



SZERKEZETEK MÉRETEZÉSE AZ EUROCODE 8 SZERINT ALAPELVEK

Földrengés számítás a helyi válaszspektrumok alapján

vigh.laszlo.gergely@emk.bme.hu

Vigh László Gergely
egyetemi docens

Zsarnóczy Ádám
tudományos munkatárs

Simon József
tudományos munkatárs



BUDAPESTI MŰSZAKI
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Építőmérnöki Kar - építőmérnöki képzés 1782 óta

Hidak és Szerkezetek Tanszék

EUROCODE 8

EUROCODE 8

Az Eurocode 8 részei:

1998-1 Általános szabályok, épületek

1998-2 Hidak

1998-3 Erősítés és javítás

1998-4 Tárolók, silók, csővezetékek

1998-5 Alapozás, támfalak, geotechnika

1998-6 Tornokok, árbocok, kémények

EUROCODE 8

1998-1 Általános szabályok, épületek (197 oldal):

1. fejezet: Általános szempontok
2. fejezet: Határállapotok
3. fejezet: Talajjellemzők, szeizmikus hatások
4. fejezet: Épületek tervezése
5. fejezet: Vasbetonszerkezetekre vonatkozó előírások
6. fejezet: Acélszerkezetekre vonatkozó előírások
7. fejezet: Öszvérszerkezetekre vonatkozó előírások
8. fejezet: Faserkezetekre vonatkozó előírások
9. fejezet: Téglaszerkezetekre vonatkozó előírások
10. fejezet: Szeizmikus szigetelés

↑
↓
általános

↑
↓
**anyag és
szerkezetfüggő**

EUROCODE 8

1998-2 Hidak (146 oldal):

1. fejezet: Bevezetés
2. fejezet: Alapkövetelmények és határállapotok
3. fejezet: Szeizmikus hatások
4. fejezet: Analízis
5. fejezet: Szilárdsági követelmények
6. fejezet: Kapcsolatok
7. fejezet: Hidak szeizmikus szigetelése

EUROCODE 8

Alapkövetelmények:

teherbírási követelmény (ULS):

Az épület **nem dőlhet össze** (de károsodhat) egy olyan földrengés hatására, amelynek túllépési valószínűsége **50 év alatt 10%**.

=> A földrengés visszatérési periódusa: **475 év**.

korlátozott károk követelménye (SLS):

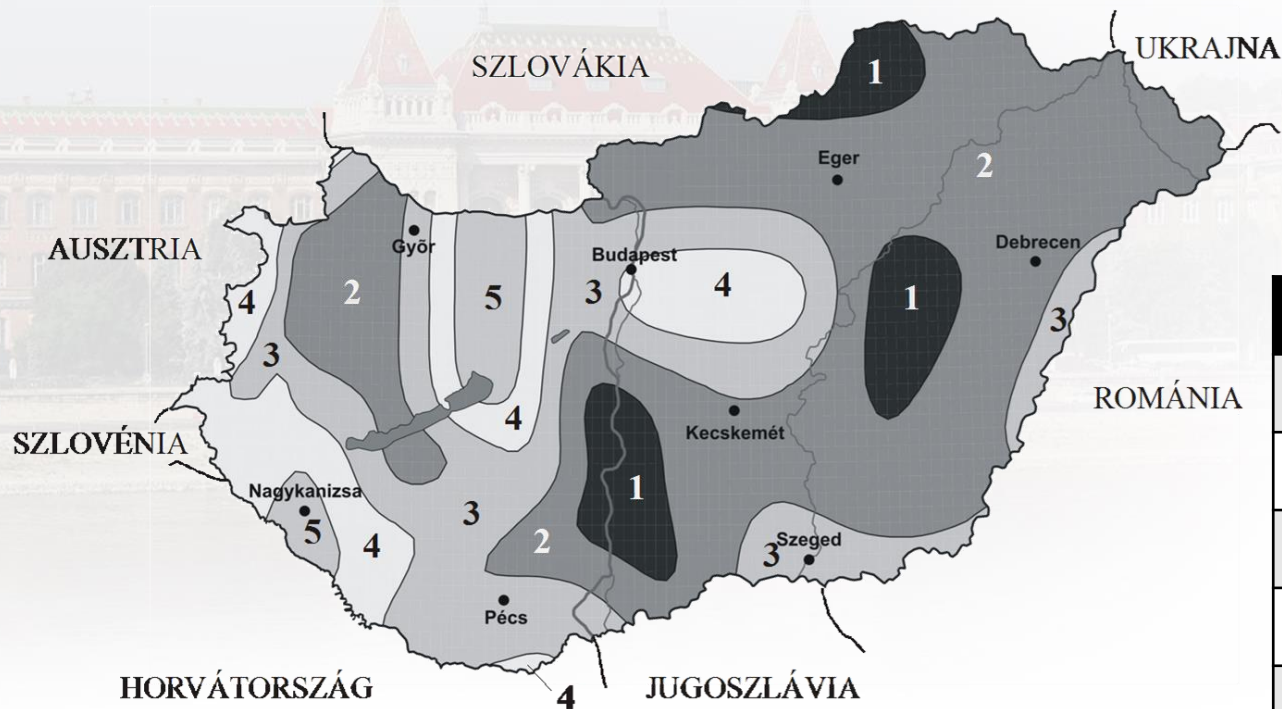
A szerkezet **nem károsodhat jelentősen** egy olyan földrengés hatására, amelynek túllépési valószínűsége **10 év alatt 10%**.

=> A földrengés visszatérési periódusa: **95 év**.

A létfontosságú létesítmények használhatóak maradjanak.

SZEIZMIKUS HATÁS JELLEMZÉSE

ALAPGYORSULÁS



Zóna	a_{gR}
1.	0.08g
2.	0.10g
3.	0.12g
4.	0.14g
5.	0.15g

FONTOSSÁG

$$a_g = \gamma_I a_{gR}$$

Fontossági osztály	Épületek	γ_I
I.	A közbiztonság szempontjából kisebb jelentőségű épületek, pl. mezőgazdasági épületek stb.	0,8
II.	Közönséges épületek, amelyek nem tartoznak más kategóriába	1,0
III.	Olyan épületek, amelyeknek a szeizmikus ellenállása fontos az összeomlás következményeinek szempontjából, pl. iskolák, gyűléstermek, kulturális intézmények stb.	1,2
IV.	Olyan épületek, amelyeknek az épsége a földrengés alatt életfontosságú a polgári védelem szempontjából, pl. kórházak, tűzoltó állomások, erőművek stb.	1,4
Fontossági osztály	Hidak	γ_I
I.	Az infrastruktúra és a tervezési élettartam szempontjából kisebb jelentőségű hidak	0,85
II.	Átlagos fontosság	1,0
III.	Olyan hidak, melyek a) kiemelt infrastrukturális szerepet játszanak, különösen a földrengést követően; b) melyek tönkremenetele jelentős emberáldozattal járhat; c) melyek tervezési élettartama az átlagosnál hosszabb.	1,3

VÁLASZSPEKTRUM

vízszintes:

rugalmas (pseudo) gyorsulási : S_e

tervezési gyorsulási : S_d

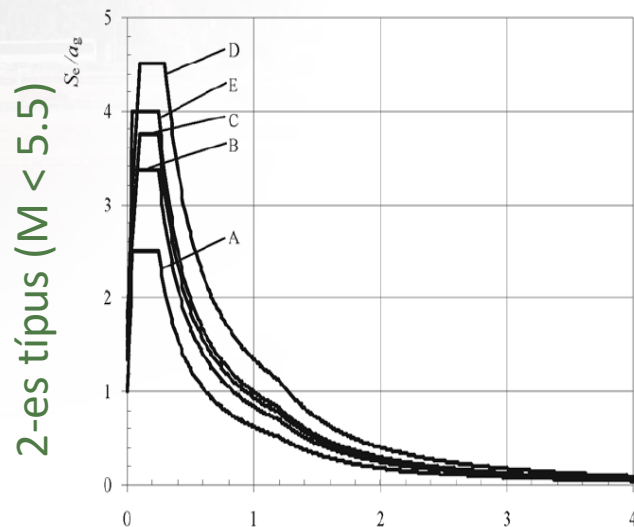
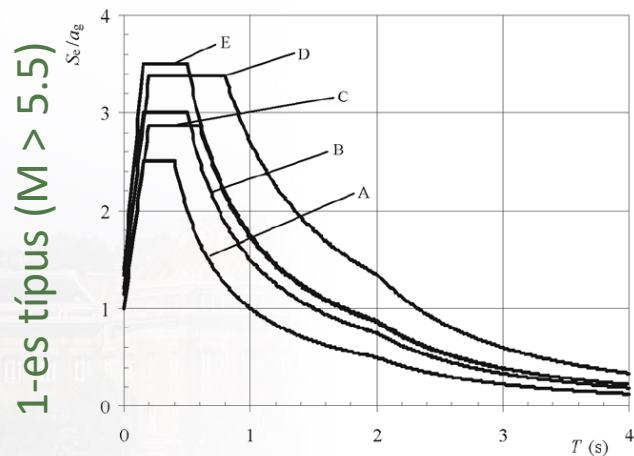
elmozdulási : S_{De}

függőleges:

