



Széchenyi István Egyetem

Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék

TARTÓSZERKEZETEK II.

NGB_se004_02

Vasbetonszerkezetek

„Monolit vasbetonvázás épület födémlemezének tervezése” című házi feladat részletes megoldása az MSZ EN 1992-1-1: 2010 szabvány előírásai alapján.

v2.3

Alkalmazott irodalom

Th Terhek és hatások – Tervezés az Eurocode alapján
BME Szilárdságtani és Tartószerkezetek Tanszék, 2006. szeptember

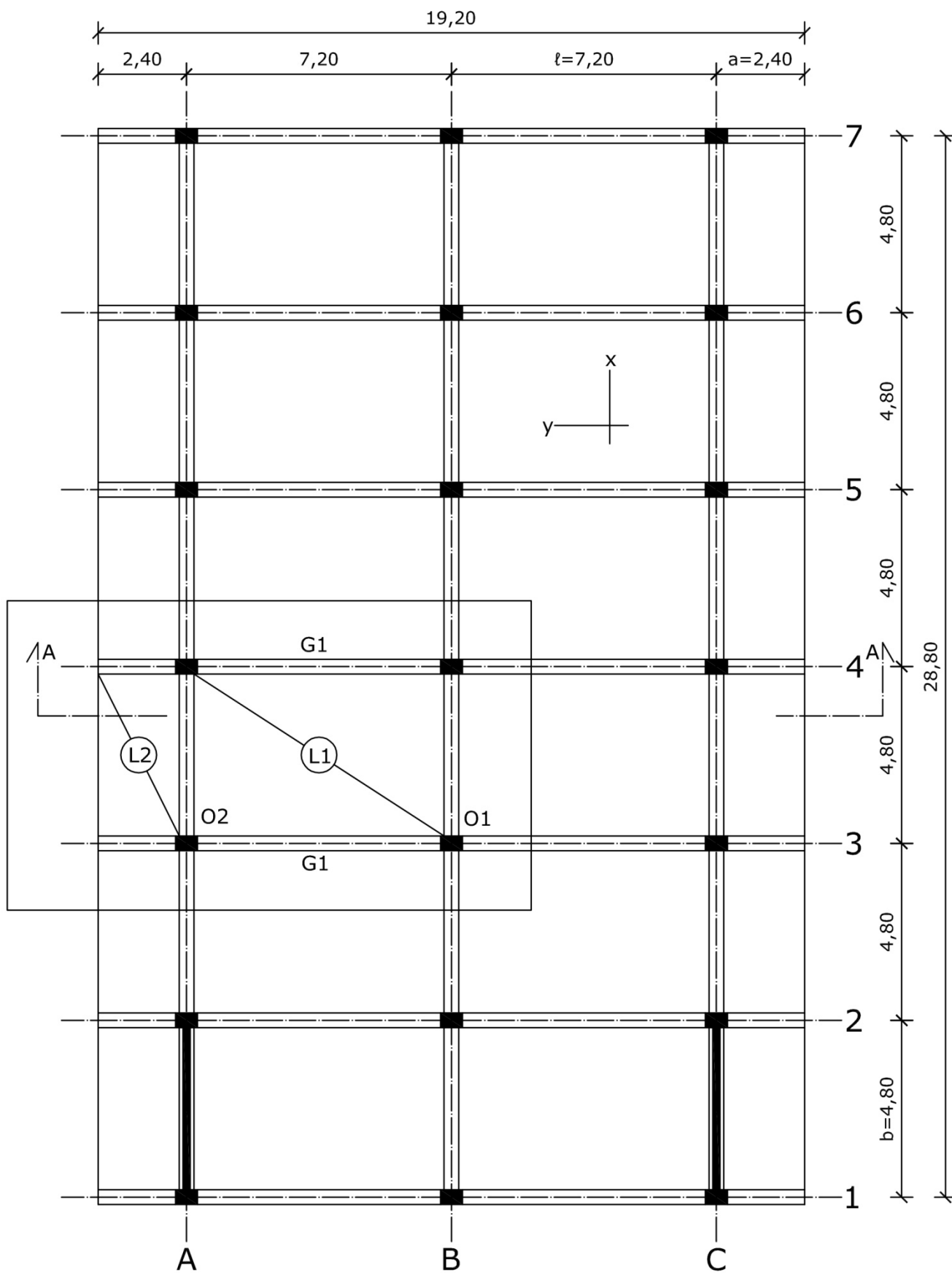
VSzT Vasbetonszerkezetek – Tervezés az Eurocode alapján
BME Szilárdságtani és Tartószerkezetek Tanszék, 2012. március

MSZ EN 1992-1-1: 2010 – Betonszerkezetek tervezése
1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok.

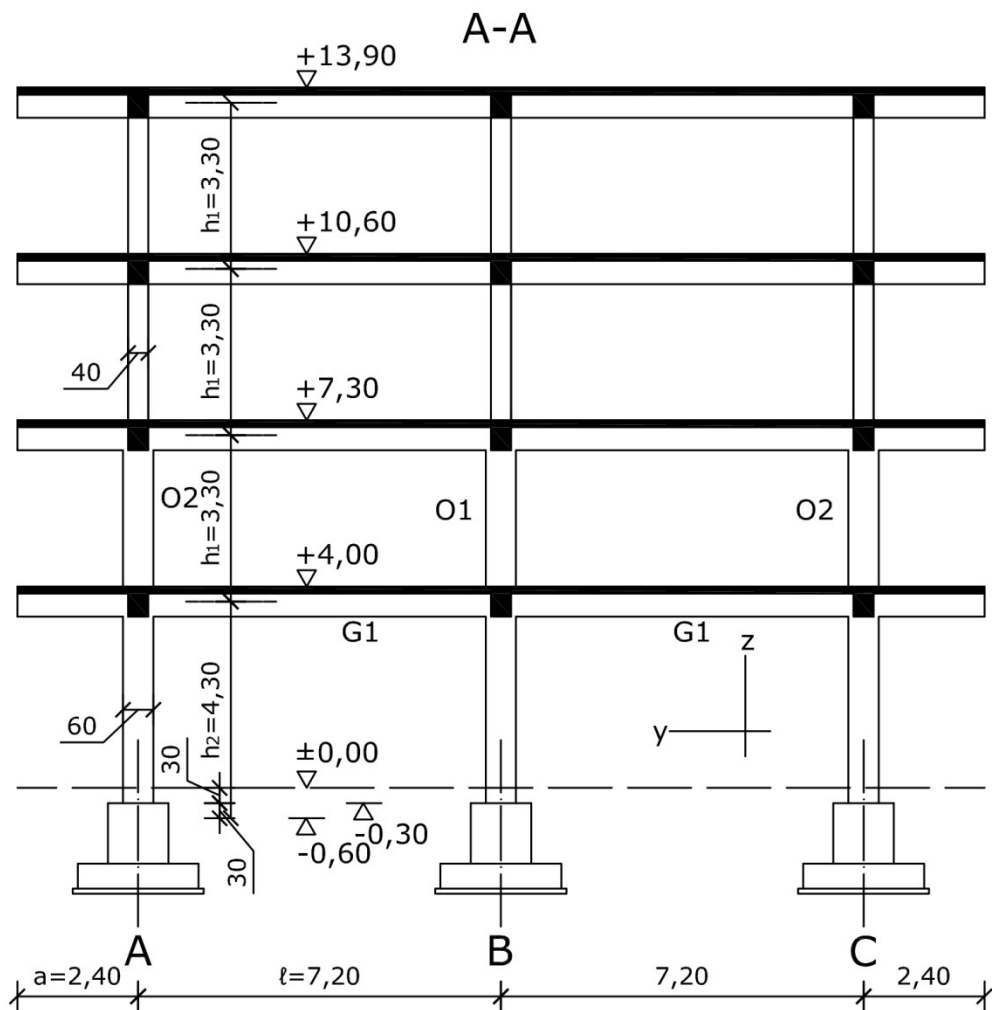
Mészáros Péter: Tartószerkezet II. – Monolit vasbeton épület tervezése
(Tervezési segédlet kézírással, SZE Tartószerkezetek Tanszék)

<http://www.sze.hu/~szepj/>

1. Az épület vázlatterve



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése



A-A Metszet M 1:150

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

Kiindulási adatok:

támaszköz kereszt irányban (ℓ)	7,20m
konzol hossz (a)	2,40m
támaszköz hossz irányban (b)	4,80m
emeleti magasság (h1)	3,30m
földszinti magasság (h2)	4,30m
Beton minőség	C20/25
Betonacél minőség	B500
Közbenő födémek hasznos terhe (q)*	5,0kN/m ²
Tetőfödém hasznos terhe**	1,0kN/m ²

* D2 használati osztály.

