

# TARTÓSZERKEZETEK II.

## VASBETONSZERKEZETEK

2017.02.08.

# Tartószerkezetek II.

- Tárgyfelelős, tárgyelőadó
- dr. Szép János e. docens
  - Szoba : D410
  - Honlap : <https://elearning.sze.hu/moodle/>
  - email : [szepj@sze.hu](mailto:szepj@sze.hu)
  - Konzultációs időpont : csütörtök : 12<sup>30</sup>-13<sup>50</sup> D410
- Gyakorlatvezetők:
  - Halvax Katalin           D403
  - Herczeg Géza           D401
  - Hajdú Gábor           D710
  - Harrach Dániel       szerkezetvizsgáló labor, Moodle

# Tartószerkezetek II.

Tartószerkezetek 2. (vasbeton 2.) 2016/17 tavaszi félév munkarend									
0:45									
			hétfő	kedd	szerda		csütörtök		péntek
8:00	8:45	<b>1</b>			Szép János előadás Terem: C301		Halvax K. gyakorlat Terem: B202	Harrach D. gyakorlat Terem: C203	
8:55	9:40	<b>2</b>							
9:50	10:35	<b>3</b>			Herczeg G. gyakorlat Terem: A3	Herczeg G. gyakorlat Terem: A3			
10:45	11:30	<b>4</b>							
11:40	12:25	<b>5</b>							
12:35	13:20	<b>6</b>							
13:30	14:15	<b>7</b>							
14:25	15:10	<b>8</b>							
15:20	16:05	<b>9</b>							
16:15	17:00	<b>10</b>							
17:10	17:55	<b>11</b>		Hajdú G. gyakorlat Terem: B202					
18:05	18:50	<b>12</b>							
19:00	19:45	<b>13</b>							
19:55	20:40	<b>14</b>							

# Tantárgyi követelmények

- Zárhelyi
  - 2017. március 08. (szerda) 16<sup>15</sup>-17<sup>45</sup> „E„ használhatósági határállapotok
  - 2017. április 12. (szerda) 16<sup>15</sup>-17<sup>45</sup> „E„ lemezek számítása, átszűrődésvizsgálat
- Tervezési feladat vasbeton vázas épület
  - Födémlemez : statikai számítás, vasalási terv
- Vizsga :
  - Elmélet - gyakorlat
  - írásbeli – szóbeli

# Korábbi félévben teljesítettek

- Aláírás → elfogadva, csak vizsga (CV)
- Minden más pótlendő
  - Zh-k
  - **Tervezési feladat (!)**

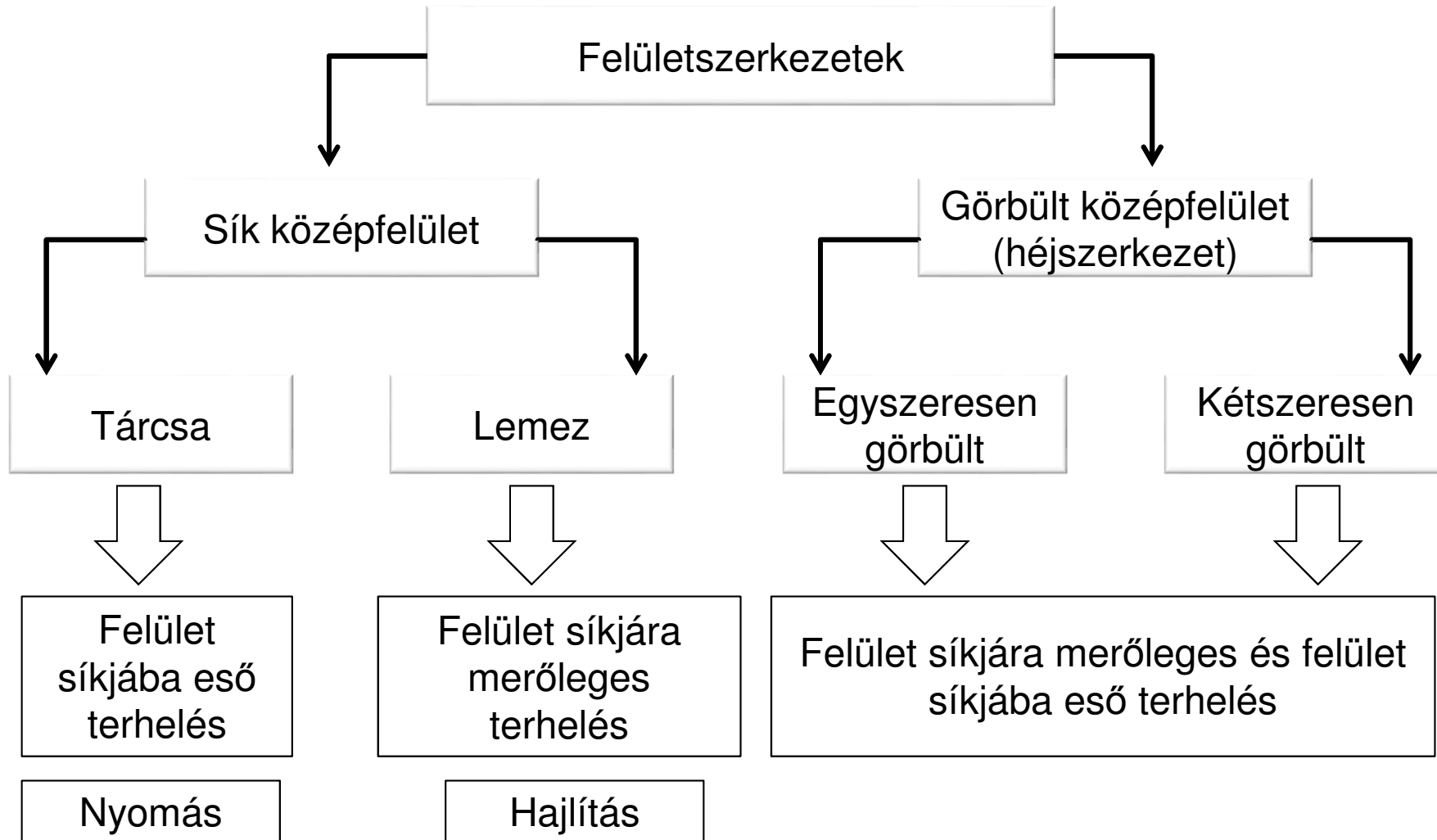
# TARTÓSZERKEZETEK II.

## VASBETONSZERKEZETEK II.

# Tartószerkezeti elemek

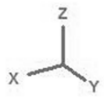
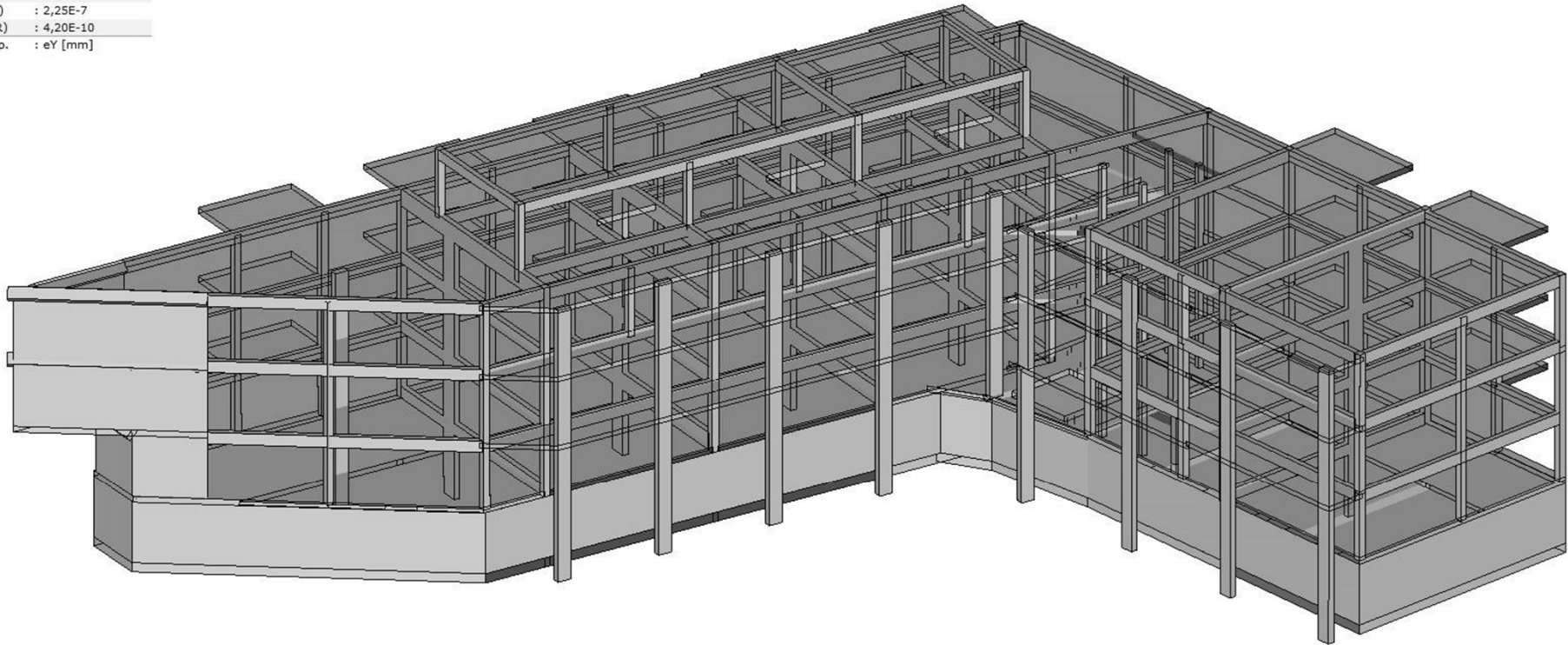
- Rúdszerkezetek
  - Gerenda
  - Oszlop, pillér
- Felületszerkezetek
  - Lemez
  - Fal
  - Faltartó
  - Héj

# A felületszerkezetek csoportosítása

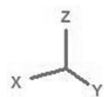
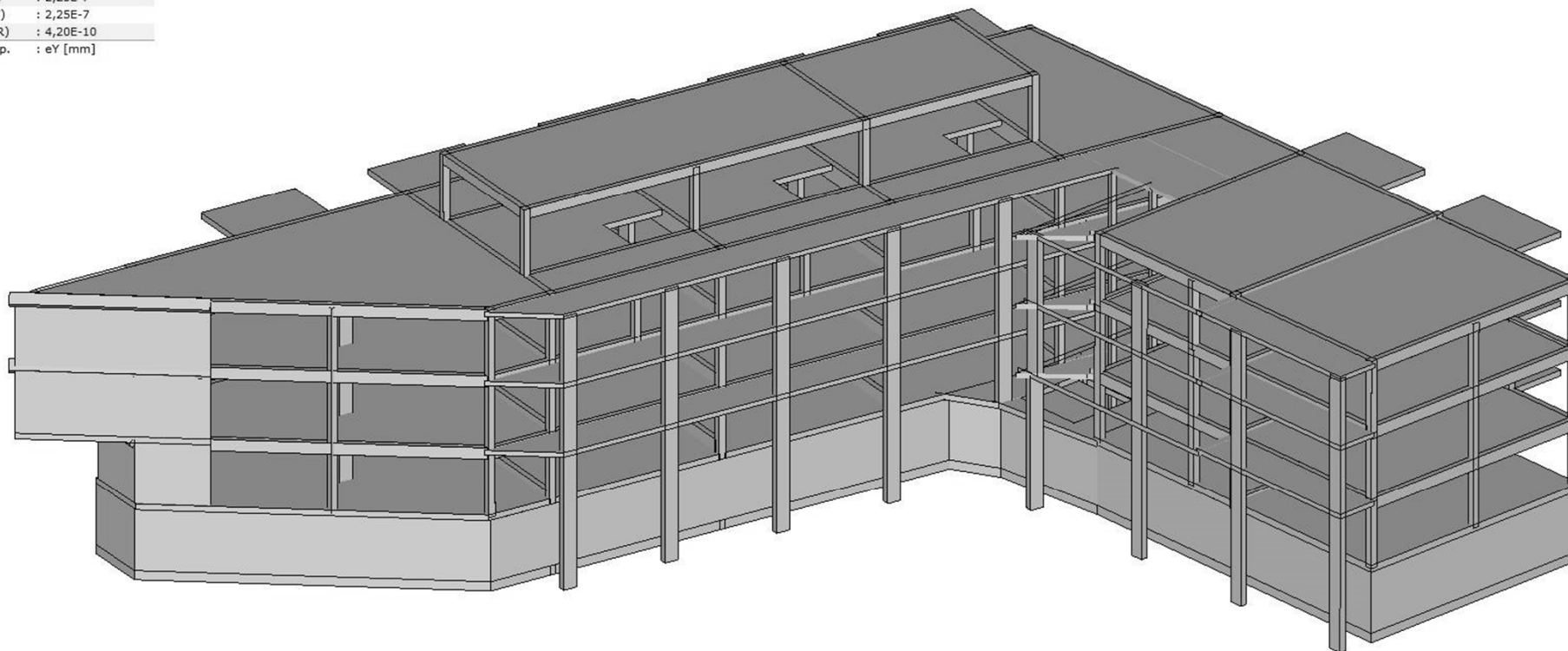




Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	Mértékadó Min
Típus	(ULS (földrengés))
E (P)	: 2,25E-7
E (W)	: 2,25E-7
E (ER)	: 4,20E-10
Komp.	: eY [mm]



Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	Mértékadó Min
Típus	(ULS (földrengés))
E (P)	2,25E-7
E (W)	2,25E-7
E (ER)	4,20E-10
Komp.	eY [mm]



