

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SAJÁT DOLGOKRA

2011. 01. 10.



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.:+36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2015

Donkó Zsanett

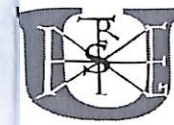
Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Többszintes monolit vasbeton szerkezetű irodaház tartószerkezeti tervezése - Budapest
Belső konzulens:	Tajta István
Külső konzulens:	-

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek 12⁰⁰

Budapest, 2015. május 28.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



Részletes feladatkiírás

Donkó Zsanett

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Többszintes monolit vasbeton szerkezetű irodaház tartószerkezeti tervezése – Budapest
című szakdolgozatához

1. Vázlattervek a számításhoz (pozíciós tervek)

A kiadott építész alaprajzok és metszetek alapján meghatározandók az épület fő teherhordó vasbeton szerkezetei, azok kontúrja és geometriai kötöttségei. A szerkezeti koncepció kialakításánál tekintettel kell lenni az épületszerkezeti igényekre, csomóponti megoldásokra is. Az épület eredetileg magastetős kialakítással készült, viszont arról tervek nem álltak rendelkezésre. A jelöltnek az épületet monolit vasbeton koporsófödémes megoldással kell elkészítenie.

2. Részletes statikai számítás

A szakdolgozatban meghatározandók az épület fő szerkezeti méretei, megtervezendő a ház jellemző födémei (pince feletti-, általános emelet feletti-, és koporsófödém), a lépcsőház legalább 2 szintje és a jellemző monolit vasbeton függőleges szerkezetek vasalása (a legnagyobb terhelésű monolit vasbeton pillérek és a kijelölt monolit vasbeton fala). A számításhoz használható végeselemes módszer, a méretfelvételnél a főbb méretek kézi számítással ellenőrizendők.

Az alapozási szerkezetek esetén elegendő a teherhordó szerkezetek terheinek összegyűjtése, összegzése, és a főbb alapozási méretek meghatározása.

3. Kiviteli tervek

Elkészítendő a statikai számításban részletezett szerkezetek kiviteli tervdokumentációja, a kiviteli tervek formai és tartalmi követelményeinek figyelembevételével, a szükséges mennyiségű részletrajzokkal, metszetekkel.

4. Részletes tartószerkezeti műszaki leírás

A szakdolgozatban szereplő műszaki leírás röviden ismertesse az épület tartószerkezeti kialakítását, a főbb méretek megemlítésével, anyaminőségek megjelölésével.

Budapest, 2015. május 28.

Tajta István
belső konzulens

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Donkó Zsanett

Neptun kód

Nappali Építőmérnök Bsc / Magasépítés szakirány

**TÖBBSZINTES MONOLIT VASBETON SZERKEZETŰ
IRODAHÁZ TARTÓSZERKEZETI TERVEZÉSE - BUDAPEST**

Szakdolgozat

Konzulens:

Tajta István, tanársegéd

SZIE-YMÉK Építőmérnöki Intézet

Budapest, 2015.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
1.1. Szerkezet ismertetése	3
1.1.1. Függőleges teherhordó szerkezetek:.....	3
1.1.2. Vízszintes teherhordó szerkezetek:	4
1.1.3. Egyéb szerkezetek:	4
1.2. Alkalmazott szabványok, felhasznált irodalom, szoftverek	6
1.3. Felhasznált anyagminőségek, tehercsoportosítások	6
1.3.1. Felhasznált anyagminőségek:	6
1.3.2. Vizsgált tehercsoportosítások, biztonsági tényezők:	7
2. Koporsófödém szerkezeti méretezése	8
2.1. Terhek, súlyelemzés	9
2.1.1. Rétegtrend.....	9
2.1.2. Hóteher	9
2.1.3. Szélteher	10
2.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	12
2.2.1. Alsó vasalás meghatározása	12
2.2.2. Felső vasalás meghatározása	16
2.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés	18
2.4.1. Lehajlás ellenőrzése	18
2.5. Födém átszúródás vizsgálata	22
2.5.1. P1 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszúródási erőre	22
3. Általános födém szerkezeti méretezése	24
3.1. Terhek, súlyelemzés	25
3.1.1. Rétegtrend.....	25
3.1.2. Egyéb terhek.....	25
3.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	25
3.2.1. Alsó vasalás meghatározása	27
3.2.2. Felső vasalás meghatározása	31
3.3. Lemez keresztmetszeti méreteinek ellenőrzése	36
3.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés	36
3.4.1. Lehajlás ellenőrzése	36
3.4.2. Repedéstágasság ellenőrzése	37
3.5. Födém átszúródás vizsgálata	39
3.5.1. Közbenső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén	39
3.5.2. Szélső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén	45

3.5.3. Falvég vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födégek esetén	49
4. Pince feletti födém szerkezeti méretezése	53
4.1. Terhek, súlyelemzés	54
4.1.1. Rétegrend.....	54
4.1.2. Egyéb terhek.....	54
4.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	54
4.2.1. Alsó vasalás meghatározása	56
4.2.1. Felső vasalás meghatározása	60
4.3. Lemez keresztmetszeti méreteinek ellenőrzése.....	63
4.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés.....	64
4.4.1. Lehajlás ellenőrzése	64
4.4.2. Repedéstágasság ellenőrzése.....	65
4.5. Födém átszűrődés vizsgálata	67
4.5.1. Közbenső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födégek esetén	67
4.5.3. Falvég vizsgálata, üzlet funkcióval ellátott födém esetén	73
5. Monolit vasbeton lépcső szerkezeti méretezése	77
5.1. Terhek, súlyelemzés	78
5.1.1. Rétegrend, súlyelemzés	78
5.1.2. Egyéb terhek.....	78
5.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	78
5.2.1. Közbenső pihenőlemez és lépcsőkarok méretezése	79
5.3. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés.....	83
5.3.1. Lehajlás ellenőrzése	83
6. Monolit vasbeton pillérek szerkezeti méretezése	85
6.1 Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	85
6.1.1. Teherelemzés.....	85
6.1.2. Vasalás meghatározása.....	87
7. Monolit vasbeton homlokzati fal szerkezeti méretezése	94
7.1 Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása.....	94
7.1.1. Pincefalra ható igénybevételek és vasalás meghatározása	94
8. Alapozási szerkezetek méretezése.....	97
8.1. Alapozási síkra jutó terhek összegzése.....	97
8.2. Az alaptest szélességi méretezése töröképlet alkalmazásával	108
8.2.1. F1 jelű homlokzati fal alatti sávalap méretezése	108
8.2.2. Legnagyobb terhelésű pilléralap méretezése	109

1. Bevezetés

1.1. Szerkezet ismertetése

A tervezett épület alapincézett, földszint + 3 emeletes, beépített tetőtérrel. Az épület használati funkciója alapján irodaépület, földszinti üzletsorral. Szerkezete monolit vasbeton pillérváz, monolit vasbeton falakkal merevítve. A födém szerkezetek pontokon megtámasztott síklemez födémek.

Az épület belmagassága a pincszinten 2,58 m, további szinteken 3,00 m. Az egyes szinteket kétkarú monolit vasbeton lépcső és felvonó kapcsolja össze.

1.1.1. Függőleges teherhordó szerkezetek:

A pincszint földdel érintkező falai 20cm-es monolit vasbeton falak. Az épület pillérei a pincszintről indulnak, így a széleken a vasbeton falakkal együtt kerülnek kialakításra. A pincszint külső falszerkezete a pillérek külső síkjához igazított.

A térszín felett a felmenő függőleges teherhordó szerkezetet merevítő vasbeton falak vasbeton pillérek alkotják. A födém szerkezetet alátámasztó pillérek tengelytávolsága hosszanti irányban 5,50, 6,20, 3,10 és 6,25 m, kereszt irányban 5,4 m. Az építészrajzokon feltüntetett keresztmetszeti méreteken módosítás történt, miután a pince szinti és a földszinti pillérek keresztmetszeti mérete nem felelt meg a felsőbb szintekből adódó terhelésre. Így az alátámasztó pillérszerkezetek a pincszinten 40x50 cm-es keresztmetszettel, a földszinten 30x50 cm-es keresztmetszettel készülnek, majd az első emeletről felfelé a pillérek tervezett keresztmetszeti mérete 30x40 cm. A pillérek a földszinti szélső pillérek kivételével központosan nyomott szerkezetek, a földszinten a méretek módosításából és a pincefal síkjának adott helyzetéből adódóan külpontossá váltak. A vasbeton falak a lépcsőház két oldalán és az épület déli és északi homlokzatán kerültek kialakításra 20 cm-es vastagsággal.

A tetőtérben a koporsófödém kialakítás következtében a szélső vasbeton pillérek csak a 3. emelet magasságáig készülnek.

1.1.2. Vízszintes teherhordó szerkezetek:

Az épület födémjei alul felül-sík két irányban teherhordó monolit vasbeton szerkezetek. A födém a pinceszinten a vasbeton pincefalakra és pillérekre támaszkodik, követve az alaprajzi méretet. A földszint feletti födémek a szélső pillérek rasztereitől mért 1,5m-es konzol túlnyúlással készülnek. A födémlemezek tervezett vastagsága a pince felett 25 cm, az emeleti szinteken 22 cm. A konzolos födémszakaszon szabad lemezperem található, melyre szintenként feltámaszkodó függőnyfal szerkezet kerül.

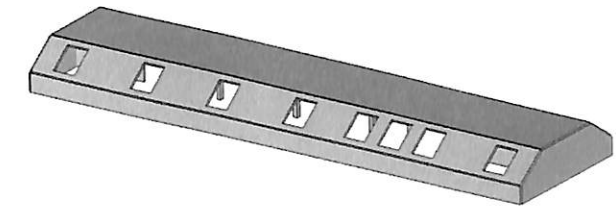
1.1.3. Egyéb szerkezetek:

Tetőszerkezet:

A zárófödém a merevítő falakra és a pillérekre terhelő 20 cm vastag monolit vasbeton törttengelyű lemez, úgynevezett koporsófödém.

A födém keresztmetszeti szélessége 11 m, magassága 3,30 m. Az épület szélső pilléreit a koporsó födém 1,5 m magas falai váltják fel, a belső pillérek és merevítő falak a közberső megtámasztást biztosítják.

A tető hajlásszöge 35° , elsődleges tartószerkezetét a koporsófödém jelenti, ezek fogadják a szarufákat.



Merevítés:

Az épületet merevségét monolit vasbeton falak és a liftakna köré épített merevítő mag biztosítja. A szerkezetek vastagsága 20 cm.

Lépcsőszerkezet:

Szintek áthidalására monolit vasbeton kétkarú lépcső készül. A lépcsőkarok és a közberső pihenőlemez vastagsága 16 cm. A szintközi pihenőlemez az egyes szintek födémlemeze. Az együttlátást a födémlemezről túlnyúló csatlakozó vasak biztosítják. A lépcsőkarok a födémlemezre és a közberső pihenőre, a közberső pihenők a lépcsőház két oldalán elhelyezkedő merevítő falakra terhelnek.

Talajmechanika, alapozás:

A talajmechanika szakvélemény szerinti talajrétegződés a terepszint alatt 2,05m feltöltés alkotja, mely túlnyomóan homok anyagú. A feltöltés alatt 4,15 m vastagságban agyagos iszap, 1.20 m vastagságban iszapos homokot, majd 3,1 m vastagságban kavicsos homokot tártak fel. A kavicsos homok réteg alatt 1,4 m vastagságban homokos kavics található, majd a vízzáró szürke agyag felszínét 11,7 – 12,7 m közötti terepszint alatti mélységben érték el. A vizsgálati eredmények alapján a nyugalmi talajvízszint 6,25 – 7,05 m közötti terepszint alatti mélységben jelentkezett.

A szakvélemény alapján az épület alapozása a közbenső pillérek alatt pontalapokkal, a pincefalak alatt sávalapokkal készül, a pincefalba épített pillérek helyén kiszélesítve.

1.2. Alkalmazott szabványok, felhasznált irodalom, szoftverek

1.2.1. Felhasznált szabványok

- MSZ EN 1990:2011 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- MSZ EN 1991-1-1:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- MSZ EN 1991-1-3:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher
- MSZ EN 1991-1-4:2007 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás
- MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok

1.2.2. Felhasznált irodalom

- Deák György – Draskóczy András – Dulácska Endre – Kollár László – Visnovitz György: Vasbetonszerkezetek. Tervezés az Eurocode alapján
- Deák György – Erdélyi Tamás – Fernezelyi Sándor – Kollár László – Visnovitz György: Terhek és hatások Tervezés az Eurocode alapján

1.2.3. Felhasznált programok

- Végeselemes számítások AxisVM 12 programmal készültek.
- Tervrajzok VbXpress program segítségével készültek.

1.3. Felhasznált anyagminőségek, tehercsoportosítások

1.3.1. Felhasznált anyagminőségek:

- Beton: C25/30-XC1-16-F3
 - a beton nyomószilárdságának tervezési értéke: $f_{cd} = 16,7 \text{ N/mm}^2$
 - a beton hengerszilárdság karakterisztikus értéke: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
 - a beton rugalmassági modulusa: $E_{cm} = 31 \text{ kN/mm}^2$
 - a beton hatásos alakváltozási tényezője a kúszás végértékével: $E_{c,eff} = 9,3 \text{ kN/mm}^2$
- Betonacél: B500B
 - a betonacél folyáshatárának tervezési értéke: $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$;
 - a betonacél rugalmassági modulusa: $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$
 - $\xi_{c0} = 0,49$

1.3.2. Vizsgált tehercsoportosítások, biztonsági tényezők:

- Teherbírési vizsgálatoknál, tartós és átmeneti tervezési helyzetben

$$P_{Ed} = \sum \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,j} \cdot Q_{k,j} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \psi_{0,i} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

- Használhatósági vizsgálatoknál, kvázi állandó hatáskombináció esetén

$$P_{qp} = \sum G_{k,i} + \sum Q_{k,i} \cdot \psi_{2,i} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

- Terhek biztonsági tényezői:

- Állandó terhek biztonsági tényezője: $\gamma_G = 1,35$
- Esetleges terhek biztonsági tényezője: $\gamma_Q = 1,5$
- Hóteher biztonsági tényezője: $\gamma_S = 1,5$
- Szélteher biztonsági tényezője: $\gamma_w = 1,5$

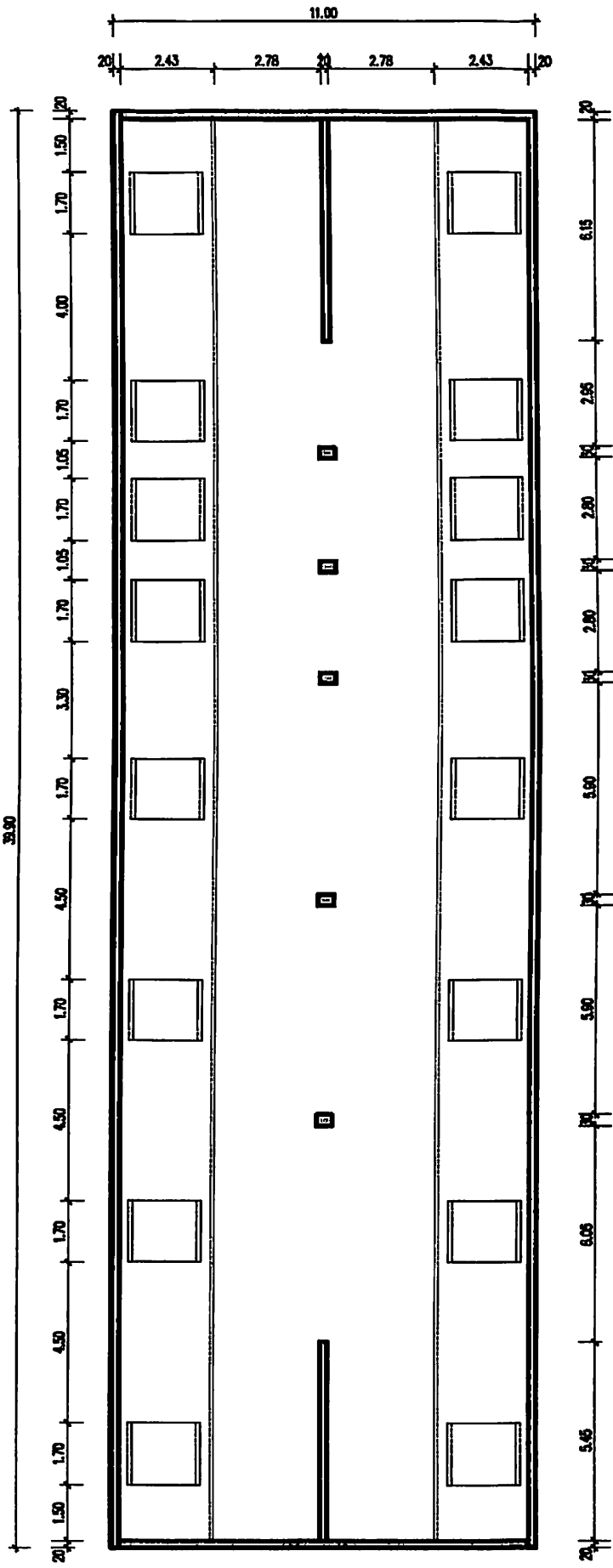
- Esetleges terhek egyidejűségi tényezője:

- lépcsők, üzlet és irodahelyiségek: $\psi_0 = 0,7$
- válaszfal teher: $\psi_0 = 1,0$
- Hóteher: $\psi_0 = 0,5$
- Szélteher: $\psi_0 = 0,9$

- Esetleges terhek tartós terhet megadó tényező:

- lépcsők, irodahelyiségek: $\psi_2 = 0,3$
- válaszfalteher: $\psi_2 = 0,8$
- üzlethelyiségek: $\psi_2 = 0,3$

2. Koporsófödém szerkezeti méretezése



2.1. Terhek, súlyelemzés

2.1.1. Rétegrend

Réteg megnevezése	v[m]	γ [kg/m ³]	$g_k=v \cdot \gamma$ [kg/m ²]
Tetőhéjalás	0,02	-	48,0
Tetőléc 3/5	0,03	450	13,5
Ellenléc - felső átszellőztetés	0,03	450	13,5
Páraáteresztő fólia	-	-	-
Ellenléc – alsó átszellőztetés	0,05	450	22,5
Hőszigetelés szarufák között	0,15	60	9,00
Szaruzat 10/15	0,15	450	90,0
Párazáró réteg	-	-	-
Felületképzés	0,003	1500	4,50

$$\sum g_k = 201,0 \text{ kg/m}^2$$

2.1.2. Hóteher

Felszíni hóteher:

A felszíni hóteher karakterisztikus értéke, Magyarországon: $S_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$

Tető hóteher:

A tető hóteher S értékét a következő képlet szerint kell meghatározni:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

ahol:

μ_i : a hóteher alaki tényezője tetőformától és teherelrendezéstől függően

C_e : szél miatti csökkentő tényező (1,0)

C_t : hőmérsékleti csökkentő tényező: (1,0)

S_k : felszíni hóteher karakterisztikus értéke

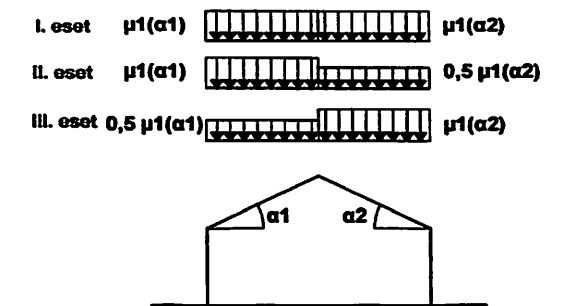
továbbá:

$$\mu = 0,8 \cdot (2 - \alpha/30) = 0,67$$

$\alpha = 35^\circ$ - tető hajlásszöge

Nyeregtetők teherelrendezései:

Nyeregtetők tetősíkjain a figyelembe veendő hóteher mindig egyenletesen megoszló, az alaki tényező pedig a tetősíkok hajlásszögének függvénye.



2.1.3. Szélteher

Felületi szélnyomás:

$$w = q_p(Z) \cdot C_p$$

ahol:

$q_p(Z)$ - Torlónyomás csúcsértéke: $q_b \cdot C_e(Z) = 0,41 \text{ kN/m}^2$

C_p - Belső (C_{pi}) és külső (C_{pe}) nyomási tényező

továbbá:

q_b - Átlagos torlónyomás alapértéke: $0,25 \text{ kN/m}^2$

$C_e(Z)$ - Helyszíntényező, a IV beépítettségi (beépített városi övezet) értékhez tartozó és a Z_e külső és Z_i külső referencia magasságban számított érték

2.1.3.1. Külső szélteher

Nyeregtetők külső nyomási tényezőinek meghatározása

A zónák meghatározásánál a koporsófödém szarufákkal érintkező tört szakasza veendő figyelembe, a táblázatból $C_{pe,10}$ jelű értékek alkalmazásával. A födém hajlásszöge 35° így a tető hajlásszögéhez tartozó zónák nyomási értékei között lineáris interpoláció szükséges.

Keresztirányú szél esetén: $\theta = 0^\circ$

$$e = \min\{b|2h\} \rightarrow e = 39,9 \text{ m}$$

ahol:

b – a szélre merőleges irányú méret

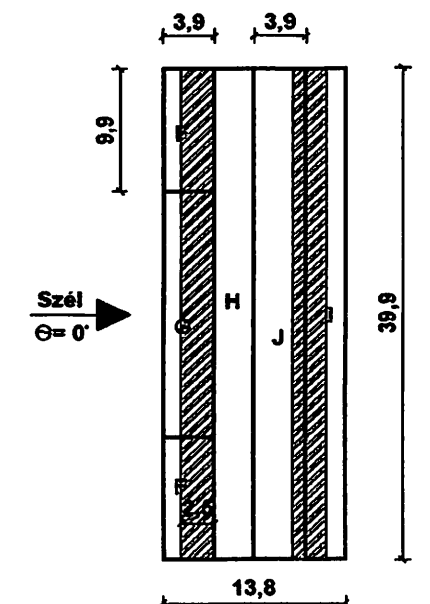
F=G zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -0,5 \rightarrow C_{pe,10}^{Sz,35^\circ} = -0,33$$

$$45^\circ \rightarrow -0,3$$

$$P_{w,sz}^{F=G} = q_p \cdot C_{pe,10}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,33 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$



Szélnyomás

$$30^\circ \rightarrow +0,7 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Ny,35^\circ} = +0,29$$

$$45^\circ \rightarrow +0,7$$

J zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -0,5 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -0,43$$

$$45^\circ \rightarrow -0,3$$

I zóna

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -0,4 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -0,37$$

$$45^\circ \rightarrow -0,3$$

$$P_{w,Ny}^{F=G} = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Ny,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,7 = 0,29 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,sz}^J = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,43 = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{w,sz}^I = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,37 = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

Hosszirányú szél esetén: $\theta = 90^\circ$

$$e = \min\{b|2h\} \rightarrow e = 13,80 \text{ m}$$

ahol:

b – a szélre merőleges irányú méret

F zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -1,1 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -1,1$$

$$45^\circ \rightarrow -1,1$$

$$P_{w,sz}^F = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 1,1 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

G zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -1,4 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -1,4$$

$$45^\circ \rightarrow -1,4$$

$$P_{w,sz}^G = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 1,4 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

H zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -0,8 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -0,84$$

$$45^\circ \rightarrow -0,9$$

$$P_{w,sz}^H = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,84 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

I zóna:

Szélszívás

$$30^\circ \rightarrow -0,5 \rightarrow C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = -0,5$$

$$45^\circ \rightarrow -0,5$$

$$P_{w,sz}^I = q_p \cdot C_{p_{e,10}}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,5 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

2.1.3.2. Belső szélteher

Szélnyomás:

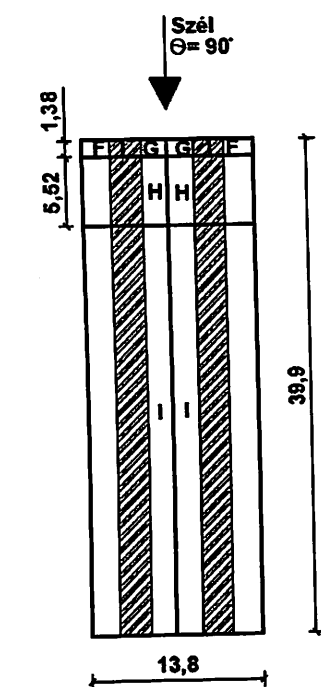
$$C_{p_i}^{Ny,35^\circ} = +0,2$$

$$P_{w,Ny}^B = q_p \cdot C_{p_i}^{Ny,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,2 = 0,08 \text{ kN/m}^2$$

Szélszívás:

$$C_{p_i}^{Sz,35^\circ} = -0,3$$

$$P_{w,sz}^B = q_p \cdot C_{p_i}^{Sz,35^\circ} = 0,41 \cdot 0,3 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$



2.2 Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

A födém igénybevételei AxisVm 12 végeelemes program segítségével kerültek meghatározásra. A födémről egy 3 dimenziós modell készült, melyre a 2.1. pontban meghatározott terhek és a program által generált önsúly teher került. A rétegrendből adódó terhek és a hőterhek globális felületi teherként, a szélterhek lokális teherként lettek definiálva. Az igénybevételek az 1.3.2. pontban feltüntetett teherkombinációk és biztonsági tényezők alapján 6 jellemző teherbírasi határállapothoz tartozó teherkombináció burkoló ábrája alapján lettek meghatározva.

A modell lokális koordinátái:

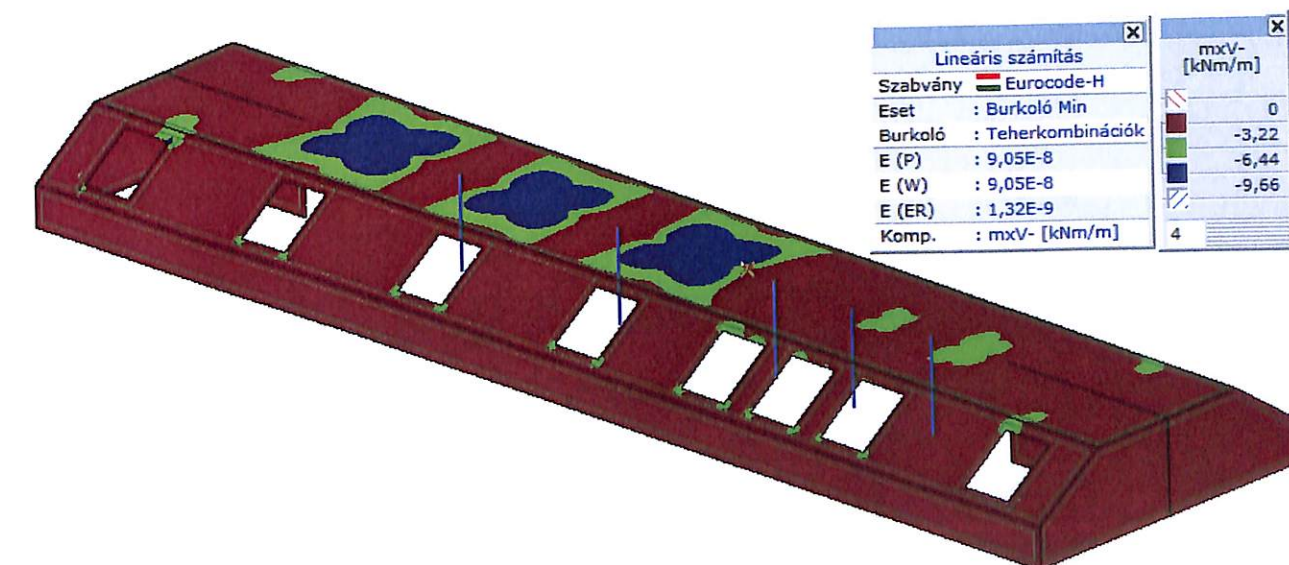
- Lokális x tengely: a modell hossztengelyével megegyező irány
- Lokális y irány: a modell keresztirányú tengelyével megegyező irány

Monolit vasbeton koporsófödém vastagsága 20cm. A koporsófödém az alsó szintek 30 x 40 cm keresztmetszetű pilléreire és 20 cm vastagságú merevítő falaira támaszkodik.

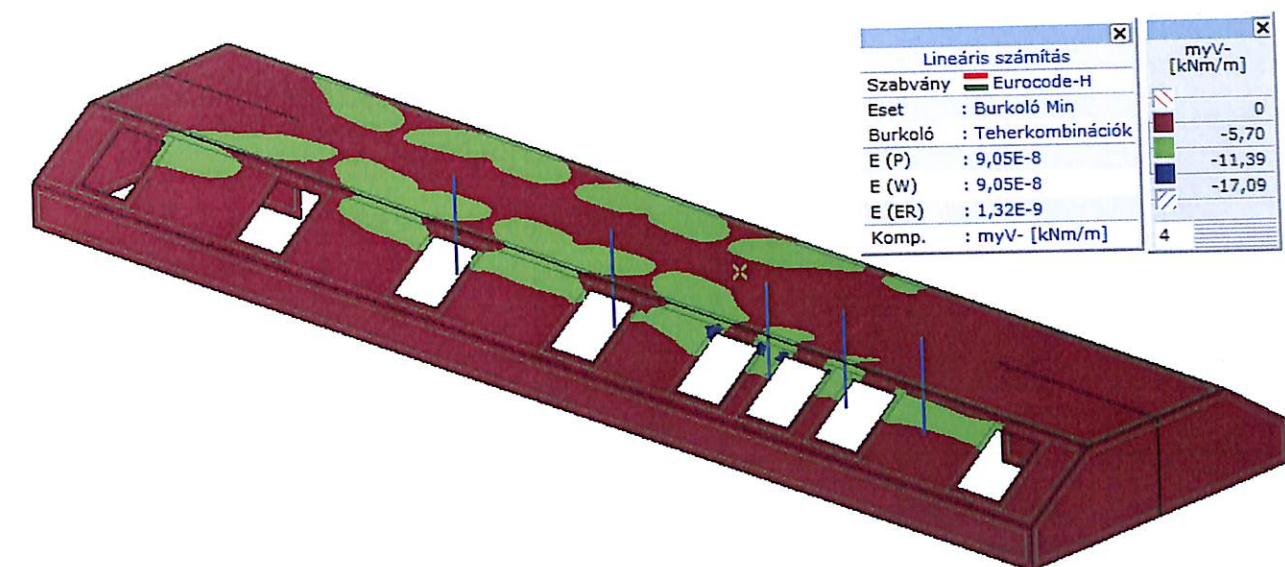
Anyagminőségek:

- Beton: C25/30-XC1-16-F3
- Betonacél: B500B

2.2.1. Alsó vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A koporsófödém fő teherhordási iránya miatt a mértékadó nyomaték keresztirányban ébred, a jellemző maximális igénybevétel: $M_{Ed} = 17,09 \text{ kNm}$

Vasalási mennyiség meghatározása:

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 200 - (25 + 5) = 170 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 170 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 17,09 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 170^2}}\right) = 6,13 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 170 = 83,3 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s - acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 6,13 \cdot 16,7}{435} = 235,34 \text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min}^x = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 170 = 255 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min}^y = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 160 = 240 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \mid 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

Legnagyobb vastávolság:

$$S_{max} = \min \{ 2 \cdot h = 400 \text{ mm} \mid 300 \text{ mm} \} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Legnagyobb vasátmérő:

$$\phi_{max} = \frac{h}{10} = \frac{200}{10} = 20 \text{ mm}$$

Megállapítás: Az igénybevételekből adódó vasmennyiségek nem érik el az $A_{s,min} = 255 \text{ mm}^2$ minimális vasmennyiséget, így a vasalás az előírt minimum alapján lett megtervezve.

