Tartószerkezetek II.

Vasbeton szerkezetek

Dr. Szép János
Egyetemi docens

2019. 05. 03.

Vasbeton szerkezetek

I. **rész**
   - **Előadás: Vasbeton lemezek**
   - **Gyakorlat: Súlyelemzés, modellfelvétel (AxisVM)**

II. rész
   - Előadás: Vasbeton lemezek
   - Gyakorlat: Igénybevételek meghatározása (AxisVM)

III. rész
   - Előadás: Gombafödém
   - Gyakorlat: Eredmények értékelése, vasalás kialakítása

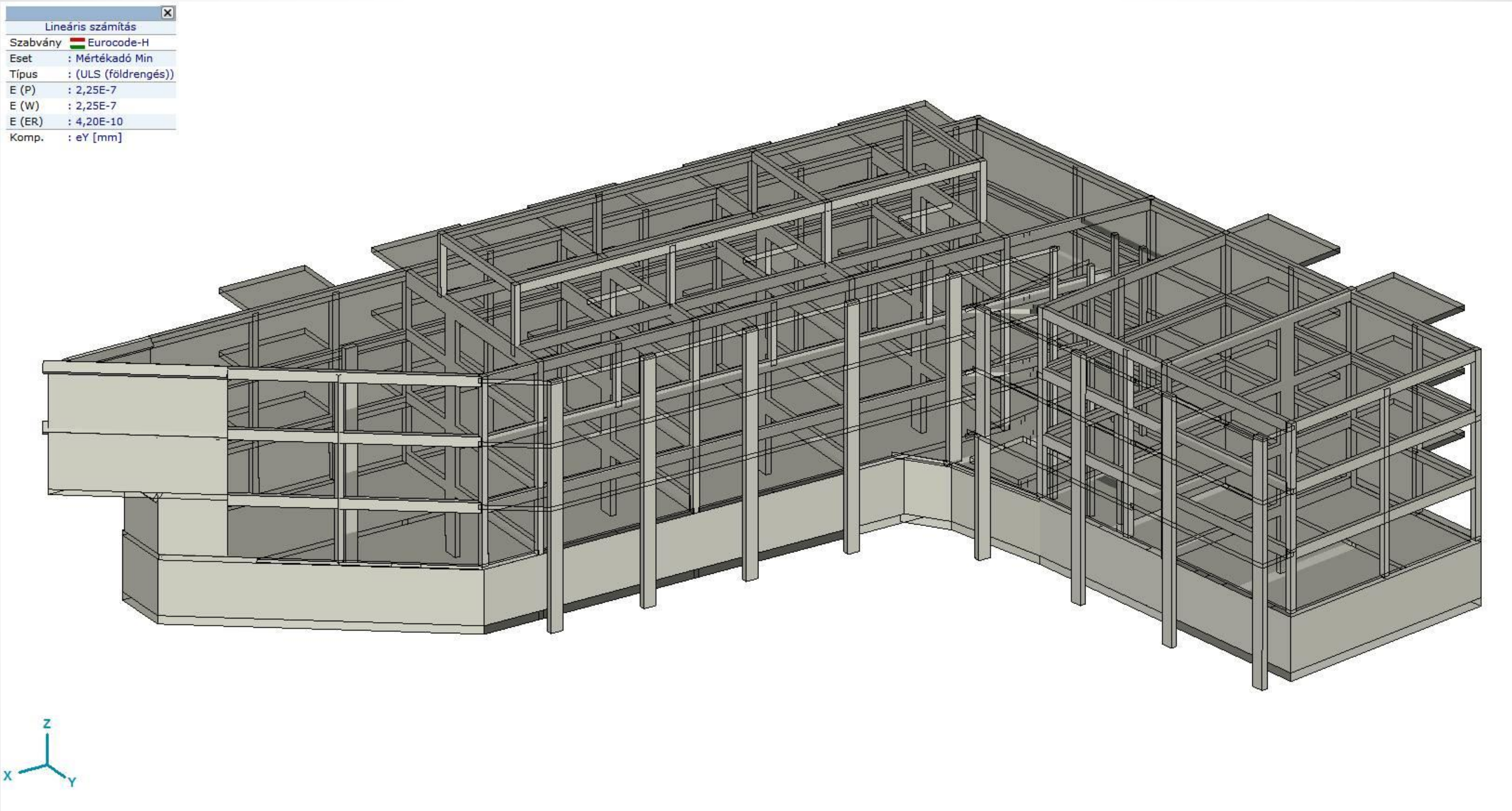
IV. rész
   - Előadás: Épületmerevítés
   - Gyakorlat: Konzultáció, tervek véglegesítése

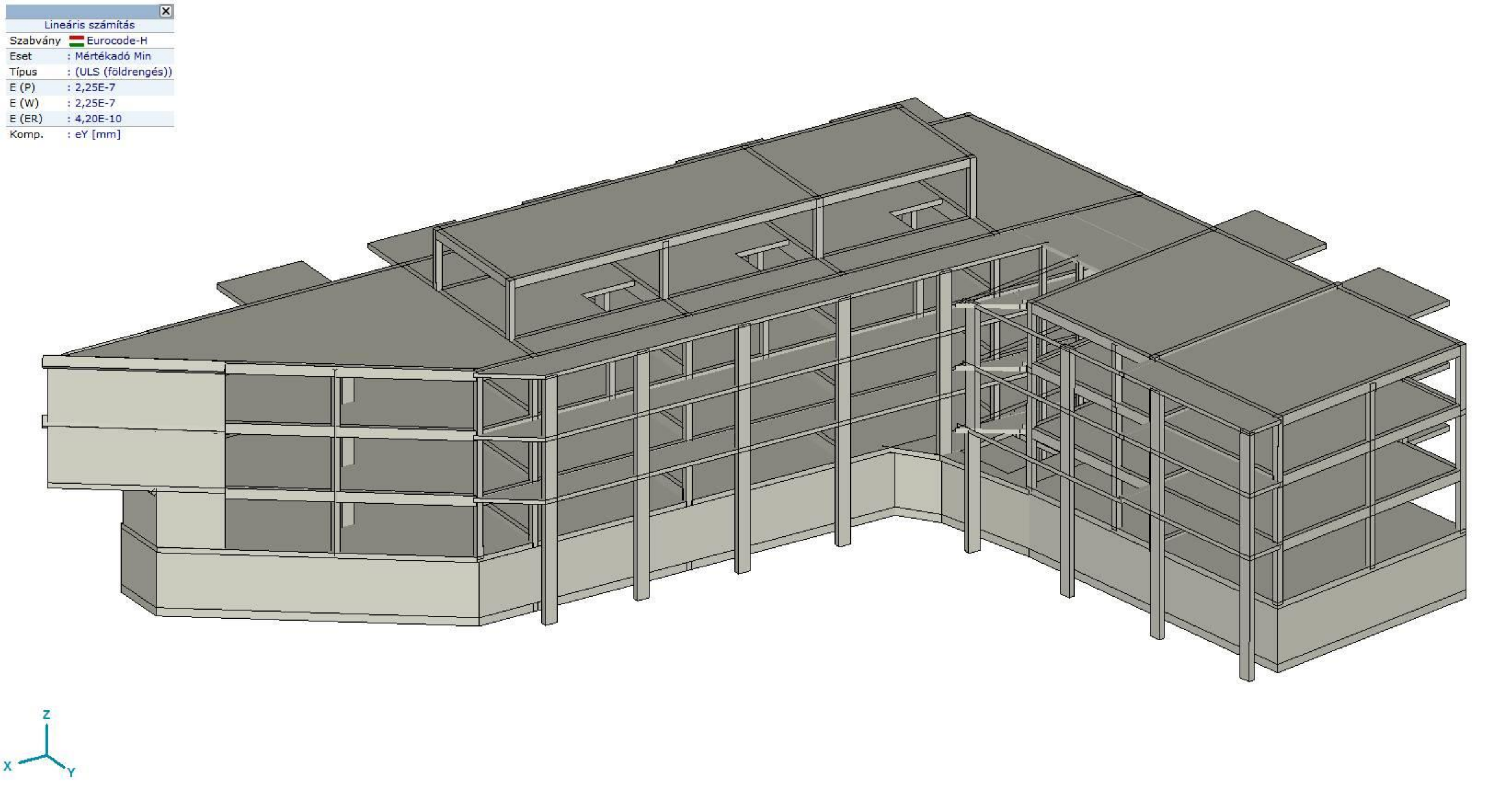
Tartószerkezeti elemek

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

Felületszerkezetek csoportosítása

- Felületszerkezetek
  - Sík középfelület
    - Tárcsa
      - Felület síkjába eső terhelés
      - Nyomás
    - Lemez
      - Felület síkjára merőleges terhelés
      - Hajlítás
  - Görbült középfelület (héjszerkezet)
    - Egyszeresen görbült
    - Kétszeresen görbült
    - (Egyszeresen görbült, Kétszeresen görbült): Felület síkjára merőleges és felület síkjába eső terhelés