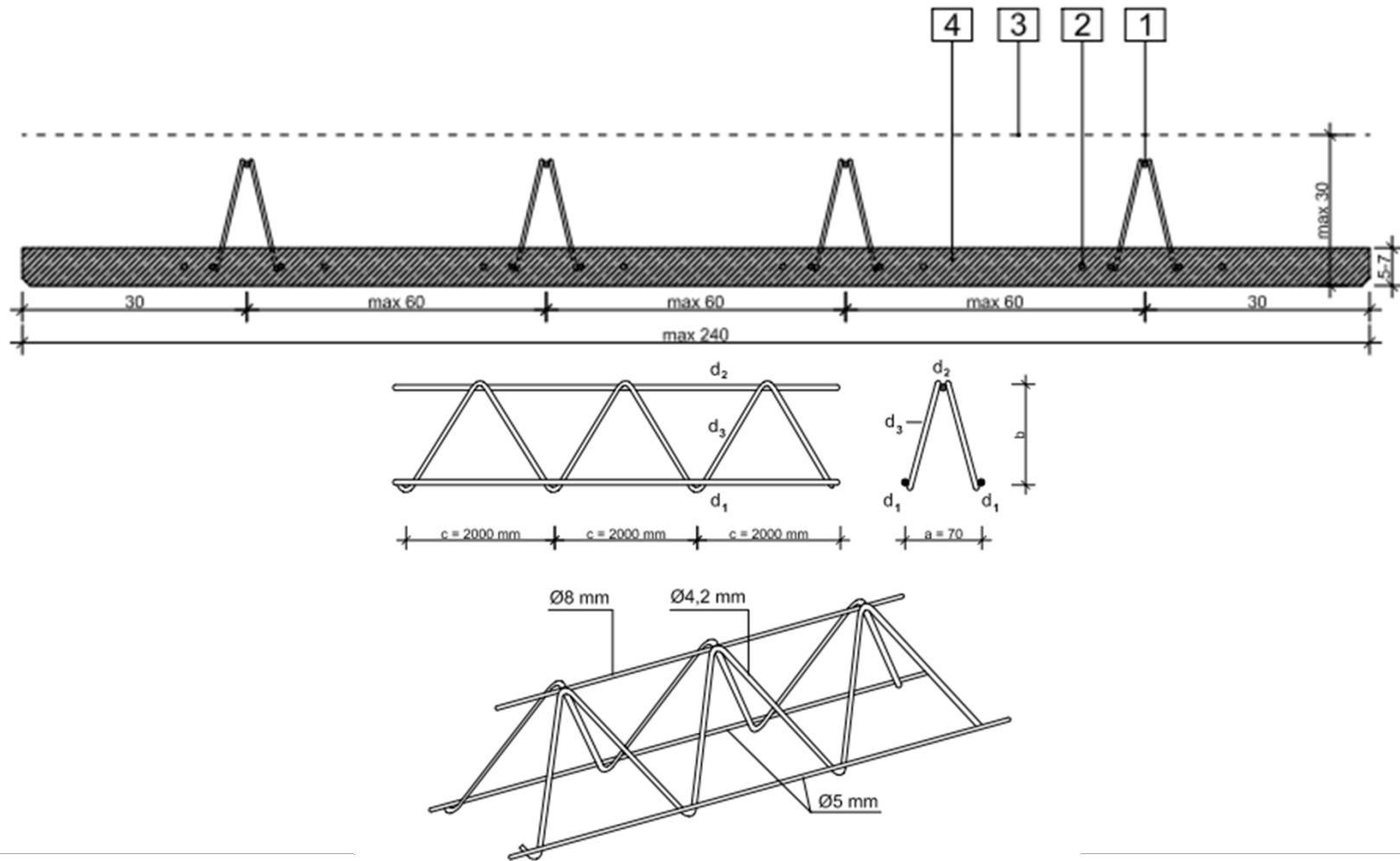
# Vasbeton Födémrendszerek



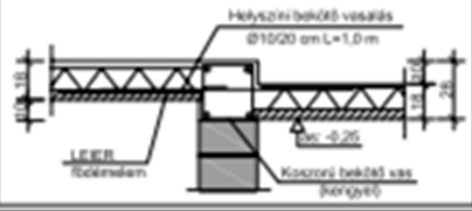
# Vasbeton Födémrendszerek



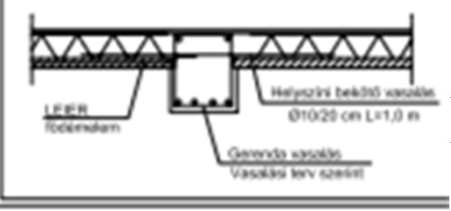
- 1 — hegesztett térbeli bordavasalás
- 2 — statikailag méretezett vasalás
- 3 — helyszíni felbeton min. C20/25
- 4 — előre gyártott panel betonja C25/30



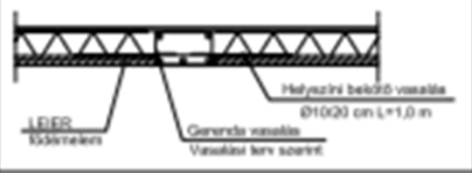
E-E METSZET  
(Szintelőlés csomópont)



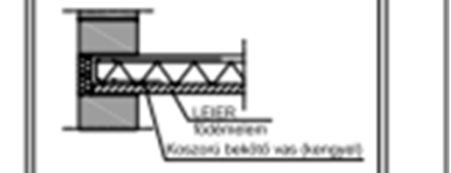
F-F METSZET  
(Átjárás csomópont)



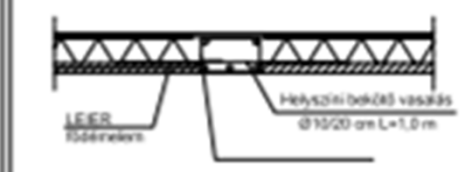
A-A METSZET  
(Rejtett borda csomópont)



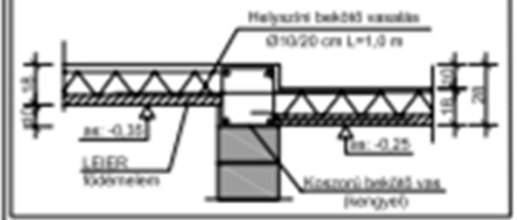
B-B METSZET  
(Nyílások feletti csomópont)



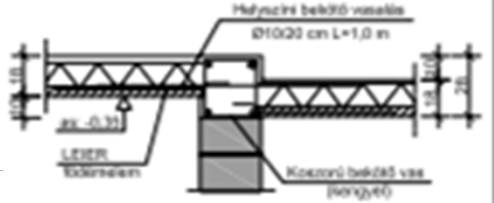
G-G METSZET  
(Rejtett borda csomópont)



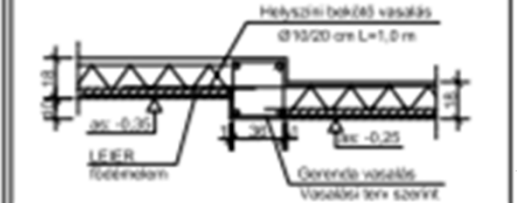
H-H METSZET  
(Szintelőlés csomópont)



C-C METSZET  
(Szintelőlés csomópont)



D-D METSZET  
(Szintelőlés csomópont)













# Tervrajzok

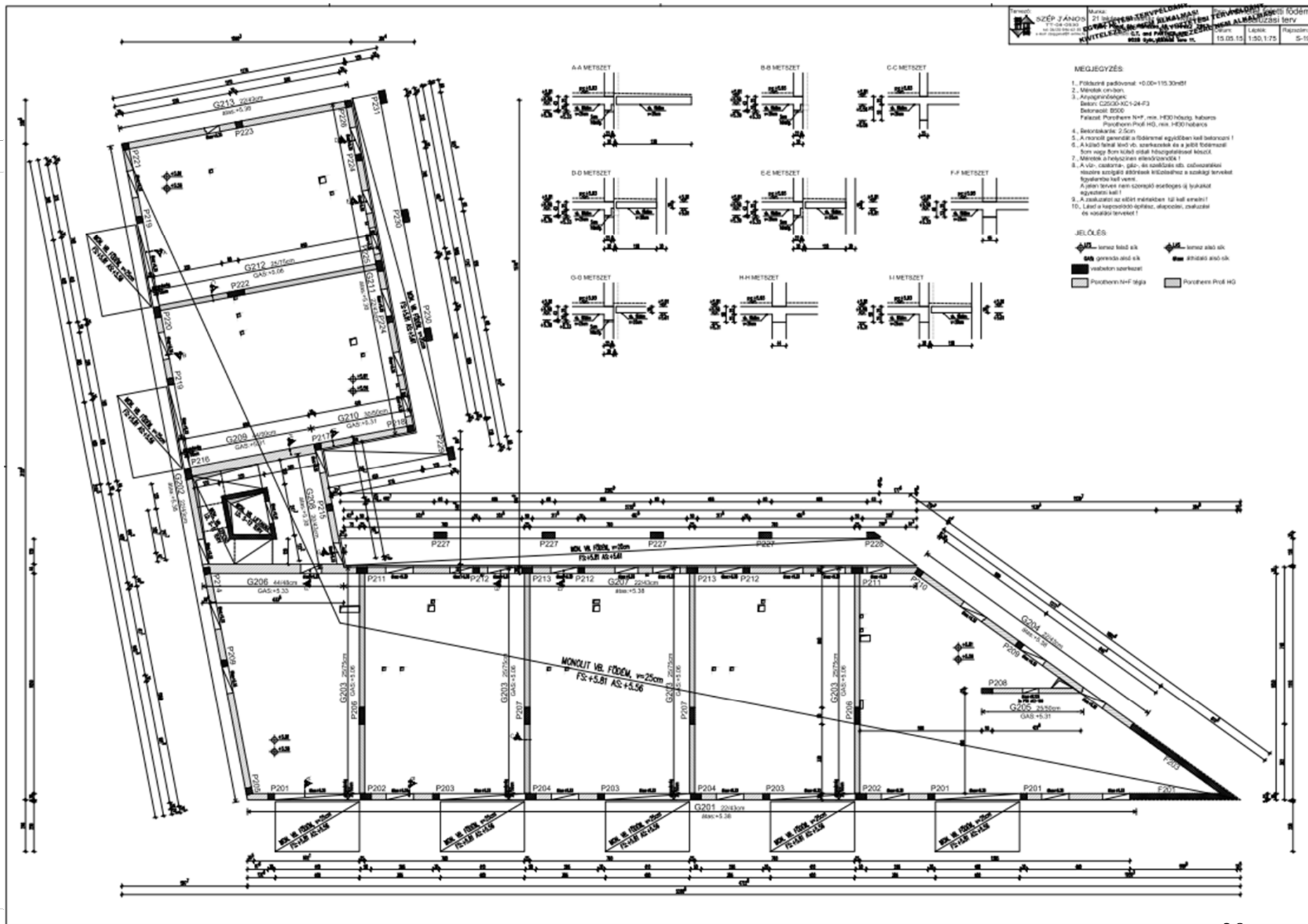
- Zsaluzási terv
- Vasalási terv
  - Alsó vaslás
  - Felső vasalás

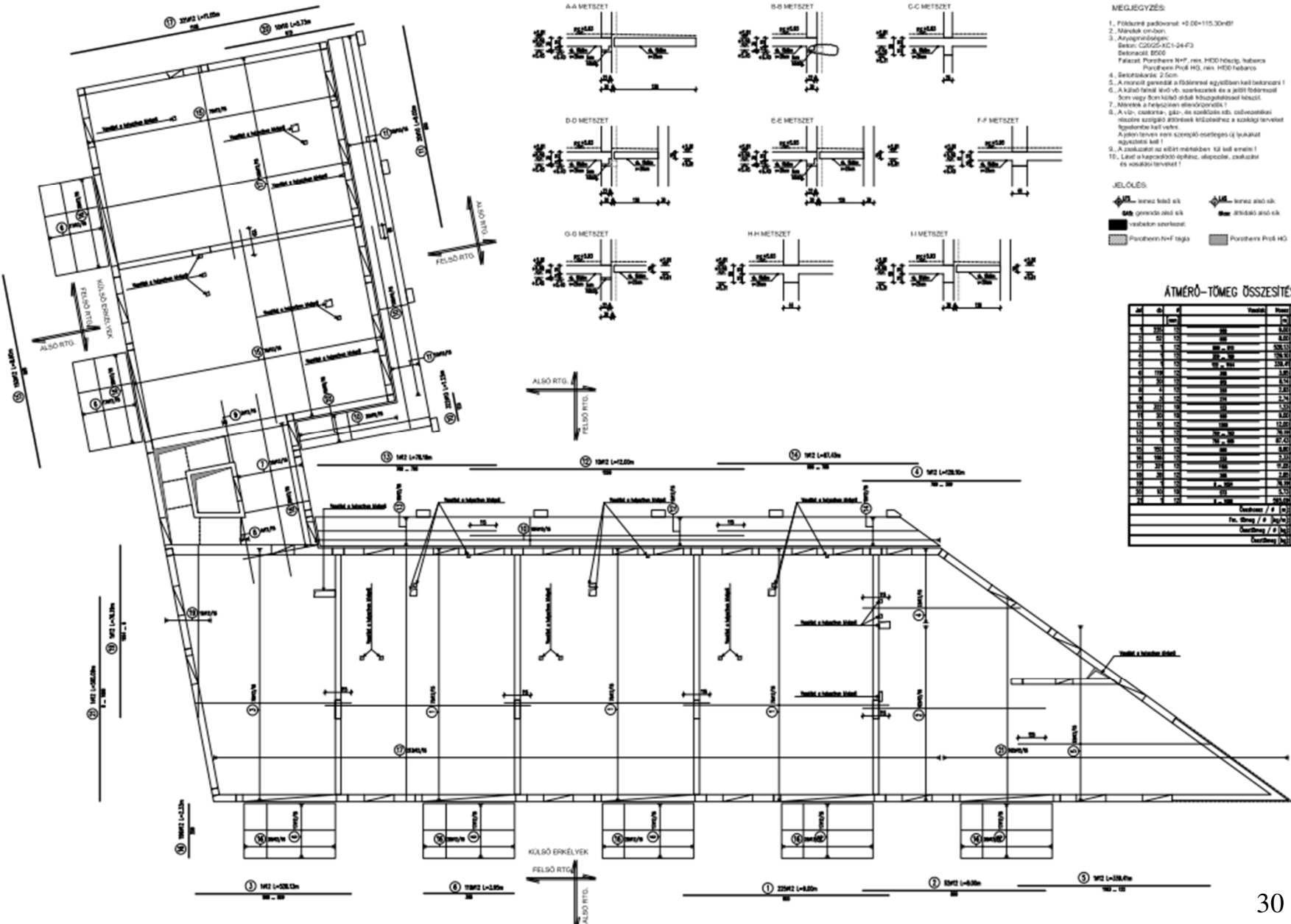
**MEGJEGYZÉS:**

1. Földszint padlószint: +0.00=115.30mft
2. Méretek cm-ben.
3. Anyagjelölések:  
Beton: G20C8,AC1-24-3  
Betonacél: B500  
Fémcsatló: Porotherm NF-F, min. H501/dujúg, hűtőcső  
Porotherm Prof H0, min. H501/dujúg
4. Betonvastagság: 25cm
5. A mezzőrdi gerendák a földszinttal egyúttal kell betámasztani!
6. A kőfal falaknál kb. 10cm vastagságú és a jéltől felmentől 5cm mélyre bemélyített szigetelést kell alkalmazni!
7. Méretek a helyrajzi ábrához igazítottak!
8. A víz, csatorna, gáz- és szellőztető csatlakozásokat a mezzőrdi szintig kell elvezetni a szellőztető csatlakozástól kezdve kell venni.
9. A jelen tervben nem szereplő esetleges új szakaszok egyeztetni kell!
10. A szabványok az előírások mellett 1/2 kell alkalmazni!
11. Lásd a kapcsolódó rajzokat, állapotok, változatok és szerelési terveket!