Alkalmazott alsó vasalás:

$$A_{s,prov} = \phi 10/200 \text{ mm} \rightarrow 393 \text{ mm}^2$$

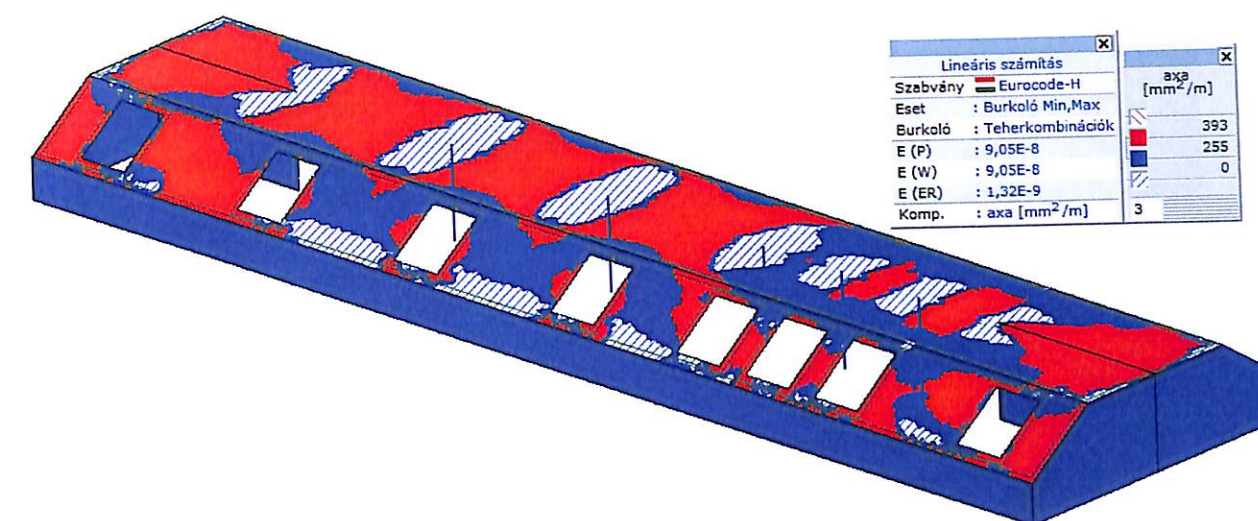
Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

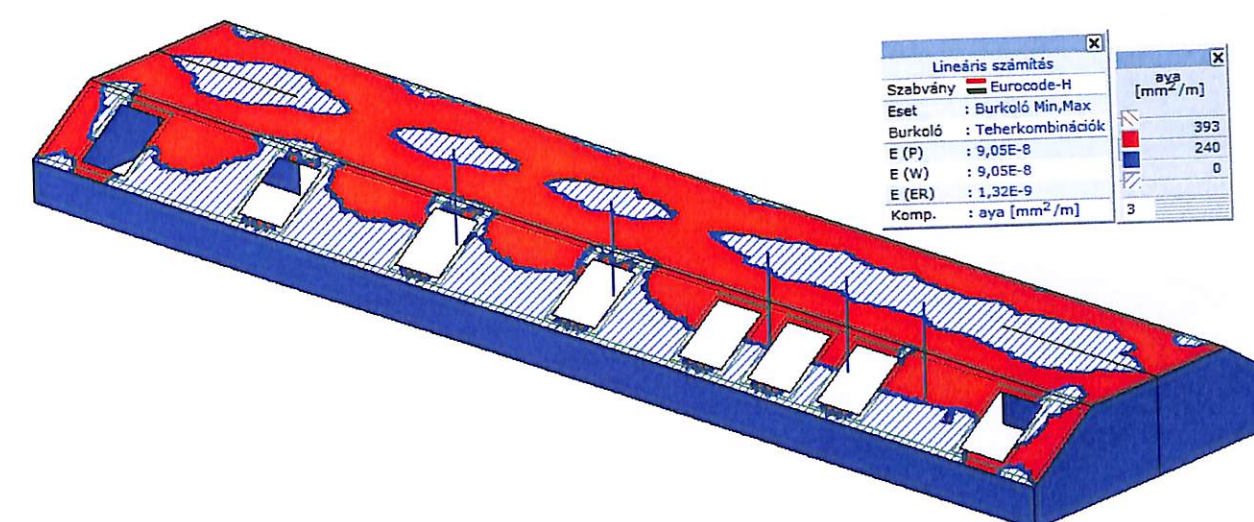
$$x_c = \frac{393 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 10,24 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 10,24 \cdot 16,7 \cdot \left(170 - \frac{10,24}{2} \right) = 28,19 \text{ kNm}$$

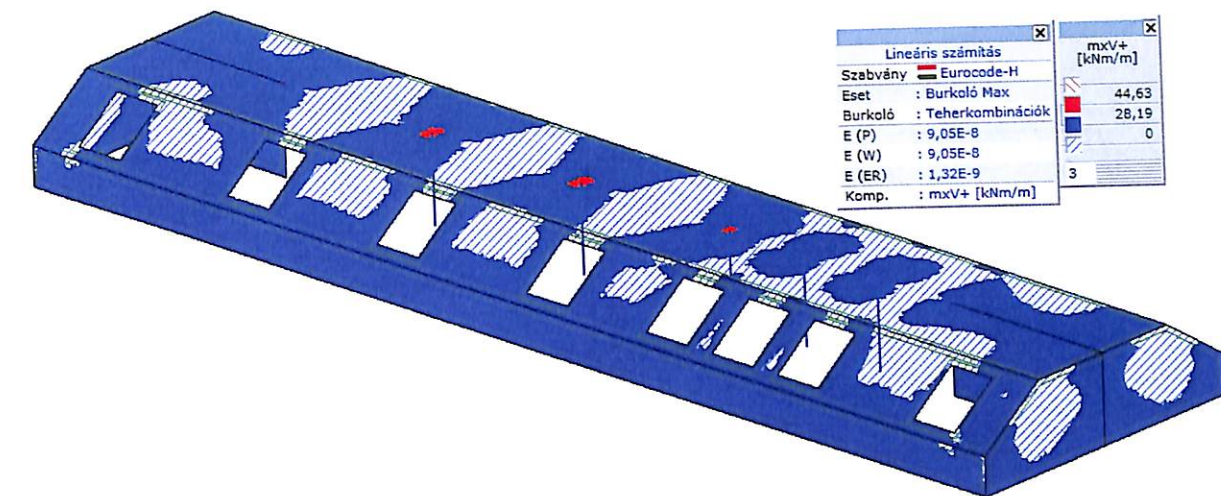


Szükséges x irányú alsó vasmennyiség

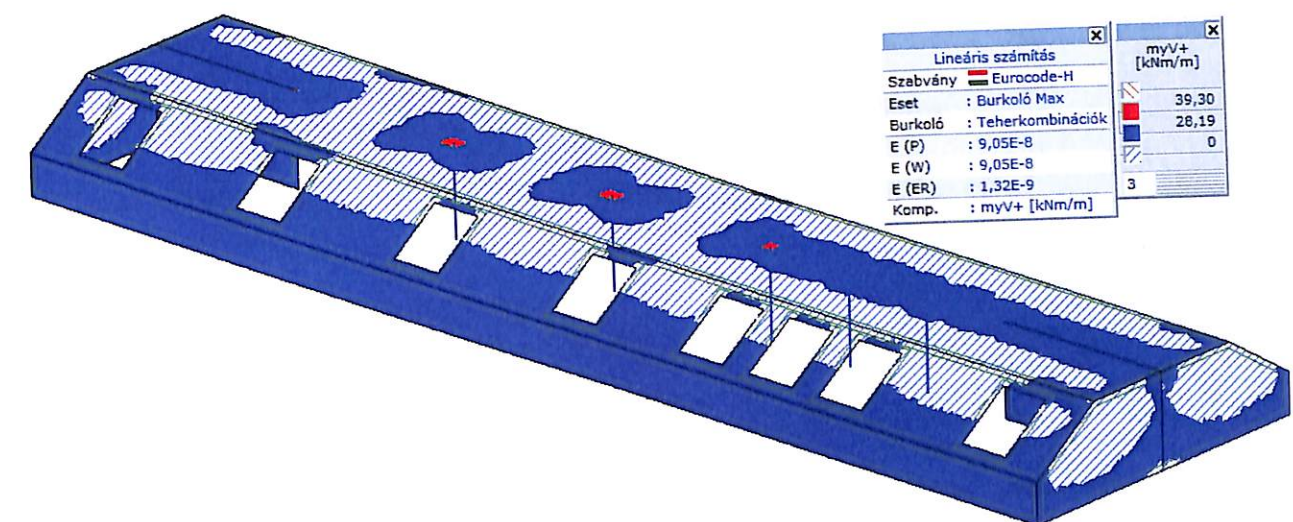


Szükséges y irányú alsó vasmennyiség

2.2.2. Felső vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A lemez felső vasalását az alsó vasalásként méretezett $\emptyset 10/200 \text{ mm}$ alapháló és a pillérek feletti, lokális y tengely körüli maximális vasalási nyomatéokra méretezett erősítő vasalás adja meg.

Erősítő vasalás meghatározása a mértékadó igénybevételre:

$$M_{Ed} = 44,63 \text{ kNm}$$

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{\text{nom}} + \frac{\emptyset}{2}) = 200 - (25 + 5) = 170 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}} = b \cdot x_c \cdot f_{\text{cd}} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 170 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 44,63 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 170^2}}\right) = 16,52 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 170 = 83,3 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s - acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{\text{ix}} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{\text{cd}} - A_s \cdot f_{\text{yd}} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 16,52 \cdot 16,7}{435} = 634,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{prov}} = 10/200 \text{ mm} + 10/200 \text{ mm} \rightarrow 786 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

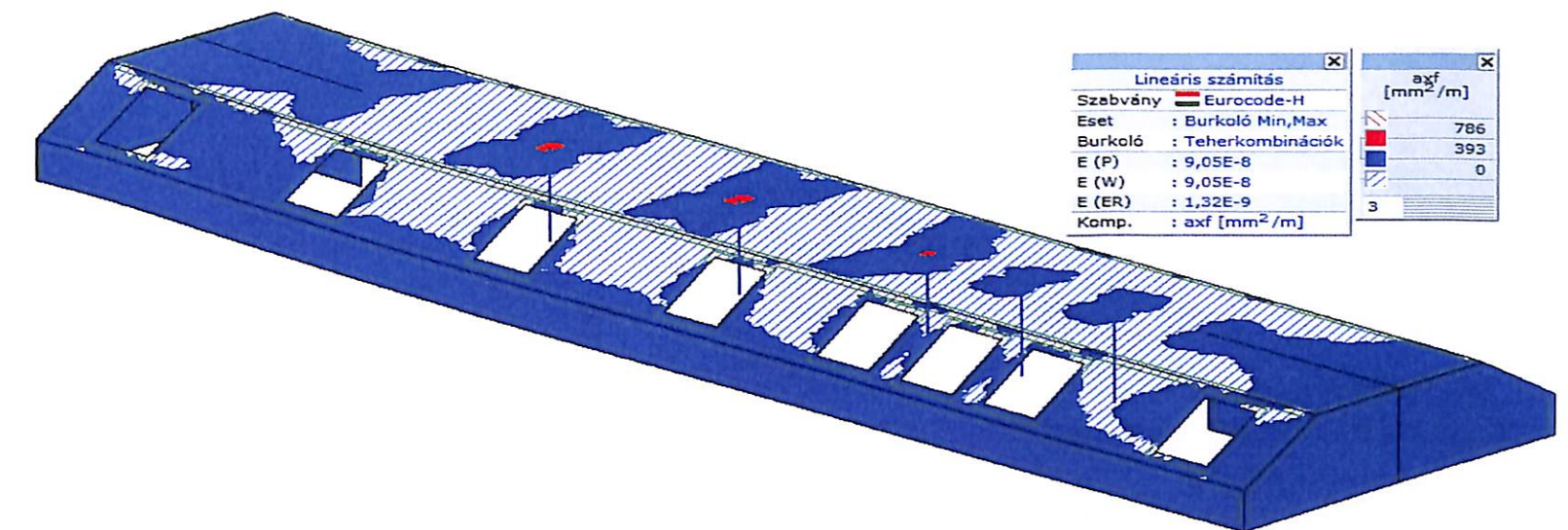
$$\sum F_{\text{ix}} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{\text{cd}} - A_s \cdot f_{\text{yd}} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{\text{yd}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}$$

$$x_c = \frac{786 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 20,47 \text{ mm}$$

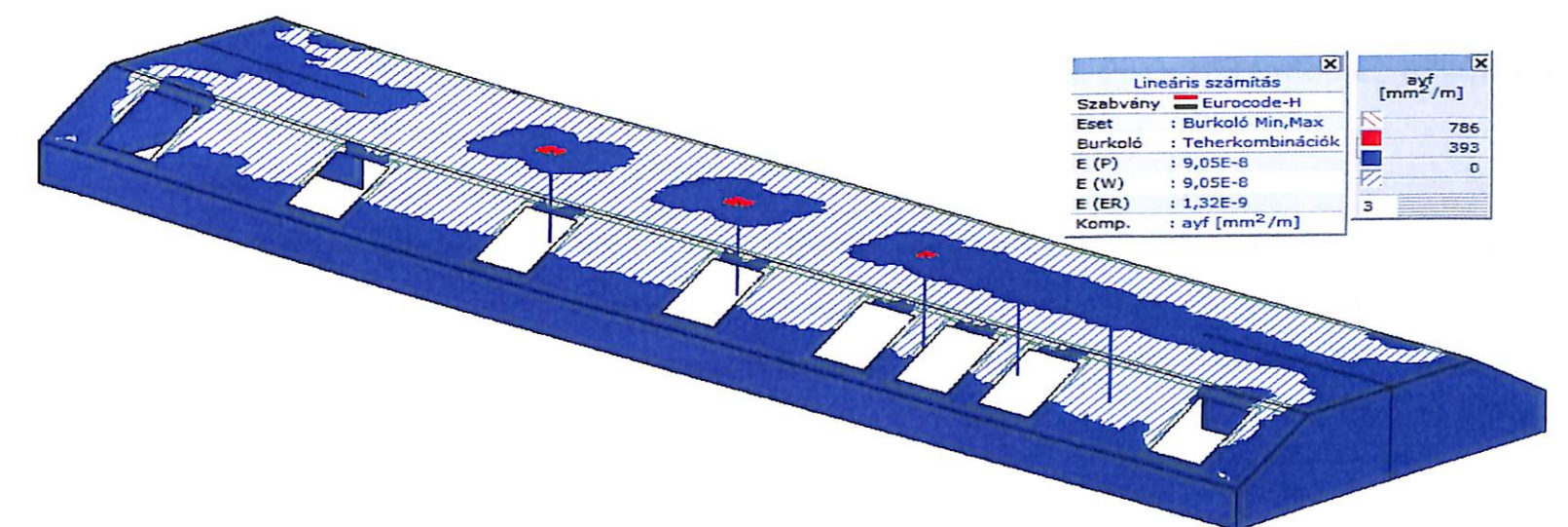
$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}} = b \cdot x_c \cdot f_{\text{cd}} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}} = 1000 \cdot 20,47 \cdot 16,7 \cdot \left(170 - \frac{20,47}{2}\right) = 54,62 \text{ kNm}$$

Megállapítás: A koporsófödém $\emptyset 10/200 \text{ mm}$ alaphálójával és azt kiegészítő $\emptyset 10/200 \text{ mm}$ erősítő vasalással nyomatéki teherbírásra és szerkesztési szabályokra megfelel.



Szükséges x irányú felső vasalás



Szükséges y irányú felső vasalás

2.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés

2.4.1. Lehajlás ellenőrzése

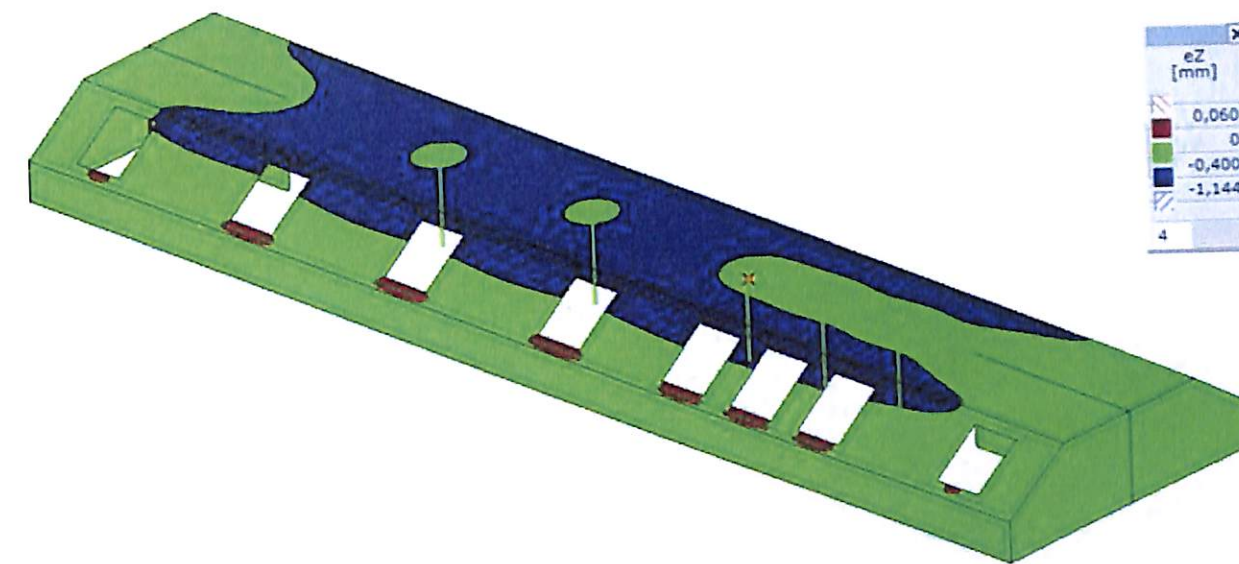
A lehajlás vizsgálat AxisVM12 program segítségével lett meghatározva, a kúszás végértékét figyelembe vevő $E_{c,eff}$ beton alakváltozási tényezőjével.

Megengedett lehajlási érték síklemez földem esetén:

$$w_{eng} = l/200 = 6200/200 = 31,0 \text{ mm}$$

ahol:

l - támaszköz



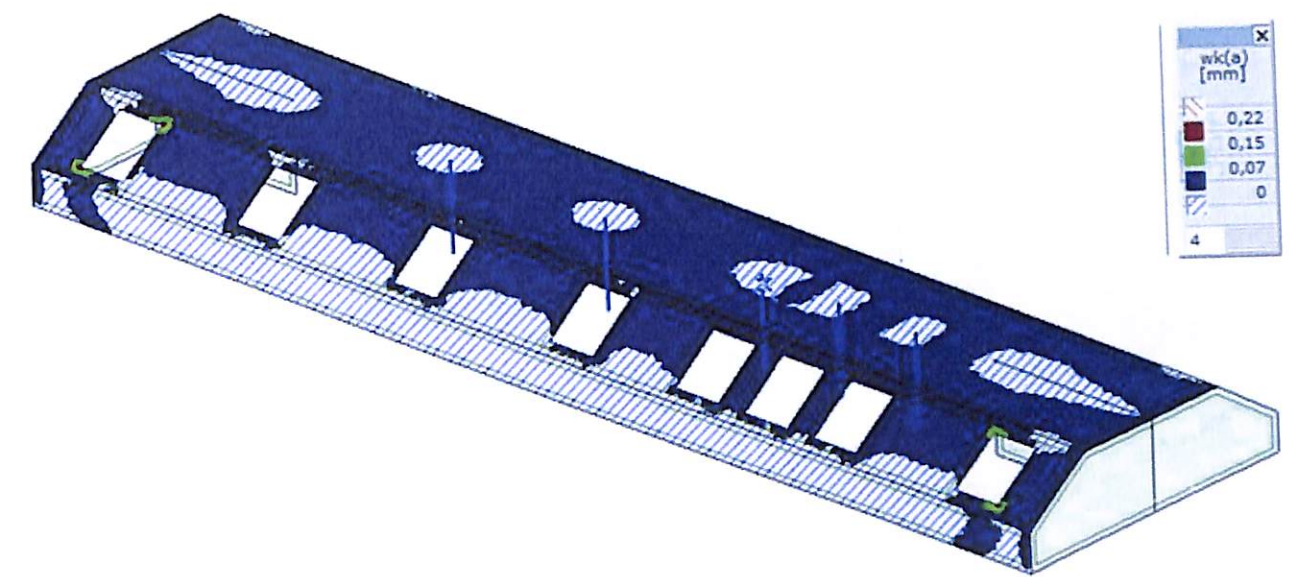
Koporsófödém lehajlása

Födém tényleges lehajlása: **1,14 mm**

Megállapítás: $w = 1,14 \text{ mm} < w_{\text{eng}} = 31,0 \text{ mm}$ feltétel teljesül, így a födémlemez lehajlásra megfelel.

2.4.2. Repedéstágasság ellenőrzése

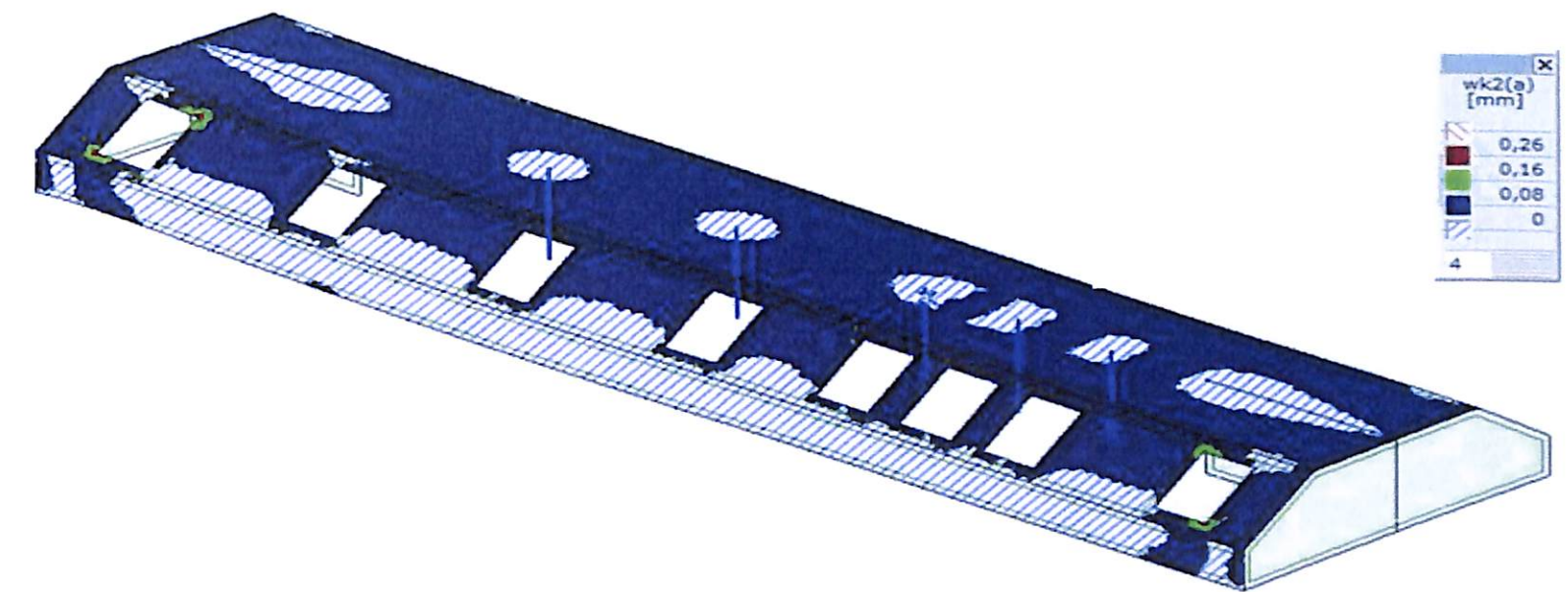
A repedéstágasság ellenőrzése AxisVM12 program segítségével lett meghatározva. $w_{k, \text{eng}} = 0,4 \text{ mm}$ repedéskorlátozási feltétel teljesül, ha a lemez nem vastagabb 300 mm-nél és a c-betontakarás $\leq 30 \text{ mm}$. Így a repedéstágasság határértéke: **$w_{k, \text{eng}} = 0,4 \text{ mm}$**



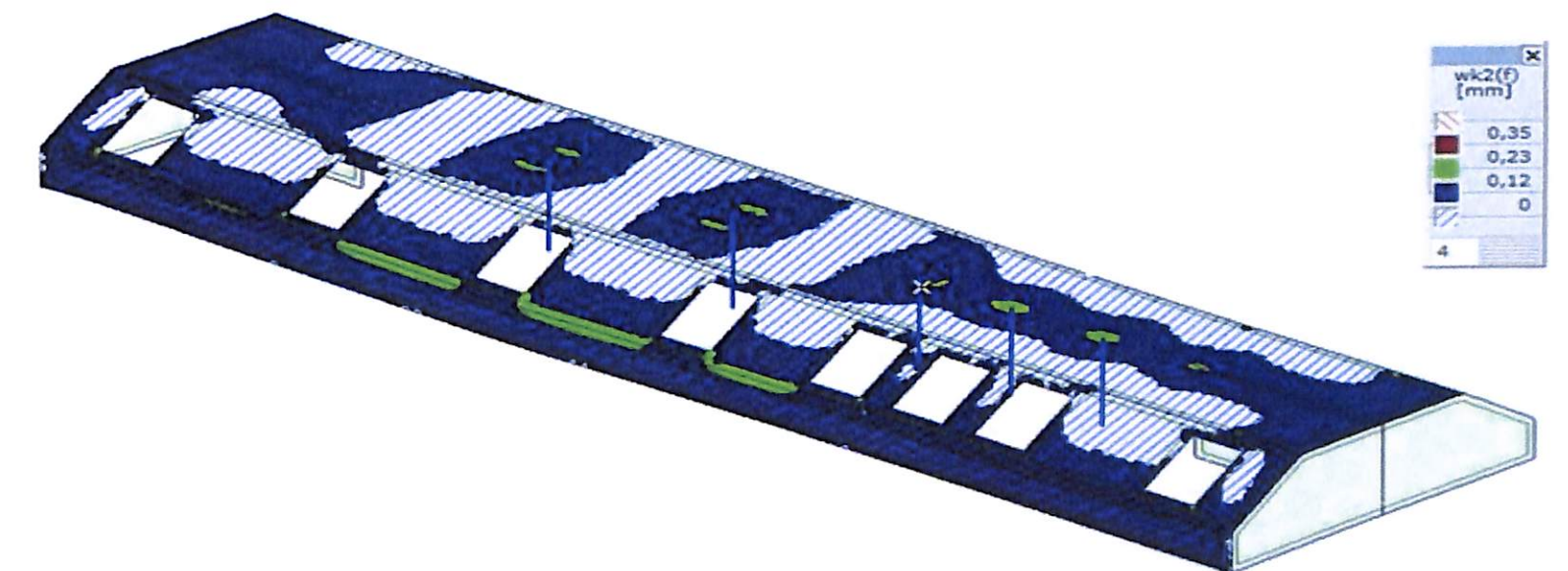
Alsó repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Felső repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Alsó repedéstágasság a beton szélsőszálában



Felső repedéstágasság a beton szélső szálában

Megállapítás: A födém alsó és felső oldalán is a repedéstágasság a $w_{k,eng} = 0,4 \text{ mm}$ megengedett határérték alatt van.

2.5. Födém átszúródás vizsgálata

2.5.1. P1 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszúródási erőre

Bemenő adatok

Pillér keresztmetszete: 30 cm x 40 cm

Lemezvastagság: 20 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X és Y irányban azonos, Ø10/200 + Ø10/200

Átszúródási erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 198,03$ kN

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 178 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 200 - 25 - 5 = 170 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 170 - 10 = 160 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,15

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól 2d távolságra lévő u_1 került.

a) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

ahol:

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 198,03 \cdot 10^3}{1400 \cdot 170} = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 = 1400 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírási feltétel teljesült, a lemez vastagsága és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

b) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 198,03 \cdot 10^3}{3536,28 \cdot 170} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,414 \cdot 1,2 = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 + 2 \cdot 2 \cdot 170 \cdot \pi = 3536,28 \text{ mm}$$

$C=0,414$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében interpolációval meghatározva

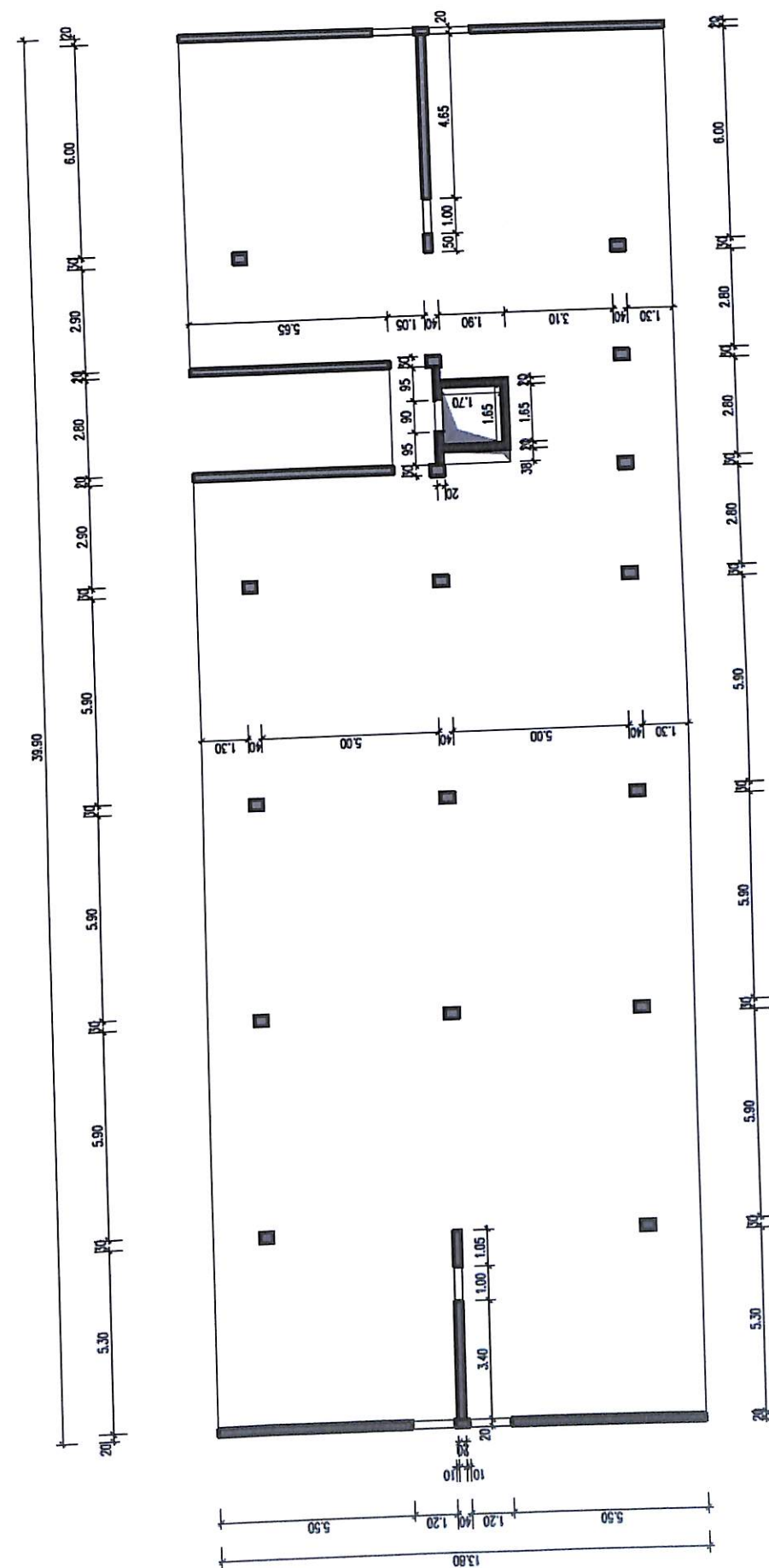
Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányad:

$$\rho_x = \rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{786}{1000 \cdot 170} = 0,004$$

$$\rho_I = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_I = 0,4\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása megfelelő, így a pillér felett nincs szükség nyírási vasalás.