** Meteorológiai terhekkal nem egyidejű.

2. Közelítő méretfelvétel

2.1. Állandó terhek:

Közbenső födém

anyag neve	vastagság [mm] v	térfogatsúly [kN/m ³] γ_k	m ² súly [kN/m ²] g_k
mázás kerámia	10	16,00	0,16
ágyazó habarcs	20	22,00	0,44
aljzatbeton	60	24,00	1,44
technológiai szigetelés			
hangszigetelés	40	0,50	0,02
monolit vb. lemez (feltételezett érték)	140	25,00	3,50
vakolat	15	19,00	0,29
válaszfal			3,00
összesen			8,85

Kétirányú alsó-felső vasalás esetén a lemezvastagság minimum 140 mm vastag legyen.

2.2. Esetleges terhek:

2.2.1. Hasznos teher:

D2* használati osztály szerint:

$$q = 5 \text{ kN/m}^2$$

parciális tényező teherbírasi határállapotban: $\gamma_Q=1,50$

kombinációs (egyidejűségi) tényező: $\psi_0=0,7$

A hasznos terhek értéke a terhelt összfelület nagysága vagy a terhelt szintek száma függvényében csökkenthető.

* Terhek és hatások (később Th) 7.pont 37.old.-tól

2.3. A lemez közelítő méretfelvétele

a lemezvastagság közelítőleg

$$v = \frac{b}{35} - \frac{b}{40} = \frac{4800}{35} - \frac{4800}{40} = 137 - 120 \text{ mm} \gg v = 140 \text{ mm}$$

$$v = \frac{b}{35} - \frac{b}{40} > v = 140 \text{ mm}$$

közbenső födém önsúly terhe

$$g_k = 0,16 + 0,44 + 1,44 + 0,02 + 3,50 + 0,29 + 3,00 = 8,85 \text{ kN/m}^2$$

közbenső födém hasznos terhe:

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

közbenső födém terhének tervezési értéke:

$$p_{Ed} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k = 1,35 \cdot 8,85 + 1,5 \cdot 5,0 = 17,20 \text{ kN/m}^2$$

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

közbenső födém pozitív nyomatékának közelítő tervezési értéke

$$m_{Ed}^+ = \frac{p_{Ed} \cdot b^2}{18} = \frac{19,45 \cdot 4,8^2}{18} = 24,9 \text{ kNm/m}$$

a hasznos lemeztvastagság (d_1) $\xi_c=0,2$ és $b=1000$ mm-es keresztmetszeti szélesség feltételezésével

$$m_{Ed}^+ = b \cdot d_1^2 \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2}\right)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{m_{Ed}^+}{b \cdot f_{cd} \cdot \xi_c \cdot \left(1 - \frac{\xi_c}{2}\right)}} = \sqrt{\frac{24,9 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3 \cdot 0,2 \cdot \left(1 - \frac{0,2}{2}\right)}} = 102 \text{ mm}$$

közbenső födém negatív nyomatékának közelítő tervezési értéke

$$m_{Ed}^- = \frac{p_{Ed} \cdot b^2}{14} = \frac{19,45 \cdot 4,8^2}{14} = 32,0 \text{ kNm/m}$$

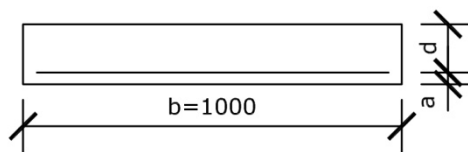
a hasznos lemeztvastagság (d_1) $\xi_{c0}=0,53$ feltételezésével

$$d_1 = \sqrt{\frac{m_{Ed}^-}{b \cdot f_{cd} \cdot \xi_{c0} \cdot \left(1 - \frac{\xi_{c0}}{2}\right)}} = \sqrt{\frac{32,0 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3 \cdot 0,53 \cdot \left(1 - \frac{0,53}{2}\right)}} = 78,6 \text{ mm}$$

$$a = c_{nom} + \frac{d_{fóvas}}{2} + 10 = 20 + \frac{12}{2} + 10 = 36 \text{ mm}$$

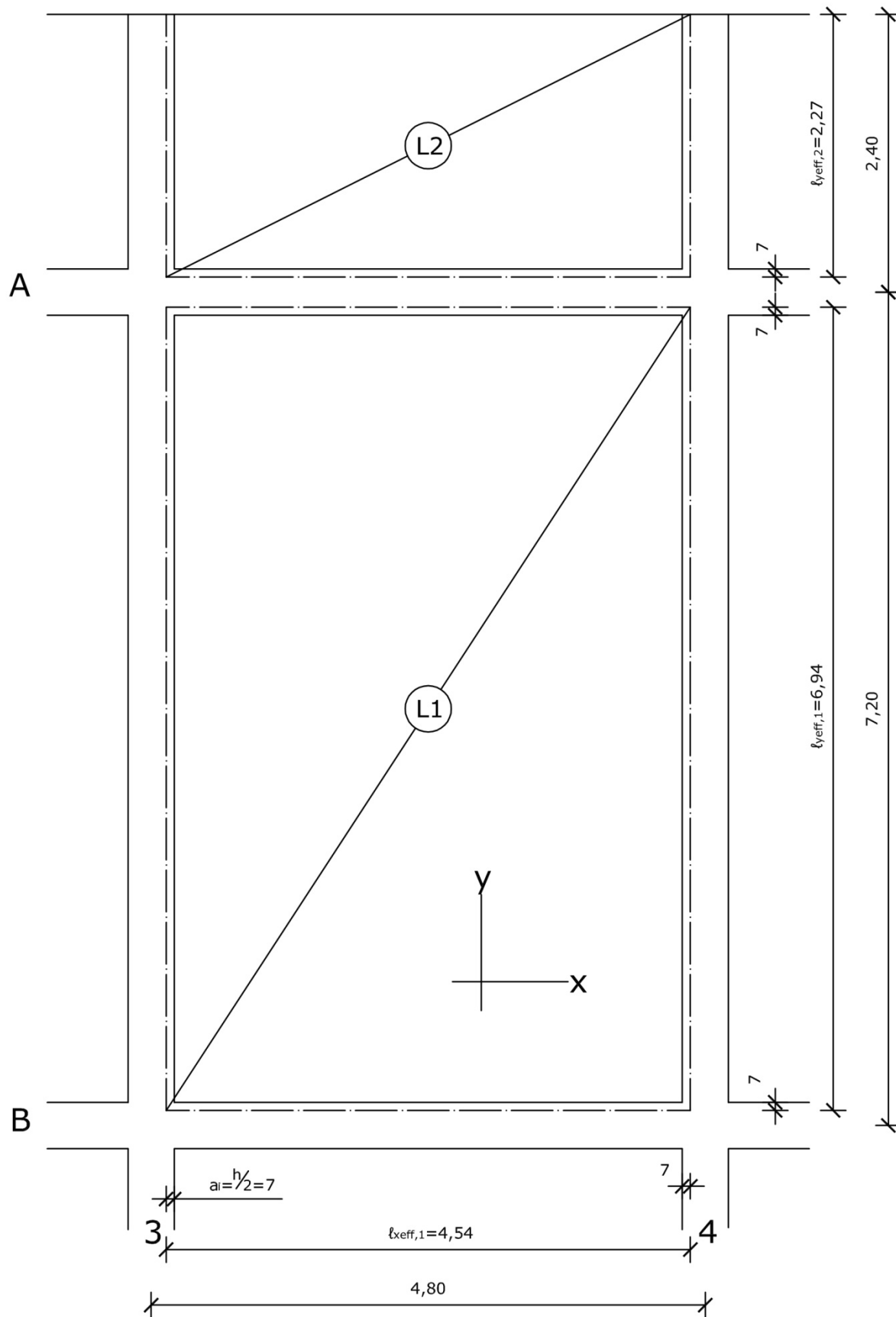
$$h = d_1 + a = 102 + 36 = 138 \text{ mm}$$

$$h_{alk} = 140 \text{ mm}$$



140 mm vastag lemezt alkalmazunk.

3. Födém lemez részletes számítása



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

Elméleti támaszközök*:

$$l_{eff} = l_n + a_1 + a_2 \quad a_1 + a_2 = 2 \cdot a_i$$

$$a_i = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{2} = \frac{140}{2} = 70 \\ \frac{t}{2} = \frac{400}{2} = 200 \end{array} \right\} = 70mm$$

L₁ lemez:

$$l_{x,eff,1} = l_{nx} + 2 \cdot \frac{h}{2} = 4,40 + 2 \cdot 0,07 = 4,54m$$

$$l_{y,eff,1} = l_{ny} + 2 \cdot \frac{h}{2} = 6,80 + 2 \cdot 0,07 = 6,94m$$

L₂ lemez:

$$l_{x,eff,2} = 4,54m$$

$$l_{y,eff,2} = 2,20 + 0,07 = 2,27m$$

Az esetleges terhek parciális elhelyezésének hatását egy helyettesítő teherrel vesszük figyelembe**.

3.2. Helyettesítő terhek számítása

L₁ lemeznél: x és y irányban

$$p_{Ed,1} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + 1,5 \cdot \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 8,85 + 1,5 \cdot 1,5 \cdot 5,0 = 23,2 \text{ kN/m}^2$$

L₂ lemeznél:

x irányban: $p_{Ed,2,y} = 23,2 \text{ kN/m}^2$

y irányban: $p_{Ed,2,y} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 8,85 + 1,5 \cdot 5,0 = 19,4 \text{ kN/m}^2$
(mivel ebben az irányban konzolként működik)

L₁, L₂ lemezek hajlítónyomatékait a rugalmas lemezelmélet alapján, Czerny-féle táblázatokból határozzuk meg***.