rugalmas

típusa: 1-es vagy 2-es típus

Magyarországon jelenleg: 1-es típus



RUGALMAS VÁLASZSPEKTRUMOK

Vízszintes rugalmas pszeudo gyorsulási válaszspektrum

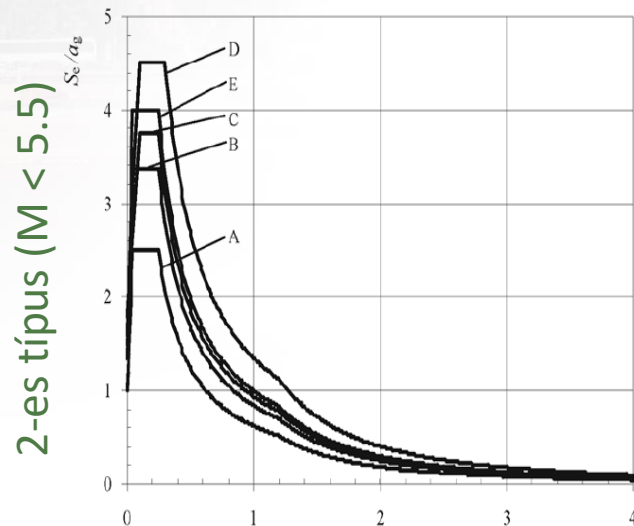
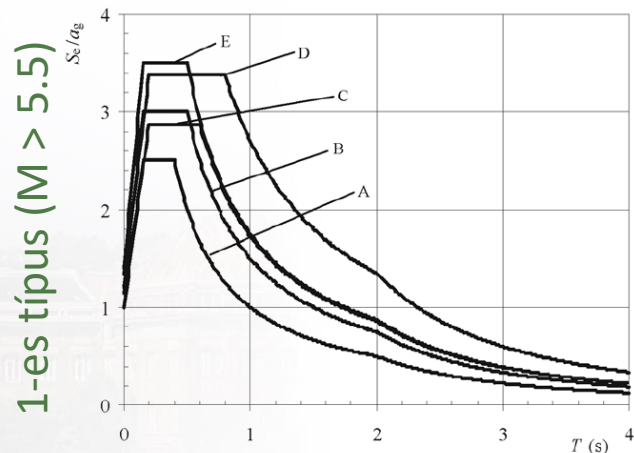
$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

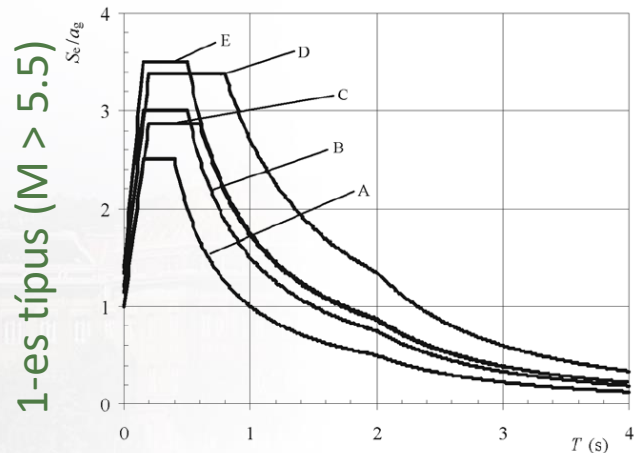
$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

csillapítás hatása: $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55$



Talaj erősítő hatása

Altalaj-osztály	A rétegszelvény leírása
A	Szilárd kőzet vagy közetszerűen viselkedő geológia képződmény, amely felett legfeljebb 5 m gyengébb fedőréteg van
B	Nagyon tömör homok-, kavics- vagy kemény agyagrétegek legalább több tíz méter vastagságban, a mechanikai jellemzők a mélységgel fokozatosan növekednek
C	Tömör vagy közepesen tömör homok-, kavics- vagy merev agyagrétegek több tíz vagy akár több száz méter vastagságban
D	Laza vagy közepesen tömör, kohézió nélküli talaj (némi puha kötött réteggel vagy anélkül), vagy túlnyomóan puha – gyúrható kötött talaj
E	Felszíni üledékréteg, amely a v_s érték szerint C vagy D osztályú, 5 és 20 m közötti vastagságú, alatta 800 m/s-nál nagyobb nyíróhullám-sebességű, merevebb agyag
S_1	Puha agyagból/iszapból álló vagy legalább egy 10 m vastag agyagot/iszapot tartalmazó, nagy plaszticitású ($PI > 40$) és nagy víztartalmú rétegek
S_2	Folyósodásra hajlamos talajok, érzékeny agyagok vagy más olyan talajrétegek, amelyek nem sorolhatók az A –E vagy S_1 osztályba.



Altalajosztály	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

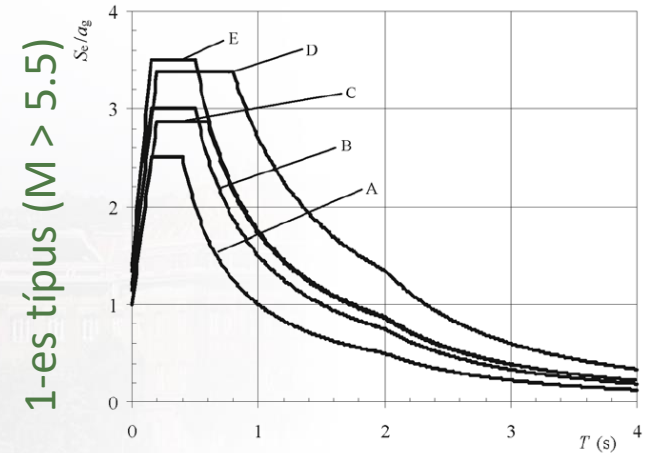
Vízszintes rugalmas pszeudo gyorsulási válaszspektrum

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$



Altalajosztály	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Függőleges rugalmas pszeudo gyorsulási válaszspektrum

Magyarországon csak hidaknál kell számolni vele

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$$

Spectrum	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Type 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Type 2	0,45	0,05	0,15	1,0

TERVEZÉSI SPEKTRUMOK

Vízszintes tervezési pszeudo gyorsulási válaszspektrum

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

duktilitás hatása: **q – viselkedési tényező**

ÉPÜLET

Osztály	q (acél)	q (vb.)
DCL: alacsony duktilitási osztály	< 1,5 – 2	
DCM: közepes duktilitási osztály	2 – 4	1,5 – 3 (4,5)
DCH: magas duktilitási osztály	2 – 8	2 – 4,5 (6)

HÍD

Osztály	q
korlátozottan duktilis	1,0 – 1,5
duktilis	2 – 3,5

ALAPOZÁS

híd: ha felmenő szerk. $q < 1,5$ akkor $q = 1,0$

épület: általában a felmenő szerkezettel azonos

ha $q > 1,5$, akkor kapacitástervezés szükséges!

A SZEIZMIKUS HATÁS JELLEMZÉSE

Elmozdulási viselkedési tényező (q_d)

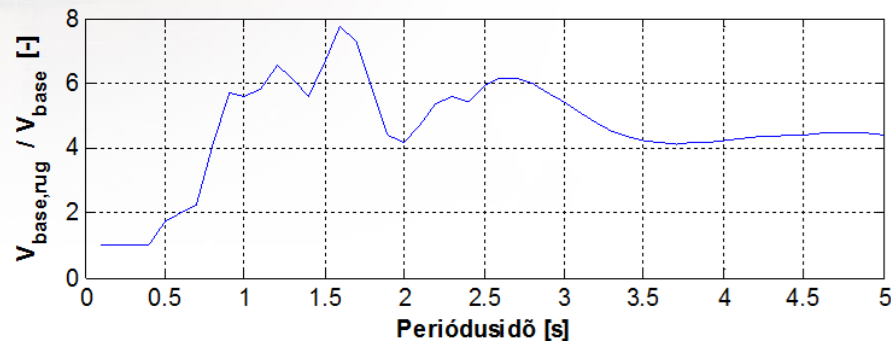
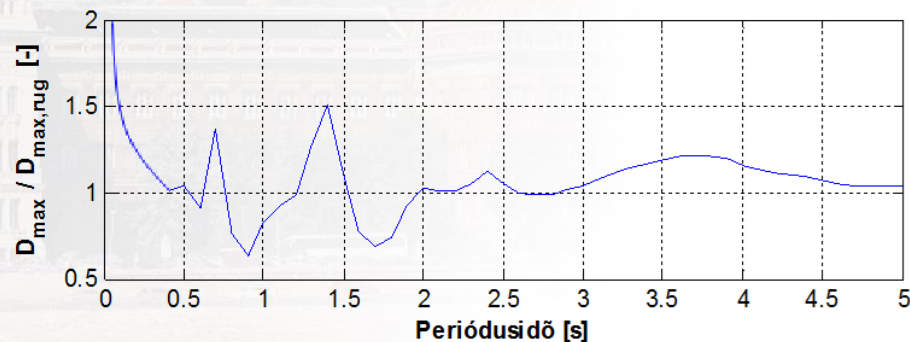
egyenlő elmozdulások elve alapján

$$d_s = q_d d_e$$

$$q_d = q \quad T \geq T_C$$

$$q_d > q \quad T < T_C$$

rugalmas / képlékeny válaszok

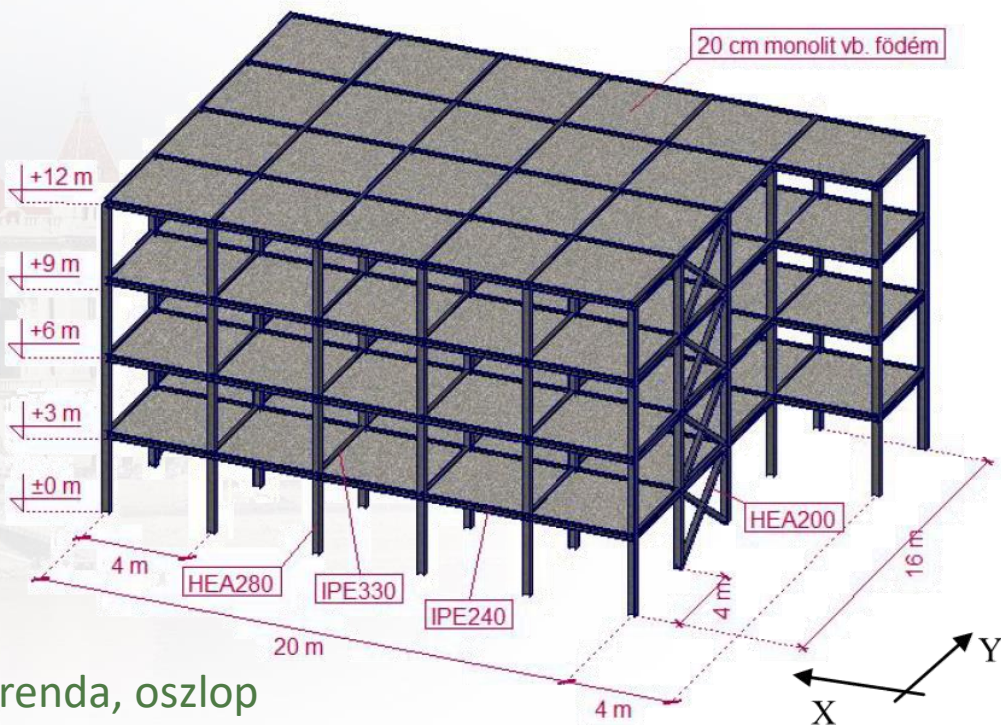


ANALÍZIS ÉS MÉRETEZÉS - MINTAPÉLDA

ANALÍZIS ÉS MÉRETEZÉS

mintapélda

4 szintes acél keretszerkezet



fő teherviselő rendszer:

- gravitációs terhek: vb. födém, gerenda, oszlop
- vízszintes terhek x irány: nyomatékbiró keret (MRF)
- vízszintes terhek y irány: központosan merevített keret (CBF)
- vízszintes terhek közvetítése: födém + gerendák

Kiinduló adatok

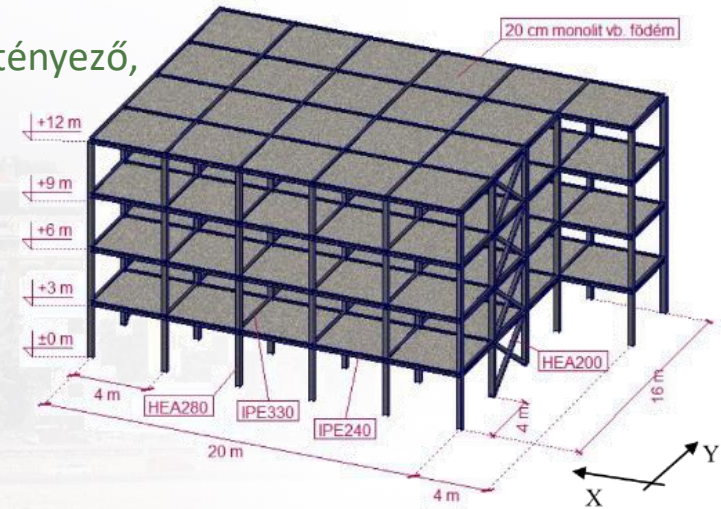
- Altalaj, fontossági osztály, alapgyorsulás, viselkedési tényező, figyelembe veendő tömeg, végtelen külpontosság, ...

Modellalkotás

- Szabályosság ellenőrzése
- Modellezési szint megválasztása

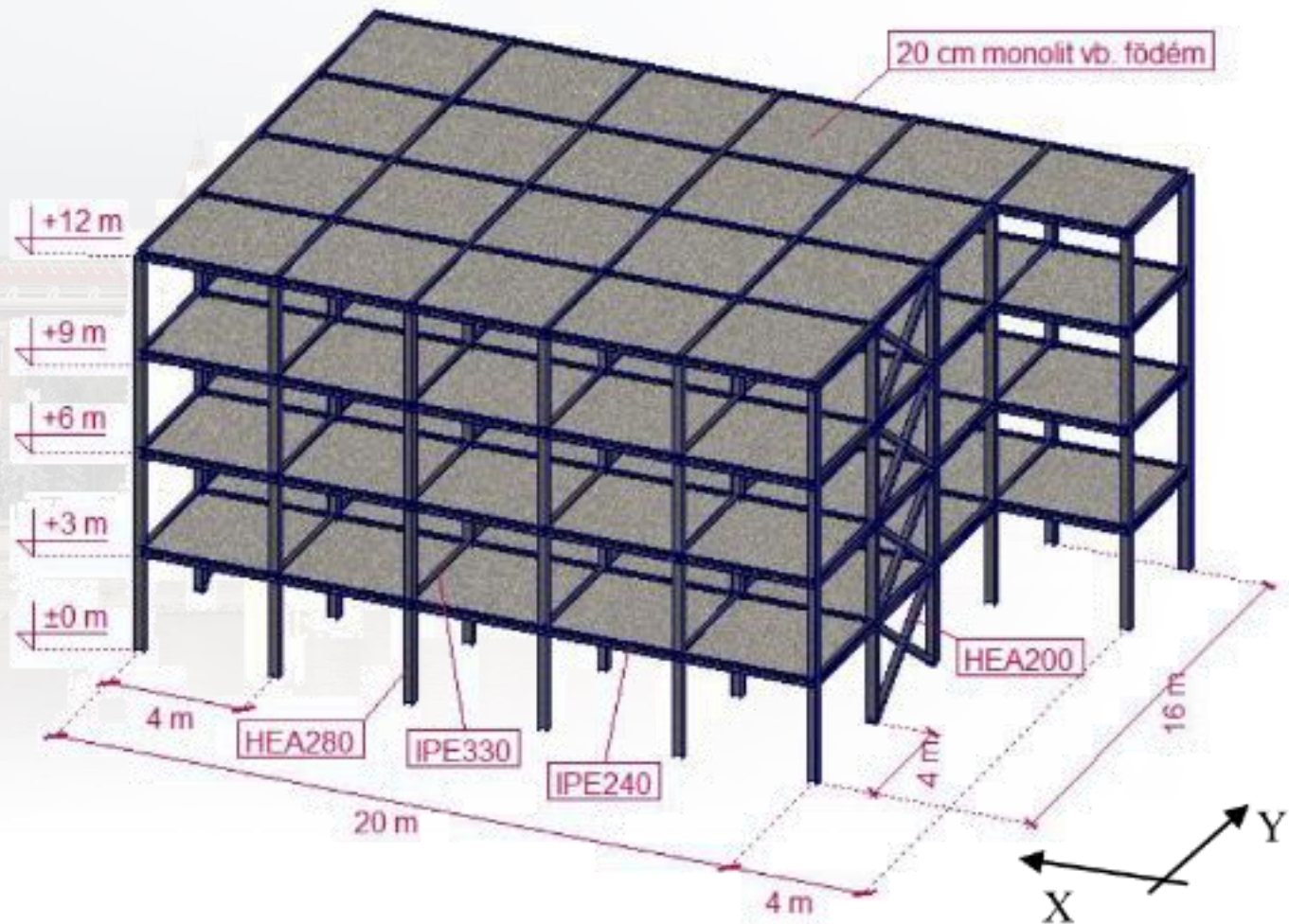
Analízis – rugalmas modálanalízis

- Modális tömegarány ellenőrzése
- Földrengésterhek rezgésalakonként
- Igénybevételek, elmozdulások, stb. rezgésalakonként
- Rezgésalakok és irányok szerinti összegzés
- Másodrendű hatások ellenőrzése
- Teherkombináció

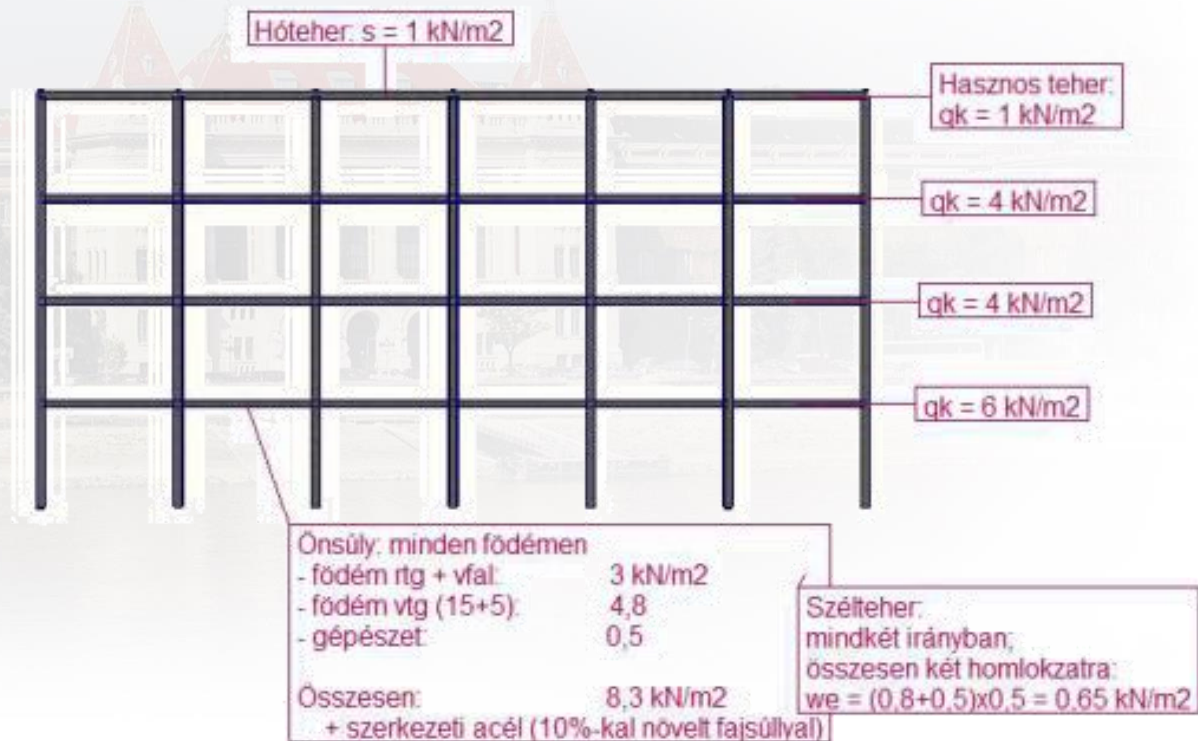


Méretezés kvázi-rugalmas esetben

- Rugalmas elemek ellenőrzése
- Korlátozott károk követelményének ellenőrzése



TERHEK



FÖLDRENGÉS HATÁS

fontossági osztály: II. $\gamma_I = 1,0$

PGA: $a_g = 0,14 \text{ g}$ (Budapest $\rightarrow$ 4. zóna)

talajosztály: **D** (laza, kohézió nélküli talaj)
 $S = 1,35; T_B = 0,2; T_C = 0,8; T_D = 2,0$