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]
Z
X
Y


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]
Z
X
Y

Vasbeton födémszerkezetek

Gerendás – béléstestes födém

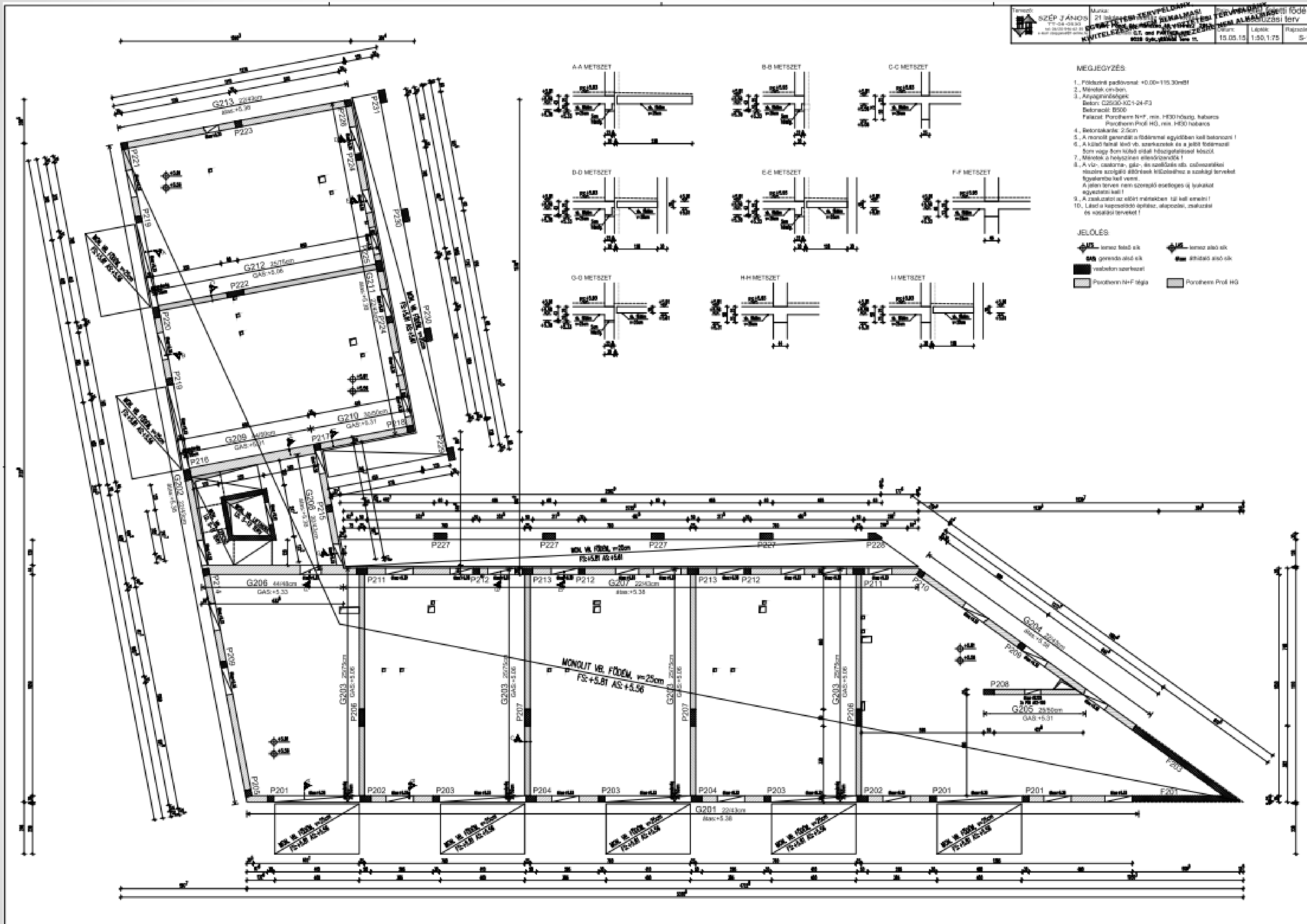
Monolit vasbeton födém

Kéregelemes födém

Monolit vasbeton födém

Tervrajzok

- Zsaluzási terv
  - Alapozási terv
  - Összeállítási terv
  - Fal, gerenda, oszlop nézetek, kontúrrajzok
- Vasalási tervek
  - Födémvasalás
    - Alsó vaslás
    - Felső vasalás
  - Gerendavasalás
  - Oszlopvasalás

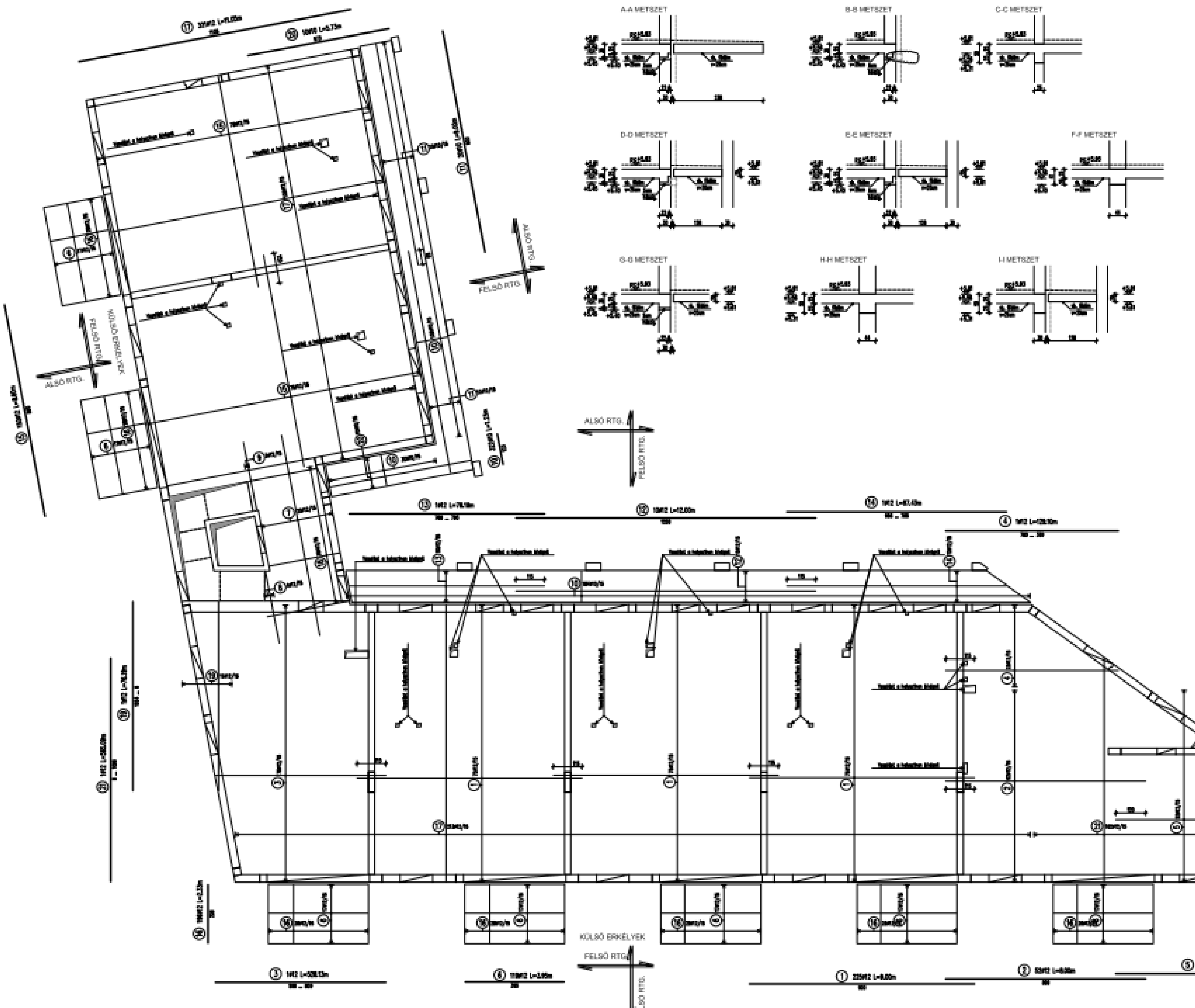


SZÉP JÁNOS
Munka:
Dátum:
15.05.15
Lépték:
1:50,1:75
Rajzszám:
S-19
A-A METSZET
B-B METSZET
C-C METSZET
D-D METSZET
E-E METSZET
F-F METSZET
G-G METSZET
H-H METSZET
I-I METSZET
MEGJEGYZÉS:
1., Földszinti padlóvonal: +0.00=115.30mBf
2., Méretek cm-ben.
3., Anyagminőségek:
Beton: C25/30-XC1-24-F3
Betonacél: B500
4., Betonfedés: 2.5cm
JELÖLÉS:
vasbeton szerkezet
Porotherm N+F tégla
Porotherm Profi HG
MONOLIT VB. FÖDÉM, v=25cm
FS:+5.81 AS:+5.56
G201
G203
G204
G205
G206
G207
G209
G210
G212
G213

Tervező:	Munka:		
SZÉP JÁNOS T-06-0590	21 lak...	...vasalási terv	
		Dátum: 15.04....	Lépték: 1:50;1:75	Rajzszám: S-...

EGYEZTETÉSI TERVPÉLDÁNY KIVITELEZÉSRE NEM ALKALMAS!

EGYEZTETÉSI TERVPÉLDÁNY KIVITELEZÉSRE NEM ALKALMAS!