L₁ lemez

$$\frac{l_{y,eff,1}}{l_{x,eff,1}} = \frac{6,94}{4,54} = 1,53$$

α_i és β_i értékek Czerny féle táblázatból interpolálással

$$\alpha_1 = 13,08$$

$$\alpha_2 = 36,15$$

$$\alpha_3 = 17,50$$

$$\alpha_4 = 94,88$$

* VSZT 5.1. pont 19.old

** VSZT 5.4. a) pont 22.old

*** kiadott melléklet

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

$$m_x^- = -\frac{p_{Ed,1} \cdot l_{x,eff,1}^2}{\alpha_1} = \frac{23,2 \cdot 4,54^2}{13,08} = -36,6 \text{ kNm/m}$$

$$m_x^+ = +\frac{p_{Ed,1} \cdot l_{x,eff,1}^2}{\alpha_2} = \frac{23,2 \cdot 4,54^2}{36,15} = 13,2 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^- = -\frac{p_{Ed,1} \cdot l_{x,eff,1}^2}{\alpha_3} = \frac{23,2 \cdot 4,54^2}{17,50} = -27,3 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^+ = +\frac{p_{Ed,1} \cdot l_{x,eff,1}^2}{\alpha_4} = \frac{23,2 \cdot 4,54^2}{94,88} = 5,0 \text{ kNm/m}$$

L₂ lemez

$$\frac{l_{y,eff,2}}{l_{x,eff,2}} = \frac{2,27}{4,54} = 0,5$$

$$\beta_1=7,89 \quad \beta_4=10,64$$

$$\beta_2=22,78 \quad \beta_5=4,93$$

$$\beta_3=3,43 \quad \beta_6=41,67$$

$$m_x^- = -\frac{p_{Ed,2,x} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_1} = \frac{23,2 \cdot 2,27^2}{7,89} = -15,2 \text{ kNm/m}$$

$$m_x^+ = \frac{p_{Ed,2,x} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_2} = \frac{23,2 \cdot 2,27^2}{22,78} = 5,2 \text{ kNm/m}$$

$$m_{sx}^- = -\frac{p_{Ed,2,x} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_3} = \frac{23,2 \cdot 2,27^2}{3,43} = -34,9 \text{ kNm/m}$$

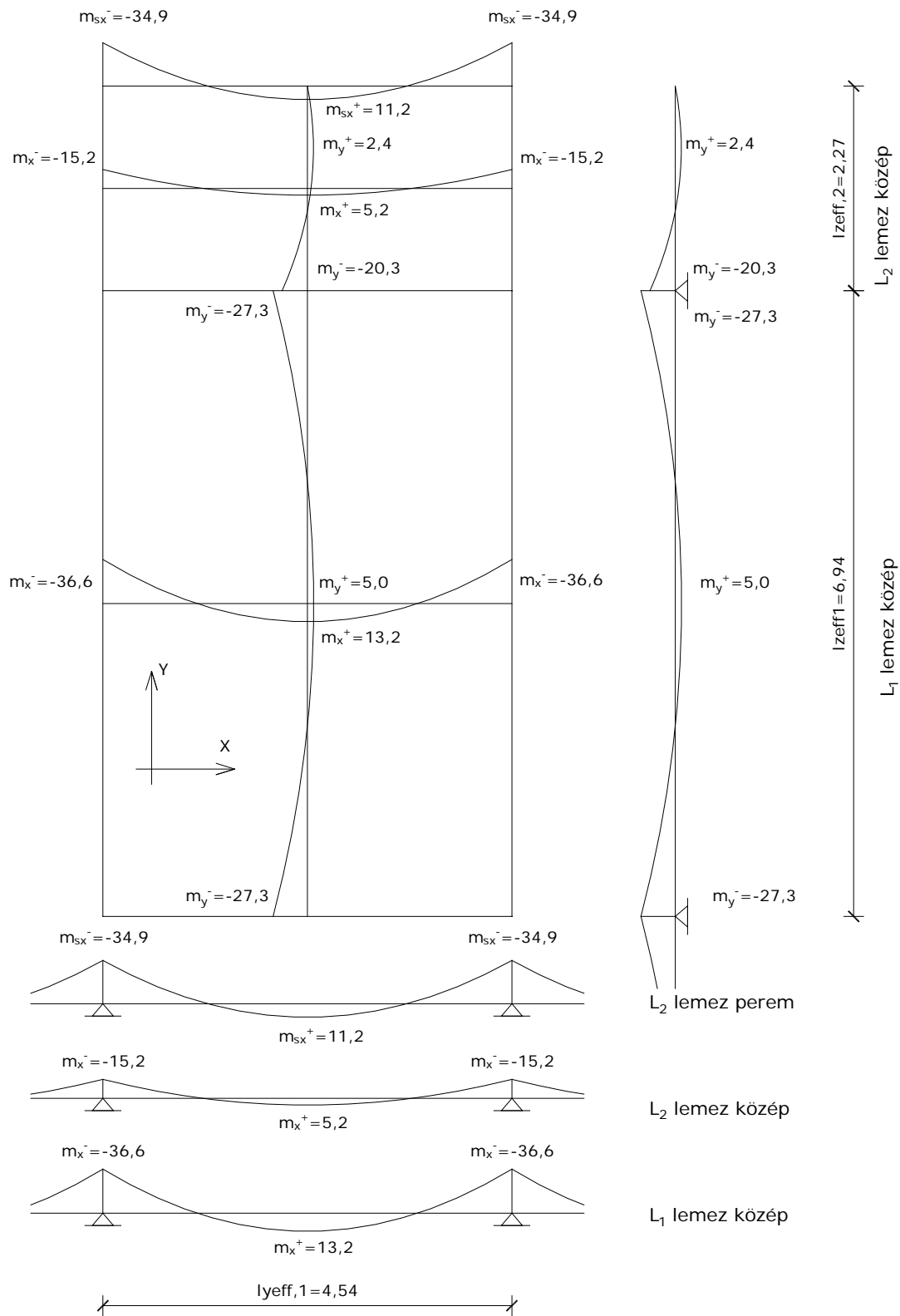
$$m_{sx}^+ = \frac{p_{Ed,2,x} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_4} = \frac{23,2 \cdot 2,27^2}{10,64} = 11,2 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^- = -\frac{p_{Ed,2,y} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_5} = \frac{19,4 \cdot 2,27^2}{4,93} = -20,3 \text{ kNm/m}$$

$$m_y^+ = \frac{p_{Ed,2,y} \cdot l_{y,eff,2}^2}{\beta_6} = \frac{19,4 \cdot 2,27^2}{41,67} = 2,4 \text{ kNm/m}$$

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

Nyomatékok a Czerny-féle táblázatok alapján:



3.3. Képlékeny nyomaték-átrendeződések meghatározása

Az $\frac{m^-}{m^+}$ arányon változtatunk a kedvező vasalás kialakítása céljából.

Az m^- a jelen vonatkozásban jelentse a nyomaték abszolút értékét!

A kedvező arány $\frac{m^-}{m^+} \approx 1,5$

$$\delta = \frac{m_{\text{átrendezett}}}{m_{\text{átrendez és előtt}}}$$

$\delta \geq 0,85$ normális duktilitású betonacélnál; $\varepsilon_{ud} > 2,5$

L₂ lemez

A konzollemez szabad peremén, a hajlítás x irányú, a nyomatékvektor y irányú

Két feltevésből indulhatunk ki:

1. A nyomatékok aránya: $\frac{m^-}{m^+} \approx 1,5$

Másként: $m^- \approx 1,5 \cdot m^+$

2. Az átrendezés előtti és utáni nyomatékok összege az egyensúlyi feltételek miatt nem változik:

$$m_{sx}^+ + m_{sx}^- = m_{sx, \text{átrendezett}}^+ + m_{sx, \text{átrendezett}}^-$$

Az első egyenletet behelyettesítve a másodikba:

$$m_{sx}^+ + m_{sx}^- = m_{sx, \text{átrendezett}}^+ + 1,5 \cdot m_{sx, \text{átrendezett}}^+$$

összefüggést kapjuk.

