



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék



Tartószerkezeti Szakvélemény

Budapest, VIII. kerület
Szentkirályi utca 29-31.

Földrengésvizsgálat

Készítették:

Dr. Hegyi Dezső

egyetemi docens
vezető tervező
műemléki szakértő
SZÉS-1 13-9529

Dr. Ther Tamás

egyetemi docens
vezető tervező
műemléki szakértő
SZÉS-1 01-15075

2024. november 5.

Tartalomjegyzék

I.	Kiindulási adatok.....	I-3
	Nemlineáris anyagok ismertetése	I-3
	Geometria.....	I-4
	Terhek	I-4
	Önsúlyok	I-4
	Hasznos terhek.....	I-4
	Földrengési paraméterek	I-4
II.	A Szentkirályi u. 27-29-31. épületegyüttes földrengési vizsgálata	II-6
	Rezgésvizsgálat.....	II-7
	Pushover vizsgálat	II-9
	X irányú eltolás.....	II-9
	Y irányú eltolás	II-14
III.	A Szentkirályi u. 29-31. társasház földrengési vizsgálata	III-22
	Rezgésvizsgálat.....	III-23
	Pushover vizsgálat	III-25
	X irányú eltolás.....	III-25
	Y irányú eltolás	III-31
IV.	Értékelés	IV-37

I. Kiindulási adatok

Nemlineáris anyagok ismertetése

Kétféle nemlineáris, képlékenyedő, húzószilárdságra gyenge téglafalazat anyagmodellt definiáltunk.

1. Meglévő és megmaradó nagyméretű tömörtégla falak. A tervezett új falazatok esetében az alkalmazott habarcs legalább M4 szilárdságú kell, hogy legyen. Ezeket a 3D modellben narancssárga színnel ábrázoljuk.

Anyagjellemzők

Név:

Típus:

Aktuális szabvány:

Nemzeti szabvány:

Anyagszabvány:

Szín:

Kontúr színe:

Textúra:

Lineáris tulajdonságok

Izotróp / Ortotróp

E_x [N/mm²] = ρ [kg/m³] =

E_y [N/mm²] = α_T [1/°C] =

ν =

Nemlineáris tulajdonságok

Nemlineáris tulajdonságok

Anyagmodell / folyási feltétel:

Sigma-epsilon diagram

Paraméterek alapján

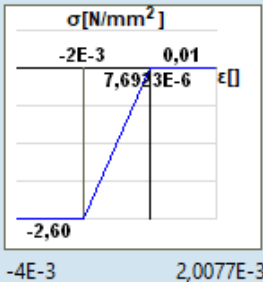
E [N/mm²] =

E_T [N/mm²] =

σ_{yT} [N/mm²] =

σ_{yC} [N/mm²] =

Függvény alapján



Strain (ϵ)	Stress (σ) [N/mm ²]
0	0
0.01	1300
2.60	2.60

σ [N/mm²]: -2E-3, 0,01

ϵ []: -2,60, 2,0077E-3

Kéttengelyű nyomás (Bresler-Pister)

C_{yB} = σ_{yB} [N/mm²] =

Alakváltozási keményedés

Izotróp keményedés β =

Merevség

Falazat méretezési paraméterek

Állóhézag:

f_b [N/mm²] =

f_k [N/mm²] =

f_{vk0} [N/mm²] =

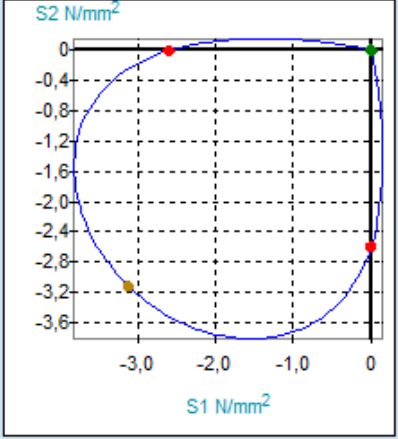
f_{xk1} [N/mm²] =

f_{xk2} [N/mm²] =

ϕ_∞ =

γ_M =

Folyási felület



S_2 N/mm²

S_1 N/mm²

OK Mégsem

Geometria

A szerkezet geometriáját egyszerűsített módon definiáltuk:

- az egyes falnyílások egyenes záródásúak, a falkávákat egy átlagos nyílásszélességgel vannak figyelembe véve
- az egymáshoz nagyon közeli nyílások közötti falazatok jelenlétét elhanyagoltuk.
- a födémek modellezésénél egy 12 cm vastagságú téglából készült födémlemez vettük figyelembe, amellyel a kerámia elemekkel kialakított Horcsik födém merevségét közelítettük. A födém ilyen értelemben nem tekinthető tárcsamerev födémnek!
- a lépcsőházak merevítő hatását – mivel azok lebegő lépcső kialakításúak – nem vettük figyelembe.
- a tetőszerkezetet és a tetőtérbeépítést teherként vettük figyelembe.
- az épület pinceszintjét - mivel az nem tekintendő lengő tömegnek – nem vettük figyelembe a modellben

Terhek

A modellben figyelembe vett terhek.

