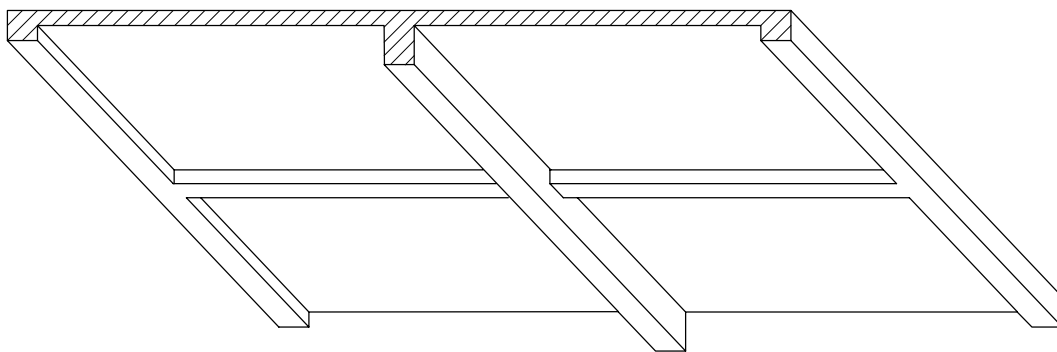




# KÉTIRÁNYBAN TEHERVISELŐ LEMEZ TERVEZÉSE

Segédlet v1.2<sup>1</sup>

Összeállította: *Dr. Strobl András*  
*Tamás Gábor*  
*Vértesy László*  
*Koris Kálmán*  
*Péczely Attila*



Budapest, 2000. november 15.

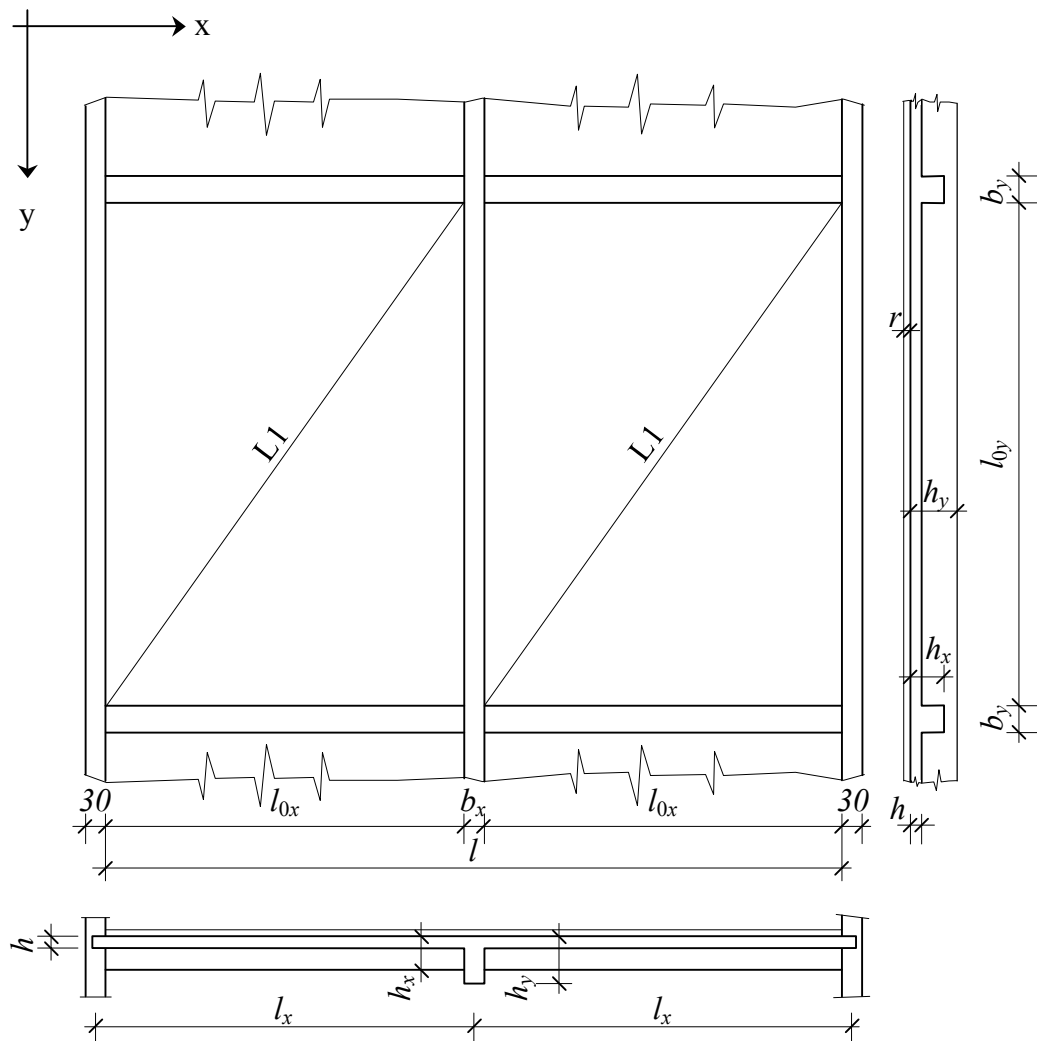
---

<sup>1</sup> Nem véglegesített szöveg. További bővítések és javítások után az anyag frissíthető a <http://www.vbt.bme.hu/oktatas/vb2> oldalról

## Tartalomjegyzék

<b>1. Közelítő méretfelvétel</b>	3
1.1. Adatok	3
1.2. Alátámasztó gerendák méretei	4
1.3. Vasbetonlemez közelítő vastagsága	4
1.3.1. Hatékony magasság	4
1.3.2. Betonfedés	4
1.3.3. Tényleges betonfedés	4
1.3.4. Tényleges lemezvastagság	5
1.4. Anyagok	5
1.5. A födémlemez vastagságának közelítő ellenőrzése	5
1.6. Terhek tervezési értéke:	5
1.7. A födémlemez vastagságának közelítő ellenőrzése	5
1.8. Statikai váz	6
1.9. Elméleti támaszközök	6
<b>2. Igénybevételek meghatározása</b>	7
2.1. A maximális pozitív és negatív nyomatékok előállítása	7
2.1.1. Maximális pozitív "m" előállítása az ① pontban	8
2.1.2.	8
2.1.3. Maximális negatív "m" előállítása az ② pontban	8
2.1.4. Lemeztípusok, melyekből összerakhatók a feladatok	9
2.2. Igénybevételek:	9
2.2.1. Az L1 lemez ① pontjában: $m_{x,max}^+$ és $m_{y,max}^+$ meghatározása	9
2.2.2. Az L1-es lemez ②-es pontjában $m_{max}^-$ meghatározása	10
2.2.3. Az L1-es lemez ③-as pontjában ébredő $m_{max}^-$ meghatározása	10
2.3. A nyomatéki ábra	11
2.4.	11
2.5. Képlékeny nyomatékátrendezés	12
2.6. Módosított nyomatéki ábra	13
<b>3. A keresztmetszet méretezése</b>	13
3.1. Hatékony lemezvastagságok meghatározása	13
3.2. A határnyomatékok számítása	14
3.3. Minimális vashányad	14
3.4. Lehorgonyzási hossz	15
<b>4. Szerkesztési szabályok</b>	15
<b>5. 5. Rajztechnika</b>	15
<b>6. A törőteher számítása</b>	17
6.1. Energia módszer	17
6.2. Egyensúlyi módszer	19

## 1. Közelítő méretfelvétel



### 1.1. Adatok

A falköznnyílást a *Torokgerendás fa fedélszék számítása* c. feladatból vettük át. A szélső, y-irányú gerendák  $b_x$  szélessége igazodik a szélső vázkitöltő fal 30 cm-es vastagságához. Ebből visszszámítható az x-irányú szabad nyílás hossza.

$$l = 11,0 \text{ m} \Rightarrow b_x \cong 30 \text{ cm} \Rightarrow l_{0x} = \frac{l - b_x}{2} = 5,35 \text{ m}$$

A kétirányban teherviselő lemez y-irányú szabad nyílása a feladatlapon megadott arány szerint vehető fel (pl.  $l_{0y}/l_{0x} = 1,4$  esetén):

$$1 < \frac{l_{0y}}{l_{0x}} \leq 2 \Rightarrow l_{0y} = 7,5 \text{ m}$$

## 1.2. Alátámasztó gerendák méretei

Átlagos terhelés és terhelési mező szélesség mellett az alátámasztó gerendák magasságát az alábbi ökölszabályok alapján lehet felvenni.

$$h_x \cong \frac{l_x}{10 \div 12} \cong \frac{1,05 \cdot 5,35}{11} = 51,07 \text{ cm} \Rightarrow 50 \text{ cm}$$

$$h_y \cong \frac{l_y}{10 \div 12} \cong \frac{1,05 \cdot 7,50}{11} = 71,60 \text{ cm} \Rightarrow 70 \text{ cm}$$

$$b_x \cong \frac{h_y}{1,5 \div 2} \cong \frac{70}{1,7} = 41,20 \text{ cm} \Rightarrow 40 \text{ cm}$$

$$b_y \cong \frac{h_x}{1,5 \div 2} \cong \frac{50}{1,7} = 29,41 \text{ cm} \Rightarrow 30 \text{ cm}$$

*Megjegyzés: Az y-irányú gerendák  $b_x$  méretét  $h_y$ -ből, míg az x-irányú gerendák  $b_y$  méretét  $h_x$ -ből kell számítani!*

## 1.3. Vasbetonlemez vastagságának közelítő felvétele

### 1.3.1. Hatékony magasság

$$d_{\text{lemez}} \cong \frac{l_{\text{rövid}}}{32 \div 40}; \text{ de a minimális vastagság } d = 50 \text{ mm}$$

$$d_{\text{lemez}} \cong \frac{1,05 \cdot 5,35}{40} = 141 \text{ mm}$$

### 1.3.2. Betonfedés

$$\text{minimális betonfedés (1. agresszivitási oszt.):} \quad \min. c \geq \begin{cases} 15 \text{ mm} \Rightarrow \text{ha } \varnothing < 32 \text{ mm} \\ \varnothing [\text{mm}] \Rightarrow \text{ha } \varnothing \geq 32 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\text{méreteltérésekből adódó növekmény:} \quad 5 \text{ mm} \leq \Delta c \leq 10 \text{ mm}$$

Az alsó vasalási síkra  $\Delta c = 5 \text{ mm}$  kedvezőtlen méreteltérést vehetünk figyelembe, míg a felső vasalási síknál (a betétek szerelés közbeni letaposása miatt)  $\Delta c = 10 \text{ mm}$  felvétele indokoltabb.