3. Általános földem szerkezeti méretezése



Általános födém pozíciók terv

3.1. Terhek, súlyelemzés

3.1.1. Rétegrend

Réteg megnevezése	$v[m]$	$\gamma[kg/m^3]$	$g_k=v \cdot \gamma[kg/m^2]$
Kerámia lap	0,008	2400	19,20
Aljzatbeton kiegyenlítő	0,01	-	18,0
Úsztatott aljzatbeton	0,06	2200	132,0
PE fólia technológiai szigetelés	-	-	-
AT-L5 lépéshanggátló réteg	0,03	10	0,30
Simító glettelés	0,003	1500	4,50

$$\sum g_k=201,0 \text{ kg/m}^2$$

3.1.2. Egyéb terhek

- Függetlenfal önsúlya: $1,80 \text{ kN/m}^2$
- Iroda funkciójából adódó teher: $3,0 \text{ kN/m}^2$
- Elkent válaszfal teher: $2,0 \text{ kN/m}^2$

3.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

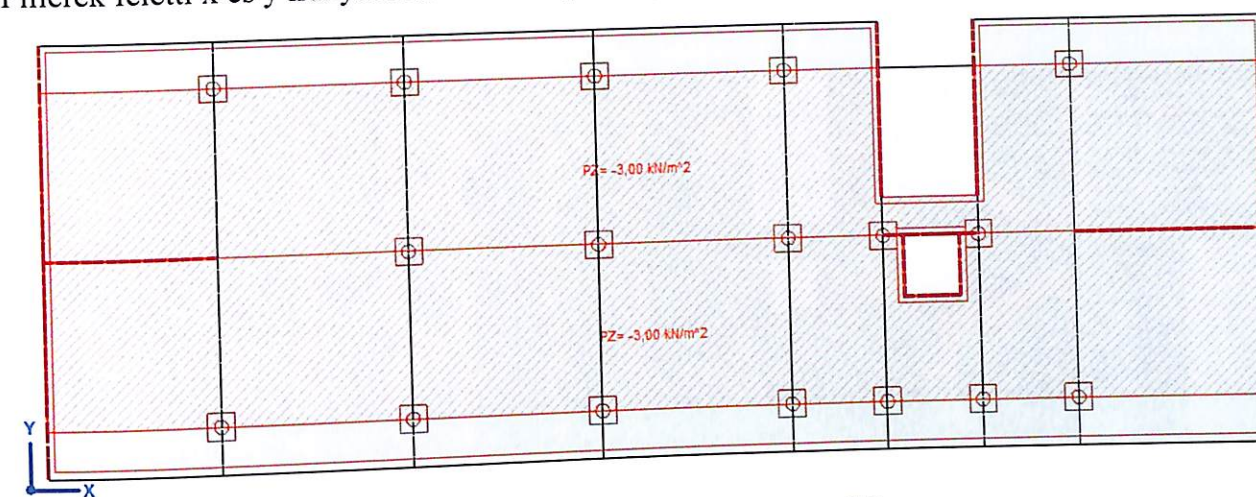
A lemez igénybevételei AxisVM 12 program segítségével lettek meghatározva. A 3.1. pontban feltüntetett terheken kívül a program által generált önsúly került a lemezre teherként. A mértékadó igénybevételek parciális leterheléssel, a hasznos teher helyének mértékadó teherállásokba való állításával álltak elő, az 1.3.2. pontban ismertetett teherkombinációk és biztonsági tényezők felhasználásával.

Az általános födém szintek vastagsága 22 cm. A födém, az alsó szintek $30 \times 40 \text{ cm}$ keresztmetszetű pilléreire és 20 cm vastagságú merevítő falaira támaszkodik.

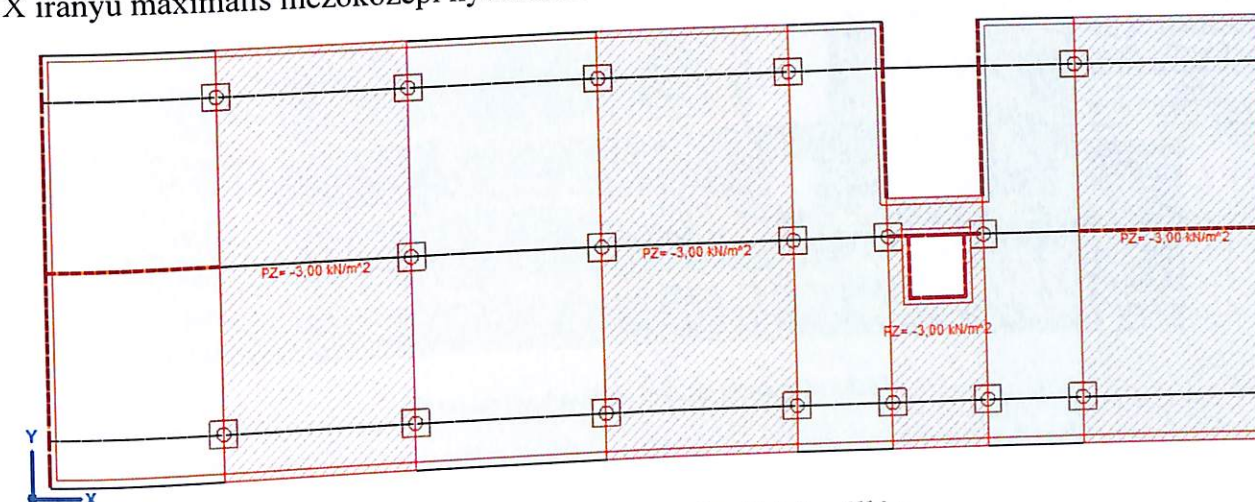
Anyagminőségek:

- Beton: C25/30-XC1-16-F3
- Betonacél: B500B

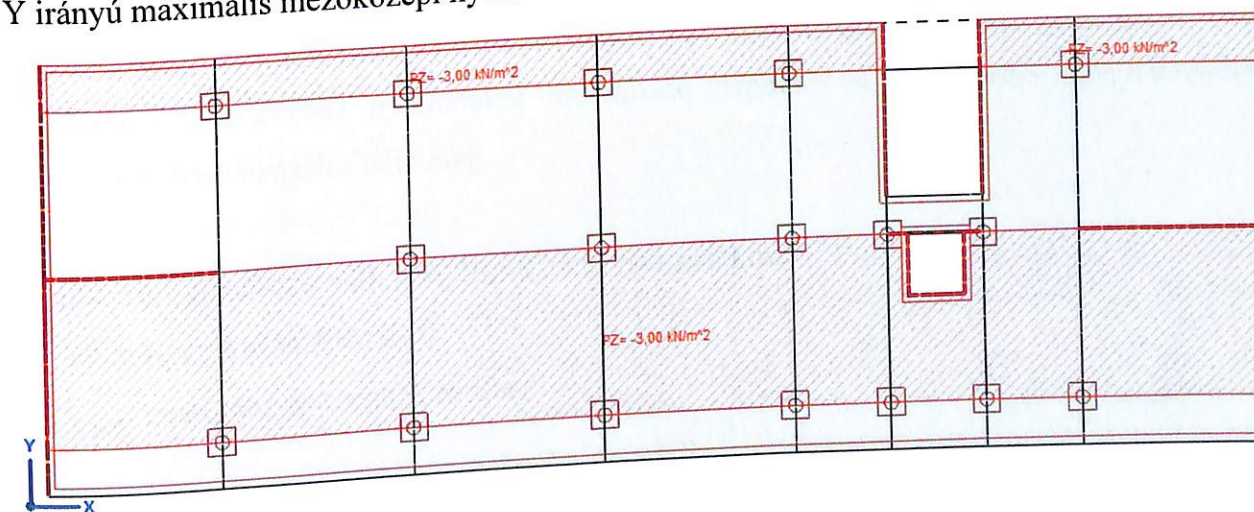
Pillérek feletti x és y irányú maximális negatív nyomatékra mértékadó teherállás:



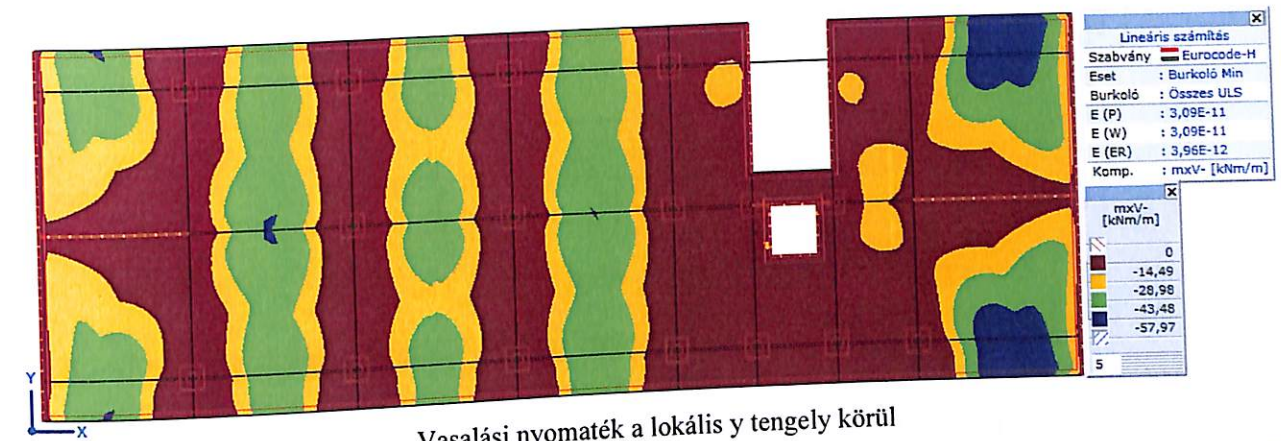
X irányú maximális mezőközépi nyomatékra mértékadó teherállás:



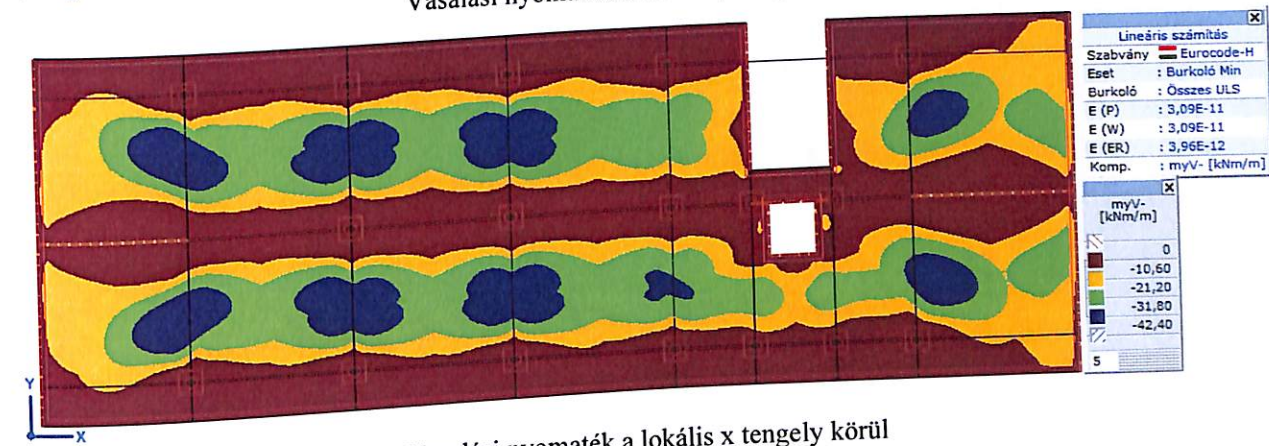
Y irányú maximális mezőközépi nyomatékra mértékadó teherállás:



3.2.1. Alsó vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A lemez x és y irányú nyomatékai közel azonosak, ezért azok betonacél igényei vasalás tekintetében az x irányban keletkező mértékadó igénybevételre méretezendők. A lemez vasalását egy közbelső nyomatékra méretezett alapháló és a nagyobb igénybevételekre méretezett erősítő vasalás adja meg.

Alapháló meghatározása $M_{Ed} = 28,98 \text{ kNm}$ nyomatéokra:

Feltételezett vasátmérő: $\phi 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - \left(C_{nom} + \frac{\phi}{2} \right) = 220 - (25 + 5) = 190 \text{ mm}$$

x_c – nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 190 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 28,98 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 190^2}}\right) = 9,36 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 190 = 93,1 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 9,36 \cdot 16,7}{435} = 359,49 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} \rightarrow 436 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{436 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 11,36 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 11,36 \cdot 16,7 \cdot \left(190 - \frac{11,36}{2}\right) = 34,96 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 43,48 \text{ kNm}$ közbelső nyomatékra:

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - \left(C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}\right) = 220 - (25 + 5) = 190 \text{ mm}$$

x_c – nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 190 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 43,48 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 190^2}} \right) = 14,24 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 190 = 93,1 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 14,24 \cdot 16,7}{435} = 546,55 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + \emptyset 10/360 \text{ mm} \rightarrow 654 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{654 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 17,04 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 17,04 \cdot 16,7 \cdot \left(190 - \frac{17,04}{2} \right) = 51,64 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 57,97 \text{ kNm}$ maximális nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{Bmatrix} 10 \\ 15 \\ 10 \end{Bmatrix} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 220 - (25 + 5) = 190 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

$$x_c = 190 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 57,97 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 190^2}} \right) = 19,24 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 190 = 93,1 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\Sigma F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 19,24 \cdot 16,7}{435} = 738,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + \emptyset 10/180 \text{ mm} \rightarrow 873 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\Sigma F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{873 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 22,74 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 22,74 \cdot 16,7 \cdot \left(190 - \frac{22,74}{2}\right) = 67,84 \text{ kNm}$$

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 190 = 285 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \middle| 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 220 = 8800 \text{ mm}^2$$

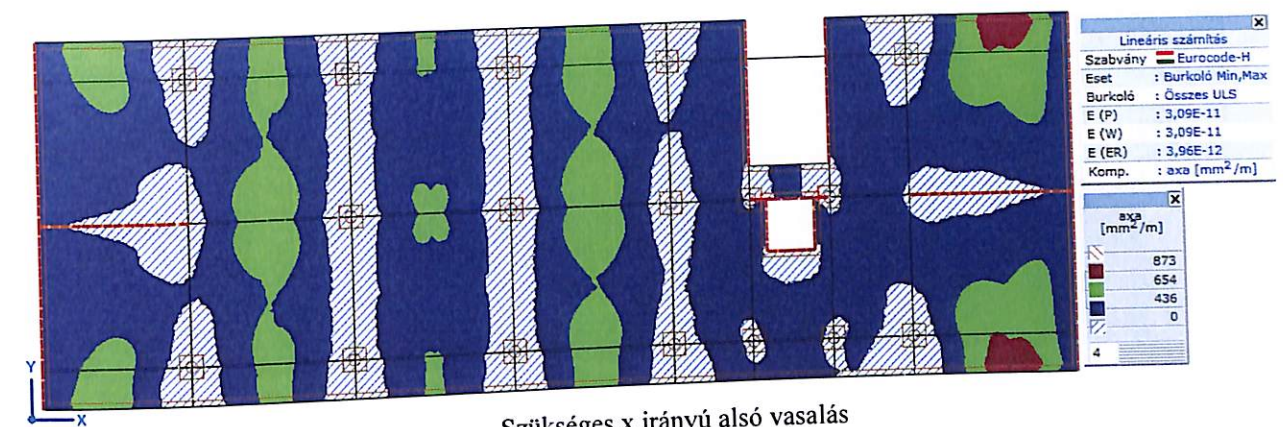
Legnagyobb vastávolság:

$$S_{max} = \min\{2 \cdot h = 440 \text{ mm} | 300 \text{ mm}\} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

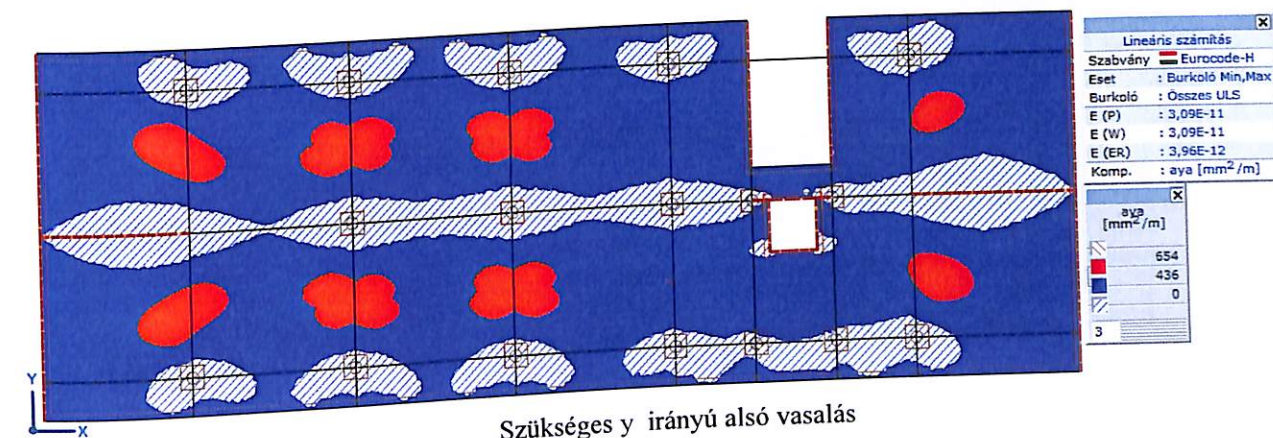
Legnagyobb vasátmérő:

$$\emptyset_{max} = \frac{h}{10} = \frac{220}{10} = 22 \text{ mm}$$

Megállapítás: A födémlemez $\emptyset 10/180 \text{ mm}$ alaphálójával és azt kiegészítő $\emptyset 10/360 \text{ mm}$ és $\emptyset 10/180 \text{ mm}$ erősítő vasalással nyomatéki teherbírásra és szerkesztési szabályokra megfelel.

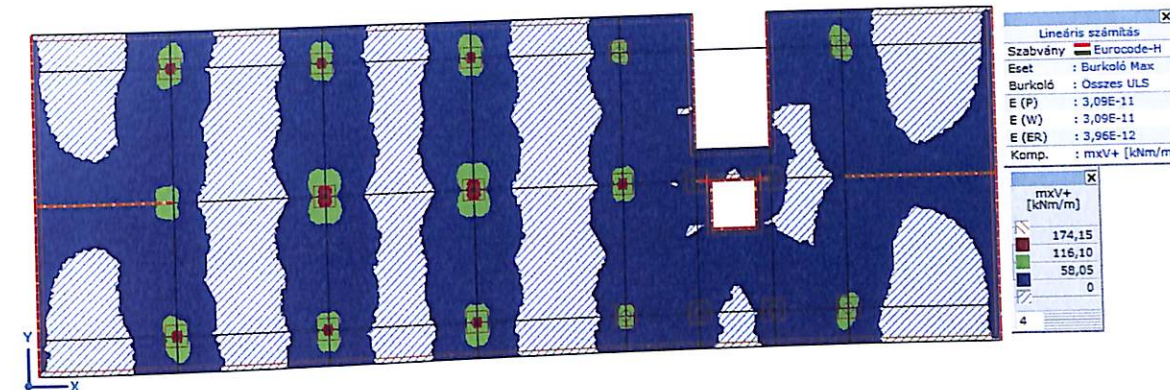


Szükséges x irányú alsó vasalás

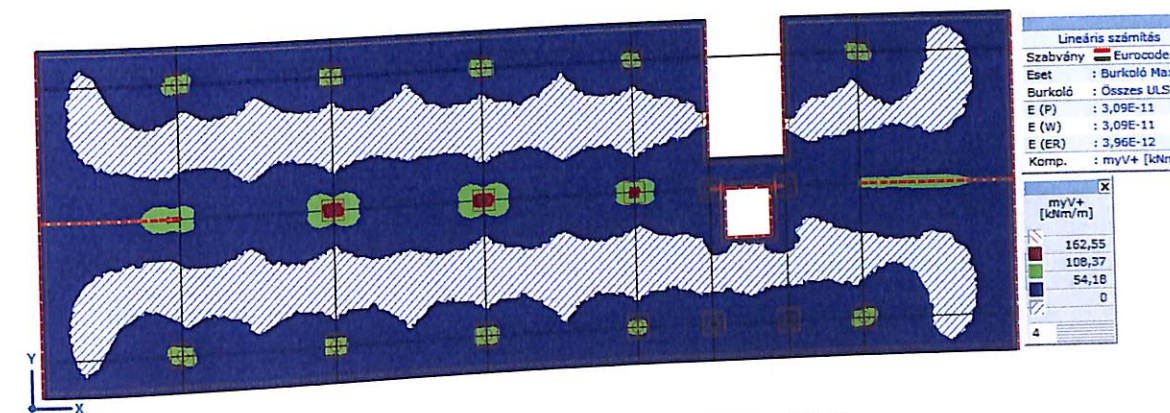


Szükséges y irányú alsó vasalás

3.2.2. Felső vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A lemez x és y irányú nyomatékai közel azonosak, ezért azok betonacél igényei a vasalás tekintetében az x irányban keletkező mértékadó igénybevételre méretezendők. A lemez felső vasalását az alsó vasalásként méretezett $\emptyset 10/180 \text{ mm}$ alapháló és a nagyobb igénybevételekre méretezett erősítő vasalás adja meg.

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 116,10 \text{ kNm}$ közbelső nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - \left(C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) = 220 - (25 + 5) = 190 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

$$x_c = 190 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 116,10 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 190^2}} \right) = 35,29 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 190 = 93,1 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 35,29 \cdot 16,7}{435} = 1354,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + \emptyset 16/180 \text{ mm} \rightarrow 1553 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{1553 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 40,45 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 40,45 \cdot 16,7 \cdot \left(190 - \frac{40,45}{2} \right) = 114,68 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 174,15 \text{ kNm}$ maximális nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{Bmatrix} 10 \\ 15 \\ 10 \end{Bmatrix} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 220 - (25 + 5) = 190 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

$$x_c = 190 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 174,15 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 190^2}} \right) = 66,53 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 190 = 93,1 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 66,53 \cdot 16,7}{435} = 2554,32 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180\text{mm} + \emptyset 16/180\text{mm} + \emptyset 20/180\text{mm} \rightarrow 3298 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{3298 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 85,91 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 85,91 \cdot 16,7 \cdot \left(190 - \frac{85,91}{2}\right) = 210,97 \text{ kNm}$$

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 190 = 285 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \mid 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 220 = 8800 \text{ mm}^2$$

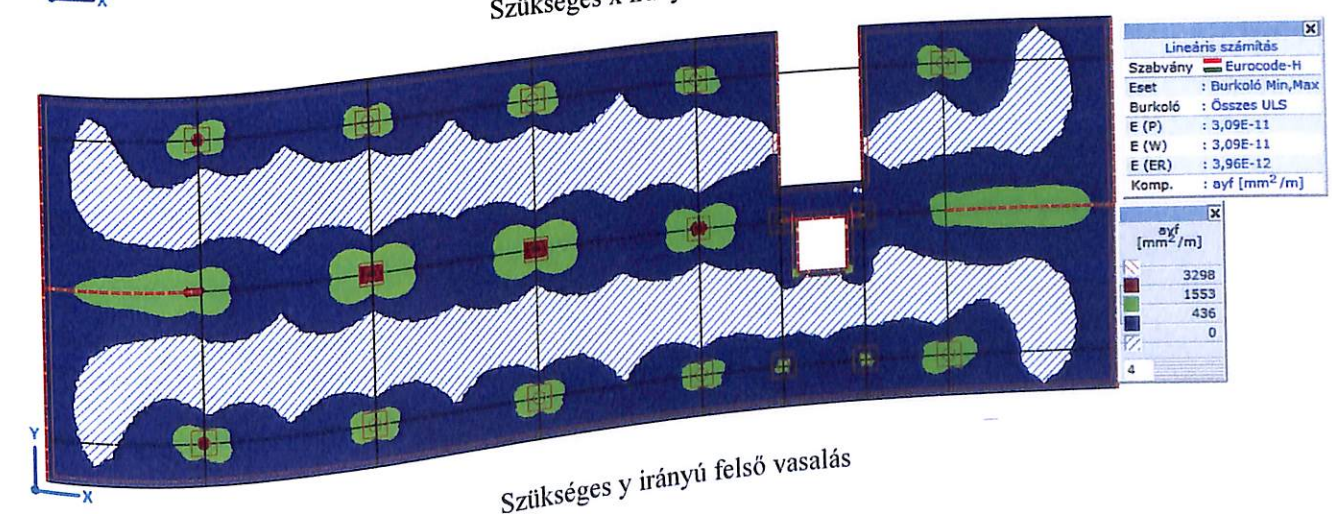
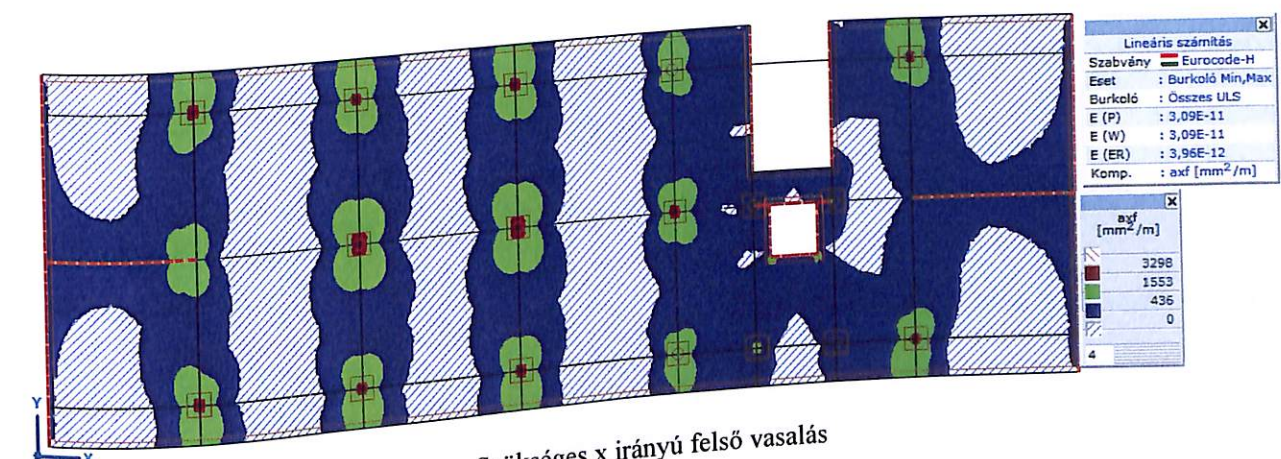
Legnagyobb vastávolság:

$$S_{max} = \min \{ 2 \cdot h = 440 \text{ mm} \mid 300 \text{ mm} \} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Legnagyobb vasátmérő:

$$\phi_{max} = \frac{h}{10} = \frac{220}{10} = 22 \text{ mm}$$

Megállapítás: A födémlemez felső vasalása $\phi 10/180 \text{ mm}$ alaphálójával és azt kiegészítő $\phi 16/180 \text{ mm}$ és $\phi 16/180 \text{ mm} + \phi 20/180 \text{ mm}$ erősítő vasalással nyomatóki teherbírásra és szerkesztési szabályokra megfelel.



3.3. Lemez keresztmetszeti méreteinek ellenőrzése

Alkalmazott lemezvastagság: 22cm

Lemez vastagságának ellenőrzése a mértékadó igénybevételre: $M_{Ed} = 174,17 \text{ kNm}$

Feltételezett legnagyobb vasátmérő: $\emptyset 12$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{Bmatrix} 12 \\ 15 \\ 10 \end{Bmatrix} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 220 - (25 + 6) = 191 \text{ mm}$$

Nyomott betonzóna maximális értékéhez ($x_{co} = \xi_{co} \cdot d$) tartozó nyomaték meghatározása, melynél az acélbetétek folyási állapotban vannak:

$$M_{Rd0} = b \cdot x_{co} \cdot f_{cd} \cdot (d - \frac{x_{co}}{2})$$

$$M_{Rd0} = 1000 \cdot 93,1 \cdot 16,7 \cdot (191 - \frac{93,1}{2})$$

$$M_{Rd0} = 223,03 \text{ kNm}$$

Megállapítás: $M_{Ed} < M_{Rd0}$ feltétel teljesül, így a lemez keresztmetszeti méretei megfelelnek.

3.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés

3.4.1. Lehajlás ellenőrzése

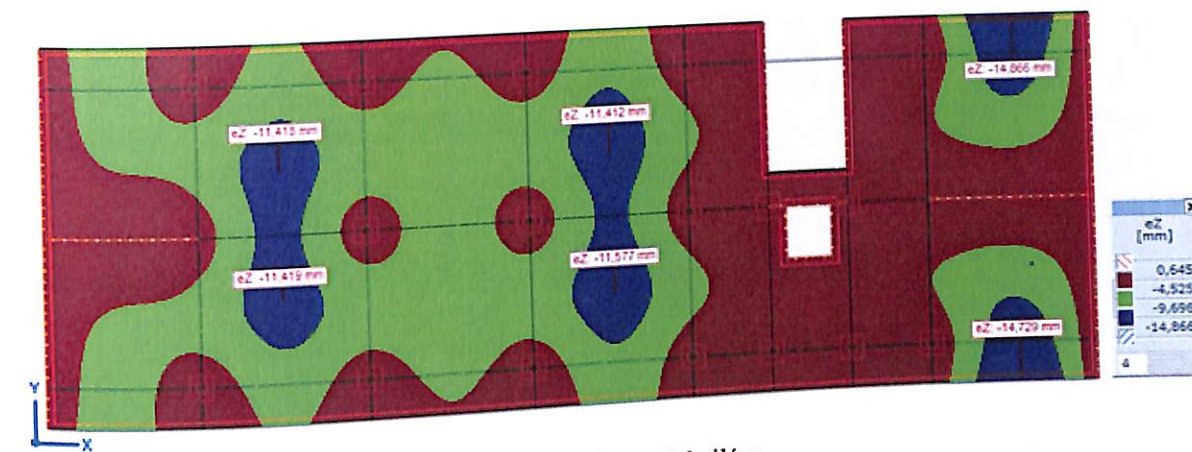
A lehajlás vizsgálat AxisVM12 program segítségével lett meghatározva, a kúszás végértékét figyelembe vevő $E_{c,eff}$ beton alakváltozási tényezőjével.

Megengedett lehajlási érték síklemez födém esetén:

$$w_{eng} = l/200 = 6250/200 = 31,25 \text{ mm}$$

ahol:

l - támaszköz



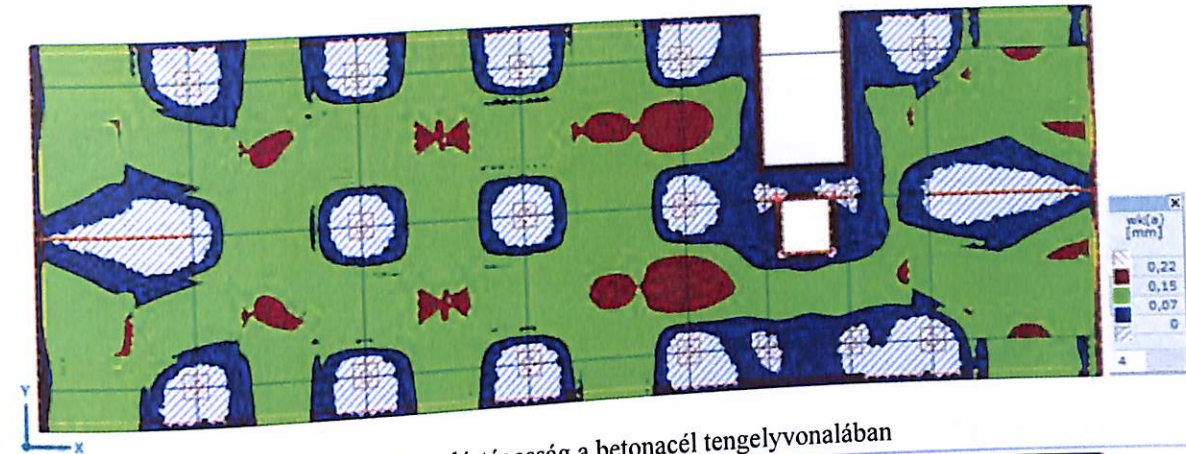
Födém lehlása

Födém tényleges lehlása: 14,87 mm

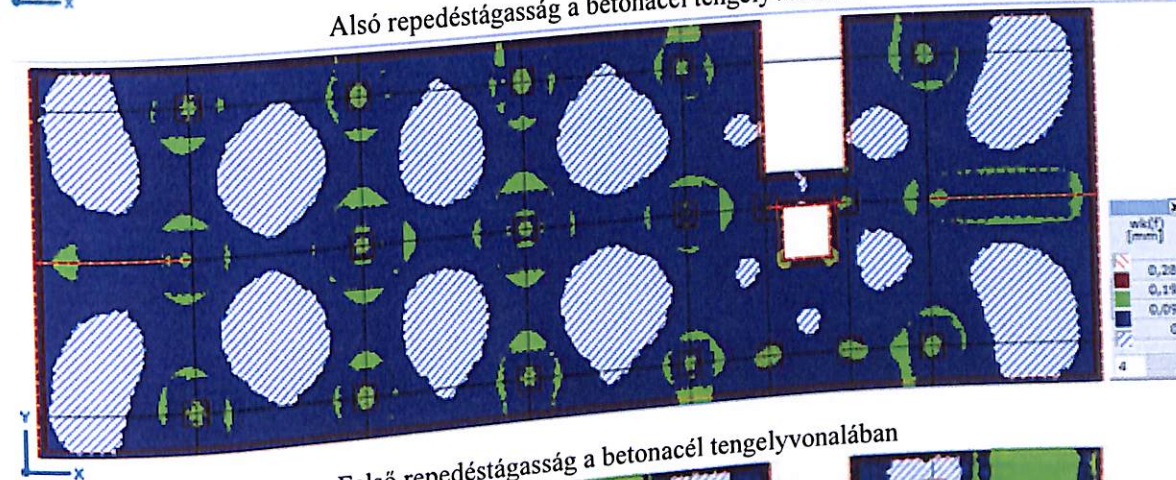
Megállapítás: $w = 14,87 \text{ mm} < w_{\text{eng}} = 31,25 \text{ mm}$ feltétel teljesül, így a födémlemez lehlásra megfelel.