**JELÖLÉS:**

- |  |                     |  |                     |
|--|---------------------|--|---------------------|
|  | konkrét alap        |  | konkrét alap        |
|  | gerendás alap       |  | kerám alap          |
|  | szelvény            |  | Porotherm NF-F álgó |
|  | Porotherm NF-F álgó |  | Porotherm Prof H0   |





**MEGJEGYZÉS:**

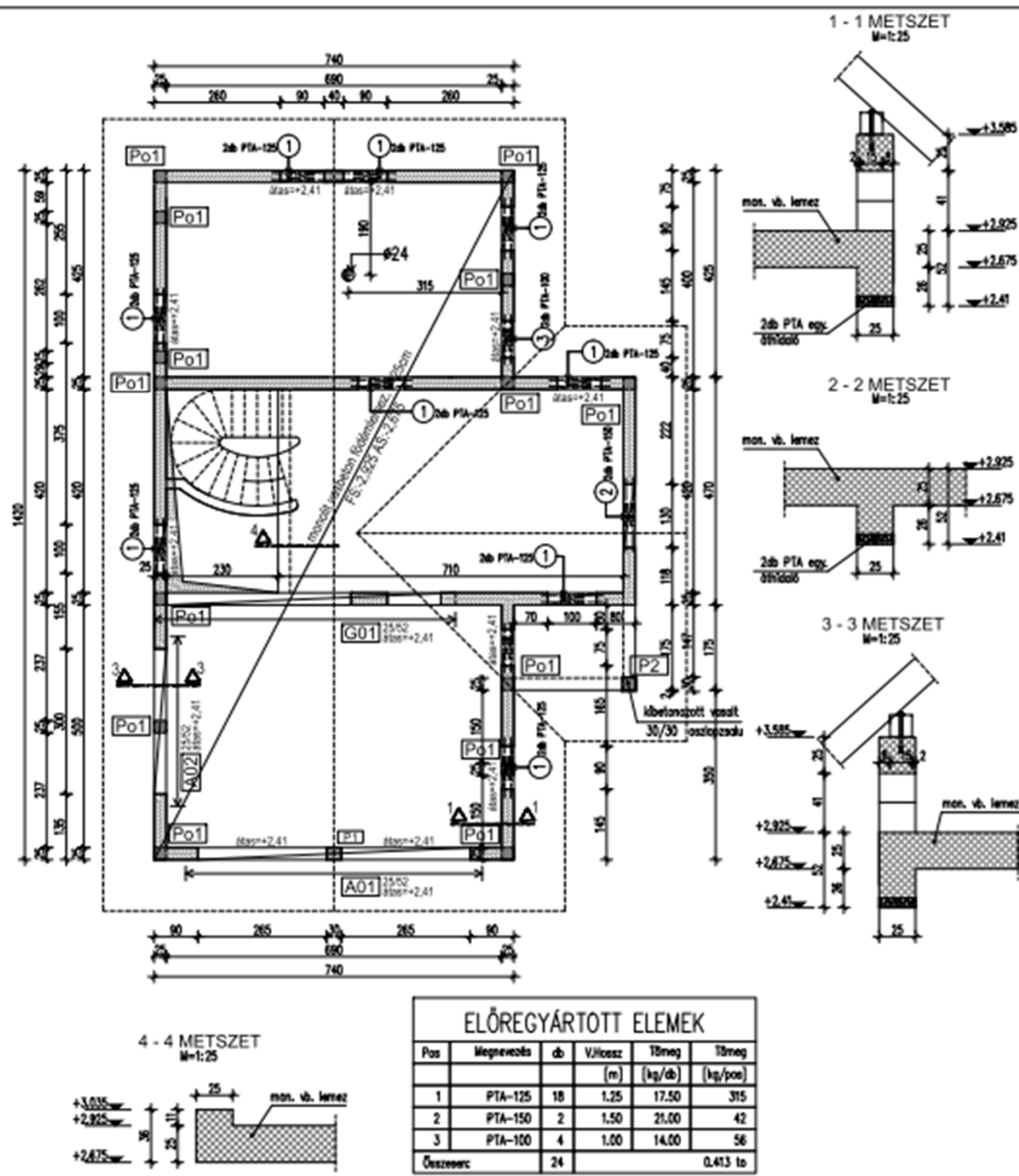
1. Földszint padlószint: +0,00=115,30m!
2. Műtérk on-ben.
3. Anyagmennyiség:  
Beton: C20/25-AC1-24-23  
Száraztal: B500  
Falazat: Porotherm Prof H3, min. H40 falazat  
Pozotherm Prof H3, min. H40 falazat
4. Beérkezők: 2,5cm
5. A műtérk gerendái a földszinttel egyjében kell beépíteni!
6. A külső falnál 10cm v.b. szarvaszék és a jéltérbe kell  
Szív vagy 5cm kőzet szigetelést készíteni
7. Műtérk a falazatban elrendezendő!
8. A víz-, csatorna-, gáz-, és szellőztető csatlakozások  
mútérk szögletén át kell vezetni a szelvény tervezet  
függetlenül kell vezetni.  
A jéltérben nem szerelhető csatlakozások (csatlakozás  
egyszerűsített kell!
9. A szellőztető az előtér mértékben kell lenni!
10. Lépcső a kapcsolódó épülethez, szilárdított, szabványos  
és szabványtervezet!

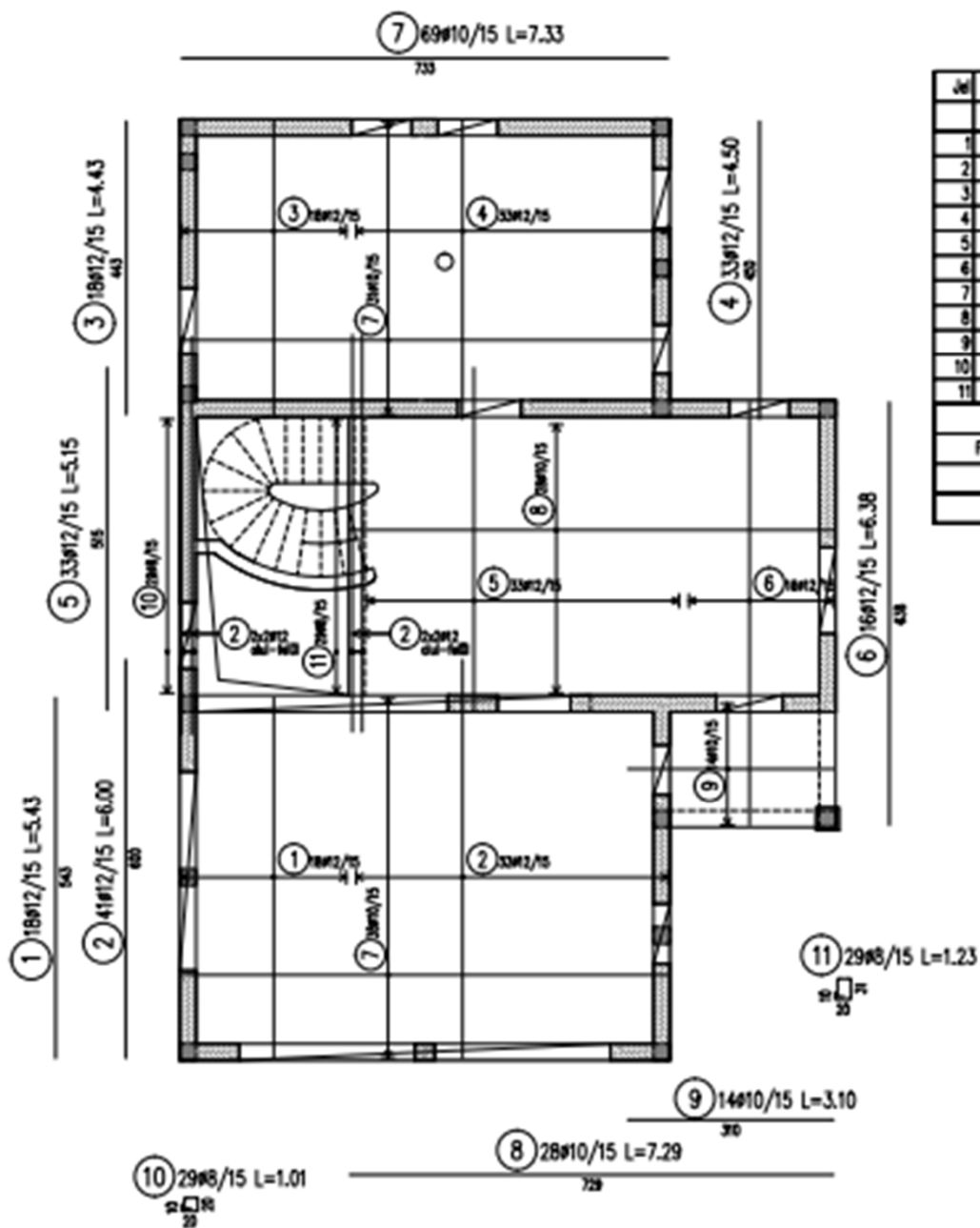
- JELÖLÉS:**
- tetején felett sík
  - tetején alul sík
  - aljában szarvaszék
  - Porotherm Prof H3
  - Pozotherm Prof H3

**ÁTMÉRŐ-TÖMEG ÖSSZESEN**

NO	EL	AL	H	V	Átmérő (m)	Tömeg (t)	Átl. (m)	Átl. (m)
1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	150	150	150	150	150	150	150	150
3	200	200	200	200	200	200	200	200
4	250	250	250	250	250	250	250	250
5	300	300	300	300	300	300	300	300
6	350	350	350	350	350	350	350	350
7	400	400	400	400	400	400	400	400
8	450	450	450	450	450	450	450	450
9	500	500	500	500	500	500	500	500
10	550	550	550	550	550	550	550	550
11	600	600	600	600	600	600	600	600
12	650	650	650	650	650	650	650	650
13	700	700	700	700	700	700	700	700
14	750	750	750	750	750	750	750	750
15	800	800	800	800	800	800	800	800
16	850	850	850	850	850	850	850	850
17	900	900	900	900	900	900	900	900
18	950	950	950	950	950	950	950	950
19	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
20	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
21	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
22	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150
23	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
24	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
25	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
26	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
27	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
28	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
29	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
30	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550
31	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
32	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650
33	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
34	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
35	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
36	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850
37	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
38	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950
39	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
40	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050
41	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
42	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150	2150
43	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
44	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250
45	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
46	2350	2350	2350	2350	2350	2350	2350	2350
47	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
48	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450
49	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
50	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550
51	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600
52	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
53	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
54	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
55	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
56	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850
57	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
58	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950
59	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
60	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050
61	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
62	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
63	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
64	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250
65	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
66	3350	3350	3350	3350	3350	3350	3350	3350
67	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400
68	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
69	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
70	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550	3550
71	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
72	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3650
73	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700
74	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750	3750
75	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
76	3850	3850	3850	3850	3850	3850	3850	3850
77	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900
78	3950	3950	3950	3950	3950	3950	3950	3950
79	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
80	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050
81	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100
82	4150	4150	4150	4150	4150	4150	4150	4150
83	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
84	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250	4250
85	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300
86	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350	4350
87	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400	4400
88	4450	4450	4450	4450	4450	4450	4450	4450
89	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
90	4550	4550	4550	4550	4550	4550	4550	4550
91	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
92	4650	4650	4650	4650	4650	4650	4650	4650
93	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700
94	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750	4750
95	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800
96	4850	4850	4850	4850	4850	4850	4850	4850
97	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900
98	4950	4950	4950	4950	4950	4950	4950	4950
99	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
100	5050	5050	5050	5050	5050	5050	5050	5050



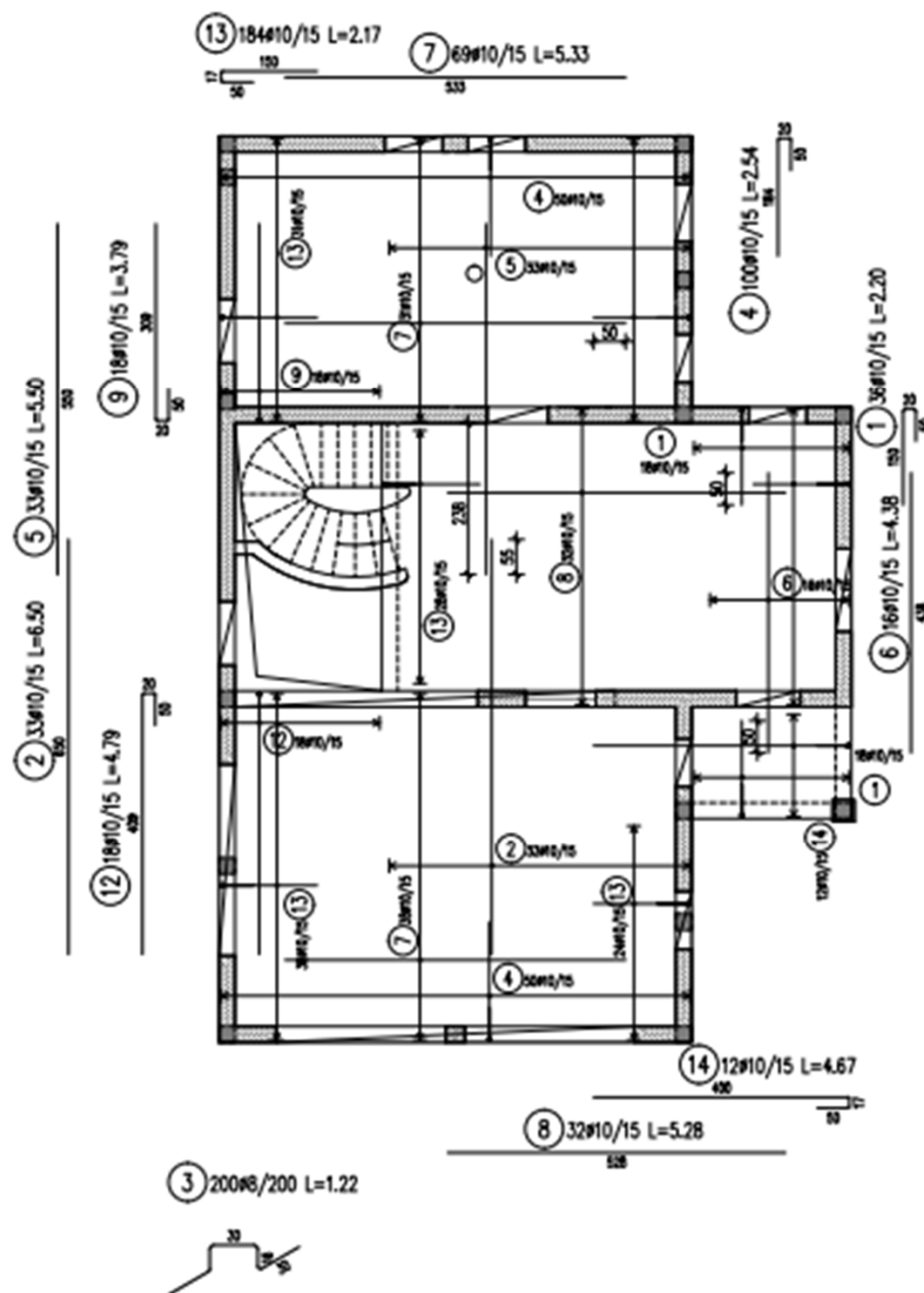




### BETONACÉLKIMUTATÁS

Jel	d	φ	Hossz (m)	φ8	φ10	φ12
1	18	12	5.43			97.74
2	41	12	6.00			246.00
3	18	12	4.43			79.74
4	33	12	4.50			148.50
5	33	12	5.15			169.95
6	16	12	6.38			102.08
7	69	10	7.33		505.77	
8	28	10	7.29		204.12	
9	14	10	3.10		43.40	
10	29	8	1.01	29.29		
11	29	8	1.23	35.67		
Összhossz / # (m)				64.96	753.29	844.01
Fm. tömeg / # (kg/m)				0.395	0.617	0.888
Össztömeg / # (kg)				25.66	464.78	749.48
Össztömeg (kg)						1239.92



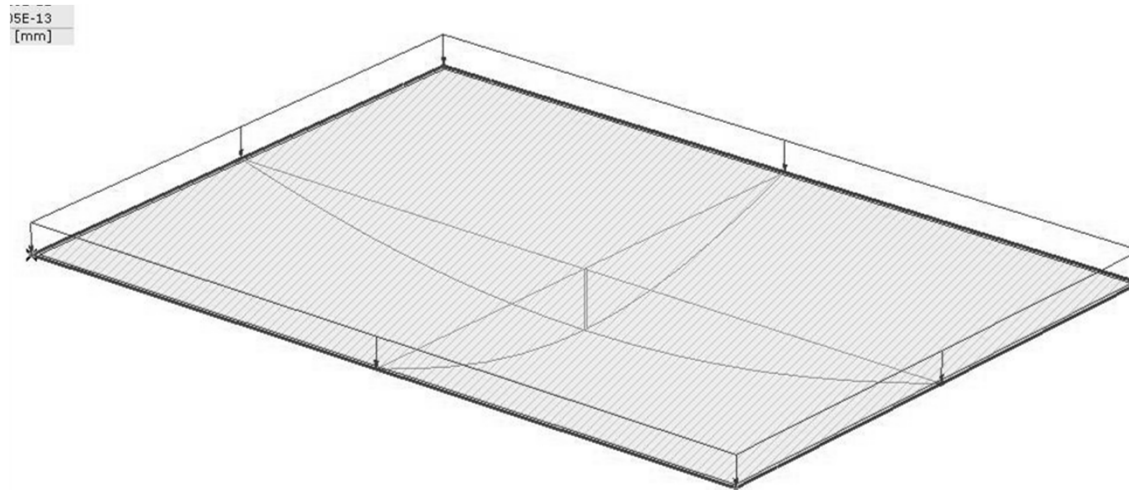


### BETONACÉLKIMUTATÁS

id	db	hossz (m)	Ø	#10
1	36	2.20		79.20
2	33	6.50		214.50
3	200	1.22	244.00	
4	100	2.54		254.00
5	33	5.50		181.50
6	16	4.38		70.08
7	69	5.33		367.77
8	32	5.28		168.96
9	18	3.79		68.22
12	18	4.79		86.22
13	184	2.17		399.28
14	12	4.67		56.04
Összhossz / # (m)			244.00	1945.77
fm. tömeg / # (kg/m)			0.395	0.617
Össztömeg / # (kg)			96.38	1200.54
Össztömeg (kg)				1296.92

# Vasbeton lemezek

Lemez: olyan sík középfelületű és erre merőlegesen terhelt tartószerkezetet, amelyek vastagsága a másik két méretéhez viszonyítva csekély.