MEGJEGYZÉS:

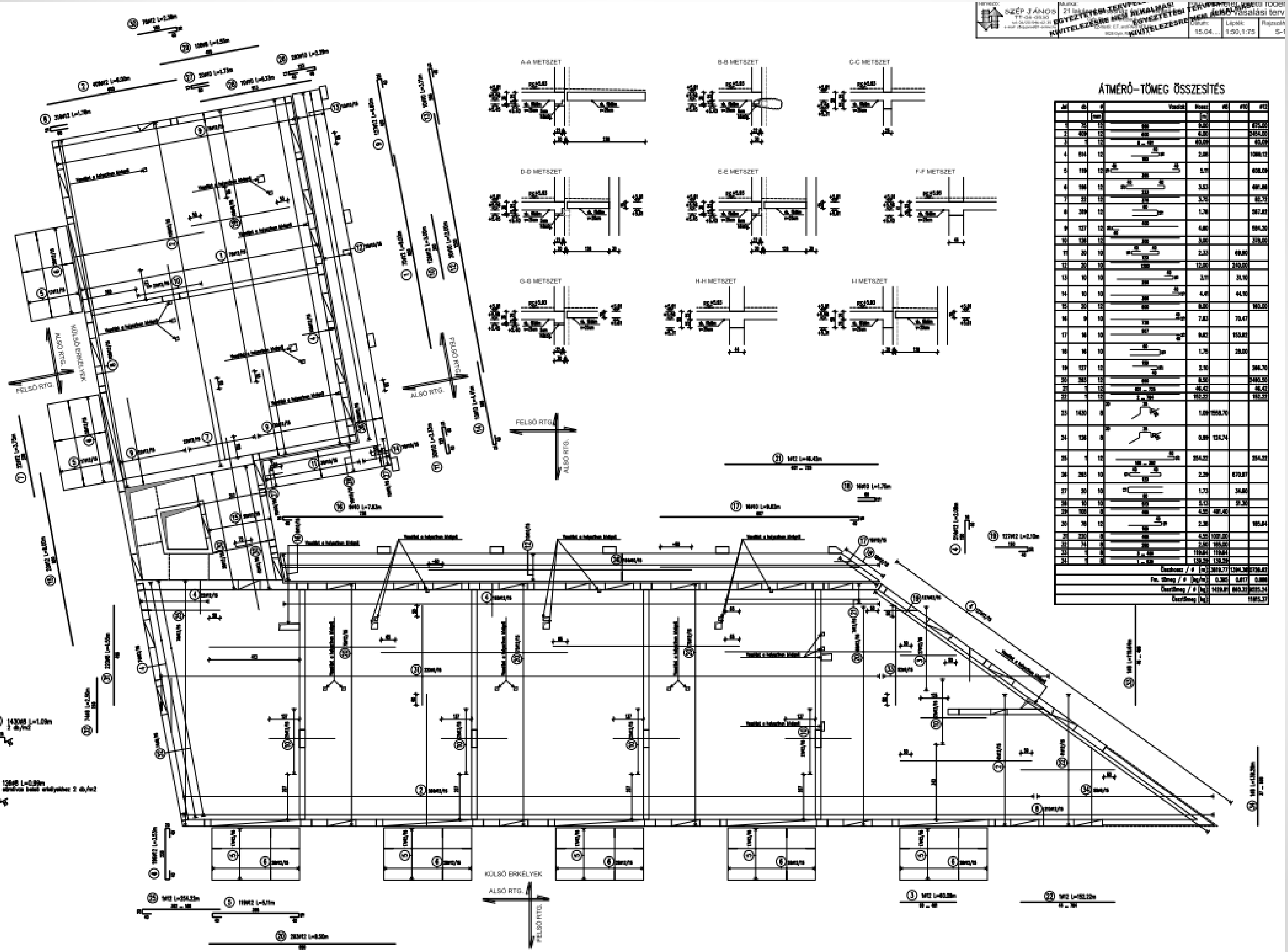
1., Földszinti padlóvonal: ±0.00=115.30mBf
2., Méretek cm-ben.
3., Anyagminőségek:
Beton: C20/25-XC1-24-F3
Betonacél: B500
Falazat: Porotherm N+F, min. H50 hőszig. habarcs
Porotherm Profi HG, min. H50 habarcs
4., Betontakarás: 2.5cm
5., A monolit gerendát a födémmel egyidőben kell betonozni !
6., A külső falnál lévő vb. szerkezetek és a jelölt födémszél 5cm vagy 8cm külső oldali hőszigeteléssel készül.
7., Méretek a helyszínen ellenőrizendők !
8., A víz-, csatorna-, gáz-, és szellőzés stb. csővezetékei részére szolgáló áttörések kiképzéséhez a szakági terveket figyelembe kell venni.
A jelen terven nem szereplő esetleges új lyukakat egyeztetni kell !
9., A zsaluzatot az előírt mértékben túl kell emelni !
10., Lásd a kapcsolódó építész, alaprajzi, zsaluzási és vasalási terveket !

JELÖLÉS:

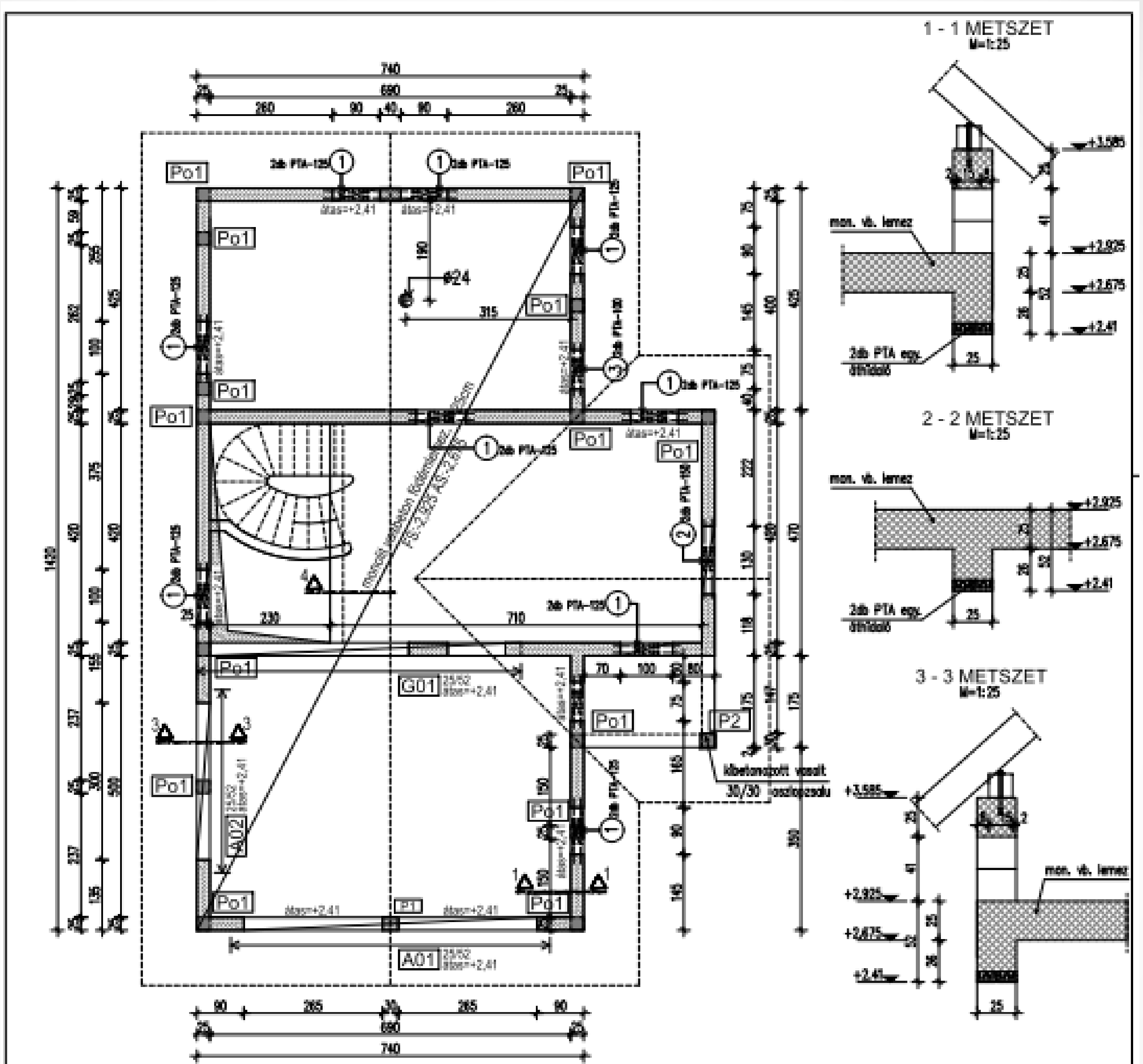
lemez felső sík — lemez alsó sík
gerenda alsó sík — áthidaló alsó sík
vasbeton szerkezet
Porotherm N+F tégla — Porotherm Profi HG

