 13.229 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } (l_{0xf}) = 7 \text{ m}$$

$$M_{0,\text{ED},fx} := N_{\text{Edel.ly}} \cdot e_a = 4.848 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e.fx} := 0$$

$$M_{e.fx} := M_{\text{Edy,max},l} \cdot 0.6 + (M_{1,e.f} \cdot 0.4) = 11.964 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o,f} := \frac{M_{e.fx}}{N_{\text{Edel.ly}}} = 32.645 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l,o.fx} := N_{\text{Edel.ly}} \cdot e_{o,f} = 11.964 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_x}{150} = -7.19$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \lambda_x = 1168.149$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot kN \cdot m \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13$$

Kúszási tényező(C30/37 esetén)

$$A_I = 1400 \cdot cm^2$$

$$A_{s,min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Edel.ly})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_I \right] = 420 \cdot mm^2$$

$$A_s := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1$$

$$n_1 := \frac{N_{Edel.ly}}{A_o \cdot f_{cd}} = 2.762 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 58.684 \text{ m}$$

$$e_{2,f} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0xf}}{\pi} \right)^2 = 0.109 \text{ m}$$

$$M_{l,2.fx} := N_{Edmaxl.l} \cdot e_{2,f} = 60.535 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed.x.fx} := M_{l.o.fx} + M_{0,ED.fx} + M_{l,2.fx} = 77.347 \cdot kN \cdot m$$

Külpontosság hosszirányban:

$$N_{Edmaxl.l} := 554.01 kN$$

$$M_{Edyel.ln} := 2.91 kN \cdot m$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0yf}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0yf}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 9.354 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } (l_{0yf}) = 3.5 \text{ m}$$

$$M_{0,ED,f} := N_{Edmaxl,l} \cdot e_a = 5.182 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e,f} := 0$$

$$M_{e,f} := M_{Edye,l.in} \cdot 0.6 + (M_{1,e,f} \cdot 0.4) = 1.746 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o,f} := \frac{M_{e,f}}{N_{Edmaxl,l}} = 3.152 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l,o,f} := N_{Edmaxl,l} \cdot e_{o,f} = 1.746 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.44$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_y = 24.15$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező(C30/37 esetén)}$$

$$A_o = 39.8 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Edmaxl,l})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 1.194 \times 10^5 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{Edmaxl,l}}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.0004175955$$

$$\epsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_0 = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min\left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}}\right) = 1$$

$$K_\zeta := \max\left[\left(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}\right), 1.0\right] = 1.935$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta}\right) \cdot r_0 = 30.327 \text{ m}$$

$$e_{2,f} := \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \left(\frac{l_{0yf}}{\pi}\right)^2 = 0.027 \text{ m}$$

$$M_{l.2.f2} := N_{Edmaxl.l} \cdot e_{2,f} = 15.134 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y.f2} := M_{l.o.f} + M_{0.ED.f} + M_{l.2.f2} = 22.062 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Külpontosság keresztirányban:

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0xf}}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{200}\right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0xf}}{m}}}\right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 13.229 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } (l_{0xf}) = 7 \text{ m}$$

$$M_{0.ED.fx} := N_{Edmaxl.l} \cdot e_a = 7.329 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1.e.fx} := 0$$

$$M_{e.fx} := M_{EdeI.ln} \cdot 0.6 + (M_{1.e.f} \cdot 0.4) = 1.746 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{0,f} := \frac{M_{e.fx}}{N_{Edmaxl.l}} = 3.152 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o.fx} := N_{Edmaxl.l} \cdot e_{0,f} = 1.746 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}\right)}{(200)}\right] - \frac{\lambda_x}{150} = -7.19$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_x = 1168.149$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező(C30/37 esetén)}$$

$$A_I = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s,\min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Ed\max,l})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_I \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,\min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_o \cdot f_{cd}} = 1$$

$$n_1 := \frac{N_{Ed\max,l}}{A_o \cdot f_{cd}} = 0.0004176$$

$$\varepsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 58.684 \text{ m}$$

$$e_{2,f} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0xf}}{\pi} \right)^2 = 0.109 \text{ m}$$

$$M_{l,2.fx2} := N_{Ed\max,l} \cdot e_{2,f} = 60.535 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,x.fx2} := M_{l,o.fx} + M_{0,ED.fx} + M_{l,2.fx2} = 69.609 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed,f} := N_{Ed\max,l} = 554.01 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Edy,f} := M_{Ed,y.f2} = 22.06 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{hosszirányban})$$

$$M_{Edx,f} := M_{Ed,x.fx} = 77.35 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{keresztirányban})$$

Vasmenység keresztirányban:

$$h := h_o = 0.3 \text{ m} \quad \phi := 20 \text{ mm}$$

$$b := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$d_o := h - 15 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{\phi}{2} = 26.5 \cdot \text{cm}$$

$$x_1 := \frac{N_{Ed.f}}{b_o \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.1792$$

$$\mu := 0.15$$

$$x_2 := \frac{M_{Edx.f}}{b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd}} = 0.094$$

$$A_{s.xf} := \frac{(\mu \cdot b_o \cdot d_o \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 1066.625 \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{cd} = 33.333 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{tengely}_{yf} := 0.15$$

$$M_{Rd.xf} := \text{tengely}_{yf} \cdot b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 122.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Alkalmazott vas:

$$\Phi := 20\text{mm}$$

$$n_{fx} := 5$$

$$A_{sx.alk.f} := \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi \cdot n_{fx} = 1570.8 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_{x.f} := b_1 - c_{nom} - \phi_k - \left(\frac{\Phi}{2}\right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_{x.f} := c_{nom} + \phi_k + \frac{\Phi}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$b_{x.f} := 2 \cdot (c_{nom.x} + \phi_k) + n_{fx} \cdot \phi + (n_{fx} - 1) \cdot \Delta_s = 268 \cdot \text{mm} < h_1 = 400 \cdot \text{mm} \quad \text{Elfér egy sorban.}$$

Vasmennyiség hosszirányban

$$h := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$b := h_o = 0.3 \text{ m} \quad \phi := 20\text{mm}$$

$$d := h - 30\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{\phi}{2} = 30 \cdot \text{cm}$$

$$x_{1.} := \frac{N_{Ed.f}}{b_o \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.18$$

$$\mu := 0.1$$

$$x_{2.} := \frac{M_{Edy.f}}{b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd}} = 0$$

$$A_{s.y.f} := \frac{(\mu \cdot b_o \cdot d_o \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 711.0833 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.min.y.f} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Edmaxl.l})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_l \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{tényleges}} := \frac{(A_{s,\text{min},y,f} \cdot f_{yd})}{b \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.069 \quad \text{tengely}_{yf} := 0.15$$

$$M_{Rdy,f} := \text{tengely}_{yf} \cdot b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 122.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Alkalmazott vas:} \quad \Phi := 20\text{mm} \quad n_{fy} := 3$$

$$A_{sy,\text{alk},f} := \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi \cdot n_{fy} = 942.48 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_{y,f} := b_o - c_{\text{nom}} - \phi_k - \left(\frac{\Phi}{2}\right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_{y,f} := c_{\text{nom}} + \phi_k + \frac{\Phi}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$b_{y,f} := 2 \cdot (c_{\text{nom},x} + \phi_k) + n_{fy} \cdot \phi + (n_{fy} - 1) \cdot \Delta_s = 186 \cdot \text{mm} < h_1 = 400 \cdot \text{mm}$$

Elfér egy sorban.

Oszlop szilárdsága normálerőre:

$$N_{Rd,f} := A_l \cdot f_{cd,o} + (A_{sx,\text{alk},f} + A_{sy,\text{alk},f}) \cdot f_{yd} = 3892.7279 \cdot \text{kN}$$

$$a_{O,f} := \frac{N_{Ed,f}}{N_{Rd,f}} = 0.142 \quad A_l = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$a_f := \max \left[1, \left[\left(\frac{a_{O,f} - 0.1}{0.6} \right) \cdot (1.5 - 1) + 1 \right] \right] = 1.035$$

$$M_{Rd,xf} = 122.894 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edx,f} = 77.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rdy,f} = 122.894 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

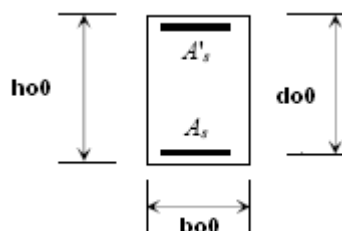
$$M_{Edy,f} = 22.062 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\left(\frac{M_{Edx,f}}{M_{Rd,xf}} \right)^{a_f} + \left(\frac{M_{Edy,f}}{M_{Rdy,f}} \right)^{a_f} = 0.788 < 1.0$$

Megfelel

II.5.5. Méretezés a középső keresztmetszetben

Geometriai adatok az alsó keresztmetszetben



$$h_2 = 40 \cdot \text{cm} \quad d_{y2} := h_2 \cdot 0.9 = 36 \cdot \text{cm}$$

$$b_2 = 35 \cdot \text{cm} \quad d_{x2} := b_2 \cdot 0.9 = 31.5 \cdot \text{cm}$$

Külpontosság hosszirányban:

$$M_{\text{EdymaxII.II}} := 24.76 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{\text{Edell.IIy}} := 427.33 \text{ kN}$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0ya}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0ya}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 11.446 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ahol } (l_{0ya}) = 5.24 \text{ m}$$

$$M_{0,ED,a} := N_{\text{Edell.IIy}} \cdot e_a = 4.891 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1,e,a} := 0$$

$$M_{e,a} := M_{\text{EdymaxII.II}} \cdot 0.6 + (M_{1,e,a} \cdot 0.4) = 14.856 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o,a} := \frac{M_{e,a}}{N_{\text{Edell.IIy}}} = 34.765 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o,a} := N_{\text{Edell.IIy}} \cdot e_{o,a} = 14.856 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.44$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_y = 24.15$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező (C30/37 esetén)}$$

$$A_{II} = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s,\min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{\text{Edell.IIy}})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_o \right] = 1.194 \times 10^5 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,\min}$$

$$n_{\text{bal}} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 12.124$$

$$n_1 := \frac{N_{Edell.Ily}}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 0.092$$

$$\varepsilon_{y.d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y.d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1.935$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 30.327 \text{ m}$$

$$e_{2.a} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{oya}}{\pi} \right)^2 = 0.061 \text{ m}$$

$$M_{l.2.a} := N_{Edell.Ily} \cdot e_{2.a} = 26.165 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y.a} := M_{l.o.a} + M_{0.ED.a} + M_{l.2.a} = 45.912 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Külpontosság keresztirányban:

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0xa}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0xa}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 12.349 \cdot \text{mm}$$

ahol

$$(l_{0xa}) = 6.1 \text{ m}$$

$$M_{0.ED.ax} := N_{Edell.Ily} \cdot e_a = 5.277 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1.e.ax} := 0$$

$$M_{e.ax} := M_{EdymaxII.II} \cdot 0.6 + (M_{1.e.ax} \cdot 0.4) = 14.856 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o.a} := \frac{M_{e.ax}}{N_{Edell.Ily}} = 34.765 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o.ax} := N_{Edell.Ily} \cdot e_{o.a} = 14.856 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{N} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_x}{150} = -7.19$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \lambda_x = 1.168 \times 10^3$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot kN \cdot m \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező (C30/37 esetén)}$$

$$A_{II} = 1400 \cdot cm^2$$

$$A_{s,min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{Ed,II,y})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_{II} \right] = 420 \cdot mm^2$$

$$A_s := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{Ed,II,y}}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 0.092$$

$$\epsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\epsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 58.684 \text{ m}$$

$$e_{2,a} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0xa}}{\pi} \right)^2 = 0.083 \text{ m}$$

$$M_{l,2,ax} := N_{Ed,II,y} \cdot e_{2,a} = 35.458 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Ed,x,ax} := M_{l,0,ax} + M_{0,ED,ax} + M_{l,2,ax} = 55.591 \cdot kN \cdot m$$

Külpontosság hosszirányban:

$$N_{Ed,max,II} := 685.3 \text{ kN} \quad M_{Ed,yell,II} := 12.96 \text{ kN} \cdot m$$

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0ya}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{200} \right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0ya}}{m}}} \right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 11.446 \cdot mm$$

ahol

$$(I_{0ya}) = 5.24 \text{ m}$$

$$M_{0.ED.a2} := N_{EdmaxII.II} \cdot e_a = 7.844 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1.e.a2} := 0$$

$$M_{e.a2} := M_{EdyeII.II} \cdot 0.6 + (M_{1.e.a2} \cdot 0.4) = 7.776 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o.a2} := \frac{M_{e.a2}}{N_{EdmaxII.II}} = 11.347 \cdot \text{mm}$$

$$M_{I.o.a2} := N_{EdmaxII.II} \cdot e_{o.f} = 2.16 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right)}{(200)} \right] - \frac{\lambda_y}{150} = 0.44$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_y = 24.15$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f.d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13 \quad \text{Kúszási tényező (C30/37 esetén)}$$

$$A_{II} = 0.14 \text{ m}^2$$

$$A_{s.min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{EdmaxII.II})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_{II} \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s.min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{EdmaxII.II}}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 0.147$$

$$\epsilon_{y.d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\varepsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min\left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}}\right) = 1$$

$$K_\zeta := \max\left[\left(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}\right), 1.0\right] = 1.935$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta}\right) \cdot r_0 = 30.327 \text{ m}$$

$$e_{2.a2} := \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \left(\frac{l_{0ya}}{\pi}\right)^2 = 0.061 \text{ m}$$

$$M_{l.2.a2} := N_{EdmaxII.II} \cdot e_{2.a2} = 41.96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y.a2} := M_{l.o.a2} + M_{0.ED.a2} + M_{l.2.a2} = 51.963 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Külpontosság keresztirányban:

Kezdeti imperfekciókból származó külpontosság:

$$e_a := \left(\frac{l_{0xa}}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{200}\right) \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{l_{0xa}}{m}}}\right] \cdot \sqrt{0.5 \cdot (1 + 1)} = 12.349 \cdot \text{mm}$$

ahol

$$(l_{0xa}) = 6.1 \text{ m}$$

$$M_{0.ED.fx2} := N_{EdmaxII.II} \cdot e_a = 8.463 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elsőrendű külpontosság:

$$M_{1.e.fx2} := 0$$

$$M_{e.fx2} := M_{Edyell.IIn} \cdot 0.6 + (M_{1.e.fx2} \cdot 0.4) = 7.776 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{o.a2} := \frac{M_{e.fx2}}{N_{EdmaxII.II}} = 11.347 \cdot \text{mm}$$

$$M_{l.o.a2x} := N_{EdmaxII.II} \cdot e_{o.a2} = 7.776 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Másodrendű külpontosság:

$$\beta_0 := 0.35 + \left[\frac{\left(f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}\right)}{(200)}\right] - \frac{\lambda_x}{150} = -7.19$$

$$f_{ck} = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \lambda_x = 1.168 \times 10^3$$

$$M_{\text{állandó}} := -1 \cdot \frac{(-G_{f,d} \cdot e_f)}{\gamma_g} = 91.207 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{állandóteherből})$$

$$\zeta_0 := 2.0$$

$$\zeta_{ef} := 2.13$$

Kúszási tényező(C30/37 esetén)

$$A_{II} = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s,min} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{EdmaxII,II})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_{II} \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_{s,min}$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n_u := 1 + \frac{(A_s \cdot f_{yd})}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 1.039$$

$$n_1 := \frac{N_{EdmaxII,II}}{A_{II} \cdot f_{cd}} = 0.147$$

$$\epsilon_{y,d} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00207$$

$$d := 0.9 \cdot h_o = 0.27 \text{ m}$$

$$r_0 := \frac{(0.45 \cdot d)}{\epsilon_{y,d}} = 58.684 \text{ m}$$

$$K_r := \min \left(1.0, \frac{n_u - n_1}{n_u - n_{bal}} \right) = 1$$

$$K_\zeta := \max \left[(1 + \beta_0 \cdot \zeta_{ef}), 1.0 \right] = 1$$

$$r_f := \frac{1}{K_r} \cdot \left(\frac{1}{K_\zeta} \right) \cdot r_0 = 58.684 \text{ m}$$

$$e_{2,a2} := \left(\frac{1}{r} \right) \cdot \left(\frac{l_{0xa}}{\pi} \right)^2 = 0.083 \text{ m}$$

$$M_{l,2,ax2} := N_{EdmaxII,II} \cdot e_{2,a2} = 56.863 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,x,ax2} := M_{l,0,ax} + M_{0,ED,ax} + M_{l,2,ax2} = 76.996 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Mértékadó igénybevételek:

$$N_{Ed,a} := N_{EdmaxII,II} = 685.3 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ed,y,a} := M_{Ed,y,a2} = 51.96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{hosszirányban})$$

$$M_{Ed,x,a} := M_{Ed,x,ax2} = 77 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{keresztirányban})$$

Vasmenység keresztirányban:

$$h := h_o = 0.3 \text{ m} \quad \phi := 20 \text{ mm}$$

$$b := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$d_o := h - 15 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{\phi}{2} = 26.5 \cdot \text{cm}$$

$$x_1 := \frac{N_{Ed,a}}{b_o \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.2217$$

$$\mu := 0.2$$

$$x_2 := \frac{M_{Ed,x,a}}{b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd}} = 0.094$$

$$A_{s,xf} := \frac{(\mu \cdot b_o \cdot d_o \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 1422.1667 \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{cd} = 33.333 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{tengely}_{ya} := 0.2$$

$$M_{Rd,xa} := \text{tengely}_{ya} \cdot b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 163.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Alkalmazott vas:

$$\Phi := 20\text{mm}$$

$$n_{fxx} := 5$$

$$A_{sx,alk,a} := \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi \cdot n_{fxx} = 1570.8 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_{x,a} := b_o - c_{nom} - \phi_k - \left(\frac{\Phi}{2}\right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_{x,a} := c_{nom} + \phi_k + \frac{\Phi}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$b_{x,a} := 2 \cdot (c_{nom,x} + \phi_k) + n_{fxx} \cdot \phi + (n_{fxx} - 1) \cdot \Delta_s = 268 \cdot \text{mm} < h_1 = 400 \cdot \text{mm} \quad \text{Elfér egy sorban.}$$

Vasmennyiség hosszirányban

$$h := b_o = 0.35 \text{ m}$$

$$b := h_o = 0.3 \text{ m}$$

$$\phi := 20\text{mm}$$

$$d := h - 30\text{mm} - 10\text{mm} - \frac{\phi}{2} = 30 \cdot \text{cm}$$

$$x_1 := \frac{N_{Ed,a}}{b_o \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.22$$

$$\mu_{yy} := 0.2$$

$$x_2 := \frac{M_{Edy,a}}{b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd}} = 0.1$$

$$A_{s,y,a} := \frac{(\mu_{yy} \cdot b \cdot d_o \cdot f_{cd})}{f_{yd}} = 1219 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,min,y,a} := \max \left[\left[\frac{(0.15 \cdot N_{EdmaxII,II})}{f_{yd}} \right], 0.003 \cdot A_{II} \right] = 420 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{tényleges} := \frac{(A_{s,min,y,a} \cdot f_{yd})}{b \cdot d_o \cdot f_{cd}} = 0.069 \quad \text{tengely}_{ya} := 0.25$$

$$M_{Rdy,a} := \text{tengely}_{ya} \cdot b_o \cdot d_o^2 \cdot f_{cd} = 204.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Alkalmazott vas:

$$\Phi := 20\text{mm}$$

$$n_{fyy} := 4$$

$$A_{sy.alk.a} := \frac{\Phi^2}{4} \cdot \pi \cdot n_{fyy} = 1256.64 \cdot \text{mm}^2$$

$$d_{y.a} := b_o - c_{nom} - \phi_k - \left(\frac{\Phi}{2}\right) = 178 \cdot \text{mm}$$

$$d'_{y.a} := c_{nom} + \phi_k + \frac{\Phi}{2} = 172 \cdot \text{mm}$$

$$b_{y.a} := 2 \cdot (c_{nom.x} + \phi_k) + n_{fyy} \cdot \phi + (n_{fyy} - 1) \cdot \Delta_s = 227 \cdot \text{mm} < h_1 = 400 \cdot \text{mm}$$

Elfér egy sorban.

Oszlop szilárdsága normálerőre:

$$N_{Rd.a} := A_{II} \cdot f_{cd.o} + (A_{sx.alk.a} + A_{sy.alk.a}) \cdot f_{yd} = 4029.3189 \cdot \text{kN}$$

$$a_{O.a} := \frac{N_{Ed.a}}{N_{Rd.a}} = 0.17 \quad A_{II} = 1400 \cdot \text{cm}^2$$

$$a_a := \max \left[1, \left[\left(\frac{a_{O.a} - 0.1}{0.6} \right) \cdot (1.5 - 1) + 1 \right] \right] = 1.058$$

$$M_{Rd.xa} = 163.858 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edx.a} = 76.996 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rdy.a} = 204.823 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edy.a} = 51.963 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\left(\frac{M_{Edx.a}}{M_{Rd.xa}} \right)^{a_a} + \left(\frac{M_{Edy.a}}{M_{Rdy.a}} \right)^{a_a} = 0.684 < 1.0$$

Megfelel

II.5.6. Nyírási vasalás tervezése

II.5.6.1. Felső keresztmetszetben

-A húzott vasalásra vonatkozó helyettesítő hasznos magasság:

$$d_h := \frac{E_s \cdot A_{sx.alk.f} \cdot d_o}{E_s \cdot A_{sx.alk.f}} = 265 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{cp} := \frac{N_{Ed}}{h_o \cdot b_o} = 3.228 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

-Mértékadó igénybevételek a nyírás vizsgálatához:

$$\text{A mértékadó nyíróerő: } V_{Ed} := 322.96 \text{ kN}$$

-A méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k_f := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d_h \cdot \frac{1}{\text{mm}}}}, 2 \right) = 1.869$$

A húzott hosszvasalásra vonatkozó vashányad , amibe a megfelelően lehorgonyzott acélbetétek számíthatók be:

$$\rho_l := \min \left(0.02, \frac{A_{sx.alk.f}}{b_o \cdot d_o} \right) = 1.694 \cdot \% \quad \text{vashányad}$$

$$\nu_{min} := \left(0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N^{\frac{1}{2}}}{mm} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot (b_o \cdot d_h) = 86.883 \cdot kN$$

A nyírási vasalás nélküli keresztmetszet teherbírásának alsó korlátja:

Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó km. nyírási tehe

$$V_{Rd.c} := \max \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k_f \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N^{\frac{2}{3}}}{(mm^2)^{\frac{2}{3}}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot (b_o \cdot d_o), \nu_{min} = 136.248 \cdot kN$$

$$V_{Rd.c} = 136.248 \cdot kN < V_{Ed} = 322.96 \cdot kN$$

Szükség van nyírási vasalásra.

-A nyírási teherbírás felső korlátja (a beton nyomási teherbírása alapján)

Normál beton esetén $\beta_{ct} := 2.4$ és $\eta_1 := 1$

$$V_c := \left[\beta_{ct} \cdot \eta_1 \cdot 0.1 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N^{\frac{2}{3}}}{(mm^2)^{\frac{2}{3}}} \cdot \left(1 + 1.2 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) \right] \cdot b_o \cdot 0.9 \cdot d_h = 82.383 \cdot kN$$

$$\cot \Theta := \frac{1.2 + 1.4 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}}{1 - \frac{V_c}{V_{Ed}}} = 1.793$$

A $\cot \Theta$ -ra vonatkozó korlátozás: $1.0 \leq \cot \Theta \leq 2.0$

ez alapján a számításban figyelembe vett hajlásszög:

$$\cot\Theta := 2.0$$

$$\alpha_{cw} := \begin{cases} 1 & \text{if } \sigma_{cp} = 0 \\ 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} & \text{if } 0 < \sigma_{cp} \leq 0.25 \cdot f_{cd} \\ 1.25 & \text{if } 0.25 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0.5 \cdot f_{cd} \\ 2.5 \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) & \text{if } 0.5 \cdot f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd} \end{cases} = 1.097$$

A nyírási vasalás (zárt kengyelek) és a tartó tengelye által bezárt szög:

$$\alpha_{sw} := 90^\circ \quad \cot(\alpha_{sw}) := 0$$

Hatékonysági tényező:

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}{250} \right) = 0.48$$

A nyírási teherbírás felső korlátja:

$$V_{Rd,max} := \alpha_{cw} \cdot b_o \cdot 0.9 \cdot d_o \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot \left[\frac{\cot\Theta + \cot(\alpha_{sw})}{(1 + \cot\Theta)^2} \right] = 325.545 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd,max} = 325.545 \cdot \text{kN} > V_{Ed} = 322.96 \cdot \text{kN}$$

A tartó nyírásra bevasalható.