### 1.3.3. Tényleges betonfedés

Az alsó vasalási síkra:

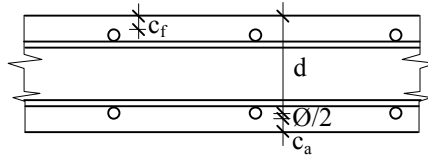
$$c_a = \text{nom. } c = \min. c + \Delta c = 15 + 5 = 20 \text{ mm}$$

A felső vasalási síkra:

$$c_f = \text{nom. } c = \min. c + \Delta c = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

### 1.3.4. A tényleges lemezvastagság

$$h = d + c_a + \frac{\varnothing}{2} = 141 + 20 + \frac{14}{2} = 168 \text{ mm} \Rightarrow h = 170 \text{ mm}$$



### 1.4. Anyagok

Beton: **C20/25**  $f_{ck} = 20,0 \text{ N/mm}^2$   
 $E_{cm} = 28,8 \text{ kN/mm}^2$   
 Betonacél: **B 60.40**  $f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$

### 1.5. A terhek karakterisztikus értéke

Súlyelemzés: (feltételezett rétegrend)

	Anyag neve	vtg. [mm]	sűrűség [kg/m <sup>3</sup> ]	súly ( $g_i$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]
1.	kerámia lap	10	2300	0,23
2.	ágyazó habarcs	20	2200	0,44
3.	aljzatbeton	40	2200	0,88
4.	technológiai szigetelés	-	-	-
5.	Nikecell lépéshanggátló	30	50	0,015
6.	monolit vb. lemez	170	2500	4,25
7.	vakolat	15	2000	0,3
8.	válaszfal			1,25

önsúly:  $G_k = \Sigma g_i = 7,365 \text{ kN/m}^2$

hasznos teher:  $Q_k = 5 \text{ kN/m}^2$

### 1.6. A terhek tervezési értéke:

mértékadó teher:  $G_d + Q_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_P \cdot Q_k$

$$G_d + Q_d = 1,35 \cdot 7,365 + 1,5 \cdot 5$$

$$G_d + Q_d = 17,45 \text{ kN/m}^2$$

### 1.7. A födémlemez vastagságának közelítő ellenőrzése

A legnagyobb támasznyomaték közelítő felvétele a rövidebb irányban:

$$m_{\max} \cong \frac{(G_d + Q_d) l_{\text{rövid}}^2}{14} = \frac{17,45 \cdot 1,05 \cdot 5,35^2}{14} = 39,33 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

A lemez "jól vasalt", ha  $\xi_c \approx 0,2$

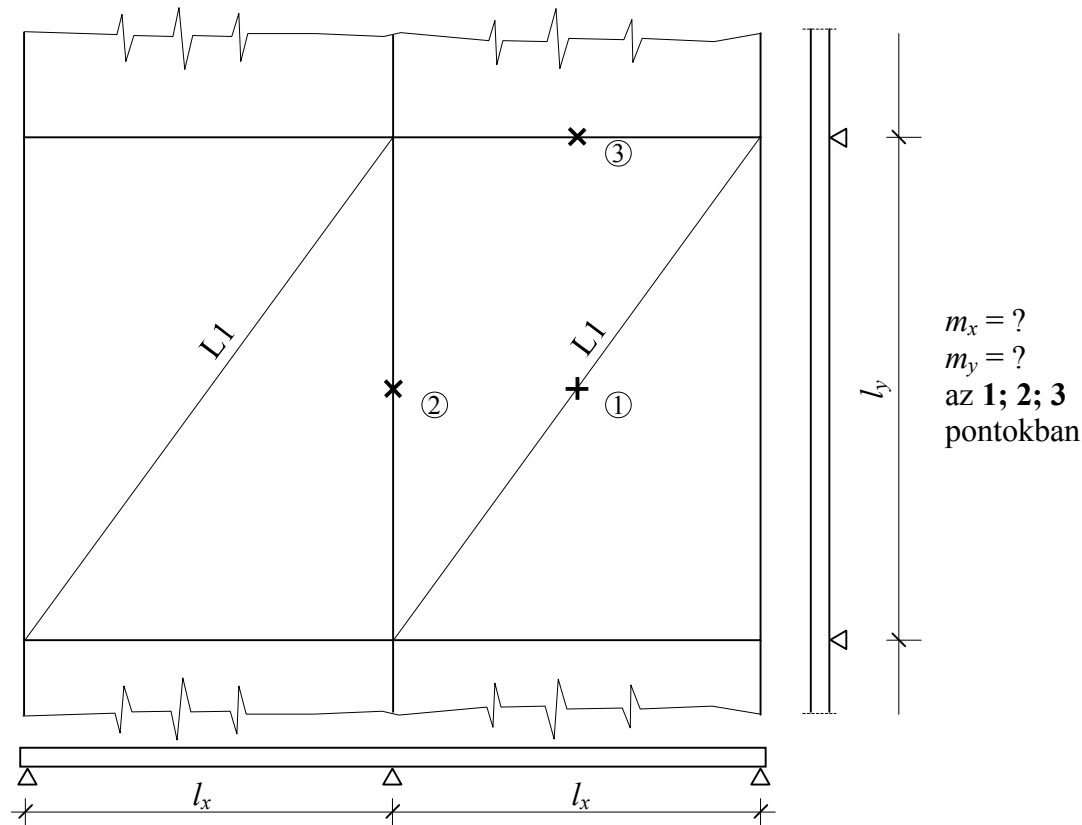
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A húzott betétekre felírt nyomatéki egyenletből a szükséges hasznos magasság:

$$d^* = \sqrt{\frac{m_{max}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot \xi \left(1 - \frac{\xi}{2}\right)}} = \sqrt{\frac{39,33 \cdot 10^3}{13,33 \cdot 0,85 \cdot 0,2 \cdot \left(1 - \frac{0,2}{2}\right)}}$$

$$d^* = 139 \text{ mm} < d_{\text{lemez}} = 141 \text{ mm}, \text{ tehát megfelel.}$$

## 1.8. Statikai váz



## 1.9. Elméleti támaszközök

Az  $l_x$ ,  $l_y$  elméleti támaszközök meghatározásához az  $l_{0x}$ ,  $l_{0y}$  nyílasközt

- szélső alátámasztásnál a nyílasközt  $1/3 \cdot t \div 1/2 \cdot t$ -vel
  - folytatólagos tartó közbenső támaszánál  $1/2 \cdot t$ -vel
- kell megnövelni, ahol  $t$  a felfekvési hossz.

$$l_x = l_{0x} + \frac{30 \text{ cm}}{3} + \frac{b_x}{2} = 5,35 + 0,1 + 0,15 = 5,60 \text{ m}$$

$$l_y = l_{0y} + 2 \cdot \frac{b_y}{2} = 7,50 + 0,40 = 7,90 \text{ m}$$

## 2. Igénybevételek meghatározása

(Rugalmas lemezelmélet alkalmazásával)

### 2.1. A maximális pozitív és negatív nyomatékok előállítása

Alapszabály: a.) " $G_d$ "-vel totálisan leterhelni az összes lemezmezőt.

b.) " $Q_d$ "-vel parciálisan leterhelni a hatásfelület megfelelő mezőit.

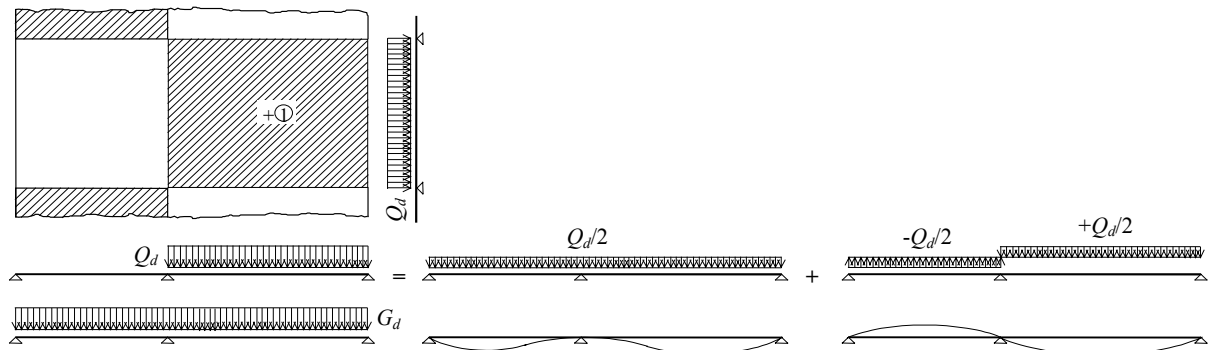
A fenti eljárás helyettesíthető az alábbi közelítő módszerrel, ha a szomszédos támaszok aránya  $0,8 \leq \frac{l_j}{l_b} \leq 1,25$ . Ez utóbbi módszer lényege, hogy a sakktábla szerint elrendezett hasznos terhek felbonthatók

- egy minden mezőben elhelyezett, egyenletesen megoszló teherre és
- egy mezőnként felváltva pozitív és negatív, alternáló teherre.