ÁTMÉRŐ-TÖMEG ÖSSZESÍTÉS

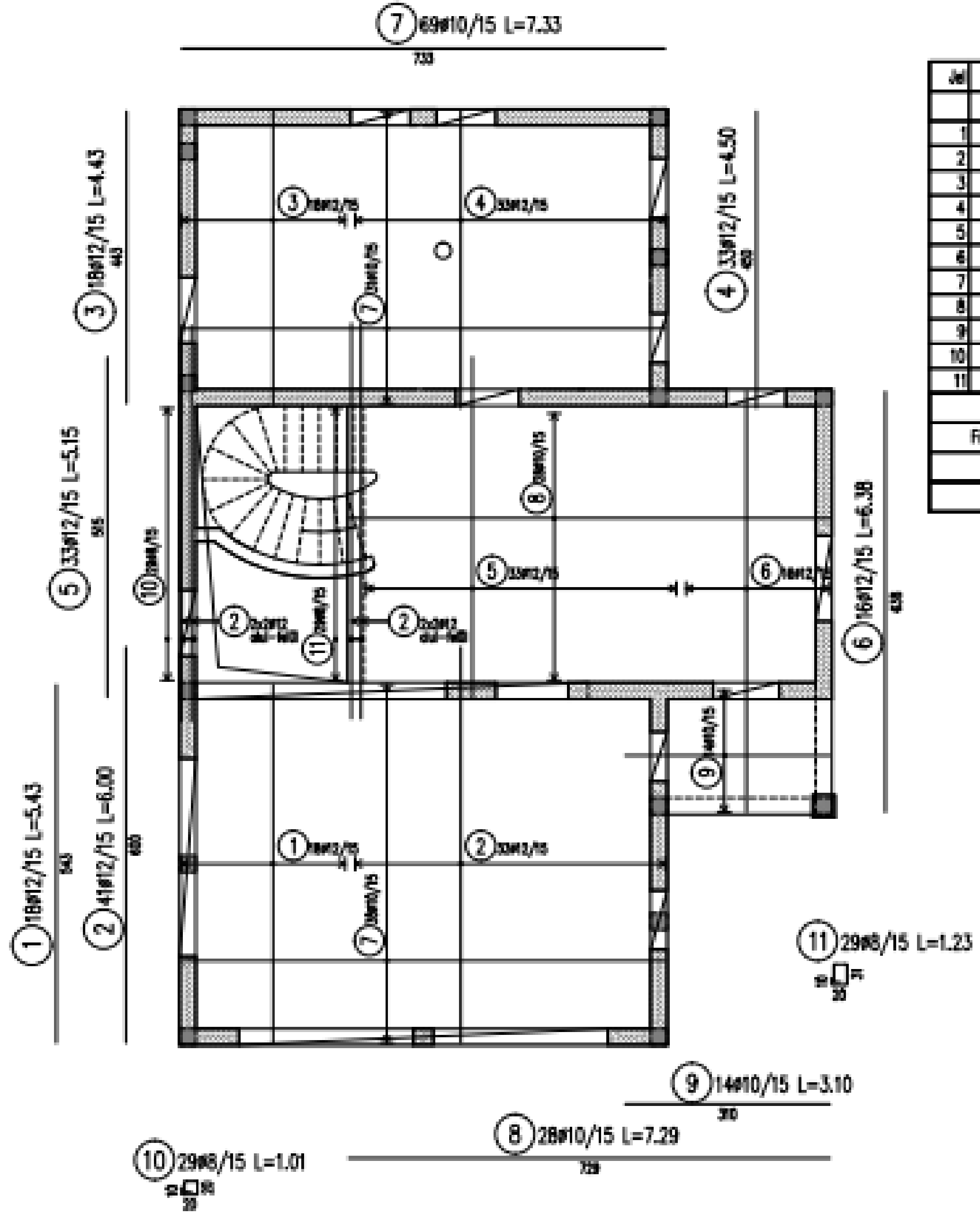
Jel	db	Ø	Vasalat	Hossz	Ø10	Ø12
		[mm]		[m]		
1	225	12	900	9.00		2025.00
2	52	12	900	9.00		468.00
3	1	12	[illegible]	528.13		528.14
4	1	12	[illegible]	128.10		128.10
5	1	12	[illegible]	338.41		338.41
6	119	12	[illegible]	3.95		470.05
7	20	12	[illegible]	8.14		163.02
8	4	12	[illegible]	2.93		11.72
9	3	12	[illegible]	2.74		8.22
10	227	10	[illegible]	1.32	299.64	
11	20	10	[illegible]	9.00	180.00	
12	10	12	1200	12.00		120.00
13	1	12	[illegible]	76.19		76.19
14	1	12	[illegible]	87.42		87.42
15	150	12	[illegible]	8.60		1290.00
16	196	12	[illegible]	2.32		454.88
17	231	12	[illegible]	11.00		2541.00
18	38	12	[illegible]	2.85		108.30
19	1	12	[illegible]	76.19		76.19
20	10	10	[illegible]	5.73	57.30	
21	1	12	[illegible]	565.08		565.08
			Összhossz / Ø	[m]	633.30	9415.57
			Fm. tömeg / Ø	[kg/m]	0.617	0.888
			Össztömeg / Ø	[kg]	390.76	8352.58
			Össztömeg	[kg]		8743.36



SZÉP JÁNOS
EGYEZTETÉSRE NEM ALKALMAS
KIVITELEZÉSRE NEM ALKALMAS
A-A METSZET
B-B METSZET
C-C METSZET
D-D METSZET
E-E METSZET
F-F METSZET
G-G METSZET
H-H METSZET
I-I METSZET
ÁTMÉRŐ-TÖMEG ÖSSZESÍTÉS
KÜLSŐ ERKÉLYEK
FELSŐ RTG.
ALSÓ RTG.

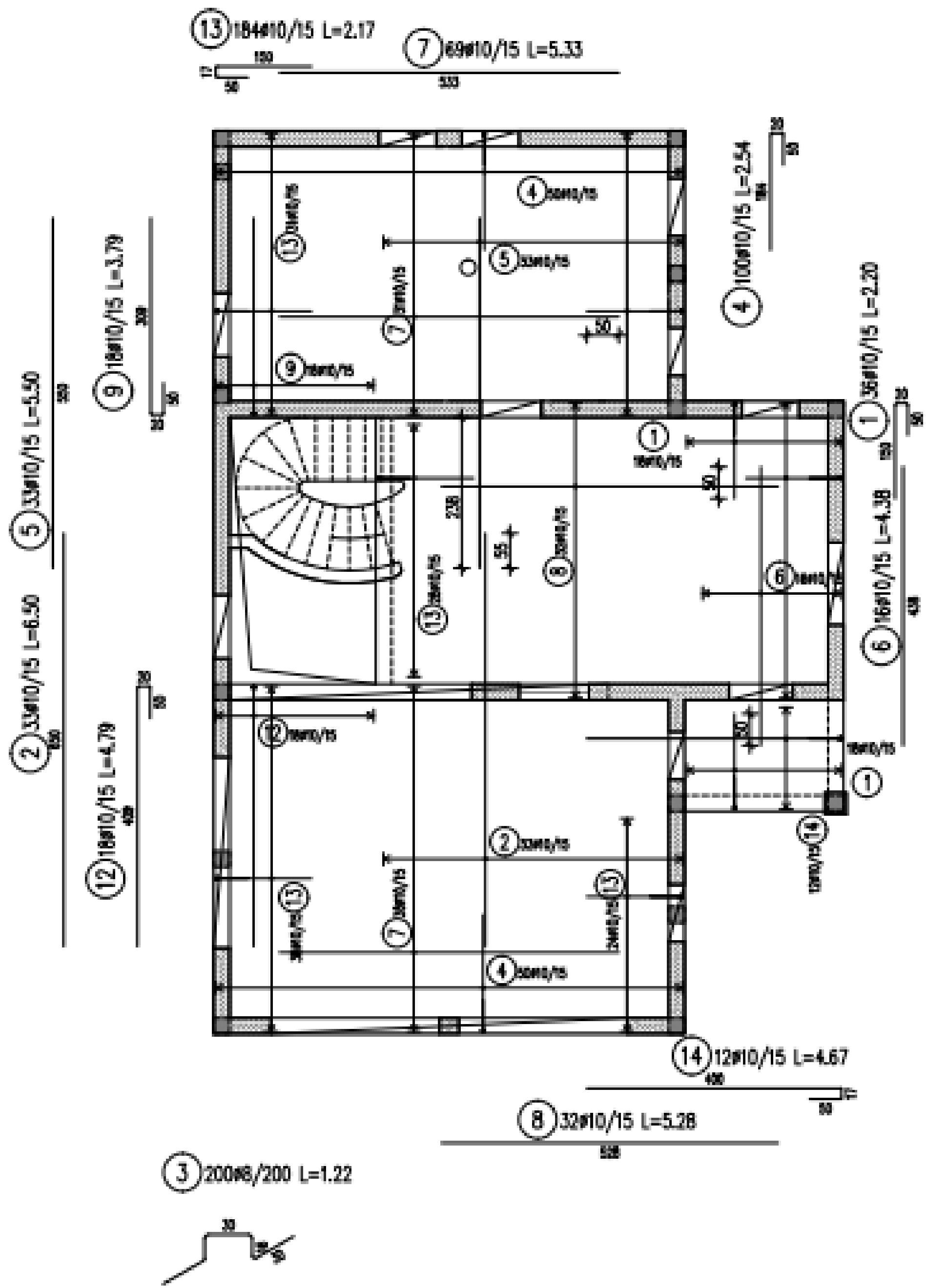


ELŐREGYÁRTOTT ELEMEK					
Pos	Megnevezés	db	V.Hossz	Tömeg	Tömeg
			[m]	[kg/db]	[kg/pos]
1	PTA–125	18	1.25	17.50	315
2	PTA–150	2	1.50	21.00	42
3	PTA–100	4	1.00	14.00	56
Összesen		24			0.413 to