3.4.2. Repedéstágasság ellenőrzése

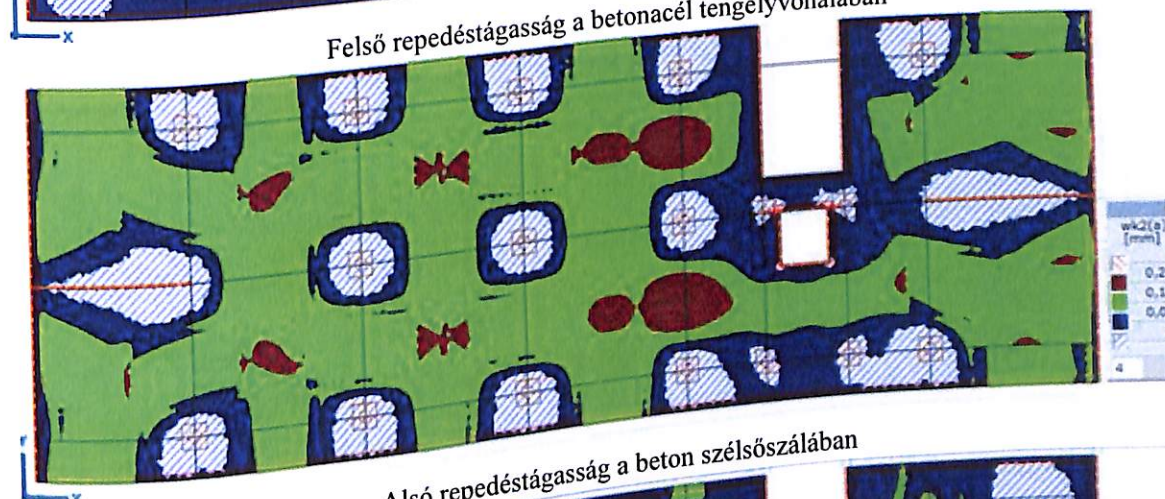
A repedéstágasság ellenőrzése AxisVM12 program segítségével lett meghatározva. $w_{k,\text{eng}} = 0,4 \text{ mm}$ repedéskorlátozási feltétel teljesül, ha a lemez nem vastagabb 300 mm-nél és a c-betontakarás $\leq 30 \text{ mm}$. Így a repedéstágasság határértéke: $w_{k,\text{eng}} = 0,4 \text{ mm}$



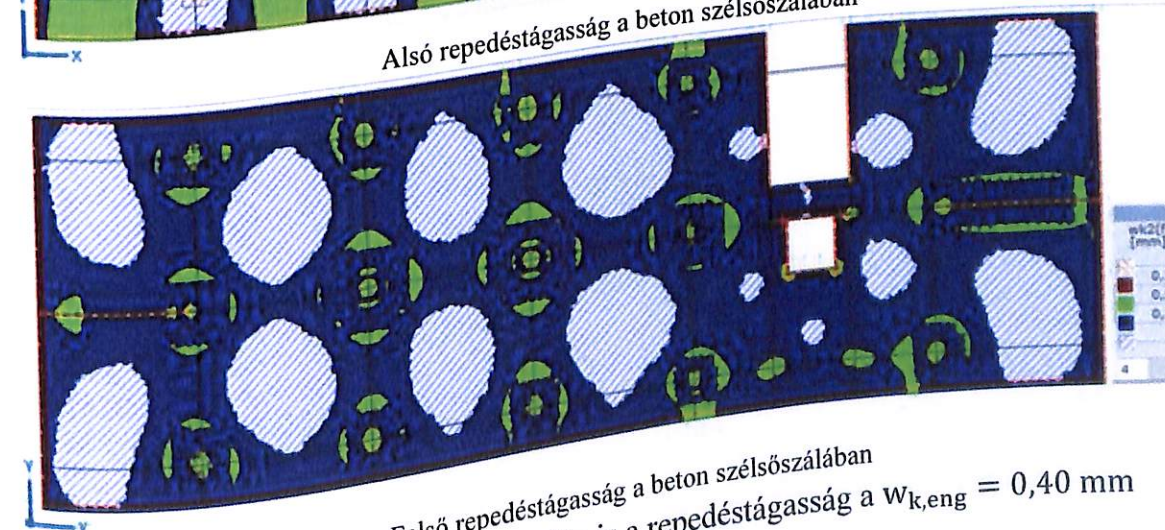
Alsó repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Felső repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Alsó repedéstágasság a beton szélsőszálában



Felső repedéstágasság a beton szélsőszálában

Megállapítás: A födém alsó és felső oldalán is a repedéstágasság a $w_{k,eng} = 0,40$ mm megengedett határérték alatt van.

3.5. Födém átszúródás vizsgálata

3.5.1. Közbenső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén

3.5.1.1. P1 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszúródási erőre

Bemenő adatok

Pillér keresztmetszete: 30 cm x 40 cm

Lemezvastagság: 22 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X és Y irányban azonos, Ø10/180 + Ø16/180 + Ø20/180

Átszúródási erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 671,02 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 178 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{\text{nom}} - \frac{\emptyset}{2} = 220 - 26 - 8 = 186 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 186 - 16 = 170 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,15

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól 2d távolságra lévő u_1 került.

c) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 671,02 \cdot 10^3}{1400 \cdot 178} = 3,1 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 = 1400 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírasi feltétel teljesült, a lemez vastagsága és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

d) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 671,02 \cdot 10^3}{3636,82 \cdot 178} = 1,19 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,678 \cdot 1,2 = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 + 2 \cdot 2 \cdot 178 \cdot \pi = 3636,82 \text{ mm}$$

$C=0,678$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében

interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányad:

$$\rho_x = \rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 178} = 0,016$$

$$\rho_I = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_I = 1,6\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a pillér felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

a) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetétén kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a nyírásra vasalt oszlopfej mérete.

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

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow v_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,15 \cdot 636,31 \cdot 10^3}{0,81 \cdot 178} = 5075,29 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható földemteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{2\pi} - 1,5d = \frac{5075,29}{2\pi} - 1,5 \cdot 178 = 540,76 \text{ mm}$$

b) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 89\text{mm} \geq a \geq 0,3d = 53,4\text{mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 178 = 133,5\text{mm} \rightarrow 130\text{mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 178 = 356\text{mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 178 = 294,5 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{S_t} = \frac{2 \cdot 540,76 \cdot \pi}{356} = 9,54 \rightarrow 10 \text{ köz} \rightarrow 11 \text{ db vas}$$

c) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{390,76}{356} = 1,10 \rightarrow 2 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 356 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 2 \cdot 300 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 356 \cdot \pi = 3636,81 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 671,02 \cdot 10^3}{3636,81 \cdot 178} = 1,19 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{1,19 - 0,75 \cdot 0,81}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{3636,81 \cdot 178}} = 623,42 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{623,42}{12} = 51,95 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10 } [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

2. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_2 = 4d = 712 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_2 = 2 \cdot 300 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 712 \cdot \pi = 5873,63 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_2 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 671,02 \cdot 10^3}{5873,63 \cdot 178} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe a 2. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_2 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{0,74 - 0,75 \cdot 0,81}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{5873,63 \cdot 178}} = 343,54 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{343,54}{12} = 28,63 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10 } [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A pillér körül a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 12 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 4 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 130 mm-es osztásközzel.

3.5.1.2. P2 jelű pillér vizsgálata

Bemenő adatok

Pillér keresztmetszete: 30 cm x 40 cm

Lemezvastagság: 22 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X és Y irányban azonos, Ø10/180 + Ø16/180 + Ø20/180

Átszűrődési erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 521,91 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 178 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\phi}{2} = 220 - 26 - 8 = 186 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 186 - 16 = 170 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,15

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két terület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól $2d$ távolságra lévő u_1 került.

a) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 521,91 \cdot 10^3}{1400 \cdot 178} = 2,41 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 = 1400 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírási feltétel teljesült, a lemez vastagsága és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

b) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 521,91 \cdot 10^3}{3636,82 \cdot 178} = 0,93 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,678 \cdot 1,2 = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 + 2 \cdot 2 \cdot 178 \cdot \pi = 3636,82 \text{ mm}$$

$C=0,678$, értéke a betonminőség, a ρ_l vashányad és a d hatékony magasság függvényében

interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányadok:

$$\rho_x = \rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 178} = 0,016$$

$$\rho_1 = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_1 = 1,6\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a pillér felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

a) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetétén kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a nyírásra vasalt oszlopfej mérete.

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

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow v_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,15 \cdot 502,39 \cdot 10^3}{0,81 \cdot 178} = 4007,13 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{2\pi} - 1,5d = \frac{4007,13}{2\pi} - 1,5 \cdot 178 = 370,76 \text{ mm}$$

b) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 89 \geq a \geq 0,3d = 53,4 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 178 = 133,5 \text{ mm} \rightarrow 130 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 178 = 356 \text{ mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 178 = 294,5 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{S_t} = \frac{2 \cdot 370,76 \cdot \pi}{356} = 6,54 \rightarrow 7 \text{ köz} \rightarrow 8 \text{ db vas}$$

c) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{245,54}{356} = 0,62 \rightarrow 1 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 356 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 2 \cdot 300 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 356 \cdot \pi = 3636,81 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 521,91 \cdot 10^3}{3636,81 \cdot 178} = 0,93 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{S_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{0,93 - 0,75 \cdot 0,81}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{3636,81 \cdot 178}} = 345,16 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{345,16}{8} = 43,15 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10} [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A pillér körül a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 8 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 3 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 130 mm-es osztásközzel.

3.5.2. Szélső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén

3.5.2.1. P3 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszűrődési erőre

Bemenő adatok

Pillér keresztmetszete: 30 cm x 40 cm

Lemezvastagság: 22 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X irányban, Ø12/180 + Ø16/90,

Y irányban, Ø12/180 + Ø16/180

Átszűrődési erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 461,48 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 178 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{\text{nom}} - \frac{\emptyset}{2} = 220 - 26 - 8 = 186 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 186 - 16 = 170 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,4

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két terület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól $2d$ távolságra lévő u_1 került.

a) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 461,48 \cdot 10^3}{834 \cdot 178} = 4,35 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd, \max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 3 \cdot 178 + 300 = 834 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírási feltétel teljesült, a lemez vastagság és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

b) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 461,48 \cdot 10^3}{2218,41 \cdot 178} = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,624 \cdot 1,2 = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 300 + 2 \cdot 2 \cdot 178 \cdot \pi/2 = 2218,41 \text{ mm}$$

$C=0,624$, értéke a betonminőség, a ρ_l vashányad és a d hatékony magasság függvényében interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányadok:

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2862}{1000 \cdot 178} = 0,016$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1745}{1000 \cdot 178} = 0,0098$$

$$\rho_l = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_l = 1,25\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a pillér felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

a) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetéten kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a vasalt oszlopfej mérete.

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

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow v_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,4 \cdot 371,68 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 178} = 3897,77 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{\pi} - 1,5d = \frac{3897,77 - 2 \cdot 200}{\pi} - 1,5 \cdot 178 = 846,37 \text{ mm}$$

b) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 89 \geq a \geq 0,3d = 53,4 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 178 = 133,5 \text{ mm} \rightarrow 130 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 178 = 356 \text{ mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 178 = 294,5 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{r \cdot \pi + 2 \cdot 400/2}{S_t} = \frac{846,37 \cdot \pi + 400}{356} = 8,59 \rightarrow 9 \text{ köz} \rightarrow 10 \text{ db vas}$$

Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{696,37}{356} = 1,95 \rightarrow 2 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 356 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 300 + 2 \cdot 400 + 356 \cdot \pi = 2218,41 \text{ mm}$$

Átszűrődási feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 461,48 \cdot 10^3}{2218,41 \cdot 178} = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{S_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{1,64 - 0,75 \cdot 0,75}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{2218,41 \cdot 178}} = 703,44 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{703,44}{10} = 70,34 \text{ mm}^2 \rightarrow \phi 10 [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

2. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_2 = 4d = 712 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_2 = 300 + 2 \cdot 400 + 712 \cdot \pi = 3336,81 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_2 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 461,48 \cdot 10^3}{3336,81 \cdot 178} = 1,09 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe a 2. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_2 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{1,09 - 0,75 \cdot 0,75}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{3336,81 \cdot 178}} = 517,99 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{517,99}{10} = 51,80 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10} [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A pillér belső fele körül a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 10 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 6 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 130 mm-es osztásközzel.

3.5.3. Falvég vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén

Bemenő adatok:

Fal szélessége: 20 cm

Lemezvastagság: 22 cm

Fal felett alkalmazott vasalás X irányban, Ø10/180 + Ø16/180,

Y irányban, Ø10/180 + Ø16/180+20/180

Átszűrődési erő, a vizsgált fal reakció ereje: $V_{Ed,0} = 401,43 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 178 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 220 - 26 - 8 = 186 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 186 - 16 = 170 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,4

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól 2d távolságra lévő u_1 került.

- a) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén
Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 401,43 \cdot 10^3}{1000 \cdot 178} = 3,16 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 200 + 2 \cdot 200 + 2 \cdot 200 = 1000 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírasi feltétel teljesült, a lemez vastagság és a fal méretei megfelelnek.

- b) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.
Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 401,43 \cdot 10^3}{2118,41 \cdot 178} = 1,49 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,624 \cdot 1,2 = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 200 + 2 \cdot 2 \cdot 200 + 2 \cdot 2 \cdot 178 \cdot \pi/2 = 2118,41 \text{ mm}$$

$C=0,624$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányadok:

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 178} = 0,016$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1553}{1000 \cdot 178} = 0,0098$$

$$\rho_I = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_I = 1,25\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a falvég felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

a) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetétén kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a vasalt oszlopfej mérete.

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

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow V_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{V_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,4 \cdot 367,41 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 178} = 3852,97 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{\pi} - 1,5d = \frac{3852,97 - 2 \cdot 200}{\pi} - 1,5 \cdot 178 = 832,11 \text{ mm}$$

b) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 89 \geq a \geq 0,3d = 53,4 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 178 = 133,5 \text{ mm} \rightarrow 130 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 178 = 356 \text{ mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 178 = 294,5 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{r \cdot \pi + 2 \cdot 200}{S_t} = \frac{832,11 \cdot \pi + 400}{356} = 8,47 \rightarrow 9 \text{ köz} \rightarrow 10 \text{ db vas}$$

c) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{732,11}{356} = 2,04 \rightarrow 2 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 356 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 200 + 2 \cdot 400 + 356 \cdot \pi = 2118,41 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 401,43 \cdot 10^3}{2118,41 \cdot 178} = 1,49 \text{ N/mm}^2$$

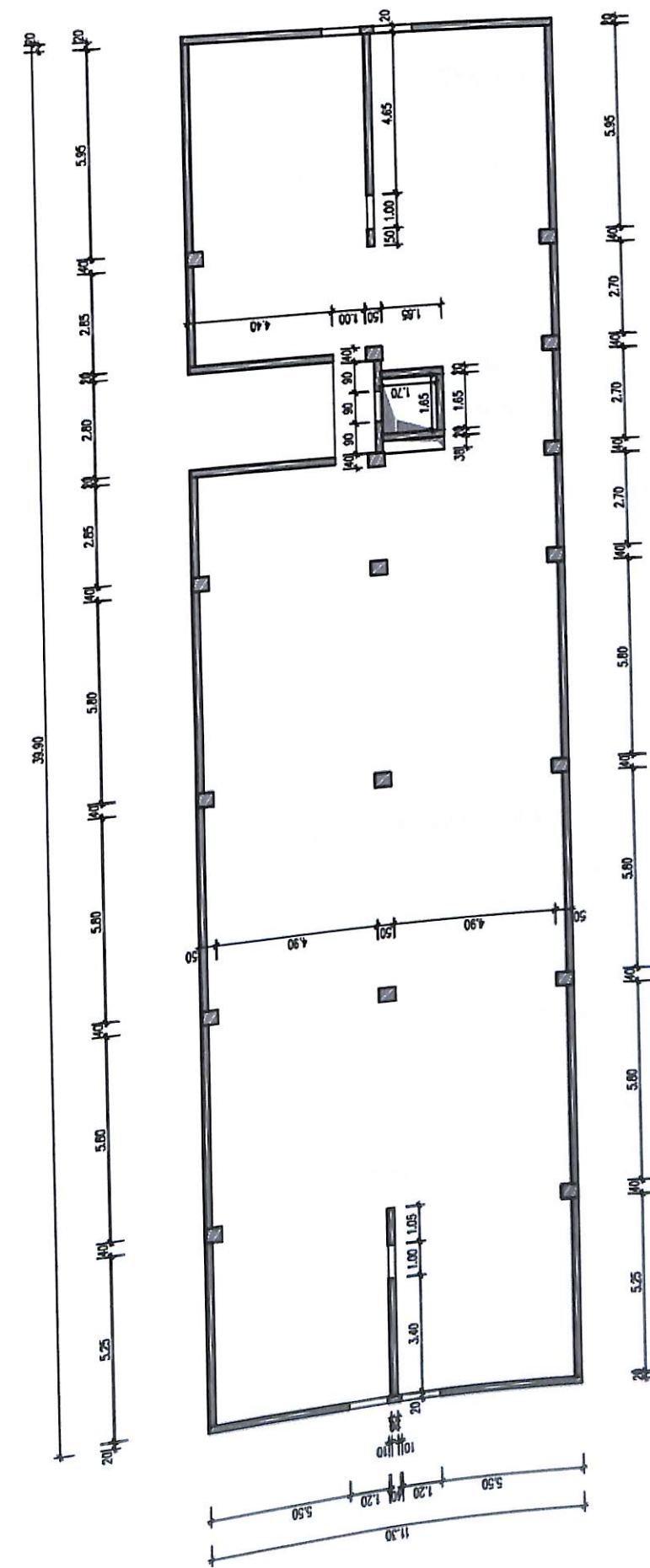
Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{S_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{1,49 - 0,75 \cdot 0,75}{1,5 \cdot \frac{178}{130} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{2118,41 \cdot 178}} = 578,22 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{578,22}{10} = 57,82 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10} [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A falvég körül a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 10 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 7 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 130 mm-es osztásközzel.

4. Pince feletti földem szerkezeti méretezése



Pince feletti földm pozíciós terv

4.1. Terhek, súlyelemzés

4.1.1. Rétegrend			
Réteg megnevezése	$v[m]$	$\gamma[kg/m^3]$	$g_k=v \cdot \gamma[kg/m^2]$
Kerámia lap	0,008	2400	19,20
Aljzatbeton kiegyenlítő	0,01	-	18,0
Úsztatott aljzatbeton	0,06	2200	132,0
PE fólia technológiai szigetelés	-	-	-
AT-L5 lépéshanggátló réteg	0,03	10	0,30
Simító glettelés	0,003	1500	4,50
$\Sigma g_k=201,0 \text{ kg/m}^2$			

4.1.2. Egyéb terhek

- Fügönyfal önsúlya: $1,8 \text{ kN/m}^2$
- Üzlet funkciójából adódó teher: $5,0 \text{ kN/m}^2$
- Elkent válaszfal teher: $2,0 \text{ kN/m}^2$

4.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

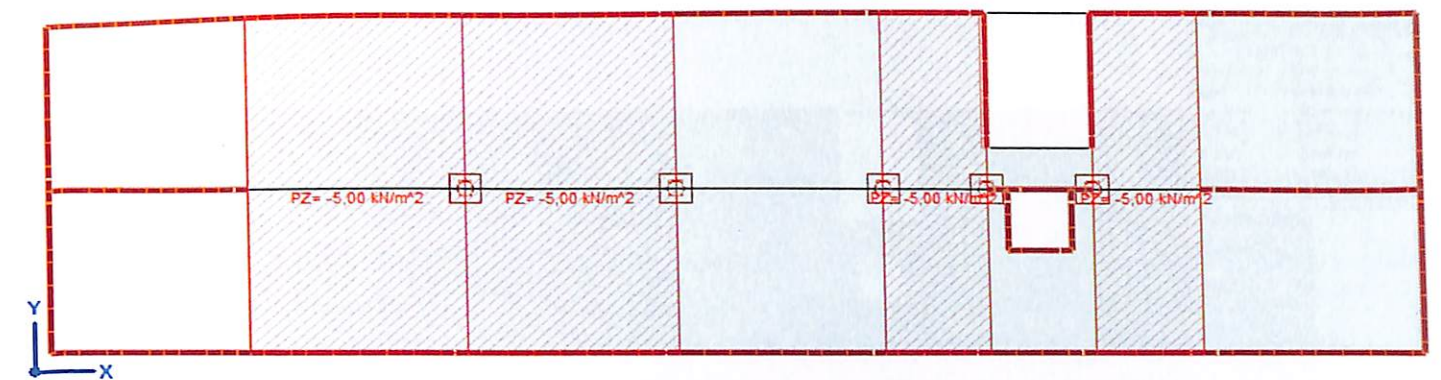
A lemez igénybevételei AxisVM 12 program segítségével lettek meghatározva. A 4.1. pontban feltüntetett terheken kívül a program által generált önsúly került a lemezre teherként. A mértékadó igénybevételek parciális leterheléssel, a hasznos teher helyének mértékadó teherállásokba való állításával álltak elő, az 1.3.2. pontban ismertett teherkombinációk és biztonsági tényezők felhasználásával.

A pince feletti födém vastagsága 25 cm. A födém, a 20 cm vastagságú monolit vasbeton pincefalakra és a pinceszinteken lévő 40 x 50 cm keresztmetszetű pillérekre fekszik.

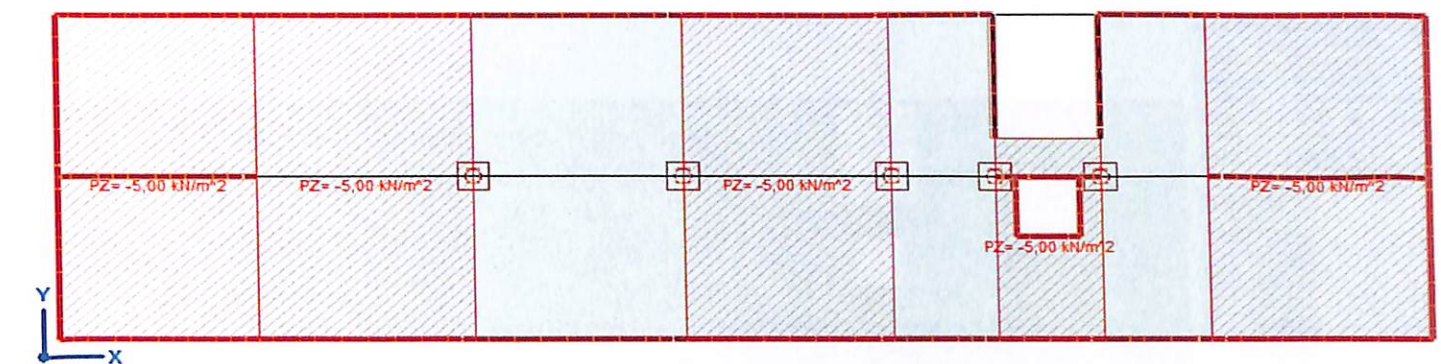
Anyagminőségek:

- Beton: C25/30-XC1-16-F3
- Betonacél: B500B

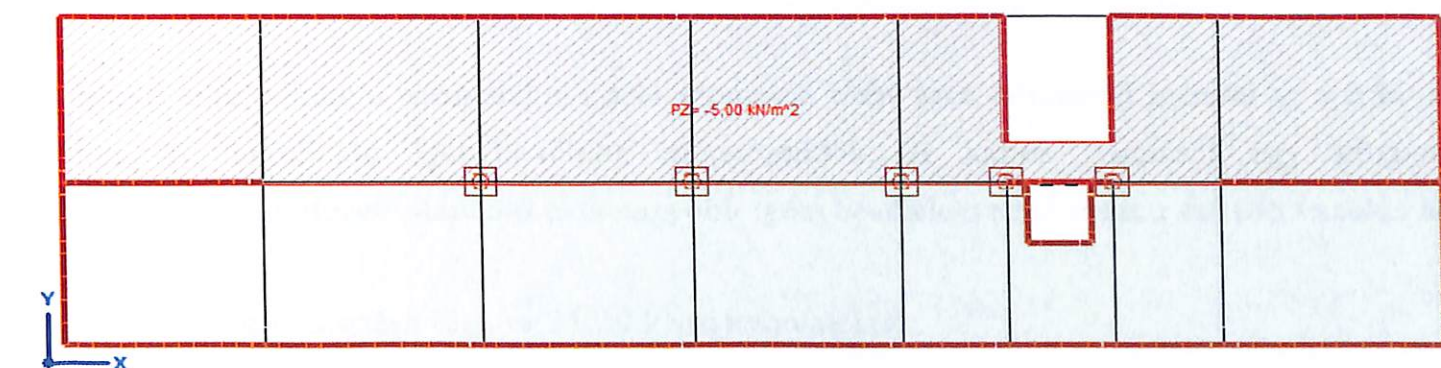
Pillérek feletti x és y irányú maximális negatív nyomatékra mértékadó teherállás:



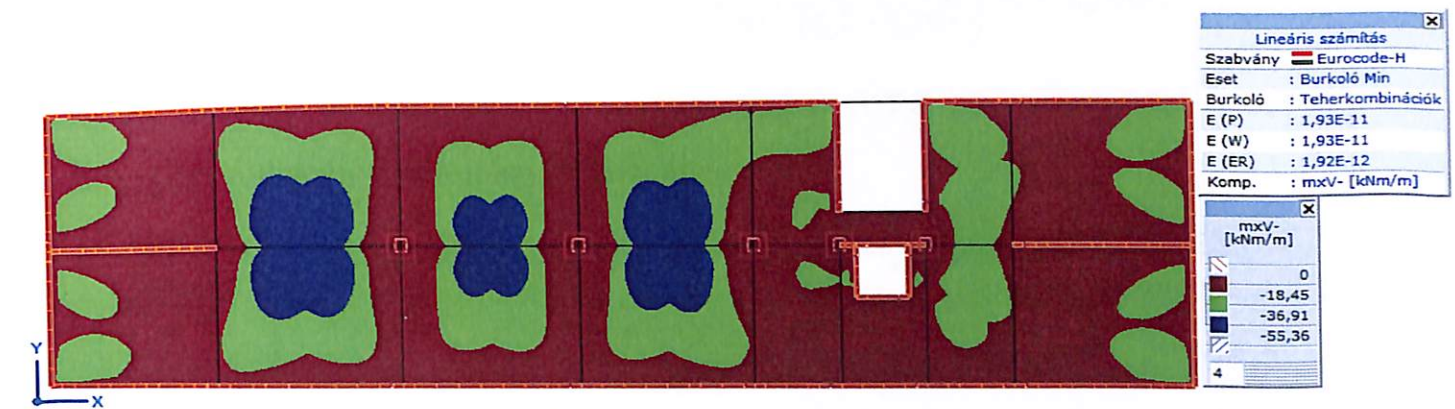
X irányú maximális mezőközépi nyomatékra mértékadó teherállás:



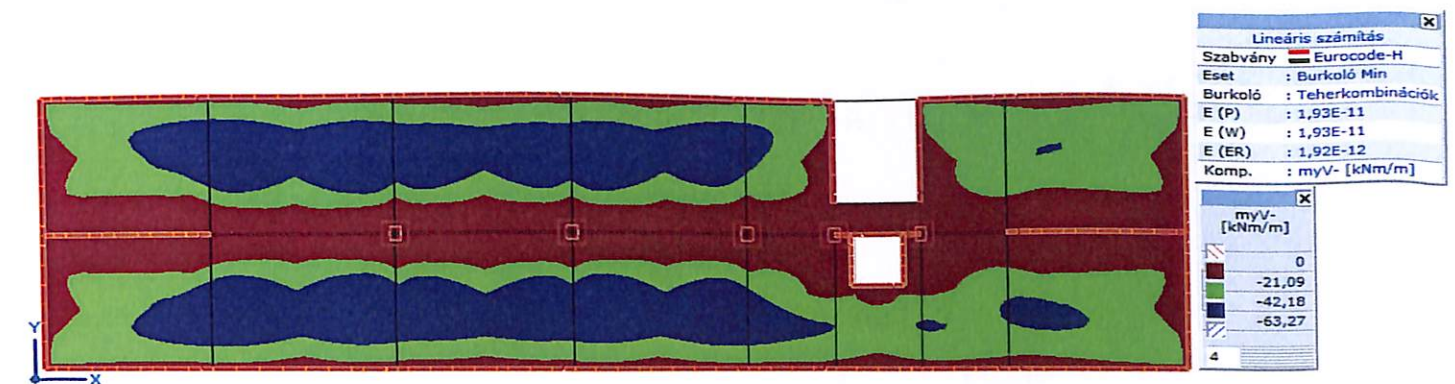
Y irányú maximális mezőközépi nyomatékra mértékadó teherállás:



4.2.1. Alsó vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A lemez x és y irányú nyomatékai közel azonosak, ezért azok betonacél igényei az y irányban keletkező mértékadó igénybevételre méretezendők. A lemez vasalását egy közbelső nyomatékra méretezett alapháló és a nagyobb igénybevételekre méretezett erősítő vasalás adja meg.