A vasbeton lemez mind a magas, mind a mély, mind pedig a hídépítésben rendkívül gyakran előforduló szerkezeti elem.

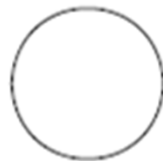
# Vasbeton lemezek, előnyök :

- kétirányú teherviselés - nagy teherbírás,
- Keresztirányú merevsége miatt a kis felületen megoszló terhekből (pld. koncentrált terhek, kis felületen megoszló, pontszerű terhek) keletkező igénybevételei kedvezőbbek (jobb teherelosztás)
- kis szerkezeti magasság (magasépítés:  $l/20$ - $l/40$ , hídépítés:  $l/12$ - $l/20$ ),
- könnyű zsaluzás, vasalás és betonozás
- a lemezek vasalása viszonylag egyszerű
- a lemezek betonozása viszonylag egyszerűen elvégezhető, a beton bedolgozhatósága a viszonylag ritka vasalás következtében akadálytalan.

# Vasbeton lemezek

A lemezmezők alakja szerint:

- háromszög alaprajzú,
- négyszög alaprajzú,
- kör alaprajzú,
- tetszőleges alaprajzú lemezek



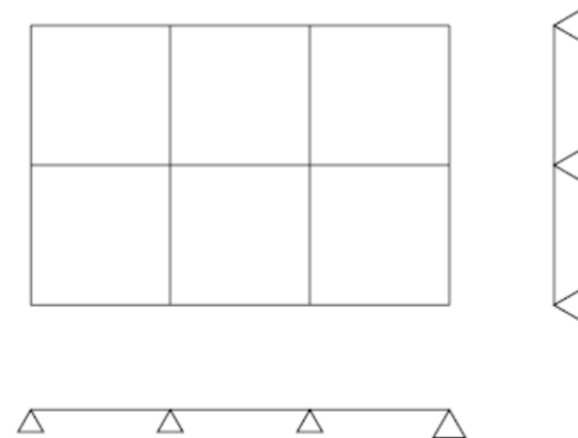
# Vasbeton lemezek

- A lemezek osztályozása: a megtámasztás módja szerint, pereme mentén:
  - szabad szélű,
  - csuklós,
  - befogott,
  - mindegyik megtámasztás lehet fix, vagy süllyedő
- a befogás elvileg lehet merev befogás, de ez nehezen megvalósítható, vastag beton falakba lehetséges.
- A csatlakozó szomszédos födémmezőkbe – többtámaszúsítás esetén - a födém rugalmasan befogott.

# Egyedi lemez, lemezrendszerek

„kéttámaszú” lemezek - egyedi lemezeknek

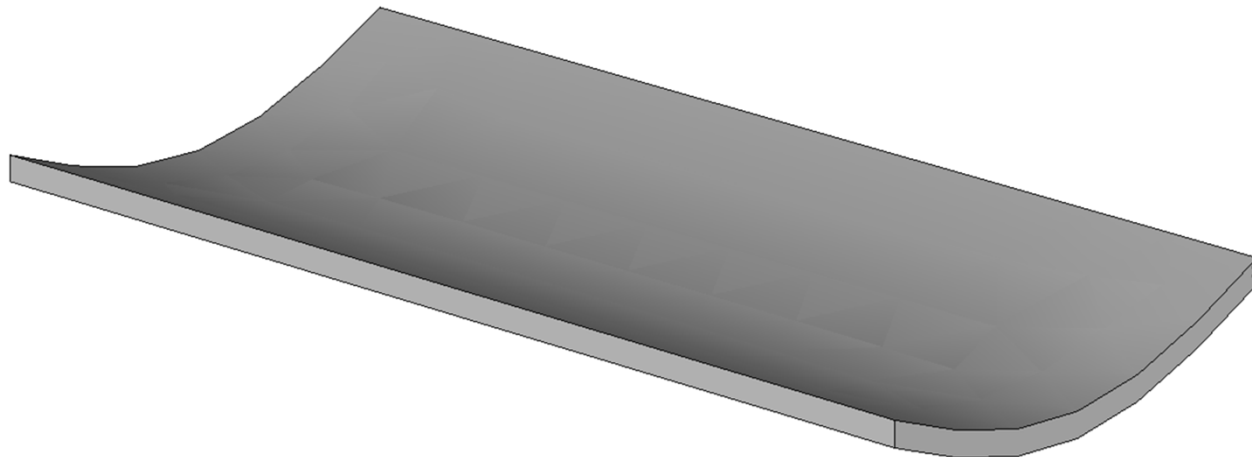
Lemezrendszer - több lemez összeépítése - többtámaszú



# A lemezek osztályozása

teherhordás iránya szerint:

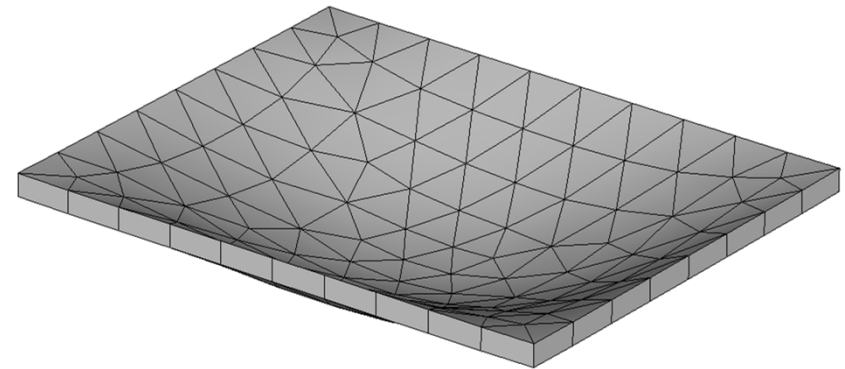
- egyirányban teherhordó lemez:
  - (közel) párhuzamos, vonalmenti támaszok
  - Egyszeresen görbült terhelt lemezalak
  - gerendaszerű viselkedés
  - 1,0m széles sáv vizsgálata gerendaként
  - Támaszok környezetében zavart zónák



# A lemezek osztályozása

Két irányban teherhordó lemez:

- legalább két, egymással szöget bezáró vonalmenti támasz
- Terhelés hatására kétszeresen görbült felület
- Pontokon megtámasztott lemez:
  - pontszerű támaszok, oszlopok pillérek
- Számítás lemezelmélet alapján





# Vasbeton lemezek

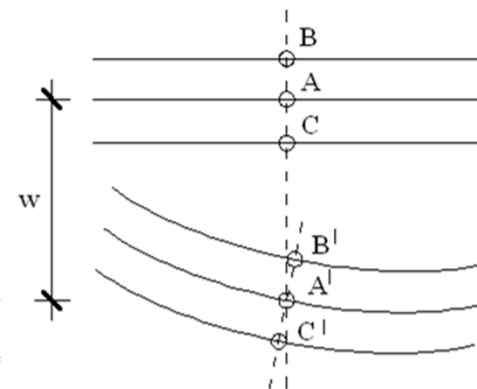
- A lemezek számításának módszerei:
  - rugalmas
  - törésmélelet

# Rugalmas lemezelmélet

- A vasbeton lemezek anizotróp viselkedésétől eltekintünk  
Berepedetlen (repedésmentes), és berepedt (II.  
feszültségállapotban lévő) vasbeton lemez lineárisan  
homogén viselkedése biztosított. A berepedt  
állapotot csökkentett inerciával (hajlítási merevséggel)  
kell figyelembe venni.
- Ez alapján kimondhatjuk, hogy a rugalmas  
lemezelmélet használati határállapotban elegendően  
pontos.

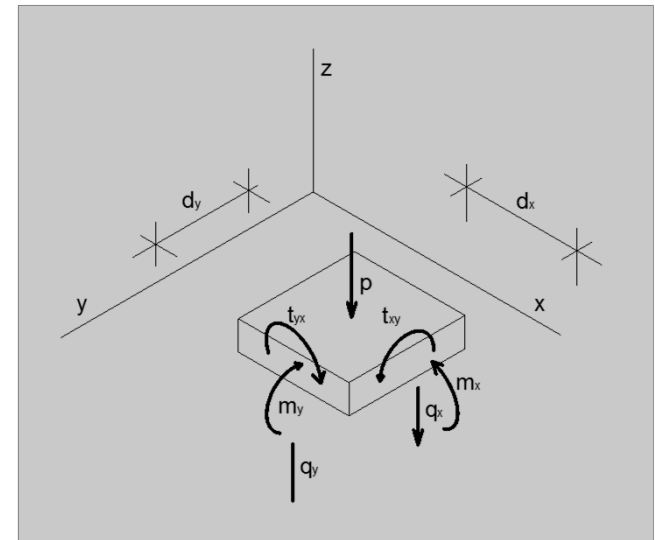
# Rugalmas lemezelmélet

- alapfeltevések:
  - **Anyag**: ideálisan rugalmas, homogén izotróp
  - **Szerkezet**: a lemez vastagsága állandó és a másik két kiterjedéséhez képest kicsi ( $\nu = \ell_{\min}/10$ )
  - **Alakváltozások**: az alakváltozások kicsik, nem hatnak vissza a szerkezet erőjátékára
  - Érvényes a Kirchhoff-Love hipotézis, azaz a középsík valamely pontjának normálisán lévő pontja alakváltozás után is ugyanazon a normálison marad;
  - A lemez középsíkjának pontjai csak merőlegesen tolódnak el, a lemez síkjára merőleges alakváltozásoktól eltekintünk
  - Terhek: a lemez síkjára merőlegesek



# IGÉNYBEVÉTELEK

- A lemezben a függőleges terhelés hatására hajlítás, nyírás és csavarás keletkezik.
- Az igénybevételeket célszerű 1,0m széles fődémsávokra osztás alapján meghatározni, ezért fajlagos igénybevételekről beszélhetünk:
- $m_x, m_y$  : fajlagos hajlítónyomaték (kNm/m)
- $v_x, v_y$  : fajlagos nyíróerő (kN/m)
- $t_{xy}=t_{yx}$  : fajlagos csavarónyomaték (kNm/m)



# Lemezegyenlet

A  $p(x,y)$  teherrel terhelt lemez egy  $dx,dy$  eleme egyensúlyának vizsgálata alapján felírható egyensúlyi egyenlet:

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + 2 \cdot \frac{\partial^2 m_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = q$$

fizikai egyenlet:

$$\sigma_x = \frac{E}{1 - \mu_c^2} (\varepsilon_x + \mu_c \varepsilon_y); \sigma_y = \frac{E}{1 - \mu_c^2} (\varepsilon_y + \mu_c \varepsilon_x); \tau_{xy} = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu_c)} \gamma_{xy}$$

összeférhetőségi egyenlet:

$$\varepsilon_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \varepsilon_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$

# Lemezegyenlet

- Az egyensúlyi egyenlet, a fizikai és a kompatibilitási egyenletek figyelembevételével:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{k}$$

alakú Lagrange féle negyedrendű, parciális, inhomogén differenciál-egyenletté alakítható, mely a rugalmas lemezelmélet alapegyenlete A fenti összefüggésekben:

$E$  : a lemez anyagának, vb. lemez esetén a beton rugalmassági modulusa,

$\mu_c$  a harántnyúlási tényező (a Poisson tényező), melynek értéke vasbeton lemeznél  $\mu_c = 0,15 - 0,20$

$$k = \frac{E \cdot t^3}{12(1 - \mu_c^2)}$$

a lemez hajlítómerevsége.

# Lemezegyenlet

- Az egyenletben egyedüli ismeretlen a  $w(x,y)$  lehajlásfüggvény, melyet ha sikerül az adott kerületi feltételek mellett meghatározni akkor az igénybevételek ennek deriváltjaként előállíthatók:

$$m_x = -k \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right),$$

$$m_y = -k \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right),$$

$$m_{xy} = m_{yx} = -k(1 - \mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y},$$