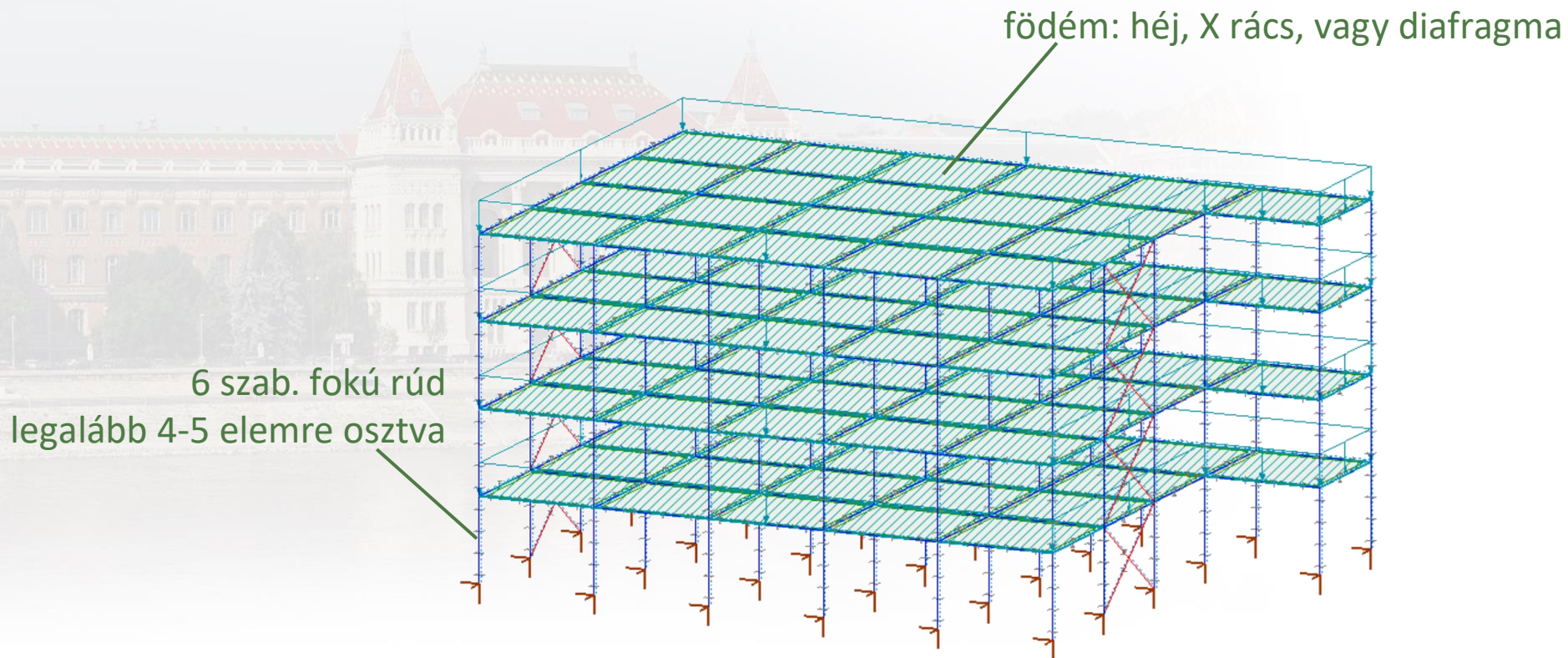
viselkedési tényező: $q = 1,5$ (DCL, kvázi-rugalmas)

elmozdulási viselkedési tényező:
 $q_D = q = 1,5$ (rövid periódusidőket kivéve)

függőleges komponens: Nemzeti Melléklet szerint elhagyható

szeizmikus tömeg: $G + \psi_2 Q = 1388 \text{ t}$ $\psi_{2,\text{szél}} = \psi_{2,\text{hó}} = 0$

NUMERIKUS MODELL



MODELLEZÉSI SZINT

	Statikus	Dinamikus
Lineárisan rugalmas	Helyettesítő terhek	Modális válaszspektrum
Nemlineáris	Eltolásvizsgálat	Időtörténeti vizsgálat

Szabályosság		Egyszerűsítés	
Alaprajzi	Magasság mentén	Modell	Rugalmas számítás
Igen	Igen	Síkbeli	Helyettesítő terhek
Igen	Nem	Síkbeli	Modális válaszspektrum
Nem	Igen	Térbeli	Helyettesítő terhek
Nem	Nem	Térbeli	Modális válaszspektrum

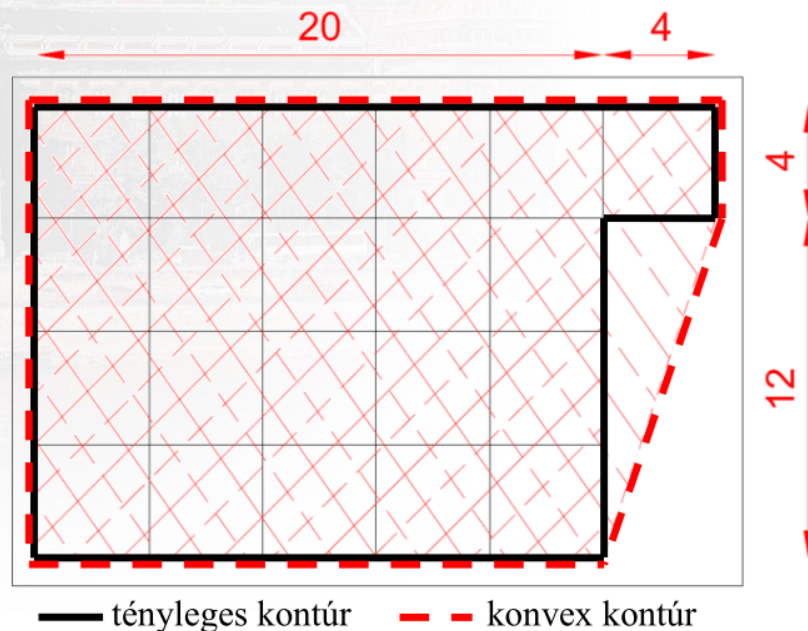
ALAPRAJZI SZABÁLYOSSÁG

- 2x szimmetria: OK!
- karcsúság: $b \leq 4a$ OK!
- érzékenység elcsavarodásra: OK!
- földémmerevség: OK!
- kompaktság: **NEM OK!**

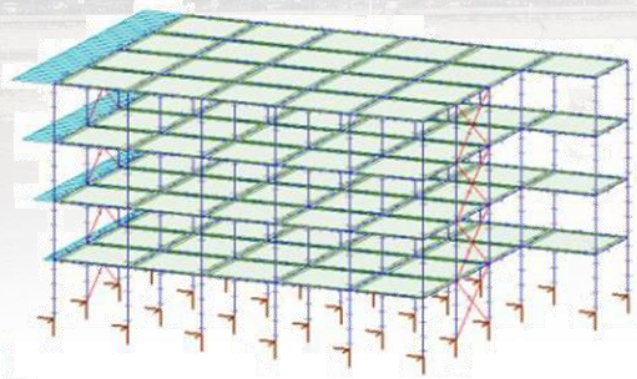
$$A_f = 336\text{m}^2$$

$$A'_f = 336 + \frac{4 \cdot 12}{2} = 360$$

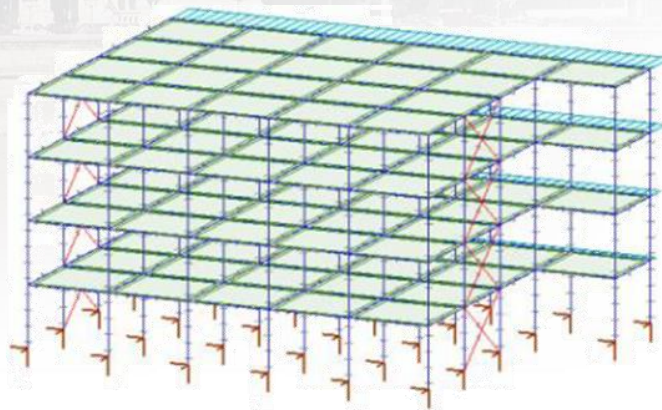
$$\frac{A'_f - A_f}{A_f} = 7,1\% > 5\%$$



