TARTÓSZERKEZETEK II.

VASBETONSZERKEZETEK

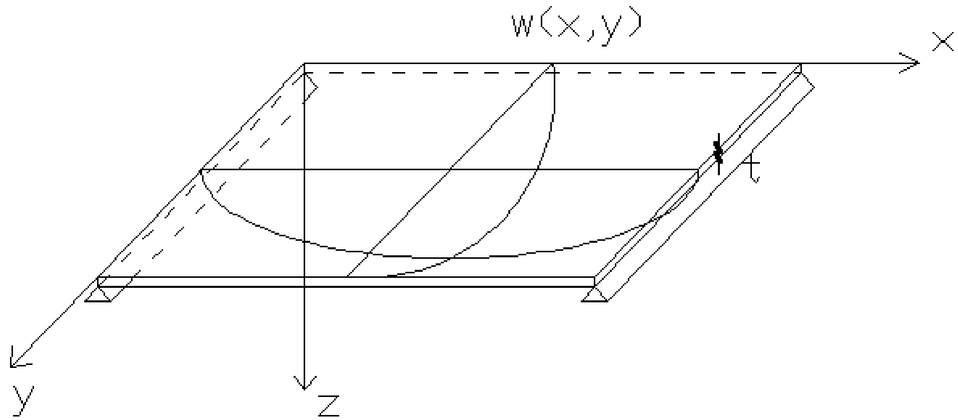
2010.02.25.

Felületszerkezetek

- Lemez
  - Felület síkjára merőleges terhelés
- Tárcsa
  - Felület síkjába eső terhelés
- Héj
  - Felület síkjára merőleges és a felület síkjába eső terhelés
  - Görbült felület

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

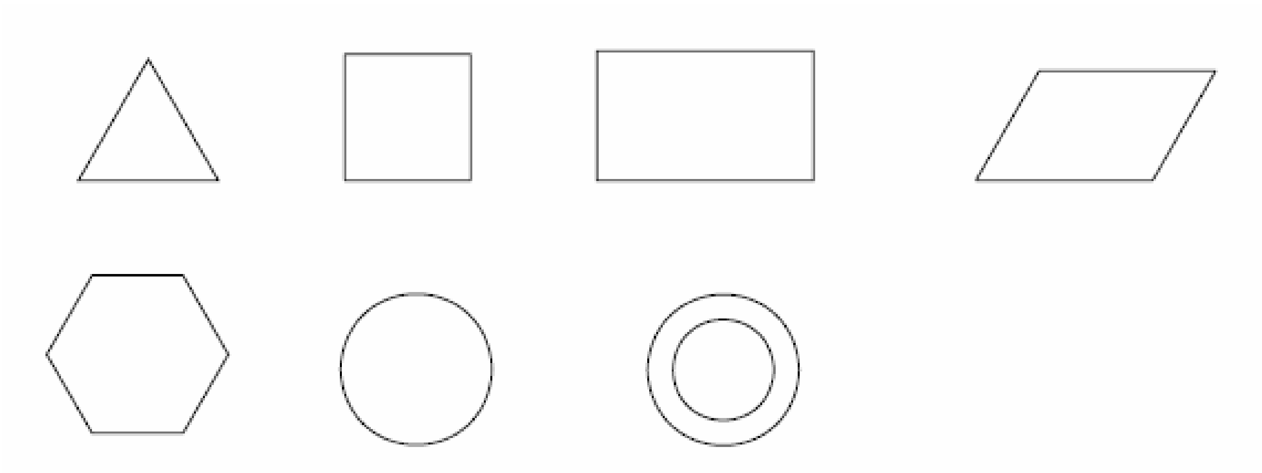
Előnyök:

- 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



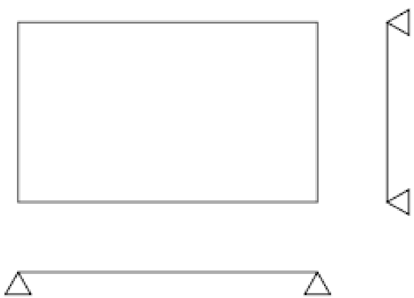
VASBETON LEMEZEK

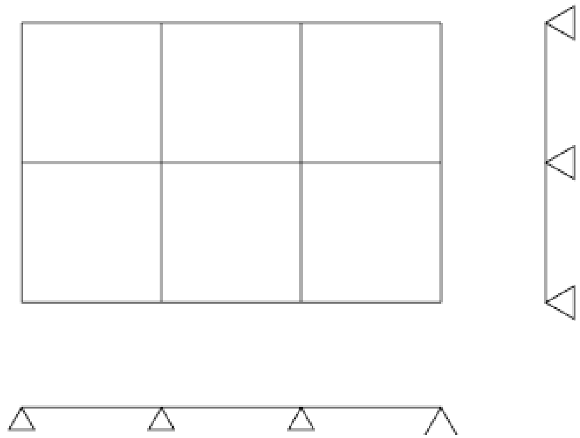
- A lemezek osztályozása: a megtámasztás módja szerint, pereme mentén:
  - szabad szélű,
  - csuklós,
  - befogott,
  - mindegyik megtámasztás lehet fix, vagy süllyedő
- a befogás elvileg lehet merev befogás, de ez nehezen megvalósítható, vastag beton falakba lehetséges.
- A csatlakozó szomszédos födémmezőkbe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

Rugalmas lemezelmélet

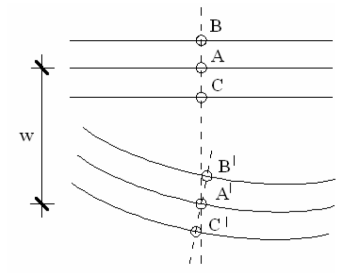
A vasbeton lemezek anizotróp viselkedésétől eltekintünk

Berepedetlen (repedésmentes), és berepedt (II. feszültségállapotban lévő) vasbeton lemez lineárisan homogén viselkedése biztosított. A berepedt állapotot csökkentett inerciával (hajlítási merevséggel) kell figyelembe venni.

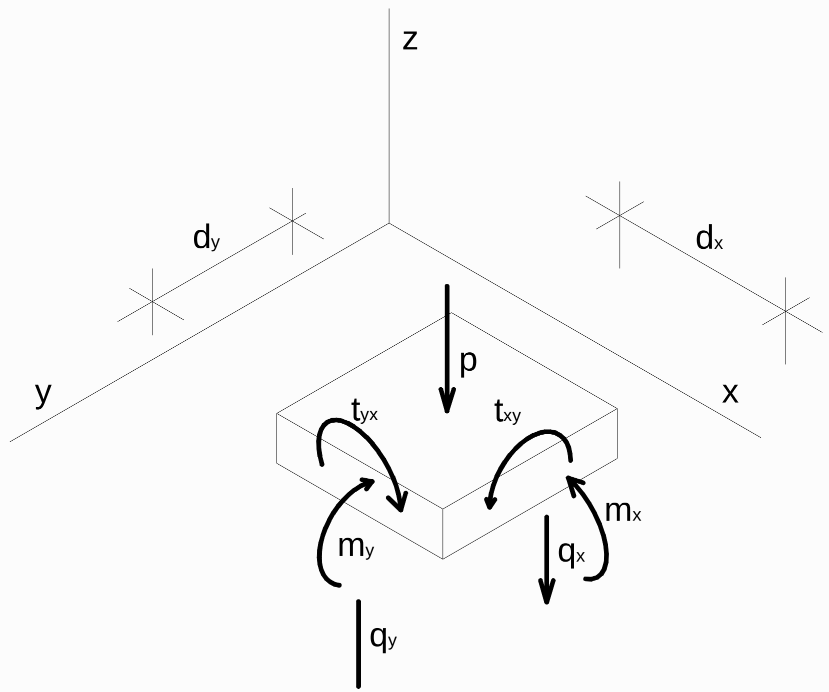
- Ez alapján kimondhatjuk, hogy a rugalmas lemezelmélet használati határállapotban elegendően pontos.