A minden mezőben egyenletesen megoszló hasznos terhet az állandó terhekkel összevonva, az alábbi két helyettesítő terhet kapjuk:

$$q' = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \frac{Q_k}{2}$$

$$q'' = \pm \gamma_Q \cdot \frac{Q_k}{2}$$



Amennyiben a szomszédos nyílások arányára a megadott feltétel teljesül, a totális terhelésre kapott alakváltozásból a támasz felett közel zérus elfordulás adódik. Tehát a lemezmezők – a közbenső támasznál peremfeltételként befogást feltételezve – elkülönítve is vizsgálhatók. Az alternáló teher esetén az elfordulás a támasz két oldalán közel egyenlő nagyságú, így a peremfeltétel csuklós támasz lesz.

A lemez mértékadó nyomatékát a totális leterheléshez megállapított statikai vázon,  $q'$  teherből számított  $m_{q'}$  és a parciális leterheléshez tartozó statikai vázon,  $q''$  teherből számított  $m_{q''}$  nyomatékok előjeles összege adja.

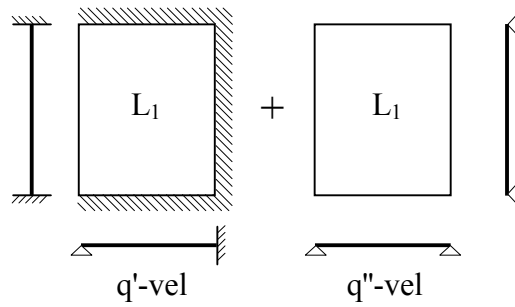
$$m_{\max} = m_{q'} \pm m_{q''}$$

### 2.1.1. Maximális pozitív "m" előállítása az ① pontban

$$m_{\max}^{+1} = ?$$

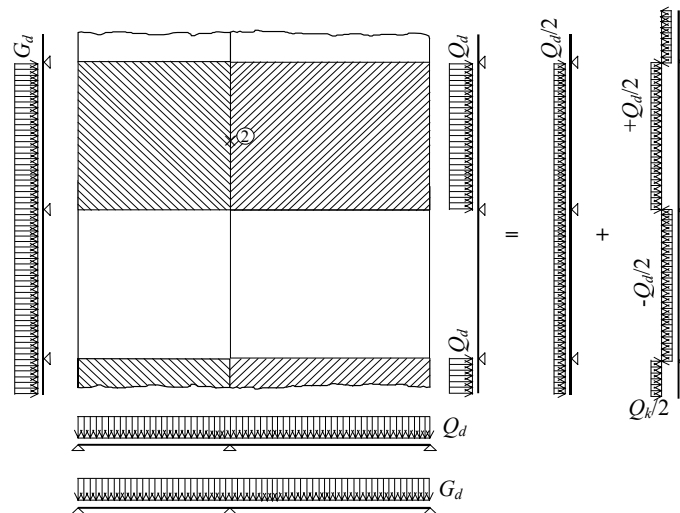
$q'$ -vel totális leterhelést,  
 $q''$ -vel parciális leterhelést alkalmazunk!

$$m_{\max}^{+} = m_{q'} \pm m_{q''}$$



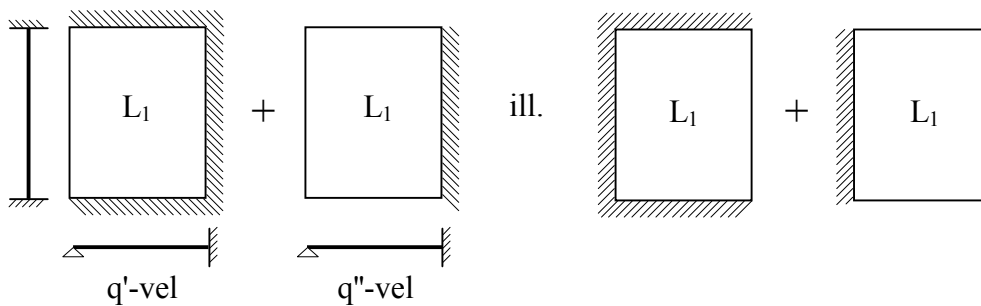
### 2.1.2. Maximális negatív "m" előállítása a ② pontban

$$m_{\max}^{-2} = ?$$



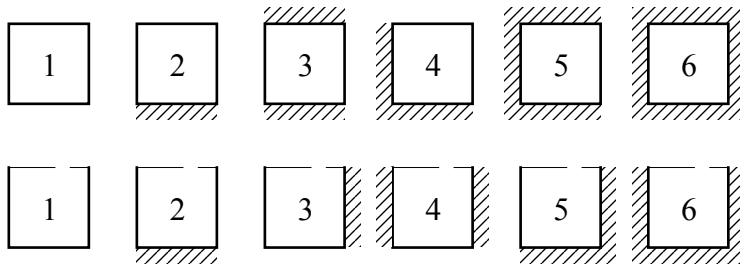
$q'$ -vel totálisan, a sraffozott részekre lefelé, a fehér részekre felfelé mutató  $\pm q''$ -vel kell leterhelni a "megfelelő" statikai modellel.

Eltérő  $l_x$  fesztávok esetén a számítást mindkét lemezmezőre el kellene végezni.





Lemeztípusok, melyekből összerakhatók a feladatok (Baręs, Czerny táblázatok):



$$L1: \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,6}{7,9} = 0,71$$

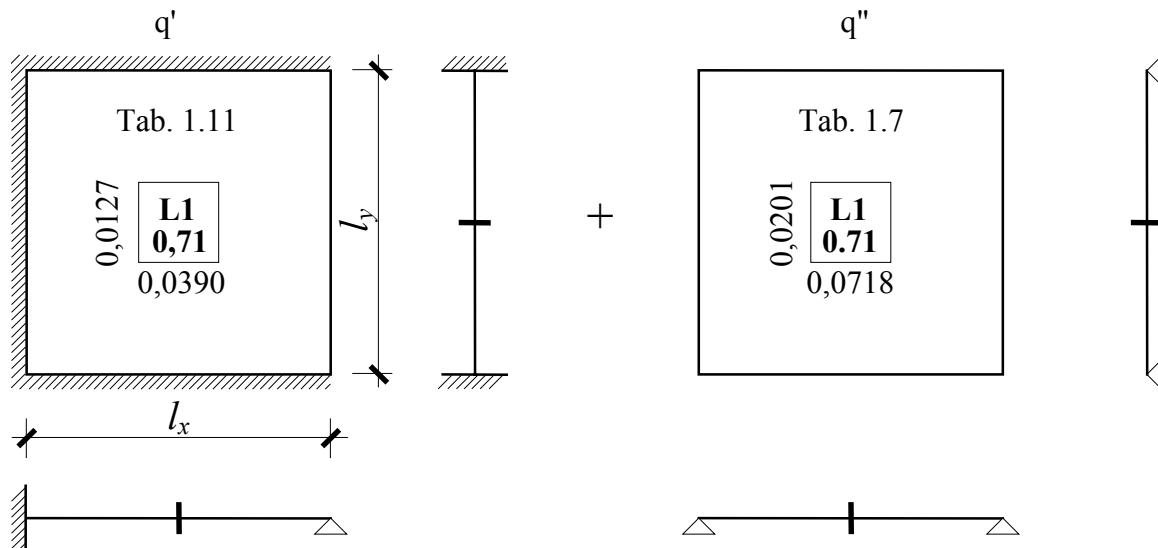
## 2.2. Igénybevételek: (táblázatos meghatározás)

Parciális leterheléssel a Baręs táblázatok alkalmazásával

### 2.2.1. Az L1 lemez ① pontjában: $m_{x,\max}^+$ és $m_{y,\max}^+$ meghatározása

$$q' = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \frac{Q_k}{2} = 1,35 \cdot 7,365 + 1,5 \cdot \frac{5}{2} = 13,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q'' = \pm \gamma_Q \cdot \frac{Q_k}{2} = \pm 1,5 \cdot \frac{5}{2} = \pm 3,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