Alapháló meghatározása $M_{Ed} = 21,09$ kNm nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - \left(C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) = 250 - (25 + 5) = 220 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

$$x_c = 220 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 21,09 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 220^2}} \right) = 5,82 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 220 = 107,8 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 5,82 \cdot 16,7}{435} = 223,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} \rightarrow 436 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{436 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 11,36 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 11,36 \cdot 16,7 \cdot \left(220 - \frac{11,36}{2} \right) = 40,66 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 42,18 \text{ kNm}$ közbelső nyomatéokra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 250 - (25 + 5) = 220 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2} \right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

$$x_c = 220 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 42,18 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 220^2}} \right) = 11,80 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 220 = 107,8 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s – acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 11,80 \cdot 16,7}{435} = 452,90 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180\text{mm} + \emptyset 10/360\text{mm} \rightarrow 654 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{654 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 17,04 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 17,04 \cdot 16,7 \cdot \left(220 - \frac{17,04}{2}\right) = 60,18 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 63,27 \text{ kNm}$ maximális nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25\text{mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 250 - (25 + 5) = 220\text{mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 220 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 63,27 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 220^2}}\right) = 17,95\text{mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 220 = 107,8 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s - acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 17,95 \cdot 16,7}{435} = 689,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{prov}} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + 2 \times \emptyset 10/360 \text{ mm} \rightarrow 873 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{873 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 22,74 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 22,74 \cdot 16,7 \cdot \left(220 - \frac{22,74}{2}\right) = 79,22 \text{ kNm}$$

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,\text{min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 220 = 330 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{min}} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \mid 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

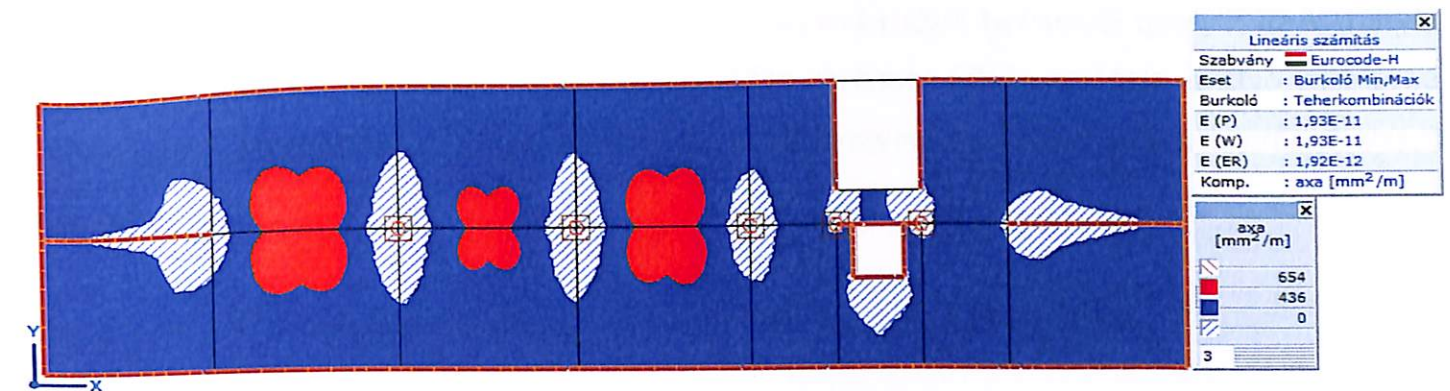
Legnagyobb vastávolság:

$$S_{\text{max}} = \min\{2 \cdot h = 500 \text{ mm} \mid 300 \text{ mm}\} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

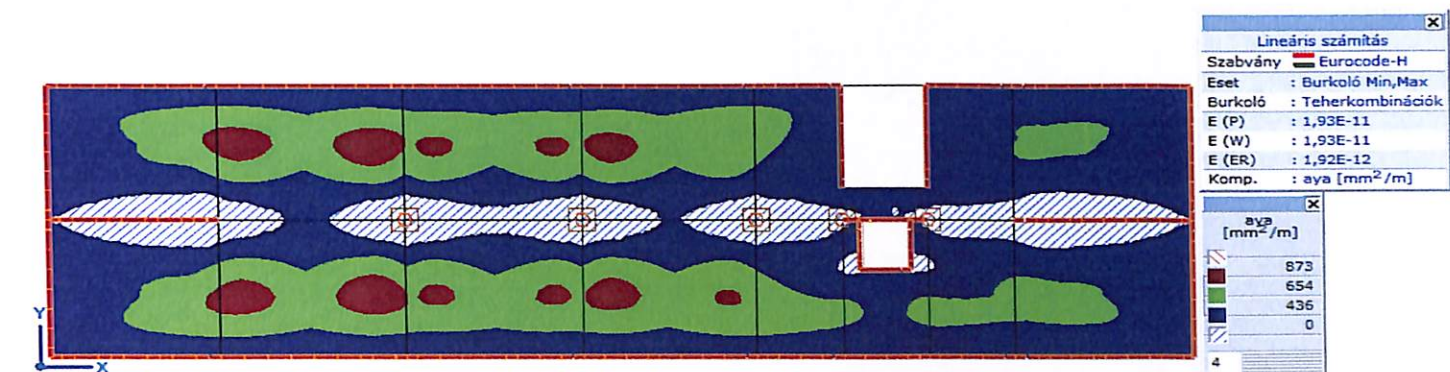
Legnagyobb vasátmérő:

$$\emptyset_{\text{max}} = \frac{h}{10} = \frac{250}{10} = 25 \text{ mm}$$

Megállapítás: A födémlemez $\emptyset 10/180 \text{ mm}$ alaphálójával és azt kiegészítő $\emptyset 10/360 \text{ mm}$ és $2 \times \emptyset 10/360 \text{ mm}$ erősítő vasalással nyomatéki teherbírásra és szerkesztési szabályokra megfelel.

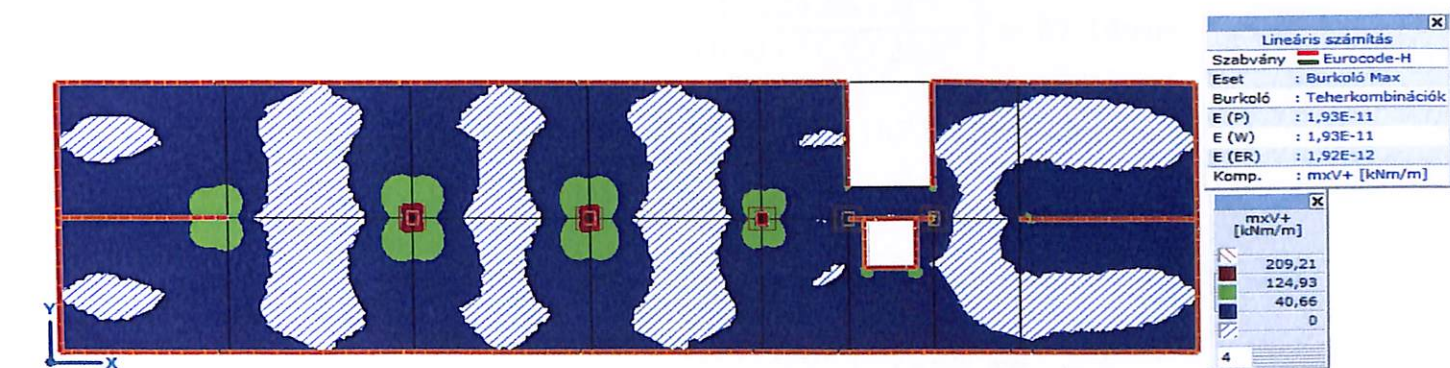


Szükséges x irányú alsó vasalás

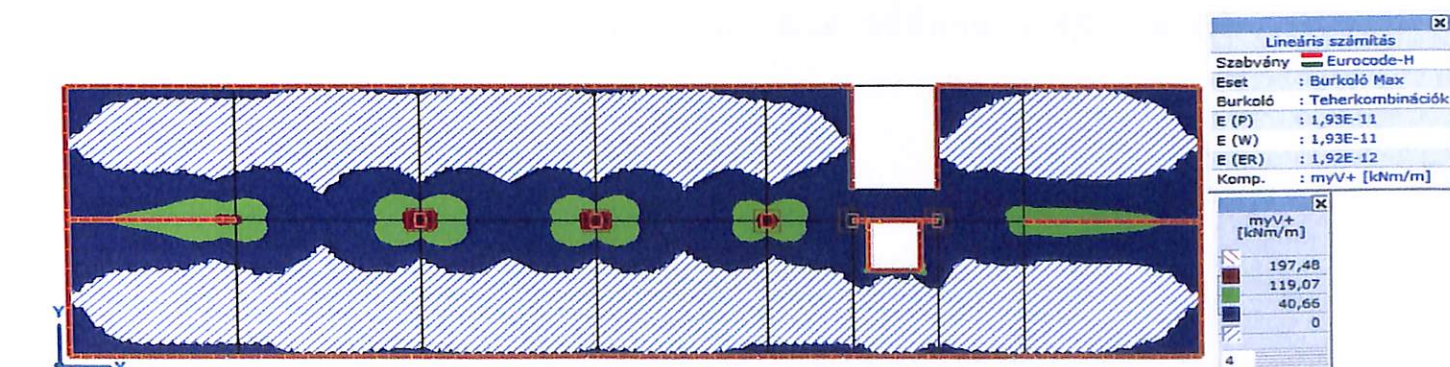


Szükséges y irányú alsó vasalás

4.2.1. Felső vasalás meghatározása



Vasalási nyomaték a lokális y tengely körül



Vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

A lemez x és y irányú nyomatékai közel azonosak, ezért azok betonacél igényei az x irányban keletkező mértékadó igénybevételre méretezendők. A lemez felső vasalását az alsó vasalásként méretezett $\emptyset 10/180 \text{ mm}$ alapháló és a nagyobb igénybevételekre méretezett erősítő vasalás adja meg.

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 124,93 \text{ kNm}$ közbelső nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 250 - (25 + 5) = 220 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 220 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 124,93 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 220^2}}\right) = 37,14 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 220 = 107,8 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s - acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 37,14 \cdot 16,7}{435} = 1425,78 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + \emptyset 16/180 \text{ mm} \rightarrow 1553 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{1553 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 40,45 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 40,45 \cdot 16,7 \cdot \left(220 - \frac{40,45}{2}\right) = 134,95 \text{ kNm}$$

Erősítő vasalás meghatározása $M_{Ed} = 209,21 \text{ kNm}$ maximális nyomatékra.

Feltételezett vasátmérő: $\emptyset 10$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 10 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 250 - (25 + 5) = 220 \text{ mm}$$

x_c - nyomott zóna magasságának meghatározása nyomatéki egyenletből:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) \rightarrow x_c = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot d^2}}\right)$$

$$x_c = 220 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 209,21 \cdot 10^6}{1000 \cdot 16,7 \cdot 220^2}}\right) = 67,21 \text{ mm}$$

$$x_c \leq x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d = 0,49 \cdot 220 = 107,8 \text{ mm} \rightarrow \text{megfelel}$$

A_s - acélszükséglet számítása vetületi egyenletből:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow A_s = \frac{b \cdot x_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1000 \cdot 67,21 \cdot 16,7}{435} = 2580,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = \emptyset 10/180 \text{ mm} + \emptyset 16/180 \text{ mm} + \emptyset 20/180 \text{ mm} \rightarrow 3298 \text{ mm}^2$$

Ellenőrzés:

$$\sum F_{ix} = N_c - N_s = b \cdot x_c \cdot f_{cd} - A_s \cdot f_{yd} \rightarrow x_c = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}}$$

$$x_c = \frac{3298 \cdot 435}{1000 \cdot 16,7} = 85,91 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = 1000 \cdot 85,91 \cdot 16,7 \cdot \left(220 - \frac{85,91}{2}\right) = 254,01 \text{ kNm}$$

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 220 = 330 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \mid 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

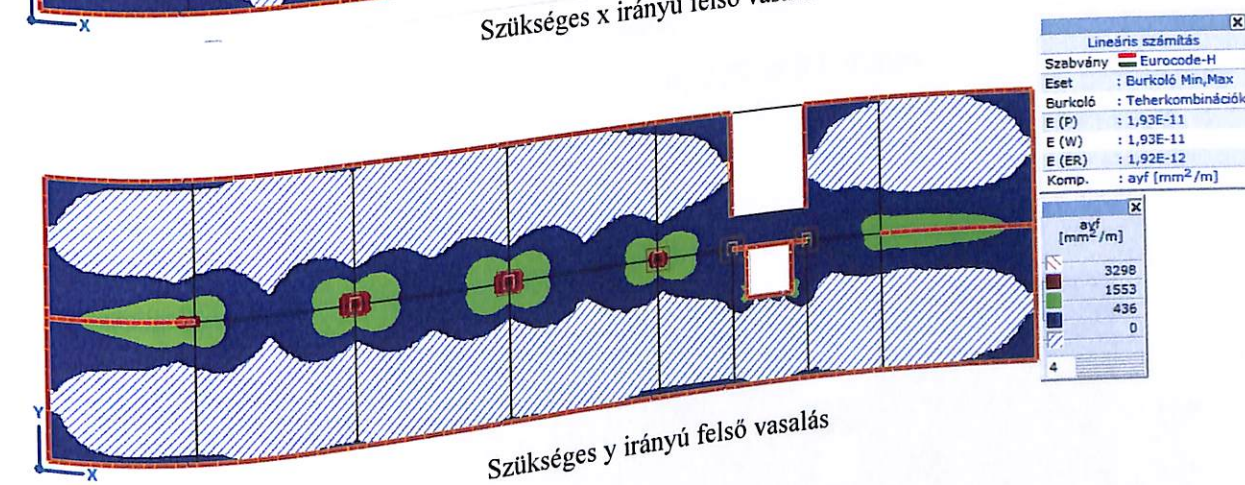
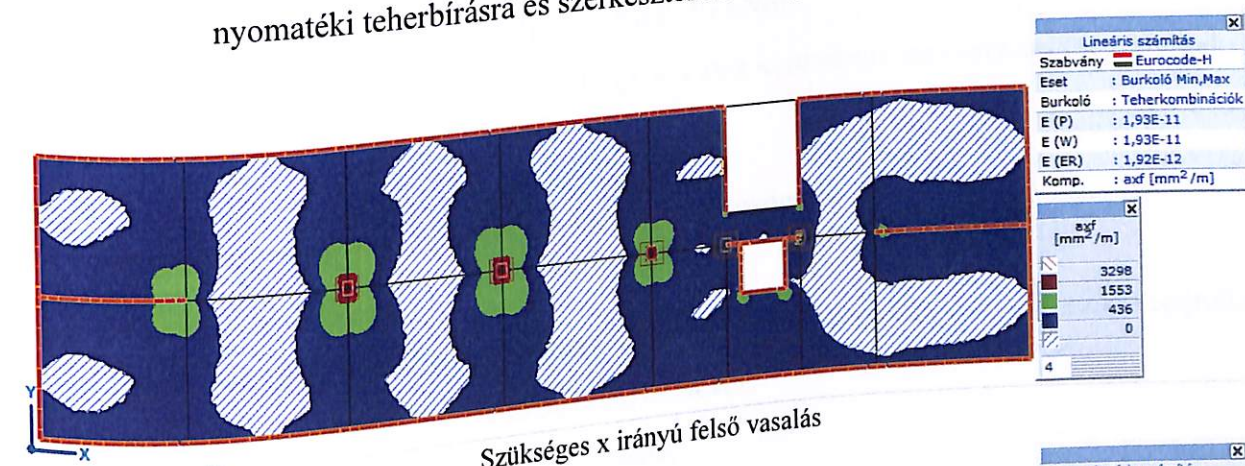
Legnagyobb vastávolság:

$$S_{\max} = \min \{ 2 \cdot h = 500 \text{ mm} \mid 300 \text{ mm} \} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Legnagyobb vasátmérő:

$$\phi_{\max} = \frac{h}{10} = \frac{250}{10} = 25 \text{ mm}$$

Megállapítás: A födémlemez felső vasalása $\phi 10/180 \text{ mm}$ alaphálólal és azt kiegészítő $\phi 16/180 \text{ mm}$ és $\phi 16/180 \text{ mm} + \phi 20/180 \text{ mm}$ erősítő vasalással nyomatéki teherbírára és szerkesztési szabályokra megfelel.



4.3. Lemez keresztmetszeti méreteinek ellenőrzése

Alkalmazott lemezvastagság: 25cm

Lemez vastagságának ellenőrzése a mértékadó igénybevételre: $M_{Ed} = 209,21 \text{ kNm}$

Feltételezett legnagyobb vasátmérő: $\phi 12$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 12 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \frac{\emptyset}{2}) = 250 - (25 + 6) = 221 \text{ mm}$$

Nyomott betonzóna maximális értékéhez ($x_{c0} = \xi_{c0} \cdot d$) tartozó nyomaték meghatározása, melynél az acélbetétek folyási állapotban vannak:

$$M_{Rd0} = b \cdot x_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (d - \frac{x_{c0}}{2})$$

$$M_{Rd0} = 1000 \cdot 108,29 \cdot 16,7 \cdot (221 - \frac{108,29}{2})$$

$$M_{Rd0} = 301,75 \text{ kNm}$$

Megállapítás: $M_{Ed} < M_{Rd0}$ feltétel teljesül, így a lemez keresztmetszeti méretei megfelelnek.

4.4. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés

4.4.1. Lehajlás ellenőrzése

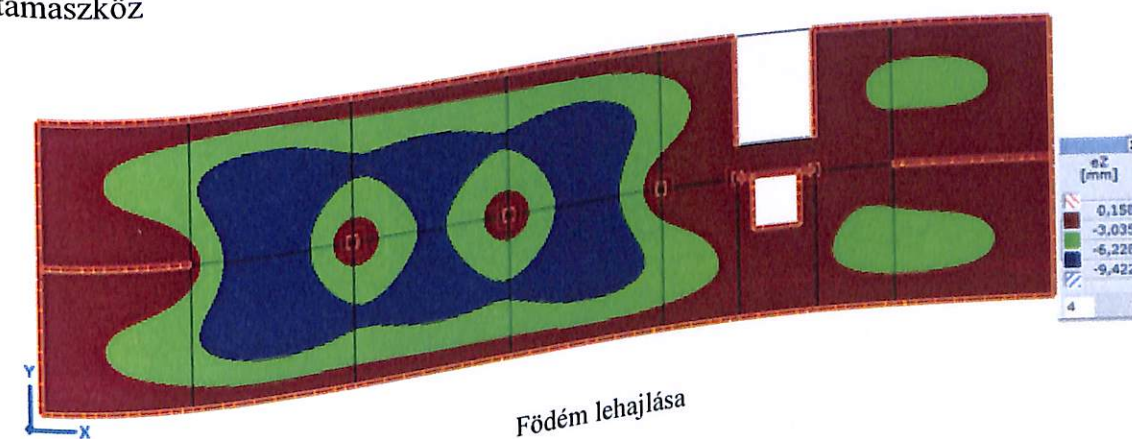
A lehajlás vizsgálat AxisVM12 program segítségével lett meghatározva, a kúszás végértékét figyelembe vevő $E_{c,eff}$ beton alakváltozási tényezőjével.

Megengedett lehajlási érték síklemez födém esetén:

$$w_{eng} = l/200 = 6200/200 = 31,0 \text{ mm}$$

ahol:

l - támaszköz

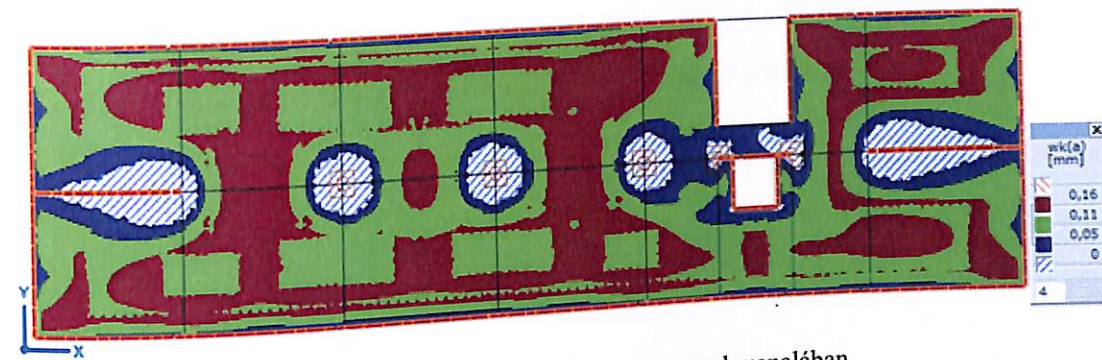


Födém tényleges lehajlása: 9,42 mm

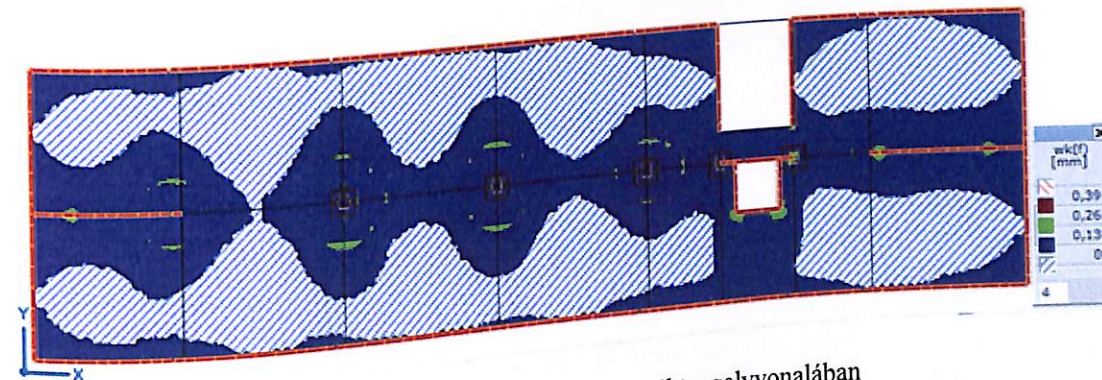
Megállapítás: $w = 9,42 \text{ mm} < w_{eng} = 31,0 \text{ mm}$ feltétel teljesül, így a födémlemez lehajlásra megfelel.

4.4.2. Repedéstágasság ellenőrzése

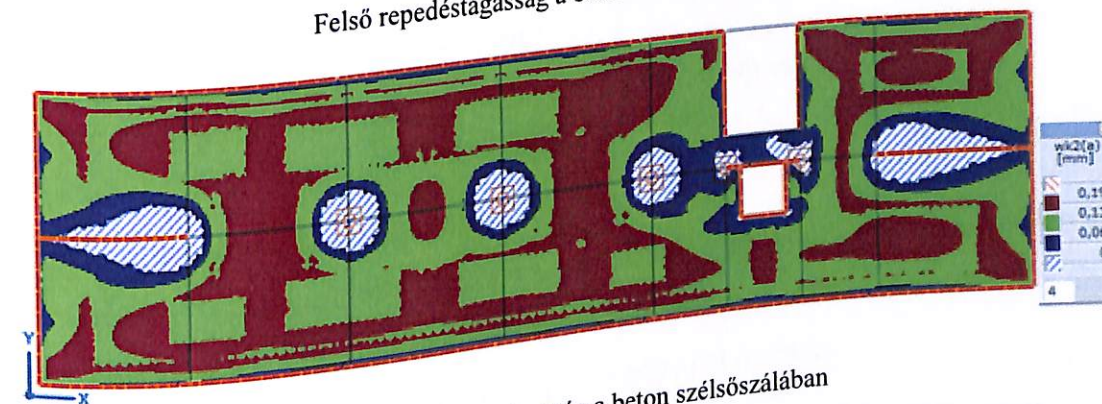
A repedéstágasság ellenőrzése AxisVM12 program segítségével lett meghatározva. $w_{k,eng} = 0,4$ mm repedéskorlátozási feltétel teljesül, ha a lemez nem vastagabb 300 mm-nél és a c-betontakarás ≤ 30 mm. Így a repedéstágasság határértéke: **$w_{k,eng} = 0,4$ mm**



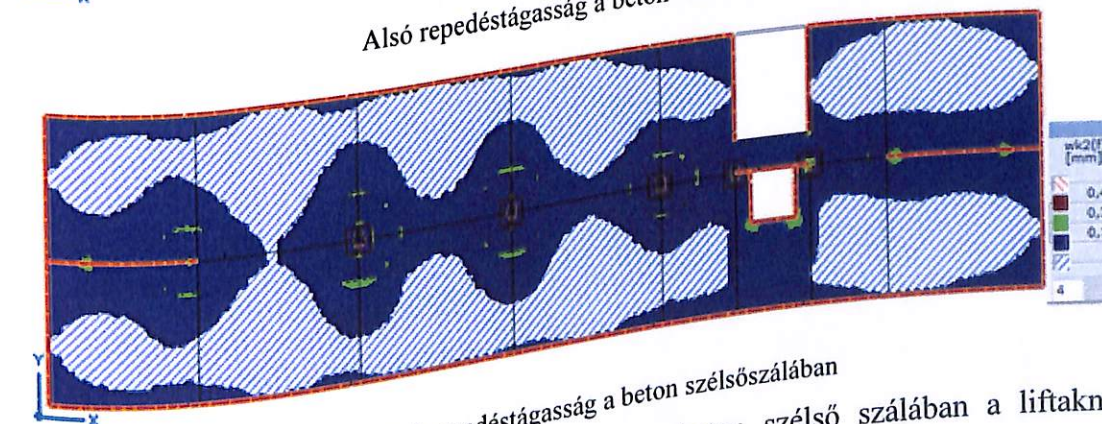
Alsó repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Felső repedéstágasság a betonacél tengelyvonalában



Alsó repedéstágasság a beton szélsőszálában



Felső repedéstágasság a beton szélsőszálában

Megállapítás: A födém felső repedéstágassága a beton szélső szálában a liftakna körüli merevítő mag sarkainál a $w_{k,eng} = 0,4 \text{ mm}$ megengedett határértékre nem felel meg, körben kiegészítő erősítő vasalás szükséges.

4.5. Födém átszúródás vizsgálata

4.5.1. Közbenső pillér vizsgálata, iroda funkcióval ellátott födémek esetén

4.5.1.1. P1 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszúródási erőre

Bemenő adatok:

Pillér keresztmetszete: 40 cm x 50 cm

Lemezvastagság: 25 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X és Y irányban azonos, Ø10/180 + Ø16/180 + Ø20/180

Átszúródási erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 907,89 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 209 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 25 - 8 = 217 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 217 - 16 = 201 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,15

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól 2d távolságra lévő u_1 került.

a) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

ahol:

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 907,89 \cdot 10^3}{1800 \cdot 209} = 2,67 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 500 = 1800 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírási feltétel teljesült, a lemez vastagsága és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

b) A beton nyírési teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 907,89 \cdot 10^3}{4526,90 \cdot 209} = 1,06 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,678 \cdot 1,2 = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 500 + 2 \cdot 2 \cdot 209 \cdot \pi = 4526,90 \text{ mm}$$

$C=0,678$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében

interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányad:

$$\rho_x = \rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 209} = 0,015$$

$$\rho_I = \min[\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}; (0,02)] \rightarrow \rho_I = 1,6\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a pillér felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

a) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetétén kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a nyírásra vasalt oszlopfej mérete.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$
$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow V_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{V_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,15 \cdot 907,89 \cdot 10^3}{0,81 \cdot 209} = 5939,99 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{2\pi} - 1,5d = \frac{5939,99}{2\pi} - 1,5 \cdot 209 = \mathbf{619,87 \text{ mm}}$$

b) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 108,5\text{mm} \geq a \geq 0,3d = 65,1\text{mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 209 = 162,75\text{mm} \rightarrow 150\text{mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 209 = 434\text{mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 209 = 304,25 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{S_t} = \frac{2 \cdot 619,87 \cdot \pi}{434} = 8,97 \rightarrow 9 \text{ köz} \rightarrow 10 \text{ db vas}$$

c) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{582,37}{434} = 1,34 \rightarrow 2 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 434 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 2 \cdot 500 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 619,87 \cdot \pi = 5694,76 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 907,89 \cdot 10^3}{5694,76 \cdot 209} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{S_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{0,85 - 0,75 \cdot 0,81}{1,5 \cdot \frac{209}{150} \cdot 304,25 \cdot \frac{1}{5694,76 \cdot 209}} = \mathbf{453,89 \text{ mm}^2}$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{453,89}{10} = 45,39 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10 } [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A pillér körül, $u_2 = 2 \cdot 500 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 4 \cdot 209 \cdot \pi = 7253,81 \text{ mm}$ hosszon, a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 10 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 5 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 150 mm-es osztásközzel.

4.5.1.1. ^{2.} P1 jelű pillér vizsgálata, a mértékadó átszűrődési erőre

Bemenő adatok:

Pillér keresztmetszete: 40 cm x 50 cm

Lemezvastagság: 25 cm

Pillér felett alkalmazott vasalás X és Y irányban azonos, Ø10/180 + Ø16/180 + Ø20/180

Átszűrődési erő, a vizsgált oszlop reakció ereje: $V_{Ed,0} = 685,54 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 209 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 25 - 8 = 217 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 217 - 16 = 201 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,15

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól 2d távolságra lévő u_1 került.

c) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

ahol:

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 685,54 \cdot 10^3}{1800 \cdot 209} = 2,09 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 500 = 1800 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírás feltétel teljesült, a lemez vastagsága és a pillér keresztmetszeti méretei megfelelnek.

d) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 685,54 \cdot 10^3}{4426,37 \cdot 209} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,678 \cdot 1,2 = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 500 + 2 \cdot 2 \cdot 209 \cdot \pi = 4426,37 \text{ mm}$$

$C=0,678$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányad:

$$\rho_x = \rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 209} = 0,015$$

$$\rho_I = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_I = 1,6\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a pillér felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

d) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetéten kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a nyírásra vasalt oszlopfej mérete.

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

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow v_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,15 \cdot 685,54 \cdot 10^3}{0,81 \cdot 209} = 4656,93 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{2\pi} - 1,5d = \frac{4656,93}{2\pi} - 1,5 \cdot 209 = 427,67 \text{ mm}$$

e) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 108,5 \text{ mm} \geq a \geq 0,3d = 65,1 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 209 = 162,75 \text{ mm} \rightarrow 150 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 209 = 434 \text{ mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 209 = 304,25 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{S_t} = \frac{2 \cdot 427,67 \cdot \pi}{434} = 6,19 \rightarrow 7 \text{ köz} \rightarrow 8 \text{ db vas}$$

f) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{352,67}{434} = 0,93 \rightarrow 1 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 434 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 2 \cdot 500 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 427,67 \cdot \pi = 4487,13 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 685,54 \cdot 10^3}{4487,13 \cdot 209} = 0,84 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{0,84 - 0,75 \cdot 0,81}{1,5 \cdot \frac{209}{150} \cdot 304,25 \cdot \frac{1}{4487,13 \cdot 209}} = 342,89 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{342,89}{10} = 34,29 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10} [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A pillér körül, $u_1 = 4487,13 \text{ mm}$ hossz, a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 10 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron 3 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 150 mm-es osztásközzel.

4.5.3. Falvég vizsgálata, üzlet funkcióval ellátott födém esetén

Bemenő adatok:

Fal szélessége: 20 cm

Lemezvastagság: 22 cm

Fal felett alkalmazott vasalás X irányban, Ø10/180 + Ø16/180,

Y irányban, Ø10/180 + Ø16/180+20/180

Átszűrődési erő, a vizsgált fal reakció ereje: $V_{Ed,0} = 540,67 \text{ kN}$

d - Átlagos dolgozó magasság meghatározása:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = 220 \text{ mm}$$

ahol:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 25 - 8 = 217 \text{ mm}$$

$$d_y = d_x - \emptyset = 217 - 16 = 201 \text{ mm}$$

β - Külpontosságot figyelembe vevő tényező, belső oszlop esetén: 1,4

Nyírásra nem vasalt oszlopfej vizsgálata

Nyírásra nem vasalt oszlopfej esetében két kerület vizsgálandó: az egyik az oszlop lemezhez csatlakozó u_0 kerülete, a másik az attól $2d$ távolságra lévő u_1 került.

c) A ferde nyomott rácsrúd teherbírása az u_0 oszlopkerület mentén

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 540,67 \cdot 10^3}{1000 \cdot 220} = 3,44 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 16,7 = 4,51 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_0 = 200 + 2 \cdot 200 + 2 \cdot 200 = 1000 \text{ mm}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,54 \text{ N/mm}^2$$

Megállapítás: A teherbírasi feltétel teljesült, a lemez vastagság és a fal méretei megfelelnek.

d) A beton nyírási teherbírása az u_1 ellenőrzési kerület mentén.

Megfelelő teherbírás feltétele:

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

ahol:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 540,67 \cdot 10^3}{2382,30 \cdot 220} = 1,44 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = c \cdot f_{ct,d} = 0,624 \cdot 1,2 = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

továbbá:

$$u_1 = 200 + 2 \cdot 2 \cdot 200 + 2 \cdot 2 \cdot 220 \cdot \pi/2 = 2382,30 \text{ mm}$$

$C=0,624$, értéke a betonminőség, a ρ_I vashányad és a d hatékony magasság függvényében

interpolációval meghatározva

Az X és Y irányú húzott acélbetétekből számított vashányadok:

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{3298}{1000 \cdot 220} = 0,016$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1553}{1000 \cdot 220} = 0,0098$$

$$\rho_I = \min[(\sqrt{\rho_x \cdot \rho_y}); (0,02)] \rightarrow \rho_I = 1,25\%$$

Megállapítás: A beton nyírási teherbírása nem megfelelő, így a falvég felett nyírási vasalás szükséges.

Az oszlopfej nyírási vasalásának tervezése

d) A vasalt oszlopfej méretének meghatározása

A beton nyírási teherbírása a szélső nyírási acélbetétén kívül $1,5d$ -re található u_{out} külső kerület mentén ellenőrizendő, ebből határozható meg a vasalt oszlopfej mérete.