Tovább alakítva kifejezhetjük az $m_{sx, \text{átrendezett}}^+$ nyomatékot:

$$m_{sx, \text{átrendezett}}^+ = \frac{m_{sx}^+ + m_{sx}^-}{1 + 1,5} = \frac{11,2 + 34,9}{1 + 1,5} = 18,44 \text{ kNm}$$

$$m_{sx, \text{átrendezett}}^- = 1,5 \cdot 18,44 = 27,65 \text{ kNm}$$

Ellenőrizni kell a nyomatéki átrendeződés mértékét, ami nem lehet több 15%-nál (innen $1 - 0,15 = 0,85$)

$$\delta = \frac{m_{sx, \text{átrendezett}}^-}{m_{sx, \text{átrendezés előtt}}^-} = \frac{27,65}{34,9} = 0,793 < 0,85$$

,vagyis túl sok nyomatékot rendeztünk át, csak 0,85-tel számolunk.

$$m_{sx, \text{átrendezett}}^- = 0,85 \cdot (-34,9) = -29,63 \text{ kNm}$$

a pozitív és negatív nyomatékok összege az átrendezés után nem változhat (egyensúlyi feltétel)→

$$m^+ + |m^-| = m_{\text{átrendezett}}^+ + |m_{\text{átrendezett}}^-|$$

$$m_{sx, \text{átrendezett}}^+ = m^+ + |m^-| - |m_{\text{átrendezett}}^-| = 11,2 + 34,9 - 29,63 = 16,46 \text{ kNm}$$

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

A konzollemez közepén, a hajlítás x irányú, a nyomatékvektor y irányú

$$m_{x,\text{átrendezett}}^+ = \frac{m_x^+ + m_x^-}{1 + 1,5} = \frac{5,2 + 15,2}{1 + 1,5} = 8,16 \text{ kNm}$$

$$m_{x,\text{átrendezett}}^- = 1,5 \cdot 8,16 = 12,24 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{m_{x,\text{átrendezett}}^-}{m_{x,\text{átrendezés}}^- \text{ előtt}} = \frac{12,24}{15,2} = 0,808 < 0,85$$

,vagyis az átrendezés mértéke túl nagy!

$$m_{x,\text{átrendezett}}^- = 0,85 \cdot (-15,2) = \mathbf{12,88 \text{ kNm}}$$

$$m_{x,\text{átrendezett}}^+ = 5,2 + 15,2 - 12,88 = \mathbf{7,52 \text{ kNm}}$$

A konzollemez nyomatékait a hajlítás y irányban nem rendezhetjük át!

L₁ lemez

A közbenső lemez szabad közepén, a hajlítás x irányú, a nyomatékvektor y irányú

$$m_{x,\text{átrendezett}}^+ = \frac{m_x^+ + m_x^-}{1 + 1,5} = \frac{13,2 + 36,6}{1 + 1,5} = 19,69 \text{ kNm}$$

$$m_{x,\text{átrendezett}}^- = 1,5 \cdot 19,69 = 29,54 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{m_{x,\text{átrendezett}}^-}{m_{x,\text{átrendezés}}^- \text{ előtt}} = \frac{29,54}{36,6} = 0,808 < 0,85$$

,vagyis az átrendezés mértéke túl nagy!

$$m_{x,\text{átrendezett}}^- = 0,85 \cdot (-36,6) = \mathbf{31,07 \text{ kNm}}$$

$$m_{x,\text{átrendezett}}^+ = 13,2 + 36,6 - 31,07 = \mathbf{18,71 \text{ kNm}}$$

A közbenső lemez közepén, a hajlítás y irányú, a nyomatékvektor y irányú

$$m_{y,\text{átrendezett}}^+ = \frac{m_y^+ + m_y^-}{1 + 1,5} = \frac{5,0 + 27,3}{1 + 1,5} = 12,95 \text{ kNm}$$

$$m_{y,\text{átrendezett}}^- = 1,5 \cdot 12,95 = 19,42 \text{ kNm}$$

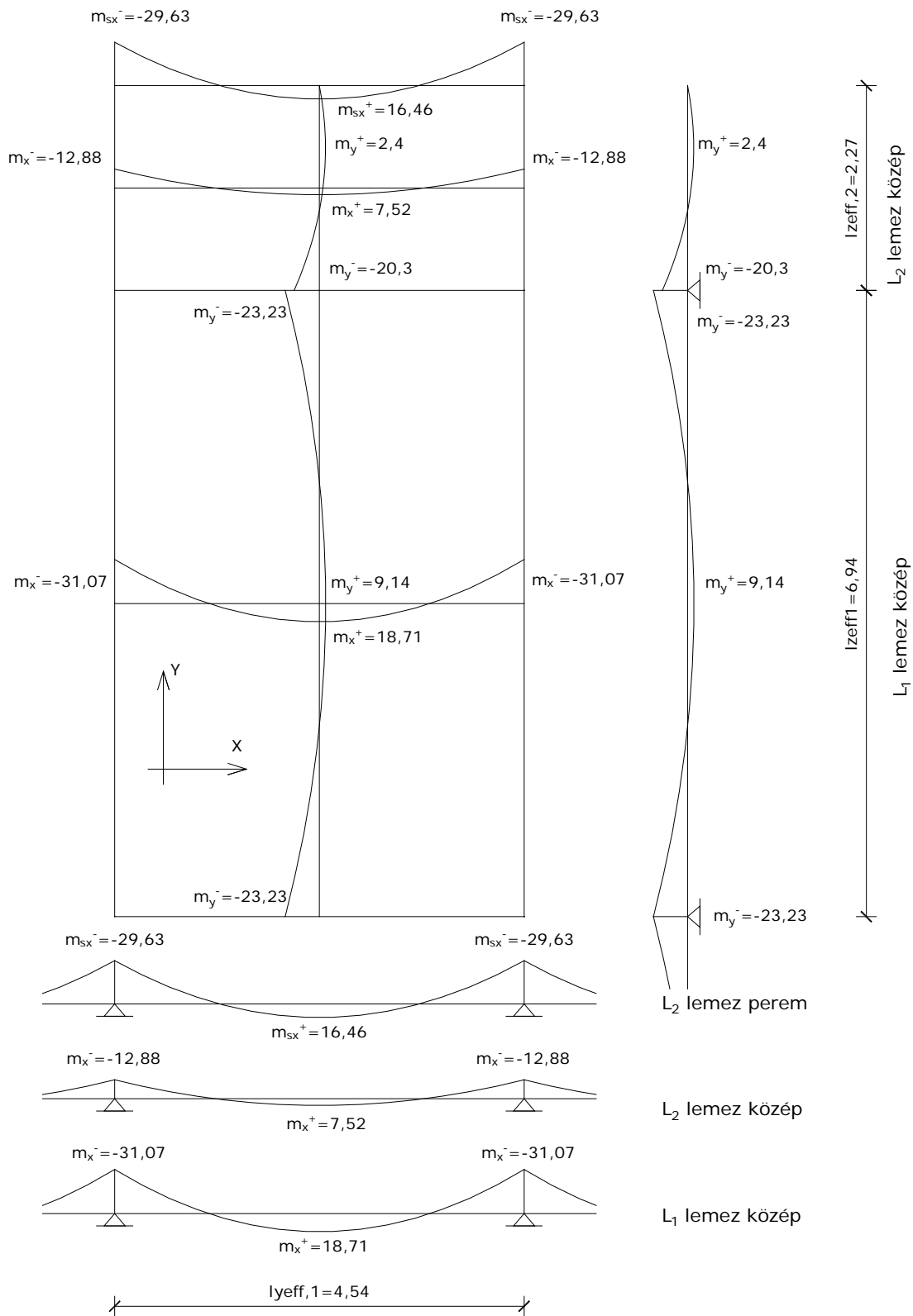
$$\delta = \frac{m_{y,\text{átrendezett}}^-}{m_{y,\text{átrendezés}}^- \text{ előtt}} = \frac{19,42}{27,3} = 0,711 < 0,85$$

,vagyis az átrendezés mértéke túl nagy!

$$m_{y,\text{átrendezett}}^- = 0,85 \cdot (-27,3) = \mathbf{23,23 \text{ kNm}}$$

$$m_{y,\text{átrendezett}}^+ = 5,0 + 27,3 - 23,23 = \mathbf{9,14 \text{ kNm}}$$

Nyomatékok a képlékeny átrendezés után



3.4. Vasalás számítása

3.4.1. x irányban:

Ebben az irányban nagyobbak a nyomatékok, ezért a vasak a szélső sorba kerülnek alul és felül egyaránt nagyobb a húzó és nyomó erők karja, kedvezőbb lesz a szükséges vas mennyisége. A betonacélok kiosztása egy-egy irányban azonos. Egymásra merőleges irányában eltérő lehet.

A gerenda méretezésénél figyelni kell arra, hogy a lemez vasainak osztása és gerenda (lemezbe benyúló) kengyeleinek osztása és ütközés elkerülésére azonos legyen!*

L₁ lemez x irányú felső vasalása lemez szélén:

$$m_x = -31,07 \text{ kNm} \quad h = 140 \text{ mm}$$

$$d_{\text{fővas}} = 10 \text{ mm} \quad c_{\text{nom}} = 10 + d_{\text{fővas}} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

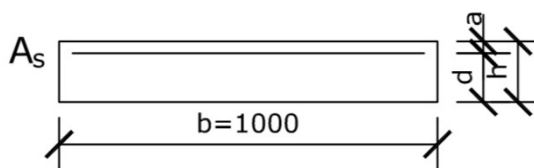
$$a = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 20 + \frac{10}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 140 - 25 = 115 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}} = 115 - \sqrt{115^2 - \frac{2 \cdot 31,07 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 22 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{szüks}} = \frac{m_x}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{31,07 \cdot 10^6}{\left(115 - \frac{22}{2}\right) \cdot 435} = 689 \text{ mm}^2$$

$$(A_{s,\text{alk}} = 754 \text{ mm}^2 \quad \Phi 12/150)$$



A feltételezett 10 mm átmérőjű vasak helyett nagyobb átmérőjű vasakra lesz szükség 120-150mm-es vasosztást figyelembe véve. Ezzel nő a betontakarás és csökken az alsó és felső vasalás közötti távolság.