Rugalmas lemezelmélet

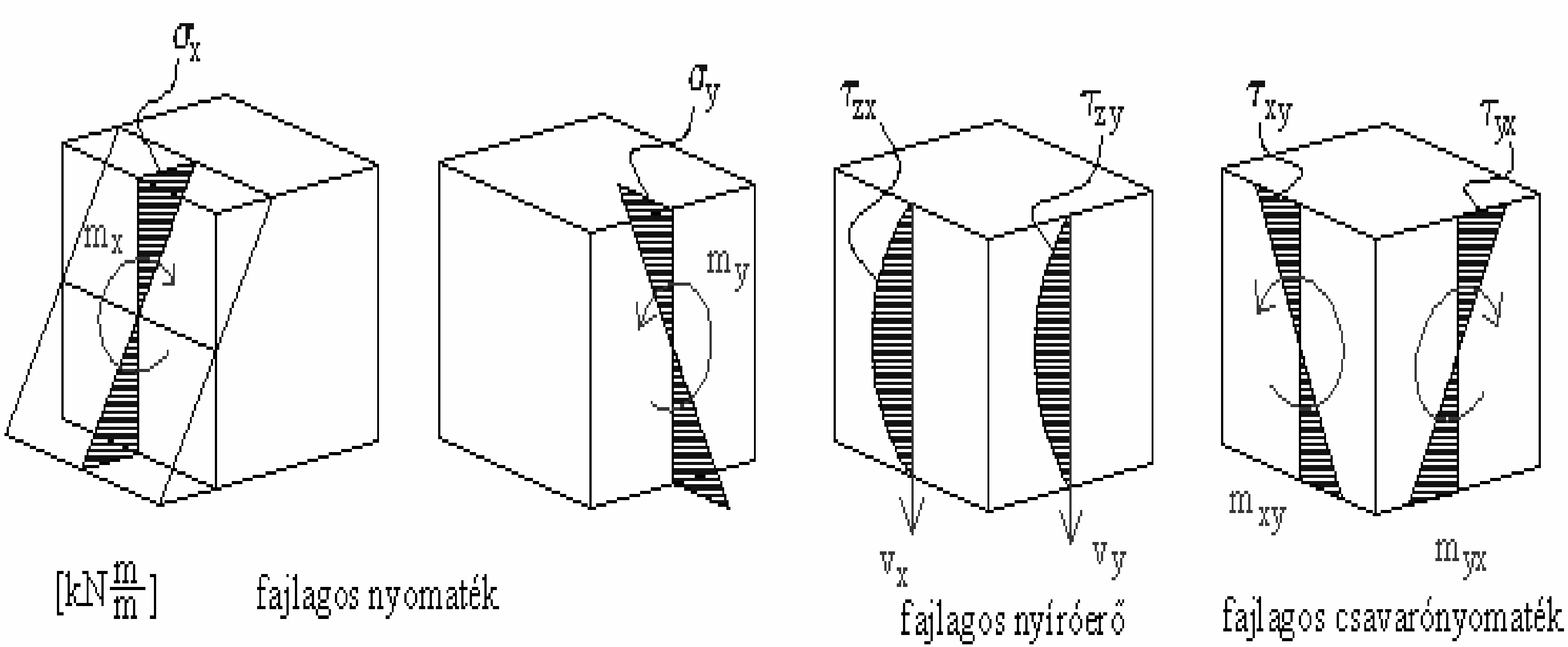
- alapfeltevések:
  - **Anyag**: ideálisan rugalmas, homogén izotróp
  - **Szerkezet**: a lemez vastagsága állandó és a másik két kiterjedéséhez képest kicsi (v=ℓ_{min}/5)
  - **Alakváltozások**: az alakváltozások kicsik, nem hatnak vissza a szerkezet erőjátékára
  - Érvényes a Kirchoff-Love hipotézis, 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 lakváltozásoktól eltekintünk
  - Terhek: a lemez síkjára merőlegesek



IGÉNYBEVÉTELEK



- A lemezben a függőleges terhelés hatására hajlítás, nyírás és csavarás keletkezik.
- Az igénybevételeket célszerű 1,0m széles födémsávokra 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)



σ_x
m_x
σ_y
m_y
τ_{zx}
τ_{zy}
v_x
v_y
τ_{xy}
τ_{yx}
m_{xy}
m_{yx}
$[kN\frac{m}{m}]$
fajlagos nyomaték
fajlagos nyíróerő
fajlagos csavarónyomaték

IGÉNYBEVÉTELEK

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

LEMEZEGYENLET

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

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

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,
μc a harántnyúlási tényező (a Poisson tényező), melynek értéke vasbeton lemeznél μc = 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:

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

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

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

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

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

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 differeciaegyenletek számítógépes megoldása
  - végeslem módszeren alapuló számítógépes megoldások

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.

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

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.