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$
$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u \cdot d} \rightarrow v_{Rd,c} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{out} \cdot d} \rightarrow u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

$$u_{out} = \frac{1,4 \cdot 540,67 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 220} = 4587,50 \text{ mm}$$

ahol:

V_{Ed} - a vizsgált oszlop függőleges reakcióerejének és az u_{out} kerületen belül ható födémteher eredőjének különbsége

Átszűrődési csapsor szükséges hossza:

$$r = \frac{u_{out}}{\pi} - 1,5d = \frac{4587,50 - 2 \cdot 200}{\pi} - 1,5 \cdot 220 = 1002,92 \text{ mm}$$

e) Szerkesztési szabályok

Az első vasalási elemek távolsága az oszlop szélétől:

$$0,5d = 110 \geq a \geq 0,3d = 66 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól való sugárirányú távolsága:

$$S_{r,max} \leq 0,75d = 0,75 \cdot 220 = 165 \text{ mm} \rightarrow 150 \text{ mm}$$

A vasalási elemek egymástól mért sugárirányra merőleges távolsága a külső körön:

$$S_{t,max} \leq 2d = 2 \cdot 220 = 440 \text{ mm}$$

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög:

$$\alpha = 90^\circ$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 220 = 305 \text{ N/mm}^2$$

Külső kerületen szükséges nyírási vasak:

$$n = \frac{r \cdot \pi + 2 \cdot 200}{S_t} = \frac{1002,92 \cdot \pi + 400}{356} = 8,07 \rightarrow 9 \text{ köz} \rightarrow 10 \text{ db vas}$$

f) Nyírási vasalás meghatározása

Vizsgálandó körök száma:

$$\frac{r - \frac{a}{2}}{2d} = \frac{965,42}{440} = 2,19 \rightarrow 3 \text{ vasalási kör}$$

1. vasalási kör

A vasalási kör távolsága az oszlop szélétől:

$$a_1 = 2d = 440 \text{ mm}$$

A vasalási kör hossza:

$$u_1 = 200 + 2 \cdot 400 + 440 \cdot \pi = 2382,30 \text{ mm}$$

Átszűrődési feszültség tervezési értéke:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,4 \cdot 540,67 \cdot 10^3}{2382,30 \cdot 220} = 1,44 \text{ N/mm}^2$$

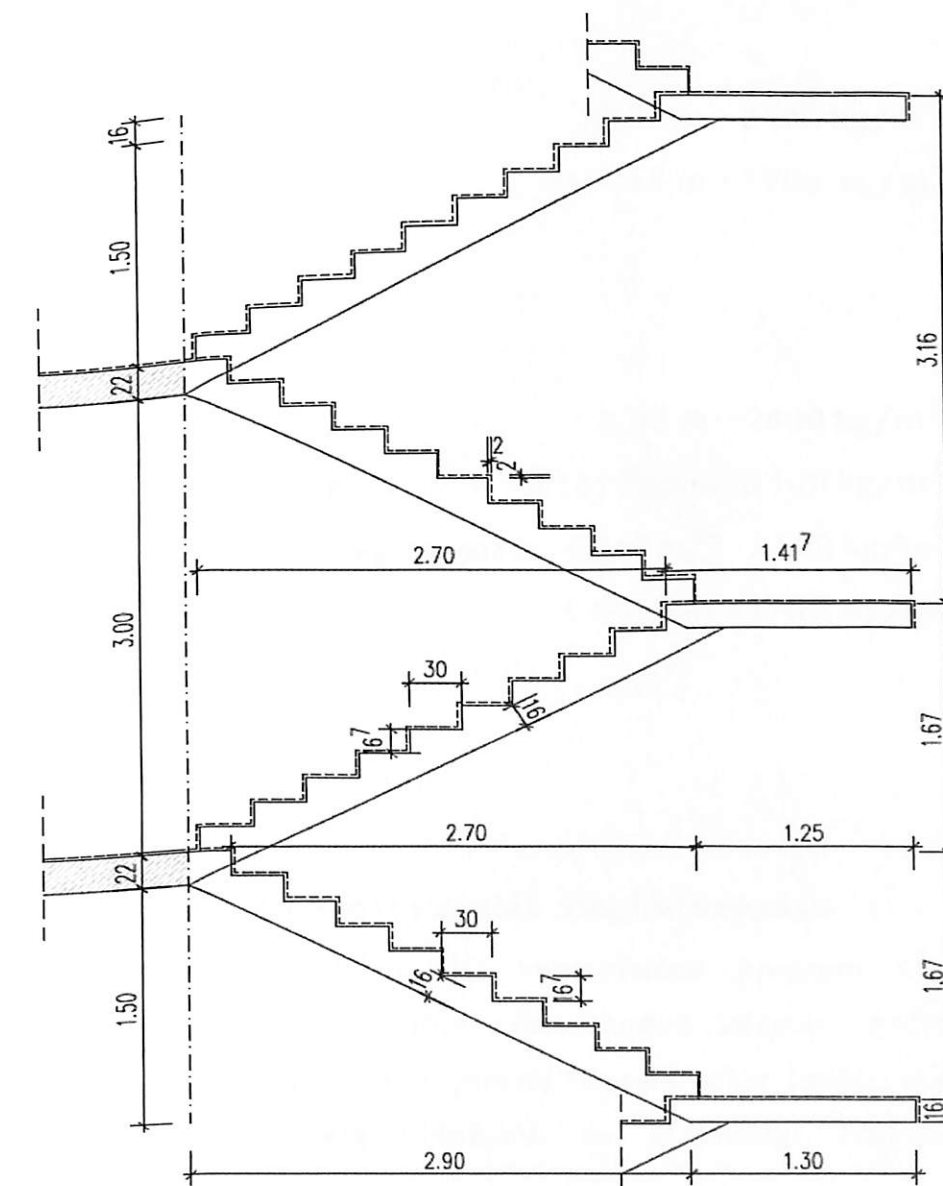
Nyírási vasalás keresztmetszeti területe az 1. körön:

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot \frac{d}{S_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha} = \frac{1,44 - 0,75 \cdot 0,75}{1,5 \cdot \frac{220}{150} \cdot 294,5 \cdot \frac{1}{2382,30 \cdot 220}} = 709,84 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sw}}{n} = \frac{709,84}{10} = 70,98 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ø10} [A_s = 79 \text{ mm}^2]$$

Megállapítás: A falvég körül, $u_3 = 200 + 2 \cdot 400 + 2 \cdot 6 \cdot 220 \cdot \pi = 9293,80 \text{ mm}$ hosszon, a szerkesztési szabályoknak megfelelően, 10 darab csapsor alkalmazandó. Egy csapsoron ¹⁰7 darab, Ø10-es csapot alkalmazva, 150 mm-es osztásközzel.

5. Monolit vasbeton lépcső szerkezeti méretezése



Monolit vasbeton lépcső metszet

A lépcső szerkezete monolit vasbeton kétkarú lépcső. A lépcsőkarok és a közbelső pihenőlemez vastagsága 16 cm. A szintközi pihenőlemez az egyes szintek födémlemeze. A lépcsőkarok a födémlemezre és a közbelső pihenőre, a közbelső pihenők a lépcsőház két oldalán elhelyezkedő merevítő falakra támaszkodnak. A lépcsőfokok fellépési magassága 16,7 cm, belépési szélessége 30 cm. A lépcsőfokokon és a közbelső pihenőlemezen 2 cm-es Greslap burkolat található.

5.1. Terhek, súlyelemzés

5.1.1. Rétegrend, súlyelemzés

- Pihenőlemez:
 - Greslap burkolat: $0,02 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 0,48 \text{ kN/m}^2$
 - Vakolat: $0,0015 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 0,03 \text{ kN/m}^2$

 $\Sigma 0,51 \text{ kN/m}^2$

- Lépcsőkar:
 - Greslap burkolat
 - vízszintes: $0,02 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 0,48 \text{ kN/m}^2$
 - függőleges: $0,02 \text{ m} \cdot 0,167/0,3 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 0,27 \text{ kN/m}^2$
 - Fokok átlagos magassággal: $0,167 \text{ m}/2 \cdot 2500 \text{ kg/m}^3 = 0,29 \text{ kN/m}^2$
 - Vakolat: $0,0015 \text{ m} \cdot 1700 \text{ kg/m}^3 = 0,03 \text{ kN/m}^2$

 $\Sigma 2,87 \text{ kN/m}^2$

5.1.2. Egyéb terhek

- Lépcső hasznos terhe: $3,00 \text{ kN/m}^2$

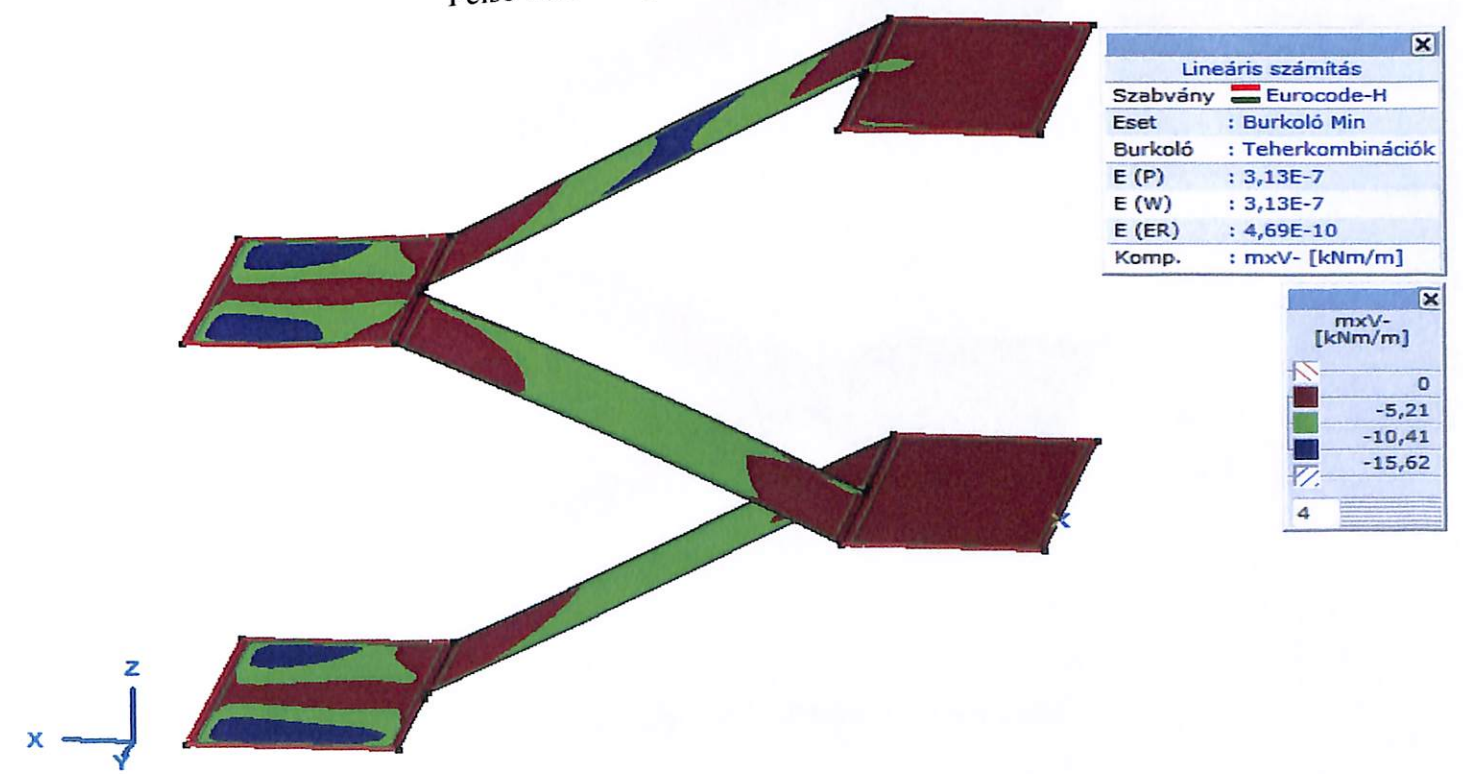
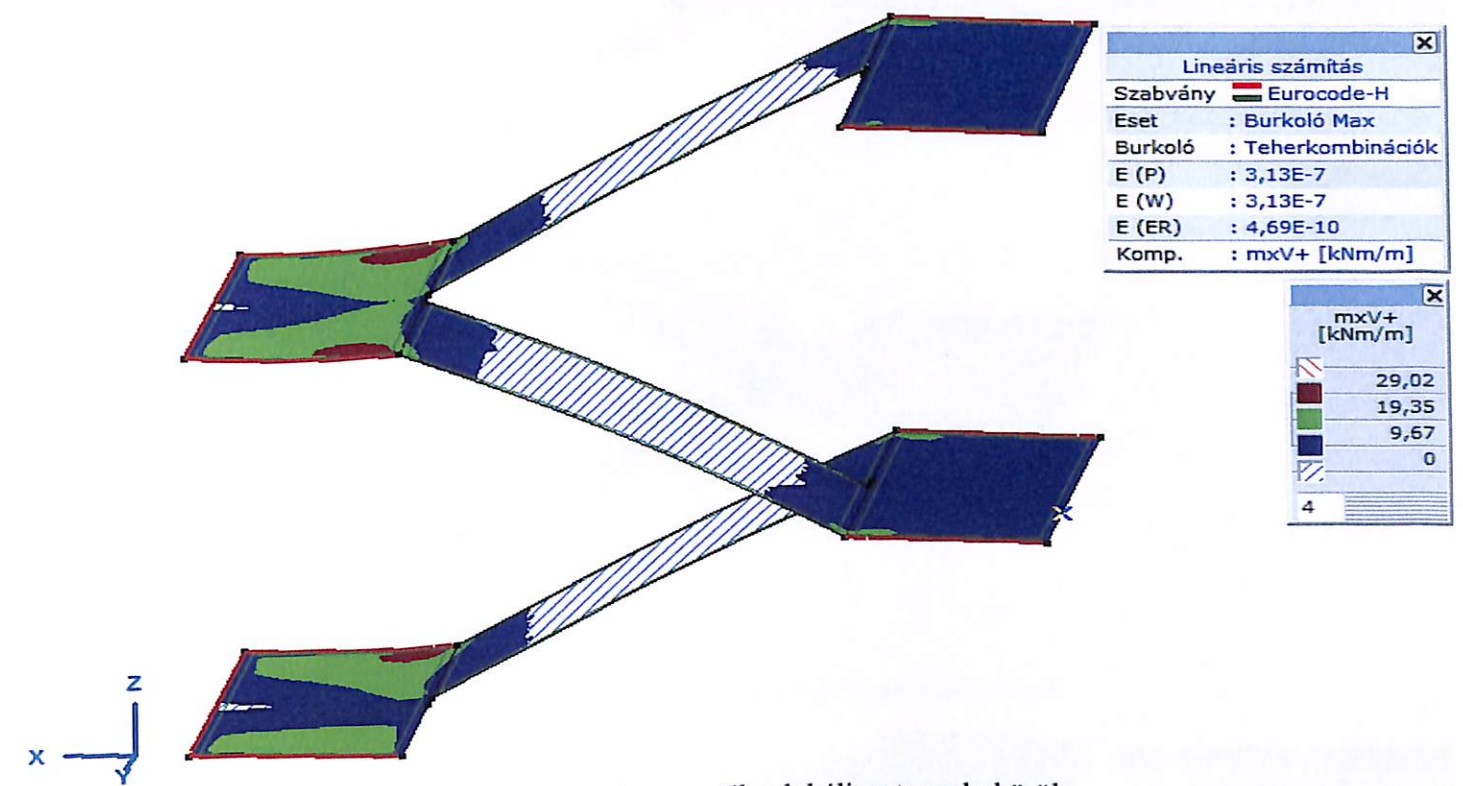
5.2. Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

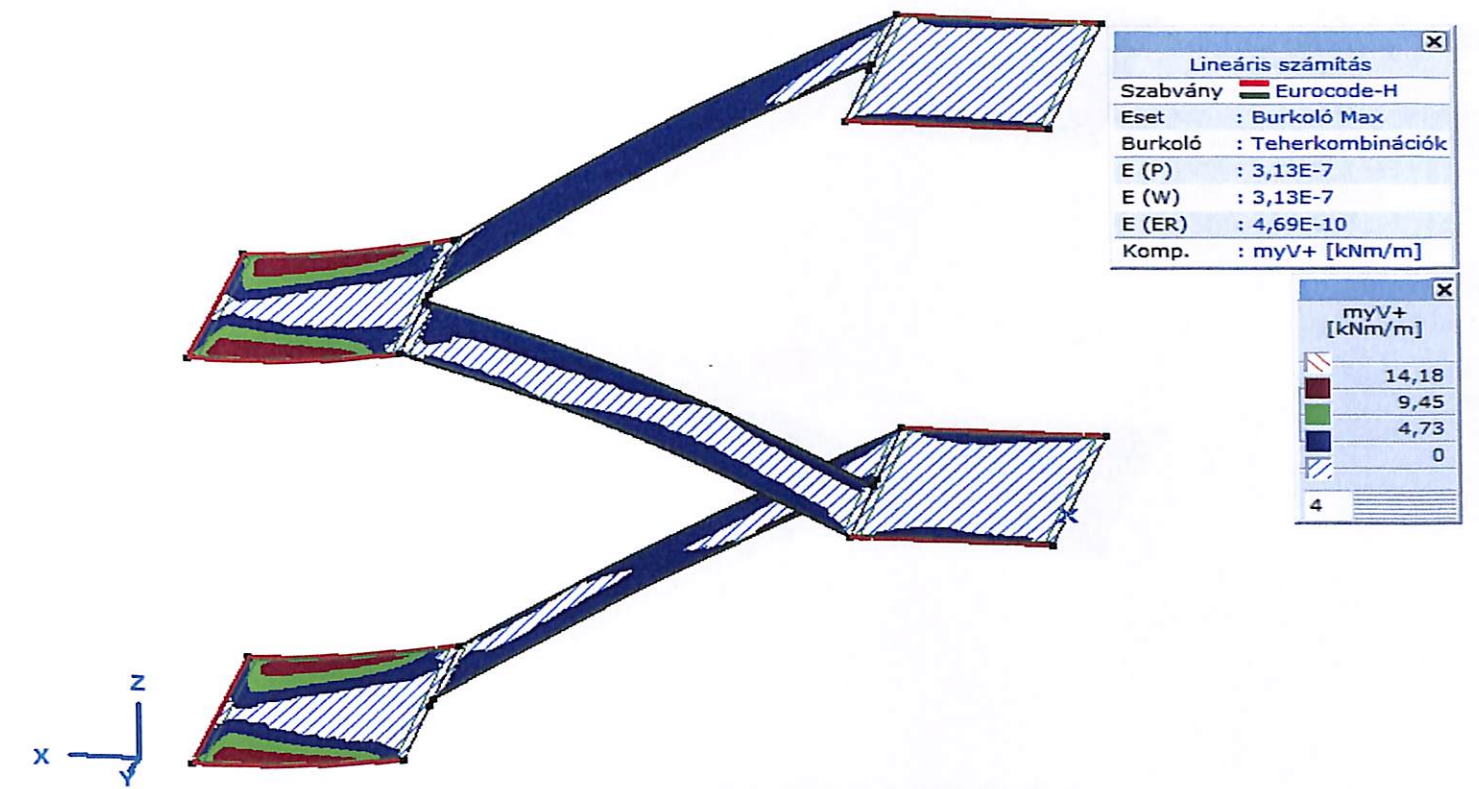
A lépcső igénybevételei AxisVm 12 végelelemes program segítségével kerültek meghatározásra. A lépcsőről egy 3 dimenziós modell készült, melyre a 5.1. pontban meghatározott terhek és a program által generált önsúly teher került. Az igénybevételek az 1.3.2. pontban feltüntetett teherkombinációk és biztonsági tényezők alapján lettek meghatározva.

Anyagminőségek:

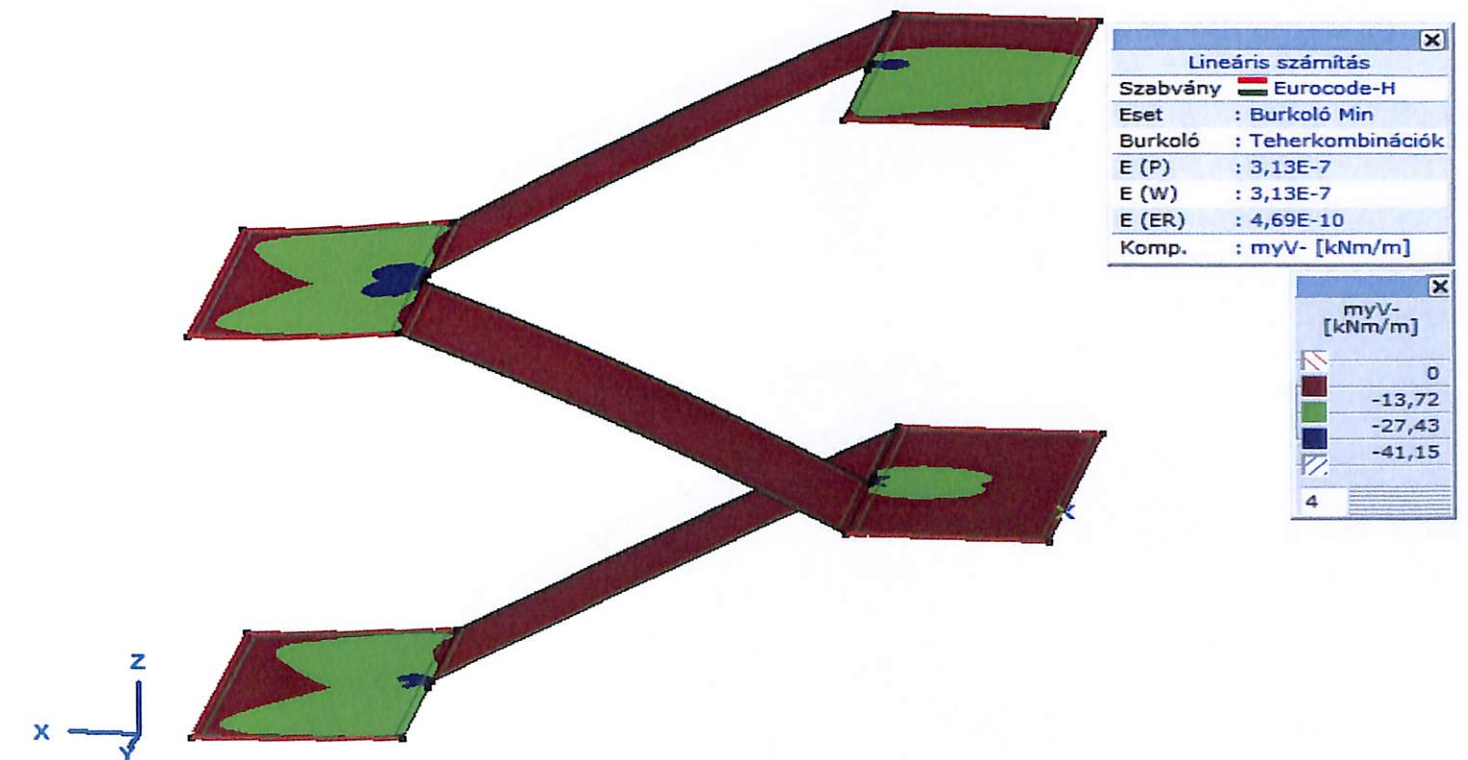
- Beton: C25/30-XC1-16-F3
- Betonacél: B500B

5.2.1. Közbenső pihenőlemez és lépcsőkarok méretezése



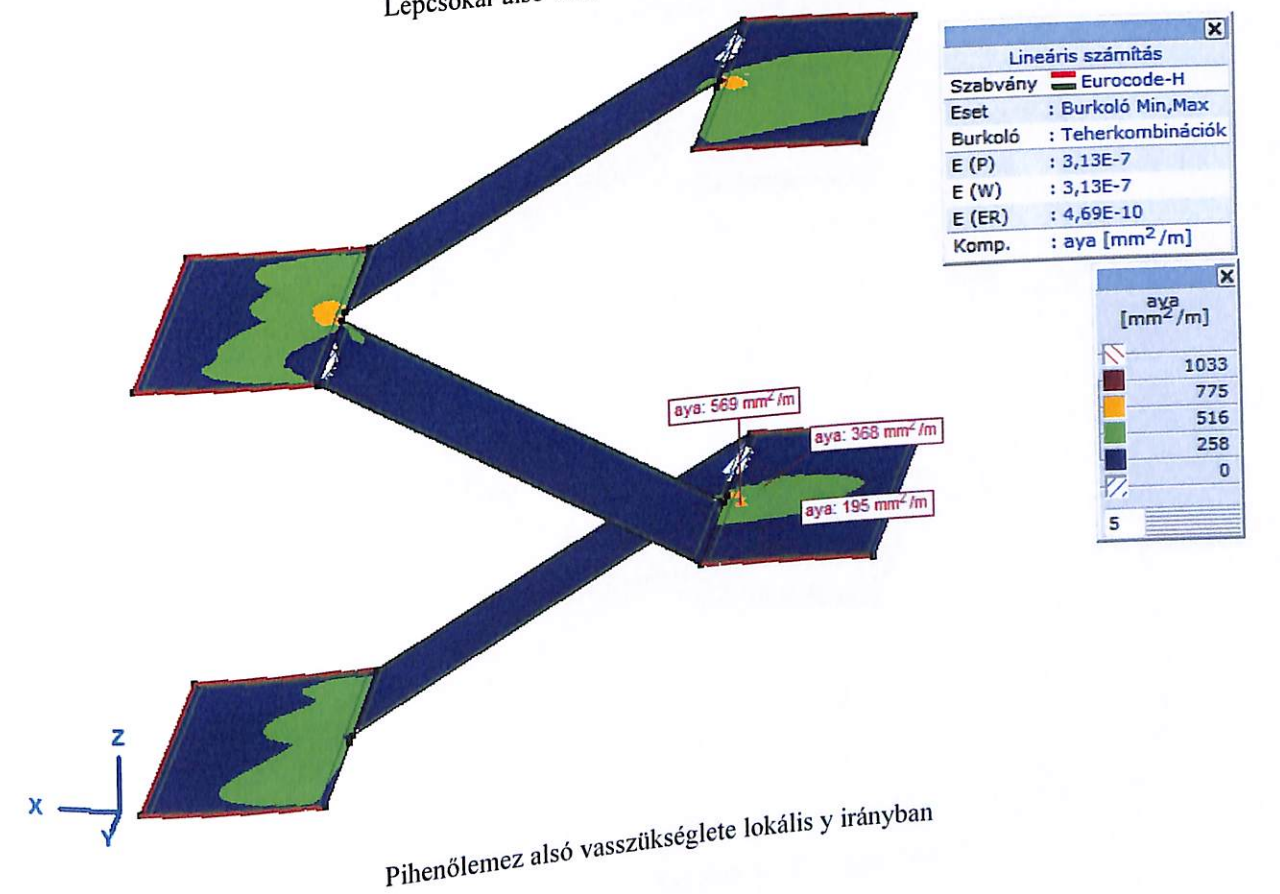
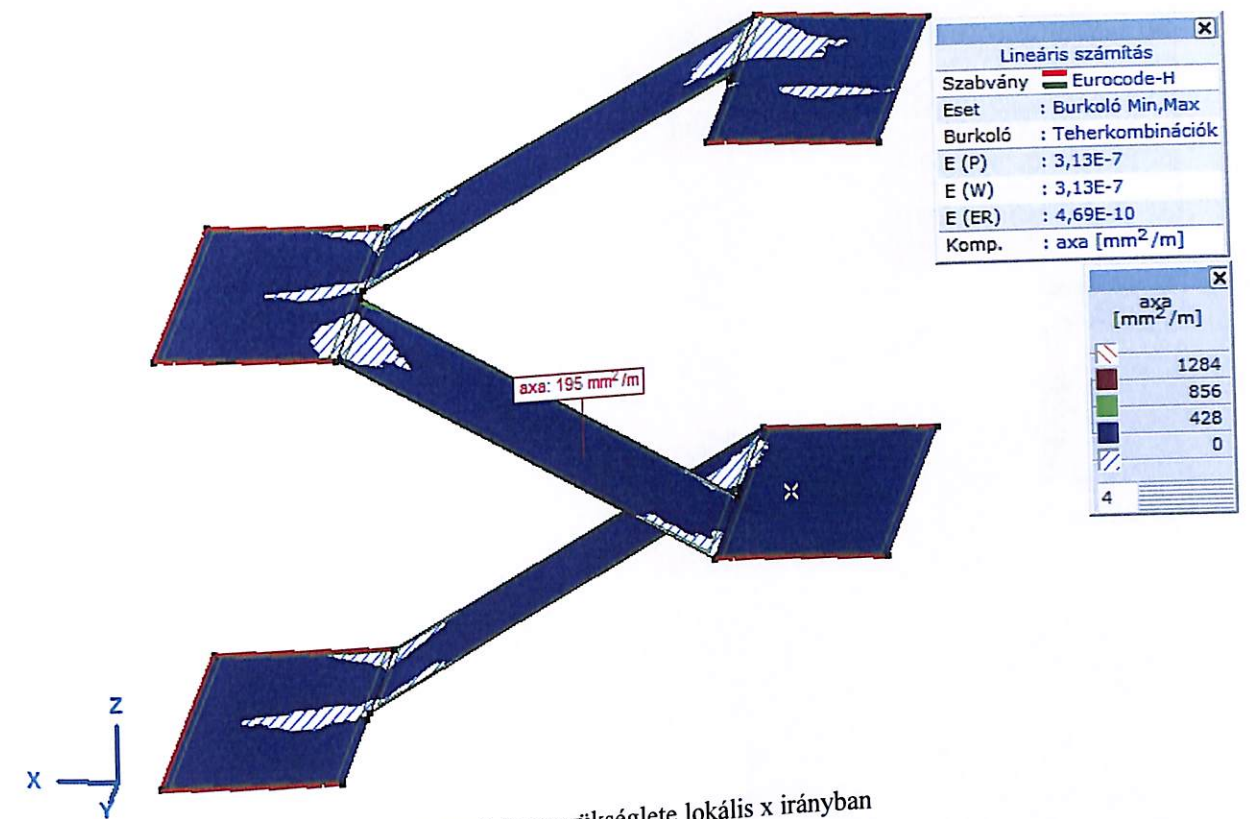


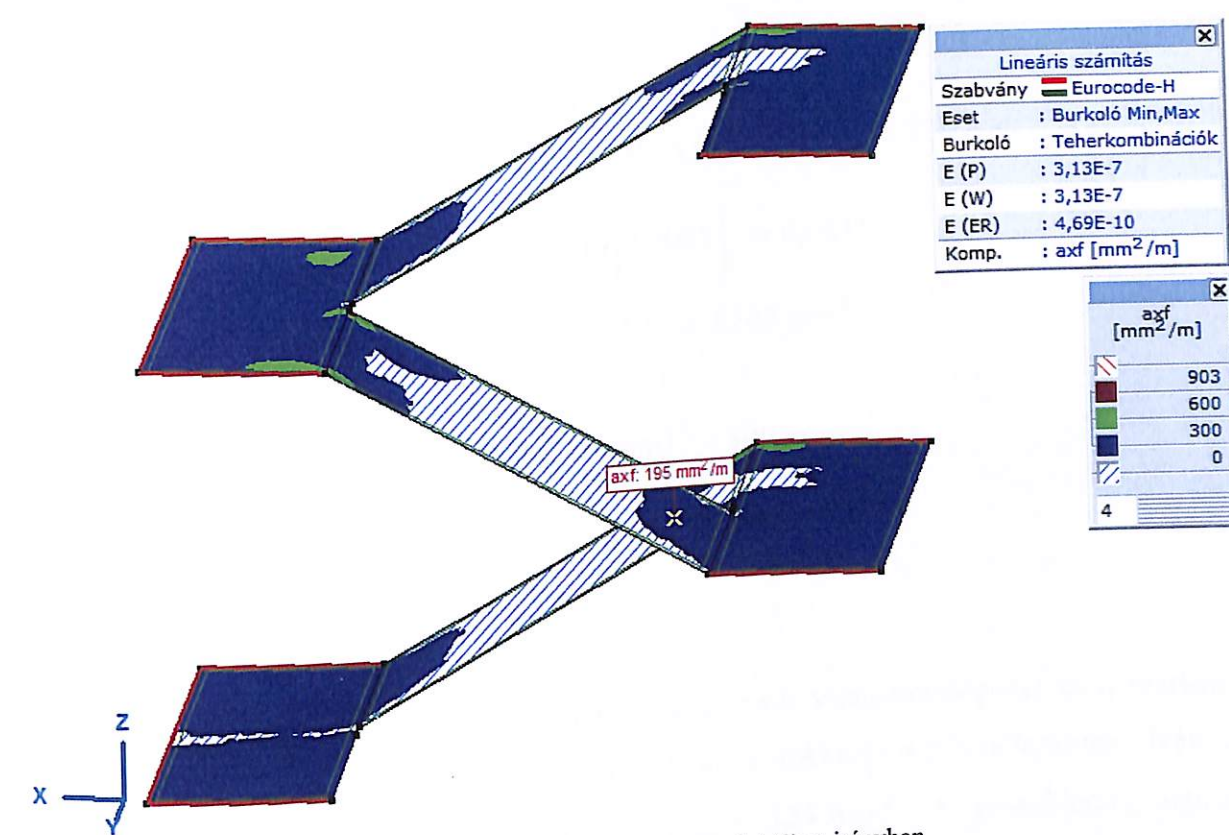
Felső vasalási nyomaték a lokális x tengely körül



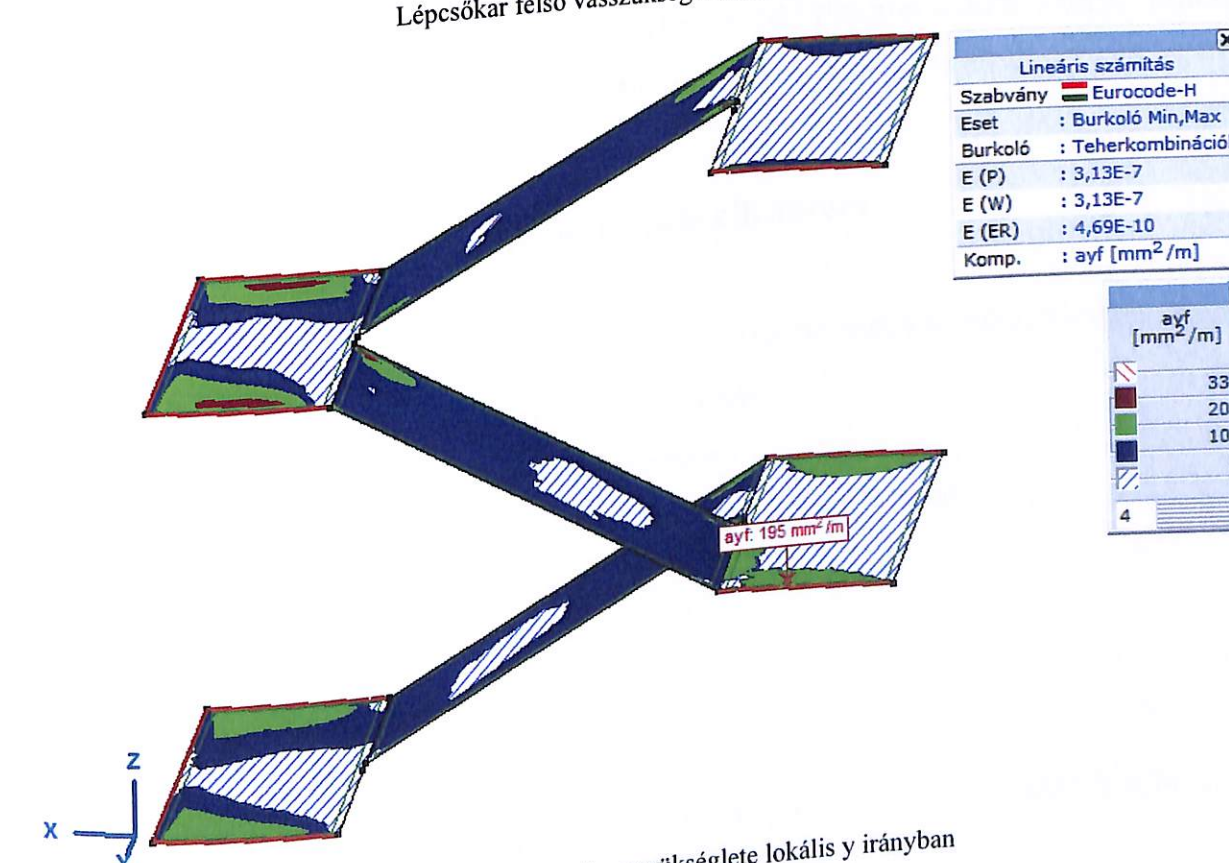
Alsó vasalási nyomaték a lokális x tengely körül

Vasmennyiség meghatározásához az AxisVM 12 program vasbetontervező moduljának segítségével lettek meghatározva a szerkesztési szabályok figyelembevételével.