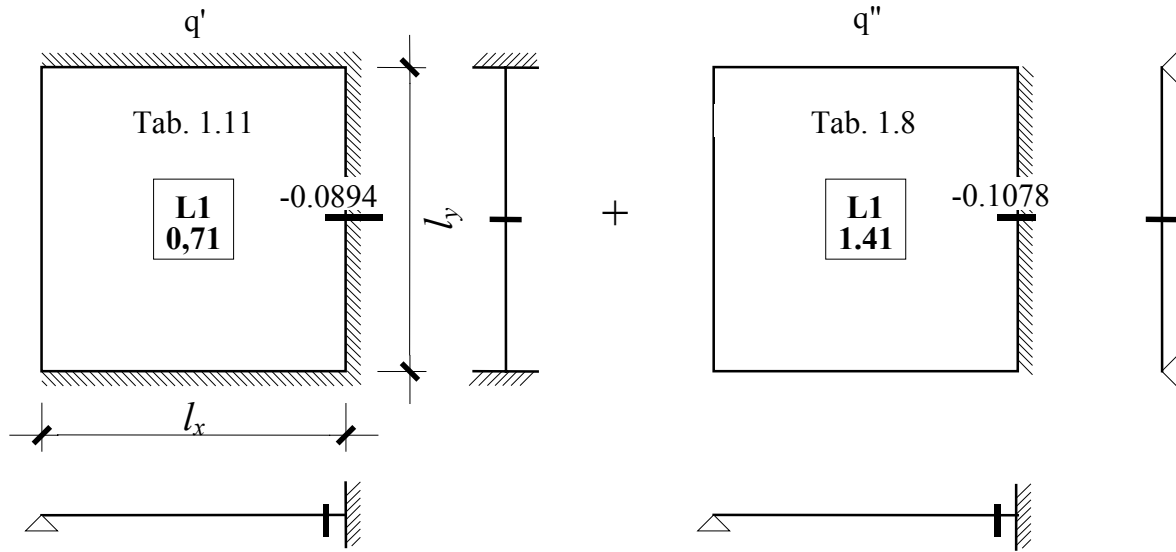
$$m_{x,\max}^{+1} = l_x^2 \cdot (0,0390 \cdot q' \pm 0,0718 \cdot q'')$$

$$m_{x,\max}^{+1} = 5,6^2 \cdot (0,0390 \cdot 13,7 \pm 0,0718 \cdot 3,75) = 25,20 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{y,\max}^{+1} = l_y^2 \cdot (0,0127 \cdot q' \pm 0,0201 \cdot q'')$$

$$m_{y,\max}^{+1} = 7,9^2 \cdot (0,0127 \cdot 13,7 \pm 0,0201 \cdot 3,75) = 15,56 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

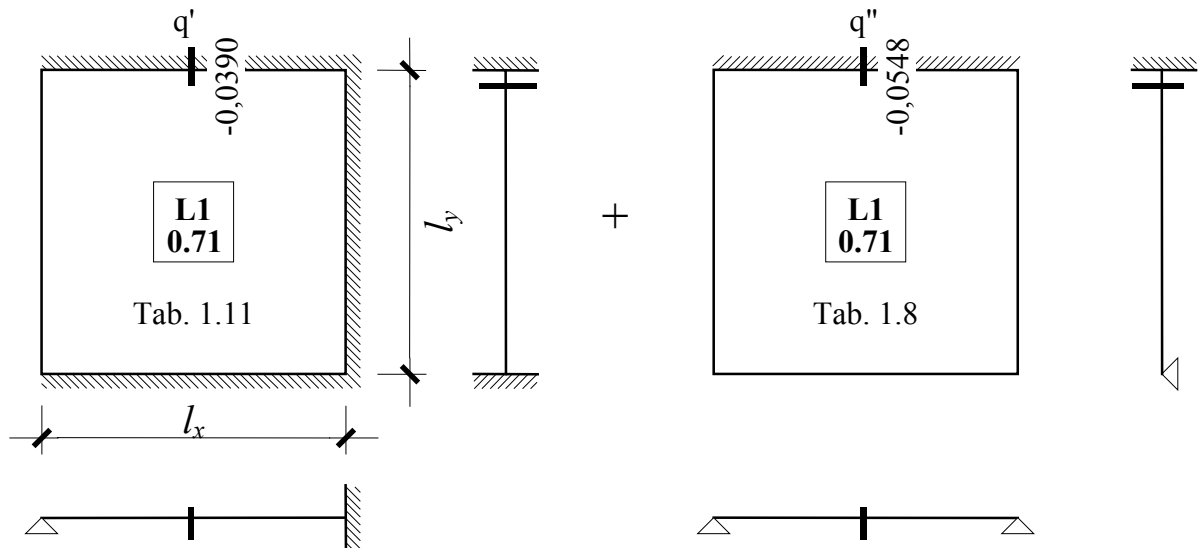
### 2.2.2. Az L1-es lemez ②-es pontjában $m_{\max}^-$ meghatározása



$$m_{x,\max}^{-2} = l_x^2 \cdot (0,0894 \cdot q' \pm 0,1078 \cdot q'')$$

$$m_{x,\max}^{-2} = 5,6^2 \cdot (0,0894 \cdot 13,7 \pm 0,1078 \cdot 3,75) = -51,09 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

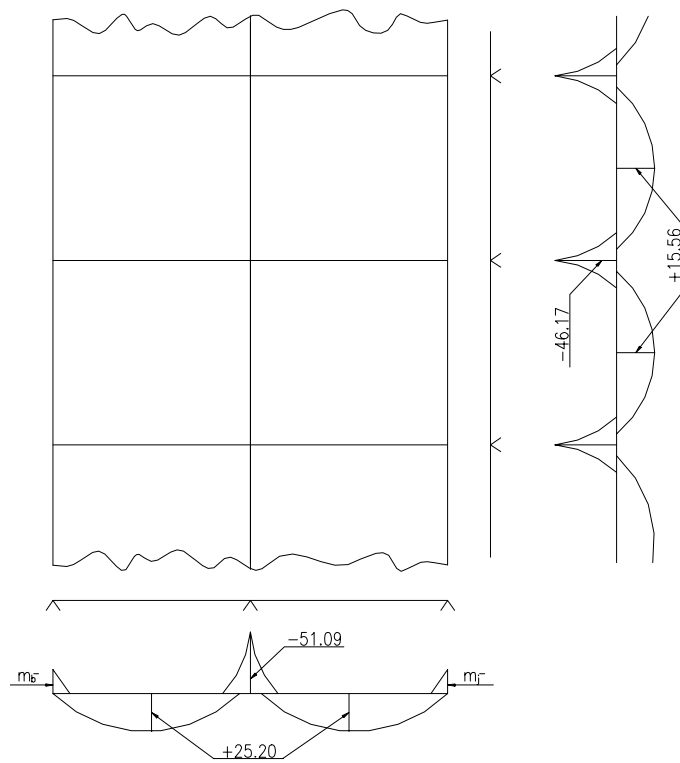
### 2.2.3. Az L1-es lemez ③-as pontjában ébredő $m_{\max}^-$ meghatározása



$$m_{y,\max}^{-3} = l_y^2 \cdot (0,0390 \cdot q' \pm 0,0548 \cdot q'')$$

$$m_{y,\max}^{-3} = 7,9^2 \cdot (0,0390 \cdot 13,7 \pm 0,0548 \cdot 3,75) = -46,17 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

### 2.3. A nyomatéki ábra



A részleges befogás miatt a szélső támasznál figyelembe kell venni a szomszédos mezőnyomaték egy részét:

$$m_b^- = m_j^- = -0,2 \cdot m_{x,\max}^{+1}$$

Az EUROCODE szerint:

$$\begin{aligned} m_b^- = m_j^- &= -0,25 \cdot m_{x,\max}^{+1} \\ &= -0,25 \cdot 25,20 = -6,30 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \end{aligned}$$

## 2.4. Képlékeny nyomatékátrendezés

Mivel a  $\frac{m^-}{m^+}$  arány a kedvező vasalás kialakítása szempontjából túl nagy, ezért célszerű képlékeny nyomaték átrendezést végrehajtani. Az átrendezés alkalmazható,

- amíg az eredő nyomatékeloszlás egyensúlyban van az alkalmazott terhekkel;
- ha fennáll, hogy  $2 \geq \frac{l_j}{l_b} \geq 0,5$ ;
- $\delta \geq 0,44 + 1,25 \cdot \frac{x}{d}$ , ha a beton nem jobb C35/40-nél;
- $\delta \geq 0,7$  nagy duktilitású betonacélnál  $\varepsilon_{ud} > 5$  ( $\varepsilon_{ud}$  a szakadó nyúlás);
- $\delta \geq 0,85$  normál duktilitású betonacélnál  $\varepsilon_{ud} > 2,5$ ;

ahol  $\delta = \frac{m_{\text{átrendezett}}}{m_{\text{átrendezés előtti}}}$ ;

$x$ : semleges tengely helyzete teherbírasi határállapotban nyomaték átrendezés után;

$d$ : hatékony magasság.

„Szép” vasalást lehet kialakítani, ha  $\frac{m^-}{m^+} \cong 1,5$ , betartva a fenti előírásokat.