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

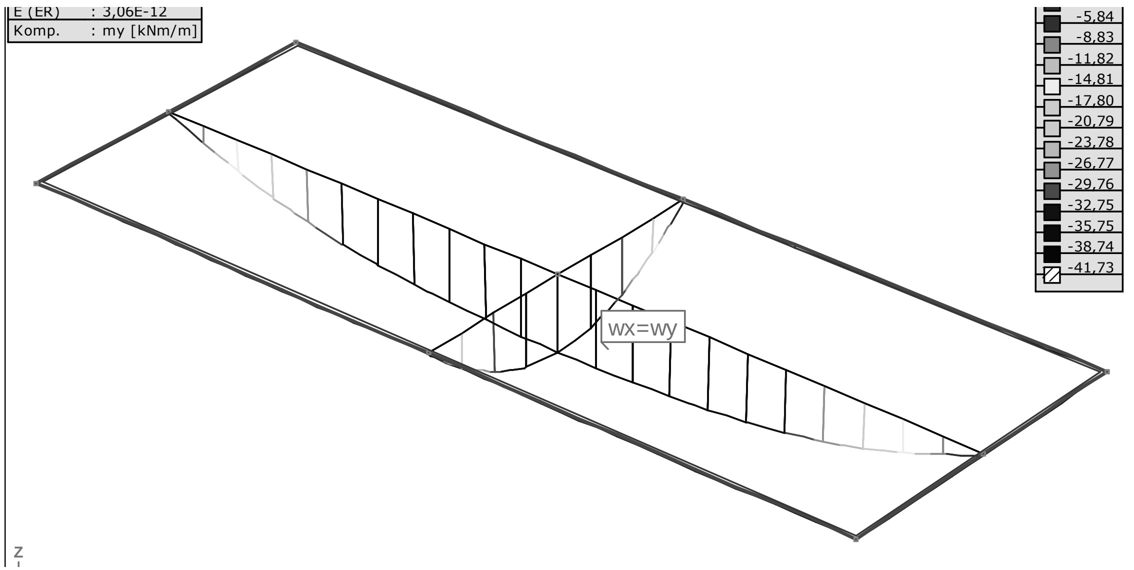
$=0$ $\neq 0$

LEMEZEGYENLET

- A lemez y irányú folytonossága révén az elemi gerendacsíkok harántirányú kontrakciója meg van gátolva, és ez a főiránybeli nyomaték μ-szörösével megegyező nyomatékot ébreszt.
- Ennek felvételére - pontosabb méretezés nélkül - “elosztóvasakat” építünk be a lemezbe a fővasakra keresztirányban. Ezek 1,0 m-es szakaszra jutó keresztmetszete a fővassal azonos szilárdság esetében nem lehet kevesebb a fővasbetétek 1,0 m-re jutó keresztmetszetének 20%-ánál, ás az egyes szálak legfeljebb 40 cm-re lehetnek egymástól. Az elosztóvasalás mennyisége nem lehet kevesebb a minimális vasalásnál, azaz mintegy a hatékony betonkeresztmetszet 1,5 ezrelékénél.
- Az elosztóvasakat a fővasakhoz kötözik, így azok helyzetrögzítését Is szolgálják, ás ezért szerelővasnak is szokták nevezni őket.

SÁVMÓDSZER

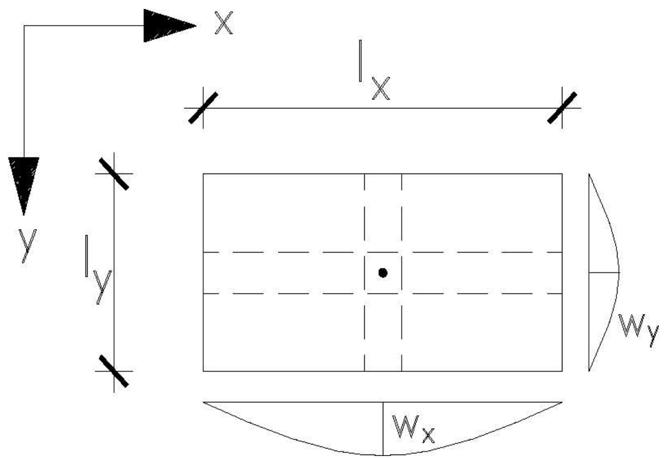
Az alapötlete az, hogy a lemezből a maximális lehajlás helyén *x* és *y* irányában egy-egy egymást keresztező, egységnyi szélességű lemezsávot vágunk ki, melyeket a saját irányukban önállóan működő gerendáknak tekintünk.



KÖZELÍTŐ ANALITIKUS MÓDSZEREK

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

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



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

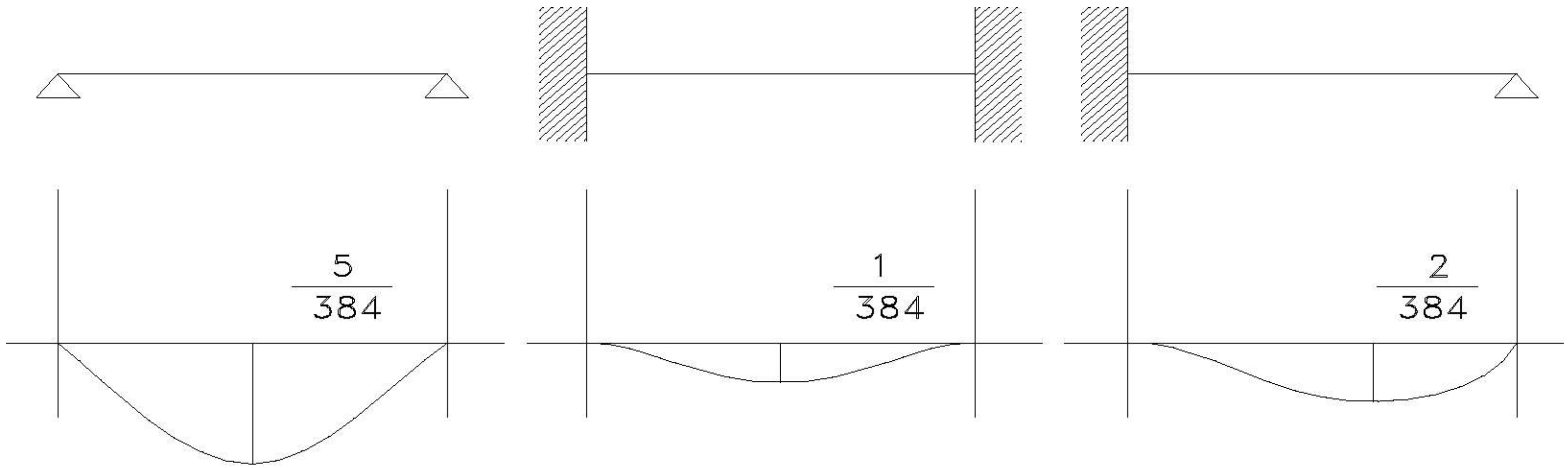
SÁVMÓDSZER

- Ha az x irányú tartó által viselt megoszló teherrész q_x és az y irányú tartó által viselt teherrész *qy,* és a lemez felületére *q* egyenletesen megoszló teher működik, akkor az egyensúly alapján $qx + qy = q = const.$
- 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:

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

SÁVMÓDSZER

- ahol az c_x és c_y értékek a lemez megtámasztási viszonyaitól függő tényezők, az ábra szerint.



SÁVMÓDSZER

Figyelembe véve, hogy Ix≈Iy, a két egyenletet egyenlővé téve:

$$c_x q_x \ell_x^4 = c_y q_y \ell_y^4$$

ebből:

$$q_x = \frac{c_y}{c_x}\frac{\ell_y^4}{\ell_x^4} q_y$$

bevezetve: $a = \frac{c_y}{c_x}\frac{\ell_y^4}{\ell_x^4}$ jelölést $q_x = a \cdot q_y$

figyelembe véve, hogy: $q = q_x + q_y \rightarrow q = a \cdot q_y + q_y \rightarrow q = (1+a)q_y$

tehát:

$$q_y = \frac{1}{1+a} q$$

$$q_x = \frac{a}{1+a} q$$

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:

$$\frac{c_y}{c_x}=1, \frac{\ell_y}{\ell_x}=2 \quad a=16$$

$$q_y=\frac{1}{1+16}q=\frac{1}{17}q$$ az összteher 6%-a

$$q_x=\frac{16}{1+16}q=\frac{16}{17}q$$ 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

MARCUS MÓDSZER

- Az eljárást Marcus dolgozta ki a sávmódszer alapján, de az ott elhanyagolt csavarónyomaték hatásának figyelembevételével. A megoldás alapesete a négy peremén feltámaszkodó, egyenletesen megoszló teherrel terhelt négyszöglemez. A lemezre működő terheket Marcus az egymást keresztező lemezsávokra értelmezett módon $q'_x+q'_y+q''_x+q''_y=q$ = const. alakban bontotta fel, ahol a $q''_x+q''_y=q_{xy}$ tag a csavarási ellenállásnak megfelelő teherrészt veszi figyelembe.