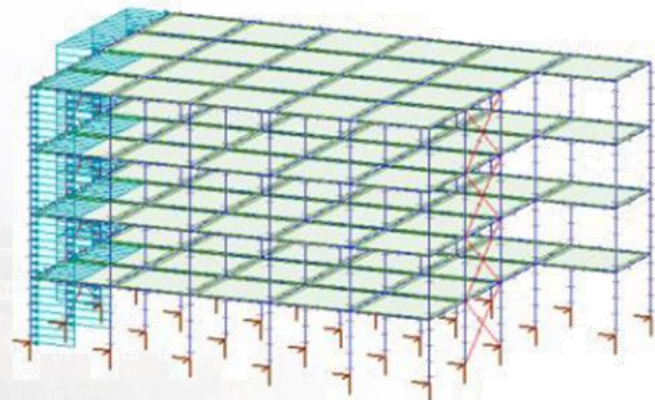
FÖDÉMMEREVSÉG



a) X teher



b) Y teher



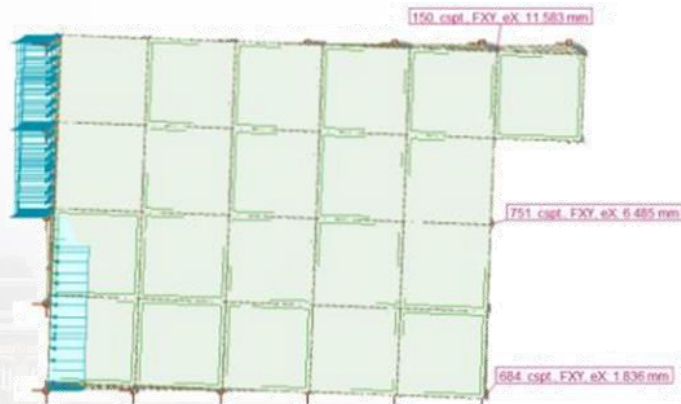
c) csavaró teher

FÖDÉMMEREVSÉG

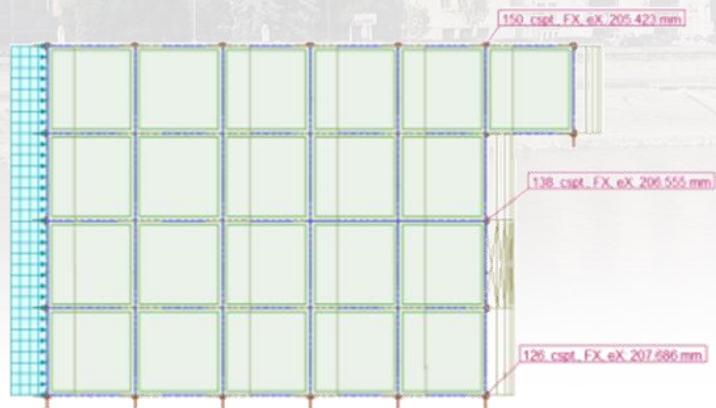
Födém merevség ellenőrzése

10% alatti eltérés esetén

hég helyett elég diafragmát alkalmazni!



Teher XY irányban: eltérés 3,5%



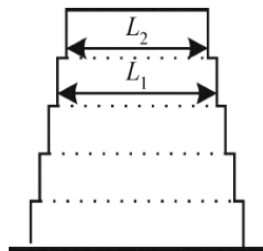
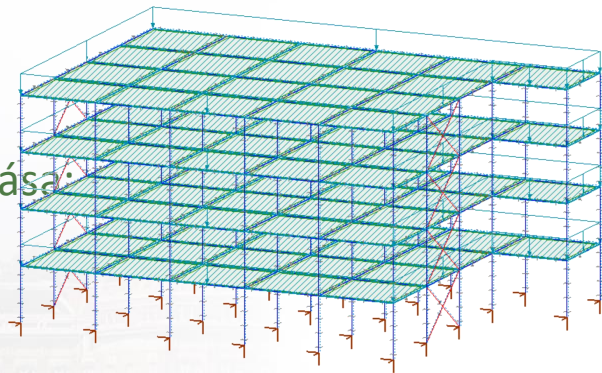
Teher X irányban: eltérés 0%



Teher Y irányban: eltérés 1,3%

MAGASSÁGI SZABÁLYOSSÁG

- vízszintes teherhordó rendszer folytonossága, uniformitása:
 - merevítőrendszer folytonos az alaptól a tetőig – OK!
 - merevség állandó vagy folytonosan csökkenő a magasság mentén – OK!
 - nincs drasztikus változás a tényleges és szükséges ellenállás arányában – OK!
 - merevségben nincs jelentős „beugrás” – OK!
- alaprajz uniformitása:
 - nincs jelentős beugrás az alaprajzban – OK!
- tömegek uniformitása:
 - nincs jelentős váltás a tömegben – OK!



$$\frac{9,9 - 8,7}{9,9} = 0,12 \leq 0,2$$

$$\frac{10,7 - 9,9}{10,7} = 0,08 \leq 0,2$$

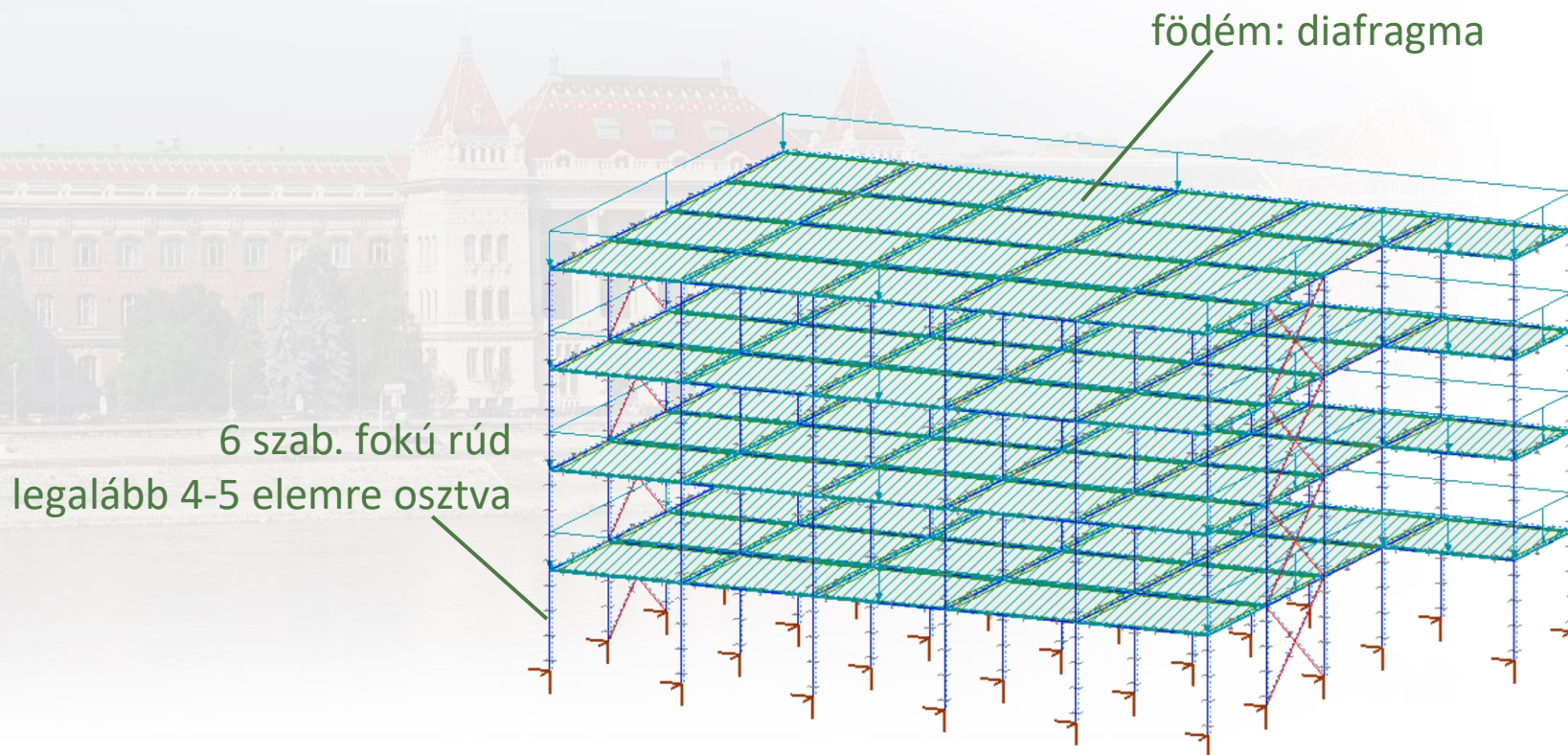
$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$$

MODELLEZÉSI SZINT

	Statikus	Dinamikus
Lineárisan rugalmas	Helyettesítő terhek	Modális válaszspektrum
Nemlineáris	Eltolásvizsgálat	Időtörténeti vizsgálat

Szabályosság		Egyszerűsítés	
Alaprajzi	Magasság mentén	Modell	Rugalmas számítás
Igen	Igen	Síkbeli	Helyettesítő terhek
Igen	Nem	Síkbeli	Modális válaszspektrum
Nem	Igen	Térbeli	Helyettesítő terhek
Nem	Nem	Térbeli	Modális válaszspektrum

NUMERIKUS MODELL



MODÁLANALÍZIS - REZGÉSVIZSGÁLAT

tömeg: szeizmikus teherkombináció alapján

Teherkombinációk

	Név	Típus	G	Q	Wl	Wt	S
1	EQ tömeg	-	1.00	0.40	0	0	0

előírások:

- figyelembe vett modális tömeg > 90%
- minden 5%-nál nagyobb modális tömegrészesedésű alak (épületeknél)

Rezgésalakok tömegrészesedése (I.) [EQ tömeg]

	f [Hz]	ε_x	ε_y	ε_z	Aktív
1	0.64	0.927	0	0	✓
2	1.39	0	0.752	0	✓
3	1.84	0	0.007	0	✓
4	2.43	0.056	0	0	✓
5	5.01	0	0.202	0	✓
5/5		0.983	0.960	0	

Rezgésvizsgálat

Megoldásvezérlés

☒ Elsőrendű rezgés ☐ Másodrendű rezgés

Meghatározandó rezgésalakok száma: 5

Eset: EQ tömeg

☒ Terhek átalakítása tömegekké

☐ Koncentrált tömegek figyelembevétele

☐ Koncentrált tömegek átalakítása teherre

☐ Csak tömegek figyelembevétele

☐ Szerkezeti tömeg figyelembevétele

☐ Tömegek átalakítása teherre

Figyelembe vett tömegkomponensek

☒ m_x ☒ m_y ☒ m_z

Tömegmátrix típusa

☒ Diagonális

☐ Konzisztens (csak indokolt esetben)