Megnöveljük a lemeztavastagságot 150mm-re!

A súlynövekedés:

$$g'_k = 0,01 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Téher mértékadó értéke:

$$\gamma_{G,\text{sup}} \cdot g'_k = 1,35 \cdot 0,25 = 0,34 \text{ kN/m}^2\text{-el növekszik.}$$

Ez L₁ lemeznél x-és y-irányban, L₂ lemeznél x-irányban:

$$\frac{p_{\text{Ed}} + 0,34}{p_{\text{Ed}}} = \frac{23,2 + 0,34}{23,2} = 1,015$$

L₂ lemeznél y-irányban:

$$\frac{19,4 + 0,34}{19,4} = 1,016 \text{ – szerez igénybevétel növekedést jelent.}$$

* Szerkesztési szabályok: VSZT 8.6. pont 70. old.

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

$$m_x^- = -1,015 \cdot 31,07 = -31,53 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{\text{fővas}}=12 \text{ mm} \quad c_{\text{nom}}=10+12=22 \text{ mm}$$

$$a = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-28=122 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}} = 122 - \sqrt{122^2 - \frac{2 \cdot 31,53 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 21 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{szüks}} = \frac{m_x}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{31,53 \cdot 10^6}{\left(122 - \frac{21}{2}\right) \cdot 435} = 651 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{alk}}=754 \text{ mm}^2 \quad \Phi 12/150$$

L₂ lemez x irányban felső vasalás a peremen

$$m_{sx}^- = -1,015 \cdot 29,63 = -30,06 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{\text{fővas}}=12 \text{ mm} \quad c_{\text{nom}}=10+12=22 \text{ mm}$$

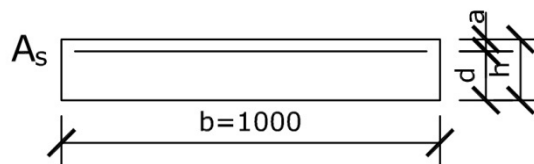
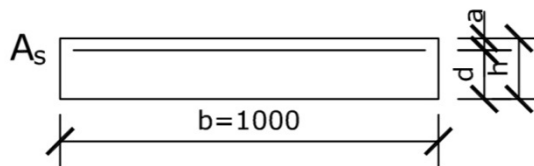
$$a = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-28=122 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}} = 122 - \sqrt{122^2 - \frac{2 \cdot 30,06 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{szüks}} = \frac{m_{sx}}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{30,06 \cdot 10^6}{\left(122 - \frac{20}{2}\right) \cdot 435} = 618 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{alk}}=639 \text{ mm}^2 \quad \Phi 12/300 + \Phi 10/300$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

L₂ lemez x irányban felső vasalás támasz felett

$$m_x^- = -1,015 \cdot 12,88 = -13,07 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{\text{fővas}}=12 \text{ mm} \quad c_{\text{nom}}=10+12=22 \text{ mm}$$

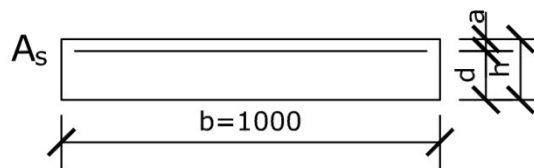
$$a = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-28=122 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}} = 122 - \sqrt{122^2 - \frac{2 \cdot 13,07 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 8 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{szüks}} = \frac{m_x}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{13,07 \cdot 10^6}{\left(122 - \frac{8}{2}\right) \cdot 435} = 255 \text{ mm}^2$$

A_{s,alk}=639 mm² Φ12/300+ Φ10/300 (ugyanazt a vasalást alkalmazzuk, amit az lemez peremén is)



L₁ lemez x irányban alsó vasalás lemezközépen

$$m_x^+ = 1,015 \cdot 18,71 = 18,98 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{\text{fővas}}=12 \text{ mm} \quad c_{\text{nom}}=10+12=22 \text{ mm}$$

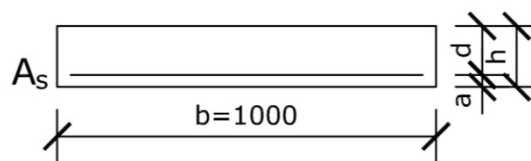
$$a = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-28=122 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{\text{Ed}}}{b \cdot f_{\text{cd}}}} = 122 - \sqrt{122^2 - \frac{2 \cdot 18,98 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 12 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{szüks}} = \frac{m_x}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{18,98 \cdot 10^6}{\left(122 - \frac{12}{2}\right) \cdot 435} = 377 \text{ mm}^2$$

A_{s,alk}=524 mm² Φ10/150



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

L₂ lemez x irányban alsó vasalás a perem közepén

$$m_{sx}^+ = 1,015 \cdot 16,46 = 16,70 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{f\acute{o}vas}=12 \text{ mm} \quad c_{nom}=10+12=22 \text{ mm}$$

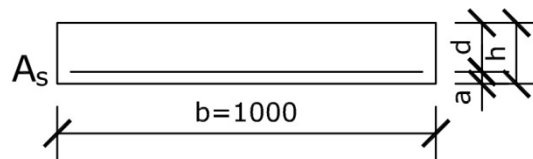
$$a = c_{nom} + \frac{d_{f\acute{o}vas}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-28=122 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 122 - \sqrt{122^2 - \frac{2 \cdot 16,7 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 11 \text{ mm}$$

$$A_{s,sz\acute{u}ks} = \frac{m_{sx}}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{yd}} = \frac{16,7 \cdot 10^6}{\left(122 - \frac{11}{2}\right) \cdot 435} = 329 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,alk}=335 \text{ mm}^2 \quad \Phi 8/150$$



3.4.2. y irányban:

L₁ lemez y irányban felső vasalás a lemez szélein

$$m_{y}^- = -1,015 \cdot 23,23 = -23,56 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{f\acute{o}vas}=12 \text{ mm} \quad c_{nom}=10+12=22 \text{ mm}$$

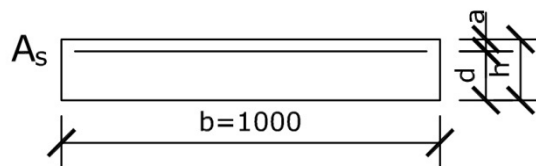
$$a = c_{nom} + d_{x \text{ irányú } f\acute{o}vas} + \frac{d_{f\acute{o}vas}}{2} = 22 + 12 + \frac{12}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$d=h-a=150-40=110 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 110 - \sqrt{110^2 - \frac{2 \cdot 23,56 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} =$$

$$A_{s,sz\acute{u}ks} = \frac{m_y}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{yd}} = \frac{23,56 \cdot 10^6}{\left(110 - \frac{17}{2}\right) \cdot 435} = 535 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,alk}=754 \text{ mm}^2 \quad \Phi 12/150$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

L₂ lemez y irányban felső vasalás a lemez szélén

$$m_y^- = -1,017 \cdot 20,3 = -20,63 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{f\acute{o}vas} = 12 \text{ mm} \quad c_{nom} = 10 + 12 = 22 \text{ mm}$$

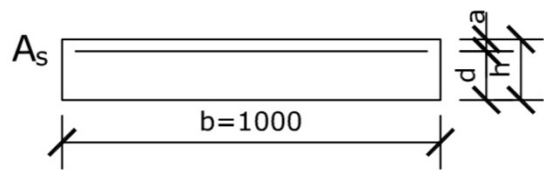
$$a = c_{nom} + d_{x \text{ irányú } f\acute{o}vas} + \frac{d_{f\acute{o}vas}}{2} = 22 + 12 + \frac{12}{2} = 10 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 150 - 40 = 110 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 110 - \sqrt{110^2 - \frac{2 \cdot 20,63 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} = 15 \text{ mm}$$

$$A_{s,sz\ddot{u}ks} = \frac{m_y}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{yd}} = \frac{20,63 \cdot 10^6}{\left(110 - \frac{15}{2}\right) \cdot 435} = 463 \text{ mm}^2$$

A_{s,alk} = 754 mm² Φ12/150 (ugyanazt a vasalást alkalmazzuk, amit az L1 lemez csatlakozó szélén is)