II.5.6.1.Nyírási vasalás számítása

Az alkalmazott nyírási vasalás zárt kengyelezés: $\Phi_k := 12\text{mm}$

$$\text{A nyírási acélbetétek keresztmetszeti területe: } A_{sw} := 2 \cdot \frac{\Phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

A szükséges kengyeltávolság:

$$s_{szüks} := \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot 0.9 \cdot d_h \cdot f_{yd} \cdot \left[(\cot\Theta + \cot(\alpha_{sw})) \cdot \sin(\alpha_{sw}) \right] = 145 \cdot \text{mm}$$

Az alkalmazott kengyeltávolság: $s := 145\text{mm}$

Az alkalmazott kengyeltávolság ellenőrzése:

$$V_{Rd,s.f} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0.9 \cdot d_h \cdot f_{yd} \cdot \left[(\cot\Theta + \cot(\alpha_{sw})) \cdot \sin(\alpha_{sw}) \right] = 323.523 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Kihasznátltság} := \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s.f}} = 99.826 \cdot \%$$

A tartóvég kengyelezése megfelel.

-Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A maximális kengyeltávolság megfelel.

-A nyírási vashányad ellenőrzése:

$$\rho_w := \frac{A_{sw}}{s \cdot b \cdot \sin(\alpha_{sw})} = 0.446 \cdot \% \quad \rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \frac{N}{mm^2}}}{f_{yk}} = 0.113 \cdot \%$$

A nyírási vashányad a szerkesztési szabályoknak megfelel.

A keretsíkra merőleges nyíró igénybevételekre nem számítok nyírási vasalást mert nem lesz mértékadó.

II.5.7. Tartóvég vizsgálata

II.7.1 Keresztmetszeti jellemzők

$$\alpha_{es} := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.633$$

-A keresztmetszet területe:

$$A_{i,l} := h_o \cdot b_o + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{s,y,f} = 1082.947 \cdot cm^2$$

-Statikai nyomaték:

$$S_{i,l} := h_o \cdot b_o \cdot \frac{b_o}{2} + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{s,y,f} \cdot d_o = 19248.1 \cdot cm^3$$

-A semleges tengely:

$$x_{i,l} := \frac{S_{i,l}}{A_{i,l}} = 178 \cdot mm$$

-Az inercia:

$$I_{x,i,l} := \frac{b_o \cdot h_o^3}{12} + b_o \cdot h \cdot \left(x_{i,l} - \frac{h_o}{2}\right)^2 + (\alpha_{es} - 1) \cdot A_{s,y,f} \cdot (d_o - x_{i,l})^2 = 89337.5 \cdot cm^4$$

-A lehorgonyzási hossz:

$$\eta_1 := 1 \quad \eta_2 := 1 \quad f_{ctm} := 2.9 \frac{N}{mm^2} \quad f_{ctd} := \frac{f_{ctm}}{1.5} = 1.933 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{bd,o} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 4.35 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{b,h} := \frac{f_{yd} \cdot \phi}{4 \cdot f_{bd,o}} = 499.75 \cdot mm$$

A zavart zóna hosszát jó közelítéssel l_{pt} lehorgonyzási hosszal vehetjük egyenlőnek.

Ezen tartószakasz egyensúlyának vizsgálata végleges

A lehorgonyzási hossz tervezési értéke a tartóvég vizsgálathoz:

$$l_{pt,d} := 1.2 \cdot l_{b,h} = 599.7 \cdot mm$$

A vizsgált szakasz hossza:

$$h' := \max \left[\sqrt{b^2 + (0.6 \cdot l_{pt,d})^2}, l_{pt,d} \right] = 599.7 \cdot \text{mm}$$

Mértékadó nyomaték a K-K metszetben, végleges állapotban:

$$M_{Ed\xi} := M_{Edx,f} = 77.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A felső vízszintes metszetre vonatkozó hasznos magasság: $d_{x,f} = 178 \cdot \text{mm}$

$$N_{Edf} := N_{Edmaxl,l} = 554.01 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{x1} := \frac{N_{Edf}}{A_{i,l}} - \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x,i,l}} \cdot x_{i,l} = -10.272 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{x2} := \frac{N_{Edf}}{A_{i,l}} - \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x,i,l}} \cdot (d_{x,f} - x_{i,l}) = 5.093 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A vízszintes erők nyomatékai a felső metszetre:

$$M_x := |\sigma_{x2}| \cdot d_{x,f} \cdot b_o \cdot \frac{d_{x,f}}{2} + \frac{|\sigma_{x1}| - |\sigma_{x2}|}{2} \cdot \left(d_{x,f} \cdot b_o \cdot d_{x,f} \cdot \frac{2}{3} \right) = 47.385 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A függőleges erők F_c és F_t karja: $z_f := 0.5 \cdot h' = 299.85 \cdot \text{mm}$

A függőleges húzóerő nagysága a K-K és I-I metszetekben
ébredő nyomatékok egyenlőségéből:

$$F_{t,f} := \frac{M_x}{z_f} = 158.029 \cdot \text{kN} \quad A_{sw,sz} := A_{sw} \cdot \frac{369.61}{250} = 334.415 \cdot \text{mm}^2$$

A szükséges vasalás (zárt kengyelezés) mennyisége:

$$A_{sw,szüks,ff} := \frac{F_t}{f_{yd}} = 1039.727 \cdot \text{mm}^2$$

Szükséges kengyel darabszám: $\phi 12$ -es kengyelekkel kettős kengyelszárral

$$A_{sw} := 2 \cdot \frac{(\phi_k)^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2 \quad \phi_k := 12 \cdot \text{mm}$$

$$n_{ff} := \frac{A_{sw,szüks} + A_{sw,sz}}{A_{sw}} = 6.075 \quad n_{alk.} := 7 \quad \text{Alkalmazott kengyelek száma.}$$

$$h' \cdot 0.6 = 359.82 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{h' \cdot 0.6}{n} = 89.955 \cdot \text{mm}$$

$$\text{sűrités} := \max \left(\frac{h' \cdot 0.6}{n}, 5 \text{mm} \right) = 89.955 \cdot \text{mm}$$

$$s_{\text{rítés}}_{\text{alk}} := 90 \cdot \text{mm}$$

Szerkesztési szabályok
ellenőrzése:

$$s_{s,\text{max}} := \min(12 \cdot \phi, 500\text{mm}, 400\text{mm}) = 240 \cdot \text{mm}$$

Szükséges sűrítés erőbevezetésénél:

$$0.6 \cdot s_{s,\text{max}} = 144 \cdot \text{mm}$$

Megfelel

II.6. Rövid konzol vasalása- felső keresztmetszeti résznél

II.6.1. Keresztmetszeti és anyag jellemzők

Geometriai adatok:

$b_c := 400\text{mm}$	A konzol szélessége
$b_{o,\text{konz}} := 400\text{mm}$	Oszlop szélessége
$h_{c,1} := 300\text{mm}$	A konzol magassága
$h_{c2} := 100\text{mm}$	A konzol magassága
$a_c := 110\text{mm}$	Az erő támadáspontja
$l := 300\text{mm}$	A konzol hossza
$t_1 := 260\text{mm}$	Az alátétlemez szélessége
$t_2 := 260\text{mm}$	Az alátétlemez hossza

Anyagminőségek:

Beton: C30/37-XC3-16-S4

$$f_{ck} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 2.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{ctd} := 1.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := 1 \quad \eta_2 := 1 \quad f_{bd,k} := f_{ctd} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot 2.25 = 3.15 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad d_g := 16\text{mm}$$

$$\text{Betonacél: S500 B} \quad f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.15 \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.78 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A kialakítandó vasalás:

$\phi_f := 20\text{mm}$	A fővasak átmérője
$\phi_k := 12\text{mm}$	A kengyelek átmérője
$c_{\text{nom},k} := 20\text{mm}$	A betonfedés értéke
$\delta := 10\text{mm}$	Szerelésből adódó kedvezőtlen vaselmozdulás
$d := b - c_{\text{nom},k} - \left(\phi_k - \frac{\phi_f}{2} \right) - \delta = 318 \cdot \text{mm}$	Hasznos magasság
$z := 0.8 \cdot d = 254.4 \cdot \text{mm}$	Belső kar értéke becsülhető

A változó keresztmetszeti magasság helyett állandó keresztmetszetű geometriát veszünk figyelembe. Az így egyszerűsített geometriai méretek:

$$a_c = 110 \cdot \text{mm} \quad h_c := h_c + \frac{h_{c2}}{2} = 350 \cdot \text{mm} \quad b_c = 400 \cdot \text{mm}$$

$$l = 300 \cdot \text{mm} \quad b_o = 350 \cdot \text{mm}$$

Ferde beton rácsrúd teherbírásának meghatározása

Koncentrált teher tervezési értéke: $F_{Ed} := 300.09 \text{ kN}$

Az F_{Ed} erő lehetséges ferdesége miatt
feltételezzük, hogy a vízszintes teher: $H_{Ed} := 0.1 \cdot F_{Ed} = 30.009 \cdot \text{kN}$

ferde beton rácsrúd teherbírásának vizsgálata:

$$z_s := 0.8 \cdot d = 254.4 \cdot \text{mm} > a_c = 110 \cdot \text{mm}$$

N_c nyomóerő hajlásszögének (θ) ellenőrzése:

$$\theta := \text{atan}(2.5) = 68.199 \cdot ^\circ$$

$$1 < \tan \theta := \frac{z_s}{a_c} = 2.313 < 2.5$$

N_c hatásvonalának távolsága a konzol bal alsó sarkától: $t_c := (d - z_s) \cdot \cos(\theta) = 23.62 \cdot \text{mm}$

A ferde rácsrúd határereje: $N_{Rd} := 2 \cdot t_c \cdot b_c \cdot f_{cd} = 377.927 \cdot \text{kN}$

Nyomóerő:

$$N_c := \frac{F_{Ed} \cdot \frac{a_c}{z_s} + H_{Ed}}{\cos(\theta)} = 430.18 \cdot \text{kN}$$

II.6.2 Vasalás tervezése

A vasak folyási feszültsége nem vehető figyelembe, mivel az ehhez tartozó megnyúlás a kialakuló repedések túlzott megnyúlásával járna. A határfeszültséget redukálni kell.

húzott fővasalás meghatározása: $F_s := F_{Ed} \cdot \frac{a_c}{z_s} + H_{Ed} = 159.765 \cdot \text{kN}$ kell felvennie

$$f_s := 0.8 \cdot f_{yd} = 347.826 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s,\min} := \frac{F_s}{f_s} = 459.324 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_v := 4 \quad \phi_1 := 14 \text{ mm} \quad A_{s1} := \frac{n_v \cdot \phi_1^2 \cdot \pi}{4} = 615.752 \cdot \text{mm}^2$$

A hosszanti acélbetétek közötti minimális tiszta távolság:

$$s_{\phi,\min} := \max(d_g + 5 \text{ mm}, \phi_1, 20 \text{ mm}) = 21 \cdot \text{mm}$$

A húzott vas ($\phi 16$) lehorgonyzási hosszának meghatározása:

$$f_{bd,k} = 3.15 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{A teljes lehorgonyzási hossz:} \quad l_{b,rqd} := \frac{\phi_1 \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd,k}} = 483.092 \cdot \text{mm}$$

A nettó lehorgonyzási hossz:

- egyenes végű acélbetét esetén: $\alpha_1 := 1 \quad l_{bd} := \alpha_1 \cdot l_{b.rqd} = 483.092 \cdot \text{mm}$
- kampózott végű acélbetét esetén: $\alpha_{1k} := 0.7 \quad l_{b.eq} := \alpha_{1k} \cdot l_{b.rqd} = 338.164 \cdot \text{mm}$

A lehorgonyzás ellenőrzése a megtámasztó szerkezet irányában

$$d_{oszl} := b_o - \left(\frac{\phi_1}{2} + \phi_k + c_{nom} \right) = 181 \cdot \text{mm}$$

$$a_{oszl} := \left(\frac{\phi_1}{2} + \phi_k + c_{nom} \right) = 169 \cdot \text{mm}$$

$$d_{oszl} - a_{oszl} = 12 \cdot \text{mm} < l_{bd} := \alpha_1 \cdot l_{b.rqd} = 483 \cdot \text{mm}$$

$$< l_{b.eq} := \alpha_{1k} \cdot l_{b.rqd} = 338 \cdot \text{mm}$$

$$l_{b.d.k} := l_{b.eq}$$

A hosszacélt az oszlopnál kampózni kell.

Az lb.d.k lehorgonyzási hosszát a tengelyvonalon kell kimérnünk.

A belső hajlítási átmérő: $\phi_{hajl.b} := 4 \cdot \phi_1 = 56 \cdot \text{mm}$

Az acéltengelyen mérve a hajlítási átmérő: $\phi_{hajl} := 4 \cdot \phi_1 + \frac{\phi_1}{2} = 63 \cdot \text{mm}$

A hajlítási ívhossz: $l_{iv} := \frac{\phi_{hajl} \cdot \pi}{4} = 49 \cdot \text{mm}$

Az oszlop hosszacélja és a hajlítási pont távolsága:

$$l_{hajl.elött} := d_{oszl} - a_{oszl} - \frac{\phi_{hajl}}{2} = -19.5 \cdot \text{mm}$$

Az lb.d.k tengelyvonalban mért lehorgonyzási hossz biztosításához meghajlítás után legalább:

$$l_{kampó} := l_{b.d.k} - (l_{hajl.elött} + l_{iv}) = 308 \cdot \text{mm}$$

$$4 \cdot \phi_1 = 56 \cdot \text{mm}$$

A hajlítás sugarát nem kell ellenőrizni.

A lehorgonyzás ellenőrzése a konzol szabad vége felé:

A fővasalásban a húzóerő:

$$F_{bt} := \frac{F_s}{n} = 39.941 \cdot \text{kN}$$

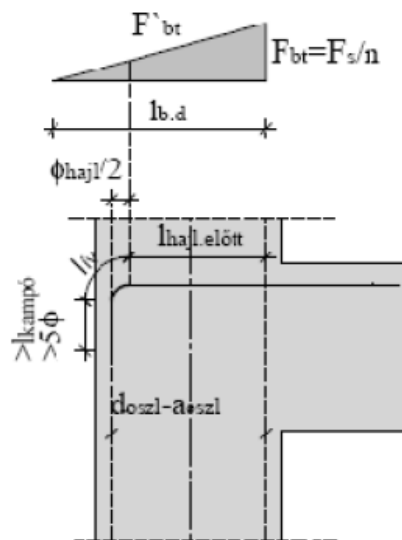
A fővasalás tengelyének függőleges távolsága a szabad betonszéltől:

$$a_b := \frac{\phi_1}{2} + \phi_k + c_{nom} = 169 \cdot \text{mm}$$

A legkisebb belső hajlítási átmérő:

$$\phi_{m.min} := \frac{F_{bt}}{f_{cd}} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2 \cdot \phi_1} \right) = 83.141 \cdot \text{mm}$$

$$\phi_{hajl} := 120 \text{mm}$$



A szükséges vízszintes illetve függőleges zárt kengyelezés mennyiségének meghatározása:

$$a_c = 110 \cdot \text{mm} < 0.5 \cdot h_c = 175 \cdot \text{mm}$$

$$\Sigma A_{s,\min} := 0.25 \cdot A_{s1} = 153.938 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_k := 1 \quad A_{s,\text{link}} := \frac{n_k \cdot 2 \cdot \phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

$$k_k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d}{\text{mm}}}}, 2 \right) \quad k_k = 1.793$$

$$\nu_{\min,k} := 0.0035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \nu_{\min,k} = 0.035$$

$$\rho_{1,k} := \min \left(\frac{A_{s1}}{b_c \cdot d}, 0.02 \right) \quad \rho_{1,k} = 0.00484$$

A beton által felvehető nyíróerő:

$$V_{Rd,c,k} := \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k_k \cdot \left(100 \cdot \rho_{1,k} \cdot \frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right) \right] \cdot \frac{b_c}{\text{mm}} \cdot \frac{d_o}{\text{mm}} \cdot N = 331.2 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd,c,k} = 331.2 \cdot \text{kN} > F_{Ed} = 300.09 \cdot \text{kN}$$

A függőleges kengyelezés nem szükséges.

II.7. Oszlopvég vizsgálatok

II.7.1. Oszloptalp vizsgálat

A zavart zóna hosszát jó közelítéssel az l_{pt} lehorgonyzási hosszal vehetjük egyenlőnek. Ezen tartószakasz egyensúlyának vizsgálata végleges.

A lehorgonyzási hossz tervezési értéke a tartóvég vizsgálatához:

$$l_{pt,d} := 1.2 \cdot l_{b,h} = 599.7 \cdot \text{mm}$$

A vizsgált szakasz hossza:

$$h' := \max \left[\sqrt{b^2 + (0.6 \cdot l_{pt,d})^2}, l_{pt,d} \right] = 599.7 \cdot \text{mm}$$

A felső vízszintes metszetre vonatkozó hasznos magasság:

$$d_{x,f} = 178 \cdot \text{mm}$$

Mértékadó nyomaték a keresztmetszetben, végleges állapotban:

$$M_{Edy,ft} := M_{Ed,y,f2} = 22.06 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{hosszirányban})$$

$$M_{\text{Edx.ft}} := M_{\text{Ed.x.fx}} = 77.35 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad (\text{keresztirányban})$$

$$M_{\text{max}} := \max(M_{\text{Edy.ft}}, M_{\text{Edx.ft}}) \quad M_{\text{max}} = 77.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Ed.t}} := N_{\text{Edmaxl.l}} = 554.01 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{Ed}\xi} := M_{\text{max}} = 77.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{x1.t} := \frac{-N_{\text{Ed.t}}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{\text{Ed}\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot x_{i.l.} = 10.272 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{x2.t} := \frac{-N_{\text{Ed.t}}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{\text{Ed}\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot (d_{x.f} - x_{i.l.}) = -5.093 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A vízszintes erők nyomatékai a felső keresztmetszetre:

$$M_{x.t} := |\sigma_{x2.t}| \cdot d_{x.f} \cdot b_o \cdot \frac{d_{x.f}}{2} + \frac{|\sigma_{x1.t}| - |\sigma_{x2.t}|}{2} \cdot \left(d_{x.f} \cdot b_o \cdot d_{x.f} \cdot \frac{2}{3} \right) = 47.385 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

A függőleges erők F_c és F_t karja: $z_t := 0.5 \cdot h' = 299.85 \cdot \text{mm}$

A függőleges húzóerő nagysága két metszetben
ébredő nyomatékok egyenlőségéből:

$$F_t := \frac{M_{x.t}}{z} = 186.262 \cdot \text{kN}$$

A szükséges vasalás (zárt kengyelezés) mennyisége:

$$A_{\text{sw.szüks.t}} := \frac{F_t}{f_{yd}} = 428.403 \cdot \text{mm}^2$$

Szükséges kengyel darabszám: $\phi 12$ -es kengyelekkel, kettős kengyelszárral: $\phi_k := 12 \cdot \text{mm}$

$$A_{\text{sw.konz}} := 2 \cdot \frac{(\phi_k)^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{konz}} := \frac{A_{\text{sw.szüks.t}} + A_{\text{sw.konz}}}{A_{\text{sw}}} = 2.894 \quad n_{\text{alk.konz}} := 3 \text{ db} \quad \text{Alkalmazott kengyelek száma}$$

$$h' \cdot 0.6 = 359.82 \cdot \text{mm} \quad \frac{h' \cdot 0.6}{n_{\text{alk.konz}}} = 119.94 \cdot \text{mm}$$

$$\text{sűrit} := \max\left(\frac{h' \cdot 0.6}{n_{\text{alk.konz}}}, 5\text{mm}\right) = 119.94 \cdot \text{mm}$$

$$\text{sűrit}_{\text{alk}} := 120 \cdot \text{mm} \quad 3 \cdot \phi 12$$

Az alsó-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.at} := \frac{-N_{Ed.m}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot (b_o - x_{i.l.}) \quad \sigma_{c.at} = 8.262 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$|\sigma_{c.av}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 18 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Alsó szál feszültsége megfelel.

Az felső-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.ft} := \frac{-N_{Ed.m}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot x_{i.l.} \quad \sigma_{c.ft} = 8.736 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$|\sigma_{c.av}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 18 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Felső szál feszültsége megfelel.

II.8. Ideiglenes állapotok vizsgálata

II.8.1. Zsaluzatból való felszakítás

A vizsgált ideiglenes állapotok közül a zsaluzatból való felszakításnál és a tárolásnál kettő osztállyal alacsonyabb betonszilárdságot kell figyelembe venni.

Beton: C20/25

$$f_{ck} := 20 \frac{N}{mm^2} \quad \gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.333 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ctm} := 2.2 \frac{N}{mm^2} \quad f_{ctd} := \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 1.467 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad E_{cm} := 30 \frac{kN}{mm^2}$$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_c} = 20 \cdot \frac{kN}{mm^2} \quad \epsilon_{cu} := 0.35\%$$

$$M_{Ed\xi} := 18.43 kN \cdot m \quad N_{Ed} := 52.87 kN$$

Az alsó-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.av} := \frac{-N_{Ed}}{A_{i.l.}} + \frac{-M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot (b_o - x_{i.l.}) \quad \sigma_{c.av} = -11.448 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$|\sigma_{c.av}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

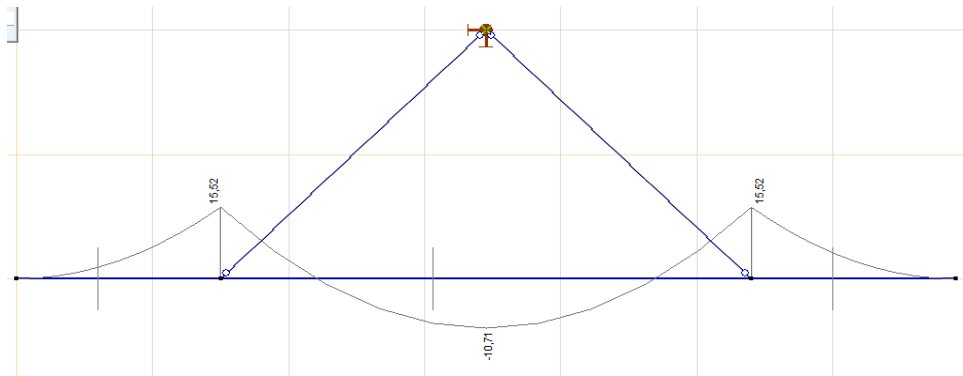
Alsó szál feszültsége megfelel.

Az felső-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.fv} := \frac{-N_{Ed}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot x_{i.l.} \quad \sigma_{c.fv} = 3.667 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$|\sigma_{c.av}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Felső szál feszültsége megfelel.