Diafragma

☐ Födémek konvertálása diafragmává

Konvergenzia kritériumok

Iterációk maximális száma: 30

Sajátérték konvergenzia: 1E-10

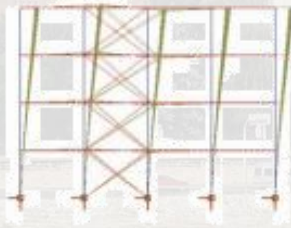
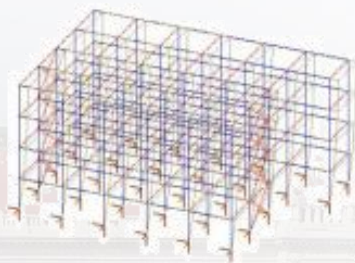
Sajátvektor konvergenzia: 1E-5

OK Mégsem

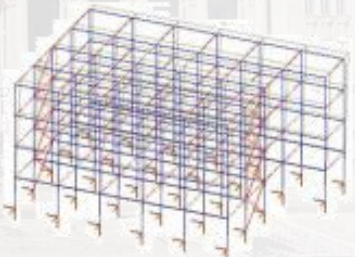
rezgésalakok:



a) 1. rezgésalak

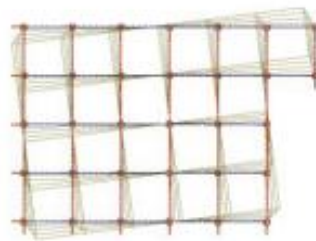


b) 2. rezgésalak

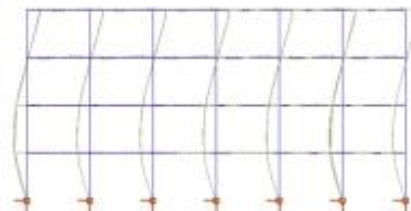
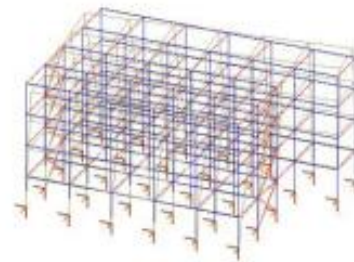


Rezgésalakok tömegrészesedése (I.) [EQ tömeg]

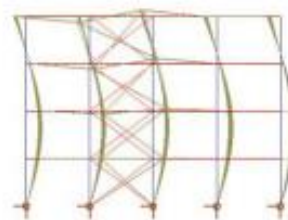
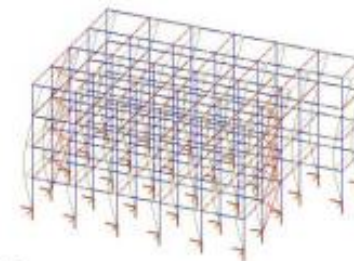
	f [Hz]	ξ_x	ξ_y	ξ_z	Aktív
1	0.64	0.927	0	0	✓
2	1.39	0	0.752	0	✓
3	1.84	0	0.007	0	✓
4	2.43	0.056	0	0	✓
5	5.01	0	0.202	0	✓
5/5		0.983	0.960	0	



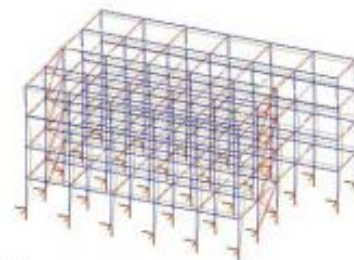
c) 3. rezgésalak



d) 4. rezgésalak

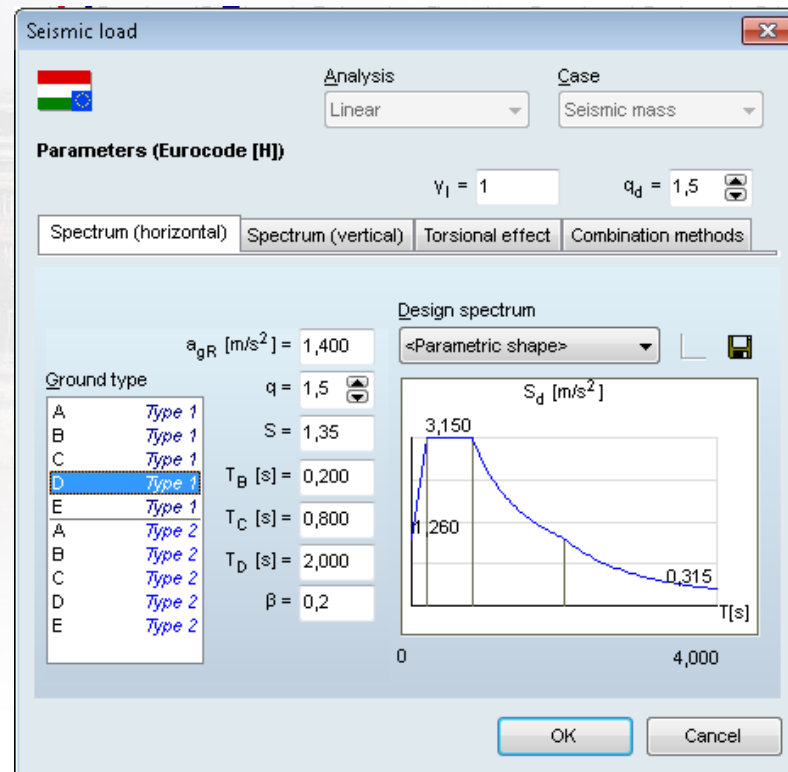


e) 5. rezgésalak



FÖLDRENGÉS TERHEK DEFINIÁLÁSA

- Földrengés tehereset létrehozása
- Válaszspektrum jellemzők



c) Vétlen külpontosság

Seismic load

Analysis: Linear Case: Seismic mass

Parameters (Eurocode [H])

$V_I = 1$ $q_d = 1,5$

Spectrum (horizontal) Spectrum (vertical) Torsional effect Combination methods

☐ Apply torsional effects

Accidental eccentricity coefficient = 0,05

Stories

Stories	Z[m]
Story 4	+12,000
Story 3	+9,000
Story 2	+6,000
Story 1	+3,000
Ground floor	0

12,000

Add

Delete

Pick Up >>

OK Cancel

d) Összegzési módszerek

Seismic load

Analysis: Linear Case: Seismic mass

Parameters (Eurocode [H])

$V_I = 1$ $q_d = 1,5$

Spectrum (horizontal) Spectrum (vertical) Torsional effect Combination methods

Combination of modal responses

☒ Auto

☐ $E = \sqrt{\sum_i E_i^2}$ (SRSS)

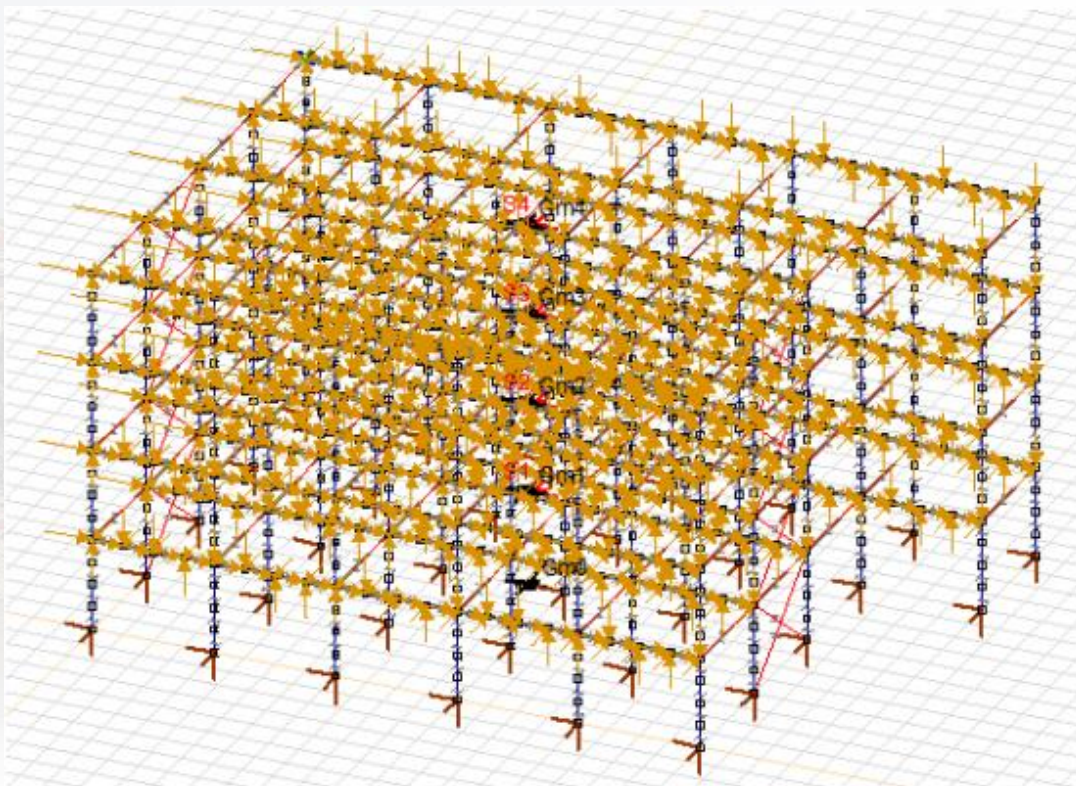
☐ $E = \sqrt{\sum_{i,j} E_i r_{ij} E_j}$ (CQC) $\xi' = 0,05$

Combination of the components of seismic action

☐ $E_{\max} = \sqrt{E_X^2 + E_Y^2 + E_Z^2}$

☒ $E_{\max} = \max \begin{cases} E_X + 0.3E_Y + 0.3E_Z \\ 0.3E_X + E_Y + 0.3E_Z \\ 0.3E_X + 0.3E_Y + E_Z \end{cases}$