MARCUS MÓDSZER

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

$$q''_x = \frac{5}{6}\left(\frac{\ell_x}{\ell_y}\right)^2 \frac{m_x}{m_{ox}} q_x$$

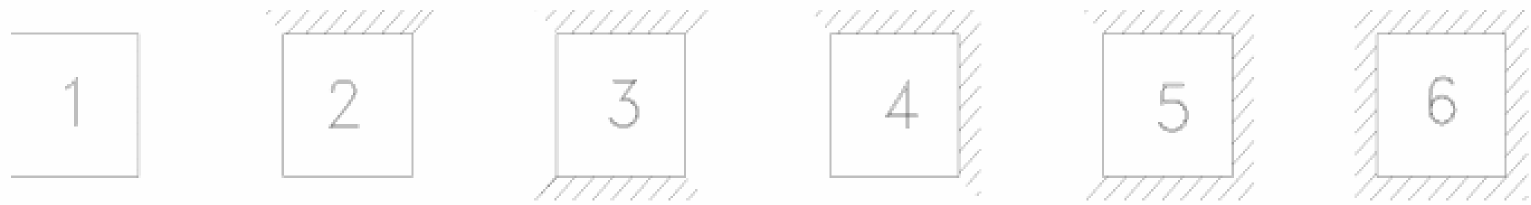
$$q''_y = \frac{5}{6}\left(\frac{\ell_y}{\ell_x}\right)^2 \frac{m_y}{m_{oy}} q_y$$

ahol:
- 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,
- q_x és q_y a sávmódszerrel meghatározható teherrészek

Fentiek alapján a q'_x és q'_y hajlítási teherhányadok a $q'_x=q_x-q''_x$ és $q'_y=q_y-q''_y$ 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 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 μ értéke a húzott övben nagymértékben lecsökken.

SEGÉDTÁBLÁZATOK

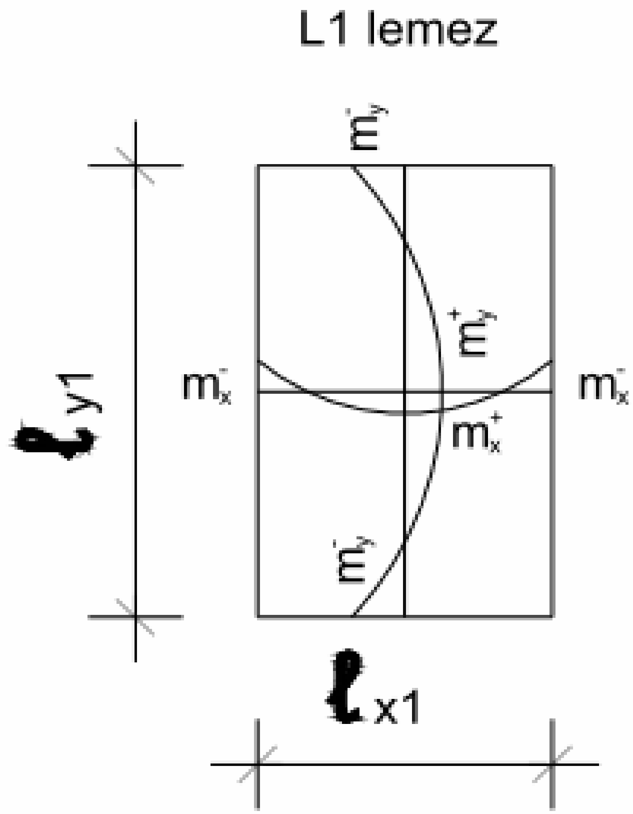
L_1 lemez:

$$m^{-}_{x} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x1}}{\alpha_1}$$

$$m^{+}_{x} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x1}}{\alpha_2}$$

$$m^{-}_{y} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x1}}{\alpha_3}$$

$$m^{+}_{y} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x1}}{\alpha_4}$$



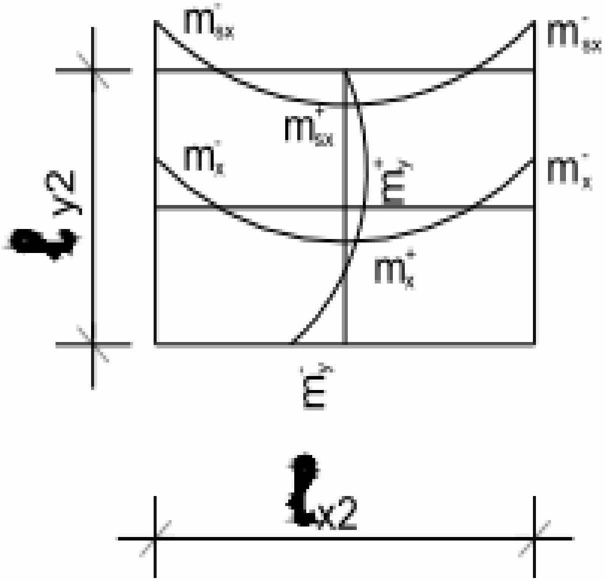
ℓ_y/ℓ_x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
α_1	19,4	17,1	15,5	14,5	13,7	13,2	12,8	12,5	12,3	12,1	12,0
α_2	56,8	46,1	39,4	34,8	31,9	39,6	28,1	26,9	26,0	25,4	25,0
α_3	19,4	18,4	17,9	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
α_4	56,3	60,3	65,8	73,6	83,4	93,5	98,1	101,3	103,3	104,0	103,0

SEGÉDTÁBLÁZATOK

$$m^{-}_{x} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_1} \qquad m^{+}_{x} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_2}$$

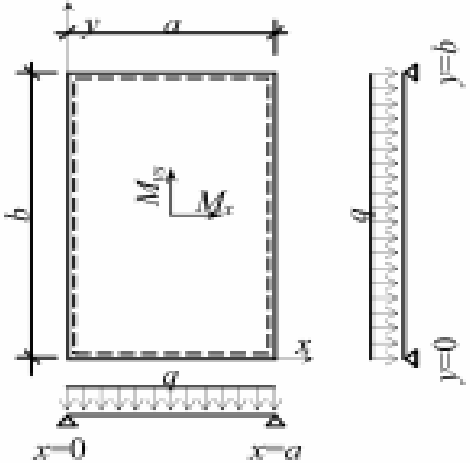
$$m^{-}_{xs} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_3} \qquad m^{+}_{xs} = -\frac{p'_{m} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_4}$$

$$m^{-}_{y} = -\frac{p'_{ms} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_5} \qquad m^{+}_{y} = -\frac{p'_{ms} \times \ell^{2}_{x2}}{\beta_6}$$



ℓy/ℓx	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
β_1	6,79	6,89	7,26	7,89	8,79	9,98	11,98	13,08	14,98
β_2	57,08	37,91	25,43	22,78	23,16	24,92	27,49	30,65	34,30
β_3	2,15	2,27	2,71	3,43	4,45	5,77	7,41	9,35	11,59
β_4	19,24	18,91	10,69	10,64	11,87	13,94	16,73	20,18	24,29
β_5	2,41	2,71	3,61	4,93	6,66	8,81	11,34	14,29	17,59
β_6	104,2	62,46	43,24	41,67	48,00	58,45	72,73	89,55	108,70

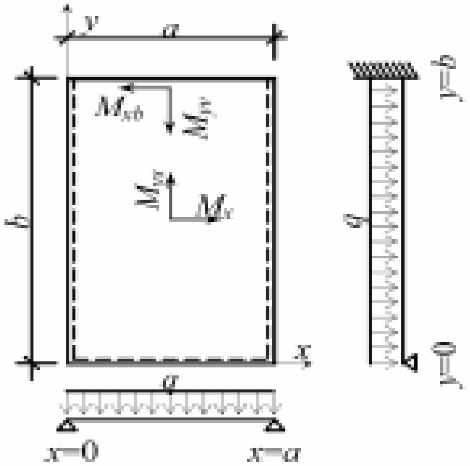
$\gamma = \frac{a}{b}$



Tab. 1.7			μ=0,15
γ	w_z	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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$