II.8.2. Oszlopvég vizsgálata

II.8.2.1 A felső oszloprész tetejének vizsgálata, keretsíkban, mint központosan nyomott oszlopfej

$$F_{Ed.felső} := 554.01 \text{ kN}$$

$$a_{pecsét} := 10 \text{ cm}$$

$$h_o = 30 \cdot \text{cm}$$

$$T_{l.y} := \frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{a_{pecsét}}{h_o} \right) \cdot F_{Ed.felső} = 92.335 \cdot \text{kN}$$

A szükséges vasmenyiség:

$$\phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sw} := 2 \cdot \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.w.l.f} := \frac{T_{l.y}}{f_{yd}} = 212.37 \cdot \text{mm}^2$$

Szükséges kengyelszám: $n_{szüks.l.f} := \frac{A_{s.w.l.f}}{A_{sw}} = 0.939$

Alkalmazott kengyelszám: $n_{akl.l.f} := 2 \quad \text{db}$

A szükséges kengyeleket az oszlop tetejétől számított $0,3 \cdot h$ -tól $0,9 \cdot h$ -ig való szakaszon kell elhelyezni.

$$\text{kengyelezett}_{\text{szakasz.l.f}} := 0.9 \cdot h_o - 0.3 \cdot h_o = 180 \cdot \text{mm}$$

II.8.2.2 A felső oszloprész tetejének vizsgálata, keretsíkra merőlegesen, mint kétoldalon nyomott oszlopfej

$$F_{Ed.felső} = 554.01 \cdot \text{kN}$$

$$a_{pecsét} := 10 \text{ cm}$$

$$b_o = 35 \cdot \text{cm}$$

$$T_{l.ff} := \frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot a_{pecsét}}{b_o} \right) \cdot F_{Ed.felső} = 59.358 \cdot \text{kN}$$

A szükséges vasmennyiség:

$$\phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sw} = 226.195 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.w.l.ff} := \frac{T_{l.ff}}{f_{yd}} = 136.524 \cdot \text{mm}^2$$

Szükséges kengyelszám:

$$n_{szüks.l.ff} := \frac{A_{s.w.l.ff}}{A_{sw}} = 0.604$$

Alkalmazott kengyelszám: $n_{alk.l.ff} := 1$ db

A szükséges kengyeleket az oszlop tetejétől számított $0,3 \cdot h$ szakaszon belül kell elhelyezni.

$$\text{kengyelezett}_{szakasz.l.x} := 0.3 \cdot b_o = 105 \cdot \text{mm}$$

A felső oszlopvégen elhelyezendő kengyelek száma összesen:

Oszlop tetejétől $0.3 \cdot h_o = 90 \cdot \text{mm}$ -rel kezdődőleg: $\text{kengyelezett}_{szakasz.l.f} = 18 \cdot \text{cm}$

$$n_{alk.f} := 2 \quad \phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

Oszlop tetejétől számítva:

$$\text{kengyelezett}_{szakasz.l.x} = 10.5 \cdot \text{cm}$$

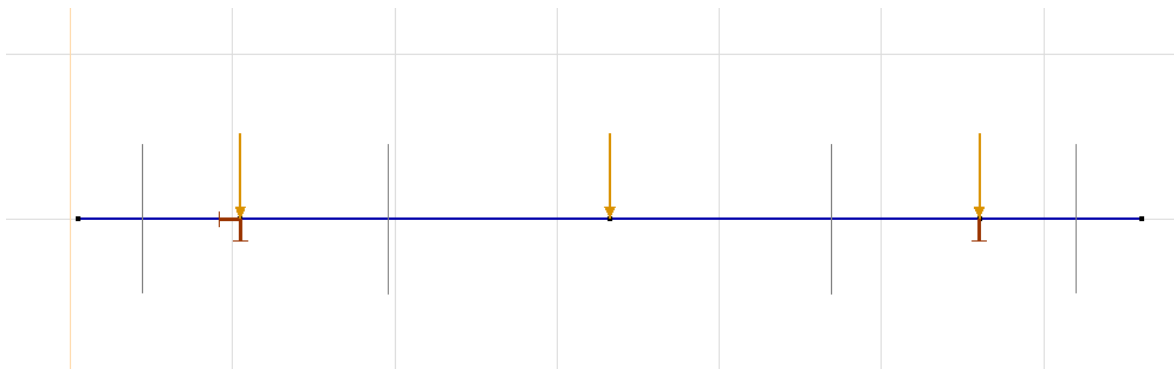
$$n_{alk.ff} := 1 \quad \phi_k = 12 \cdot \text{mm}$$

Összes kengyelszám: 3 db

II.9 Közbenső állapotokra való méretezés

II.9.1. Tárolás állapota

Egy tartó alátámasztva 2 helyen. Terhelés az önsúlyból adódik.



Három támaszerőnk az egy oszlop önsúlyából (balról - jobbra haladva) ezek az értékek terevezési értékek:

$$F_{d.támasz.1} := 5.96 \text{ kN}$$

Az oszlop úgy fekszik, hogy a gyengébbik inerciájú síkjára van hajlítva.

$$F_{d.támasz.2} := 154.93 \text{ kN}$$

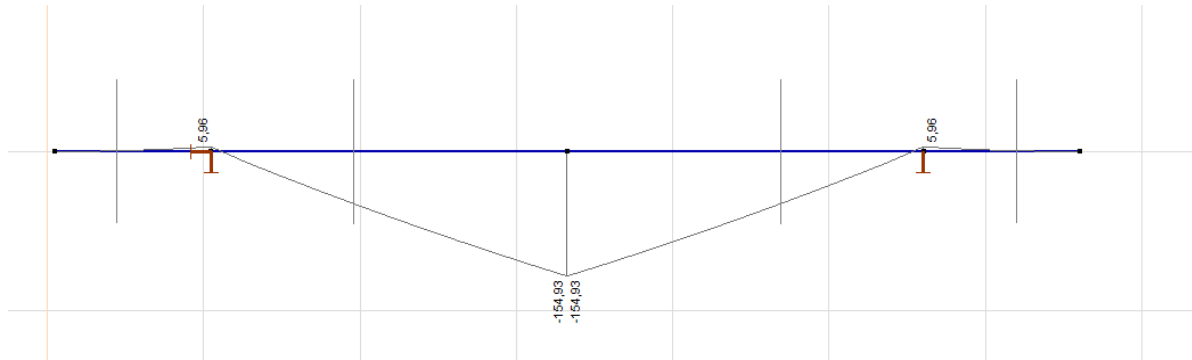
Mivel tárolás során 5 pillért tesznek egymásra, és a legalsó teherbírását vizsgáljuk, ezért a fenti támaszerőket 4 szeresen növelt értékkel kell figyelembe venni.

$$F_{d.támasz.1.négy} := 4 \cdot F_{d.támasz.1}$$

$$F_{d.támasz.1.négy} = 23.84 \cdot \text{kN}$$

$$F_{d.támasz.2.négy} := 4 \cdot F_{d.támasz.2}$$

$$F_{d.támasz.2.négy} = 619.72 \cdot \text{kN}$$



$$M_{Ed\xi.tt} := 154.93 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed.tt} := 0 \text{ kN}$$

Az alsó-szélsősíz feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.av..} := \frac{-N_{Ed.tt}}{A_{i.l.}} + \frac{M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot (b_o - x_{i.l.}) \quad (\sigma_{c.av}) = -11.448 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$|\sigma_{c.av}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Alsó szál feszültsége megfelel.

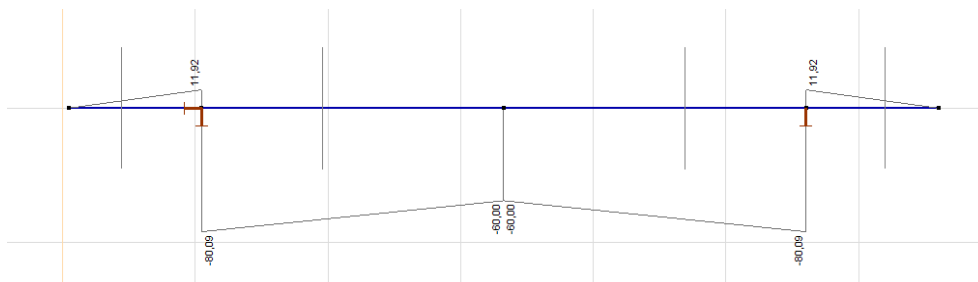
Az felső-szélsősíz feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.fv..} := \frac{-N_{Ed}}{A_{i.l.}} + \frac{-M_{Ed\xi}}{I_{x.i.l.}} \cdot x_{i.l.} \quad \sigma_{c.fv.} = 3.667 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$|\sigma_{c.fv}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Felső szál feszültsége megfelel.

II.9.1.2. Ellenőrzés nyírásra



Mértékadó nyíróerő tárolási állapotban: $V_{\text{Ed.tárol}} := 80.09 \text{ kN}$

Nyomott beton tönkremeneteléhez tartozó ellenállás:

$$d_{\text{tárol}} := b_o - \left(c_{\text{nom}} + \phi_k + \delta + \frac{\phi}{2} \right) = 168 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{s.tárol}} := 6 \cdot A_{\text{sx.alk}} = 13194.7 \cdot \text{mm}^2$$

$$\nu := 0.6 \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right) = 0.552 > 0.5$$

$$k_{\text{tá}} := \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d_{\text{tárol}} \cdot \frac{1}{\text{mm}}}}, 2 \right] = 2$$

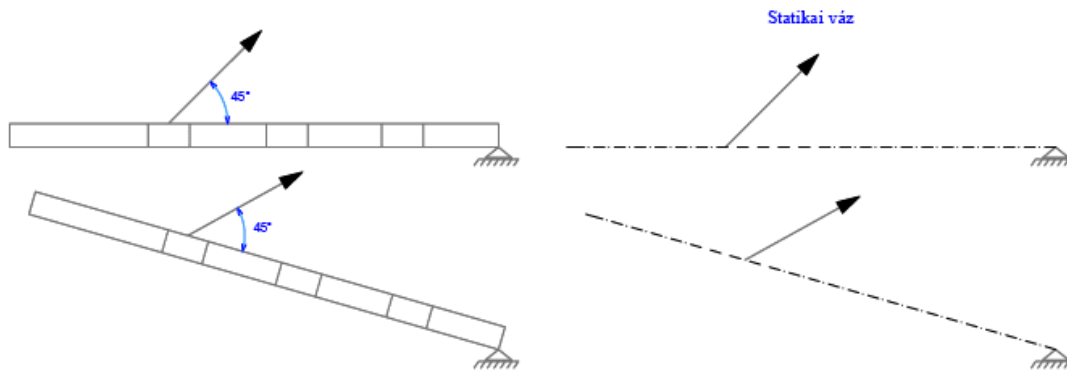
$$\rho_l := \frac{A_{\text{s.tárol}}}{h_o \cdot d_{\text{tárol}}} = 0.262$$

$$b_o = 350 \cdot \text{mm} \quad h_o = 300 \cdot \text{mm} \quad d_{\text{tárol}} = 168 \cdot \text{mm}$$

$$V_{\text{Rd.c.tárol}} := \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k_{\text{tá}} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{\text{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot h_o \cdot d_{\text{tárol}} = 97.493 \cdot \text{kN} > V_{\text{Ed.tárol}} = 80.09 \cdot \text{kN}$$

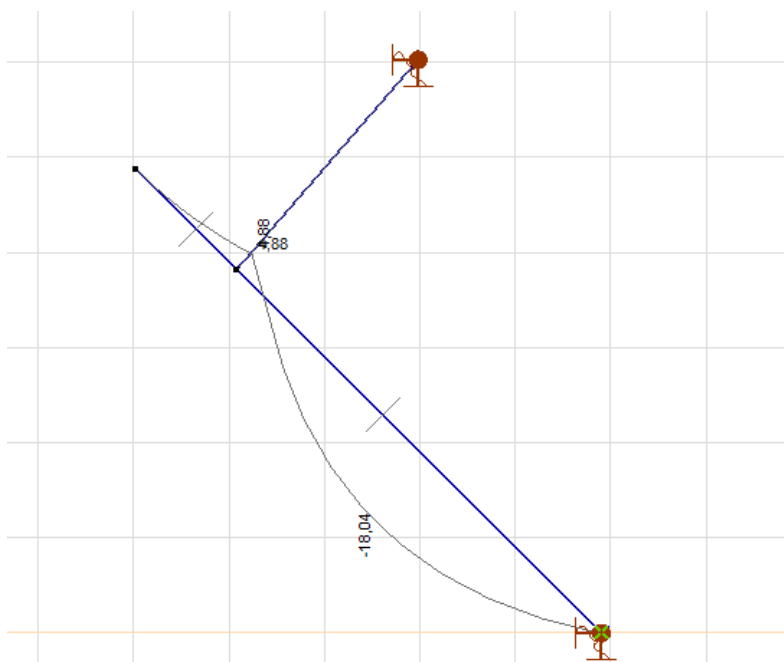
Megfelel, ezért elegendő a szerkesztési szabályok betartása kengyelezést illetően, amit már korábban meghatároztam a nyírási vizsgálatnál.

II.9.2.Felállítási állapota



Statikai modell

45 fokos emelési szög



$$M_{Ed\xi,e} := 18.04 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,e} := 38.50 \text{ kN}$$

Az alsó-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.av,e} := \frac{-N_{Ed,e}}{A_{i,l}} + \frac{-M_{Ed\xi,e}}{I_{x,i,l}} \cdot (b_o - x_{i,l}) \quad \sigma_{c.av,e} = -3.834 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$|\sigma_{c.av,e}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Alsó szál feszültsége megfelel.

Az felső-szélsőszál feszültség ellenőrzése:

$$\sigma_{c.fv,e} := \frac{-N_{Ed,e}}{A_{i,l}} + \frac{M_{Ed\xi,e}}{I_{x,i,l}} \cdot x_{i,l} \quad \sigma_{c.fv,e} = 3.234 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$|\sigma_{c.fv.e}| < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{ahol} \quad 0.6 \cdot f_{ck} = 12 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Felső szál feszültsége megfelel.

A mértékadó nyomaték az oszlopra felállítás során a vízszintes állapotban való megemeléshez tartozik. A statikai modellezés során a terhek az oszlop önsúlyából adódtak. A dinamikus hatás figyelembevétele érdekében az így kapott értékeket 1.5-ös szorzóval felszorozom:

$$\text{Az önsúlyból kapott mértékadó nyomaték az oszlopra:} \quad M_{Ed.emelés} := 18.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A dinamikus hatás figyelembe vételével: $M_{Ed.emelés} := M_{Ed.emelés} \cdot 1.5 = 27.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$
Nyomatéki ellenállás számítása megegyezik a tárolás állapotára meghatározott nyomatéki ellenállással.

$$d_{tárol} = 168 \cdot \text{mm}$$

$$a_{tárol} := b_o - d_{tárol}$$

$$a_{tárol} = 182 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s.tárol} = 13194.7 \cdot \text{mm}^2$$

Kezdeti feltételezés: a nyomott acélok rugalmasak és a húzott acélok folynak

$$r_{0tárol} := \text{root} \left[x_c \cdot h_o \cdot f_{cd} + A_{s.tárol} \cdot \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{a_{tárol}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - A_{s.tárol} \cdot f_{yd}, x_c \right] = 288.892 \cdot \text{mm}$$

$$x_{c.t} := r_{0tárol} = 288.892 \cdot \text{mm}$$

Acélbetétek állapotának ellenőrzése:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{tárol}} = 0.006 < \xi_{co} = 0.493 \quad \text{A húzott acélok folynak}$$

$$\xi_{c0'} := \frac{560}{700 - f_{yd}} \quad \xi_{c0'} = 2.111$$

$$\xi_{c'} := \frac{x_{c.t}}{a_{tárol}} \quad \xi_{c'} = 1.587 < \xi_{c0'} = 2.111 \quad \text{A nyomott acélok rugalmasak.}$$

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s.nyom} := \left(700 - \frac{560}{\frac{x_{c.t}}{a_{tárol}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 347.2 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

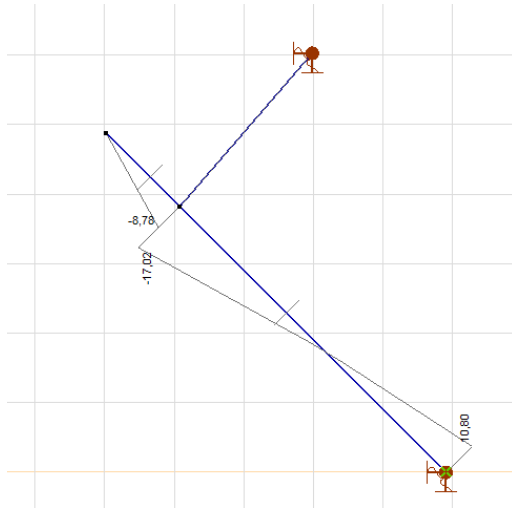
Nyomaték egyenlet a húzott vasak súlyponti vonalára:

$$M_{Rd.emelés} := h_o \cdot x_{c.t} \cdot f_{cd} \cdot \left(d_{tárol} - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s.tárol} \cdot \sigma_{s.nyom} \cdot (d_{tárol} - a_{tárol}) = 129.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.emelés} = 129.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed.emelés} = 27.06 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Megfelel

II.9.3. Ellenőrzés nyírásra



Emelés közben a maximális nyíróerő: $V_{Ed.emelés} := 17.02 \text{ kN}$

A dinamikus tényezővel is számolva: $V_{Ed.emelés} := V_{Ed.emelés} \cdot 1.5 = 25.53 \cdot \text{kN}$

Nyomott beton tönkremeneteléhez tartozó ellenállás:

$$k := \min \left[1 + \sqrt{\left(\frac{200}{d_{tárol} \cdot \frac{1}{\text{mm}}} \right)}, 2 \right] = 2 \quad \nu = 0.552$$

$$\rho_{l,t} := \frac{A_{s,tárol}}{h_o \cdot d_{tárol}} = 0.262 \quad \rho_l = 0.262$$

$$V_{Rd.c.emelés} := \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_{l,t} \cdot f_{ck} \cdot \frac{\text{N}^2}{\text{mm}^4} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot h_o \cdot d_{tárol} = 97.493 \cdot \text{kN} > V_{Ed.emelés} = 25.53 \cdot \text{kN}$$

Megfelel, ezért elegendő a szerkesztési szabályok betartása.

II.9.4. Emelő kampó méretezése

$$F_{Ed.kampó} := 19.16 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.kampó} := F_{Ed.kampó} \cdot 1.5 = 28.74 \cdot \text{kN}$$

Kampó átmérőjének meghatározása:

$$\phi_{kampó} := 20 \text{ mm}$$

$$A_{s.kampó} := \frac{\phi_{kampó}^2 \cdot \pi}{4} = 314.159 \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{yd} = 434.783 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad f_{bd} := 3 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{\text{kampó.szakadás}} := A_{s.\text{kampó}} \cdot f_{yd} = 136.591 \cdot \text{kN} > F_{\text{Ed.kampó}} = 28.74 \cdot \text{kN}$$

Megfelel.

Kampó lehoronyzási hosszának meghatározása:

$$l_{bd.szüks} := \frac{\phi_{\text{kampó}}}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = 72.464 \cdot \text{cm}$$

$$l_{bd.alk.k} := 80\text{cm} \quad \text{A kampó alkalmazott lehorgonyzási hossza.}$$

II.9.5. Emelőcső méretezése

Az emeléshez egy 5cm átmérőjű acélrudat használnak.

A ható teher ilyenkor a tartó önsúlya, amelyet biztonsági és 1,5 szörös dinamikus tényezővel növelünk.

$$\gamma_G = 1.35 \quad \gamma_{vb} = 25 \cdot \frac{\text{kN}}{m^3}$$

Mértékadó erő:

$$F_{\text{Ed.önsúly}} := 1.5 \cdot \gamma_G \cdot (b_o \cdot h_o \cdot 2\text{m} + b_o \cdot h_o \cdot 4.55\text{m}) \cdot \gamma_{vb} = 34.817 \cdot \text{kN}$$

Méretezendő az emelő rúd nyírásra - kétszer nyírt elemként

$$d_{\text{rúd}} := 5\text{cm}$$

$$A_{\text{rúd}} := \frac{d_{\text{rúd}}^2 \cdot \pi}{4} = 1.963 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_{\text{Rd.rúd.nyírás}} := 2 \cdot A_{\text{rúd}} \cdot f_{yd} = 1707.4 \cdot \text{kN} > F_{\text{Ed.önsúly}} = 34.817 \cdot \text{kN}$$

Megfelel.

Emelőrúd lehorgonyzása:

Az emelőrúd köpenycsövét kétszer két darab lehorgonyzóacéllal horgonyzom le.

Egy acél a terhelőerő negyedét viseli.

$$F_{\text{Ed.horgony}} := \frac{F_{\text{Ed.önsúly}}}{4} = 8.704 \cdot \text{kN}$$

$$\phi_{\text{acél}} := 16\text{mm}$$

$$A_{\text{acél}} := \frac{\phi_{\text{acél}}^2 \cdot \pi}{4} = 201.062 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_{\text{Rd.acél}} := A_{\text{acél}} \cdot f_{yd} = 87.418 \cdot \text{kN} > F_{\text{Ed.horgony}} = 8.704 \cdot \text{kN}$$

tehát megfelel

Kampó lehoronyzási hosszának meghatározása:

$$l_{bd.szüks.} := \frac{\phi_{\text{acél}}}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = 579.71 \cdot \text{mm} \quad l_{bd.alk} = 0.6\text{m}$$

Az acélok alkalmazott lehorgonyzási hossza.

II.10. Az oszlophoz csatlakozó szerkezetek csatlakoztató elemei

II.10.1. A rövid főtartó csatlakozó elemei

$$f_{bd.o} = 4.35 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad f_{yd} = 434.783 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \phi_{vas} := 10\text{mm}$$

Az oszlopból kiálló, rövid főtartót rögzítő acélbetétek lehorgonyozása

$$f_{bd.o} = 4.35 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad f_{yd} = 434.783 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \phi_{betét} := 10\text{mm}$$

$$l_{bd.szüks..} := \frac{\phi_{betét}}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd.o}} \quad l_{bd.szüks..} = 249.9 \cdot \text{mm} \quad l_{bd.alk..} := 250\text{mm}$$

Az oszlopból 4db ilyen 10 mm-es betétnek kell kiállnia, mert egy tartót 2db betét rögzít. A biztonság javára 10mm-es acélbetétek helyett 20mm-es acélbetéteket alkalmazok a kivitelezés során.

A betét fejből kilógó hossza, ami belecsúszik a feszített tartóba: 250mm.

A betét teljes hossza a lehorgonyzással együtt: 500 mm.

II.11. Közbenső kehelyalap részletes számítása

Geometriai méretek:

$$a_k := 300\text{cm}$$

$$b_k := 250\text{cm}$$

$$h_k := 40\text{cm}$$

$$b_{keh.szár} := 40\text{cm}$$

Külpontosság

$$e_{alap.x} = 42.642 \cdot \text{cm}$$

$$e_{alap.y} = 2.142 \cdot \text{cm}$$

Mértékadó igénybevételek a talpnál (AXIS VM 12 által meghatározott értékek):

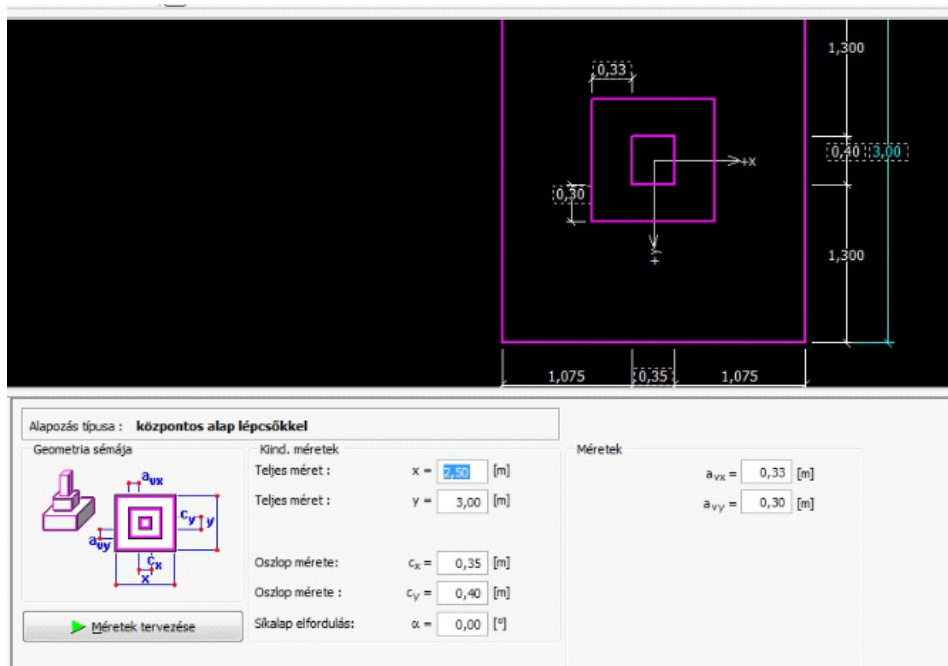
$$M_{Ed.x.kehely} := 81.96\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.y.kehely} := 39.81\text{kN} \cdot \text{m}$$

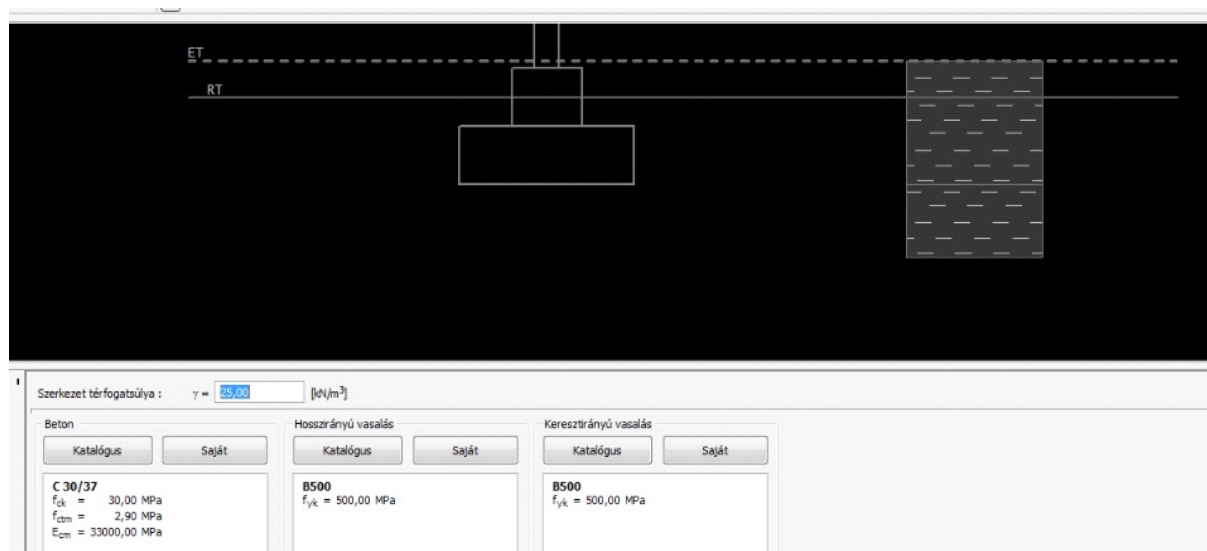
$$N_{Ed.m.kehely} := 433.37\text{kN}$$

Igénybevételek és süllyedések, süllyedés különbségek meghatározása a Geo5 program segítségével.