OK Cancel

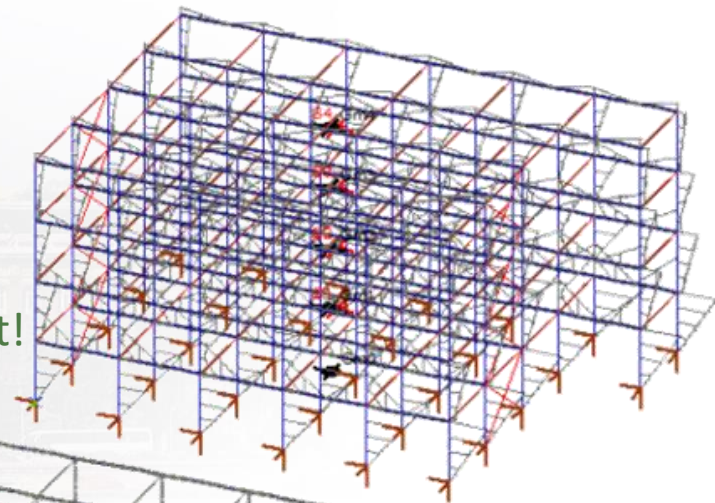
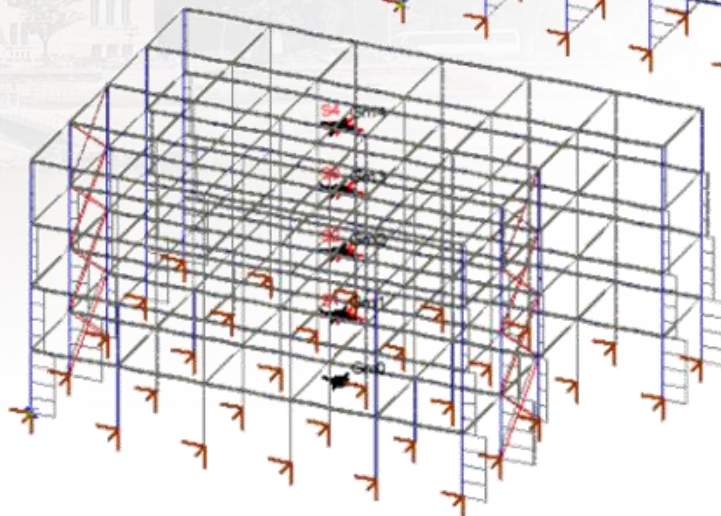
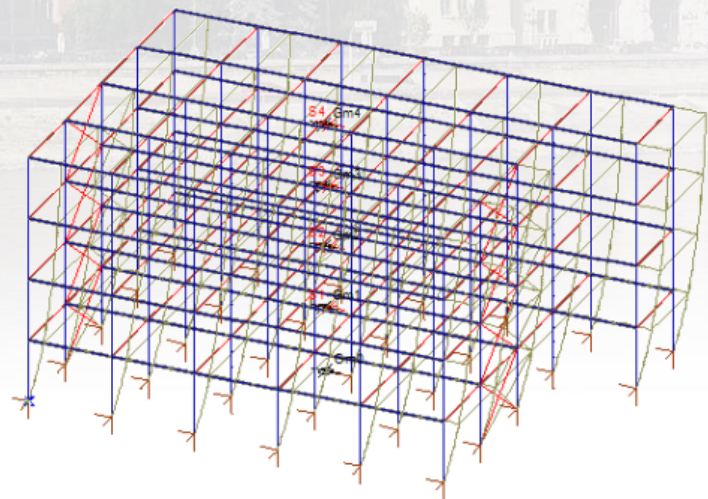


STATIKAI ANALÍZIS

Modális válaszspektrum analízis -> lineáris statika

Tipikus eredmények

a földrengés hatásnak **csak az abszolút értéke** ismert!



MÁSODRENDŰ HATÁSOK

Másodrendű hatások: szintek földrengésérzékenysége



MÁSODRENDŰ HATÁSOK

Másodrendű hatások: szintek földrengésérzékenysége

képlékeny stabilitásindex alapján

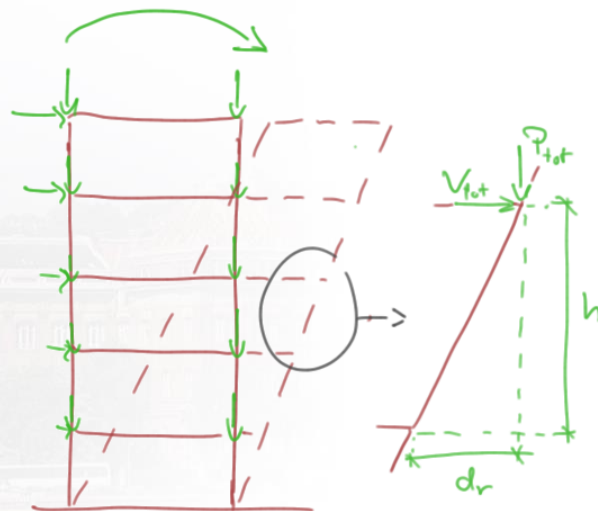
$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} \cdot d_r}{V_{\text{tot}} \cdot h}$$

< 0,10 -> elhanyagolható

0,10 – 0,20 -> szorzás 1/(1-θ)-val

0,20 – 0,30 -> másodrendű analízis

0,30 < -> TILOS



Szintek földrengésérzékenysége, Eurocode [oszlopok]

Szintek	X/Y	Z [m]	h [m]	θ_{max}	P_{tot} [kN]	V_{tot} [kN]	$V_{\text{tot}}/P_{\text{tot}}$	d_{rmax} [mm]	S [m]	G_m [m]	M [kg]	I_{mz} [kgm ²]
4. szint	X	12.000	3.000	0.028	3066.05	687.17	22%	18.920	10.835	10.579	312542.9...	2E+01
	Y			0.017		1414.71	46%	23.397	8.361	8.285	312542.9...	
3. szint	X	9.000	3.000	0.057	6569.52	1295.57	20%	33.491	10.835	10.580	357133.0...	2.3E+01
	Y			0.023		2448.77	37%	25.289	8.361	8.283	357133.0...	
2. szint	X	6.000	3.000	0.100	10073.00	1763.41	18%	52.392	10.835	10.580	357133.0...	2.3E+01
	Y			0.023		3095.29	31%	21.575	8.361	8.283	357133.0...	
1. szint	X	3.000	3.000	0.171	13845.27	2122.19	15%	78.519	10.835	10.579	384533.7...	2.5E+01
	Y			0.018		3475.29	25%	13.778	8.361	8.283	384533.7...	
Földszint	X	0	0	—	—	—	—	—	—	10.758	3489.221	3.2E+01
	Y			—	—	—	—	—	—	8.059	3489.221	

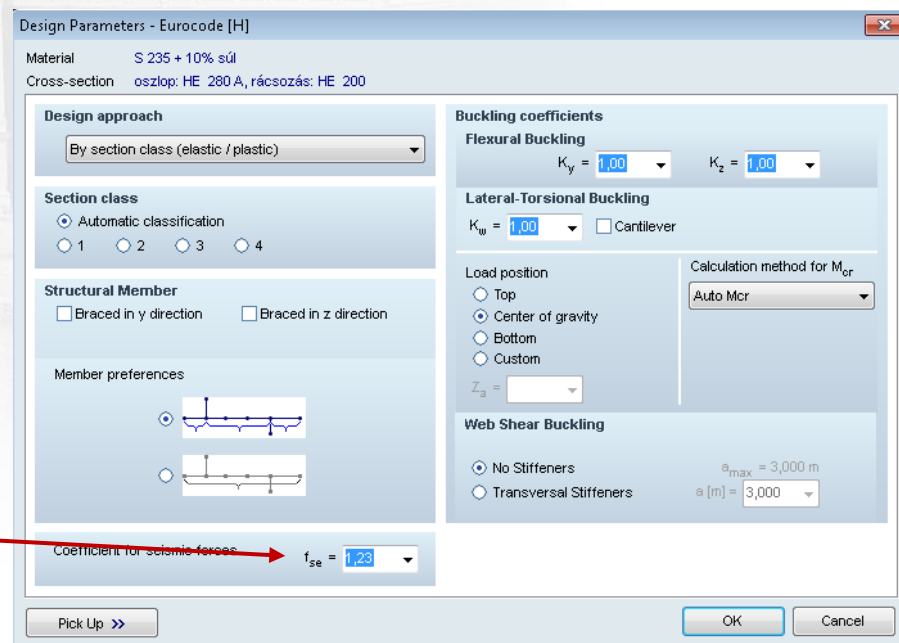
HATÁSOK KOMBINÁLÁSA

Hatások kombinálása, méretezés

a földrengés hatásnak **csak az abszolút értéke ismert!**

$$G \text{ "+" } E \text{ "+" } \psi_{Ei} Q$$

másodrendű hatások, kapacitástervezés
miatt **csak a földrengésből származó**
igénybevételeket kell növelni!