L₁ lemez y irányban alsó vasalás lemez közepén

$$m_y^+ = 1,015 \cdot 9,14 = 9,27 \text{ kNm} \quad h=150 \text{ mm}$$

$$d_{f\acute{o}vas} = 12 \text{ mm} \quad c_{nom} = 10 + 12 = 22 \text{ mm}$$

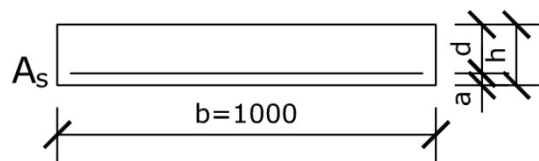
$$a = c_{nom} + d_{x \text{ irányú } f\acute{o}vas} + \frac{d_{f\acute{o}vas}}{2} = 22 + 10 + \frac{12}{2} = 38 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 150 - 38 = 112 \text{ mm}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 112 - \sqrt{112^2 - \frac{2 \cdot 9,27 \cdot 10^6}{1000 \cdot 13,3}} =$$

$$A_{s,sz\ddot{u}ks} = \frac{m_y}{\left(d - \frac{x_c}{2}\right) \cdot f_{yd}} = \frac{9,27 \cdot 10^6}{\left(112 - \frac{6}{2}\right) \cdot 435} = 196 \text{ mm}^2$$

A_{s,alk} = 335 mm² Φ8/150



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

3.5. Ellenőrzések:

$$d=8,10,12 \text{ mm} < h/10=15 \text{ mm}$$

$$s=150 < s_{\max}=\min(2h;300)=\min(2\cdot 150;300)=300 \text{ mm}$$

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 112 = 145,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 150 = 6000 \text{ mm}^2$$

Az alkalmazott vasmennyiségek mindenütt nagyobbak, mint $A_{s,\min}$ és kisebbek, mint $A_{s,\max}$

L₂ lemez alsó vasalásának ellenőrzése x irányban (a perem közepén)

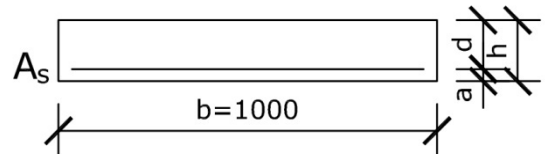
$$m_{sxEd}^+ = 16,70 \text{ kNm}$$

$$a_{\text{tényleges}} = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{8}{2} = 26 \text{ mm}$$

$$d_{\text{tényleges}} = 150 - 25 = 122 \text{ mm}$$

$$x_c = \frac{A_{s,\text{alk}} \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{335 \cdot 435}{1000 \cdot 13,3} = 11 \text{ mm}$$

$$m_{sxRd}^+ = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 \cdot 11 \cdot 13,3 \cdot \left(122 - \frac{11}{2}\right) = 17,0 \text{ kNm} > m_{sxEd}^+$$



L₂ lemez felső vasalásának ellenőrzése x irányban (a támasz felett)

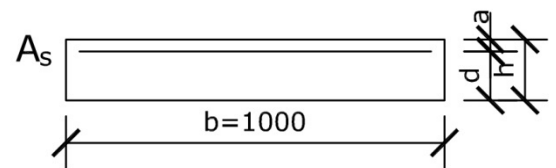
$$m_{xEEd}^- = -30,06 \text{ kNm}$$

$$a_{\text{tényleges}} = c_{\text{nom}} + \frac{d_{\text{fővas}}}{2} = 22 + \frac{12}{2} = 28 \text{ mm}$$

$$d_{\text{tényleges}} = 150 - 28 = 122 \text{ mm}$$

$$x_c = \frac{A_{s,\text{alk}} \cdot f_{yd}}{b \cdot f_{cd}} = \frac{639 \cdot 435}{1000 \cdot 13,3} = 21 \text{ mm}$$

$$m_{xRd}^- = b \cdot x_c \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 \cdot 21 \cdot 13,3 \cdot \left(122 - \frac{21}{2}\right) = 31 \text{ kNm} > m_{xEEd}^-$$



Minden egyes keresztmetszetet ellenőrizni kell a méretezés során meghatározott vasalásra! – Ha egy vasaláshoz tartozó határnyomatékokat már kiszámoltunk, és a geometriai adatok nem változtak (pl. a vasalás ugyanazon sorban van, tehát az „a” és „d” érték változatlan), akkor csak hivatkozni kell a számításra, de a km. ellenőrzését fel kell tüntetni!

További számítás nélkül belátható, hogy a többi helyen is megfelel a vasalás.

4. A födém lehajlásának ellenőrzése számítással

4.1. L1 lemez lehajlásának ellenőrzése számítással

Számítási feltevések:

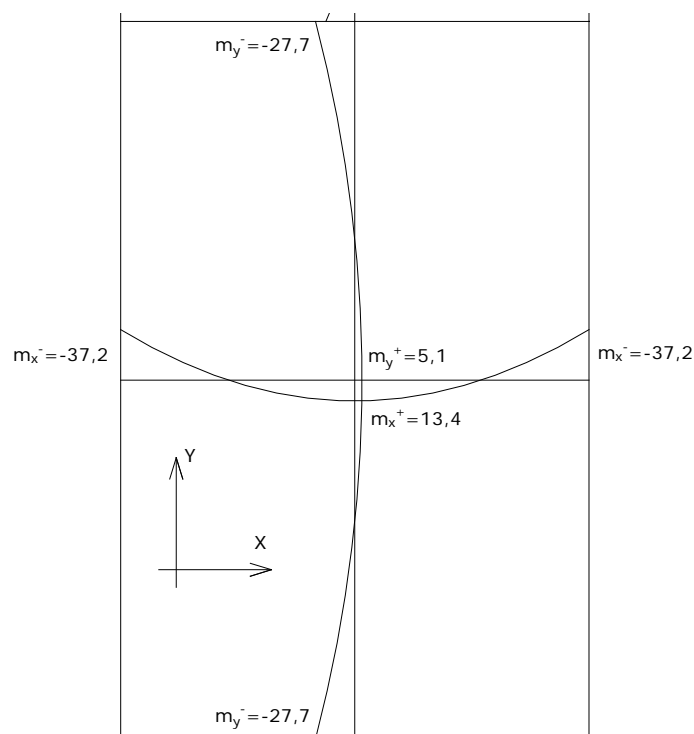
- Az L1 lemezt mindkét irányban két oldalon befogott gerendaként ellenőrizzük
- A zsugorodás hatását elhanyagoljuk
- Az L1 lemez esetében csak az alsó vasalást vesszük figyelembe
- A befogott gerendákat olyan $p_{qs,1,eff,x}$ és $p_{qs,1,eff,y}$ megoszló terhekkel terheljük le, amelyek meghatározásakor figyelembe vesszük a kvázi-állandó és tervezési teherszintek arányát, valamint a rugalmas alapon (Czerny-táblázat szerint; képlékeny nyomatékátrendeződés nélkül) meghatározott pozitív és negatív nyomatéki értékeket.

4.1.1. L1 lemez lehajlásának ellenőrzése számítással x irányban

A lemeztvastagság 140 mm-ről 150 mm-re történő módosítása után az alábbi helyettesítő terhet határozhatjuk meg az L1 lemezre x irányban teherbírási határállapotban:

$$p_{Ed,1} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + 1,5 \cdot \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 9,1 + 1,5 \cdot 1,5 \cdot 5,0 = 23,5 \text{ kN/m}^2$$

A terhelésre az alábbi nyomatékok ébrednek a lemezben (a Czerny-féle táblázatok szerint):



A használhatósági határállapotban, kvázi-állandó kombinációban az alábbi teherszintet határozhatjuk meg (helyettesítő teherként):

$$p_{qs,1} = g_k + 1,5 \cdot \psi_2 \cdot q_k = 9,1 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 5,0 = 13,6 \text{ kN/m}^2$$

A terhek arányában az m_{x^+} és m_{x^-} nyomatékok módosulnak:

$$m_{x,qs}^+ = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot 13,4 = \frac{13,6}{23,5} \cdot 13,4 = 7,8 \text{ kNm/m}$$

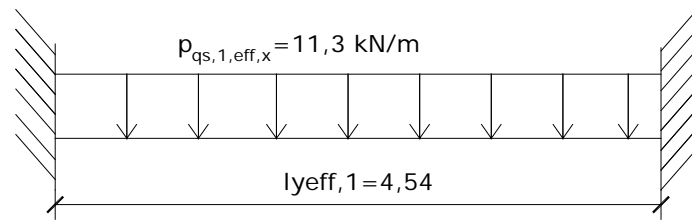
$$m_{x,qs}^- = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot (-37,2) = \frac{13,6}{23,5} \cdot (-37,2) = -21,5 \text{ kNm/m}$$

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

A nyomatékok értékeiből kiindulva a két oldalán befogott gerendára meghatározható hatékony megoszló terhelés:

$$p_{qs,1,eff,x} = \frac{8 \cdot (m_{x,qs}^+ + |m_{x,qs}^-|)}{l_{x,eff,1}^2} = \frac{8 \cdot (7,8 + 21,5)}{4,54^2} = 11,3 \text{ kN/m}$$