$$v_x = -k \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right),$$

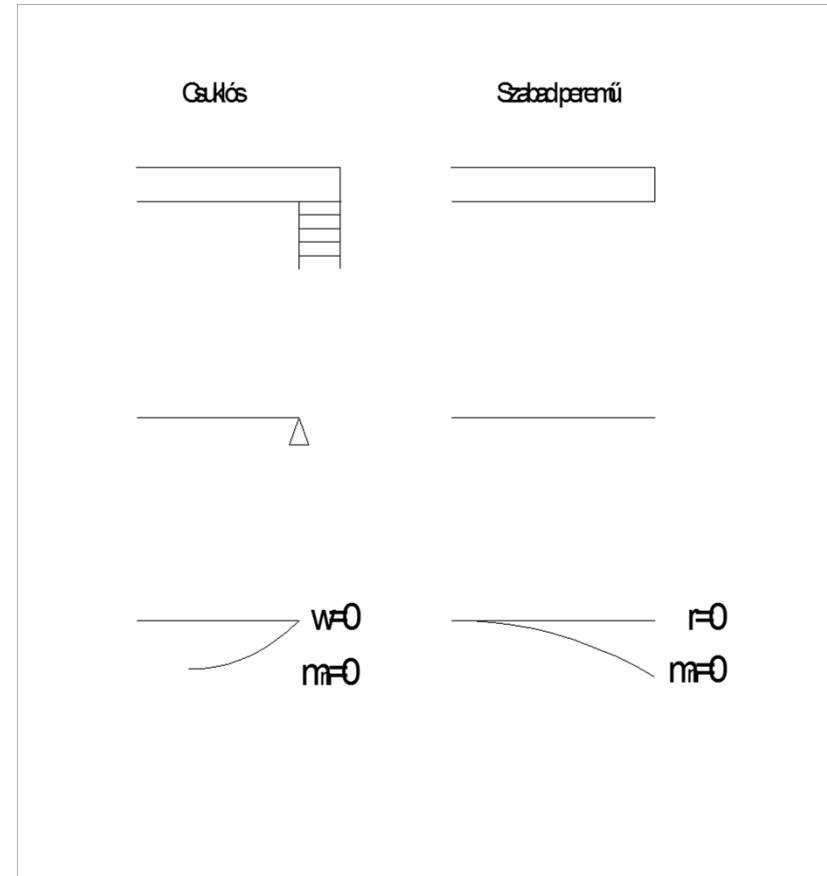
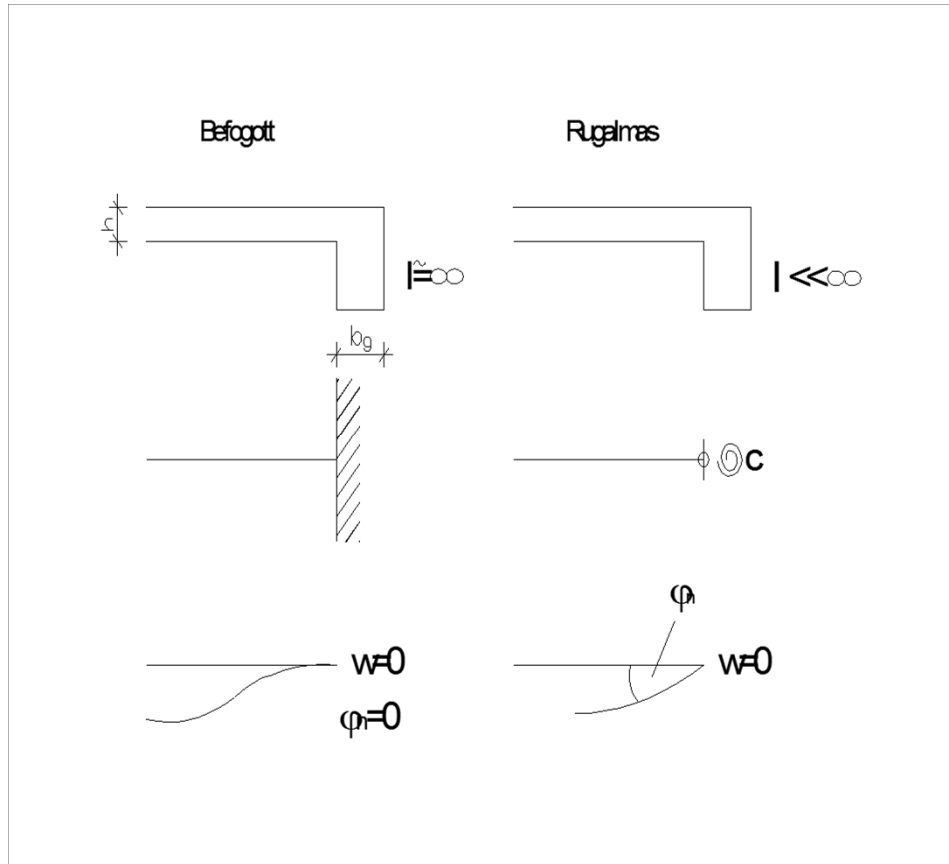
$$v_y = -k \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right),$$

# Lemezegyenlet

- A lemezegyenlet
  - Lagrange-féle,
  - negyedrendű, parciális (kétváltozós),
  - inhomogén differenciálegyenlet
- Megoldása
  - elegendő számú peremfeltétel
  - minden perempontban két peremfeltételt
    - a lemez megtámasztási viszonyainak megfelelően



# Lemezgyenylenet - peremfeltételek



# Lemezegyenlet - peremfeltételek

- Csuklós megtámasztás
  - Lehajlás  $w=0$
  - A támasz vonalára merőleges hajlítónyomaték  $m_n=0$
- Befogás
  - Lehajlás  $w=0$
  - Normális irányú szögelfordulás
- Rugalmas befogás
  - Lehajlás  $w=0$
  - Normális irányú szögelfordulás arányos a nyomatékkal
    - C rugóállandó
- Szabad perem
  - normális irányú nyomaték  $m_n=0$
  - Peremreakció  $r=0$

$$\frac{\partial w}{\partial n} = 0$$

$$\frac{\partial w}{\partial n} = \frac{1}{c} m_n$$

# Lemezegyenlet

- Mivel a differenciálegyenlet csak speciális peremfeltételek esetén oldható meg analitikusan, a kétirányban teherviselő lemezszerkezetek számítására az alábbi módok terjedtek el:
  - egyszerű esetek analitikus megoldása alapján készült táblázatok használata
  - ponthálózatra vonatkozó differenciaegyenletek számítógépes megoldása
  - végeslemes módszeren alapuló számítógépes megoldások
    - (AxisVm, FEM-design, Sofistic, Abaqus stb)

# Lemezegyenlet

Ha differenciálegyenletben a lemez deformált alakjára nézve feltesszük, hogy „y” irányú görbülettel nem rendelkezik, továbbá elcsavarodása nincs. (hengeres hajlítás esete) akkor az egyenlet a hajlított gerenda diff. egyenletévé fajul.

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = -\frac{p}{k}$$

# Lemezegyenlet

ez az eset akkor áll elő, ha  
a megtámasztási feltételek  
a lemez oldalarányi

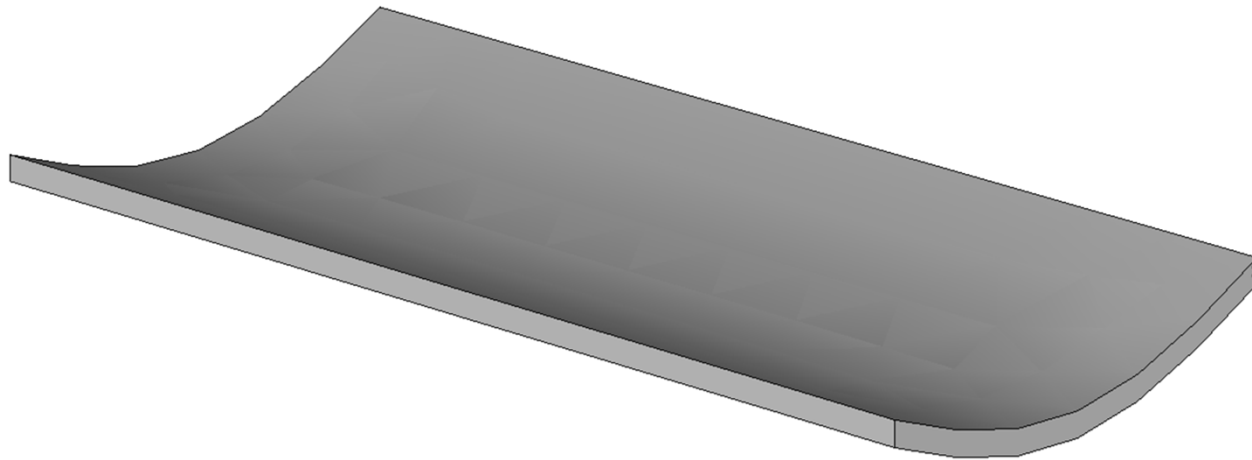
az említett alakváltozási feltételeket előidézik.

Négy oldalon megtámasztott lemezeknél az általános gyakorlati szabály, hogy  $0,5 < \ell_y / \ell_x < 2$  esetben a lemez egyirányban teherviselőnek vehető.

$$m_y = -k \left( \underbrace{\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}}_{=0} + \mu_c \underbrace{\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}}_{\neq 0} \right)$$

# Igénybevételek

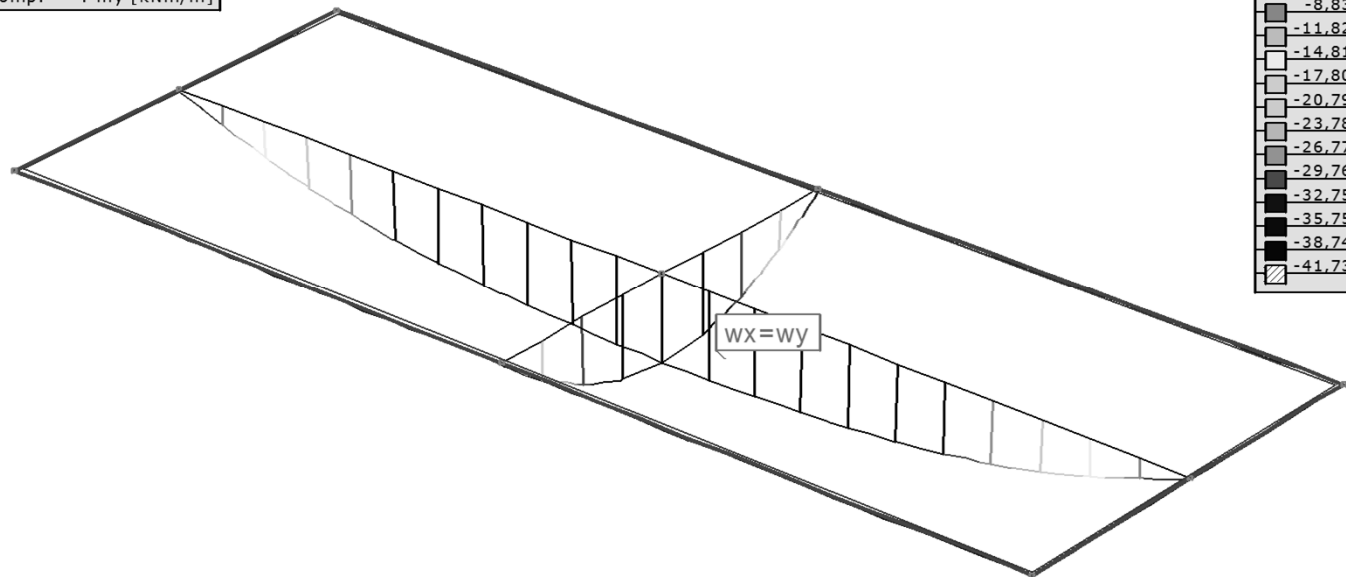
- Egyirányban teherhordó lemezekben csak  $m_x$  és  $v_x$  keletkezik. (lemezek esetén az index a nyomaték változásának irányát jelöli)



# Közelítő módszerek sávmódszer

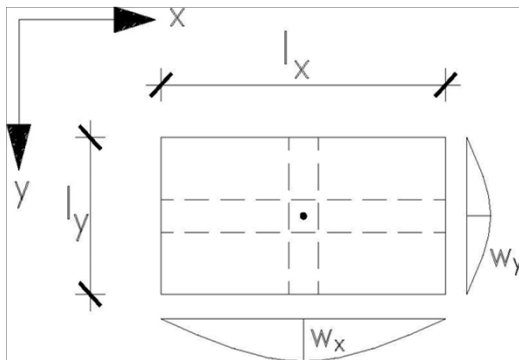
Az alapötlete az, hogy a lemezből a maximális lehajlás helyén  $x$  és  $y$  irányában egy-egy egymást keresztező, egységnyi szélességű lemezsávot vágunk ki, melyeket a saját irányukban önállóan működő gerendáknak tekintünk.

E (ER) : 3,06E-12  
Komp. : my [kNm/m]



# Sávmódeszer

Ezzel, a csavarási ellenállást figyelembe vevő tag elhanyagolása miatt, a rugalmas lemezek Lagrange féle differenciálegyenlete:



$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = -\frac{p}{k}$$

ahol a baloldal első tagja egységnyi szélességű  $x$  irányú, a második pedig szintén egységnyi szélességű, de  $y$  irányú gerenda alakváltozás-teher összefüggéseként értelmezhető.

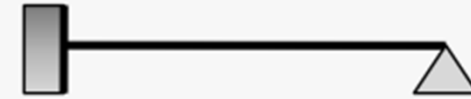
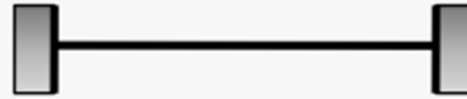


# Sávmódszer

- Ha az x irányú tartó által viselt megoszló teherrész  $p_x$  és az y irányú tartó által viselt teherrész  $p_y$ , és a lemez felületére  $q$  egyenletesen megoszló teher működik, akkor az egyensúly alapján:
  - $p_x + q_y = p = const.$
- A két sáv kereszteződési pontjában a lehajlás azonos értékű, ezért a kompatibilitási feltétel :  $w_x = w_y$
- A lemezsávok rugalmas vonalának differenciálegyenlete alapján a lehajlások értékei:

$$w_x = c_x \frac{p_x \ell_x^4}{EI_x}; w_y = c_y \frac{p_y \ell_y^4}{EI_y}$$

## Megtámasztási viszonyok



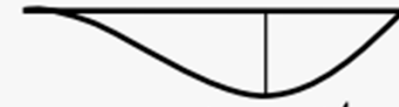
### Lehajlás



$$w = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$$



$$w = \frac{1}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$$



$$w = \frac{2}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$$

### Hajlítónyomaték

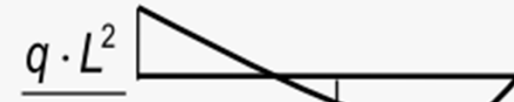


$$\frac{q \cdot L^2}{8}$$



$$\frac{q \cdot L^2}{12}$$

$$\frac{q \cdot L^2}{24}$$



$$\frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$\frac{q \cdot L^2}{16}$$

# sávmódszer

Figyelembe véve, hogy  $l_x \approx l_y$ , a két egyenletet egyenlővé téve:

$$c_x p_x l_x^4 = c_y p_y l_y^4$$

ebből: 
$$p_x = \frac{c_y l_y^4}{c_x l_x^4} p_y$$

bevezetve:

$$a = \frac{c_y l_y^4}{c_x l_x^4}$$

jelölést

$$p_x = a \cdot p_y$$

figyelembe véve, hogy:

$$p = p_x + p_y \rightarrow p = a \cdot p_y + p_y \rightarrow p = (1 + a) p_y$$

tehát:

$$p_y = \frac{1}{1 + a} p$$

$$p_x = \frac{a}{1 + a} p$$

A lemezsávok maximális nyomatékai ezután az adott irányú sávra működő teherrészből a megtámasztási viszonyok függvényében számíthatók.