Lépcsőkar felső vasszükséglete lokális x irányban



Pihenőlemez felső vasszükséglete lokális y irányban

Szerkesztési szabályok:

Húzott vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 130 = 195 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0014 \mid 0,0015 \right\} \rightarrow 0,0015$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 130 = 5200 \text{ mm}^2$$

Legnagyobb vastávolság:

$$S_{\max} = \min\{2 \cdot h = 360 \text{ mm} \mid 300 \text{ mm}\} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Legnagyobb vasátmérő:

$$\phi_{\max} = \frac{h}{10} = \frac{160}{10} = 16 \text{ mm}$$

Megállapítás: Az AxisVM program által meghatározott vasmennyiségeket és a szerkesztési szabályokat figyelembe véve, a lépcsőkarokon és a pihenőlemezen alkalmazott fővasalás $\phi 10/150 \text{ mm} \rightarrow A_{s,\text{prov}} = 524 \text{ mm}^2$. A pihenőlemez lépcsőkar csatlakozásánál a pihenőlemezbe $\phi 10/300 \text{ mm}$ erősítő vasalás szükséges. Elosztó vasalásként $\phi 10/300 \text{ mm}$ osztásközü vasalás alkalmazandó.

5.3. Használhatósági határállapotra való ellenőrzés

5.3.1. Lehajlás ellenőrzése

A lehajlás vizsgálat AxisVM12 program segítségével lett meghatározva, a kúszás végértékét figyelembe vevő $E_{c,\text{eff}}$ beton alakváltozási tényezőjével.

Megengedett lehajlási érték síklemez födém esetén:

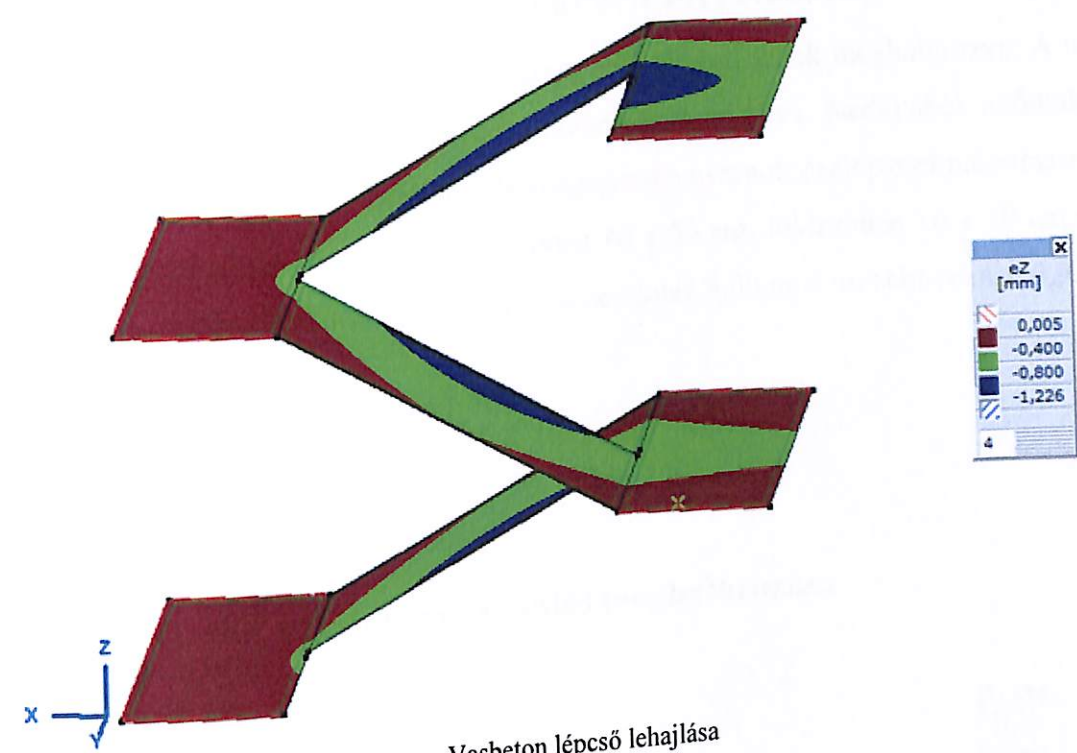
$$w_{\text{eng}} = l/200 = 3100/200 = 15,50 \text{ mm}$$

ahol:

l – támaszköz

Vasbeton lépcső tényleges lehajlása: $-1,23 \text{ mm}$

Megállapítás: $w = 1,23 \text{ mm} < w_{\text{eng}} = 15,5 \text{ mm}$ feltétel teljesül, így a lépcső lehajlásra megfelel.



Vasbeton lépcső lehajlása

6. Monolit vasbeton pillérek szerkezeti méretezése

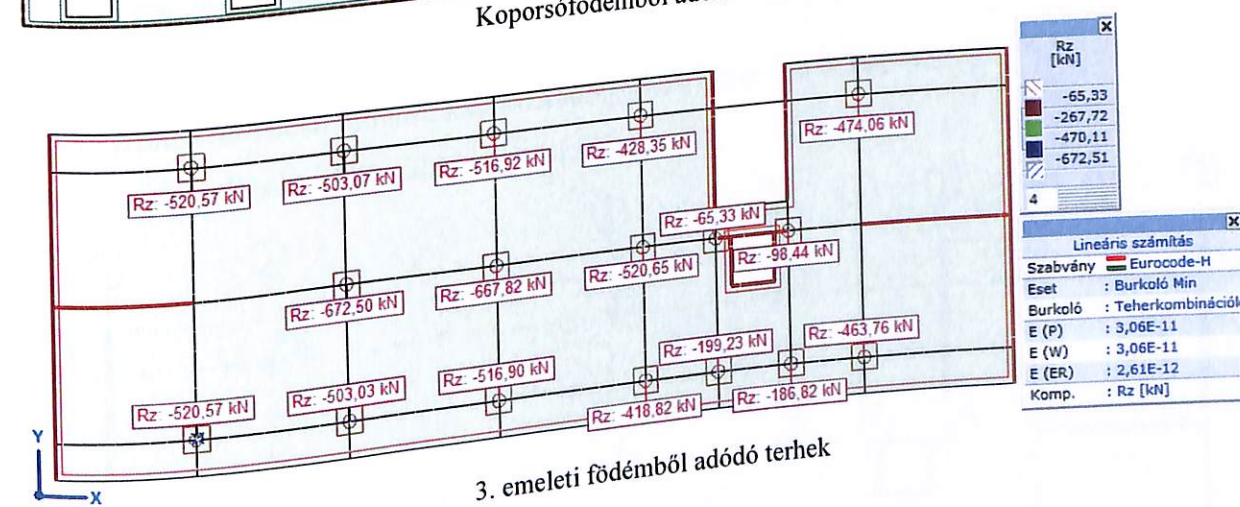
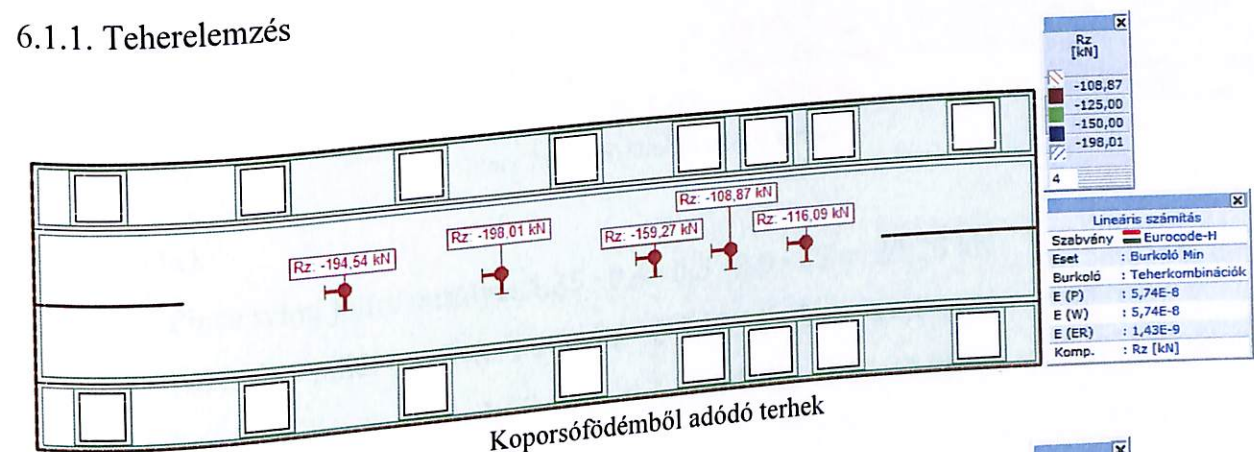
A pillérekre ható terhek AxisVM12 program segítségével lettek meghatározva. A terhek, a földemek szintenkénti csomóponti támaszerejéből és a pillérek önsúlyából adódtak. Alul-felülcsuklós modellként lettek definiálva és központosan nyomott oszlopként méretezve. A pillérek keresztmetszeti mérete a pincszinten 40 x 50 cm, földszinten 30 x 50 cm majd az emeleti szinteken 30 x 40 cm. Magasságuk a pincszinten 3,00 m, a további szinten 3,33m.

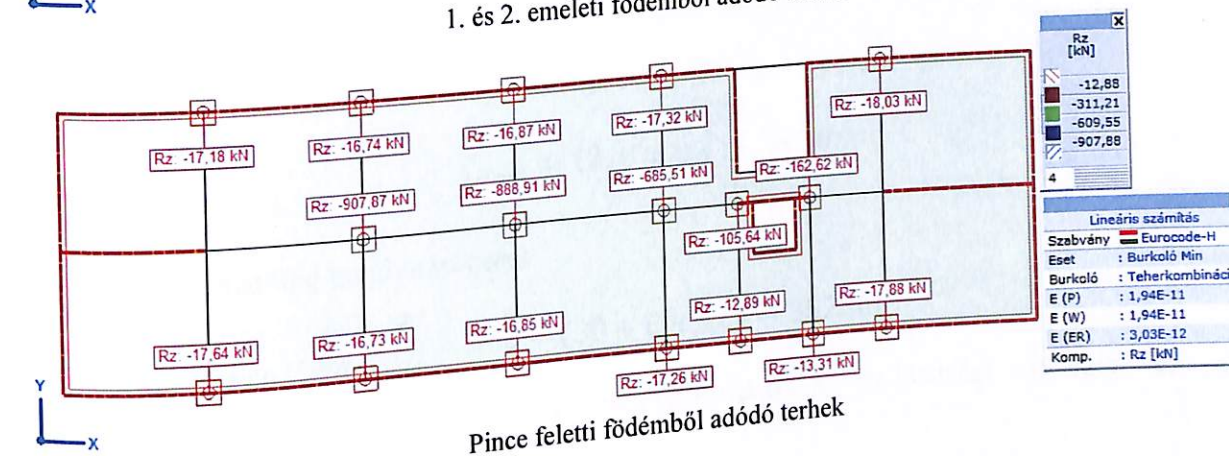
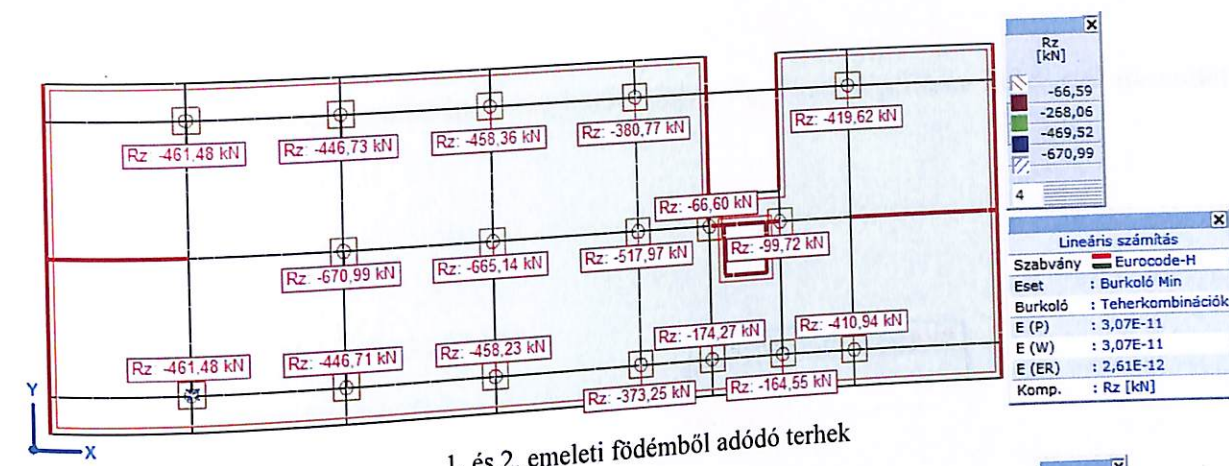
Anyagminőségek:

- Beton: C25/30- XC1-16-F3
- Betonacél: B500B

6.1 Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

6.1.1. Teherelemzés

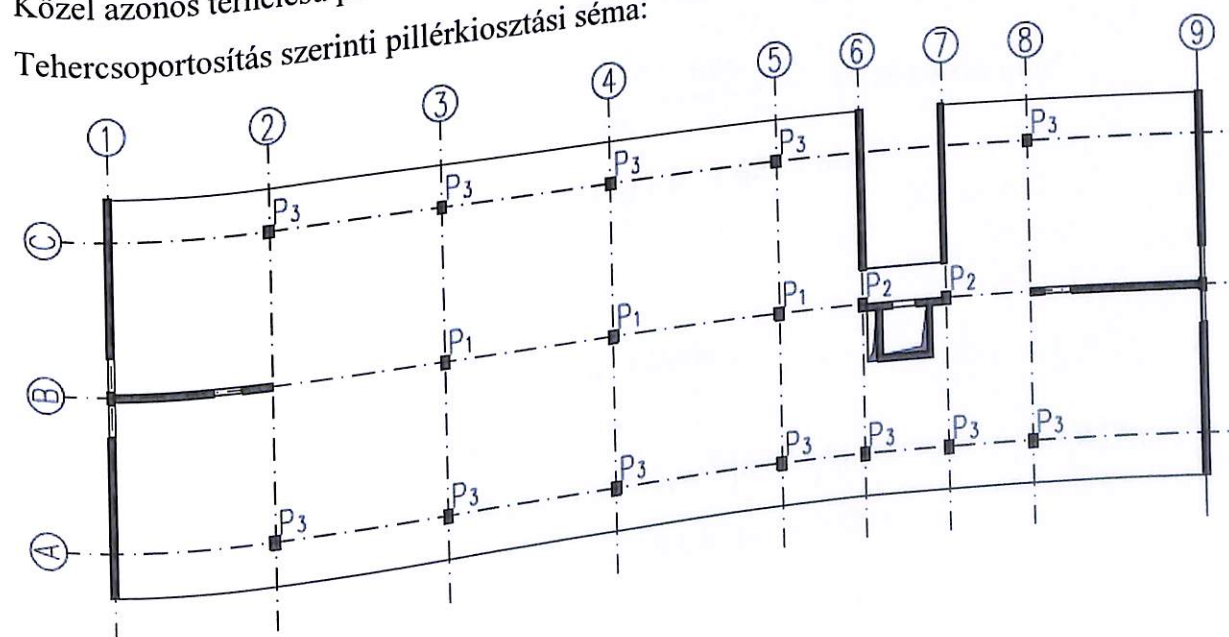




Önsúlyterhek:

- Pince szinti pillér önsúlya: $1,35 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 3,0 \cdot 25 = 20,25 \text{ kN}$
- Földszinti pillér önsúlya: $1,35 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 3,33 \cdot 25 = 16,86 \text{ kN}$
- Emeleti pillér önsúlya: $1,35 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 3,33 \cdot 25 = 13,49 \text{ kN}$

Közel azonos terhelésű pillérek a mértékadó pillérterhekre lettek méretezve.
Tehercsoportosítás szerinti pillérkiosztási séma:



6.1.2. Vasalás meghatározása

6.1.2.1. P1 jelű pillérek vasalásának meghatározása a P_{B3} rászerű pilléren keletkező maximális teherre

– Pinceszint:

Pillérre ható teher: $N_{Ed} = 3858,23 \text{ kN}$

Feltételezett kengyelátmérő: $\emptyset 8$

Feltételezett fővas átmérő: $\emptyset 20$

C_{nom} -betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{cases} 20 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2}) = 400 - (30 + 8 + 10) = 352 \text{ mm}$$

φ – kihajlási csökkentő tényező meghatározása a szilárdsági osztály és $\alpha = l_0/h$ függvényében:

$$\alpha_x = l_0/h_x = 3000/400 = 7,5 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\alpha_y = l_0/h_y = 3000/500 = 6,0 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\varphi > \varphi_{max} = 0,77 \rightarrow \varphi_{max} \text{ alkalmazandó}$$

Központosan nyomott oszlop teherbírásának feltétele:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \varphi \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \rightarrow A_s = \frac{N_{Ed} - \varphi \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\varphi \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{3858,23 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 400 \cdot 500 \cdot 16,7}{0,77 \cdot 435} = 3840,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 12\emptyset 22 \rightarrow 4562 \text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Hosszvasalásra vonatkozó szabályok:

– minimális acélbetét átmérő: $\varphi_{min} = 8 \text{ mm}$

– minimális acélmennyiség:

$$A_{s,min} = \max \{ 0,1 N_{Ed} / f_{yd} = 886,95 \text{ mm}^2 \mid 0,003 A_c = 600 \text{ mm}^2 \} \rightarrow 887 \text{ mm}^2$$

– maximális acélmennyiség: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 8000 \text{ mm}^2$

Kengyelezésre vonatkozó szabályok:

- minimális kengyelátmérő: $\phi_{s,min} = \max\{\phi_{max}/4 = 5|6\text{mm}\} \rightarrow 6\text{mm}$
ahol: ϕ_{max} a legnagyobb hosszvas átmérő

Legnagyobb kengyeltávolság:

$$S_{s,max} = \min(15\phi_{min} = 240\text{mm}|h_{min} = 400\text{mm}|400\text{mm}) \rightarrow 240\text{mm}$$

ahol: ϕ_{min} a legkisebb hosszvas átmérő, h_{min} a legkisebb oldalméret

Megállapítás: A pinceszinti pillér vasalásaként **12Ø22** hosszvas **Ø8/300 mm** kengyelkiosztással, alkalmazandó.

- Földszint:

Pillérre ható teher: $N_{Ed} = 2943,71\text{ kN}$

Feltételezett kengyelátmérő: $\phi 8$

Feltételezett fővas átmérő: $\phi 20$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max\left\{\begin{matrix} 20 \\ 15 \\ 10 \end{matrix}\right\} \rightarrow 30\text{mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \phi_k + \frac{\phi}{2}) = 300 - (30 + 8 + 10) = 252\text{mm}$$

φ - kihajlási csökkentő tényező meghatározása a szilárdsági osztály és $\alpha =$

l_0/h függvényében:

$$\alpha_x = l_0/h_x = 3330/300 = 11,1 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\alpha_y = l_0/h_y = 3330/500 = 6,66 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\varphi > \varphi_{max} = 0,77 \rightarrow \varphi_{max} \text{ alkalmazandó}$$

Központosan nyomott oszlop teherbírásának feltétele:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \varphi \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \rightarrow A_s = \frac{N_{Ed} - \varphi \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\varphi \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{2943,71 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 300 \cdot 500 \cdot 16,7}{0,77 \cdot 435} = 3029,89\text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 10\phi 22 \rightarrow 3801\text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Hosszvasalásra vonatkozó szabályok:

- minimális acélbetét átmérő: $\varphi_{\min} = 8\text{mm}$
- minimális acélmennyiség:
 $A_{s,\min} = \max\{0,1N_{Ed}/f_{yd} = 676,72\text{ mm}^2 | 0,003A_c = 450\text{ mm}^2\} \rightarrow 677\text{ mm}^2$
- maximális acélmennyiség: $A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 6000\text{ mm}^2$

Kengyelezésre vonatkozó szabályok:

- minimális kengyelátmérő: $\varphi_{s,\min} = \max\{\varphi_{\max}/4 = 5\text{mm} | 6\text{mm}\} \rightarrow 6\text{ mm}$
ahol: $\varphi_{\max}$ a legnagyobb hosszvas átmérő

Legnagyobb kengyeltávolság:

$$S_{s,\max} = \min\{15\varphi_{\min} = 240\text{mm} | h_{\min} = 300\text{mm} | 400\text{ mm}\} \rightarrow 300\text{ mm}$$

Megállapítás: A földszinti pillér vasalásaként **10 $\varnothing$ 22** hosszvas, **$\varnothing$ 8/300mm** kengyelkiosztással, alkalmazandó.

- 1. emelet:

Pillérre ható teher: $N_{Ed} = 2259,69\text{ kN}$

Feltételezett kengyelátmérő: $\varnothing 8$

Feltételezett fővas átmérő: $\varnothing 20$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max\begin{cases} 20 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 30\text{mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \varphi_k + \frac{\varphi}{2}) = 300 - (30 + 8 + 10) = 252\text{mm}$$

φ - kihajlási csökkentő tényező meghatározása a szilárdsági osztály és $\alpha =$

l_0/h függvényében:

$$\alpha_x = l_0/h_x = 3330/300 = 11,1 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\alpha_y = l_0/h_y = 3330/400 = 8,33 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\varphi > \varphi_{\max} = 0,77 \rightarrow \varphi_{\max} \text{ alkalmazandó}$$

Központosan nyomott oszlop teherbírásának feltétele:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \varphi \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \rightarrow A_s = \frac{N_{Ed} - \varphi \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\varphi \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{2259,69 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 16,7}{0,77 \cdot 435} = 2139,45 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 8\emptyset 20 \rightarrow 2513 \text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Hosszvasalásra vonatkozó szabályok:

– minimális acélbetét átmérő: $\varphi_{min} = 8 \text{ mm}$

– minimális acélmennyiség:

$$A_{s,min} = \max\{0,1N_{Ed}/f_{yd} = 519,47 \text{ mm}^2 | 0,003A_c = 360 \text{ mm}^2\} \rightarrow 520 \text{ mm}^2$$

– maximális acélmennyiség: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 4800 \text{ mm}^2$

Kengyelezésre vonatkozó szabályok:

– minimális kengyelátmérő: $\emptyset_{s,min} = \max\{\emptyset_{max}/4 = 5 \text{ mm} | 6 \text{ mm}\} \rightarrow 6 \text{ mm}$

ahol: $\emptyset_{max}$ a legnagyobb hosszvas átmérő

Legnagyobb kengyeltávolság:

$$S_{s,max} = \min(15\emptyset_{min} = 240 \text{ mm} | h_{min} = 300 \text{ mm} | 400 \text{ mm}) \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Megállapítás: Az 1. emeleti pillér vasalásaként **8 $\emptyset$ 20** hosszvas, **$\emptyset$ 8/300mm** kengyelkiosztással, alkalmazandó.

– 2. emelet:

Pillérre ható teher: $N_{Ed} = 1575,67 \text{ kN}$

Feltételezett kengyelátmérő: $\emptyset 8$

Feltételezett fővas átmérő: $\emptyset 20$

C_{nom} -betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max\begin{cases} 20 \\ 15 \\ 10 \end{cases} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2}) = 300 - (30 + 8 + 10) = 252 \text{ mm}$$

φ – kihajlási csökkentő tényező meghatározása a szilárdsági osztály és $\alpha =$
 l_0/h függvényében:

$$\alpha_x = l_0/h_x = 3330/300 = 11,1 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\alpha_y = l_0/h_y = 3330/400 = 8,325 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\varphi > \varphi_{\max} = 0,77 \rightarrow \varphi_{\max} \text{ alkalmazandó}$$

Központosan nyomott oszlop teherbírásának feltétele:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \varphi \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \rightarrow A_s = \frac{N_{Ed} - \varphi \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\varphi \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1575,67 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 16,7}{0,77 \cdot 435} = 97,30 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 4\emptyset 16 \rightarrow 804 \text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Hosszvasalásra vonatkozó szabályok:

- minimális acélbetét átmérő: $\varphi_{\min} = 8 \text{ mm}$
- minimális acélmennyiség:
 $A_{s,min} = \max\{0,1N_{Ed}/f_{yd} = 362,22 \text{ mm}^2 | 0,003A_c = 360 \text{ mm}^2\} \rightarrow 365 \text{ mm}^2$
- maximális acélmennyiség: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 4800 \text{ mm}^2$

Kengyelezésre vonatkozó szabályok:

- minimális kengyelátmérő: $\emptyset_{s,min} = \max\{\emptyset_{\max}/4 = 5 \text{ mm} | 6 \text{ mm}\} \rightarrow 6 \text{ mm}$
 ahol: $\emptyset_{\max}$ a legnagyobb hosszvas átmérő

Legnagyobb kengyeltávolság:

$$S_{s,max} = \min(15\emptyset_{\min} = 240 \text{ mm} | h_{\min} = 300 \text{ mm} | 400 \text{ mm}) \rightarrow 300 \text{ mm}$$

Megállapítás: Az 2. emeleti pillér vasalásaként az előírt minimális vasmennyiség, **4\emptyset 16** hosszvas, **\emptyset 8/300mm** kengyel kiosztással, alkalmazandó. A felsőbb szintek pillérek terhei csökkennek, így az ott alkalmazott vasalás szintén a minimális vasmennyiség, **4\emptyset 16** hosszvas, **\emptyset 8/300mm** kengyel kiosztással.

6.1.2.1. P3 jelű pillérek vasalásának meghatározása a $P_{A2} = P_{C2}$ rászterű pilléren keletkező maximális teherre

- Pincszint:

Pillérre ható teher: $N_{Ed} = 1976,15 \text{ kN}$

Feltételezett kengyelátmérő: $\emptyset 8$

Feltételezett fővas átmérő: $\emptyset 20$

C_{nom} - betontakarás meghatározása:

$$C_{nom} = 10 + \max \begin{Bmatrix} 20 \\ 15 \\ 10 \end{Bmatrix} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

d - dolgozó magasság meghatározása:

$$d = h - (C_{nom} + \phi_k + \frac{\phi}{2}) = 400 - (30 + 8 + 10) = 352 \text{ mm}$$

φ - kihajlási csökkentő tényező meghatározása a szilárdsági osztály és $\alpha =$

l_0/h függvényében:

$$\alpha_x = l_0/h_x = 3000/400 = 7,5 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\alpha_y = l_0/h_y = 3000/500 = 6,0 \rightarrow \varphi = 0,86$$

$$\varphi > \varphi_{max} = 0,77 \rightarrow \varphi_{max} \text{ alkalmazandó}$$

Központosan nyomott oszlop teherbírásának feltétele:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \varphi \cdot (A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}) \rightarrow A_s = \frac{N_{Ed} - \varphi \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\varphi \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{1976,15 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 400 \cdot 500 \cdot 16,7}{0,77 \cdot 435} = -1778,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 4\phi 16 \rightarrow 804 \text{ mm}^2$$

Szerkesztési szabályok:

Hosszvasalásra vonatkozó szabályok:

- minimális acélbetét átmérő: $\varphi_{min} = 8 \text{ mm}$

- minimális acélmennyiség:

$$A_{s,min} = \max\{0,1N_{Ed}/f_{yd} = 454,29 \text{ mm}^2 \mid 0,003A_c = 600 \text{ mm}^2\} \rightarrow 600 \text{ mm}^2$$

- maximális acélmennyiség: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 8000 \text{ mm}^2$

Kengyelezésre vonatkozó szabályok:

- minimális kengyelátmérő: $\phi_{s,min} = \max\{\phi_{max}/4 = 5 \mid 6 \text{ mm}\} \rightarrow 6 \text{ mm}$

ahol: ϕ_{max} a legnagyobb hosszvas átmérő

Legnagyobb kengyeltávolság:

$$S_{s,max} = \min\{15\phi_{min} = 240 \text{ mm} \mid h_{min} = 400 \text{ mm} \mid 400 \text{ mm}\} \rightarrow 240 \text{ mm}$$

ahol: ϕ_{min} a legkisebb hosszvas átmérő, h_{min} a legkisebb oldalméret

Megállapítás: A pinceszinti pillér vasalásaként az előírt minimális vasmennyiség, **4 ϕ 16** hosszvas, **ϕ 8/300mm** kengyel kiosztással, alkalmazandó. A felsőbb szintek

pillérterhei csökkennek, így az ott alkalmazott vasalás szintén a minimális vasmennyiség, **4Ø16** hosszvas, **Ø8/300mm** kengyel kiosztással.