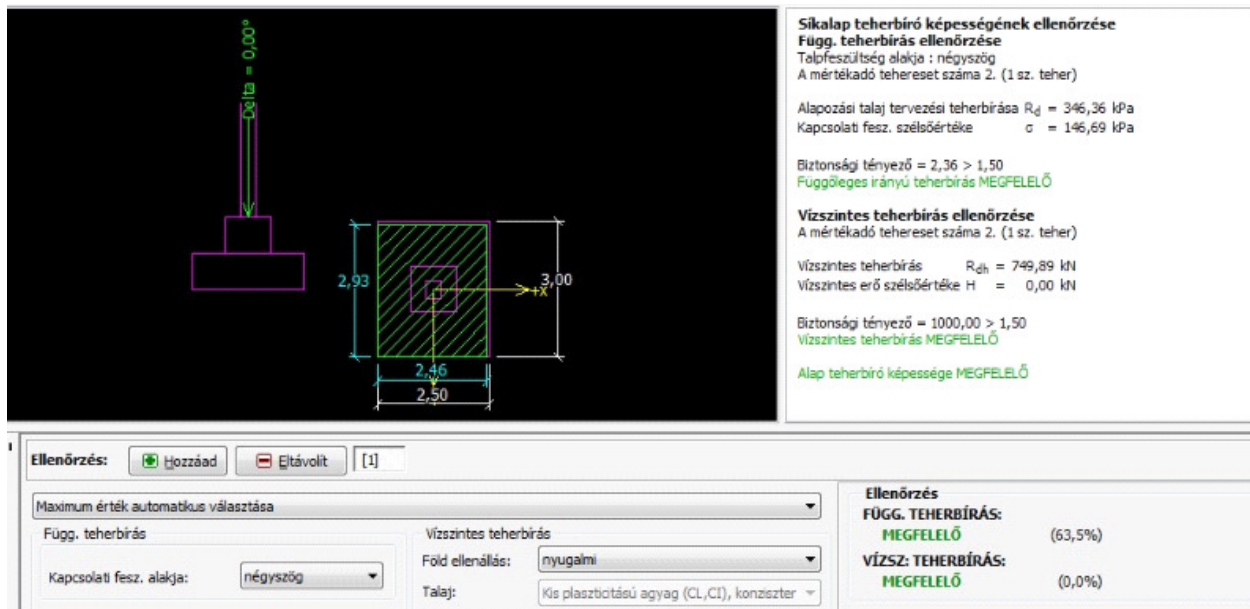
Közbenső kehelyalap



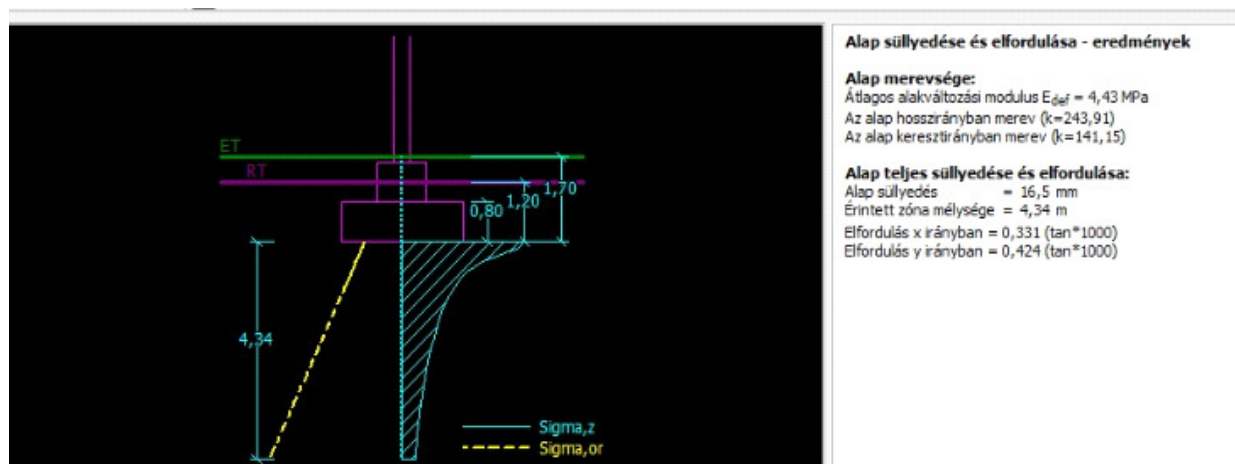
Anyagminőségek



Teherbírási ellenőrzése



Alaptest süllyedése



Vasbeton alap vasalásának ellenőrzése**Alap hosszirányú vasalásának ellenőrzése X irányban**

Vashányad $\rho = 0,15 \% > 0,15 \% = \rho_{\min}$

Semleges tengely helye $x = 0,03 \text{ m} < 0,46 \text{ m} = x_{\max}$

Határnyomaték $M_{Rd} = 1099,15 \text{ kNm} > 148,04 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Keresztmetszet MEGFELELŐ.

Alap hosszirányú vasalásának ellenőrzése Y irányban

Vashányad $\rho = 0,18 \% > 0,15 \% = \rho_{\min}$

Semleges tengely helye $x = 0,04 \text{ m} < 0,46 \text{ m} = x_{\max}$

Határnyomaték $M_{Rd} = 1095,47 \text{ kNm} > 205,30 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Keresztmetszet MEGFELELŐ.

Síkalap átszúródás elleni vizsgálata

Oszlop normálerő $= 833,09 \text{ kN}$

Maximális ellenállás az oszlop kerületén

Az alapozási talajra közvetített erő. $= 15,55 \text{ kN}$

A VB nyírószilárdsága által közvetített erő. $= 817,54 \text{ kN}$

Figyelembevett oszlop kerület $u_0 = 1,50 \text{ m}$

Nyírási ellenállás az oszlop kerületén $V_{Ed, \max} = 0,43 \text{ MPa}$

Ellenállás az oszlop kerületén $V_{Rd, \max} = 4,22 \text{ MPa}$

Kritikus keresztmetszet nyírási vasalás nélkül

Az alapozási talajra közvetített erő. $= 287,58 \text{ kN}$

A VB nyírószilárdsága által közvetített erő. $= 545,51 \text{ kN}$

Keresztmetszet távolsága az oszloptól $= 0,68 \text{ m}$

Keresztmetszeti kerület $u_{cr} = 5,75 \text{ m}$

Nyírófeszültség a keresztmetszetben $V_{Ed} = 0,14 \text{ MPa}$

Keresztmetszet nyírási ellenállása nyírási vasalás nélkül $V_{Rd, c} = 0,80 \text{ MPa}$

$V_{Ed} < V_{Rd, c} \Rightarrow$ Vasalás nem szükséges

Síkalap átszúródása MEGFELELŐ

Nyugati oldalon lévő szélső alap

Alapozás típusa : **központos alap lépcsőkkel**

Geometria sémája

Kind. méretek

Teljes méret : $x = 0,60$ [m]

Teljes méret : $y = 2,00$ [m]

Oszlop mérete : $c_x = 0,30$ [m]

Oszlop mérete : $c_y = 0,30$ [m]

Méret

$a_{vx} = 0,35$ [m]

$a_{vy} = 0,35$ [m]

Teherbírási ellenőrzés

Sikalap teherbíró képességének ellenőrzése

Függ. teherbírási ellenőrzése

Talpfeszültség alakja : négyzet

A mértékadó tehereset száma 2. (1 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírási $R_d = 351,79$ kPa

Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 202,70$ kPa

Biztonsági tényező = $1,74 > 1,00$

Függőleges irányú teherbírási MEGFELELŐ

Vízszintes teherbírási ellenőrzése

A mértékadó tehereset száma 2. (1 sz. teher)

Vízszintes teherbírási $R_{dh} = 341,49$ kN

Vízszintes erő szélsőértéke $H = 0,00$ kN

Biztonsági tényező = $1000,00 > 1,00$

Vízszintes teherbírási MEGFELELŐ

Alap teherbíró képessége MEGFELELŐ

Ellenőrzés: [1]

Maximum érték automatikus választása

Függ. teherbírási

Kapcsolati fesz. alakja : **négyzet**

Vízszintes teherbírási

Föld ellenállás : **nyugalmi**

Talaj : **Kis plasticitású agyag (CL, CI), konziszter**

Ellenőrzés

FÜGG. TEHERBÍRÁS: **MEGFELELŐ** (57,6%)

VÍZSZ. TEHERBÍRÁS: **MEGFELELŐ** (0,0%)

Alaptest süllyedés

Alap süllyedése és elfordulása - eredmények

Alap merevsége:

Átlagos alakváltozási modulus $E_{d,av} = 4,43$ MPa

Az alap hosszirányban merev ($\beta = 1129,22$)

Az alap keresztirányban merev ($\beta_k = 476,39$)

Alap teljes süllyedése és elfordulása:

Alap süllyedés = $14,7$ mm

Érintett zóna mélysége = $3,55$ m

Elfordulás x irányban = $0,043$ (tan*1000)

Elfordulás y irányban = $2,013$ (tan*1000)

Ellenőrzés: [1]

Maximum érték automatikus választása

Kezdeti in-situ feszültség az alap alján

☐ Eredeti terep alapján figyelembe vett

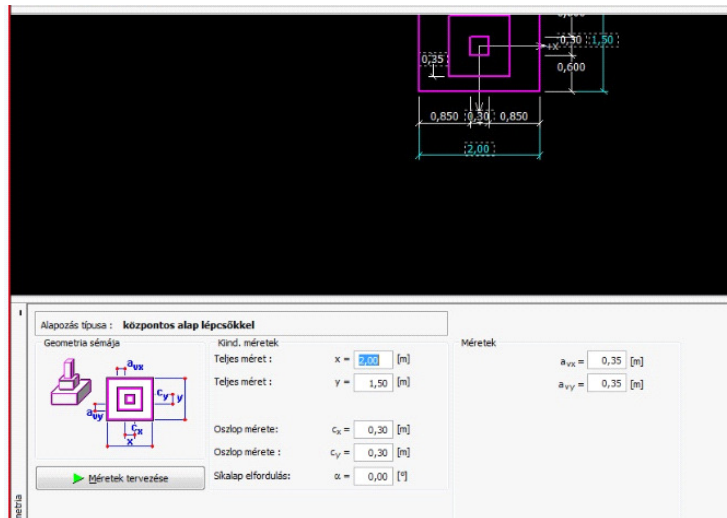
☒ Rendszeres terep alapján figyelembe vett

☐ Nincs figyelembe véve

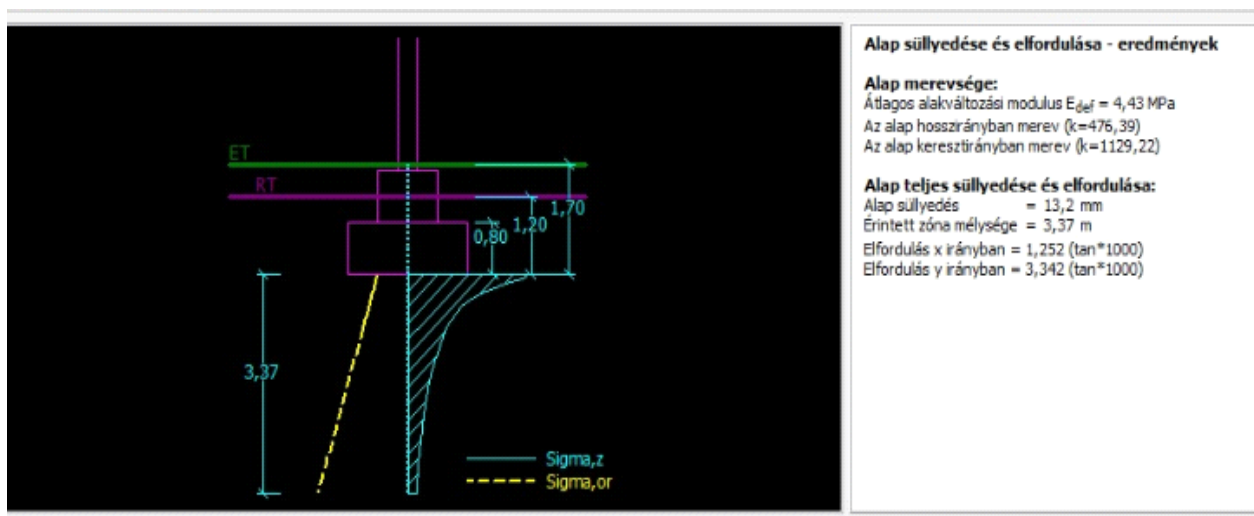
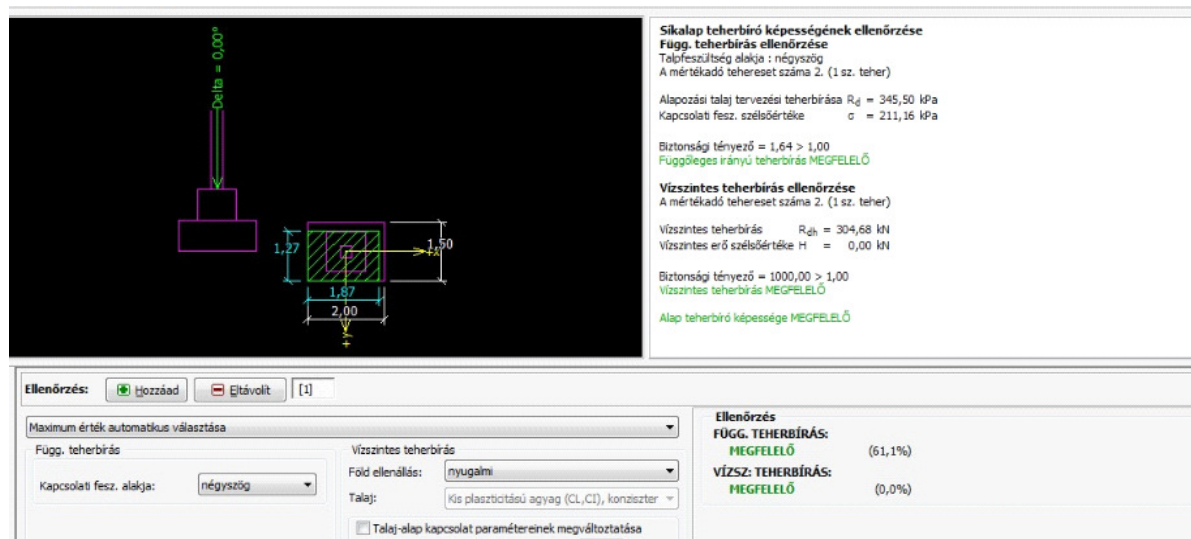
csökkentő tényező a süllyedésszámításhoz

☒ Vegye figyelembe az alap vast. hatását (α_s)

Keleti oldalon lévő szélső alap



Teherbírás ellenőrzése



Süllyedés különbségek számítása:

$$\frac{16.5\text{mm} - 14.7\text{mm}}{20000\text{mm}} = 0.00009 \quad \text{Megfelel}$$

$$\frac{16.5\text{mm} - 13.2\text{mm}}{5100\text{mm}} = 0.000647059 \quad \text{Megfelel}$$

Alkalmazott anyagok, anyagminőségek:

Beton := "C30/37-XC3-16-S4"

A nyomószilárdság karakterisztikus értéke: $f_{ck} = 30 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $\gamma_c := 1.5$

A kedvezőtlen terhelési hatásokat figyelembe vevő tényező:

A nyomószilárdság tervezési értéke: $f_{cd} := \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ $\alpha := 1$ $f_{cd} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A húzószilárdság várható értéke: $f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}$ $f_{ctm} = 2.896 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A rugalmassági modulus várható értéke: $E_{cm} := 22 \cdot \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0.3}$ $E_{cm} = 32.837 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$

A rugalmassági modulus tervezési értéke: $E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_c}$ $E_{cd} = 21.891 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$

A beton határösszenyomódása: $\epsilon_{cu} := 0.0035$

Betonacél := "S500B"

A rugalmassági modulus értéke: $E_s := 200 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$

A folyáshatár karakterisztikus értéke: $f_{yk} = 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $\gamma_s := 1.15$

A folyáshatár tervezési értéke: $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$ $f_{yd} = 435 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

A határnyúlás karakterisztikus értéke: $\epsilon_{su} := 0.05$ (B duktilitási osztály)

Mértékadó igénybevételek

A mértékadó igénybevételeket az oszlop közelítő számításánál határoztam meg:

Keretsíkban: $M_{Ed,tot.y} := M_{Ed,y,kehely} = 39.81 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$ $N_{Ed,tot.y} := N_{Ed,m,kehely} = 433.37 \cdot \text{kN}$

Keretsíkra merőlegesen: $M_{Ed,tot.x} := M_{Ed,x,kehely} = 81.96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$ $N_{Ed,tot.x} := N_{Ed,m,kehely} = 433.37 \cdot \text{kN}$

A redukált nyomaték keretsíkban

Oszlop szélessége:

$$b_{\text{oszlop}} := 400 \text{ mm}$$

$$b_{\text{oszlop},2} := 350 \text{ mm}$$

$$e_{\text{red},y} := \frac{M_{\text{Ed},x,\text{kehely}}}{N_{\text{Ed},\text{tot},y}} = 18.912 \cdot \text{cm}$$

Külpontosság nagyobb, mint az oszlop szélességének fele. Ezért az oszlop felének területén konstans feszültség eloszlást feltételezünk.

$$F_{\text{fesz},\text{test}} := f_{\text{cd}} \cdot \frac{b_{\text{oszlop}}}{2} \cdot b_{\text{oszlop},2} = 1400 \cdot \text{kN}$$

$$e_{\text{fesz},\text{test}} := \frac{b_{\text{oszlop}}}{4} = 100 \cdot \text{mm}$$

Nyomatéki egyenlet az oszlop tengelyvonalára:

$$M_{\text{Ed},\text{red},y,1} := N_{\text{Ed},\text{tot},y} \cdot e_{\text{red},y} - F_{\text{fesz},\text{test}} \cdot e_{\text{fesz},\text{test}} = -58.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Mértékadó nyomaték, amire méretezni kell:

$$M_{\text{Ed},\text{red},y,1} = -58.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 0.5M_{\text{Ed},\text{tot},y} = 19.905 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{ezért } M_{\text{Ed},\text{red},y} := M_{\text{Ed},\text{red},y,1} = -58.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed},\text{tot},x} = 81.96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

II.11.1. Kehelynyak részletes számítása - keretsíkban

Kehelynyak feszültségeinek számítása

$$m := 80 \text{ cm}$$

$$v := b_{\text{keh},\text{szár}} = 40 \cdot \text{cm}$$

$$a_k := h_o + 2 \cdot 10 \text{ cm} = 50 \cdot \text{cm}$$

$$b_k := b_o + 2 \cdot 10 \text{ cm} = 55 \cdot \text{cm}$$

$$a_{k,\text{eff}} := a_k + v = 90 \cdot \text{cm}$$

$$b_{k,\text{eff}} := b_k + v = 95 \cdot \text{cm}$$

$$F_{\text{keh}} := m \cdot a_k = 4000 \cdot \text{cm}^2$$

$$K_{\text{keh}} := \frac{m \cdot a_k^2}{6} = 33333.3 \cdot \text{cm}^3$$

$$M_{\text{Ed},\text{tot},y} := M_{\text{Ed},\text{red},y} = -58.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Ed},\text{tot},y} = 433.37 \cdot \text{kN}$$

$$V_{\text{Ed},\text{tot},y} := 81.96 \text{ kN}$$

$$\sigma_{f,k} := \frac{V_{\text{Ed},\text{tot},y}}{F_{\text{keh}}} + \frac{M_{\text{Ed},\text{tot},y}}{K_{\text{keh}}} = -1.536 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{\text{cd}} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Megfelel.}$$

$$\sigma_{a,k} := \frac{V_{\text{Ed},\text{tot},y}}{F_{\text{keh}}} - \frac{M_{\text{Ed},\text{tot},y}}{K_{\text{keh}}} = 1.946 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{\text{cd}} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Megfelel.}$$

A kehelynyak felső nyomott részének a magassága:

$$m_{ny} := \frac{|\sigma_{f,k}|}{|\sigma_{a,k}| + |\sigma_{f,k}|} \cdot m = 35.293 \cdot \text{cm}$$

A kehelynyak alsó szakaszának magassága:

$$m_h := m - m_{ny} = 44.707 \cdot \text{cm}$$

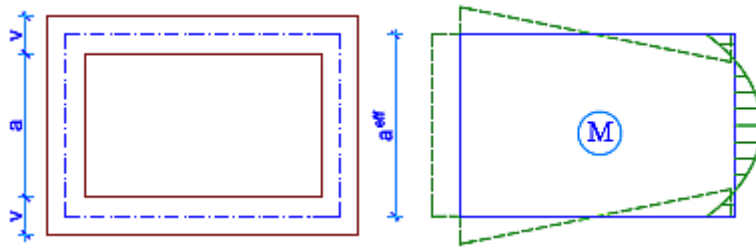
$$H_f := m_{ny} \cdot |\sigma_{f,k}| \cdot a_k \cdot 0.5 = 135.551 \cdot \text{kN}$$

$$H_a := m_h \cdot |\sigma_{a,k}| \cdot a_k \cdot 0.5 = 217.511 \cdot \text{kN}$$

Kehelynyak méretezése

A kehelynyak felső részét keretként közelítem. Itt normálerő, nyíróerő és nyomaték keletkezik.

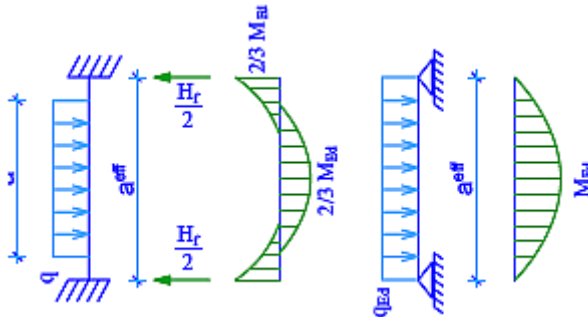
Az $a_{k,eff} = 90 \cdot \text{cm}$ hosszúságú falat kéttámaszú gerendaként méretezem.



A helyettesítő gerendára ható megoszló teher értéke:

$$H_f = 135.551 \cdot \text{kN}$$

$$q_{y,Ed} := \frac{0.5 \cdot a_k \cdot m_{ny} \cdot |\sigma_{f,k}|}{a_{k,eff}} = 150.612 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



$$M_{Ed,aeff.0} := \frac{q_{y,Ed} \cdot a_{k,eff}^2}{8} = 15.25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Az itt kiszámolt nyomatékokat a felső nyomott kehelynyak magasságának 2/3 része veszi fel.

$$M_{Ed,aeff} := \frac{2}{3} \cdot M_{Ed,aeff.0} = 10.166 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Az $M_{Ed,aeff}$ miatt a belső és külső oldali vasalás mennyisége egyenlő. Elegendő a középső keresztmetsztre meghatározni a szükséges vasalás mértékét, mert ugyanaz a számított vasalás szükséges a helyettesítő gerenda szélein is.

Kehelynyak vasalásának kialakítása keretsíkban

Az vasalást a kehelynyak felső nyomott részének a felső 2/3 részében kell elhelyezni.