# sávmódszer

- A kétirányú teherviselést mindkét irányban azonos megtámasztású lemezsávok esetén csak  $0,5 < \ell_x / \ell_y < 2,0$  esetben érdemes figyelembe venni, mivel ha:

$$\frac{c_y}{c_x} = 1, \frac{\ell_y}{\ell_x} = 2$$

$$a = 16$$

$$p_y = \frac{1}{1+16} p = \frac{1}{17} p$$

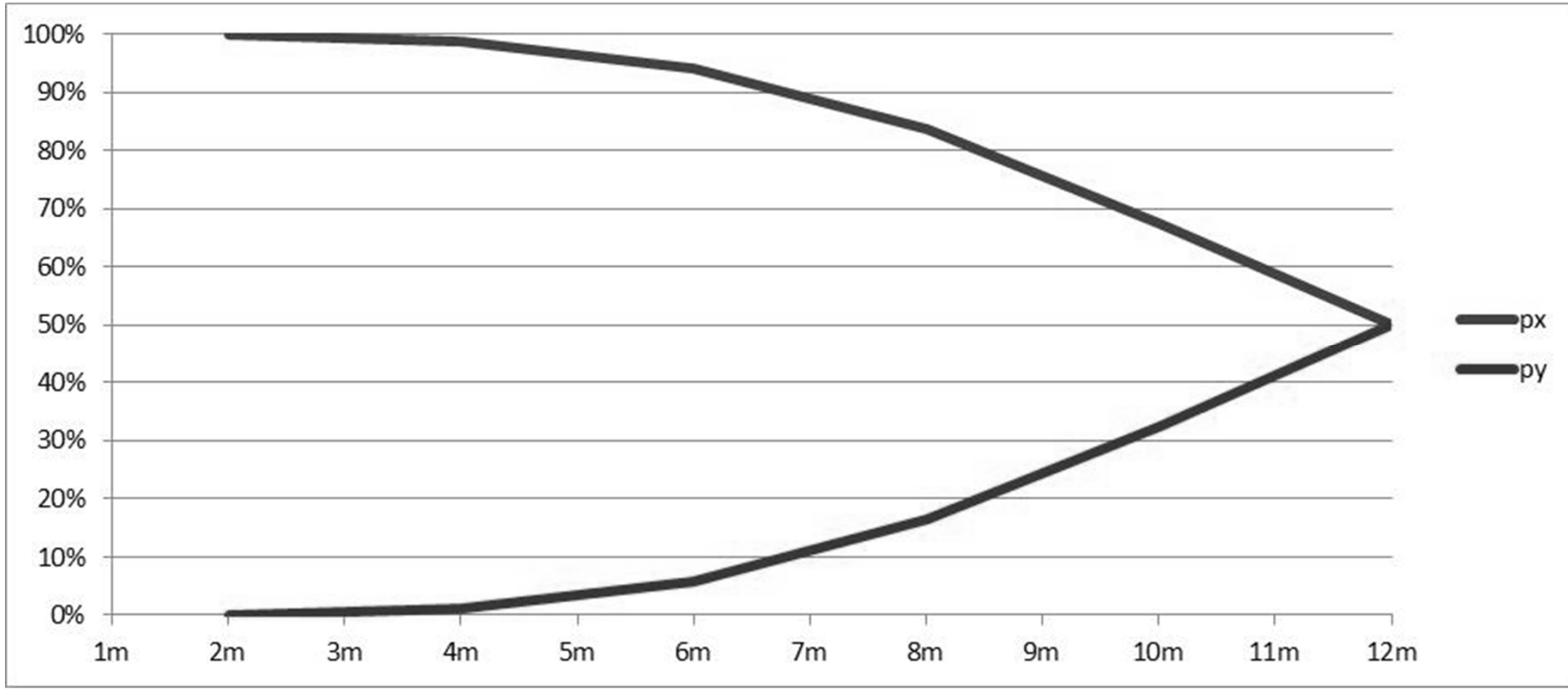
az összteher 6%-a

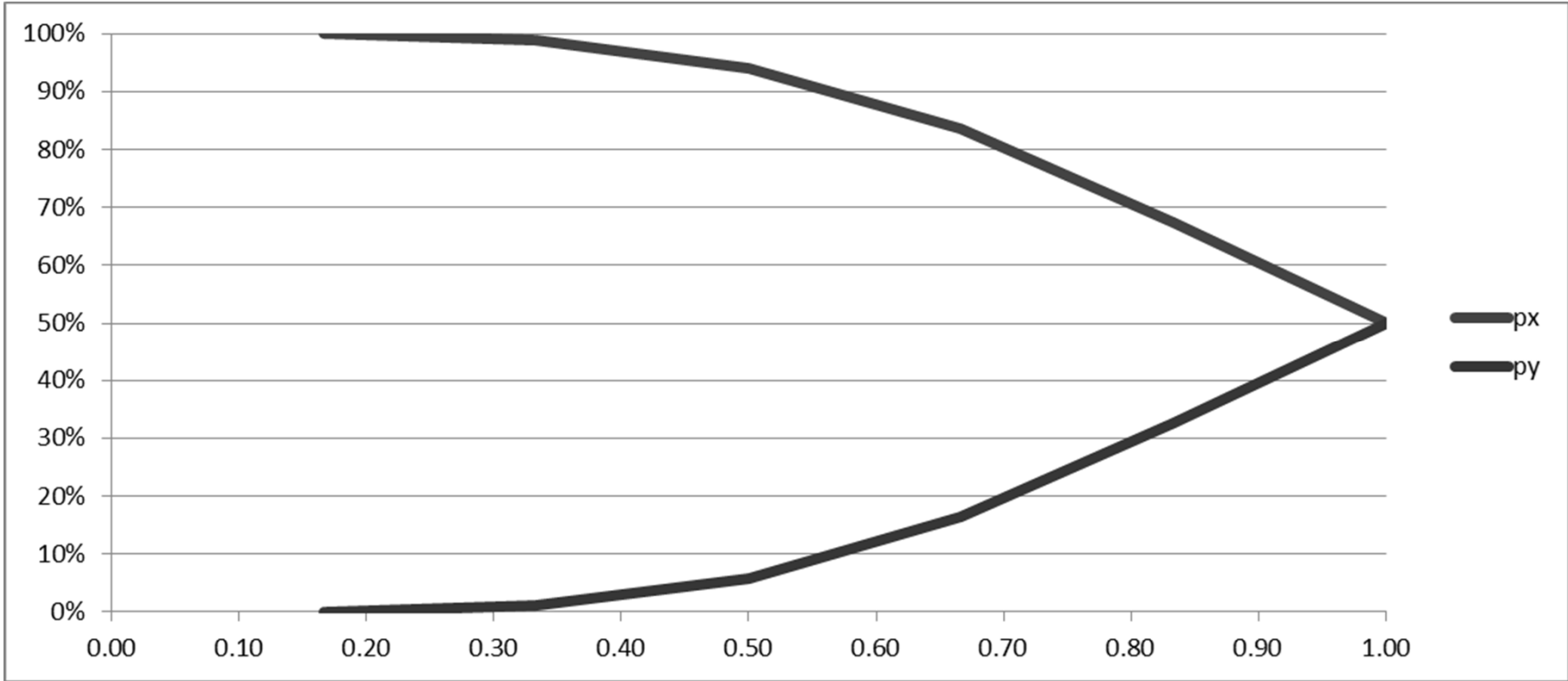
$$p_x = \frac{16}{1+16} p = \frac{16}{17} p$$

az összteher 94%-a

A sávmódszer elhanyagolja a keresztező lemezsávok egymásra gyakorolt hatásából fellépő csavarónyomatékokat, ezért a hajlítónyomatékokat a biztonság javára szolgáló közelítéssel állapítja meg

		p=	20kN/m <sup>2</sup>						
ℓ <sub>y</sub>		a	p <sub>x</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	p <sub>y</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	m <sub>x</sub> [kNm/m]	m <sub>y</sub> [kNm/m]	x	y	
	12m								
ℓ <sub>x</sub>	12m	1.00	10.00	10.00	180.00	180.00	50.0%	50.0%	
	10m	2.07	13.49	6.51	168.66	117.13	67.5%	32.5%	
	8m	5.06	16.70	3.30	133.61	59.38	83.5%	16.5%	
	6m	16.00	18.82	1.18	84.71	21.18	94.1%	5.9%	
	4m	81.00	19.76	0.24	39.51	4.39	98.8%	1.2%	
	2m	1296.00	19.98	0.02	9.99	0.28	99.9%	0.1%	





# Marcus módszer

- Marcus dolgozta ki a sávmódszer alapján a csavarónyomaték hatásának figyelembevételével.
- A lemezre működő terheket Marcus az alábbiak szerint
  - $p'_x + p'_y + p''_x + p''_y = p = \text{const.}$  alakban bontotta fel,
  - Ahol a  $p''_x + p''_y = p_{xy}$  tag a csavarási ellenállásnak megfelelő teherrészt veszi figyelembe.



# Marcus módszer

Az  $x$  és  $y$  irányú csavarási tagokra Marcus a következő összefüggést vezette le:

$$p_x'' = \frac{5}{6} \left( \frac{l_x}{l_y} \right)^2 \frac{m_x}{m_{ox}} p_x$$
$$p_y'' = \frac{5}{6} \left( \frac{l_y}{l_x} \right)^2 \frac{m_y}{m_{oy}} p_y$$

- $m_x$  és  $m_y$  a sávmódszerrel meghatározható mezőközépi fajlagos hajlítónyomatékok,
- $m_{ox}$  és  $m_{oy}$  a kéttámaszúnak tekintett  $x$  és  $y$  irányú lemezsávok maximális nyomatékai a teljes  $q$  teherből,
- $p_x$  és  $p_y$  a sávmódszerrel meghatározható teherrészek

Fentiek alapján a  $p'_x$  és  $p'_y$  hajlítási teherhányadok a  $p'_x = p_x - p''_x$  és  $p'_y = p_y - p''_y$  kifejezések segítségével számíthatók, melyekből a lemez hajlítónyomatékai a megtámasztási viszonyoktól függően határozhatók meg.

# MARCUS MÓDSZER

- A csavarási taggal módosított hajlítási teherhányad, illetve az abból számítható nyomatékok meghatározására Marcus az alábbi ábrán feltüntetett alapesetekre dolgozott ki táblázatokat.



# SEGÉDTÁBLÁZATOK

- Ma már a Marcus féle táblázatok nem használatosak, de a számítás egyszerűsége miatt sok esetben hasznos segítséget adhatnak.
- Korszerűbb módszert jelentenek a Bares és a Czerny féle segédtáblázatok, amelyek a lemezegyenlet pontos megoldásán, de egyúttal  $\mu=0$  egyszerűsítő feltevésen alapulnak. Megjegyzendő, hogy a harántkontrakció elhanyagolása nem jelent durva közelítést mert a lemez repedt-rugalmas állapotában a  $\mu$  értéke a húzott övben nagymértékben lecsökken.

# SEGÉDTÁBLÁZATOK

L<sub>1</sub> lemez:

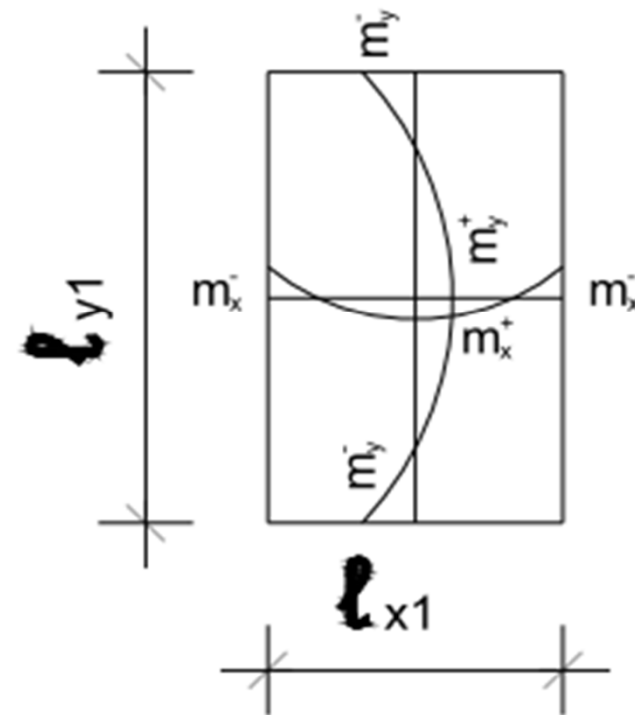
$$m_x^- = -\frac{p'_m \times l_{x1}^2}{\alpha_1}$$

$$m_x^+ = -\frac{p'_m \times l_{x1}^2}{\alpha_2}$$

$$m_y^- = -\frac{p'_m \times l_{x1}^2}{\alpha_3}$$

$$m_y^+ = -\frac{p'_m \times l_{x1}^2}{\alpha_4}$$

L<sub>1</sub> lemez



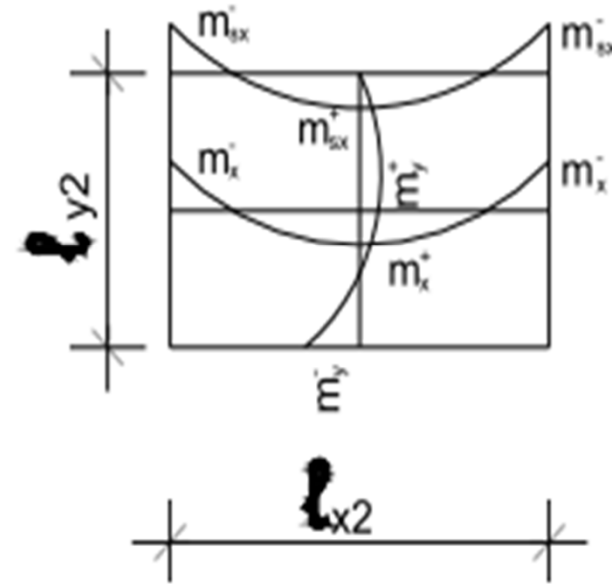
$l_y/l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$\alpha_1$	19,4	17,1	15,5	14,5	13,7	13,2	12,8	12,5	12,3	12,1	12,0
$\alpha_2$	56,8	46,1	39,4	34,8	31,9	30,6	28,1	26,9	26,0	25,4	25,0
$\alpha_3$	19,4	18,4	17,9	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
$\alpha_4$	56,3	60,3	65,8	73,6	83,4	93,5	98,1	101,3	103,3	104,0	103,0

# SEGÉDTÁBLÁZATOK

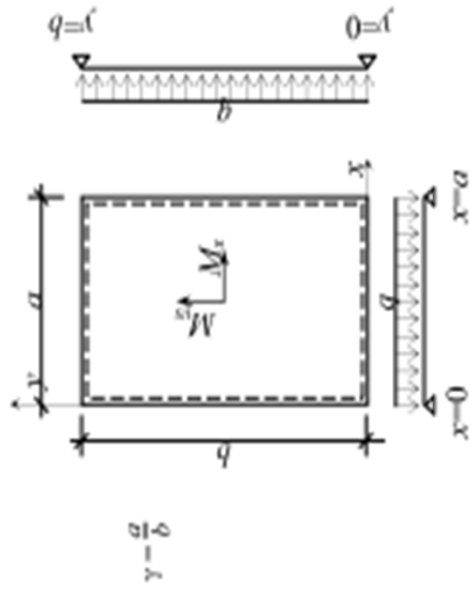
$$m_{x}^{-} = -\frac{p'_{m} \times l_{x2}^2}{\beta_1} \quad m_{x}^{+} = -\frac{p'_{m} \times l_{x2}^2}{\beta_2}$$

$$m_{xs}^{-} = -\frac{p'_{m} \times l_{x2}^2}{\beta_3} \quad m_{xs}^{+} = -\frac{p'_{m} \times l_{x2}^2}{\beta_4}$$

$$m_{y}^{-} = -\frac{p'_{ms} \times l_{x2}^2}{\beta_5} \quad m_{y}^{+} = -\frac{p'_{ms} \times l_{x2}^2}{\beta_6}$$

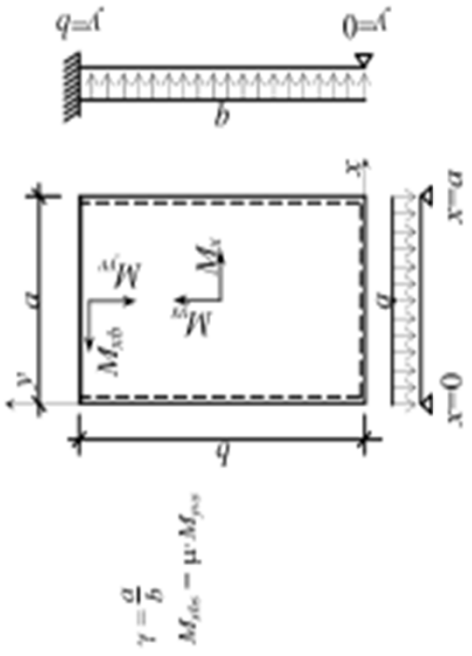


$l_y/l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\beta_1$	6,79	6,89	7,26	7,89	8,79	9,98	11,98	13,08	14,98
$\beta_2$	57,08	37,91	25,43	22,78	23,16	24,92	27,49	30,65	34,30
$\beta_3$	2,15	2,27	2,71	3,43	4,45	5,77	7,41	9,35	11,59
$\beta_4$	19,24	18,91	10,69	10,64	11,87	13,94	16,73	20,18	24,29
$\beta_5$	2,41	2,71	3,61	4,93	6,66	8,81	11,34	14,29	17,59
$\beta_6$	104,2	62,46	43,24	41,67	48,00	58,45	72,73	89,55	108,70