Képlékeny nyomatékátrendezés  $m_y$ -ra:

$$m_{j\acute{o}}^+ = \frac{m^+ + m^-}{1 + 1,5} = \frac{25,20 + 51,09}{2,5} = 30,52 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{j\acute{o}}^- = 1,5 \cdot m_{j\acute{o}}^+ = 1,5 \cdot 30,52 = 45,78 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\delta = \frac{m_{j\acute{o}}^-}{m^-} = \frac{45,78}{51,09} = 0,9 > 0,85, \text{ tehát megfelel.}$$

Képlékeny nyomatékátrendezés  $m_x$ -re:

$$m_{j\acute{o}}^+ = \frac{15,56 + 46,17}{1 + 1,5} = 24,69 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{j\acute{o}}^- = 1,5 \cdot 24,69 = 37,04 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$\delta = \frac{37,04}{46,17} = 0,8 < 0,85, \text{ tehát nem felel meg.}$$

A  $\delta \geq 0,85$  feltételt mindenképpen ki kell elégíteni, ezért:

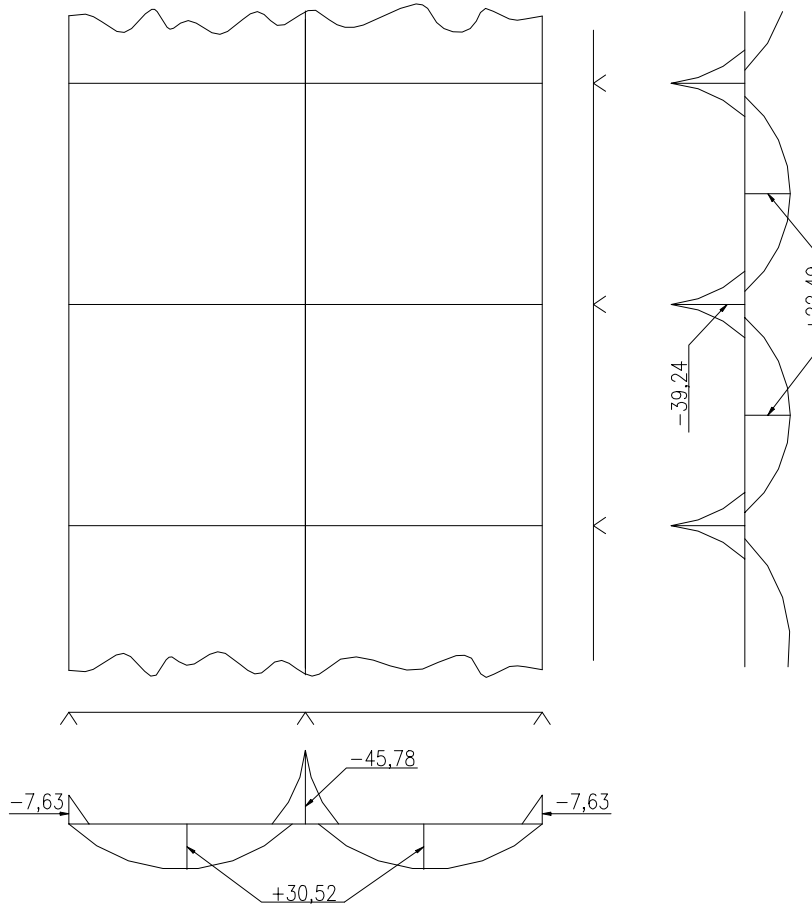
$$m_{j\acute{o}}^- = 0,85 \cdot m^- = 0,85 \cdot 46,17 = -39,24 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

A pozitív és negatív nyomatékok összege az átrendezést követően nem változhat (egyensúlyi feltétel), ahonnan:

$$m^+ + |m^-| = m_{j\acute{o}}^+ + |m_{j\acute{o}}^-|$$

$$m_{j\acute{o}}^+ = m^+ + m^- - m_{j\acute{o}}^- = 15,56 + 46,17 - 39,24 = 22,49 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

## 2.5. Módosított nyomatóki ábra



## 3. A keresztmetszet méretezése

Az x és y irányba menő acélbetétek közül a rövidebb irányba menőt célszerű a zsaluzatba előbb elhelyezni. (Ez a fő teherrel ellátott irány.)

### 3.1. Hatékony lemeztvastagságok meghatározása

Az x és y irányú  $m_x^+$ ;  $m_x^-$ ;  $m_y^+$ ;  $m_y^-$  nyomatékokhoz tartozó hatékony lemeztvastagságok eltérőek lesznek.

$$m_x^+ \text{ - hoz: } d_x^+ = h - c_a - \frac{\varnothing}{2} = 170 - 20 - \frac{14}{2} = 143 \text{ mm}$$

$$m_x^- \text{ - hoz: } d_x^- = h - c_f - \frac{\varnothing}{2} = 170 - 25 - \frac{14}{2} = 138 \text{ mm}$$

$$m_y^+ \text{ - hoz: } d_y^+ = d_x^+ - \varnothing = 143 - 14 = 129 \text{ mm}$$

$$m_y^- \text{ - hoz: } d_y^- = d_x^- - \varnothing = 138 - 14 = 124 \text{ mm}$$

km	$m_{x(y)}$ [kNm/m]	$d_{x(y)}$ [mm]	$m$ [-]	$\xi_c$ [-]	$\zeta$ [-]	$a_{s,cal}$ [mm <sup>2</sup> /m]	alkalmazott vasalás	$a_s$ [mm <sup>2</sup> /m]
1x	30,52	143	0.1317	0.1417	0.9292	574	2Ø12/320	706
2x	45,78	138	0.2122	0.2413	0.8794	943	2Ø12/320 +Ø14/320	1184
1y	22,49	129	0.1193	0.1274	0.9363	466	2Ø12/330	684
3y	39.24	124	0.2252	0.2587	0.8707	909	2Ø12/330 +Ø14/330	1147
0x	7,63	138	0.0354	0.0360	0.9820	141!⇒215	Ø12/320	353

$$m^{\pm} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left( d - \frac{x_c}{2} \right) = b \cdot \xi_c \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left( d - \frac{\xi_c \cdot d}{2} \right)$$

$$m^{\pm} = b \cdot \xi_c \cdot \left( 1 - \frac{\xi_c}{2} \right) \cdot d^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd} = m \cdot b \cdot d^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd}$$

$$m = \frac{m^{\pm}}{b \cdot d^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd}}; \quad m = \xi_c \cdot \left( 1 - \frac{\xi_c}{2} \right); \quad \xi_c = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m} \quad (\xi_c < \xi_{c0})$$

$$\zeta = 1 - \frac{\xi_c}{2}; \quad a_s = \frac{m^{\pm}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

### 3.2. A határnyomatékok számítása

km	$a_s$ [mm <sup>2</sup> /m]	$x_c$ [mm]	$m_{Rd}$ [kNm/m]	$m_{Rd} > m_{Sd}$	$\frac{m_{Rd}}{m_{Sd}} > 1$
1x	706	24,9	36,83	✓	1,21
2x	1184	41,8	55,46	✓	1,21
1y	684	24,1	31,93	✓	1,42
3y	1147	40,5	47,61	✓	1,21
0x	353	12,5	18,66	✓	(2,42)

$$a_s \cdot f_{yd} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \quad x_c = \frac{a_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}} < x_{c0}$$

$$m_{Rd} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left( d - \frac{x_c}{2} \right)$$

### 3.3. Minimális vashányad

$$a_{s,min} = \max \begin{cases} \frac{0,6 \cdot b \cdot d}{f_{yk}} \\ 0,0015 \cdot b \cdot d \end{cases} \quad (f_{yk} [\text{N/mm}^2]\text{-ben})$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$$

$$a_{s,min} \cong \begin{cases} \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 143}{400} = 214,5 \text{ mm}^2 \\ 0,0015 \cdot 1000 \cdot 143 = 214,5 \text{ mm}^2 \end{cases}$$

### 3.4. Lehorgonyzási hossz

Alapértéke:  $l_b = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$  ( $f_{bd}$  táblázatos adat)

$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$s_{ima}$	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$\varnothing \leq 32$ bordás	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5

Szükséges lehorgonyzás:  $l_b = \alpha_s \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,rec}}{A_{s,prov}} \geq l_{b,min}$

$\alpha_s = 1$  egyenes végű acél

$A_{s,rec}$  = szükséges vasmenyiség

$A_{s,prov}$  = alkalmazott vasmenyiség

Minimális lehorgonyzási hossz:  $m_{Rd} = b \cdot x_c \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left( d - \frac{x_c}{2} \right)$

$l_{b,min} = 0,3 \cdot l_b \geq 10\varnothing$  húzott acél

$l_{b,min} = 0,6 \cdot l_b \geq 100 \text{ mm}$  nyomott acél

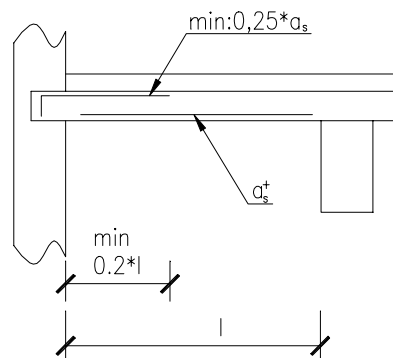
A nyírási teherbírásban figyelembe vett felhajlított acélbetétek lehorgonyzási hossza:

húzott övben min.:  $1,3 \cdot l_{b,net}$

nyomott övben min.:  $0,7 \cdot l_{b,net}$

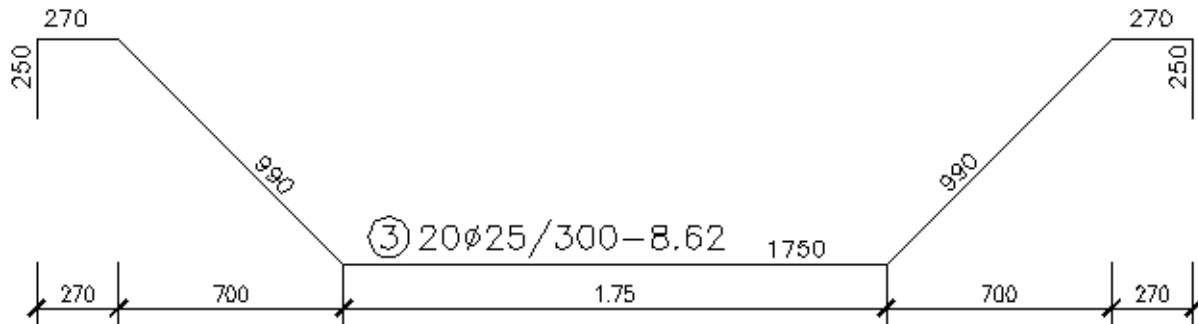
### 4. Szerkesztési szabályok

- vasak maximális távolsága:  
fővasaknál:  $1,5 \cdot h \leq 350 \text{ mm}$  ( $h$ : lemezvastagság)  
elosztóvasaknál:  $2,5 \cdot h \leq 400 \text{ mm}$
- a mezővasalás legalább felét a támaszig kell vezetni és ott lehorgonyozni
- csuklós vagy részlegesen befogott – de számításba nem vett – támasznál