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

$M_{xb} = \mu \cdot M_{yx}$

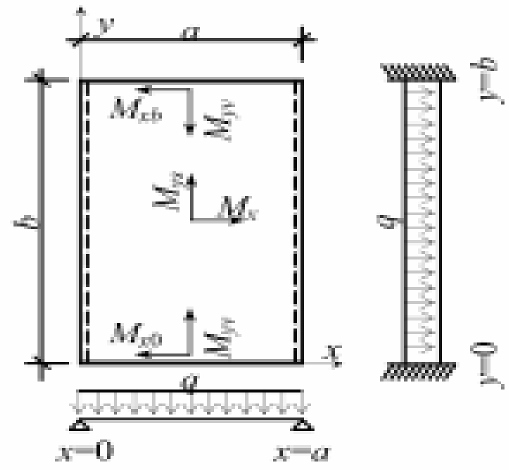


Tab. 1.8				μ=0,15
γ	w_z	M_{xs}	M_{ys}	M_{yx}
0,50	0,1087	0,0908	0,0084	-0,0305
0,55	0,0981	0,0826	0,0109	-0,0362
0,60	0.0881	0,0747	0.0135	-0,0421
0,65	0,0786	0,0670	0,0162	-0,0479
0,70	0,0698	0,0599	0,0192	-0,0537
0,75	0,0618	0,0533	0,0221	-0,0594
0,80	0,0544	0,0472	0,0249	-0,0650
0,85	0,0479	0,0417	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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

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

$M_{xbs} = M_{x0s}$

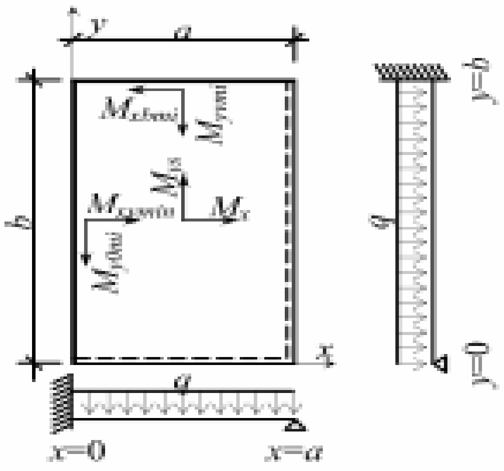
$M_{xbs} = \mu \cdot M_{yes}$



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

$M_{xbmin} = \mu \cdot M_{yemin}$

$M_{y0min} = \mu \cdot M_{xemin}$



Tab. 1.9				μ=0,15
γ	w_s	M_{xs}	M_{ys}	M_{yes}
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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$

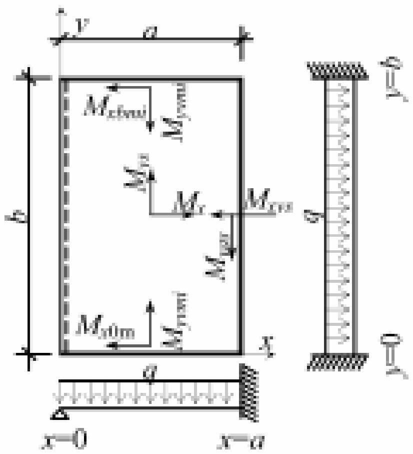
Tab. 1.10					μ=0,15
γ	w_s	M_{xs}	M_{xemin}	M_{ys}	M_{yemin}
0,50	0,0549	0,0570	-0,1189	0,0040	-0,0205
0,55	0,0520	0,0543	-0,1148	0,0054	-0,0249
0,60	0,0490	0,0514	-0,1104	0,0072	-0,0294
0,65	0,0458	0,0483	-0,1057	0,0092	-0,0341
0,70	0,0425	0,0451	-0,1008	0,0114	-0,0390
0,75	0,0393	0,0418	-0,0957	0,0139	-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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

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

$M_{x0min} = M_{xbmin}$

$M_{xbmin} = \mu \cdot M_{ymin}$

$M_{yxs} = \mu \cdot M_{xys}$



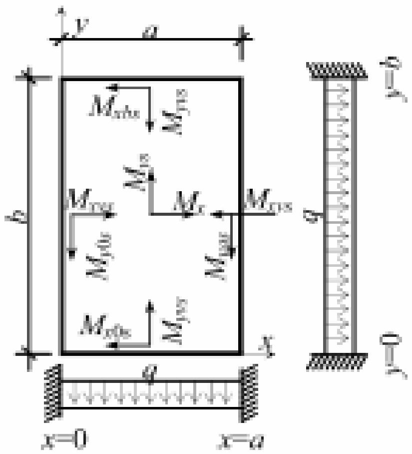
$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{xbs} = M_{x0s}$

$M_{ybs} = M_{y0s}$

$M_{x0s} = \mu \cdot M_{yxs}$

$M_{y0s} = \mu \cdot M_{xys}$



Tab. 1.11					μ=0,15
γ	w_s	M_{xs}	M_{yys}	M_{ys}	M_{ymin}
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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

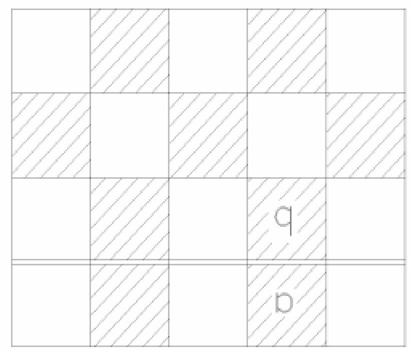
Tab. 1.12					μ=0,15
γ	w_s	M_{xs}	M_{xys}	M_{ys}	M_{ymin}
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,0143
0,55	0,0286	0,0394	0,0817	0,0033	0,0172
0,60	0,0275	0,0378	0,0794	0,0046	0,0206
0,65	0,0261	0,0360	0,0767	0,0061	0,0242
0,70	0,0246	0,0339	0,0737	0,0079	0,0280
0,75	0,0231	0,0315	0,0704	0,0098	0,0320
0,80	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
	$\frac{q \cdot a^4}{E \cdot h^3}$	$q \cdot a^2$	$q \cdot a^2$	$q \cdot b^2$	$q \cdot b^2$

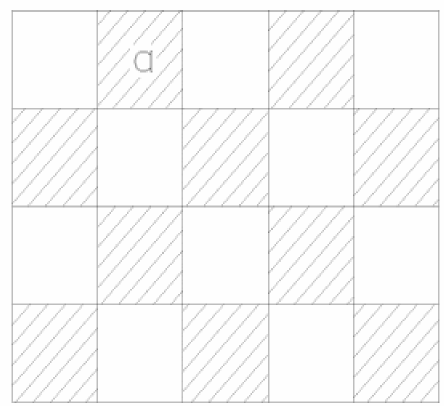
ÖSSZETETT LEMEZEK

- 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 lemezrendszert mindkét irányban a többtámaszú folytatólagos tartóhoz hasonlóan mértékadóan kell leterhelni.