Betonfedés:	$c_{\text{nom.keh}} := 25\text{mm}$
Vasátmérő:	$\phi_h := 16\text{mm}$
Kengyelátmérő:	$\phi_{k.keh} := 8\text{mm}$
Kedvezőtlen vaselmozdulás:	$\delta_{keh} := 10\text{mm}$
A helyettesítő gerenda magassága:	$v = 400 \cdot \text{mm}$
A helyettesítő gerenda szélessége:	$b_{\text{hely.ger}} := \frac{2}{3} \cdot m_{\text{ny}} = 23.529 \cdot \text{cm}$
Hasznos magasságok:	$d_{y1.keh} := v - \left(c_{\text{nom.keh}} + \phi_{k.keh} + \delta_{keh} + \frac{\phi_h}{2} \right) = 34.9 \cdot \text{cm}$
	$d_{y2.keh} := v - d_{y1.keh} = 5.1 \cdot \text{cm}$

A keresztmetszetben tiszta hajlítás lép fel, a húzott acélok folynak a nyomott acélok rugalmas állapotban vannak.

Feltételezett vasalás mennyisége:	$n_{\text{alk.h.y}} := 4 \quad \text{db}$
Elhelyezhetőség ellenőrzése:	$\Delta s = 21 \cdot \text{mm}$
	$b_{\text{szüks.ger}} := 2 \cdot (c_{\text{nom.keh}} + \phi_{k.keh}) + n_{\text{alk.h.y}} \cdot \phi_h + (n_{\text{alk.h.y}} - 1) \cdot \Delta s = 193 \cdot \text{mm}$
	$b_{\text{szüks.ger}} = 193 \cdot \text{mm} < b_{\text{hely.ger}} = 235.286 \cdot \text{mm}$

Megfelel.

Egy sorban elhelyezett vasalás területe:

$$A_{s.\text{alsó}} := n_{\text{alk.h.y}} \cdot \left(\frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4} \right) = 804.248 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s.\text{felső}} := A_{s.\text{alsó}} = 804.248 \cdot \text{mm}^2$$

Tönkrementel: $\epsilon_{cu} = 0.35 \cdot \%$

$$r_0 := \text{root} \left[b_{\text{hely.ger}} \cdot x_c \cdot f_{cd} + A_{s.\text{felső}} \cdot \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{d_{y2}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - A_{s.\text{alsó}} \cdot f_{yd}, x_c \right]$$

$$r_0 = 164.336 \cdot \text{mm}$$

$$x_{c.k} := r_0 = 164.336 \cdot \text{mm}$$

Feltételezések ellenőrzése:

$$\xi_{c.k} := \frac{x_{c.k}}{d_{y1.keh}} = 0.471 < \xi_{c0} := \frac{560}{700 + f_{yd}} = 0.493 \quad \text{A húzott acélok megfolynak.}$$

$$\xi_{c'.k} := \frac{x_{c.k}}{d_{y2.keh}} = 3.222 > \xi_{c0'} := \frac{560}{700 - f_{yd}} = 2.111 \quad \text{A nyomott acélok rugalmasak.}$$

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s.nyom.k} := \left(700 - \frac{560}{\frac{x_{c.k}}{d_{y2.keh}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 526.209 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Vetületi egyenlet:

$$N_{R.d.keh} := b_{hely.ger} \cdot x_{c.k} \cdot f_{cd} + A_{s.felső} \cdot \sigma_{s.nyom.k} - A_{s.alsó} \cdot f_{yd} = 846.847 \cdot \text{kN}$$

A feltételezés helyes volt, tiszta hajlítás.

Nyomatéki egyenlet az húzott vasak súlyvonalára:

$$M_{Rd.hely.ger} := b_{hely.ger} \cdot x_{c.k} \cdot f_{cd} \cdot \left(v - \frac{x_{c.k}}{2} \right) + A_{s.felső} \cdot \sigma_{s.nyom.k} \cdot (d_{y1.keh} - d_{y2.keh}) = 371.899 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.hely.ger} = 371.899 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed.aeff} = 10.166 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Megfelel.

Alkalmazott vasalás:

alkalmazott acél darabszám:

$$n_{alk.h.y} = 4 \quad \text{db}$$

átmérő:

$$\phi_h = 16 \cdot \text{mm}$$

Kehelynyak vasalásának kialakítása keretsíkban (nyírásra)

$$F_h := H_f = 135.551 \cdot \text{kN}$$

$$A_{c.k} := b_{hely.ger} \cdot v = 941.1 \cdot \text{cm}^2$$

A nyarási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási ellenállása:

$$\gamma_c := 1.5$$

$$k_{keh} := \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d_{y1} \cdot \frac{1}{\text{mm}}}}, 2 \right] = 1.745 < 2$$

$$\rho_{1.keh} := \min \left[\frac{(A_{s.alsó} + A_{s.felső})}{b_{hely.ger} \cdot d_{y1.keh}}, 0.02 \right] = 0.02$$

$$\sigma_{cp,keh} := \min\left(\frac{F_h}{A_{c,k}}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) = 1.44 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{min,keh} := \left(0.035 \cdot k_{keh}^{1.5} \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot \frac{\sqrt{N}}{mm} + 0.15 \cdot \sigma_{cp,keh}\right) \cdot b_{hely,ger} \cdot d_{y1,keh} = 54.038 \cdot kN$$

$$V_{Rd,c,keh} := \max\left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k_{keh} \cdot \left(100 \cdot \rho_{1,keh} \cdot f_{ck} \cdot \frac{N^2}{mm^4}\right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp,keh}\right] \cdot b_{hely,ger} \cdot d_{y1,keh}, V_{min,keh}$$

$$V_{Rd,c,keh} = 84.604 \cdot kN < F_h = 135.551 \cdot kN$$

Szükség van méretezett nyírási vasalásra.

Beton tönkremeneteléhez tartozó nyíróerő:

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.528 > 0.5$$

$$\alpha_{cw} := 1$$

$$\cot\theta := \frac{1}{\tan(45^\circ)} = 1$$

$$\alpha_{sw} := 90^\circ$$

$$V_{Rd,max,keh} := \alpha_{cw} \cdot b_{hely,ger} \cdot 0.9 \cdot d_{y1,keh} \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot\theta + \cot(\alpha_{sw}))}{1 + (\cot\theta)^2} = 390.21 \cdot kN$$

$$V_{Rd,max} = 325.545 \cdot kN > F_h = 135.551 \cdot kN$$

A keresztmetszet nyírásra vasalható.

A felvehető nyíróerő:

A nyíró erőt teljes egészében kengyelekkel veszem fel.

$$\phi_{kengyel} := 12mm$$

$$A_{sw} := \frac{\phi_{kengyel}^2 \cdot \pi}{4} = 113.097 \cdot mm^2$$

$$A_{sw,szüks.} := \frac{F_h}{2 \cdot f_{yd}} = 155.884 \cdot mm^2$$

$$n_{szükséges.} := \frac{A_{sw,szüks.}}{A_{sw.}} = 1.378 \quad n_{alk.} := 2 \text{ db}$$

Kengyelek távolsága:

$$s_{vas} := \frac{b_{hely,ger}}{n_{alk.}} = 117.643 \cdot mm$$

$$s_{alk} := 110mm$$

$$\phi_{kengyel} = 12 \cdot mm$$

Kehelyfal függőleges vasalása(hosszirányban)

A kehelynyakat a függőleges vasalás meghatározása során úgy tekintjük, mint egy alul befogott konzolt.

$$m_{ny} = 35.293 \cdot \text{cm}$$

$$m_h = 44.707 \cdot \text{cm}$$

$$H_f = 135.551 \cdot \text{kN}$$

$$H_a = 217.511 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ed,fgl} := \frac{H_f}{2} \cdot \left(m - \frac{m_{ny}}{3} \right) - \frac{H_a}{2} \cdot \left(\frac{m_h}{3} \right) = 30.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$z_{keh} := b_{k,eff} = 950 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s, fh, szüks} := \frac{M_{Ed,fgl}}{z_{keh} \cdot f_{yd}} = 72.728 \cdot \text{mm}^2$$

$$\phi_{fh} := 16 \text{mm}$$

$$n_{szükséges} := \frac{A_{s, fh, szüks}}{\left(\frac{\phi_{fh}^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 0.362$$

$$n_{fgl, alk} = 1 \quad \text{db}$$

$$\phi_{fh} = 16 \cdot \text{mm}$$

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

$$\frac{\left(\frac{H_f}{2} \right)}{f_{yd}} = 155.884 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{Az alkalmazott vasátmérő:} \quad \phi_{fh} = 16 \cdot \text{mm}$$

$$\Sigma f_k := 155.884 \text{mm}^2$$

$$n_{szüks, fh} := \frac{\Sigma f_k}{\left(\frac{\phi_{fh}^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 0.775$$

$$n_{nyír, hosszir} := 3 \quad \text{db}$$

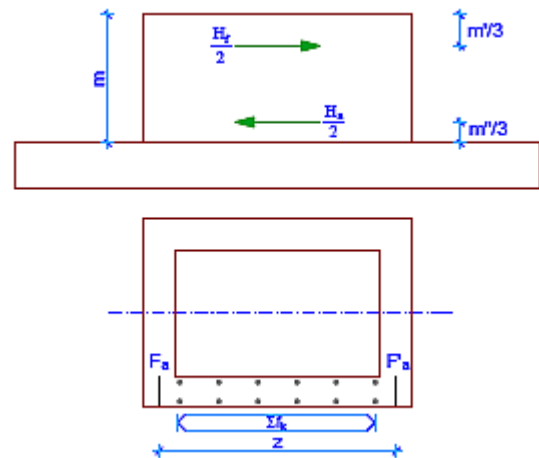
$$\phi_{fh} = 16 \cdot \text{mm}$$

II.11.2 Kehelynyak részletes számítása keretsíkra merőlegesen

$$m = 80 \cdot \text{cm}$$

$$v := b_{keh, szár} = 40 \cdot \text{cm}$$

$$a_k := b_{oszlop} + 2 \cdot 10 \text{cm} = 60 \cdot \text{cm}$$



$$b_k := b_{\text{oszlop.2}} + 2 \cdot 10 \text{ cm} = 55 \cdot \text{cm}$$

$$a_{k.\text{eff}} := a_k + v = 100 \cdot \text{cm}$$

$$b_{k.\text{eff}} := b_k + v = 95 \cdot \text{cm}$$

$$F := m \cdot b_k = 4400 \cdot \text{cm}^2$$

$$K := \frac{m \cdot b_k^2}{6} = 40333.3 \cdot \text{cm}^3$$

$$M_{\text{Ed.tot.x}} = 81.96 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Ed.tot.x}} = 433.37 \cdot \text{kN}$$

$$V_{\text{Ed.tot.x}} := 25.93 \text{ kN}$$

$$\sigma_{f.x} := \frac{V_{\text{Ed.tot.x}}}{F} + \frac{M_{\text{Ed.tot.x}}}{K} = 2.091 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{cd} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Megfelel.}$$

$$\sigma_{a.x} := \frac{V_{\text{Ed.tot.x}}}{F} - \frac{M_{\text{Ed.tot.x}}}{K} = -1.973 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{cd} = 20 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Megfelel.}$$

A kehelynyak felső nyomott részének a magassága:

$$m_{ny.x} := \frac{|\sigma_{f.x}|}{|\sigma_{a.x}| + |\sigma_{f.x}|} \cdot m = 41.16 \cdot \text{cm}$$

A kehelynyak alsó szakaszának magassága:

$$m_{h.x} := m - m_{ny.x} = 38.84 \cdot \text{cm}$$

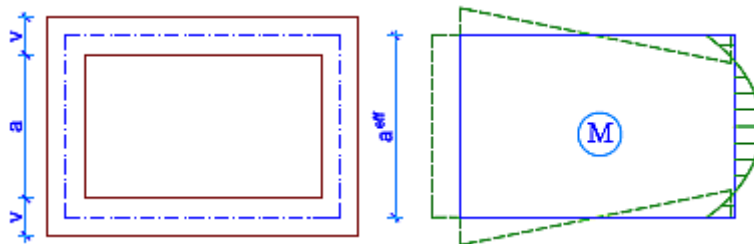
$$H_{f.x} := m_{ny.x} \cdot \sigma_{f.x} \cdot b_k \cdot 0.5 = 236.68 \cdot \text{kN}$$

$$H_{a.x} := m_h \cdot |\sigma_{a.x}| \cdot b_k \cdot 0.5 = 242.586 \cdot \text{kN}$$

Kehelynyak méretezése

A kehelynyak felső részét keretként közelítem. Itt normálerő, nyíróerő és nyomaték keletkezik.

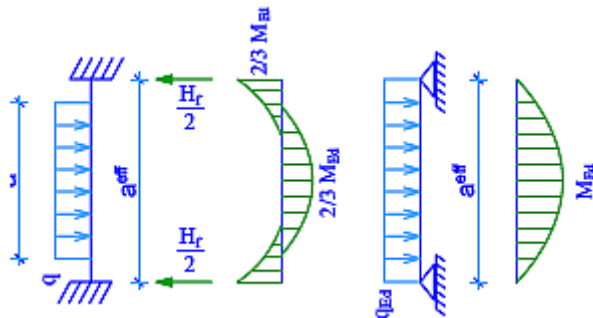
Az $b_{k.\text{eff}} = 95 \cdot \text{cm}$ hosszúságú falat kéttámaszú gerendaként méretezem..



A helyettesítő gerendára ható megoszló teher értéke:

$$H_f = 135.551 \cdot \text{kN}$$

$$q_{y.\text{Ed.x}} := \frac{0.5 \cdot b_k \cdot m_{ny.x} \cdot \sigma_{f.x}}{b_{k.\text{eff}}} = 249.137 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



$$M_{Ed.aeff.0.x} := \frac{q_{y.Ed.x} b_{k.eff}^2}{8} = 28.106 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Az itt kiszámolt nyomatékokat a felső nyomott kehelynyak magasságának 2/3 része veszi fel.

$$M_{Ed.aeff.x} := \frac{2}{3} \cdot M_{Ed.aeff.0.x} = 18.737 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Az $M_{Ed.aeff.x}$ miatt a belső és külső oldali vasalás mennyisége egyenlő. Elegendő a középső keresztmetszetre meghatározni a szükséges vasalás mértékét, mert ugyanaz a számított vasalás szükséges a helyettesítő gerenda szélein is.

II.11.3 Kehelynyak vasalásának kialakítása keretsíkban

Az vasalást a kehelynyak felső nyomott részének a felső 2/3 részében kell elhelyezni.

Betonfedés:	$c_{nom.keh} = 25 \cdot \text{mm}$
Vasátmérő:	$\phi_h = 16 \cdot \text{mm}$
Kengyelátmérő:	$\phi_k = 12 \cdot \text{mm}$
Kedvezőtlen vaselmozdulás:	$\delta = 10 \cdot \text{mm}$
A helyettesítő gerenda magassága:	$v = 400 \cdot \text{mm}$
A helyettesítő gerenda szélessége:	$b_{hely.ger.x} := \frac{2}{3} \cdot m_{ny.x} = 27.44 \cdot \text{cm}$
Hasznos magasságok:	$d_{x1.x} := v - \left(c_{nom.keh} + \phi_k + \delta + \frac{\phi_h}{2} \right) = 34.5 \cdot \text{cm}$
	$d_{x2.x} := v - d_{y1} = 4 \cdot \text{cm}$

A keresztmetszetben tiszta hajlítás lép fel, a húzott acélok folynak a nyomott acélok rugalmas állapotban vannak.

Feltételezett vasalás mennyisége: $n_{alk.k.x} := 4$

Elhelyezhetőség ellenőrzése:

$$b_{szüks.ger.x} := 2 \cdot (c_{nom.keh} + \phi_k) + n_{alk.k.x} \cdot \phi_h + (n_{alk.k.x} - 1) \cdot \Delta_s = 201 \cdot \text{mm}$$

$$b_{szüks.ger.x} = 201 \cdot \text{mm} < b_{hely.ger.x} = 274.4 \cdot \text{mm}$$

Megfelel.

Egy sorban elhelyezett vasalás területe:

$$A_{s,alsó.x} := n_{alk.k.x} \cdot \left(\frac{\phi_h^2 \cdot \pi}{4} \right) = 804.248 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{s,felső.x} := A_{s,alsó.x} = 804.248 \cdot \text{mm}^2$$

Tönkrementel: $\varepsilon_{cu} = 0.35 \cdot \%$

$$r_{0.x} := \text{root} \left[b_{hely,ger.x} \cdot x_c \cdot f_{cd} + A_{s,felső.x} \cdot \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{d_{y2}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - A_{s,alsó.x} \cdot f_{yd} \cdot x_c \right]$$

$$x_c := r_{0.x} = 153.545 \cdot \text{mm}$$

Feltételezések ellenőrzése:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{x1.x}} = 0.445 < \xi_{c0} := \frac{560}{700 + f_{yd}} = 0.493 \quad \text{A húzott acélok megfolynak.}$$

$$\xi_{c'} := \frac{x_c}{d_{x2.x}} = 3.839 > \xi_{c0'} := \frac{560}{700 - f_{yd}} = 2.111 \quad \text{A nyomott acélok megfolynak.}$$

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s,nyom.x} := \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{d_{y2}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = -612.972 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Vetületi egyenlet:

$$N_{Rd.x} := b_{hely,ger.x} \cdot x_{c,k} \cdot f_{cd} + A_{s,felső.x} \cdot \sigma_{s,nyom.x} - A_{s,alsó.x} \cdot f_{yd} = 59.22 \cdot \text{kN}$$

A feltételezés helyes volt, tiszta hajlítás.

Nyomatéki egyenlet az húzott vasak súlyvonalára:

$$M_{Rd,hely,ger.x} := b_{hely,ger.x} \cdot x_{c,k} \cdot f_{cd} \cdot \left(v - \frac{x_{c,k}}{2} \right) + A_{s,felső.x} \cdot \sigma_{s,nyom.x} \cdot (d_{x1} - d_{x2}) = 286.645 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd,hely,ger} = 371.899 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed,aeff.x} = 18.737 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Megfelel

Alkalmazott vasalás:

alkalmazott acél darabszám:

$$n_{alk.k.x} = 4$$

átmérő:

$$\phi_h = 16 \cdot \text{mm}$$

Kehelynyak vasalásának kialakítása keretsíkban (nyírásra)

$$F_{h.x} := \frac{H_{f.x}}{2} = 118.34 \cdot \text{kN}$$

$$A_{c.x} := b_{hely,ger.x} \cdot v = 1097.6 \cdot \text{cm}^2$$

A nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási ellenállása:

$$\gamma_c := 1.5$$

$$k := \min \left[1 + \sqrt{\left(\frac{200}{d_{y1} \cdot \frac{1}{\text{mm}}} \right)}, 2 \right] = 1.745 < 2$$

$$\rho_{1.} := \min \left[\frac{(A_{s.alsó.x} + A_{s.felső.x})}{b_{hely.ger.x} \cdot d_{x1}}, 0.02 \right] = 0.019$$

$$\sigma_{cp.} := \min \left(\frac{F_{h.x}}{A_{c.x}}, 0.2 \cdot f_{cd} \right) = 1.078 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$v_{min.} := \left(0.035 \cdot k^{1.5} \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot \frac{\sqrt{N}}{\text{mm}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp.} \right) \cdot b_{hely.ger.x} \cdot d_{x1} = 52.187 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.c.x} := \max \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_{1.} \cdot f_{ck} \cdot \frac{N^2}{\text{mm}^4} \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp.} \right] \cdot b_{hely.ger.x} \cdot d_{x1}, v_{min.}$$

$$V_{Rd.c.x} = 83.169 \cdot \text{kN} < F_{h.x} = 118.34 \cdot \text{kN}$$

Szükség van méretezett nyírási vasalásra.

Beton tönkremeneteléhez tartozó nyíróerő:

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.528 > 0.5$$

$$\alpha_{cw} := 1$$

$$\cot \theta := \frac{1}{\tan(45^\circ)} = 1$$

$$\alpha_{sw} := 90^\circ$$

$$V_{Rd.max.x} := \alpha_{cw} \cdot b_{hely.ger.x} \cdot 0.9 \cdot d_{x1.x} \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot \theta + \cot(\alpha_{sw}))}{1 + (\cot \theta)^2} = 449.863 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.max.x} = 449.863 \cdot \text{kN} > F_{h.x} = 118.34 \cdot \text{kN}$$

A keresztmetszet nyírásra vasalható

A felvehető nyíróerő:

A nyíró erőt teljes egészében kenyegezéssel veszem fel.

$$\phi_k := 12 \text{ mm}$$

$$A_{sw.x} := \frac{\phi_k^2 \cdot \pi}{4} = 113.097 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{sw.szüks.x} := \frac{F_{h.x}}{2 \cdot f_{yd}} = 136.091 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{szüks.x} := \frac{A_{sw.szüks.x}}{A_{sw.x}} = 1.203$$

$$n_{alk.x} := 2 \quad \text{db}$$

Kengyelek távolsága:

$$s_{\text{vas}} := \frac{b_{\text{hely. ger. x}}}{n_{\text{alk. x}}} = 137.2 \cdot \text{mm}$$

$$s_{\text{alkalm.}} := 130 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{kengyel}} = 12 \cdot \text{mm}$$

Kehelyfal függőleges vasalása(hosszirányban)

A kehelynyakat a függőleges vasalás meghatározása során úgy tekintjük, mint egy alul befogott konzolt.

$$m_{\text{ny. x}} = 411.6 \cdot \text{mm}$$

$$m_{\text{h. x}} = 388.4 \cdot \text{mm}$$

$$H_{\text{f. x}} = 236.68 \cdot \text{kN}$$

$$H_{\text{a. x}} = 242.586 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{Ed. fgl. x}} := \frac{H_{\text{f. x}}}{2} \cdot \left(m - \frac{m_{\text{ny. x}}}{3} \right) - \frac{H_{\text{a. x}}}{2} \cdot \left(\frac{m_{\text{h. x}}}{3} \right) = 62.732 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$z_{\text{xx}} := a_{\text{k. eff}} = 1000 \cdot \text{mm}$$

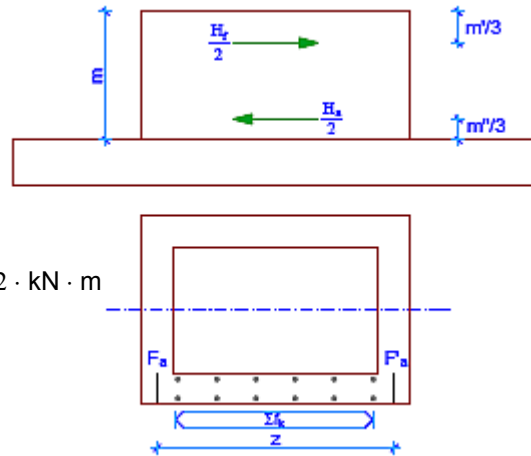
$$A_{\text{s. fx. szüks. x}} := \frac{M_{\text{Ed. fgl. x}}}{z_{\text{xx}} \cdot f_{\text{yd}}} = 144.285 \cdot \text{mm}^2$$

$$\phi_{\text{fh}} = 16 \cdot \text{mm}$$

$$n_{\text{szükséges. x}} := \frac{A_{\text{s. fx. szüks. x}}}{\left(\frac{\phi_{\text{fh}}^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 0.718$$

$$n_{\text{alk. fx}} := 1 \quad \text{db}$$

$$\phi_{\text{fh}} = 16 \cdot \text{mm}$$



A hosszfalban elhelyezendő nyírási vasalás keresztmetszeti területét közelítően az alábbi módon számoltam:

$$\Sigma f_{\text{k. x}} := \frac{H_{\text{f. x}}}{f_{\text{yd}}} = 272.182 \cdot \text{mm}^2$$

Az alkalmazott vasátmérő:

$$\phi_{\text{fh}} = 16 \cdot \text{mm}$$

$$n_{\text{szükség}} := \frac{\Sigma f_{\text{k. x}}}{\left(\frac{\phi_{\text{fh}}^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 1.354$$

$$n_{\text{nyír. hosszfal. x}} := 2 \quad \text{db}$$

$$\phi_{\text{fh}} = 16 \cdot \text{mm}$$

II.12. Talplemez vasalásának számítása - keretsíkban

Mértékadó igénybevételek:

$$M_{\text{Ed. tot. y}} = -58.04 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

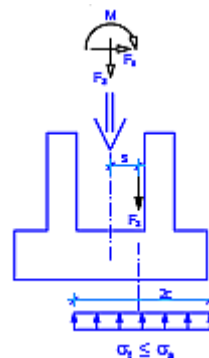
$$N_{\text{Ed. tot. y}} = 433.37 \cdot \text{kN}$$

$$V_{\text{Ed. tot. y}} = 81.96 \cdot \text{kN}$$

Külpontosság keretsíkban:

$$e_{\text{tot},y} := \frac{M_{\text{Ed,tot},y}}{N_{\text{Ed,tot},y}} = -13.393 \cdot \text{cm}$$

$$e_{\text{tot},x} := \frac{M_{\text{Ed,tot},x}}{N_{\text{Ed,tot},y}} = 18.912 \cdot \text{cm}$$