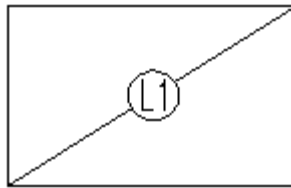


### 5. Rajztechnika

konszignációs jelölés



- meg kell adni az első vas helyét a fix zsaluzási vonaltól



- jelölni kell a lemezt:

- alulnézeti rajz !!! (úgy ábrázoljuk a födémét, mintha a lemez alatt vennénk metszetet, és tükörből néznénk)
- ne alkalmazzunk sokféle vagy egymáshoz közeli átmérőjű betonacélt
- ne feledkezzünk el a zsámolyvasról!
- a megjegyzésben fel kell tüntetni:
  - anyagminőségeket (beton, betonacél);
  - betonfedést;
  - hasznos terhek alapértékét;
  - együtt kezelendő terveket (ha van ilyen);
  - minden egyéb a kivitelezés számára fontos adatot.
- betonacél kimutatás

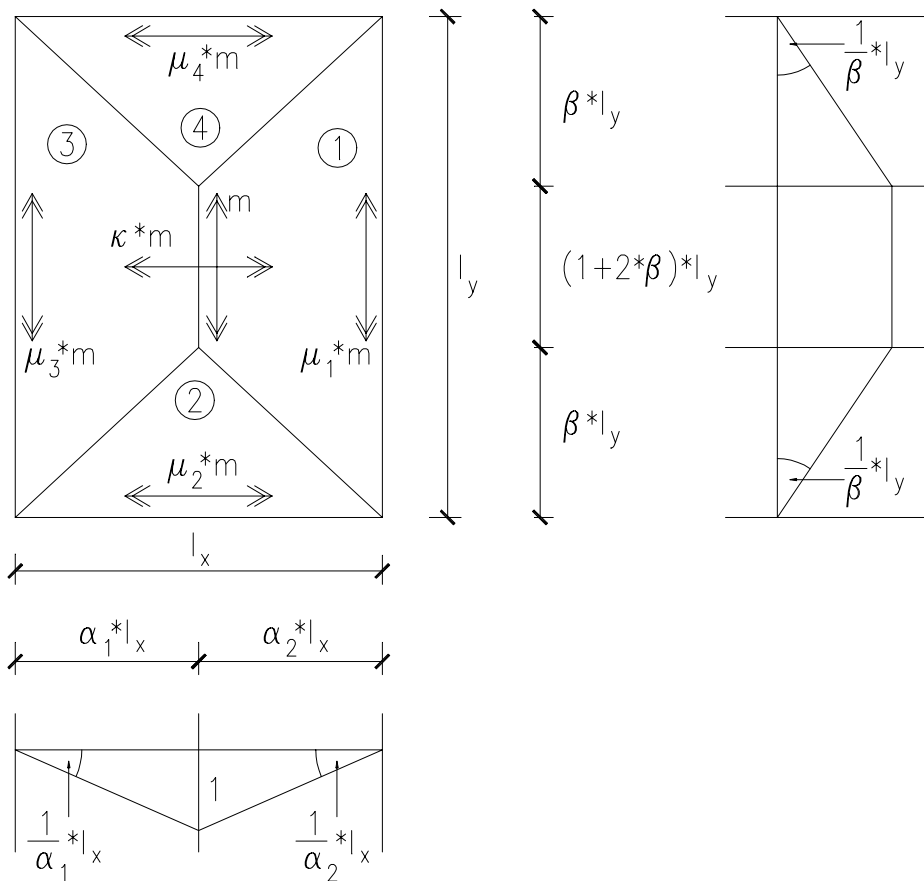


## 6. A törőteher számítása

### 6.1. Energia módszer

A kinematikailag lehetséges törőterhet a külső és belső munkák egyenlősége alapján lehet meghatározni.

$$L_k = L_b$$



Vegyünk fel egy lehetséges törésképet a lemezek törésvonal elmélete alapján. Nyomatéki paraméterként a hosszabbik oldalhoz tartozó,  $m$  pozitív nyomatékot választjuk. A rövidebbik irányban fellépő nyomatékot  $\kappa$ -val való szorzással, a támasznyomatékokat  $\mu_1 \div \mu_4$  szorzók segítségével számíthatjuk az  $m$  nyomatékból. Geometria paraméterként a törésvonalak metszéspontját meghatározó  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  és  $\beta$  tényezők vehetők fel.

$$\mu_2 = \mu_4 \text{ (a szimmetriából adódóan)}$$

$$\alpha_1 = 1 - \alpha_2$$

$$l_x = 5,6 \text{ m} \quad l_y = 7,9 \text{ m} \quad \gamma = \frac{l_x}{l_y} \cong 0,71$$

$$m = 36,83 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \text{ (lásd 3.2.)}$$

$$\kappa \cdot m = 31,93 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad \kappa = 0,87$$

$$\mu_1 \cdot m = 18,66 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad \mu_1 = 0,51$$

$$\mu_2 \cdot m = \mu_4 \cdot m = 47,61 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad \mu_2 = \mu_4 = 1,30$$

$$\mu_3 \cdot m = 55,46 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \quad \mu_3 = 1,51$$

A  $p$  teher által az elmozduláson végzett külső munka a töréskép által meghatározott térfogat alapján számítható.

$$L_k = p_k \cdot \left\{ \frac{l_x \cdot l_y \cdot \beta}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 + \frac{\alpha_1 \cdot l_x \cdot l_y \cdot \beta}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 + \frac{\alpha_2 \cdot l_x \cdot l_y \cdot \beta}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 + \frac{l_x \cdot l_y \cdot (1 - 2 \cdot \beta)}{2} \cdot 1 \right\}$$

$$L_k = \frac{p_k \cdot l_x \cdot l_y}{6} \cdot (3 - 2 \cdot \beta)$$

A belső munka a nyomatéknak a törésvonalak menti elforduláson végzett munkájával egyenlő.

$$L_b = m \cdot l_y \cdot \left( \frac{1}{\alpha_1 \cdot l_x} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot l_x} \right) + \kappa \cdot m \cdot l_x \cdot \frac{1}{\beta \cdot l_y} \cdot 2 + \mu_1 \cdot m \cdot l_y \cdot \frac{1}{\alpha_2 \cdot l_x} + \mu_3 \cdot m \cdot l_y \cdot \frac{1}{\alpha_1 \cdot l_x} +$$

$$+ \mu_2 \cdot m \cdot l_x \cdot \frac{1}{\beta_2 \cdot l_y} \cdot 2$$

$$L_b = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \left( \frac{m}{\gamma} + \frac{\mu_3 \cdot m}{\gamma} \right) + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \left( \frac{m}{\gamma} + \frac{\mu_1 \cdot m}{\gamma} \right) + \frac{1}{\beta} \cdot (2 \cdot \kappa \cdot m \cdot \gamma + 2 \cdot \mu_2 \cdot m \cdot \gamma)$$

$$L_b = \frac{1}{\alpha_1} \cdot 130,20 + \frac{1}{\alpha_2} \cdot 78,33 + \frac{1}{\beta} \cdot 113,49$$

A külső és belső munkák egyenlősége alapján ( $L_k = L_b$ ):

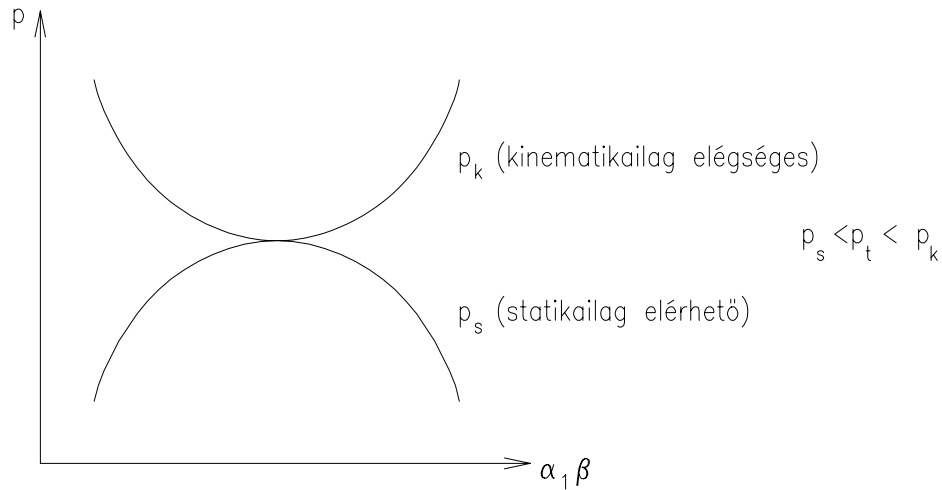
$$p_k \cdot 7,37 \cdot (3 - 2 \cdot \beta) = \frac{130,20}{\alpha_1} + \frac{78,33}{\alpha_2} + \frac{113,49}{\beta}$$

$$\alpha_2 = 1 - \alpha_1$$

A törőteher tehát két paraméter függvény, amikből a szélsőérték parciális deriválással kapható.