BETONACÉLKIMUTATÁS

Jel	db	ø	Hossz	ø8	ø10	ø12
		[mm]	[m]			
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 / ø [m]:				64.96	753.29	844.01
Fm. tömeg / ø [kg/m]:				0.395	0.617	0.888
Össztömeg / ø [kg]:				25.66	464.78	749.48
Össztömeg [kg]:						1239.92

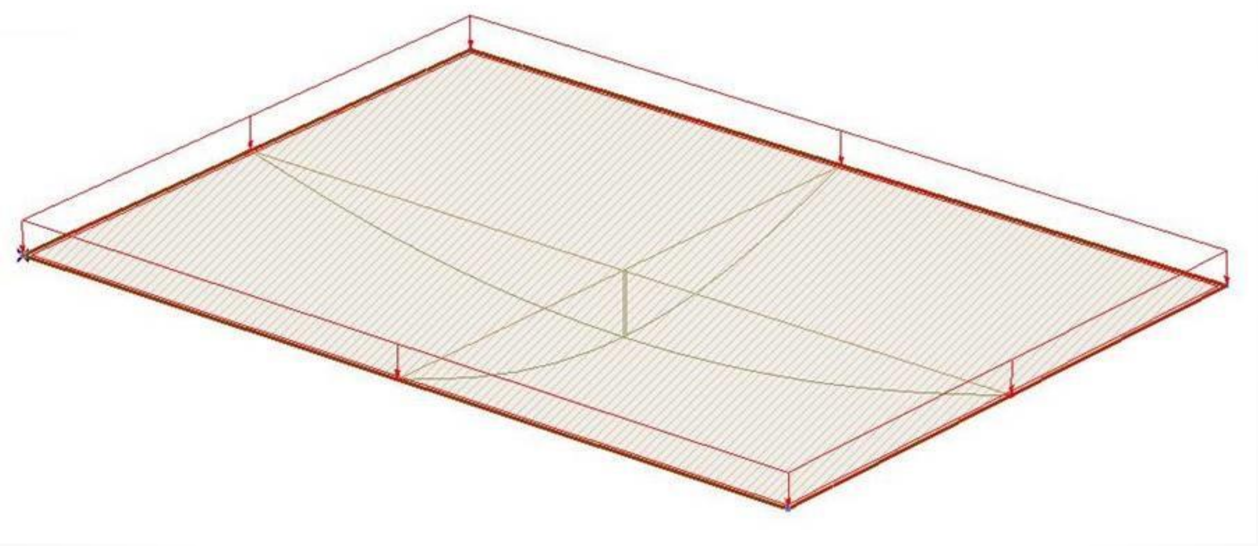


BETONACÉLKIMUTATÁS

Jel	db	[illegible]	Hossz	#8	#10
		[mm]	[m]		
1	36	10	2.20		79.20
2	33	10	6.50		214.50
3	200	8	1.22	244.00	
4	100	10	2.54		264.00
5	33	10	5.50		[illegible]1.50
6	16	10	4.38		[illegible]0.08
7	69	10	5.33		[illegible]7.77
8	32	10	5.28		168.96
9	18	10	3.79		68.22
12	18	10	4.79		86.22
13	184	10	2.17		399.28
14	12	10	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

<u>Lemez:</u> 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.

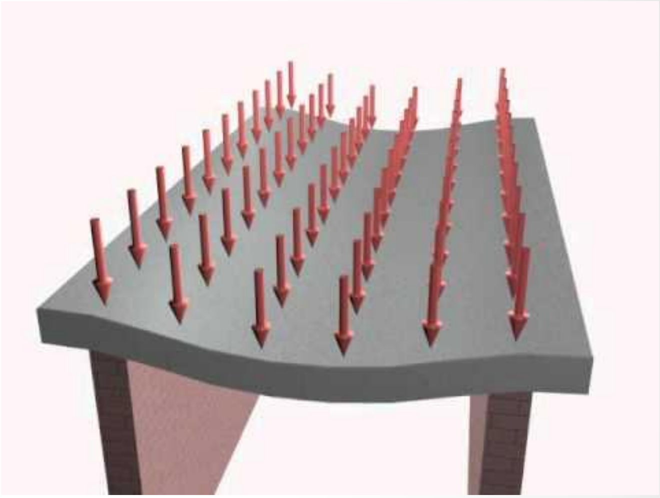
Vasbeton lemezek előnyei

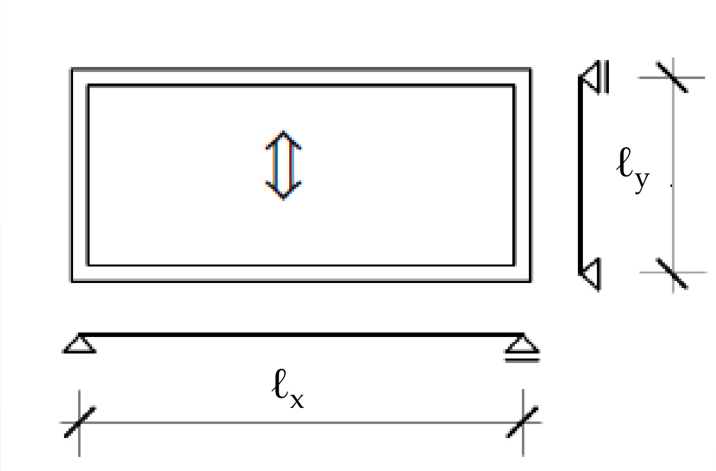
- kétirányú teherviselés - nagy teherbírás
- keresztirányú merevsége miatt a kis felületen megoszló terhekből (pl. koncentrált terhek, kis felületen megoszló, pontszerű terhek) keletkező igénybevételei kedvezőbbek (jobb teherelosztás)
- kis szerkezeti magasság
  - magasépítés: ℓ/20 - ℓ/40
  - hídépítés: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

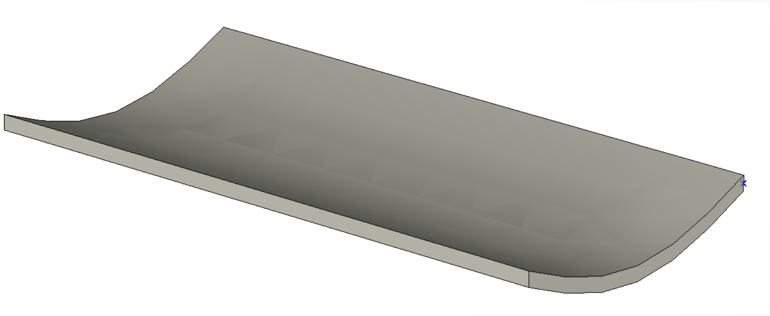
Vasbeton lemezek osztályozása

Teherhordás iránya szerint:

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



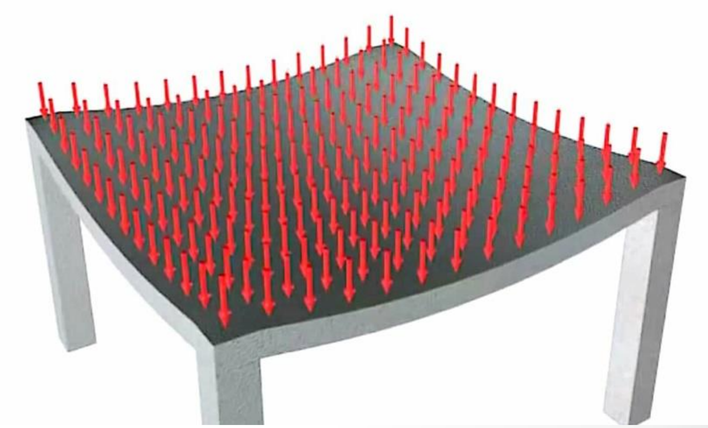


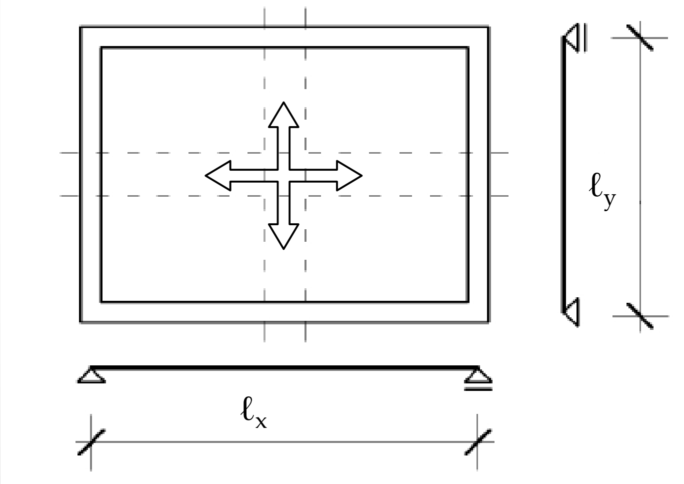


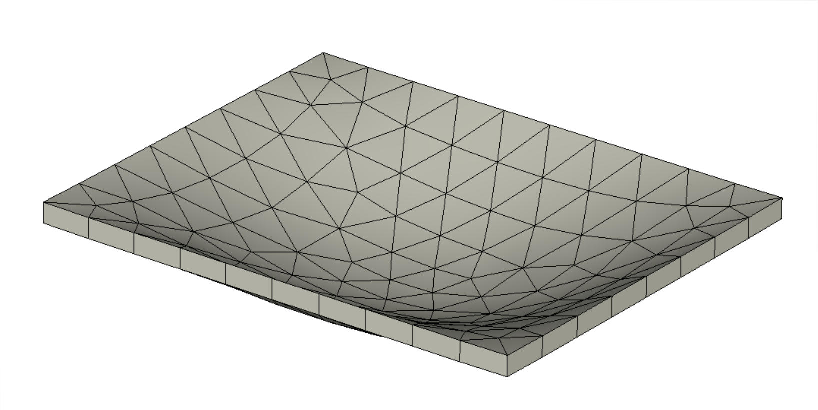
Vasbeton lemezek osztályozása

Teherhordás iránya szerint:

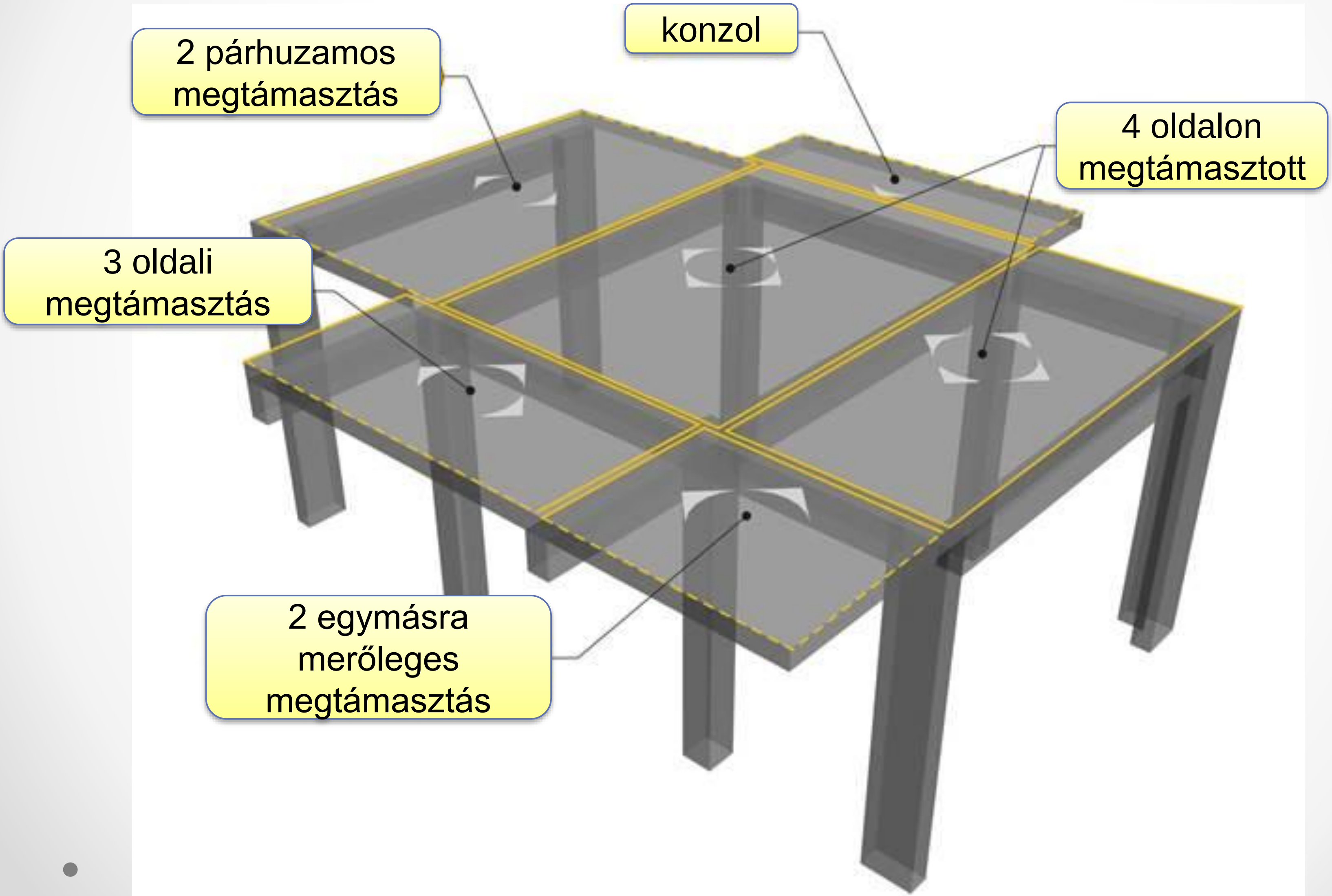
- Két irányban teherhordó lemez:
    - legalább két, egymással szöget bezáró vonalmenti támasz
    - terhelés hatására kétszeresen görbült felület
    - pontokon megtámasztott lemez (pontszerű támaszok, oszlopok pillérek)
    - számítás lemezelmélet alapján







Lemezrendszerek



Vasbeton lemezek

- A lemezek számításának módszerei:
  - rugalmas
  - töréselmélet

Rugalmas lemezelmélet

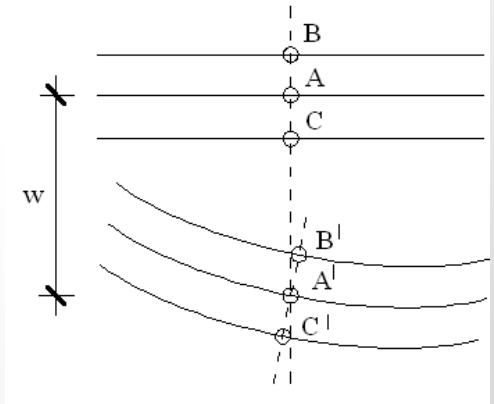
A vasbeton lemezek anizotróp viselkedésétől eltekintünk

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.

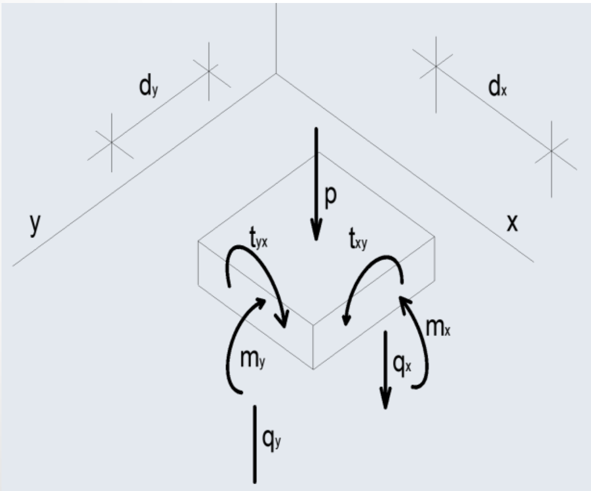
Rugalmas lemezelmélet

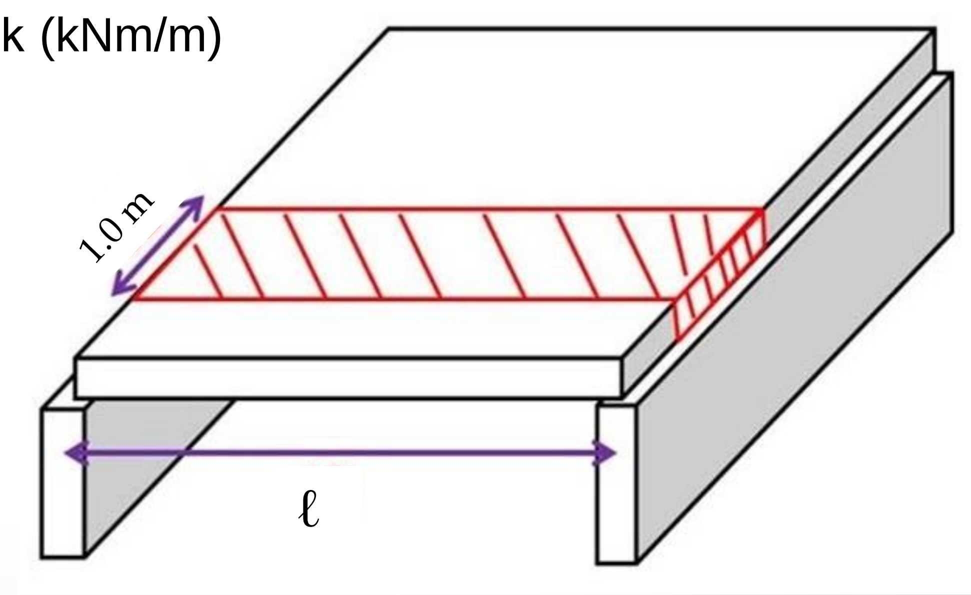
- alapfeltevések:
  - **<u>Anyag</u>**: ideálisan rugalmas, homogén izotróp
  - **<u>Szerkezet</u>**: a lemez vastagsága állandó és a másik két kiterjedéséhez képest kicsi ($v=\ell_{min}/10$)
  - **<u>Alakváltozások</u>**: az alakváltozások kicsik, nem hatnak vissza a szerkezet erőjátékára
  - Érvényes 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 1,0 m 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)





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:

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

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

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

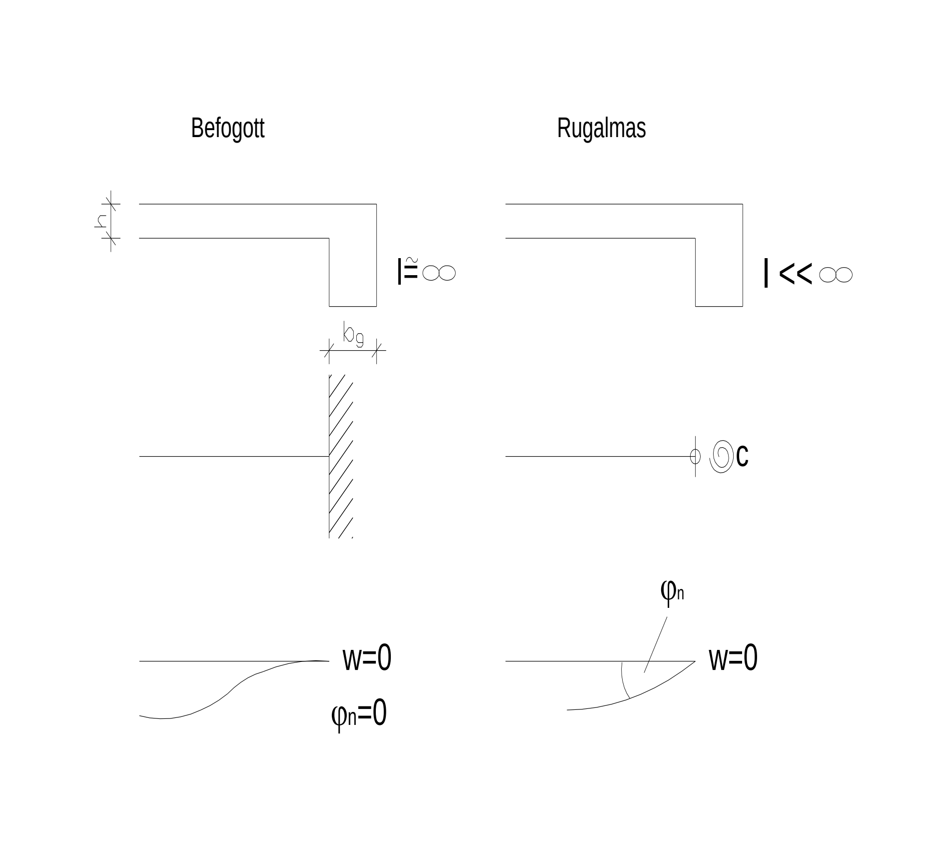
$$v_x = -k\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right),$$

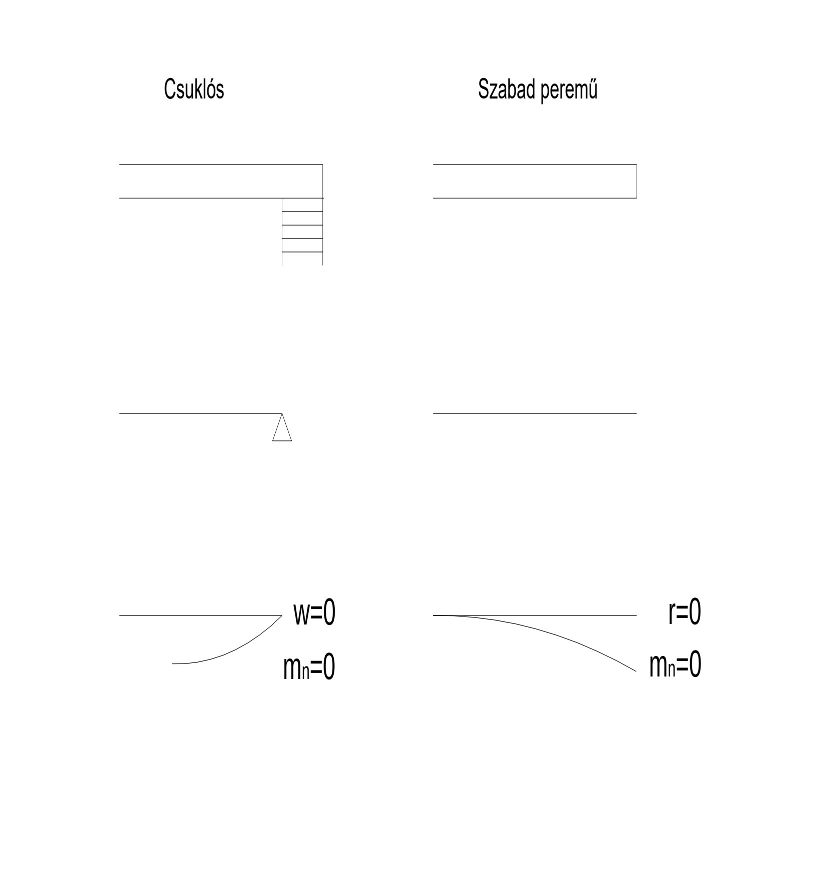
$$v_y = -k\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right),$$

Lemezegyenlet

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

Lemezegyenlet - peremfeltételek





Lemezegyenlet - peremfeltételek

- Csuklós megtámasztás
  - Lehajlás w=0
  - A támasz vonalára merőleges hajlítónyomaték $m_n=0$
- Befogás
  - Lehajlás w=0
  - Normális irányú szögelfordulás $$\frac{\partial w}{\partial n} = 0$$
- Rugalmas befogás
  - Lehajlás w=0
  - Normális irányú szögelfordulás arányos a nyomatékkal $$\frac{\partial w}{\partial n} = \frac{1}{c} m_n$$
    - C rugóállandó
- Szabad perem
  - normális irányú nyomaték $m_n=0$
  - Peremreakció r=0

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
  - 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.

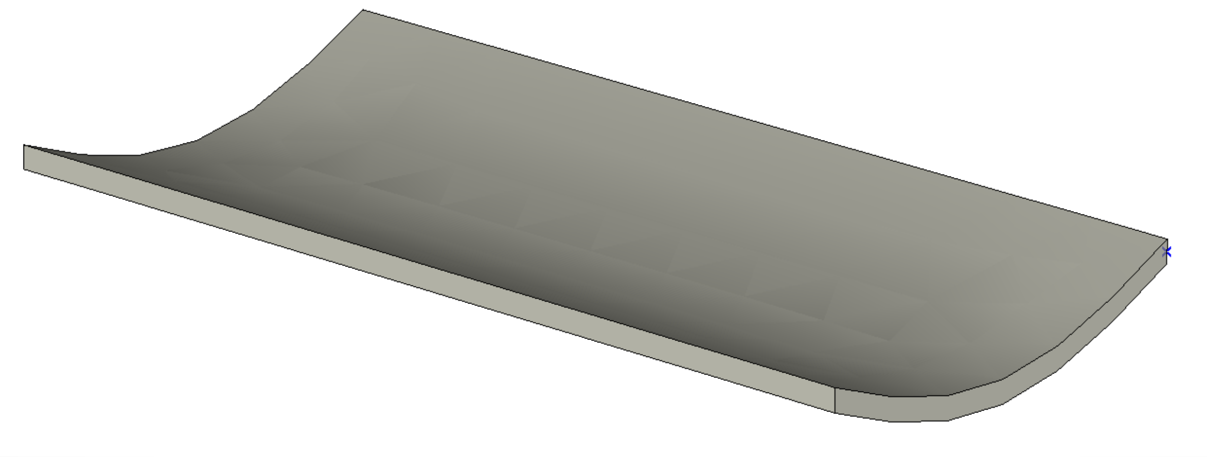
Négy oldalon megtámasztott lemezeknél az általános gyakorlati szabály, hogy 0,5<ℓy/ℓx>2 esetben a lemez egyirányban teherviselőnek vehető.