Talplemez méretei:

$$a_{\text{tp}} := 250 \text{ cm}$$

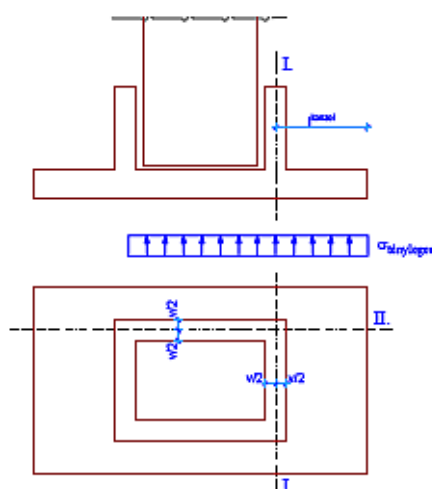
$$b_{\text{tp}} := 300 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tp}} := 80 \text{ cm}$$

Az erő külpontosságának helye:

$$\text{mag}_{\text{fele},y} := \frac{a_{\text{tp}}}{3} \cdot \frac{1}{2} = 416.667 \cdot \text{mm}$$

$$\text{mag}_{\text{fele},x} := \frac{b_{\text{tp}}}{3} \cdot \frac{1}{2} = 500 \cdot \text{mm}$$



$$\text{mag}_{\text{fele},y} = 416.667 \cdot \text{mm} > e_{\text{tot},y} = -133.927 \cdot \text{mm} \quad \text{a belső magon belül van}$$

$$\text{mag}_{\text{fele},x} = 500 \cdot \text{mm} > e_{\text{tot},x} = 189.122 \cdot \text{mm} \quad \text{a belső magon belül van}$$

A kehely önsúlya:

$$G_{\text{k,kehely}} := 92 \text{ kN}$$

A terhelt talajfelület nagysága:

$$c_{y,t} := \frac{a_{\text{tp}}}{2} - e_{\text{tot},y} = 138.393 \cdot \text{cm}$$

$$c_{x,t} := \frac{b_{\text{tp}}}{2} - e_{\text{tot},x} = 131.088 \cdot \text{cm}$$

A tényleges talpfeszültség számítása:

$$F_{\text{Ed,t}} := (N_{\text{Ed,tot},y} + G_{\text{k,kehely}} \cdot 1.35) = 557.57 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{\text{tényleges}} := \frac{F_{\text{Ed,t}}}{2 \cdot c_{y,t} \cdot 2 \cdot c_{x,t}} = 0.077 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

II.12.1. Átszűrődés vizsgálata

Hasznos magasságok:

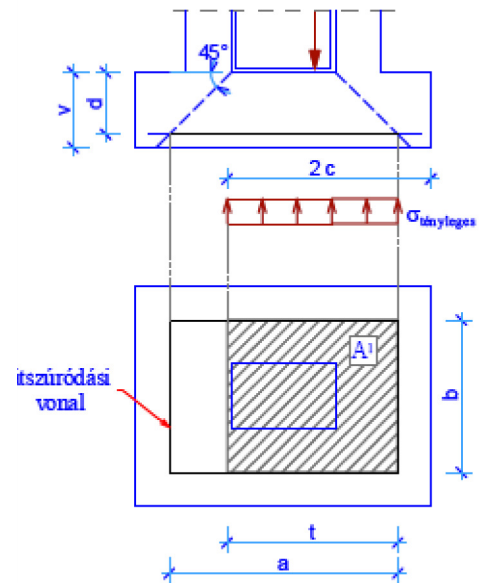
betonfedés: $c_{\text{nom.keh}} = 25 \cdot \text{mm}$

vasátmérő: $\phi_t := 16 \text{ mm}$

vaselmozdulás: $\delta = 10 \cdot \text{mm}$

$$d_{y,t} := v_{tp} - \left(c_{\text{nom.keh}} + \delta + \frac{\phi_t}{2} \right) = 757 \cdot \text{mm}$$

$$d_{x,t} := v_{tp} - \left(c_{\text{nom.keh}} + \delta + \frac{3\phi_t}{2} \right) = 741 \cdot \text{mm}$$



Effektív magasság:

$$d_{\text{eff}} := \frac{d_{x,t} + d_{y,t}}{2} = 749 \cdot \text{mm}$$

Átszűrődési felület:

$$a_{\text{szúr.y}} := 85 \text{ cm} + 2 \cdot d_{\text{eff}} = 234.8 \cdot \text{cm}$$

$$b_{\text{szúr.x}} := 50 \text{ cm} + 2 \cdot d_{\text{eff}} = 199.8 \cdot \text{cm}$$

Átszűrődési felület kerülete:

$$u := 2 \cdot a_{\text{szúr.y}} + 2 \cdot b_{\text{szúr.x}} = 869.2 \cdot \text{cm}$$

Átszűrődést csökkentő erő a talpfeszültségből:

$$F_{\text{Ellen}} := \sigma_{\text{tényleges}} \cdot (a_{\text{szúr.y}} \cdot b_{\text{szúr.x}}) = 360.46 \cdot \text{kN}$$

Átszűrődést okozó erő:

$$F_{\text{szúr}} := N_{\text{Ed.tot.y}} - F_{\text{Ellen}} = 72.91 \cdot \text{kN}$$

$$\beta := 1.5 \quad \text{közelítő tényező}$$

$$u = 869.2 \cdot \text{cm} \quad \text{átszűrődési test kerülete}$$

Fajlagos átszűrődési feszültség:

$$v_{\text{Ed}} := \beta \cdot \frac{F_{\text{szúr}}}{u \cdot d_{\text{eff}}} = 0.017 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Átszűrődési ellenállás:

$$\rho_{1.s} := 0.02 \quad \gamma_c = 1.5$$

$$f_{\text{ck}} = 30 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_s := 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{\text{eff}} \cdot \frac{1}{\text{mm}}}} \quad k_s = 1.517$$

$$v_{\text{Rd.c}} := \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k_s \cdot \left(100 \cdot \rho_{1.s} \cdot f_{ck} \cdot \frac{N^2}{\text{mm}^4} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot d_{\text{eff}}}{\sqrt{2} \cdot d_{\text{eff}}} = 1.008 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} > v_{\text{Ed}} = 0.017 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Megfelel.

II.12.2. Talplemez vasalása keretsíkban

Fajlagos vasalás

Konzol hossza: $l_{\text{konz.y}} := \frac{a_{\text{tp}}}{2} - v - \frac{a_k}{2} = 550 \cdot \text{mm}$

Megoszló teher: $q_{\text{talp}} := \sigma_{\text{tényleges}} \cdot 1\text{m} = 76.836 \cdot \frac{N}{\text{mm}}$

Mértékadó nyomaték: $M_{\text{Ed.y.konz}} := \frac{q_{\text{talp}} \cdot l_{\text{konz.y}}^2}{2} = 11.621 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Feltételezzük, hogy a nyomott acélok rugalmasak, a húzottak folynak.

$$\begin{aligned} \xi_{c0} &= 0.493 & \alpha &= 1 \\ d_{\text{eff}} &= 749 \cdot \text{mm} & v_{\text{tp}} &= 0.8\text{m} \\ \phi_t &= 16 \cdot \text{mm} & d_{y,t} &= 0.757\text{m} \end{aligned}$$

Feltételezett vasalás:

$$n_{\text{alk.y.konz}} := 5$$

$$A_{s.\text{konzol.y}} := \frac{\phi_t^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\text{alk.y.konz}} = 1005.3 \cdot \text{mm}^2$$

$$a_{y,t} := v_{\text{tp}} - d_{y,t} = 43 \cdot \text{mm}$$

Tönkremenetel: $\varepsilon_{cu} = 0.35 \cdot \%$

Nyomott acélok rugalmasak húzott acélok folynak.

$$r_0 := \text{root} \left[1\text{m} \cdot x_c \cdot f_{cd} + A_{s.\text{konzol.y}} \cdot \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{a_{y,t}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - A_{s.\text{konzol.y}} \cdot f_{yd} \cdot x_c \right]$$

$$r_0 = 28.758 \cdot \text{mm}$$

$$x_c := r_0 = 28.758 \cdot \text{mm}$$

Acélbetétek állapotának ellenőrzése:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{y,t}} = 0.038 < \xi_{c0} = 0.493 \quad \text{A húzott acélok folynak.}$$

$$\xi_{c'} := \frac{x_c}{a_{y,t}} = 3.571 > \xi_{c0'} = 2.111 \quad \text{A nyomott acélok rugalmasak}$$

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s,talp} := \left[\left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{a_{y,t}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right] = 137.337 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára:

$$M_{Rd,konz} := 1 \text{ m} \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot d_y \dots = 201 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed,y,konz} = 11.621 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \\ + A_{s,konzol,y} \cdot \sigma_{s,talp} \cdot (d_{y,t} - a_{y,t})$$

A konzol hajlításra megfelel.

$$n_{alk,y,konz} = 5$$

Alkalmazott vasalás méterenként:

$$\phi_t = 16 \cdot \text{mm}$$

II.12.3. Talplemez vasalása keretsíkra merőlegesen

Fajlagos vasalás

$$\text{Konzol hossza:} \quad l_{konz,x} := \frac{b_{tp}}{2} - v - \frac{b_k}{2} = 825 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Megoszló teher:} \quad q_{talp} = 76.836 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Mértékadó nyomaték:} \quad M_{Ed,x,konz} := \frac{q_{talp} \cdot l_{konz,x}^2}{2} = 26.148 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Azt feltételezem, hogy a nyomott acélok rugalmasak, a húzottak folynak.

$$\xi_{c0} = 0.493 \quad \alpha = 1$$

$$d_{eff} = 749 \cdot \text{mm} \quad v_{tp} = 0.8 \text{ m}$$

$$\phi_t = 16 \cdot \text{mm} \quad d_{y,t} = 75.7 \cdot \text{cm}$$

Feltételezett vasalás:

$$n_{alk,x,konz} := 5$$

$$A_{s,konzol,x} := \frac{\phi_t^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{alk,x,konz} = 1005.3 \cdot \text{mm}^2$$

$$a_{x,talp} := v_{tp} - d_{x,t} = 59 \cdot \text{mm}$$

Tönkremenetel: $\varepsilon_{cu} = 0.35 \cdot \%$ Nyomott acélok rugalmasak húzott acélok folynak.

$$r_0 := \text{root} \left[1 \text{ m} \cdot x_c \cdot f_{cd} + A_{s.konzol.x} \cdot \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{a_{x.talp}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} - A_{s.konzol.x} \cdot f_{yd}, x_c \right]$$

$$r_0 = 34.628 \cdot \text{mm}$$

$$x_{c...} := r_0 = 34.628 \cdot \text{mm}$$

Acélbetétek állapotának ellenőrzése:

$$\xi_c := \frac{x_c}{d_{x.t}} = 0.039 < \xi_{c0} = 0.493 \quad \text{A húzott acélok folynak.}$$

$$\xi_{c'} := \frac{x_c}{a_{x.talp}} = 2.602 > \xi_{c0'} = 2.111 \quad \text{A nyomott acélok folynak.}$$

N

Nyomott acélban keletkező feszültség:

$$\sigma_{s.x.talp} := \left| \left(700 - \frac{560}{\frac{x_c}{a_{x.talp}}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right| = 484.818 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Nyomatéki egyenlet a húzott vasak súlypontjára:

$$M_{Rd.konz.x} := 1 \text{ m} \cdot x_{c...} \cdot f_{cd} \cdot (d_{x.t}) \dots = 845.596 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > M_{Ed.x.konz} = 26.148 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$+ A_{s.konzol.x} \cdot \sigma_{s.x.talp} \cdot (d_{x.t} - a_{x.talp})$$

A konzol hajlításra megfelel.

Alkalmazott vasalás méterenként:

$$n_{alk.x.konz} = 5 \quad \phi_t = 16 \cdot \text{mm}$$

$$s_{talp} := 200 \text{mm}$$

II.12.4. Kehelytalp vasalásának kialakítása keretsíkban (nyírásra)

$$F_{h.x} := \frac{H_{f.x}}{2} = 118.34 \cdot \text{kN}$$

$$A_{c.x.t} := b_{tp} \cdot 80 \text{cm} = 24000 \cdot \text{cm}^2$$

A nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási ellenállása:

$$\gamma_c := 1.5$$

$$k := \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d_{y1} \cdot \frac{1}{\text{mm}}}}, 2 \right] = 1.745 < 2$$

$$\rho_1 := \min \left[\frac{(A_{s.alsó.x} + A_{s.felső.x})}{b_{tp} \cdot d_{x1}}, 0.02 \right] = 0.001702$$

$$\sigma_{cp.t} := \min \left(\frac{F_{h.x}}{A_{c.x.t}}, 0.2 \cdot f_{cd} \right) = 0.049 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$v_{\min.} := \left(0.035 \cdot k^{1.5} \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot \frac{\sqrt{N}}{\text{mm}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp,t} \right) \cdot b_{tp} \cdot d_{x1} = 424.711 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.c.x} := \max \left[\left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \cdot \frac{N^2}{\text{mm}^4} \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_{tp} \cdot d_{x1}, v_{\min.} \right] = 493.657 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.c.x} = 493.657 \cdot \text{kN} > F_{h.x} = 118.34 \cdot \text{kN}$$

Nincs szükség méretezett nyírási vasalásra.

Vasbeton lépcső vasalása:

Lépcsőre leadódó teher:

$$P_{Ed} := 13.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

C 25/30-XC1-15-F3

$$f_{ck} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd.lép} := \frac{f_{ck}}{1.5} = 16.667 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

S 500 B:

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{yd.lép} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \phi_{lép} := 16\text{mm} \quad c_{nom.lép} := 30\text{mm}$$

$$x_c := 1 \text{ mm}$$

Given

$$x_c := \text{Find}(x_c) = 23.39 \cdot \text{cm}$$

$$x_{c,l} := 1\text{mm}$$

Given

$$x_{c,l} := \text{Find}(x_{c,l}) = 64.695 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{teng.m}} := 96$$

$$q_b := 0.252 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Given

$X := 1\text{ mm}$

$X := \text{Find}(X) = 487.3 \cdot \text{mm}$

$$a := \frac{a}{m}$$

$$a := a \cdot m$$

Given

$$x_c := 1\text{ mm}$$

$$x_c := \text{Find}(x_c)$$

$$d_h := \frac{d_h}{\text{mm}}$$

$$d_h := d_h \cdot \text{mm}$$

S_i

$$x_{II} := 400\text{mm}$$

Given

$$\frac{I_{III}(x_{II})}{S_{III}(x_{II})} - \frac{M_{gqp}(x_{II})}{N_{pm}} = 0$$

$$x_{II} := \text{Find}(x_{II}) \quad x_{II} = 567.726 \cdot \text{mm}$$

$$f_{ck} := f_{ck} \cdot \frac{N^2}{mm^4}$$

$$f_{ck} := \frac{f_{ck}}{\frac{N^2}{mm^4}}$$

$Nyomott_{beton} := \text{if}(V_{Rd.c.tárol} > V_{Ed.tárol}, \text{"MEGFELEL! "}, \text{"TÖNKRE MEGY!"})$

$Nyomott_{beton} = \text{"MEGFELEL! "}$

$$x_c := 1 \text{ mm}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yd}}{\frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$\text{Húzott}_{\text{acélok}} \quad f_{yd} := f_{yd} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \text{ "OLYNAK" , "RUGALMASAK"}$$

$$\text{Húzott}_{\text{acélok}} = \blacksquare$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} := \text{if}(\xi_c' > \xi_{c0}', \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} = \text{"RUGALMASAK"}$$

Feltételezés helyes volt!

$$\text{Tároláskor}_{\text{az.oszlop.végleges.állapotra.tervezett.vasalása}} := \text{if}(\textcolor{red}{M_{\text{Rd.tárol}}} > M_{\text{Ed.tárolás}}, \text{"MEGFELEL!"}, \text{"NEM FELEL NEM FELEL!"})$$

$$\text{Tároláskor}_{\text{az.oszlop.végleges.állapotra.tervezett.vasalása}} = \blacksquare$$

$\text{Nyomott}_{\text{beton}} := \text{if}(V_{\text{Rd.c.emelés}} > V_{\text{Ed.emelés}}, \text{"MEGFELEL! "}, \text{"TÖNKRE MEGY!"})$

$\text{Nyomott}_{\text{beton}} = \text{"MEGFELEL! "}$

$$\text{Kampószakadásra} := \text{if}(\text{F}_{\text{kampó.szakadás}} > \text{F}_{\text{Ed.kampó}}, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$$

$$\text{Kampószakadásra} = \text{"MEGFELEL"}$$

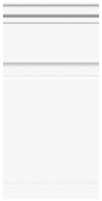
$$l_{\text{bd.alk}} := \frac{\text{ceil}\left(\frac{l_{\text{bd.szüks}}}{\text{m}} \cdot 10\right)}{10} \cdot \text{m} = 0.8 \text{ m}$$

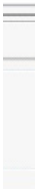
$$\gamma_G := 1.35 \quad \gamma_{\text{vb}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Emelőrúd.nyírásra} := \text{if}(\text{F}_{\text{Rd.rúd.nyírás}} > \text{F}_{\text{Ed.önsúly}}, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$$

$$\text{Emelőrúd.nyírásra} = \text{"MEGFELEL"}$$

$$l_{\text{bd.alk}} := \frac{\text{ceil}\left(l_{\text{bd.szüks.}} \cdot \frac{10}{\text{m}}\right)}{10} \cdot \text{m} = 0.6 \text{ m}$$





...

$$f_{ck} := \text{str2num}(\text{substr}(\text{Beton}, 1, 2)) \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ck} := \frac{f_{ck}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$f_{ctm} := f_{ctm} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{cm} := E_{cm} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ck} := f_{ck} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := \text{if} \left(\text{substr}(\text{Betonacél}, 1, 1) = ".", 10 \cdot \text{str2num}(\text{substr}(\text{Betonacél}, 5, 2)) \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{str2num}(\text{substr}(\text{B}$$

$$x_c := 1\text{mm}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yd}}{\frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$\text{Húzott}_{\text{acélok}} := \text{if}(\xi_c < \xi_{c0}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"}) \quad \text{Húzott}_{\text{acélok}} = \text{"FOLYNAK"}$$

$$f_{yd} := f_{yd} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} := \text{if}(\xi_{c'} > \xi_{c0'}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} = \text{"RUGALMASAK"}$$

$$\text{Helyettesítő}_{\text{gerenda.vasalása.nyomatékra}} := \text{if}(M_{\text{Rd.hely.ger}} > M_{\text{Ed.aeff}}, \text{"MEGFLEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$$

$$\text{Helyettesítő}_{\text{gerenda.vasalása.nyomatékra}} = \text{"MEGFLEL"}$$

$$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} := \text{if}(V_{\text{Rd.c}} < F_h, \text{"IGEN"}, \text{"NEM"})$$

$$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} = \text{"NEM"}$$

$$f_{\text{ck}} := f_{\text{ck}} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$f_{\text{ck}} := \frac{f_{\text{ck}}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}$$

$$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} := \text{if}(V_{\text{Rd.max}} > F_h, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$$

$$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} = \text{"MEGFELEL"}$$

$$n_{\text{fgl.alk}} := \text{ceil}(n_{\text{szükséges}}) = 1$$

$$x_c := 1 \text{ mm}$$

$$\text{Húzott}_{\text{acélok}} = \text{"FO"}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yd}}{\frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$\text{Húzott}_{\text{acélok}} := \text{if}(\xi_c < \xi_{c0}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$$

$$\text{Helye} f_{yd} := f_{yd} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \text{; alása.nyomatékra} := \text{if}(M_{\text{Rd.hely.ger}} > M_{\text{Ed.aeff}}, \text{"MEGFLEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} := \text{if}(\xi_{c'} > \xi_{c0'}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$$

$$\text{Nyomott}_{\text{acélok}} = \text{"FOLYNAK"}$$

$$\text{Helyettesítő}_{\text{gerenda.vasalása.nyomatékra}} = \text{"MEGFLEL"}$$

$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} := \text{if}(V_{\text{Rd.c}} < F_h, \text{"IGEN"}, \text{"NEM"})$

$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} = \text{"NEM"}$

$$f_{\text{ck}} := f_{\text{ck}} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$f_{\text{ck}} := \frac{f_{\text{ck}}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}$$

$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} := \text{if}(V_{\text{Rd.max}} > F_h, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$

$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} = \text{"MEGFELEL"}$

Talpfeszültség := if($\sigma_{\text{tényleges}} > \sigma_{\text{Határ}}$, "NEM FELEL MEG", "MEGFELEL")

Talpfeszültség = ■

$\text{kehelyalap}_{\text{átszúródásra}} := \text{if}(v_{\text{Rd.c}} > v_{\text{Ed}}, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$

$\text{kehelyalap}_{\text{átszúródásra}} = \text{"MEGFELEL"}$

$\text{Húzott}_{\text{acéllok}} := \text{if}(\xi_c < \xi_{c0}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"}) \quad \text{Húzott}_{\text{acéllok}} = \text{"FOLYNAK"}$

$\text{Nyomott}_{\text{acéllok}} := \text{if}(\xi_{c'} > \xi_{c0'}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$

$\text{Nyomott}_{\text{acéllok}} = \text{"FOLYNAK"}$

$\text{konzol}_{\text{hajlításra}} := \text{if}(M_{\text{Rd.konz}} > M_{\text{Ed.y.konz}}, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$

$\text{konzol}_{\text{hajlításra}} = \text{"MEGFELEL"}$

$\text{Húzott}_{\text{acélok.}} := \text{if}(\xi_c < \xi_{c0}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$ $\text{Húzott}_{\text{acélok.}} = \text{"FOLYNAK"}$

$\text{Nyomott}_{\text{acélok.}} := \text{if}(\xi_c > \xi_{c0}, \text{"FOLYNAK"}, \text{"RUGALMASAK"})$ $\text{Nyomott}_{\text{acélok.}} = \text{"FOLYNAK"}$

$\text{konzol}_{\text{hajlításra.x}} := \text{if}(M_{\text{Rd.konz.x}} > M_{\text{Ed.x.konz}}, \text{"MEGFEL"}, \text{"NEM FELEL ME})$ $\text{konzol}_{\text{hajlításra.x}} = \text{"MEGFEL"}$

$a_{\text{tp}} := 250\text{cm}$

$b_{\text{tp}} := 300\text{cm}$

$v_{\text{tp}} := 80\text{cm}$

$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} := \text{if}(V_{\text{Rd.c}} < F_h, \text{"IGEN"}, \text{"NEM"})$

$\text{Kell}_{\text{e.méretezett.nyírási.vas}} = \text{"NEM"}$

$$f_{\text{ck}} := f_{\text{ck}} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$f_{\text{ck}} := \frac{f_{\text{ck}}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}$$

$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} := \text{if}(V_{\text{Rd.max}} > F_h, \text{"MEGFELEL"}, \text{"NEM FELEL MEG"})$

$\text{Beton}_{\text{keresztmetszet}} = \text{"MEGFELEL"}$

$$\text{szüks} := s_{\text{szüks}} \cdot \text{mm}$$

MEG!")

.oszlop.végleges.állapotra.tervezett.vasalása := if($M_{\text{Rd.emelés}} > M_{\text{Ed.emelés}}$, "MEGFELEL!", "NEM FELEL MEG!")