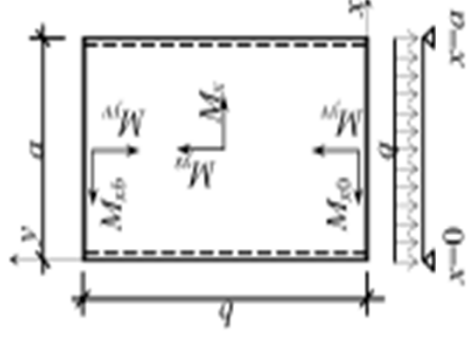
**Tab. 1.7**

$\gamma$	$w_x$	$\mu=0,15$	
		$M_{xx}$	$M_{yy}$
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**

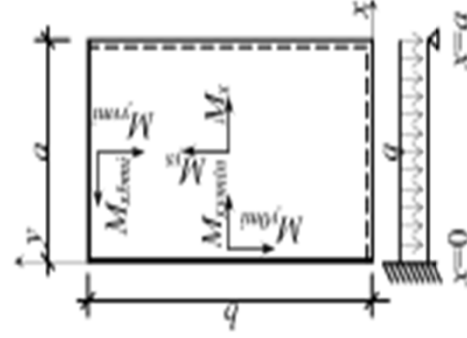
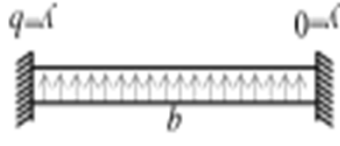
$\gamma$	$w_x$	$\mu=0,15$	
		$M_{xx}$	$M_{yy}$
0,50	0,1087	0,0908	0,0084
0,55	0,0981	0,0826	0,0109
0,60	0,0881	0,0747	0,0135
0,65	0,0786	0,0670	0,0162
0,70	0,0698	0,0599	0,0192
0,75	0,0618	0,0533	0,0221
0,80	0,0544	0,0472	0,0249
0,85	0,0479	0,0417	0,0277
0,90	0,0421	0,0369	0,0304
0,95	0,0370	0,0327	0,0330
1,00	0,0326	0,0291	0,0354
1,10	0,0253	0,0228	0,0399
1,20	0,0197	0,0180	0,0438
1,30	0,0155	0,0143	0,0471
1,40	0,0123	0,0115	0,0500
1,50	0,0099	0,0094	0,0524
1,60	0,0079	0,0076	0,0544
1,70	0,0063	0,0062	0,0561
1,80	0,0052	0,0052	0,0575
1,90	0,0043	0,0044	0,0586
2,00	0,0036	0,0037	0,0594
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$



$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x0b} = M_{x0a}$$

$$M_{x0a} = \mu \cdot M_{y0b}$$



$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x0a0} = \mu \cdot M_{y0a0}$$

$$M_{x0a0} = \mu \cdot M_{y0a0}$$

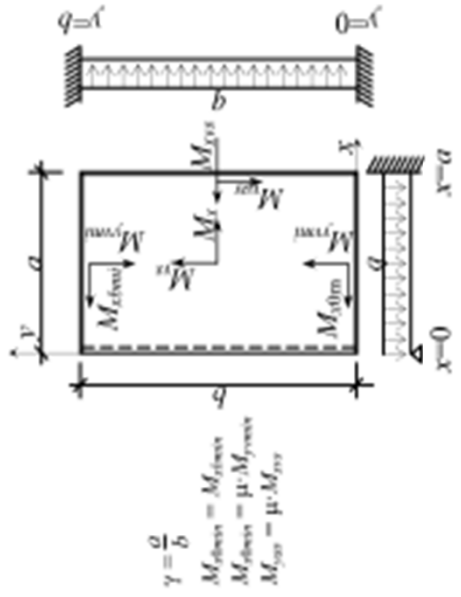
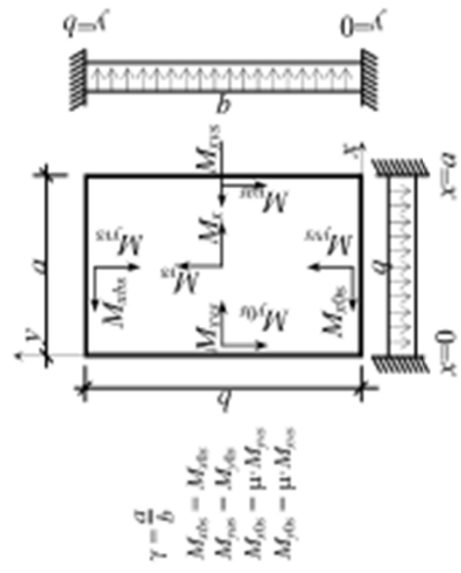


**Tab. 1.9**

$\gamma$	$w_s$	$M_{x0}$		$M_{y0}$		$\mu=0,15$
		$M_{x0}$	$M_{y0}$	$M_{x0}$	$M_{y0}$	
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		
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	

**Tab. 1.10**

$\gamma$	$w_s$	$M_{x0}$		$M_{y0}$		$\mu=0,15$
		$M_{x0}$	$M_{y0}$	$M_{x0}$	$M_{y0}$	
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	
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$



Tab. 1.12

$\gamma$	$w_s$	$M_{x0}$		$M_{y0}$		$\mu=0,15$
		$M_{x0a}$	$M_{x0b}$	$M_{y0a}$	$M_{y0b}$	
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,0143	$M_{x0b}$
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	
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

Tab. 1.11

$\gamma$	$w_r$	$M_{x0}$		$M_{y0}$		$\mu=0,15$
		$M_{x0a}$	$M_{x0b}$	$M_{y0a}$	$M_{y0b}$	
0,50	0,0528	0,0550	0,1135	0,0045	0,0203	$M_{x0a}$
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	0,0842	
2,00	0,0018	0,0022	0,0141	0,0412	0,0847	
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

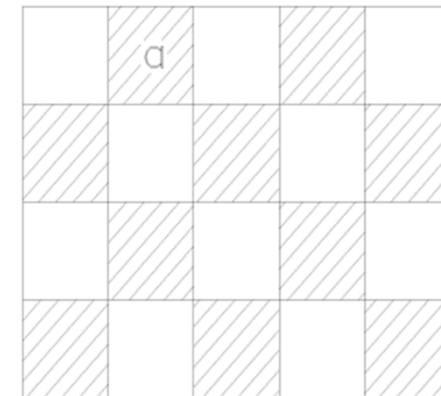
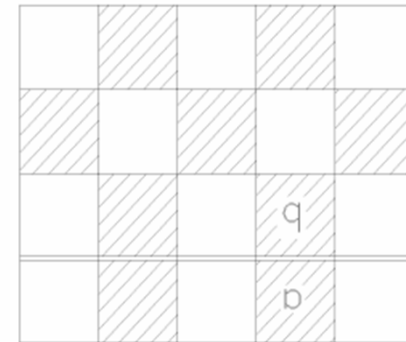


# Összetett lemezek

- Az összetett lemezek igénybevételeit általában mezőnként elkülönítve határozzuk meg. A csatlakozó vonalaknál kialakuló támasznyomatéki különbségeket vagy Cross-módszerrel, vagy képlékeny nyomatékátrendezéssel egyenlítjük ki.
- Az esetleges teher mértékadó elhelyezése szempontjából a több mezőből álló lemezrendszer mindkét irányban a többtámaszú folytatólagos tartóhoz hasonlóan mértékadóan kell leterhelni.

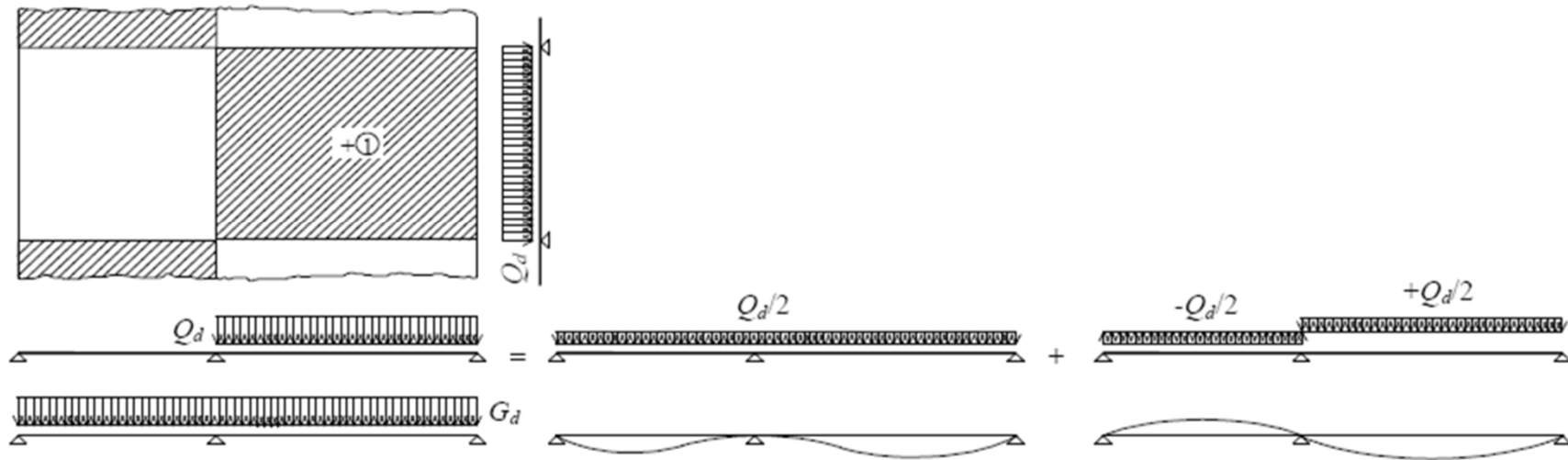
# Összetett lemezek

- Egy adott perem menti támasznyomaték szempontjából az adja a mértékadó igénybevételt, ha a szomszédos mindkét mezőt lemezmezőt leterheljük.
- A mezőközépi pozitív nyomatékra akkor kapjuk a mértékadó igénybevételt, ha a mezőt magát, majd pedig attól számítva a második nyílásokat leterheljük (sakktáblaszabály)



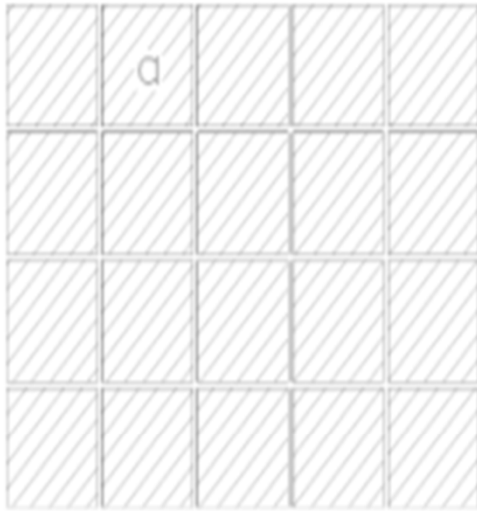
# Lemezrendszer közelítő számítása

- a lemezvastagság minden mezőben azonos,
- a lemezmezők hajlításra mereven kapcsolódnak egymáshoz, de a megtámasztási vonalak mentén szabadon elfordulhatnak,
- a szomszédos lemezmezők fesztávolságainak aránya mindkét irányban 0,8 és 1,25 között



- Különálló lemezen a csatlakozó peremeken:
  - $q' = g + p/2$  teherre  $\rightarrow$  merev befogás
  - $q'' = \pm p/2$  teherre  $\rightarrow$  Csuklós megtámasztás
  - Maximális mezőnyomaték a két terheléshez tartozó nyomaték összegeként határozható meg
  - Minimális mezőnyomaték a két terheléshez tartozó nyomaték különbségeként határozható meg

# Leterhelés - mezőnyomaték



Lemezrendszer mértékadó  
leterhelése mezőnyomatékra

$$q' = g + \frac{p}{2}$$

$$q'' = \pm \frac{p}{2}$$



$$q' = g + \frac{p}{2}$$



$$q'' = +\frac{p}{2}$$

- Állandó teher : teljes lemezrendszer
- Hasznos teher : sakktábla szerű
  - Leterhelés

- Különálló lemezen a csatlakozó peremeken:
  - $q' = g + p/2$  teherre  $\rightarrow$  merev befogás
  - $q'' = \pm p/2$  teherre  $\rightarrow$  Csuklós megtámasztás
  - Maximális mezőnyomaték a két terheléshez tartozó nyomaték összegeként határozható meg
  - Minimális mezőnyomaték a két terheléshez tartozó nyomaték különbségeként határozható meg