A P2 jelű pilléreknél kis terhelésükből adódóan **4Ø16** hosszvas, **Ø8/300mm** kengyel kiosztású, minimális vasmennyiség alkalmazandó.

7. Monolit vasbeton homlokzati fal szerkezeti méretezése

A falra ható terhek AxisVM12 program segítségével lettek meghatározva. A falra jutó teher, a födémek szintenkénti vonalmenti támaszerejének átlagértékéből, a terepszint feletti szintekre a födémek szintenkénti vonalmenti támaszerejének átlagértékéből, a terepszint feletti szintekre ható szélteherből és a pincefalra ható földnyomásból adódik. A pinceszinten alul befogott, ^{felső} alul ható szélteherből és a pincefalra ható földnyomásból adódik. A fal külpontosan csuklós, a további szinteken alul-felülcsuklós modellként lett definiálva. A fal külpontosan nyomott szerkezetként lett méretezve, a földnyomásból és a szélteherből adódó külpontosság figyelembe vételével.

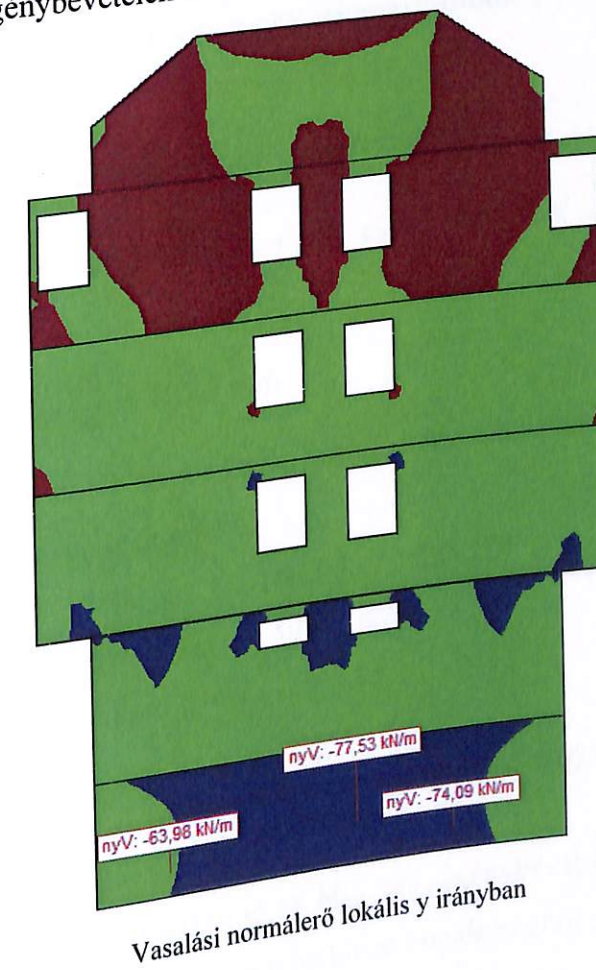
A fal vastagsága 20cm, magassága a pinceszinten 3,00 m, a további szinten 3,33m.

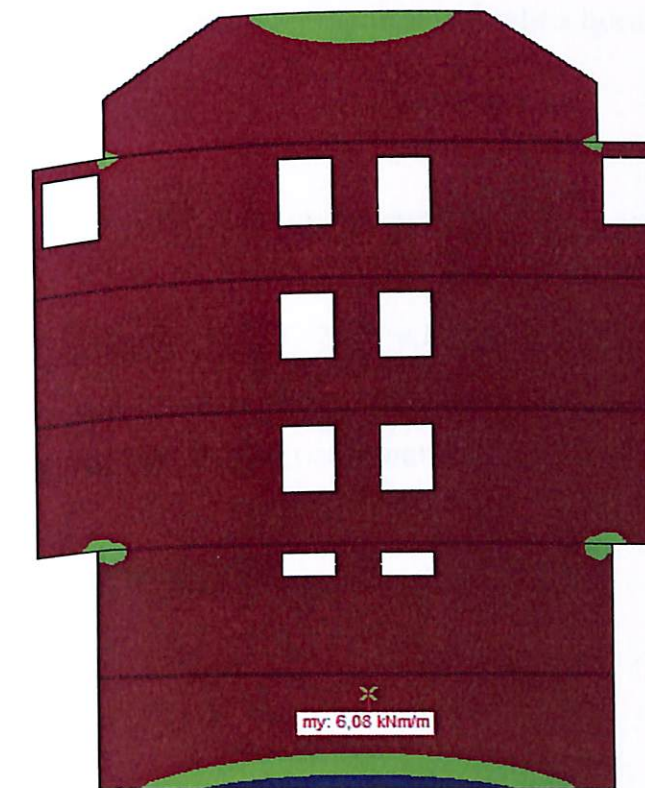
Anyagminőségek:

- Beton: C25/30- χ C1-16-F3
- Betonacél: B500B

7.1 Igénybevételek, alkalmazott vasalás meghatározása

7.1.1. Pincefalra ható igénybevételek és vasalás meghatározása





Falra ható földnyomásból származó nyomaték értéke

Vasmennyiségek meghatározása teherbírasi vonal segítségével:

- külpontosság növekmények: $e = e_e + e_i + e_2 = 104,95 \text{ mm}$

ahol:

$$e_e = \frac{M_{0e}}{N_{Ed}} = \frac{6,08 \text{ kNm}}{77,53 \text{ kN}} = 78,42 \text{ mm}$$

$e_i + e_2 = 26,53 \text{ mm}$ táblázatos érték, lineáris interpolációval meghatározva

- dimenziótlanított nyomaték értéke:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{104,95 \cdot 77,53 \cdot 10^3}{1000 \cdot 200^2 \cdot 16,7} = 0,013$$

- dimenziótlanított normálerő értéke:

$$n = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{77,53 \cdot 10^3}{200 \cdot 1000 \cdot 16,7} = 0,023$$

Megállapítás: A keresztmetszet méretei és az M_{Ed} , N_{Ed} igénybevételpár alapján meghatározott m , n pontok segítségével, a teherbírasi vonalseregből meghatározott μ tényező 0-ra adódott, így a fal szüksége vasmennyisége nem éri el a minimum

vasmennyiséget. Alkalmazandó vasalás a teljes homlokzati fal területén az előírt minimum vasmennyiség alapján történik.

Szerkesztési szabályok:

Függőleges vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min} = 0,003 \cdot A_c = 600 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8000 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

ahol: A_c – a t_w falvastagságú 1,0 m széles betonkeresztmetszet területe

Vízszintes vasalás legkisebb és legnagyobb mennyisége:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot A_c = 300 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Függőleges vasalás 25%-a

Függőleges vasalás legnagyobb vastávolsága:

$$S_{max} = \min\{3 \cdot t_w = 600 \text{ mm} | 400 \text{ mm}\} \rightarrow 400 \text{ mm}$$

Vízszintes vasalás legnagyobb vastávolsága:

$$S_{max} = 400 \text{ mm}$$

Megállapítás: Monolit vasbeton fal alkalmazott vasalása a szerkesztési szabályokat figyelembe

vége:

– függőleges vasalás:

$$A_{s,prov} = \emptyset 12 / 150 \rightarrow 754 \text{ mm}^2$$

– vízszintes vasalás:

$$A_{s,prov} = \emptyset 12 / 300 \rightarrow 377 \text{ mm}^2$$

8. Alapozási szerkezetek méretezése

Az épület alapozása a közbenső pillérek alatt pontalapokkal, a pincefalak alatt sávalapokkal készül, a pincefalba épített pillérek helyén kiszélesítve. A sáv- és pont alap szélességi méreteit a talajtöréssel szembeni szükséges ellenállás alapján határozom meg. A terven feltüntetett méretek nem véglegesek, a süllyedés-számítás és süllyedés különbségek hatása a méretek további növelését igényelheti. A méretfelvétel csak közelítő érték, további statikai számítás szükséges a kiviteli szintű alapozási tervek elkészítéséhez.

A mértékadó talajvízszint nem érinti az alapozási síkot.

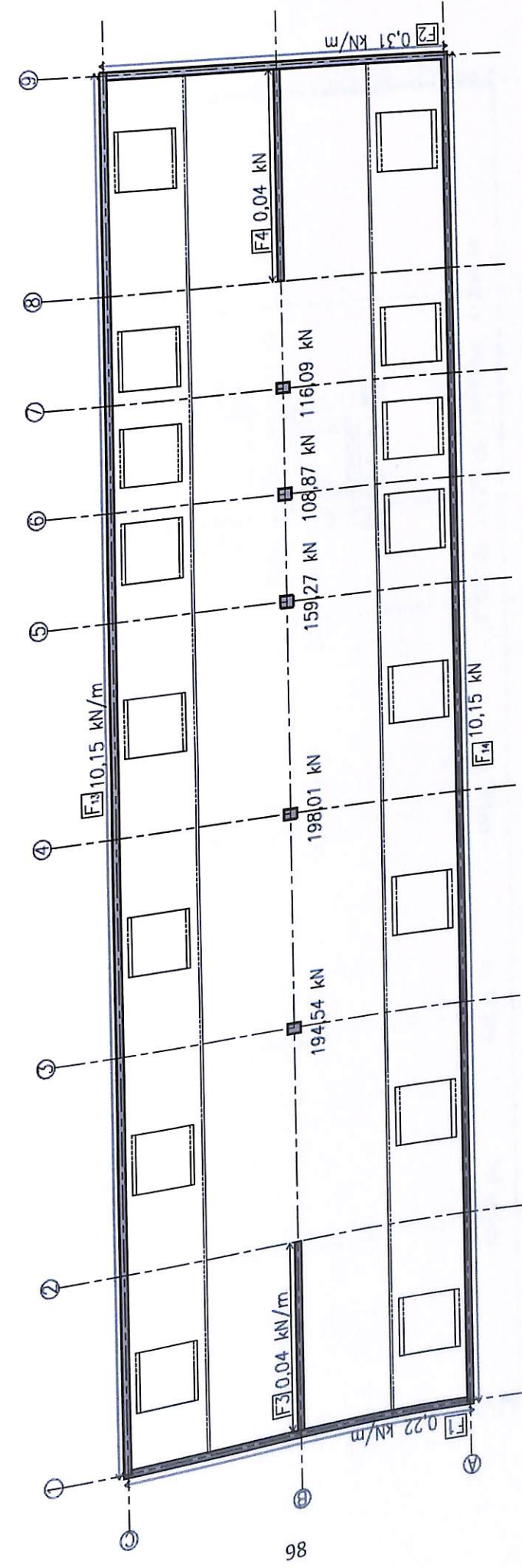
Talajfizikai jellemzők:

	rétegvastagság (m)	szint	ρ (t/m ³)	φ (°)	c (kN/m ²)	E (kN/m ²)
homokfeltöltés	1,80	0,00	1,70	23,0	-	5,0
agyagos iszap	4,15	-1,80	20,0	13,0	30,0	9,0
iszapos homok	1,25	-5,95	2,00	13,0	30,0	9,0
kavicsos homok	3,10	-7,20	1,10	33,0	-	41,0
homokos kavics	1,40	-10,30	1,10	35,0	-	55,0
szürke agyag		-11,70	2,00	19,0	60,0	10,5

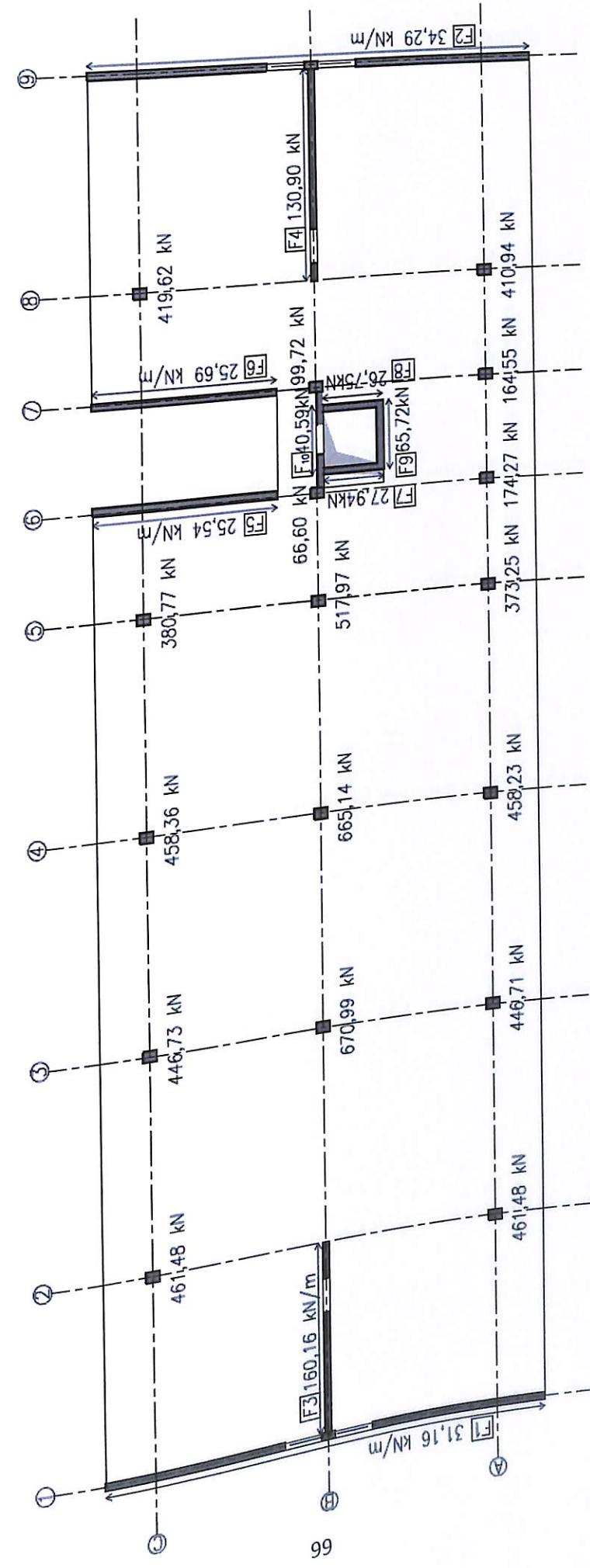
8.1. Alapozási síkra jutó terhek összegzése

Az alapozási terhek a pillérek, merevítő falak önsúlyából, a koporsófödém terhéből és a szintenkénti födémekből adódó terhelésekből kerül összegzésre.

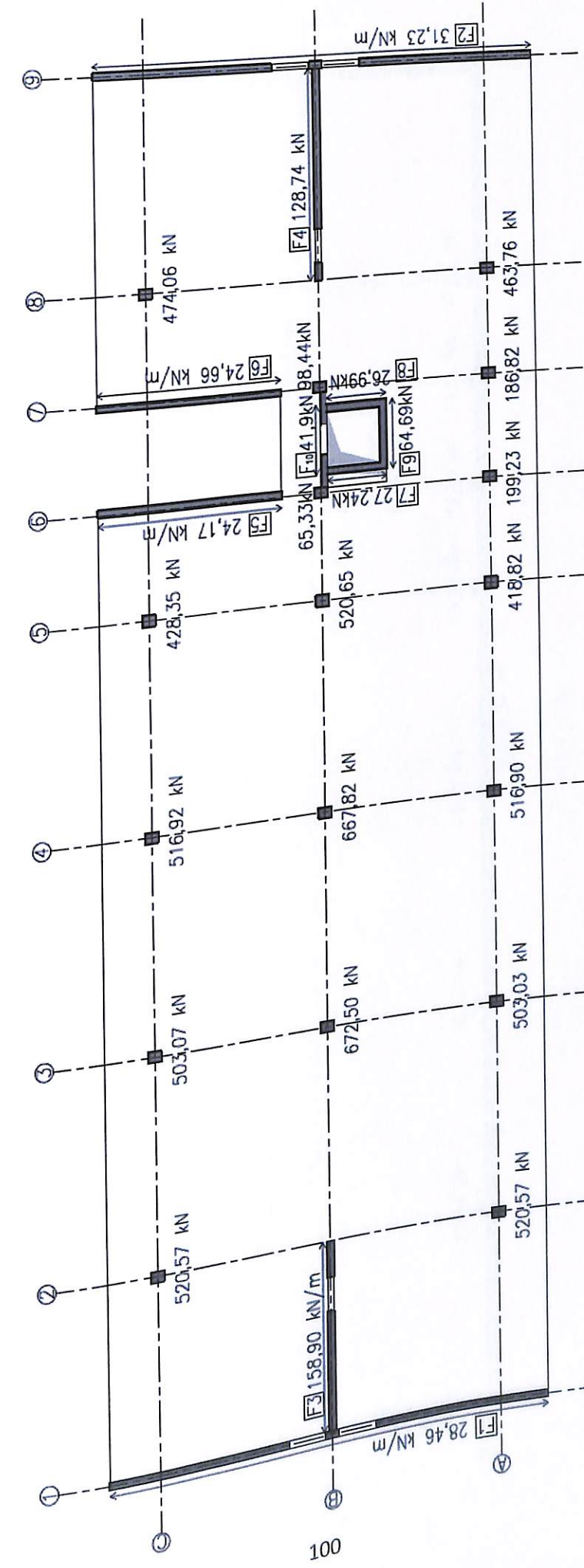
A födémekről a pillérekre és merevítőfalakra átadódó terhek az egyes szintek alapozási pozíciós tervén lettek ábrázolva, majd ezek az önsúlyterhek hozzáadásával táblázatosan csoportosítva. A pillérek megnevezése a raszterháló alapján történt.



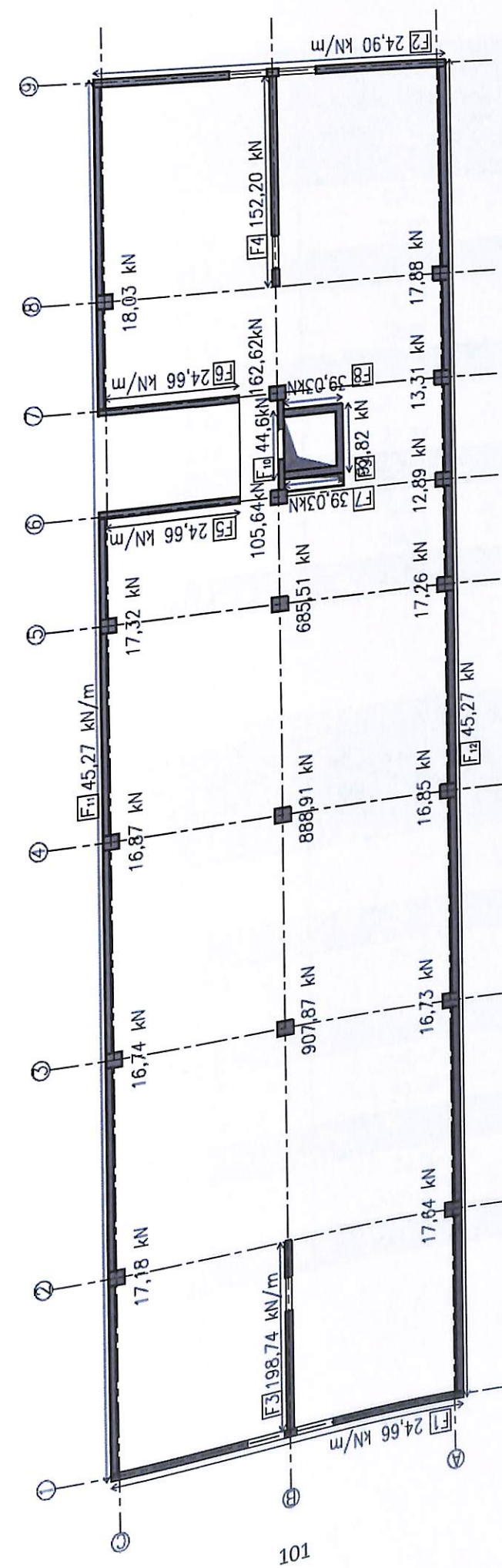
Koporsófödém alapozási pozíciós terv



3. emeleti alapozási pozíciós terv



Földszinti, 1.-2. emelti alapozási pozíciós terv



Pincszinti alapozási pozíciós terv

Merevítő falak terheinek csoportosítása:

Szintek	F1 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F2 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F3 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]
Koporsó födém	0,22	0,31	0,04
Önsúly	22,48	22,48	22,48
Összesen	22,7	22,79	22,52
Emeleti födém	31,16	34,29	160,16
Önsúly	22,48	22,48	22,48
Összesen	183,62	193,1	570,44
Földszinti födém	28,46	31,23	158,9
önsúly	22,48	22,48	22,48
Összesen	234,56	246,81	751,82
Pince födém	24,66	24,9	198,74
önsúly	20,25	20,25	20,25
Összesen	279,47	291,96	970,81
Σ:			

Szintek	F4 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F5 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F6 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]
Koporsó födém	0,004		
Önsúly	22,48		
Összesen	22,484	25,54	25,69
Emeleti födém	130,9	22,48	22,48
Önsúly	22,48	144,06	144,51
Összesen	482,624	24,17	24,66
Földszinti födém	128,74	22,48	22,48
önsúly	22,48	190,71	191,65
Összesen	633,844	24,66	24,66
Pince födém	152,2	20,25	20,25
önsúly	20,25	235,62	236,56
Összesen	806,294		
Σ:			

Szintek	F7 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F8 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F9 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]
Koporsó födém	-		
Önsúly	-	0	0
Összesen	27,94	26,75	65,72
Emeleti födém	22,48	22,48	22,48
Önsúly	151,26	147,69	264,6
Összesen	27,24	26,99	64,69
Földszinti födém	22,48	22,48	22,48
önsúly	200,98	197,16	351,77
Összesen	39,03	39,03	92,82
Pince födém	20,25	20,25	20,25
önsúly	260,26	256,44	464,84
Σ:			

Szintek	F10 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F11 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F12 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]
Koporsó födém	-	-	-
Önsúly	-	-	-
Összesen	-	-	-
Emeleti födém	40,59	-	-
Önsúly	22,48	-	-
Összesen	189,21	-	-
Földszinti födém	41,9	-	-
önsúly	22,48	-	-
Összesen	253,59	-	-
Pince födém	44,6	45,27	45,27
önsúly	20,25	20,25	20,25
Σ:	318,44	65,52	65,52

Szintek	F13 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]	F14 jelű fal alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN/m]
Koporsó födém	10,15	10,15
Önsúly	11,24	11,24
Összesen	21,39	21,39
Emeleti födém	-	-
Önsúly	-	-
Összesen	-	-
Földszinti födém	-	-
önsúly	-	-
Összesen	-	-
Pince födém	-	-
önsúly	-	-
összesen	-	-

Sávalapok csoportosítása:

- S1 jelű sávalap: F3, F4 jelű falak esetén, 970, 81 kN/fm terhelésre méretezve
- S2 jelű sávalap: F10,F9 jelű falak esetén, 464,84 kN/fm terhelésre méretezve
- S3 jelű sávalap: F1,F2,F5,F6,F7,F8,F11 ,F12 jelű falak esetén, 260,26 kN/fm terhelésre méretezve

Pillérekre jutó terhek csoportosítása:

Szintek	A2 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	A3 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	A4 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	-	-	-
Önsúly	-	-	-
Összesen	461,48	446,71	458,23
Emeleti födém	13,49	13,49	13,49
Önsúly	1424,91	503,03	16,86
Összesen	520,57	16,86	1948,92
Földszinti födém	16,86	1900,49	16,85
önsúly	1962,34	16,73	20,25
Összesen	17,64	20,25	1986,02
Pince födém	20,25	1937,47	
önsúly	2000,23		
Σ:			

Szintek	A5 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	A6 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	A7 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	-	-	-
Önsúly	-	-	-
Összesen	-	174,27	164,55
Emeleti födém	373,25	13,49	13,49
Önsúly	13,49	563,28	534,12
Összesen	1160,22	199,23	186,82
Földszinti födém	418,82	16,86	16,86
önsúly	16,86	779,37	737,8
Összesen	1595,9	12,89	13,31
Pince födém	17,26	20,25	20,25
önsúly	20,25	812,51	771,36
Σ:	1633,41		

Szintek	A8 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	B3 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	B4 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	-	194,54	198,01
Önsúly	-	13,49	13,49
Összesen	-	208,03	211,5
Emeleti födém	410,94	670,99	665,14
Önsúly	13,49	13,49	13,49
Összesen	1273,29	2261,47	2247,39
Földszinti födém	463,76	672,5	667,82
önsúly	16,86	16,86	16,86
Összesen	1753,91	2950,83	2932,07
Pince födém	17,88	907,87	888,91
önsúly	20,25	20,25	20,25
Σ:	1792,04	3878,95	3841,23

Szintek	B5 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	B6 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	B7 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	159,27	108,87	116,09
Önsúly	13,49	13,49	13,49
Összesen	172,76	122,36	129,58
Emeleti födém	517,97	66,6	99,72
Önsúly	13,49	13,49	13,49
Összesen	1767,14	362,63	469,21
Földszinti födém	520,65	65,33	98,44
önsúly	16,86	16,86	16,86
Összesen	2304,65	444,82	584,51
Pince födém	685,51	105,64	162,62
önsúly	20,25	20,25	20,25
Σ:	3010,41	570,71	767,38

Szintek	C2 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	C3 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	C4 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	-	-	-
Önsúly	-	-	-
Összesen	-	-	-
Emeleti födém	461,48	446,73	458,36
Önsúly	13,49	13,49	13,49
Összesen	1424,91	1380,66	1415,55
Földszinti födém	520,57	503,07	516,92
önsúly	16,86	16,86	16,86
Összesen	1962,34	1900,59	1949,33
Pince födém	17,18	16,74	16,87
önsúly	20,25	20,25	20,25
Σ:	1999,77	1937,58	1986,45

Szintek	C5 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]	C8 jelű pillér alsó síkjában keletkező normálerő értéke [kN]
Koporsó födém	-	-
Önsúly	-	-
Összesen	-	-
Emeleti födém	380,77	419,62
Önsúly	13,49	13,49
Összesen	1182,78	1299,33
Földszinti födém	428,35	474,06
önsúly	16,86	16,86
Összesen	1627,99	1790,25
Pince födém	17,32	18,03
önsúly	20,25	20,25
Σ:	1665,56	1828,53

Pilléralapok csoportosítása:

- P1 jelű pilléralap: A2,A3,A4,A5,A8,C2,C3,C4,C5,C8, jelű pillérek esetén, 2000,23 kN/m² terhelésre méretezve
- P2 jelű pilléralap: B3,B4,B5 jelű pillérek esetén, 3878,95 kN/m² terhelésre méretezve
- P3 jelű pilléralap: B6,B7,A6,A7 jelű pillérek esetén, 812,51 kN/m² terhelésre méretezve

8.2. Az alaptest szélességi méretezése törőképlet alkalmazásával

8.2.1. F1 jelű homlokzati fal alatti sávalap méretezése

S1 jelű sávalap méretezése a $V_d = \text{kN/m}$ teherre

Alaptest alatti talaj	ρ [t/m^3]	φ [$^\circ$]	c [kN/m^2]
agyagos iszap	2,0	13	30

$$\frac{V_d}{A} \leq \frac{\sigma_t}{\gamma_R}$$

ahol:

$$\gamma_R = 1,40$$

$$\sigma_t = c \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma$$

ahol:

B: az ismeretlen, az alaptest szélessége

c: alaptest alatti talaj kohéziója – hatékony feszültséghez tartozik.

$$c = 30 \text{ kN/m}^2$$

N_c, N_q, N_γ : teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \left[\text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right] = e^{\pi \cdot \text{tg} 13^\circ} \cdot \left[\text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{13^\circ}{2} \right) \right] = 3,26 \text{ kN}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \varphi = (3,26 - 1) \cdot \text{ctg} 13^\circ = 9,79 \text{ kN}$$

$$N_\gamma = (2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot (3,26 - 1) \cdot \text{tg} 13^\circ = 1,04 \text{ kN}$$

b_c, b_q, b_γ : alapfelület hajlására vonatkozó tényezők:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow b_c = b_q = b_\gamma = 1$$

S_c, S_q, S_γ : alapfelület alakjára vonatkozó tényezők:

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1 \cdot 3,26 - 1}{3,26 - 1} = 1$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin \varphi \rightarrow \text{sáv alap esetén} = 1$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{L} \rightarrow \text{sáv alap esetén} = 1$$

i_c, i_q, i_γ : teher ferdeségi tényezői:

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

q : hatékony geosztatika nyomás tervezési értéke az alapsík szintjén

$$q_k = 2,05 \cdot 17 + 2,15 \cdot 20 = 77,85 \text{ kN/m}^2$$

γ : Az alapozási sík alatti talaj hatékony térfogatsúly

$$\frac{V_d}{B} \leq \frac{\sigma_t}{\gamma_R}$$

$$\frac{260,26}{B} \leq \frac{30 \cdot 9,79 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 77,85 \cdot 3,26 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 9,81 \cdot B \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,40}$$

$$\frac{260,26}{B} \leq \frac{547,49 + 5,10 \cdot B}{1,40}$$

$$B_{szüks} = 1,53 \text{ m} \rightarrow B_{alkalmazott} = 1,60 \text{ m}$$

8.2.2. Legnagyobb terhelésű pilléralap méretezése

$P_{1,2}$ jelű sávalap méretezése a $V_d = \text{kN/m}$ teherre

	$\rho \text{ [t/m}^3\text{]}$	$\varphi \text{ [}^\circ\text{]}$	$c \text{ [kN/m}^2\text{]}$
Alaptest alatti talaj	2,0	13	30
agyagos iszap			

$$\frac{V_d}{A} \leq \frac{\sigma_t}{\gamma_R}$$

ahol:

$$\gamma_R = 1,40$$

$$\sigma_t = c \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma$$

ahol:

B : az ismeretlen, az alaptest szélessége

c : alaptest alatti talaj kohéziója – hatékony feszültséghez tartozik.

$$c = 30 \text{ kN/m}^2$$

N_c, N_q, N_γ : teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \left[\text{tg}^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) \right] = e^{\pi \cdot \text{tg} 13^\circ} \cdot \left[\text{tg}^2(45^\circ + \frac{13^\circ}{2}) \right] = 3,26 \text{ kN}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \varphi = (3,26 - 1) \cdot \text{ctg} 13^\circ = 9,79 \text{ kN}$$

$$N_\gamma = (2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot (3,26 - 1) \cdot \text{tg} 13^\circ = 1,04 \text{ kN}$$

bc; bq; b_γ: alapfelület hajlására vonatkozó tényezők:

$$\alpha = 0^\circ \rightarrow b_c = b_q = b_\gamma = 1$$

S_c; S_q; S_γ: alapfelület alakjára vonatkozó tényezők:

$$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,22 \cdot 3,26 - 1}{3,26 - 1} = 1,32$$

$$S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin \varphi \rightarrow 1 + \frac{B}{B} \cdot \sin 13^\circ = \text{pillér alap esetén } (L = B) = 1,22$$

$$S_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{L} \rightarrow 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{B} = \text{pillér alap esetén } (L = B) = 0,70$$

i_c; i_q; i_γ: teher ferdeségi tényezői:

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

q: hatékony geosztatika nyomás tervezési értéke az alapsík szintjén

$$q_k = 2,05 \cdot 17 + 2,15 \cdot 20 = 77,85 \text{ kN/m}^2$$

γ: Az alapozási sík alatti talaj hatékony térfogatsúly

$$\frac{V_d}{B} \leq \frac{\sigma_t}{\gamma_R}$$

$$\frac{3878,95}{B^2} \leq \frac{30 \cdot 9,79 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 1 + 55,6 \cdot 3,26 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 + 0,5 \cdot 9,81 \cdot B \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{1,40}$$

$$\frac{3878,95}{B^2} \leq \frac{605,19 + 3,57 \cdot B}{1,40}$$

$$B_{\text{szüks}} = 2,43 \text{ m} \rightarrow B_{\text{alkalmazott}} = 2,50 \text{ m}$$