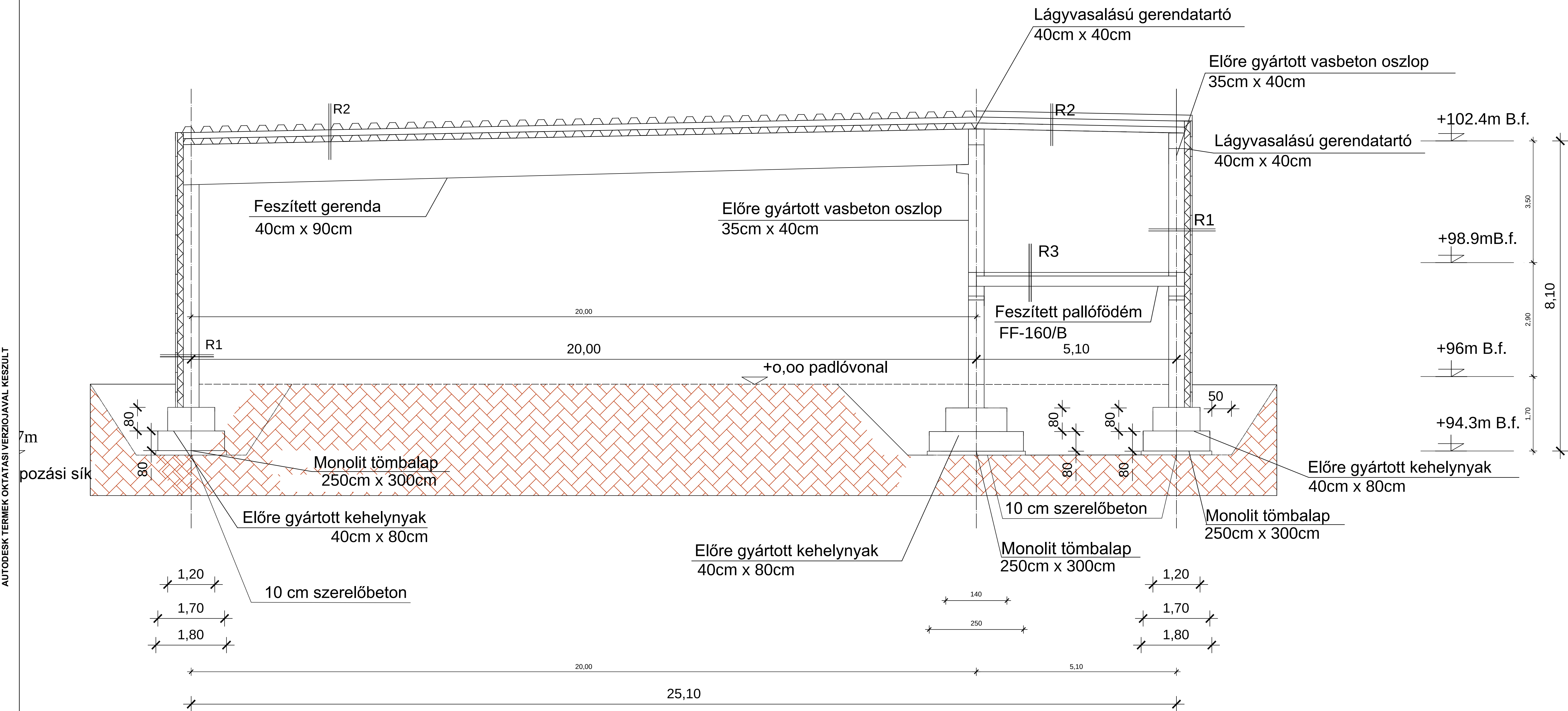
$$\left. \text{etonacél, 1, 3))} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

YNAK"

AK"

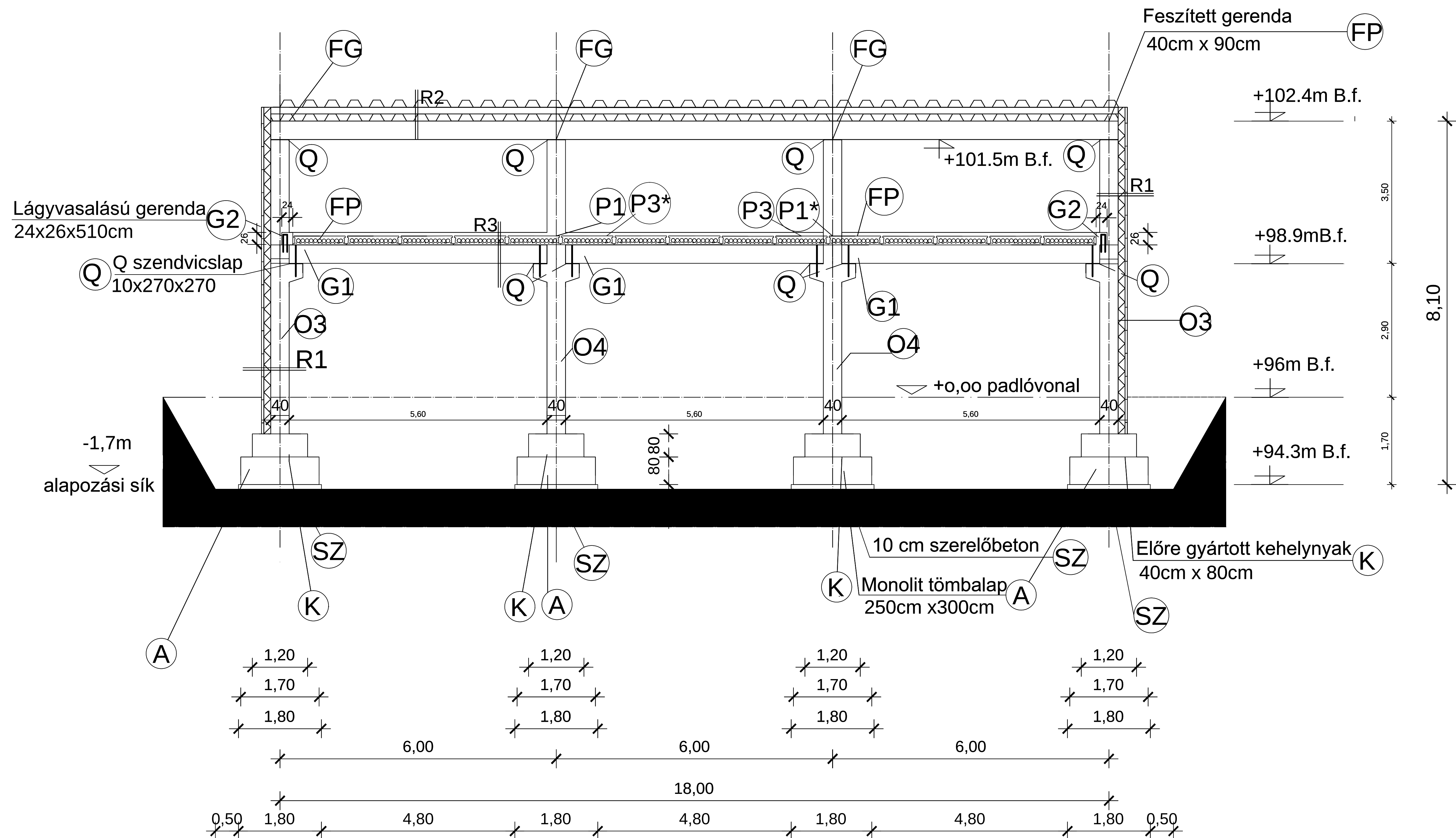
LYNAK"

EL"



- R1**
 - bitumenes vízszigetelés 2rtg.
 - kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
 - párazáró fólia
 - szendvics panel
- R2**
 - bitumenes vízszigetelés 2rtg.
 - trapézlemez (LTP 45)
 - kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
 - párazáró fólia
 - trapézlemez (LTP45)
- R3**
 - mozaiklap burkolat
 - alátét fólia
 - két réteg gipszrost lemez
 - Isover lépéshanggátló
 - technológiai vízszigetelés
 - vasalt felbeton réteg

KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-06
KIVITELI TERV-KERESZTMETSZET		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



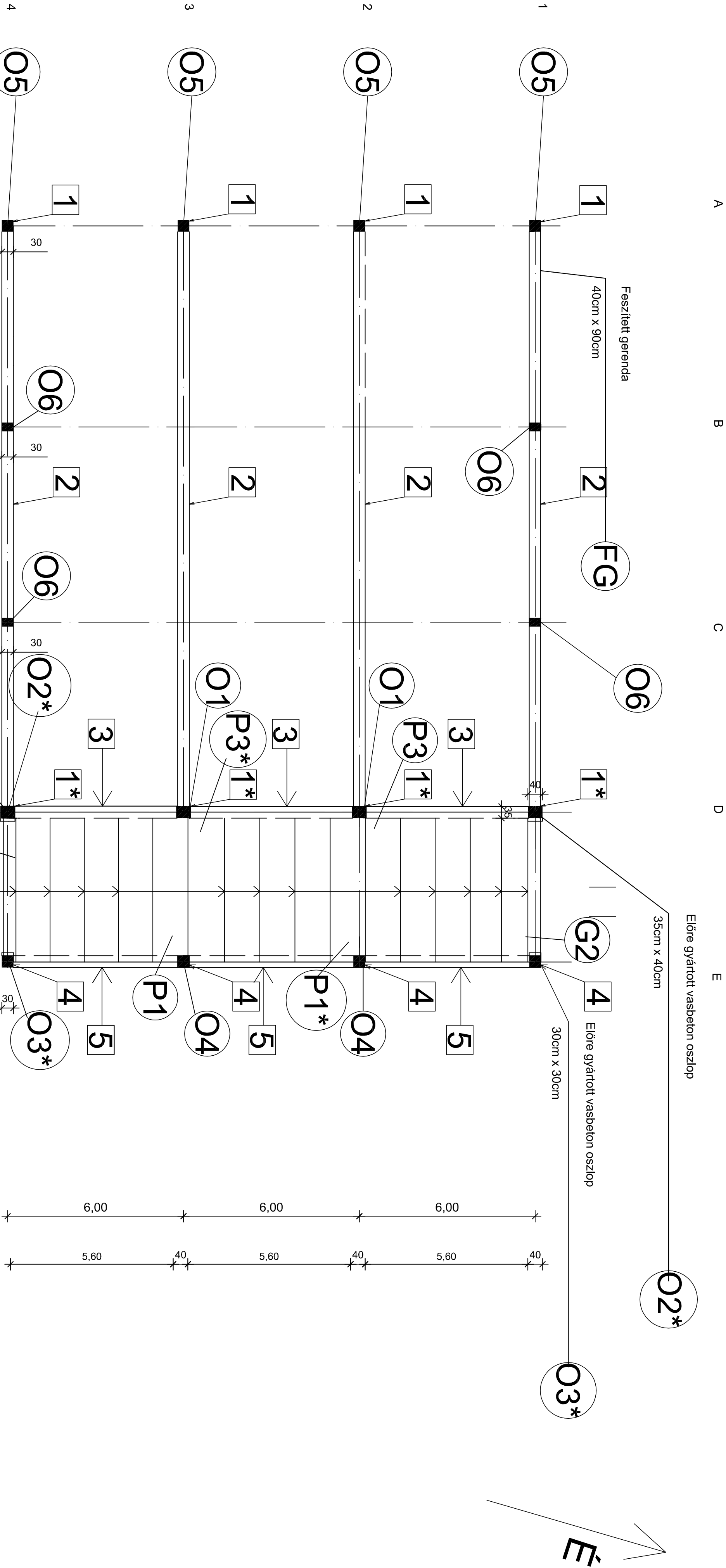
R1 bitumenes vízszigetelés 2rtg.
kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
párázáró fólia
szendvics panel

R3

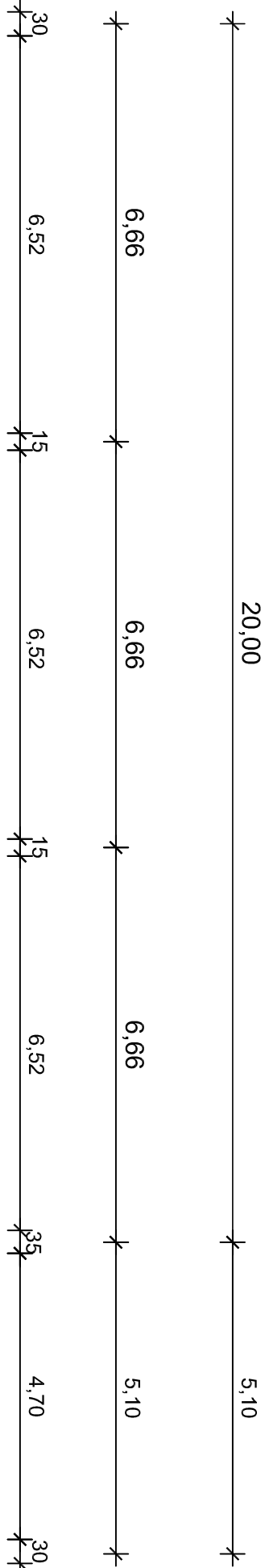
- mozaiklap burkolat
- alátét fólia
- két réteg gipszrost lemez
- Isover lépéshanggátló
- technológiai vízszigetelés
- vasalt felbeton réteg

R2 bitumenes vízszigetelés 2rtg.
trapézlemez (LTP 45)
kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
párázáró fólia
trapézlemez (LTP45)

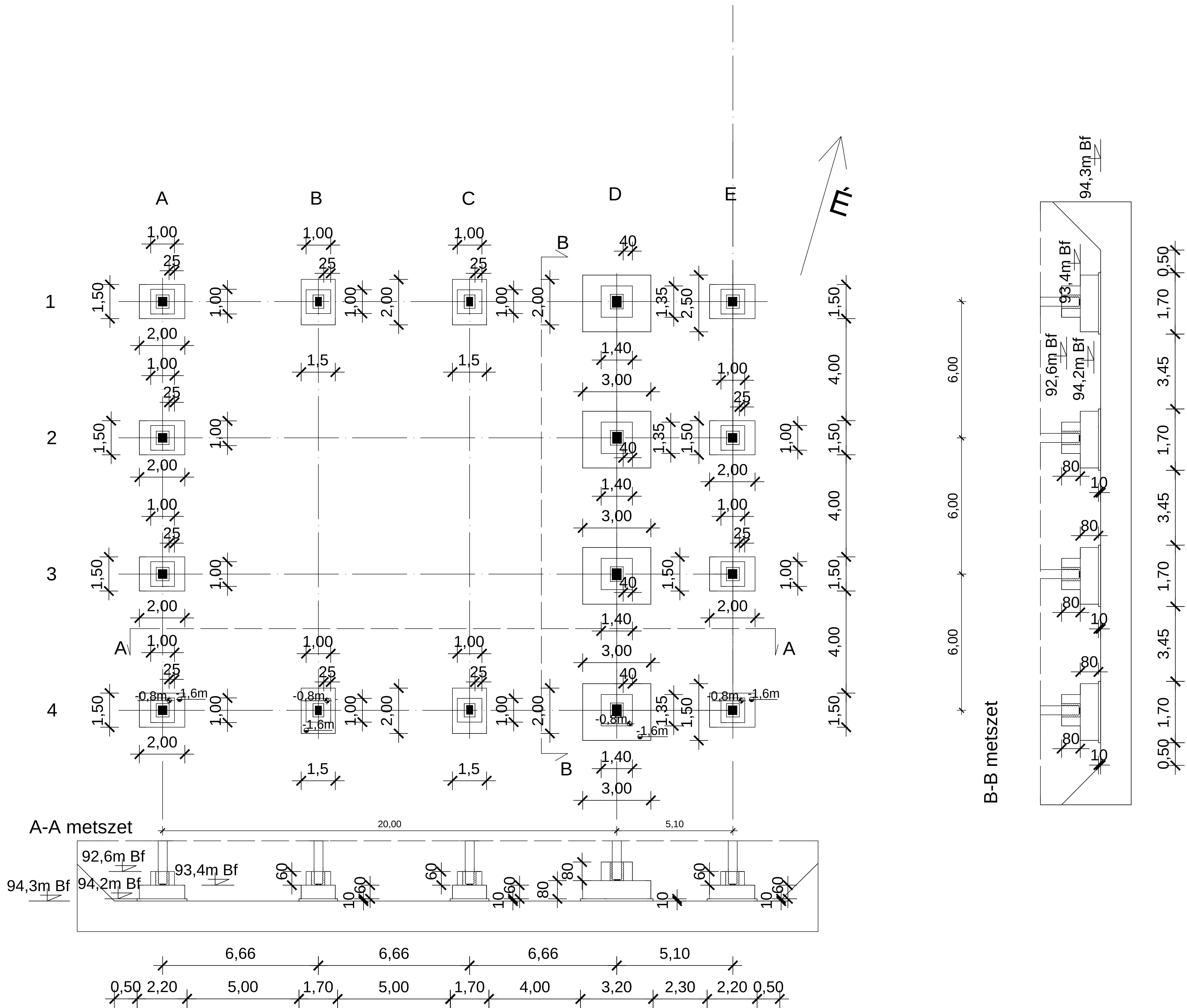
KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-05
KIVITELI TERV-KERESZTMETSZET		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



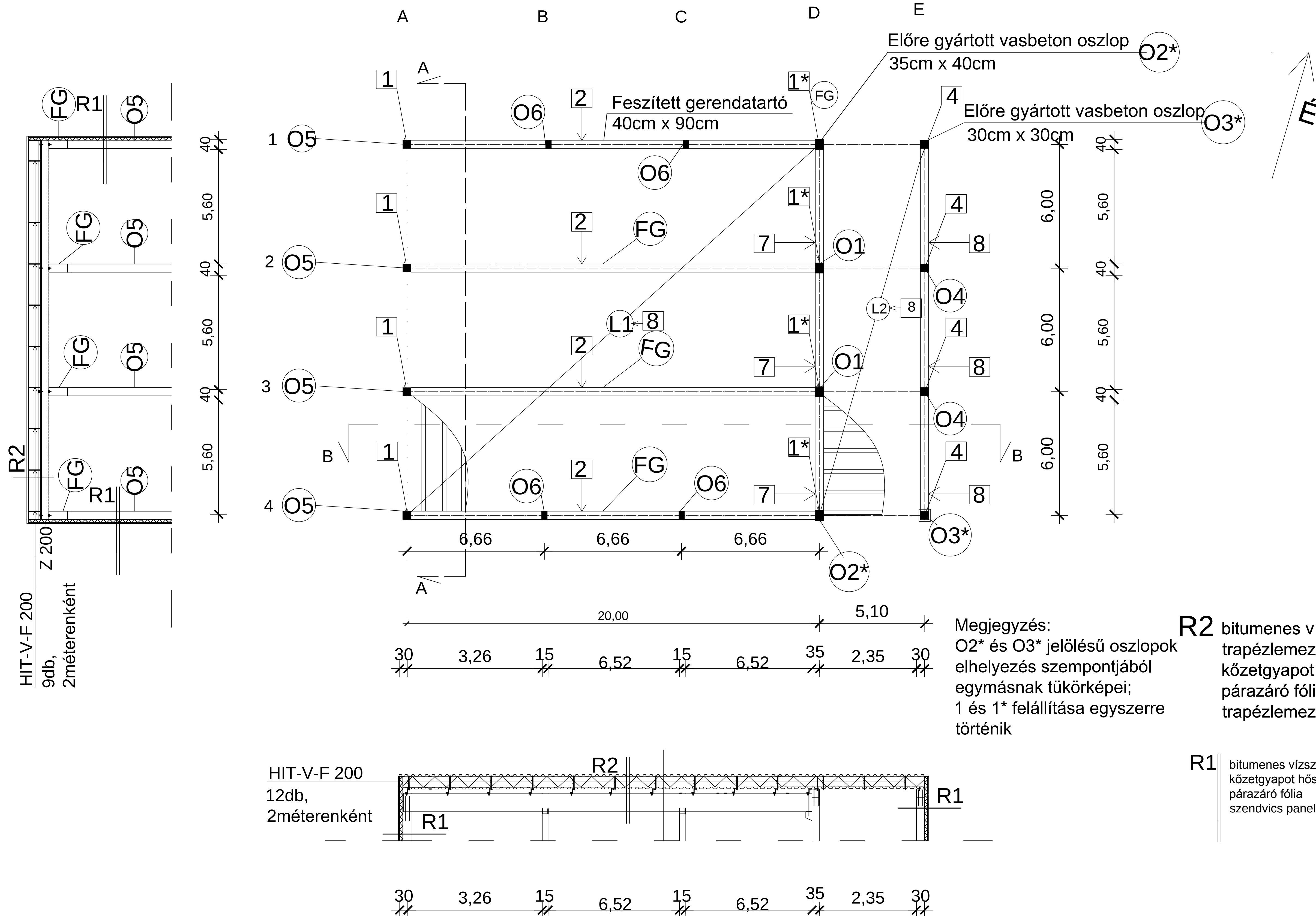
Megjegyzés:
O2* és O3* jelölésű oszlopok,
valamint P1-P1* és P3-P3*pallók
elhelyezés szempontjából
egymásnak tűnképei:
1 és 1* felállítása egyszerre
történik



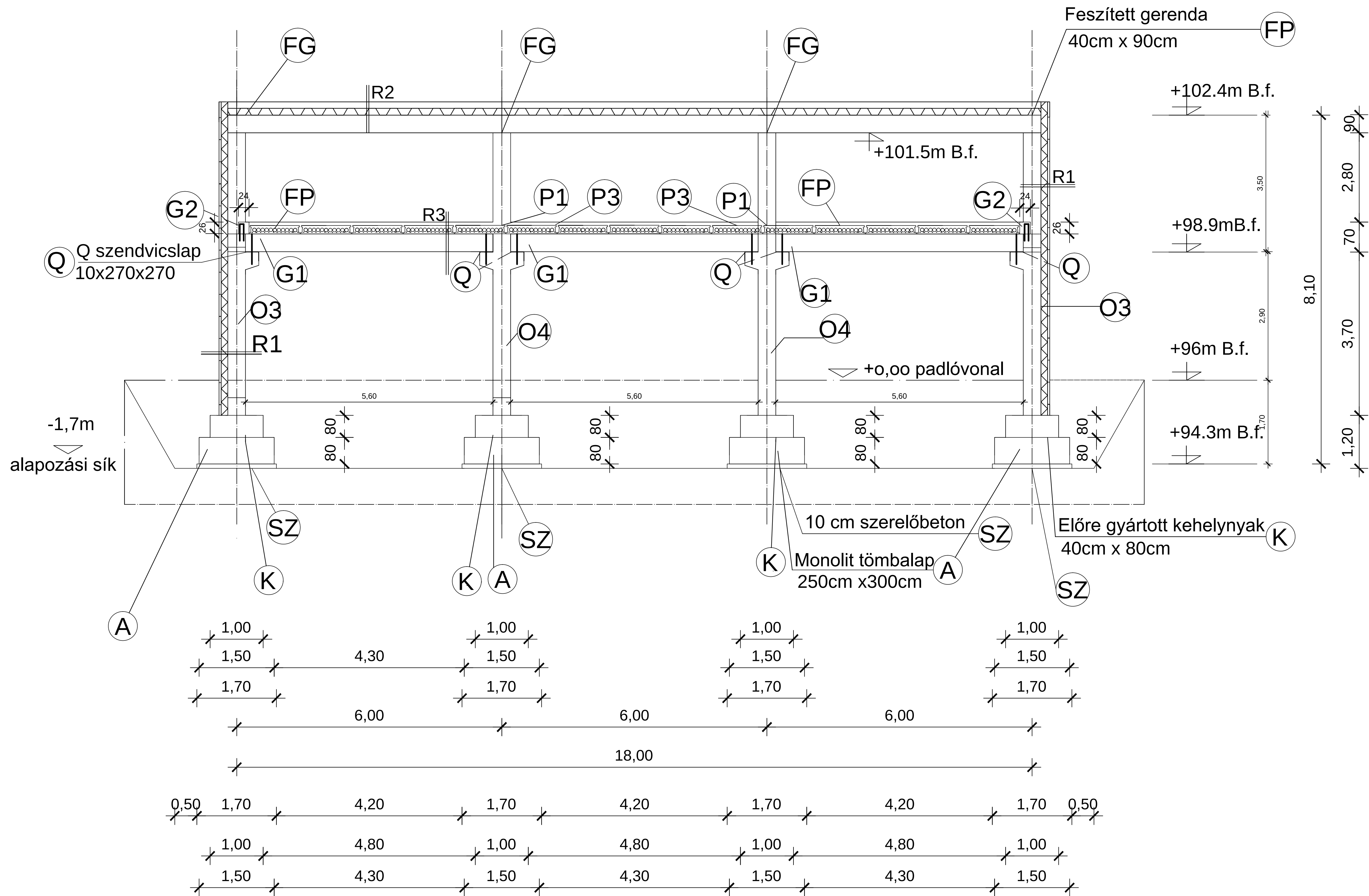
KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-02
ELEM ELHELYEZÉS - ALSÓ SZINT		MÉRETARÁNY: M = 1:100
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONSZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-04
ALAPOZÁSI TERV		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-03
ELEM ELHELYEZÉSI TERV- FELSŐ SZINT		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