$$p = f(\alpha_1, \beta)$$

$$p_k = \frac{113,49 \cdot \alpha + 130,20 \cdot \beta + (78,33 - 130,20) \alpha \cdot \beta - 113,49 \cdot \alpha^2}{\alpha \cdot (\alpha - 1) \beta \cdot (2\beta - 3) 7,37} \left. \begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial \alpha_1} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial \beta} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha_1, \beta \Rightarrow \alpha_2$$

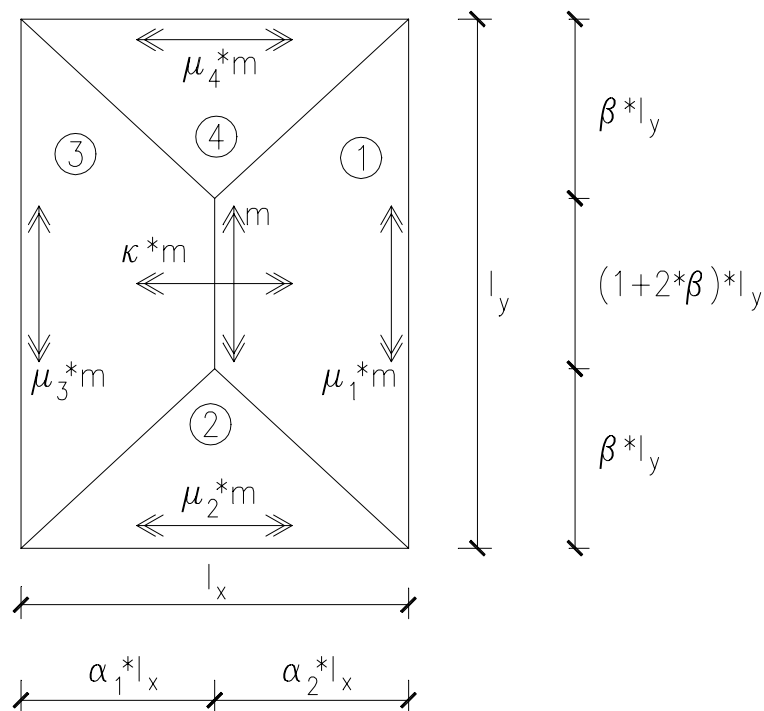


A deriválást elvégezve:  $\alpha_1 = 0,563$ ,  $\alpha_2 = 0,436$ ,  $\beta = 0,424$

A kapott értékeket behelyettesítve a fenti egyenletbe megkapható  $p_k$  értéke:

$$p_k = 42,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## 6.2. Egyensúlyi módszer



Ez is törési határállapot-vizsgálat. A kinematikai tételen alapszik. (A feladatban talán célravezetőbb!) A külső terhek nyomatékának és a belső nyomatékok egyensúlyának felírásából számítható a határerő.

② és ④ lemezdarab azonos

$$l_x \cdot (\kappa \cdot m + \mu_2 \cdot m) = \frac{p \cdot l_x \cdot \beta^2 \cdot l_y^2}{2} \cdot \frac{2}{3}$$

① lemezdarabra:

$$l_y \cdot (m + m \cdot \mu_1) = p \cdot \left\{ \frac{(1 - 2 \cdot \beta) \cdot l_y \cdot \alpha_2^2 \cdot l_x^2}{2} + 2 \cdot \frac{\alpha_2 \cdot l_x \cdot \beta \cdot l_y}{2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot l_x}{3} \right\}$$

③ lemezdarabra:

$$l_y \cdot (m + m \cdot \mu_3) = p \cdot \left\{ \frac{(1 - 2 \cdot \beta) \cdot l_y \cdot \alpha_1^2 \cdot l_x^2}{2} + 2 \cdot \frac{\alpha_1 \cdot l_x \cdot \beta \cdot l_y}{2} \cdot \frac{\alpha_1 \cdot l_x}{3} \right\}$$

ismeretlenek:  $p$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta$

adott: 3 egyenlet

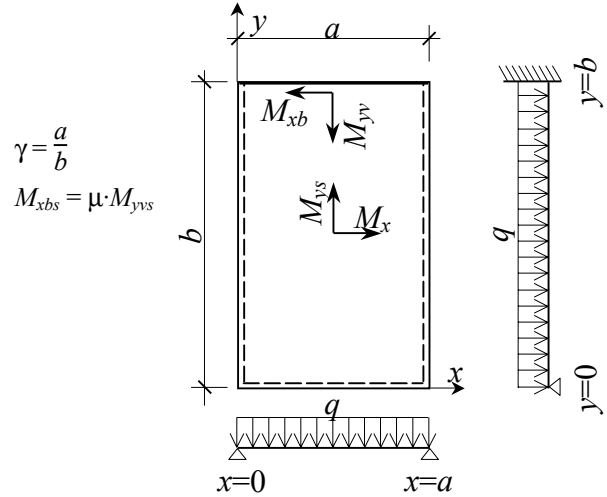
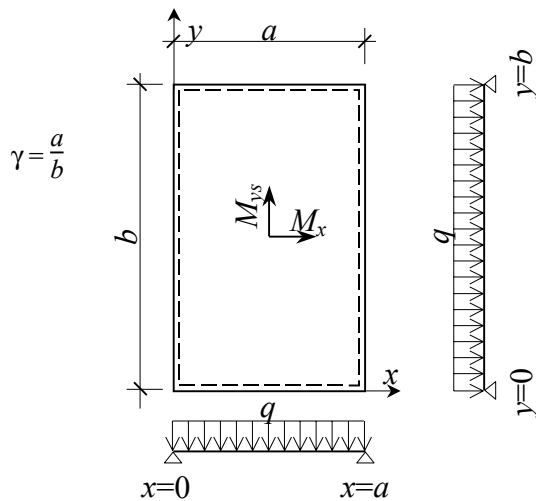
$$\alpha_1 = 0,56, \alpha_2 = 0,44, \beta = 0,42, p = 42,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p = 42,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > p_d = 17,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \left( \frac{p}{p_d} = \frac{42,74}{17,45} = 2.45 > 1 \right) \quad \text{Megfelel!}$$

## 7. Melléklet

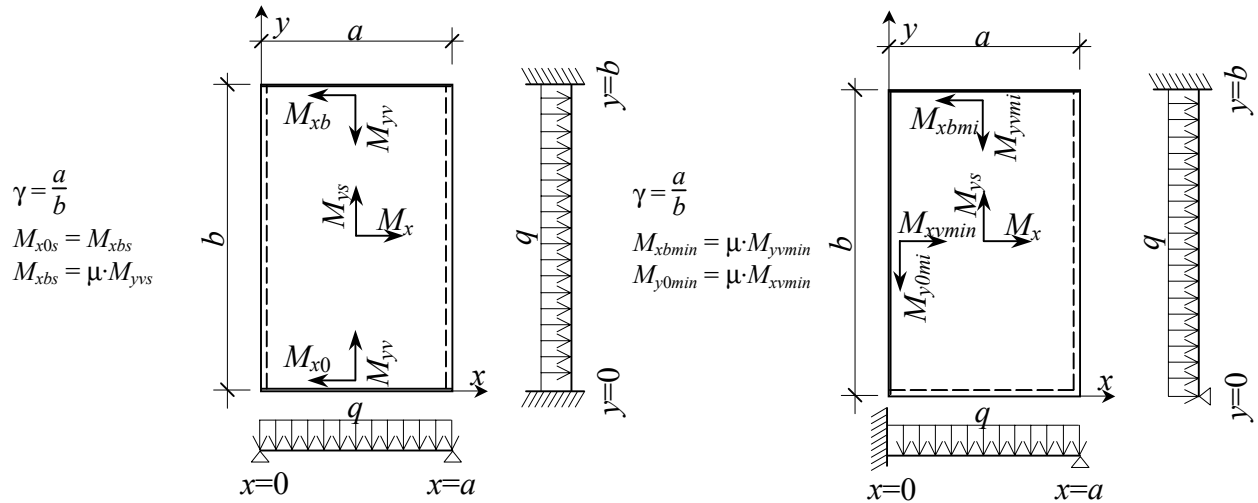
### 7.1. Barcs-féle táblázatok

(kétirányban teherviselő, derékszögű négyszög lemezek számításához)