ÖSSZETETT LEMEZEK

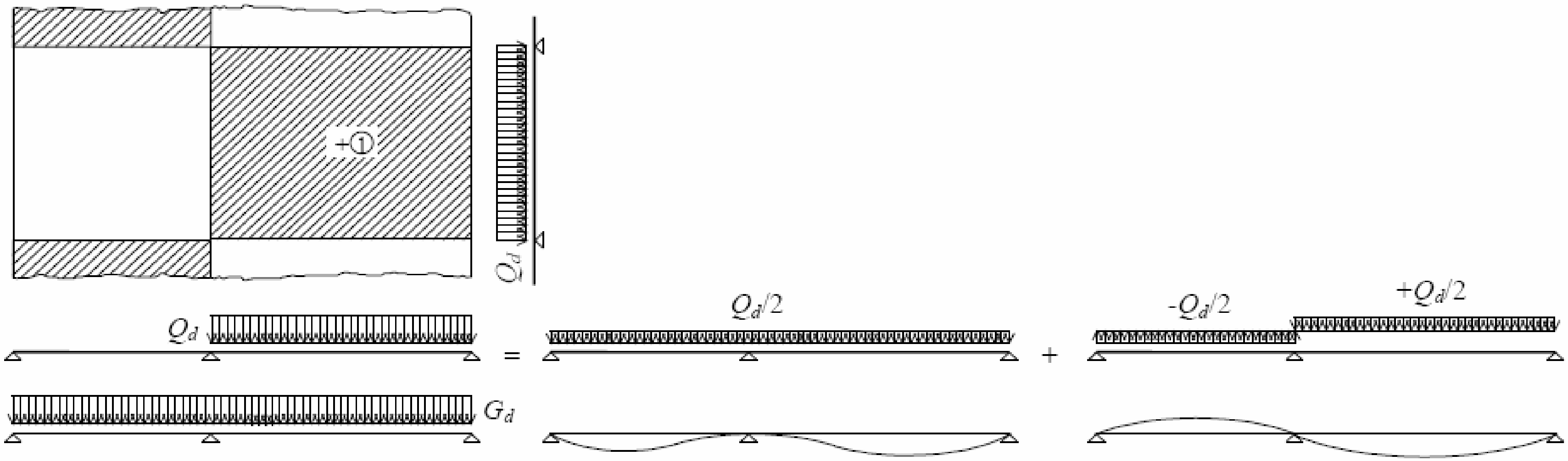
- Egy adott perem menti támasznyomaték szempontjából az adja a mértékadó igénybevételt, ha a szomszédos mindkét mezőt lemezmezőt leterheljük.
- A mezőközépi pozitív nyomatékra akkor kapjuk a mértékadó igénybevételt, ha a mezőt magát, majd pedig attól számítva a második nyílásokat leterheljük (sakktáblaszabály)



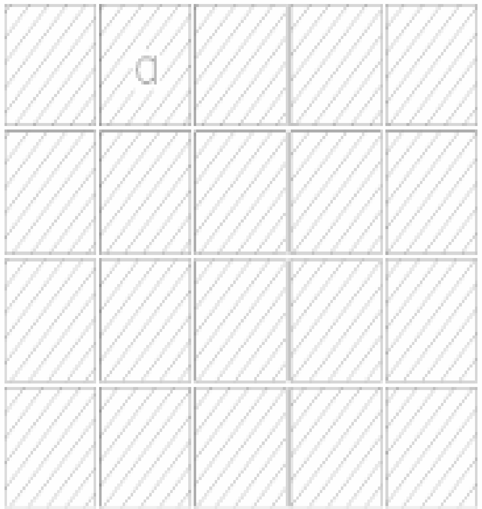


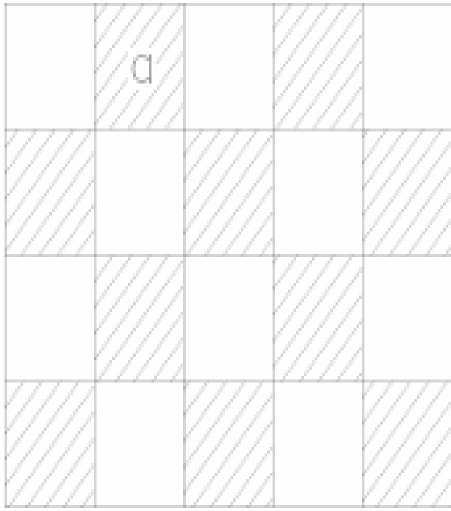
Lemezrendszer közelítő számítása

- 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



+①
Q_d
Q_d
=
$Q_d/2$
+
$-Q_d/2$
$+Q_d/2$
G_d



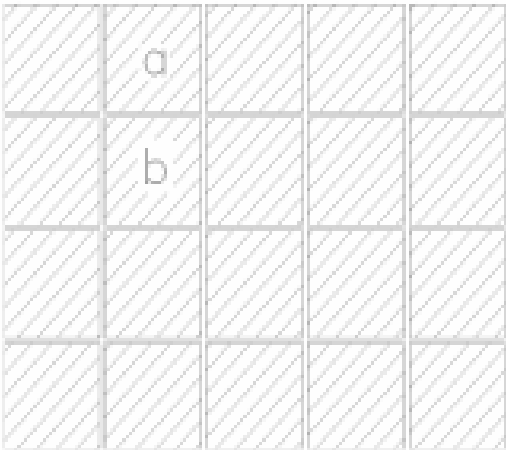


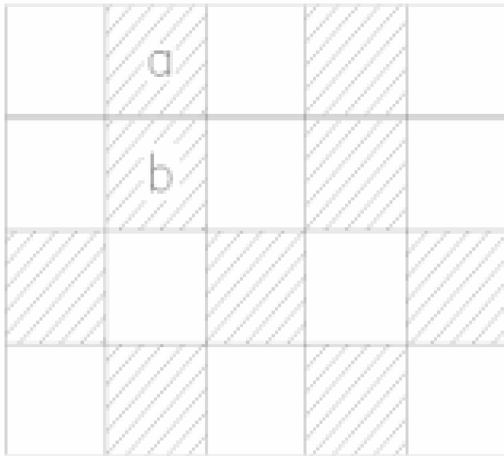
Lemezrendszer mértékadó leterhelése mezőnyomatékra

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

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

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

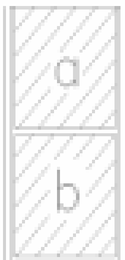




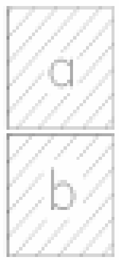
Lemezrendszer mértékadó leterhelése támasznyomatékra

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

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



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



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

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 ρ_{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

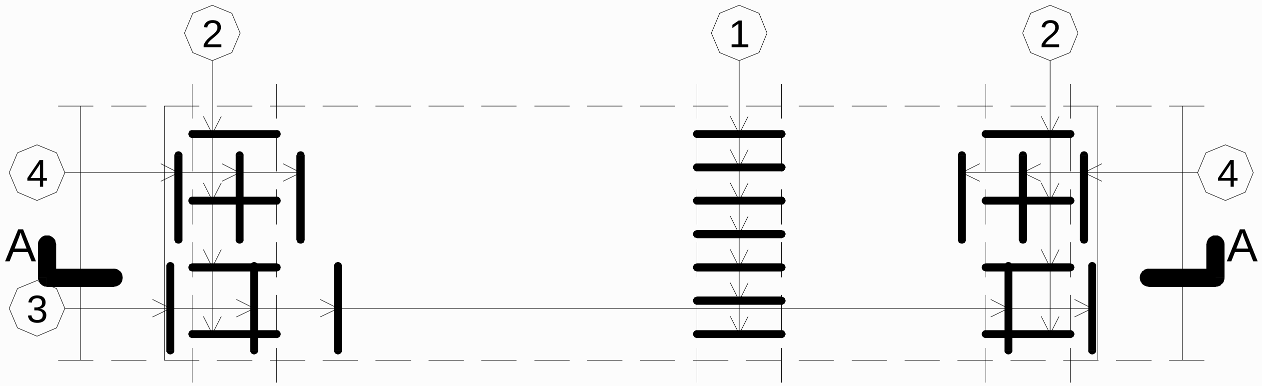
- egyirányban teherhordó lemezek elosztó vasalása:
  - legalább a fővasalás 20%-a, a minimális vashányad biztosításával
  - legnagyobb vastávolság
  - legnagyobb vasátmérő $\varnothing_{max} \leq h/10$