Design Parameters - Eurocode [H]

Material: S 235 + 10% súl
Cross-section: oszlop: HE 280 A, rácsoszás: HE 200

Design approach
By section class (elastic / plastic)

Section class
☒ Automatic classification
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

Structural Member
☐ Braced in y direction ☐ Braced in z direction

Member preferences
☒ 
☐ 

Buckling coefficients
Flexural Buckling
 $K_y = 1.00$ $K_z = 1.00$

Lateral-Torsional Buckling
 $K_w = 1.00$ ☐ Cantilever

Load position
☐ Top
☒ Center of gravity
☐ Bottom
☐ Custom

Calculation method for M_{cr}
Auto M_{cr}

$Z_a =$

Web Shear Buckling
☒ No Stiffeners $a_{max} = 3,000$ m
☐ Transversal Stiffeners $a [m] = 3,000$

Coefficient for seismic forces $f_{se} = 1.23$

Pick Up >> OK Cancel

Teherbírási ellenőrzése

- pl. oszlop – kihajlás

$$N_{Ed} := 1125 \text{ kN} \quad f_y := 23.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \lambda_1 := 93.9$$

$$M_{y,Ed} := 222 \text{ kNm} \quad \gamma_{M0} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$A := 97.26 \text{ cm}^2 \quad W_{y,pl} := 1112 \text{ cm}^3 \quad i_y := 11.6 \text{ cm} \quad i_z := 7 \text{ cm}$$

$$L := 300 \text{ cm} \quad v_z := 1 \quad v_y := 1 \quad i_{fc} := 7.52 \text{ cm}$$

$$\lambda_z := \frac{v_z \cdot L}{i_z \cdot \lambda_1} \quad \lambda_z = 0.456$$

$$\chi_z := \chi(0.34, \lambda_z) \quad \chi_z = 0.903$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = 2.064 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0.545$$

- kifordulás

$$k_c := \frac{1}{1.33 - 0.33 \cdot 0}$$

$$\lambda_f := \frac{k_c \cdot L}{i_{fc} \cdot \lambda_1} \quad \lambda_f = 0.319$$

$$\chi_{Lt} := \chi(0.49, \lambda_f) \quad \chi_{Lt} = 0.939$$

$$M_{b.Rd} := \min\left(1, 1.1 \cdot \chi_{Lt}\right) \cdot \frac{W_{y.pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{b.Rd} = 261.32 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{b.Rd}} = 0.85$$

- FB+LTB

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{mLt} := 0.6$$

$$\lambda_y := \frac{v_y \cdot L}{i_y \cdot \lambda_1}$$

$$\chi_y := \chi(0.21, \lambda_y)$$

$$k_{yy} := \min \left[C_{my} \cdot \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \cdot \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \right] \right] \quad k_{yy} = 0.934$$

$$k_{zy1} := \max \left(1 - \frac{0.1 \lambda_z}{C_{mLt} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{C_{mLt} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zy2} := \min \left(1 - \frac{0.1 \lambda_z}{C_{mLt} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}}, 0.6 + \lambda_z \right)$$

$$k_{zy} := \text{if}(\lambda_z \geq 0.4, k_{zy1}, k_{zy2})$$

$$k_{zy} = 0.929$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \cdot \frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 1.345$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} \cdot \frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 1.385$$



"már 70000"
Fül

Design Parameters - Eurocode [H]

Material S 235 + 10% súl

Cross-section oszlop: HE 280 A, rácsos: HE 200

Design approach

By section class (elastic / plastic)

Section class

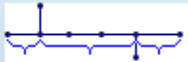
☒ Automatic classification

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

Structural Member

☐ Braced in y direction ☐ Braced in z direction

Member preferences

☒ 

☐ 

Buckling coefficients

Flexural Buckling

$K_y = 1,00$ $K_z = 1,00$

Lateral-Torsional Buckling

$K_w = 1,00$ ☐ Cantilever

Load position

☐ Top

☒ Center of gravity

☐ Bottom

☐ Custom

$Z_a =$

Calculation method for M_{cr}

Auto M_{cr}

Web Shear Buckling

☒ No Stiffeners $a_{max} = 3,000$ m

☐ Transversal Stiffeners a [m] = 3,000

Coefficient for seismic forces

$f_{se} = 1,23$

Pick Up >>

OK Cancel

Linear analysis

Code : Eurocode-H

Case : Critical Min,Max.

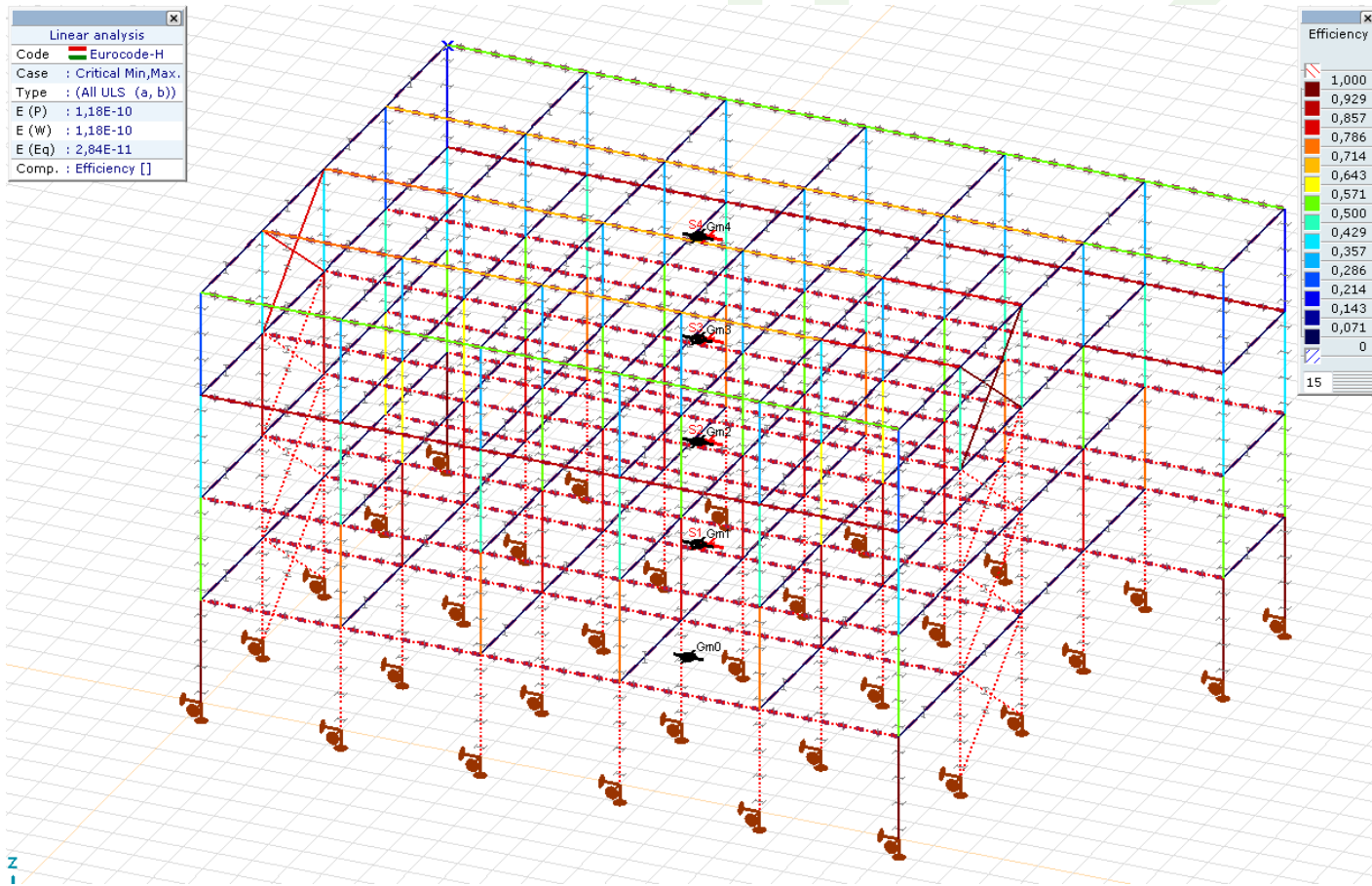
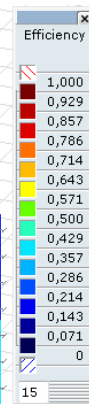
Type : (All ULS (a, b))

E (P) : 1,18E-10

E (W) : 1,18E-10

E (Eq) : 2,84E-11

Comp. : Efficiency []



Z

I



KORLÁTOZOTT KÁROK KÖVETELMÉNYE

A másodlagos/nem szerkezeti elemek miatt a szerkezet mozgását korlátozni kell.

Ellenőrzés gyakori földrengésre:

$$S_{eDL} = v S_e$$

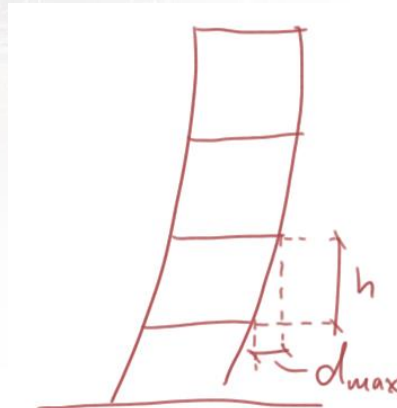
$v = 0,5$ ha fontossági osztály III, IV
 $v = 0,4$ ha fontossági osztály I, II

A megengedett relatív szinteltolódás mértéke a másodlagos elemek típusától függ:

- rideg elemek: 0,0050 h
- duktilis elemek: 0,0075 h
- független elemek: 0,0100 h

Szintek földrengésérzékenysége, Eurocode [oszlopok]

Szintek	X/Y	Z [m]	h [m]	α_{max}	P_{tot} [kN]	V_{tot} [kN]	V_{tot}/P_{tot}	d_{max} [mm]	S [m]	G_m [m]	M [kg]	I_{mz} [kgm ²]
4. szint	X	12.000	3.000	0.028	3066.05	687.17	22%	18.920	10.835	10.579	312542.9	2E+07
	Y			0.017								
3. szint	X	9.000	3.000	0.057	6569.52	1295.57	20%	33.491	10.835	10.580	357133.0	2.3E+07
	Y			0.023								
2. szint	X	6.000	3.000	0.100	10073.00	1763.41	18%	52.392	10.835	10.580	357133.0	2.3E+07
	Y			0.023								
1. szint	X	3.000	3.000	0.171	13845.27	2122.19	15%	78.519	10.835	10.579	384533.7	2.5E+07
	Y			0.018								
Földszint	X	0	0	—	—	—	—	—	—	10.758	3489.221	3.2E+07
	Y			—								





Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

Vigh László Gergely

vigh.laszlo.gergely@emk.bme.hu



**BUDAPESTI MŰSZAKI
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**

Építőmérnöki Kar - építőmérnöki képzés 1782 óta

Hidak és Szerkezetek Tanszék