Lemezrendszer  
mértékadó  
leterhelése  
támasznyomatékra

$$q' = g + \frac{p}{2}$$

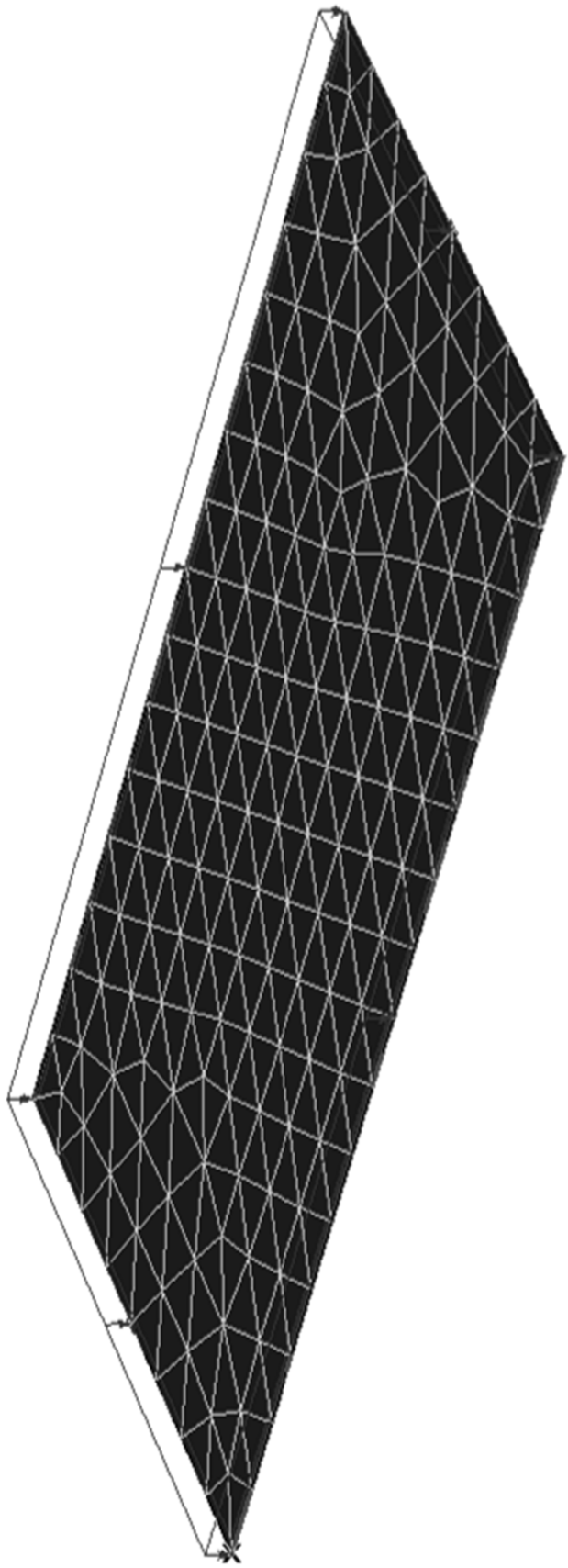


$$q' = g + \frac{p}{2}$$

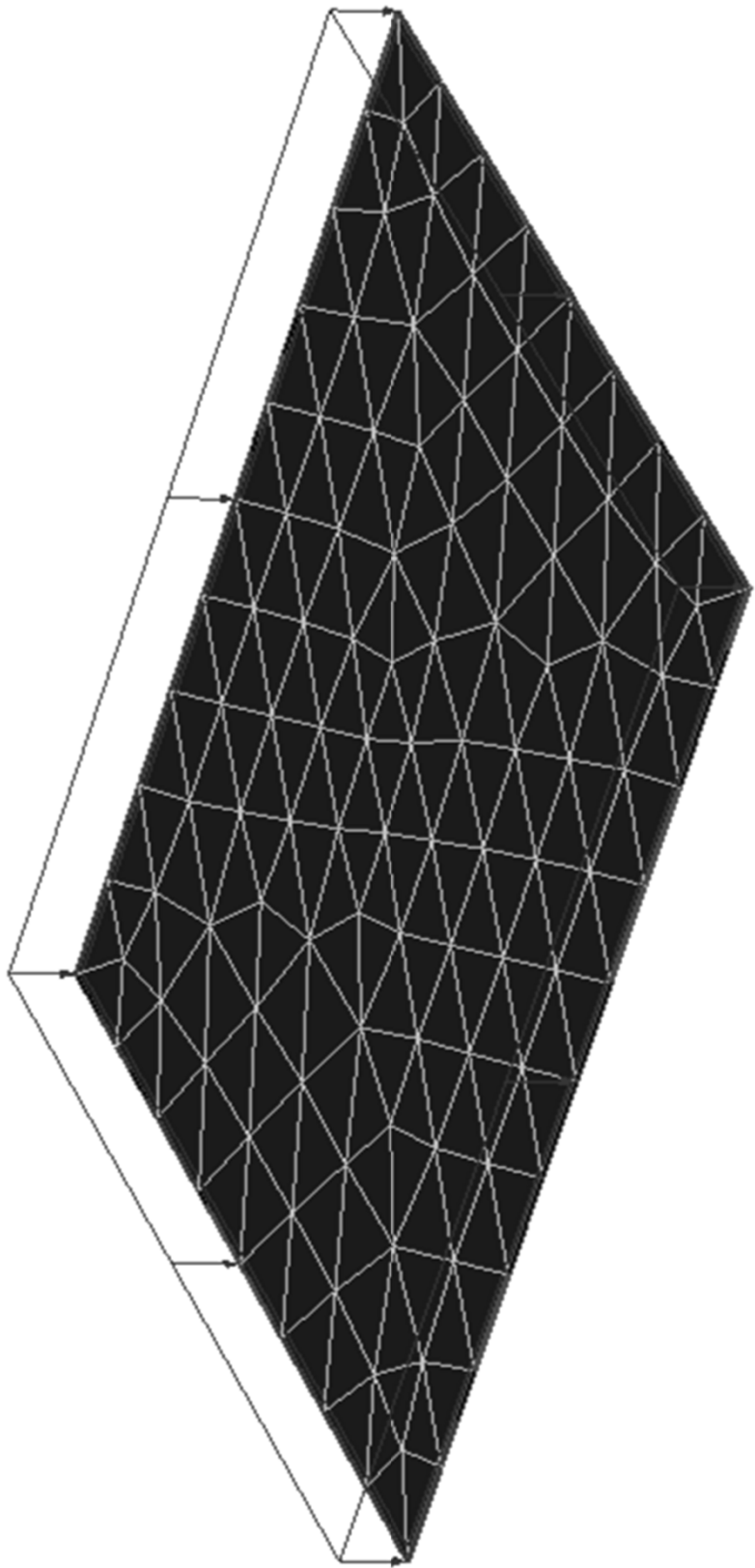
$$q'' = g \pm \frac{p}{2}$$



$$q'' = +\frac{p}{2}$$







# Szerkesztési szabályok

- monolit lemez legkisebb vastagsága:
  - nyírási vasalás nélkül >70mm
  - nyírási vasalással >200mm
  - a vasalás mennyisége:
    - $A_{s,min} = \rho_{min} bd$  ;  $A_{s,max} = 0,04bh$

$f_{yk}$	A minimális vashányad $\rho_{min}$ (‰)								
	Beton szilárdsági osztály								
	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/67
500	1,3	1,3	1,3	1,35	1,51	1,66	1,82	1,98	2,13
400	1,3	1,3	1,43	1,69	1,89	2,08	2,28	2,47	2,67

# Szerkesztési szabályok

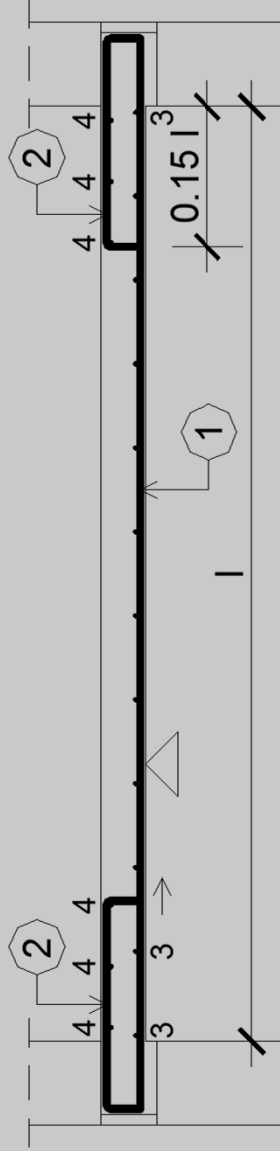
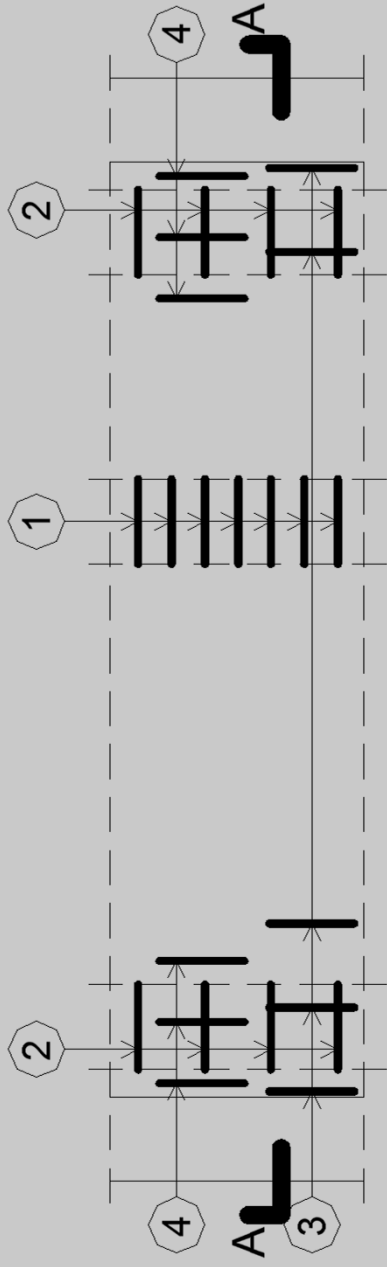
- egyirányban teherhordó lemezek elosztó vasalása:
  - legalább a fővasalás 20%-a, a minimális vashányad biztosításával
  - legnagyobb vastávolság
  - legnagyobb vasátmérő  $\varnothing_{\max} \leq h/10$

Lemezvastagság	Fővasalás	elosztóvasalás
mm	$s_{\max}(\text{mm})$	$s_{\max}(\text{mm})$
$h \geq 300$	250	300
$150 \leq h \leq 250$	$h$	300
$h < 150$	150	300

# Szerkesztési szabályok

- vasalás a támaszok környezetében
  - A mezőben méretezett vasalásnak legalább az 50%-át a támaszig kell vezetni, és itt megfelelően le kell horgonyozni
- Részleges befogásra tervezendő felső vasalás:
  - szélső nem befogott támasz felett  $0,15M1_{\max}$
  - közbenső támasz felett  $0,25 \max(M1, M2)$
- Szabad lemezszél vasalásának geometriai kialakítása  $0,2As$  – szegővas
- Konzollemez felső húzott vasalását legalább a konzolkinyúlás 25%-al növelt értékével megegyező hosszal túl kell vezetni a támaszvonalon

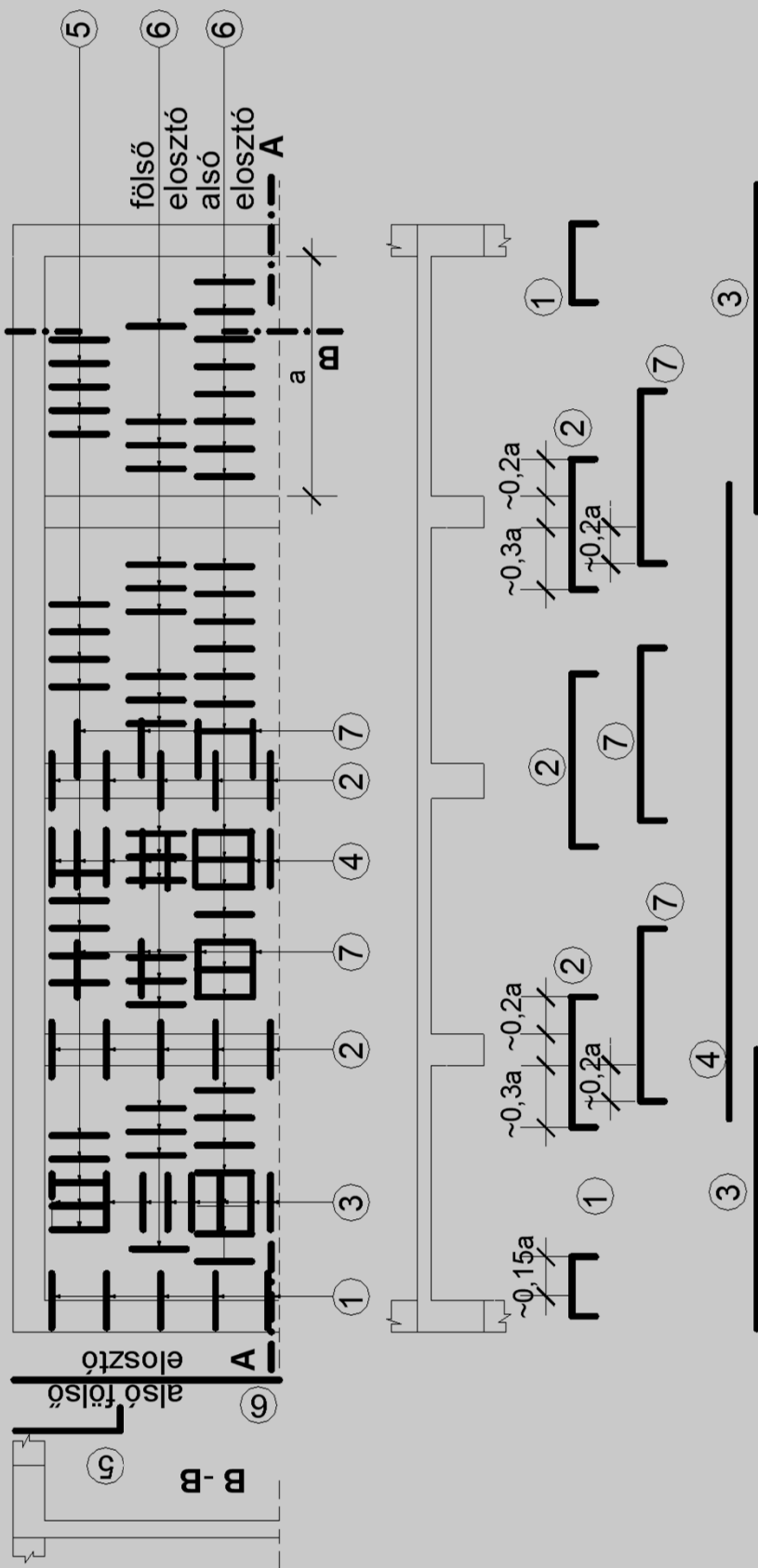
ALAPRAJZI RÉSZLET:



A - A

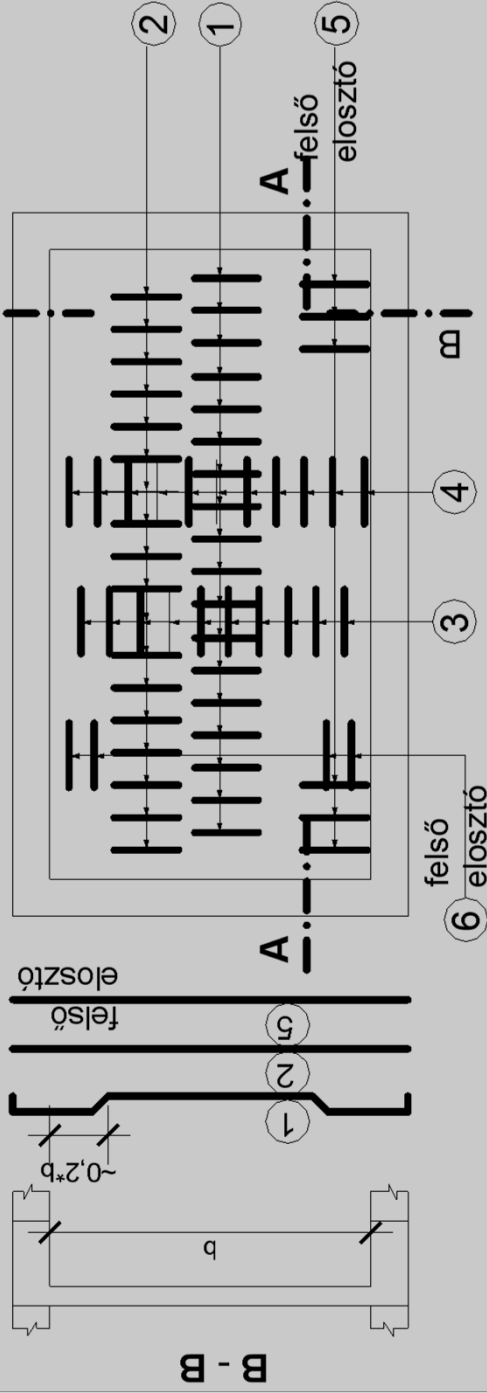


Mezőnkénti lemezvasalás ("b" változat)  
 Alsó egyenes, felső hajlított vasbetétek



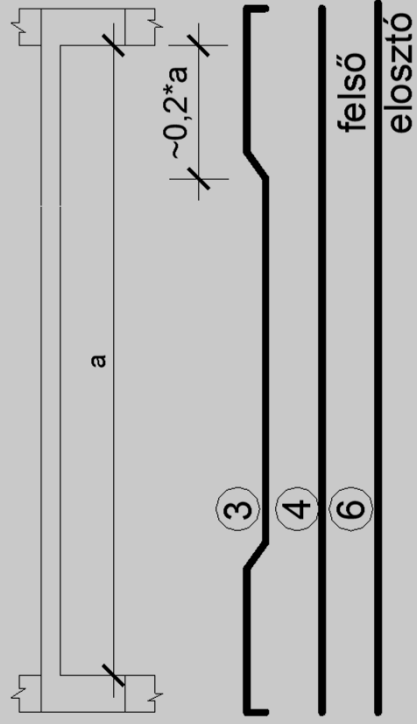
# Kéttámaszú, szabadon felfekvő lemezvasalás

Egyenes és felgörbített acélbetétek



A - A

- 1, 2, 3, 4 fővasbetétek
- 5, 6 elosztóvasak



### Alsó egyenes és felső pótvásbetétek