I. feszültségi állapot:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200000}{8500} = 23,53$$

$$A_{s,alk} = 430 \text{ mm}^2 \quad \Phi 10/300 + \Phi 8/300$$

$$a_{tényleges} = c_{nom} + \frac{d_{fővas}}{2} = 25 + \frac{10}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$d_{tényleges} = 150 - 30 = 120 \text{ mm}$$

$$A_I = b \cdot h + (\alpha_E - 1) \cdot A_{s,alk} = 1000 \cdot 150 + (23,53 - 1) \cdot 430 = 159688 \text{ mm}^2$$

$$S_I = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d = 1000 \cdot 150 \cdot \frac{150}{2} + 430 \cdot (23,53 - 1) \cdot 120 = 12412518 \text{ mm}^3$$

$$c_I = \frac{S_I}{A_I} = \frac{12412518 \text{ mm}^3}{159688 \text{ mm}^2} = 77,7 \text{ mm}$$

$$I_I = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - c_I\right)^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (d - c_I)^2 =$$

$$= \frac{1000 \cdot 150^3}{12} + 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{150}{2} - 77,7\right)^2 + 430 \cdot (23,53 - 1) \cdot (120 - 77,7)^2 =$$

$$= 299677366,5 \text{ mm}^4 = 2,997 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

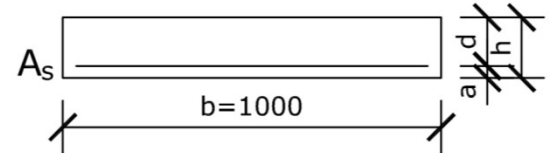
repsztonomaték:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_I}{h - c_I} = \frac{2,2 \cdot 2,997 \cdot 10^8}{150 - 77,7} = 9,1 \text{ kNm} > M_{qs} = 7,8 \text{ kNm} \Rightarrow \text{a tartó nem reped meg}$$

A két oldalán befogott tartó lehajlása:

$$w_I = \frac{p_{qs,1,eff,x} \cdot l^4}{384 \cdot E I_I} = \frac{11,3 \cdot 4540^4}{384 \cdot 8500 \cdot 2,997 \cdot 10^8} = 4,9 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 4,9 \text{ mm} < \frac{l_{eff}}{250} = \frac{4540}{250} = 18,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{a tartó megfelel}$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartó szerkezeti elemeinek tervezése

4.1.2.L1 lemez lehajlásának ellenőrzése számítással y irányban

A használhatósági határállapotban, kvázi-állandó kombinációban az alábbi teherszintet határozhatjuk meg (helyettesítő teherként):

$$p_{qs,1} = g_k + 1,5 \cdot \psi_2 \cdot q_k = 9,1 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 5,0 = 13,6 \text{ kN/m}^2$$

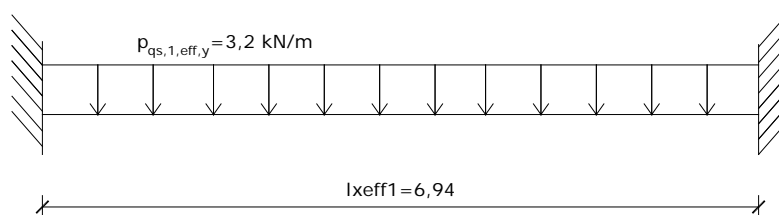
A terhek arányában az m_{y^+} és m_{y^-} nyomatékok módosulnak:

$$m_{y,qs}^+ = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot 5,1 = \frac{13,6}{23,5} \cdot 5,1 = 3,0 \text{ kNm/m}$$

$$m_{y,qs}^- = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot (-27,7) = \frac{13,6}{23,5} \cdot (-27,7) = -16,0 \text{ kNm/m}$$

A nyomatékok értékeiből kiindulva a két oldalán befogott gerendára meghatározható hatékony megoszló terhelés:

$$p_{qs,1,eff,y} = \frac{8 \cdot (m_{y,qs}^+ + |m_{y,qs}^-|)}{l_{y,eff,1}^2} = \frac{8 \cdot (3,0 + 16,0)}{6,94^2} = 3,2 \text{ kN/m}$$



I. feszültségi állapot:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200000}{8500} = 23,53$$

$$A_{s,alk} = 335 \text{ mm}^2 \quad \Phi 8/150$$

$$a_{tényleges} = c_{nom} + d_{fővas,x} + \frac{d_{fővas}}{2} = 25 + 10 + \frac{8}{2} = 39 \text{ mm}$$

$$d_{tényleges} = 150 - 39 = 111 \text{ mm}$$

$$A_I = b \cdot h + (\alpha_E - 1) \cdot A_{s,alk} = 1000 \cdot 150 + (23,53 - 1) \cdot 335 = 157547 \text{ mm}^2$$

$$S_I = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d = 1000 \cdot 150 \cdot \frac{150}{2} + 335 \cdot (23,53 - 1) \cdot 111 = 12087756 \text{ mm}^3$$

$$c_I = \frac{S_I}{A_I} = \frac{12087756 \text{ mm}^3}{157547 \text{ mm}^2} = 76,7 \text{ mm}$$

$$I_I = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - c_I\right)^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (d - c_I)^2 =$$

$$= \frac{1000 \cdot 150^3}{12} + 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{150}{2} - 76,7\right)^2 + 335 \cdot (23,53 - 1) \cdot (111 - 76,7)^2$$

$$= 290562790 \text{ mm}^4 = 2,906 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

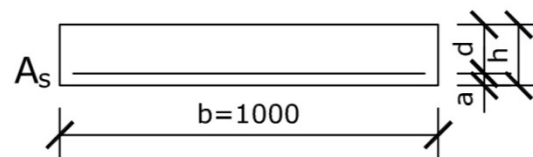
repsztonnyomaték:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_I}{h - c_I} = \frac{2,2 \cdot 2,906 \cdot 10^8}{150 - 76,7} = 8,7 \text{ kNm} > M_{qs} = 3,0 \text{ kNm} \Rightarrow \text{a tartó nem reped meg}$$

A két oldalán befogott tartó lehajlása:

$$w_I = \frac{p_{qs,1,eff,y} \cdot l^4}{384 \cdot E I_I} = \frac{3,2 \cdot 6940^4}{384 \cdot 8500 \cdot 2,906 \cdot 10^8} = 7,8 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 7,8 \text{ mm} < \frac{l_{eff}}{250} = \frac{6940}{250} = 27,8 \text{ mm} \Rightarrow \text{a tartó megfelel}$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

4.1.3.L2 lemez lehajlásának ellenőrzése számítással x irányban

Számítási feltevések:

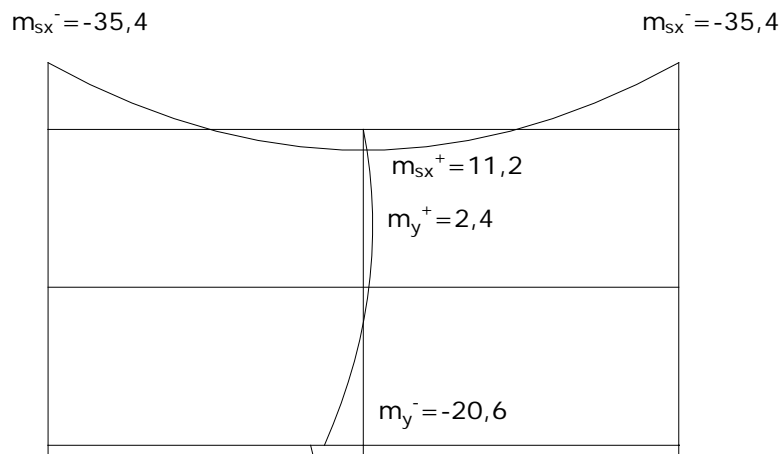
- Az L2 lemezt x irányban két oldalon befogott gerendaként, y irányban pedig befogott konzolként ellenőrizzük
- A zsugorodás hatását elhanyagoljuk
- Az L2 lemez esetében x irányban csak az alsó vasalást, az y irányban pedig a felső vasalást vesszük figyelembe
- A tartókat olyan $p_{qs,2,eff,x}$ és $p_{qs,2,eff,y}$ megoszló terhekkel terheljük le, amelyek meghatározásakor figyelembe vesszük a kvázi-állandó és tervezési teherszintek arányát, valamint a rugalmas alapon (Czerny-táblázat szerint; képlékeny nyomatékátrendeződés nélkül) meghatározott pozitív és negatív nyomatéki értékeket.