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

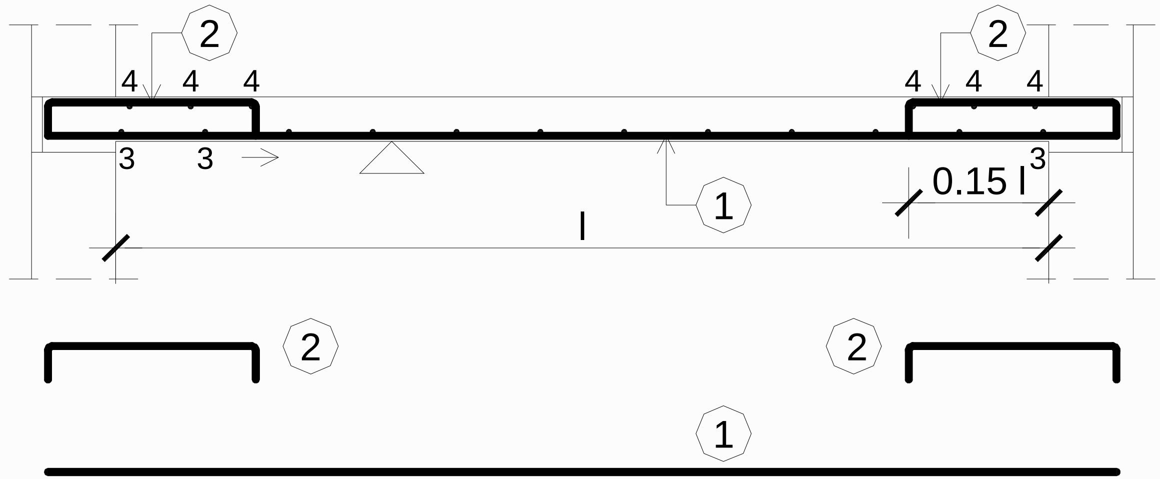
SZERKESZTÉSI SZABÁLYOK

- 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:

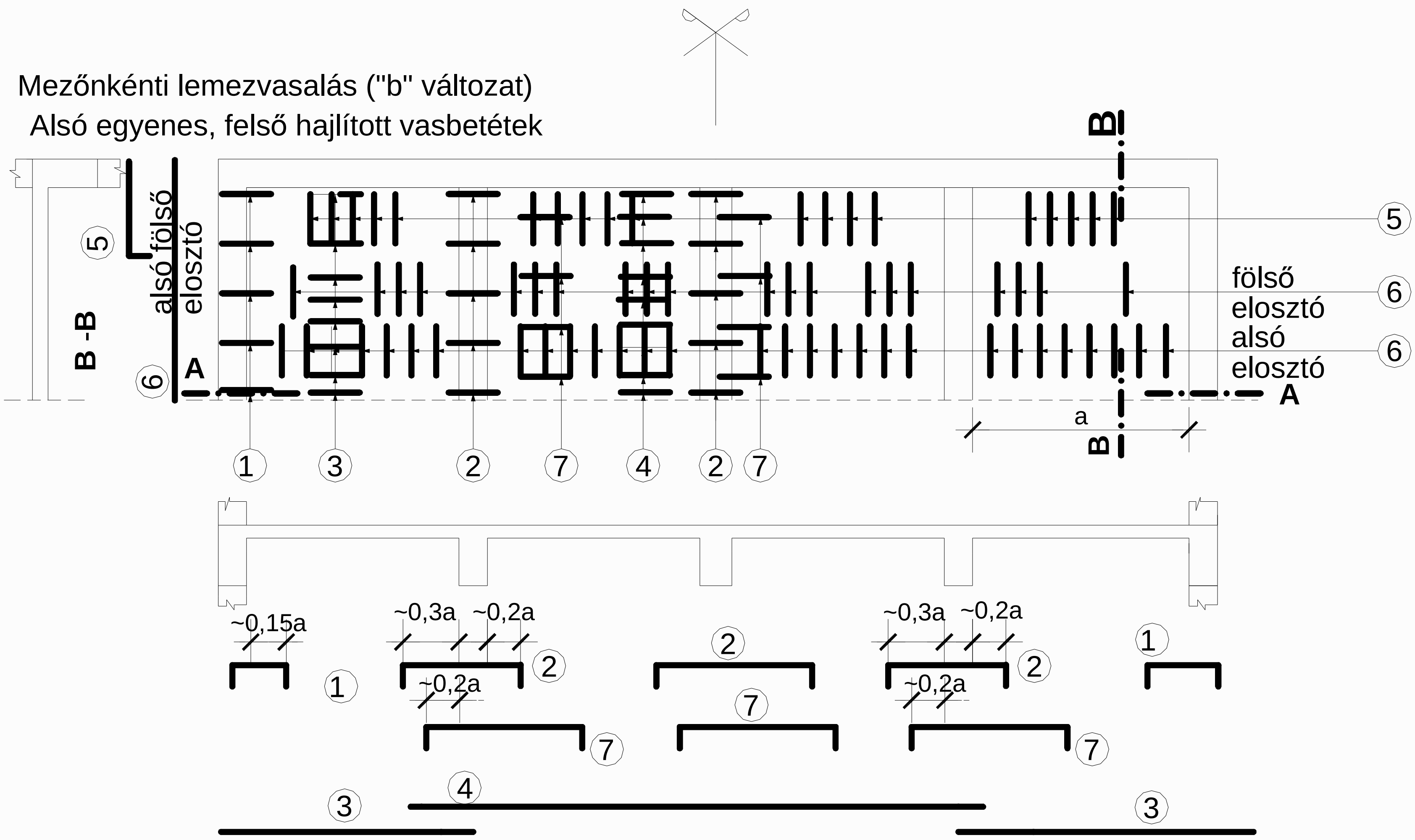


A - A



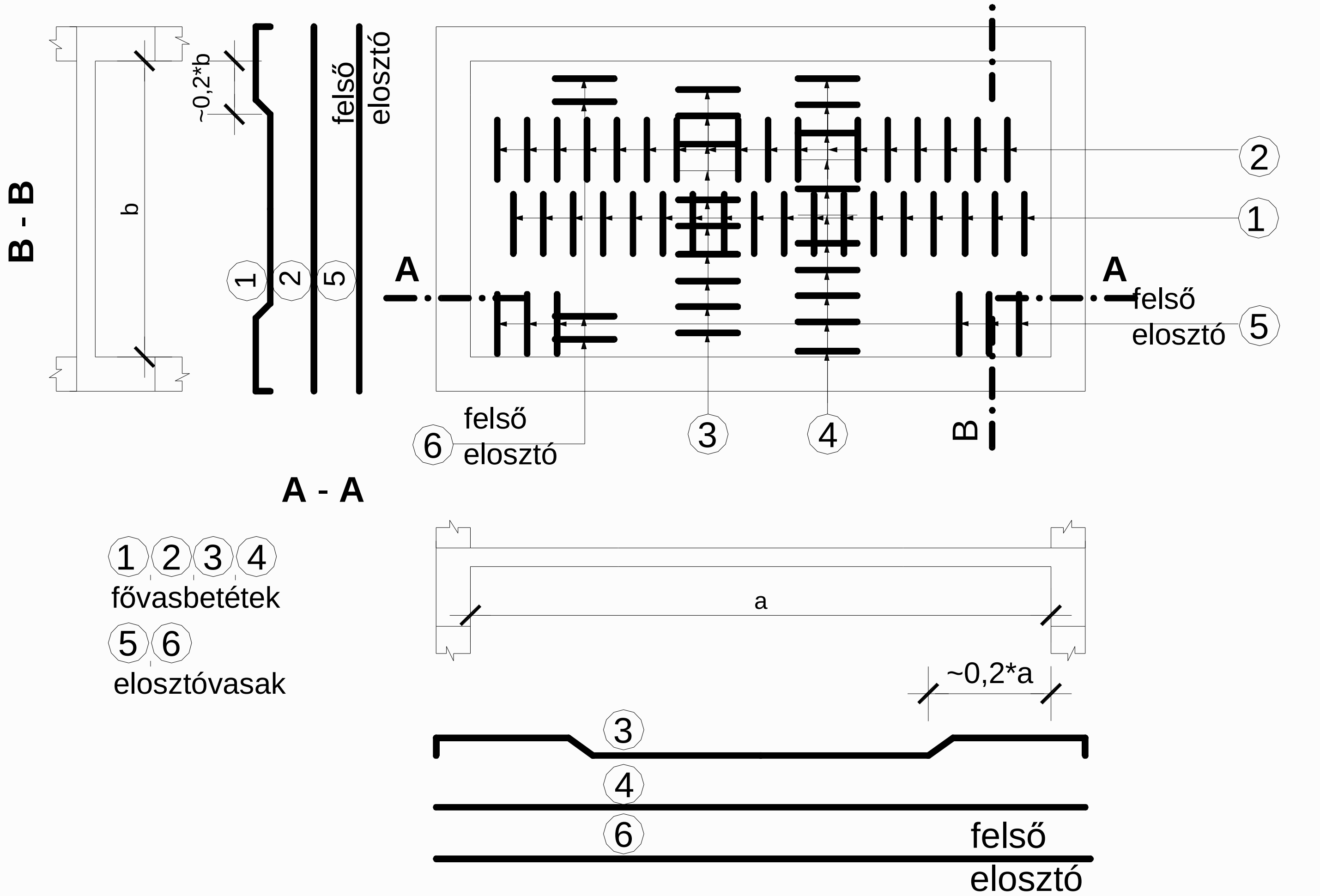
Mezőnkénti lemezvasalás ("b" változat)

Alsó egyenes, felső hajlított vasbetétek

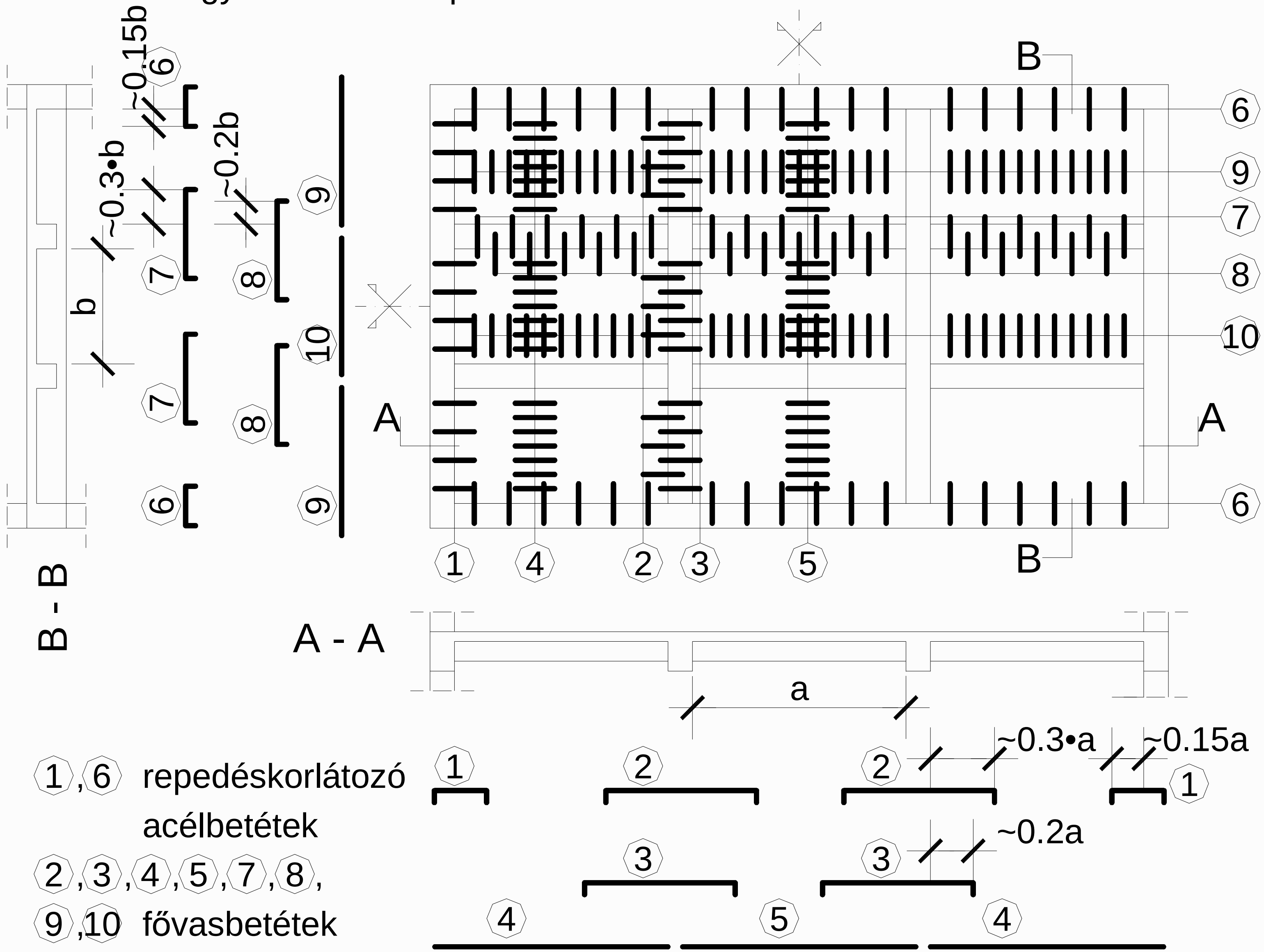


Kéttámaszú, szabadon felfekvő lemezvasalás

Egyenes és felgörbített acélbetétek



Alsó egyenes és felső pótvasbetétek



1, 6 repedéskorlátozó acélbetétek

2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 fővasbetétek

Lemezrendszer közelítő számítása

- Lemezrendszer terheinek szétbontása két teheresetre
- Lemezmezők peremén
  - Csuklós v.
  - Befogott megtámasztás feltételezésével