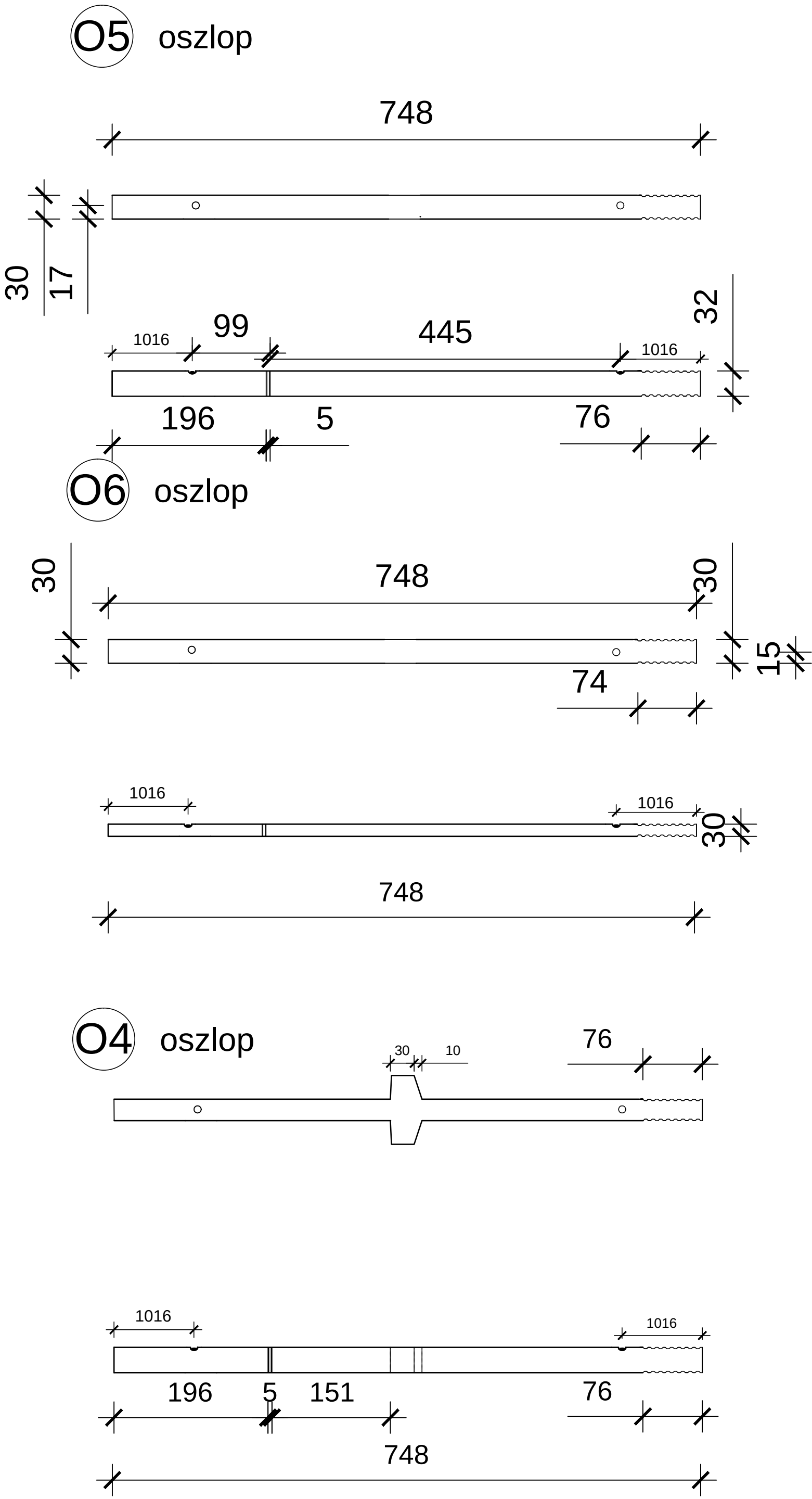
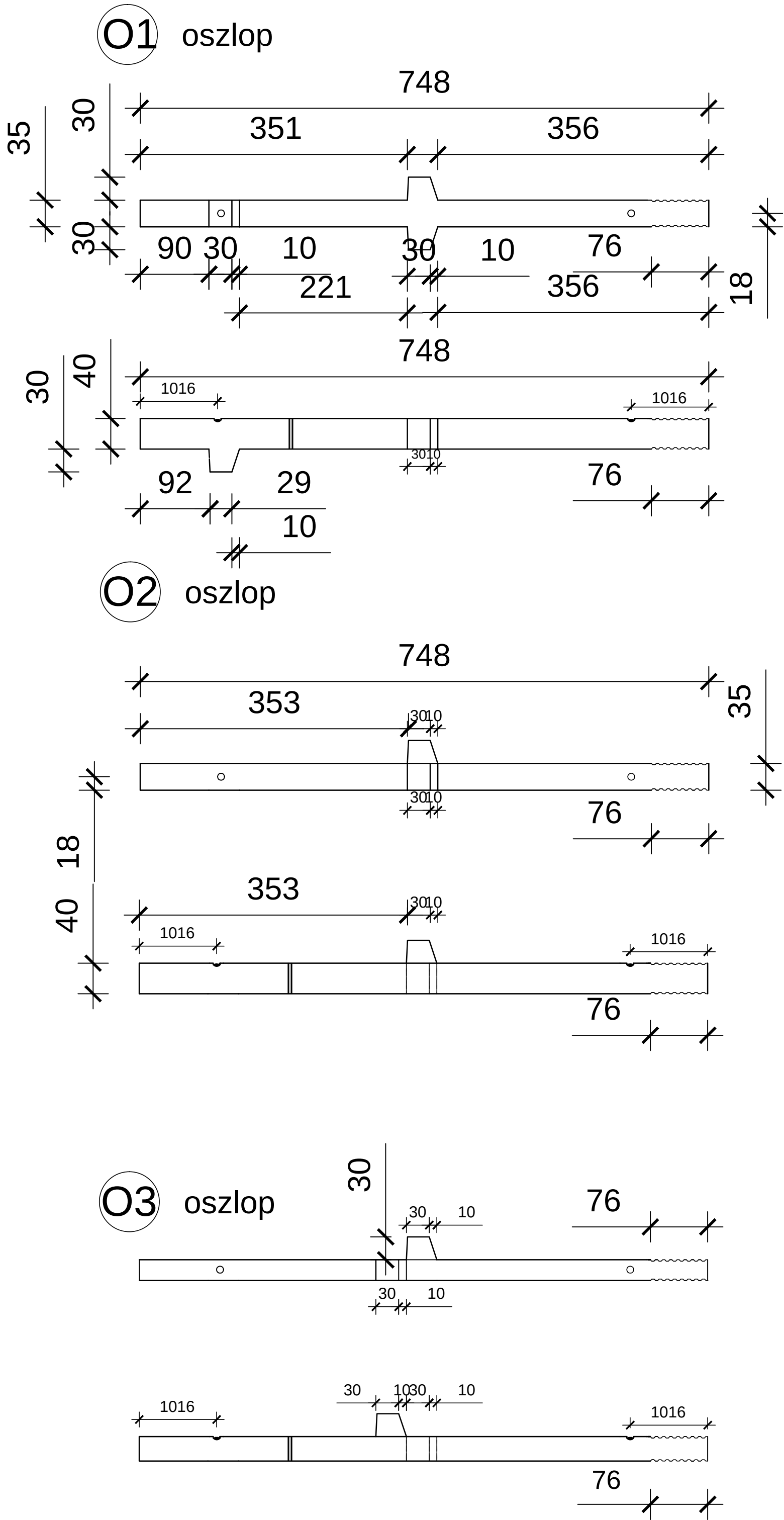
R1 bitumenes vízszigetelés 2rtg.
kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
párazáró fólia
szendvics panel

R3 mozaiklap burkolat
alátét fólia
két réteg gipszrost lemez
Isover lépéshanggátló
technológiai vízszigetelés
vasalt felbeton réteg

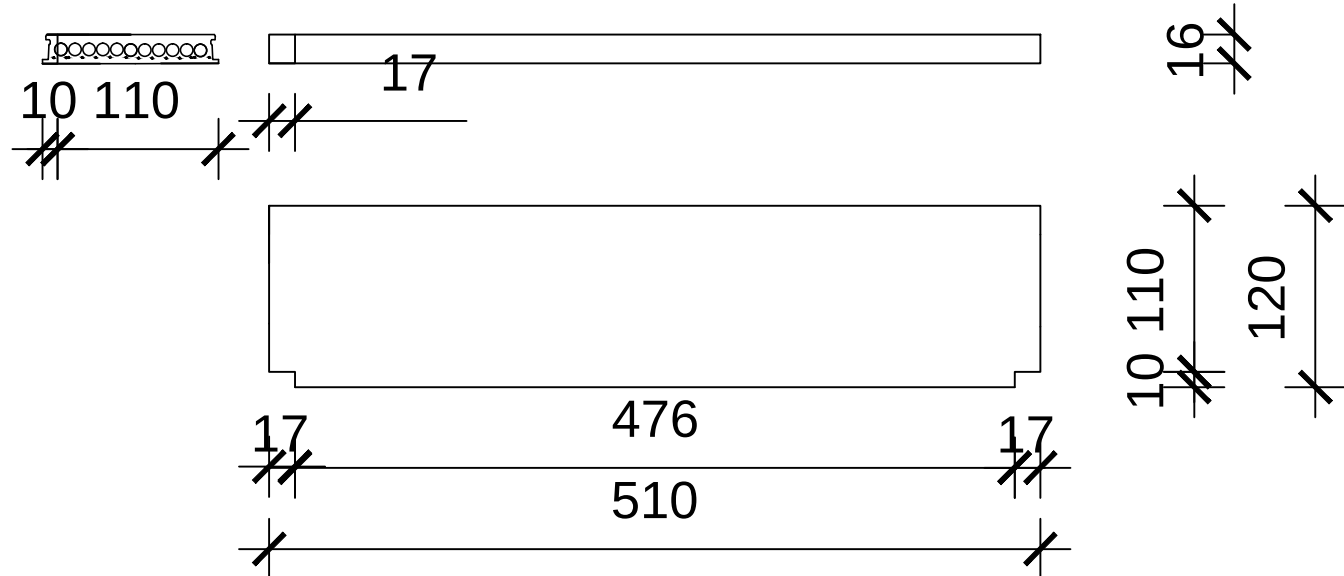
R2 bitumenes vízszigetelés 2rtg.
trapézlemez (LTP 20)
kőzetgyapot hőszigetelés 25 cm vastagságban
párazáró fólia
trapézlemez (LTP45)

KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-07
KIVITELI TERV-KERESZTMETSZET		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.

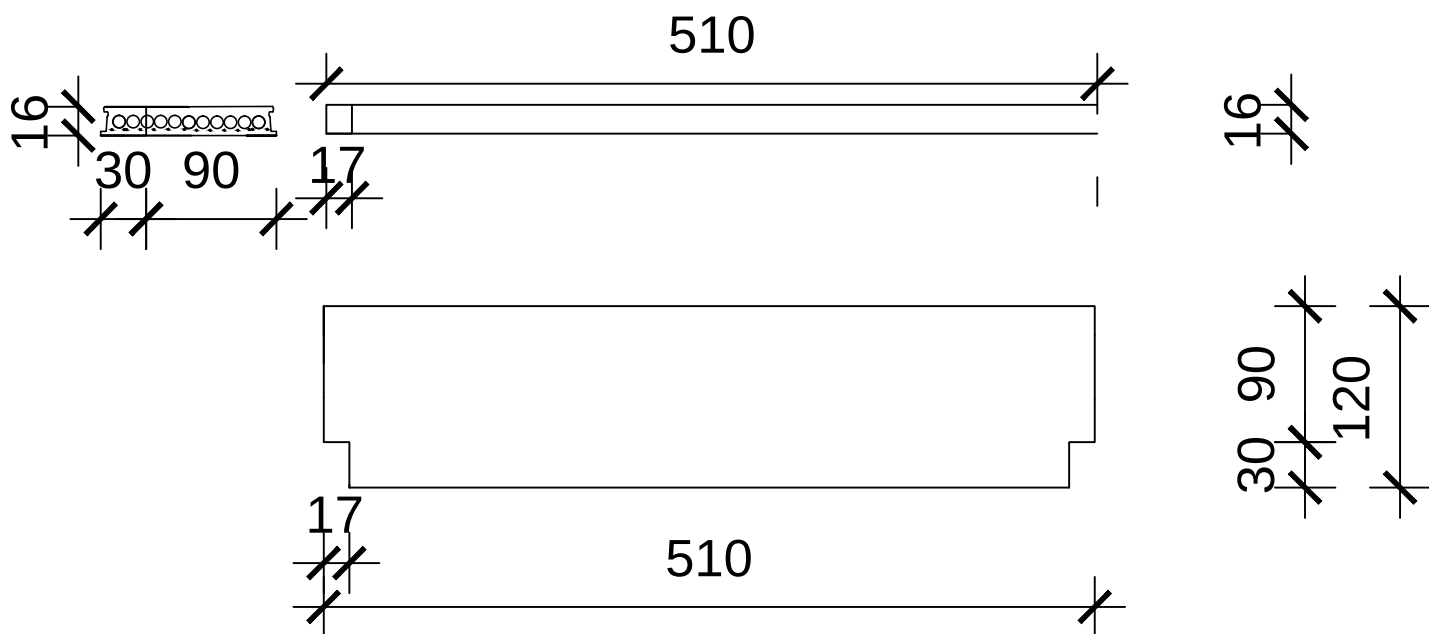
Elem rajzok M=1:50



P3 körüreges földémpalló kiharapása



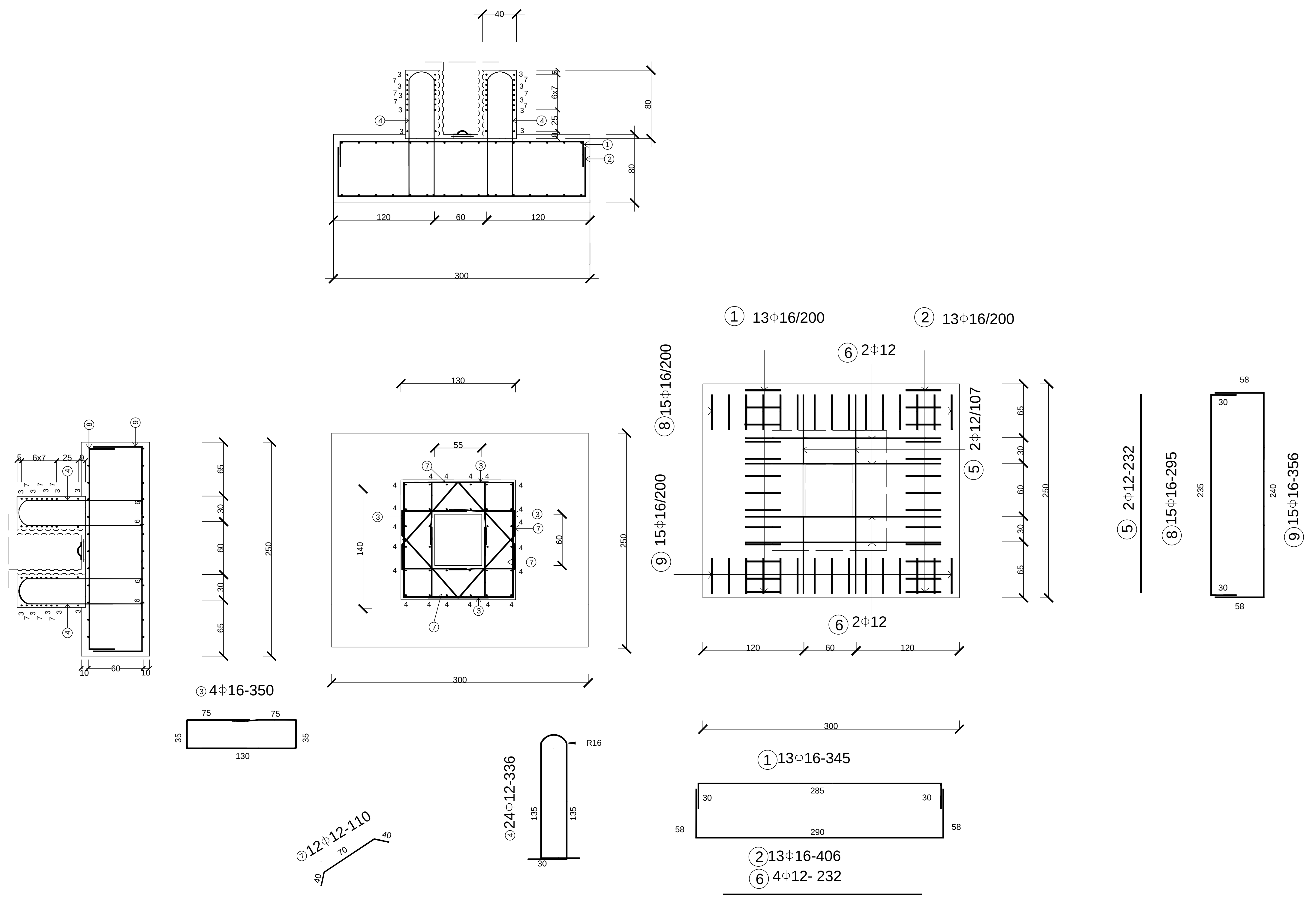
P1 körüreges földémpalló kiharapása



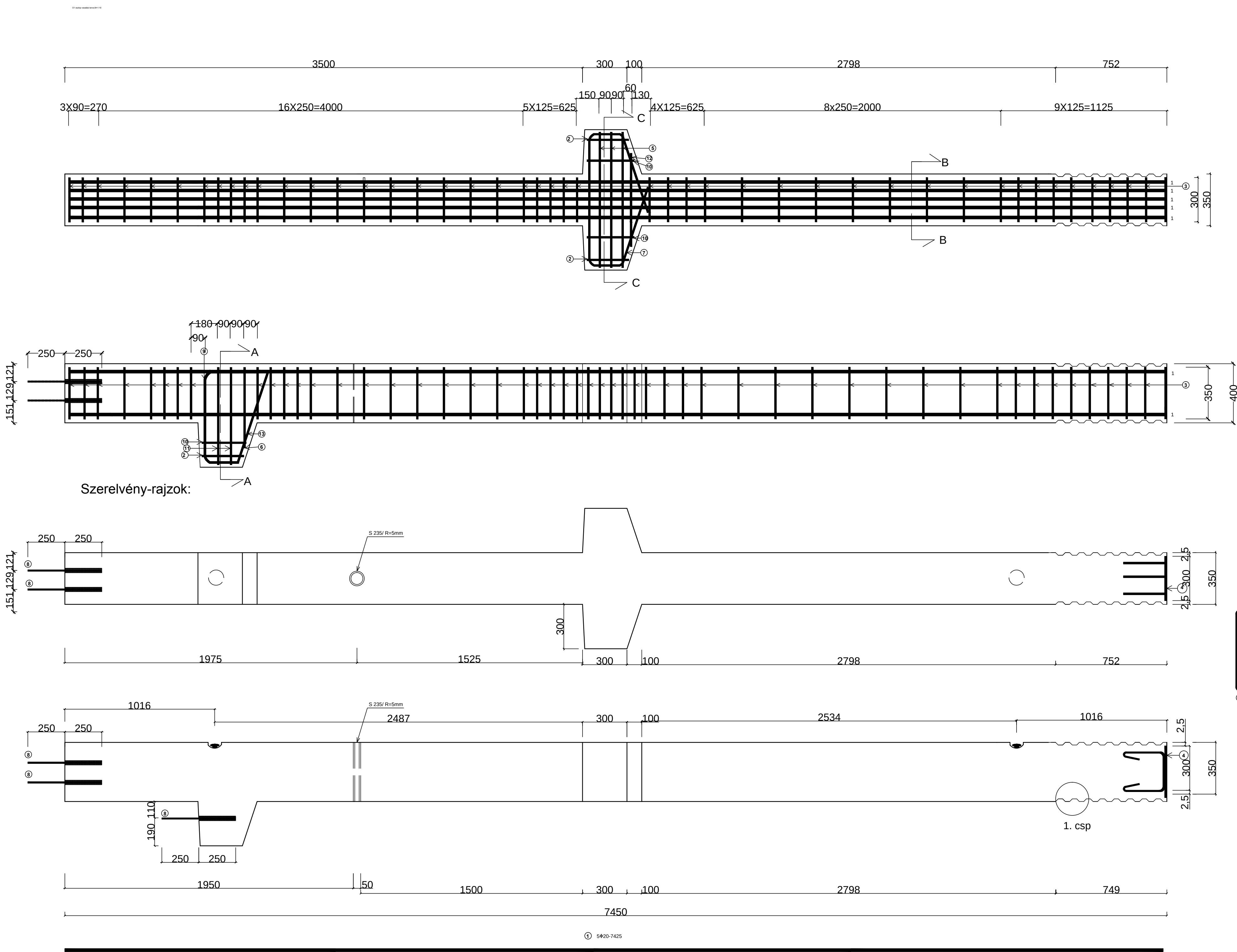
P3* körüreges földémpalló kiharapása
tükörképe P3-nak

P1* körüreges földémpalló kiharapása
tükörképe P1-nek

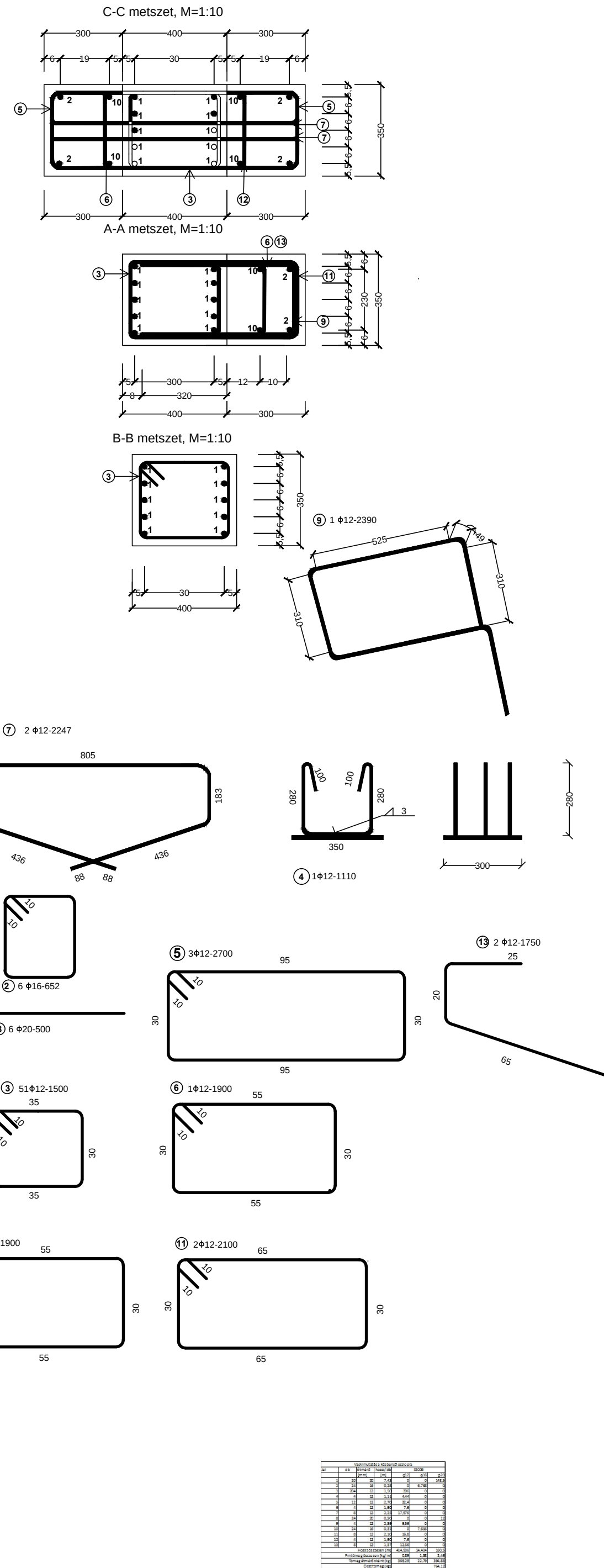
KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: K-08
ELEM JELRENDSZER		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.03.06.



Vaskeritettien katehuilavägrä					
rei	db	Äänne-v	Äänne/f	5500hz	0114
		[mm]	[m]		
1	52	26	0,35	0	17,94
2	60	26	0,41	0	24,38
3	34	36	0,30	0	5,4
4	96	32	0,34	32,256	0
5	8	32	0,23	1,84	0
6	8	32	0,23	1,84	0
7	48	32	0,19	9,12	0
8	60	36	0,30	0	17,3
9	60	36	0,36	0	21,36
Hörsä oärsäsen (m)				45,056	47,9
Fin tönnig oärsäsen (kg/m)				0,89	1,58
Tönnig ärsäsen (kg)				40,10	75,69
Örsä tönnig (kg)					115,78



Szerelvény-rajzok:



Anyagminőségek:
Beton: C30/37-KC3-16-S4
Betonacél: B500B
Minimális betonfedés: 25mm

KÉTHAJÓS VASBETON CSARNOK TERVEI		RAJZ SZÁM: S-02
O1 OSZLOP VASALÁSI TERVE		MÉRETARÁNY: M = 1:50
TERVEZŐ: OLAJOS KATALIN	KONZULENSEK: HERNÁD ATTILA DR.KORIS KÁLMÁN	DÁTUM: 2014.05.06.