A lemeztavastagság 140 mm-ről 150 mm-re történő módosítása után az alábbi helyettesítő terheket határozhatjuk meg az L2 lemezre x és y irányban teherbírási határállapotban:

$$p_{Ed,2,x} = p_{Ed,1} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + 1,5 \cdot \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 9,1 + 1,5 \cdot 1,5 \cdot 5,0 = 23,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{Ed,2,y} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 9,1 + 1,5 \cdot 5,0 = 19,8 \text{ kN/m}^2$$

A teher hatására az alábbi nyomatékok ébrednek a lemezben (a Czerny-féle táblázatok szerint):



A használhatósági határállapotban, kvázi-állandó kombinációban az alábbi teherszintet határozhatjuk meg (helyettesítő teherként):

$$p_{qs,1,x} = g_k + 1,5 \cdot \psi_2 \cdot q_k = 9,1 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 5,0 = 13,6 \text{ kN/m}^2$$

A terhek arányában az m_x^+ és m_x^- nyomatékok módosulnak:

$$m_{x,qs}^+ = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot 11,2 = \frac{13,6}{23,5} \cdot 11,2 = 6,5 \text{ kNm/m}$$

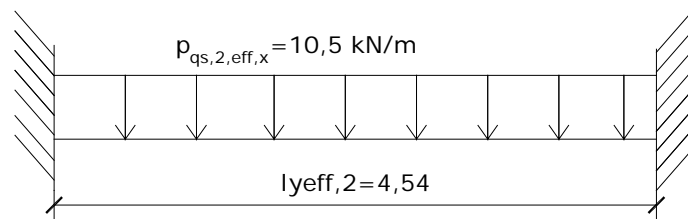
$$m_{x,qs}^- = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot (-35,4) = \frac{13,6}{23,5} \cdot (-35,4) = -20,5 \text{ kNm/m}$$

TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

A nyomatékok értékeiből kiindulva a két oldalán befogott gerendára meghatározható hatékony megoszló terhelés:

$$p_{qs,2,eff,x} = \frac{8 \cdot (m_{x,qs}^+ + |m_{x,qs}^-|)}{l_{x,eff,1}^2} = \frac{8 \cdot (6,5 + 20,5)}{4,54^2} = 10,5 \text{ kN/m}$$



I. feszültségi állapot:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200000}{8500} = 23,53$$

$$A_{s,alk} = 335 \text{ mm}^2 \quad \Phi 8/150$$

$$a_{tényleges} = c_{nom} + \frac{d_{fővas}}{2} = 25 + \frac{8}{2} = 29 \text{ mm}$$

$$d_{tényleges} = 150 - 30 = 121 \text{ mm}$$

$$A_I = b \cdot h + (\alpha_E - 1) \cdot A_{s,alk} = 1000 \cdot 150 + (23,53 - 1) \cdot 335 = 157547 \text{ mm}^2$$

$$S_I = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d = 1000 \cdot 150 \cdot \frac{150}{2} + 335 \cdot (23,53 - 1) \cdot 121 = 12163230 \text{ mm}^3$$

$$c_1 = \frac{S_I}{A_I} = \frac{12163230 \text{ mm}^3}{157547 \text{ mm}^2} = 77,2 \text{ mm}$$

$$I_I = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - c_1\right)^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (d - c_1)^2 =$$

$$= \frac{1000 \cdot 150^3}{12} + 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{150}{2} - 77,2\right)^2 + 335 \cdot (23,53 - 1) \cdot (120 - 77,2)^2$$

$$= 296455141,7 \text{ mm}^4 = 2,965 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

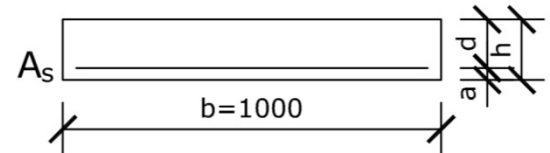
repszónyomaték:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_I}{h - c_1} = \frac{2,2 \cdot 2,965 \cdot 10^8}{150 - 77,2} = 9,0 \text{ kNm} > M_{qs} = 6,5 \text{ kNm} \Rightarrow \text{a tartó nem reped meg}$$

A két oldalán befogott tartó lehajlása:

$$w_1 = \frac{p_{qs,2,eff,x} \cdot l^4}{384 \cdot E I_I} = \frac{10,5 \cdot 4540^4}{384 \cdot 8500 \cdot 2,965 \cdot 10^8} = 4,6 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 4,6 \text{ mm} < \frac{l_{eff}}{250} = \frac{4540}{250} = 18,2 \text{ mm}$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek
 Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

4.1.4.L2 lemez lehajlásának ellenőrzése számítással y irányban

$$p_{Ed,2,y} = \gamma_{G,sup} \cdot g_k + \gamma_{Q,1} \cdot q_k = 1,35 \cdot 9,1 + 1,5 \cdot 5,0 = 19,8 \text{ kN/m}^2$$

A használhatósági határállapotban, kvázi-állandó kombinációban az alábbi teherszintet határozhatjuk meg (helyettesítő teherként):

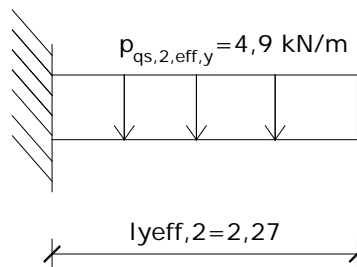
$$p_{qs,2,y} = g_k + \psi_2 \cdot q_k = 9,1 + 0,6 \cdot 5,0 = 12,1 \text{ kN/m}^2$$

A terhek arányában az m_y nyomaték módosul:

$$m_{y,qs}^- = \frac{p_{qs,1}}{p_{Ed,1}} \cdot (-20,6) = \frac{12,1}{19,8} \cdot (-20,6) = -12,6 \text{ kNm/m}$$

A nyomatékok értékeiből kiindulva a két oldalán befogott konzolra meghatározható hatékony megoszló terhelés:

$$p_{qs,2,eff,y} = \frac{2 \cdot |m_{y,qs}|}{l_{y,eff,2}^2} = \frac{2 \cdot 12,6}{2,27^2} = 4,9 \text{ kN/N}$$



I. feszültségi állapot:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200000}{8500} = 23,53$$

$$A_{s,alk} = 785 \text{ mm}^2 \quad \Phi 10/100$$

$$a_{tényleges} = c_{nom} + d_{fővas,x} + \frac{d_{fővas}}{2} = 25 + 12 + \frac{10}{2} = 42 \text{ mm}$$

$$d_{tényleges} = 150 - 42 = 108 \text{ mm}$$

$$A_I = b \cdot h + (\alpha_E - 1) \cdot A_{s,alk} = 1000 \cdot 150 + (23,53 - 1) \cdot 785 = 167686 \text{ mm}^2$$

$$S_I = b \cdot h \cdot \frac{h}{2} + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d = 1000 \cdot 150 \cdot \frac{150}{2} + 785 \cdot (23,53 - 1) \cdot 108 = 13160044 \text{ mm}^3$$

$$c_i = \frac{S_I}{A_I} = \frac{13160044 \text{ mm}^3}{167686 \text{ mm}^2} = 78,5 \text{ mm}$$

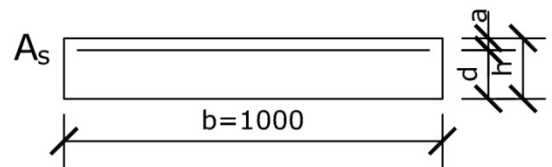
$$I_I = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - c_i\right)^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (d - c_i)^2 =$$

$$= \frac{1000 \cdot 150^3}{12} + 1000 \cdot 150 \cdot \left(\frac{150}{2} - 78,5\right)^2 + 785 \cdot (23,53 - 1) \cdot (111 - 78,5)^2$$

$$= 298478319 \text{ mm}^4 = 2,985 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

repsztyónyomaték:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_I}{c_i} = \frac{2,2 \cdot 2,985 \cdot 10^8}{78,5} = 8,4 \text{ kNm} < M_{qs} = 12,6 \text{ kNm} \Rightarrow \text{a tartó megreped}$$



TARTÓSZERKEZETEK II.-Vasbetonszerkezetek

Monolit vasbetonvázás épület tartószerkezeti elemeinek tervezése

II. feszültségi állapot:

Statikai nyomatékból x_{II} meghatározása:

$$b \cdot x_{II} \cdot \frac{x_{II}}{2} - \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{II}) = 0$$

$$\frac{100 \cdot x_{II}^2}{2} - 23,53 \cdot 785 \cdot (108 - x_{II}) = 0$$

$$x_{II} = 47,3 \text{ mm}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x_{II}^3}{3} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x_{II})^2 = \frac{1000 \cdot 47,3^3}{3} + 23,53 \cdot 785 \cdot (108 - 47,3)^2 = 1,033 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

A két oldalán befogott tartó lehajlása:

$$\zeta = 1 - \beta \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2 = 1 - 0,5 \cdot \left(\frac{8,4}{12,6} \right)^2 = 0,77$$

$$w_I = \frac{p_{qs,2,eff,y} \cdot l^4}{8 \cdot EI_I} = \frac{4,9 \cdot 2270^4}{8 \cdot 8500 \cdot 2,985 \cdot 10^8} = 6,4 \text{ mm}$$

$$w_{II} = \frac{p_{qs,2,eff,y} \cdot l^4}{8 \cdot EI_{II}} = \frac{4,9 \cdot 2270^4}{8 \cdot 8500 \cdot 1,033 \cdot 10^8} = 18,5 \text{ mm}$$

$$w_{max} = (1 - \zeta) \cdot w_I + \zeta \cdot w_{II} = (1 - 0,77) \cdot 6,4 + 0,77 \cdot 18,5 = 15,7 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 15,7 \text{ mm} > \frac{l_{eff}}{250} = \frac{2270}{250} = 9,1 \text{ mm} \Rightarrow \text{a tartó nem felel meg}$$