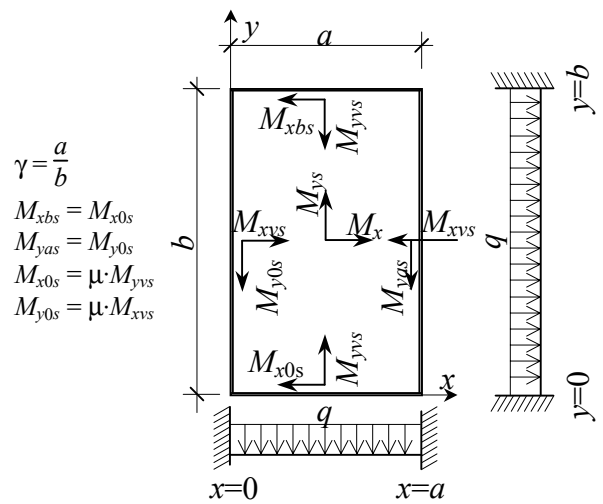
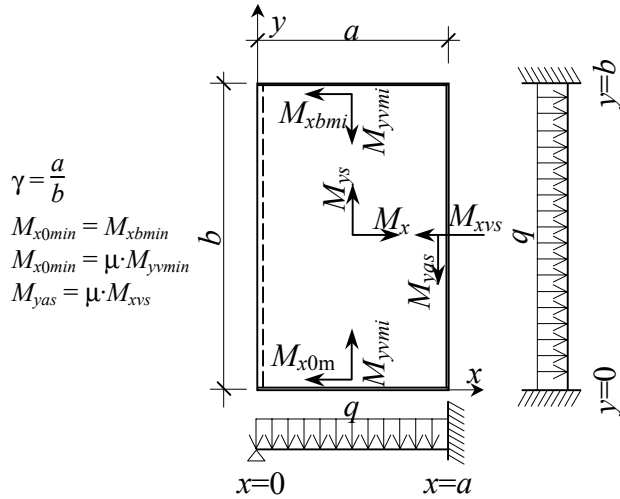
Tab. 1.7			$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{ys}$
0,50	0,1189	0,0991	0,0079
0,55	0,1101	0,0923	0,0103
0,60	0,1015	0,0857	0,0131
0,65	0,0931	0,0792	0,0162
0,70	0,0851	0,0730	0,0194
0,75	0,0777	0,0669	0,0230
0,80	0,0708	0,0611	0,0269
0,85	0,0644	0,0557	0,0307
0,90	0,0584	0,0507	0,0344
0,95	0,0529	0,0462	0,0383
1,00	0,0476	0,0423	0,0423
1,10	0,0390	0,0353	0,0500
1,20	0,0320	0,0293	0,0575
1,30	0,0262	0,0244	0,0644
1,40	0,0216	0,0204	0,0710
1,50	0,0179	0,0173	0,0772
1,60	0,0149	0,0146	0,0826
1,70	0,0124	0,0124	0,0874
1,80	0,0105	0,0107	0,0916
1,90	0,0088	0,0091	0,0954
2,00	0,0074	0,0079	0,0991
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$

Tab. 1.8				$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{ys}$	$M_{ybs}$
0,50	0,1087	0,0908	0,0084	-0,0305
0,55	0,0981	0,0826	0,0109	-0,0362
0,60	0,0881	0,0747	0,0135	-0,0421
0,65	0,0786	0,0670	0,0162	-0,0479
0,70	0,0698	0,0599	0,0192	-0,0537
0,75	0,0618	0,0533	0,0221	-0,0594
0,80	0,0544	0,0472	0,0249	-0,0650
0,85	0,0479	0,0417	0,0277	-0,0703
0,90	0,0421	0,0369	0,0304	-0,0750
0,95	0,0370	0,0327	0,0330	-0,0797
1,00	0,0326	0,0291	0,0354	-0,0840
1,10	0,0253	0,0228	0,0399	-0,0917
1,20	0,0197	0,0180	0,0438	-0,0980
1,30	0,0155	0,0143	0,0471	-0,1032
1,40	0,0123	0,0115	0,0500	-0,1075
1,50	0,0099	0,0094	0,0524	-0,1109
1,60	0,0079	0,0076	0,0544	-0,1136
1,70	0,0063	0,0062	0,0561	-0,1160
1,80	0,0052	0,0052	0,0575	-0,1184
1,90	0,0043	0,0044	0,0586	-0,1203
2,00	0,0036	0,0037	0,0594	-0,1213
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$



Tab. 1.9				$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{ys}$	$M_{yvs}$
0,50	0,0990	0,0835	0,0088	-0,0297
0,55	0,0872	0,0738	0,0113	-0,0350
0,60	0,0759	0,0647	0,0137	-0,0400
0,65	0,0657	0,0563	0,0166	-0,0450
0,70	0,0565	0,0489	0,0187	-0,0497
0,75	0,0484	0,0423	0,0212	-0,0540
0,80	0,0414	0,0363	0,0233	-0,0578
0,85	0,0355	0,0313	0,0254	-0,0612
0,90	0,0305	0,0270	0,0274	-0,0644
0,95	0,0262	0,0232	0,0292	-0,0677
1,00	0,0225	0,0201	0,0309	-0,0699
1,10	0,0167	0,0151	0,0335	-0,0741
1,20	0,0126	0,0113	0,0357	-0,0770
1,30	0,0096	0,0088	0,0374	-0,0793
1,40	0,0073	0,0068	0,0386	-0,0811
1,50	0,0057	0,0053	0,0396	-0,0815
1,60	0,0045	0,0042	0,0404	-0,0825
1,70	0,0036	0,0034	0,0410	-0,0830
1,80	0,0029	0,0028	0,0414	-0,0832
1,90	0,0023	0,0023	0,0416	-0,0833
2,00	0,0018	0,0019	0,0417	-0,0833
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$

Tab. 1.10					$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{xvmin}$	$M_{ys}$	$M_{ymin}$
0,50	0,0549	0,0570	-0,1189	0,0040	-0,0205
0,55	0,0520	0,0543	-0,1148	0,0054	-0,0249
0,60	0,0490	0,0514	-0,1104	0,0072	-0,0294
0,65	0,0458	0,0483	-0,1057	0,0092	-0,0341
0,70	0,0425	0,0451	-0,1008	0,0114	-0,0390
0,75	0,0393	0,0418	-0,0957	0,0139	-0,0442
0,80	0,0361	0,0385	-0,0905	0,0164	-0,0496
0,85	0,0330	0,0354	-0,0852	0,0191	-0,0548
0,90	0,0301	0,0324	-0,0798	0,0217	-0,0598
0,95	0,0273	0,0295	-0,0745	0,0243	-0,0648
1,00	0,0246	0,0269	-0,0699	0,0269	-0,0699
1,10	0,0201	0,0221	-0,0608	0,0319	-0,0787
1,20	0,0164	0,0182	-0,0530	0,0365	-0,0869
1,30	0,0133	0,0148	-0,0462	0,0406	-0,0937
1,40	0,0108	0,0122	-0,0405	0,0442	-0,0993
1,50	0,0089	0,0100	-0,0358	0,0473	-0,1041
1,60	0,0072	0,0081	-0,0317	0,0499	-0,1082
1,70	0,0059	0,0066	-0,0282	0,0521	-0,1116
1,80	0,0048	0,0055	-0,0252	0,0540	-0,1143
1,90	0,0040	0,0046	-0,0226	0,0556	-0,1167
2,00	0,0034	0,0040	-0,0205	0,0570	-0,1189
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$



Tab. 1.11					$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{xvs}$	$M_{ys}$	$M_{yvmin}$
0,50	0,0528	0,0550	0,1135	0,0045	0,0203
0,55	0,0489	0,0514	0,1078	0,0062	0,0247
0,60	0,0450	0,0476	0,1021	0,0081	0,0291
0,65	0,0411	0,0436	0,0964	0,0101	0,0336
0,70	0,0373	0,0398	0,0906	0,0122	0,0381
0,75	0,0336	0,0359	0,0845	0,0145	0,0427
0,80	0,0300	0,0323	0,0881	0,0169	0,0471
0,85	0,0266	0,0289	0,0720	0,0191	0,0513
0,90	0,0236	0,0257	0,0661	0,0211	0,0551
0,95	0,0209	0,0228	0,0603	0,0232	0,0586
1,00	0,0184	0,0202	0,0546	0,0252	0,0617
1,10	0,0142	0,0158	0,0467	0,0287	0,0676
1,20	0,0110	0,0123	0,0399	0,0316	0,0722
1,30	0,0086	0,0096	0,0341	0,0340	0,0757
1,40	0,0068	0,0075	0,0293	0,0359	0,0782
1,50	0,0054	0,0060	0,0254	0,0374	0,0800
1,60	0,0043	0,0048	0,0221	0,0386	0,0814
1,70	0,0034	0,0039	0,0193	0,0395	0,0825
1,80	0,0027	0,0031	0,0171	0,0402	0,0834
1,90	0,0022	0,0026	0,0154	0,0408	0,0342
2,00	0,0018	0,0022	0,0141	0,0412	0,0847
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

Tab. 1.12					$\mu=0,15$
$\gamma$	$w_s$	$M_{xs}$	$M_{xvs}$	$M_{ys}$	$M_{yvmin}$
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,0143
0,55	0,0286	0,0394	0,0817	0,0033	0,0172
0,60	0,0275	0,0378	0,0794	0,0046	0,0206
0,65	0,0261	0,0360	0,0767	0,0061	0,0242
0,70	0,0246	0,0339	0,0737	0,0079	0,0280
0,75	0,0231	0,0315	0,0704	0,0098	0,0320
0,80	0,0214	0,0293	0,0668	0,0103	0,0360
0,85	0,0196	0,0269	0,0631	0,0139	0,0400
0,90	0,0180	0,0247	0,0593	0,0160	0,0440
0,95	0,0164	0,0224	0,0554	0,0181	0,0480
1,00	0,0149	0,0202	0,0515	0,0202	0,0515
1,10	0,0121	0,0164	0,0449	0,0242	0,0585
1,20	0,0098	0,0131	0,0388	0,0287	0,0643
1,30	0,0078	0,0105	0,0336	0,0306	0,0690
1,40	0,0063	0,0084	0,0291	0,0332	0,0728
1,50	0,0051	0,0066	0,0254	0,0353	0,0757
1,60	0,0041	0,0053	0,0223	0,0369	0,0779
1,70	0,0033	0,0042	0,0198	0,0383	0,0797
1,80	0,0027	0,0035	0,0176	0,0392	0,0812
1,90	0,0022	0,0028	0,0158	0,0399	0,0824
2,00	0,0018	0,0024	0,0143	0,0405	0,0833
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$