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

=0 ≠0

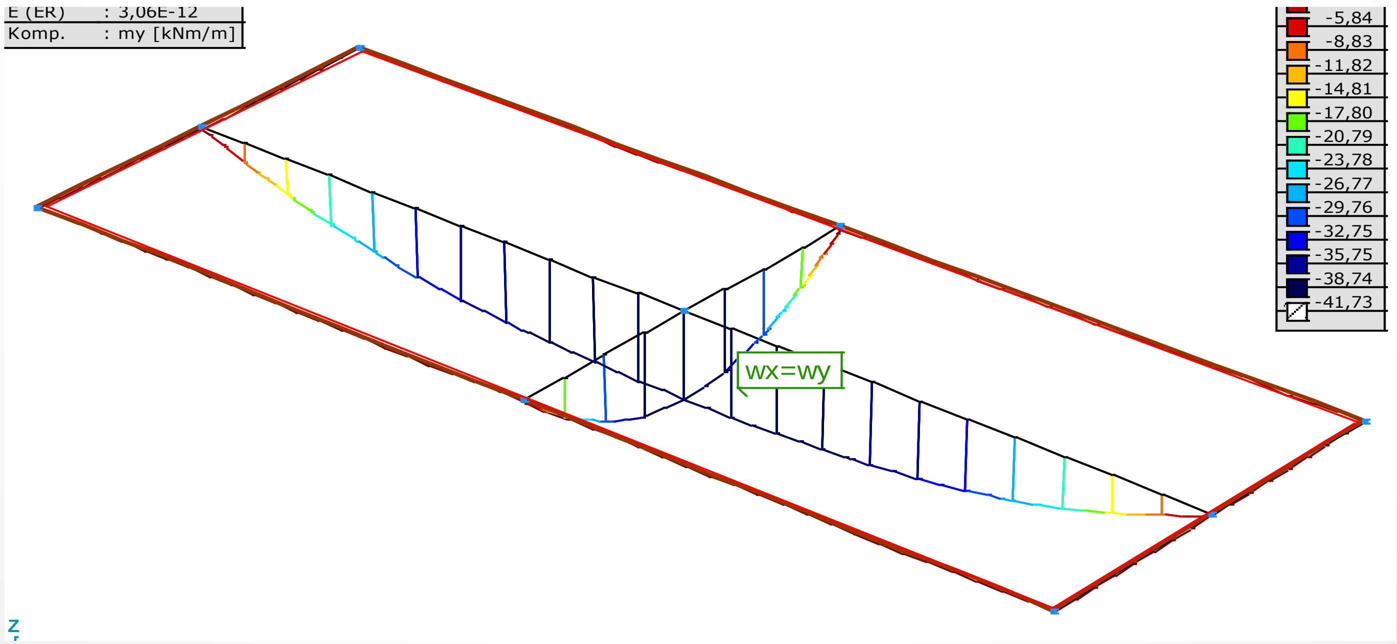
Igénybevételek

Egy irányban teherhordó lemezekben csak $\mathbf{m_x}$ és $\mathbf{v_x}$ keletkezik. (lemezek esetén az index a nyomaték változásának irányát jelöli)



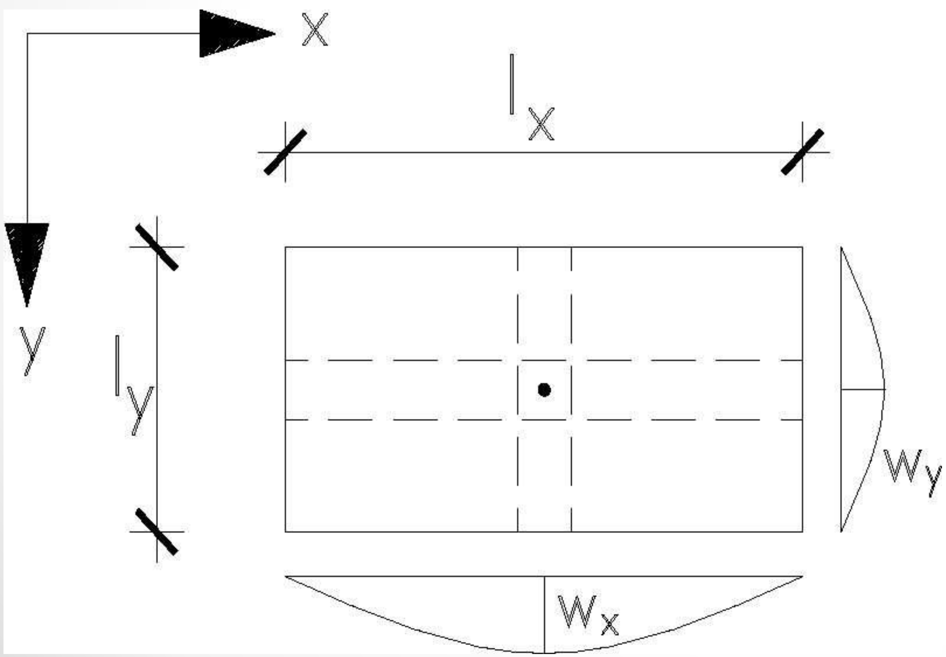
Igénybevételek közelítő számítása - Sávmódszer

Alapötlet: 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



Igénybevételek közelítő számítása - Sávmódszer

- A csavarási ellenállást elhanyagoljuk
- Feltételezzük, hogy a két sáv kereszteződési pontjában a lehajlás azonos értékű



Kompatibilitási feltétel:

$$w_x = w_y$$

Igénybevételek közelítő számítása - Sávmódszer

A lehajlások értékei:

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

Ahol:

p_x és **p_y** az x illetve y irányú tartó által viselt megoszló teherrész [kN/m²] ($p = p_x + p_y$)

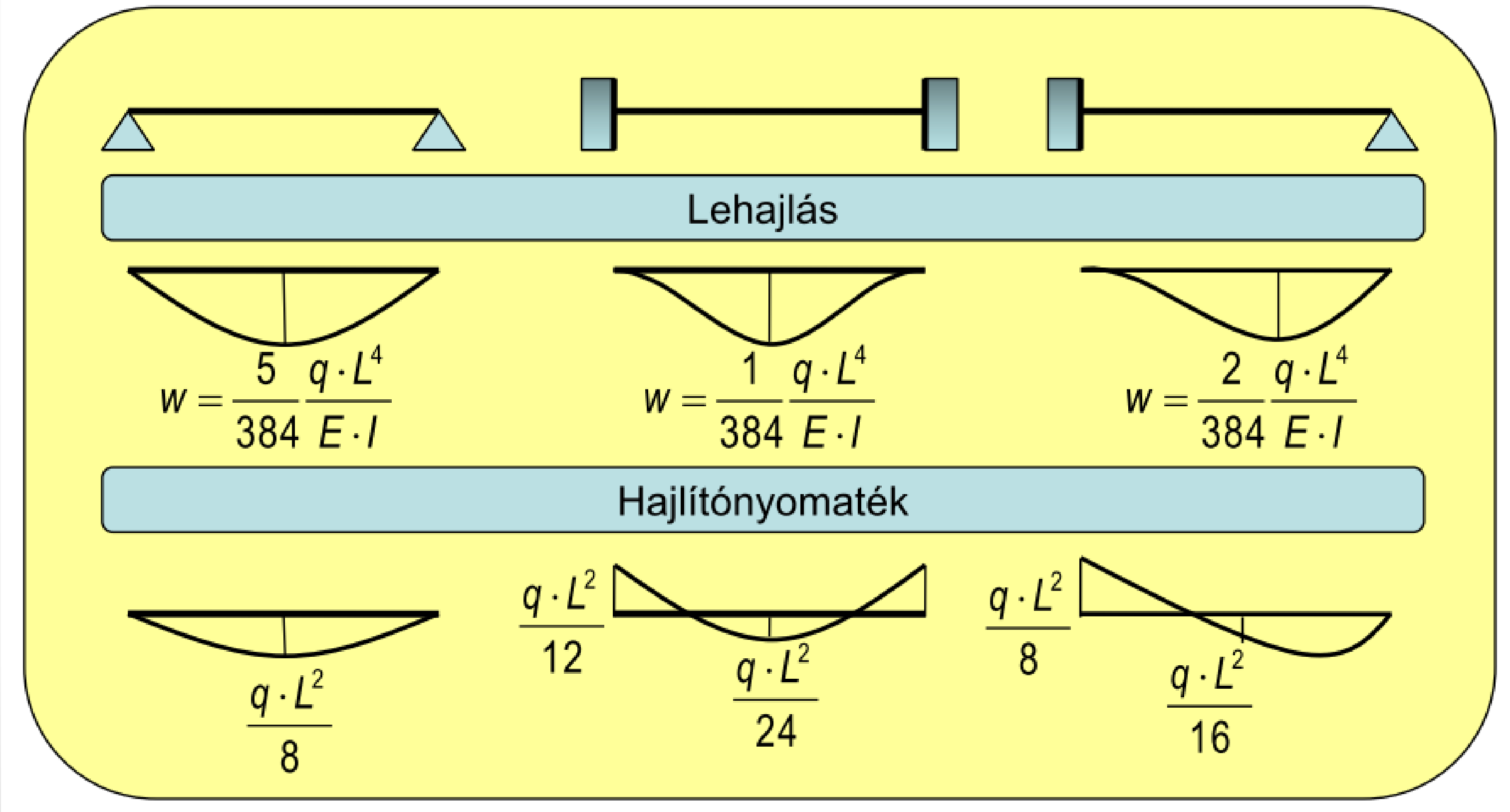
ℓ_x és ℓ_y a lemez x és y irányú támaszköze [m]

EI_x és **Ei_y** a lemez x és y irányú hajlítási merevsége

Igénybevételek közelítő számítása - Sávmódszer

Ahol:

c_x és c_y a lemez **megtámasztási viszonyaitól** függő tényezők:



Igénybevételek közelítő számítása - Sávmódszer

Figyelembe véve, hogy $\ell_x = \ell_y$ és a két egyenletet egyenlővé téve:

$$c_x p_x \ell_x^4 = c_y p_y \ell_y^4$$

Kifejezve p_x-et:

$$p_x = \frac{c_y}{c_x} \frac{\ell_y^4}{\ell_x^4} p_y$$

Bevezetve:

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

$$p_x = a \cdot p_y$$

Figyelembe véve, hogy:

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

A lemezsávok maximális nyomatékai tehát:

$$\boxed{\begin{aligned} p_y &= \frac{1}{1+a} p \\ p_x &= \frac{a}{1+a} p \end{aligned}}$$

Igénybevételek közelítő számítása

- Sávmódszer

- A kétirányú teherviselést mindkét irányban azonos megtámasztású lemezsávok esetén csak 0,5<ℓx/ ℓy>2,0 esetben érdemes figyelembe venni, mivel ha:

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

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

Köszönöm a figyelmet!