Önsúlyok

- szerkezeti önsúlyok – a definiált szerkezeti térfogatok alapján generált súly (Horcsik födém, falak)
- padlórétegrendek – egységesen 15 cm szilikát szerkezet beépítését vettük figyelembe minden födém szinten $3,75 \text{ kN/m}^2$
- tetőszerkezet súlya a zárófödémeken $4,0 \text{ kN/m}^2$

Hasznos terhek

- a lakás funkcióhoz tartozó hasznos teher $2,0 \text{ kN/m}^2$, melynek kvázi állandó része 30%
- épített válaszfalak terhe a födémeken egyenletesen megoszló teherként $3,0 \text{ kN/m}^2$

A földrengési méretezésnél és a rezgésvizsgálatnál az önsúlyokat és a válaszfalterhet alapértékükkel, a hasznos terhet kvázi állandó részükkel vettük figyelembe.

Földrengési paraméterek

Az épület Budapesten, a 4. földrengési zónában található. A sziklán vett talajgyorsulás alapértéke $a_{g,R} = 0,14g$. Az általaját B osztályba soroltuk, így a talajszorzó $S = 1,2$, az épület fontosságát osztálya $\gamma_1 = 1,0$.

Mіндеzek alapján az épület rugalmas pszeudogyorsulási válaszspektrumának „platója”:

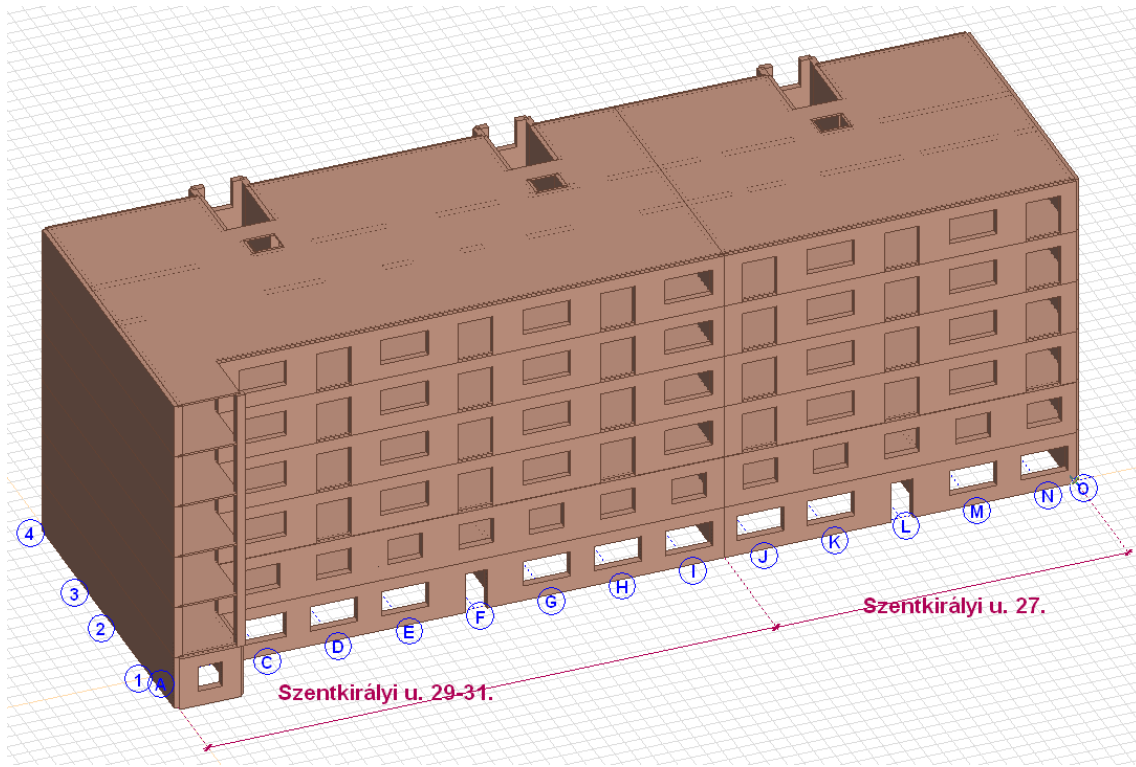
$$S_e = a_{g,R} \gamma_1 S_{2,5} = 4,12 \text{ m/s}^2$$

A pszeudogyorsulási válaszspektrum alapján közelítő módon kiszámítható, hogy merev szerkezet esetén a pushover vizsgálatnál milyen célelmozdulás értékeket érdemes első közelítésben figyelembe venni. A pszeudogyorsulás definíciójából adódóan: $D_{\max} = S_e/\omega^2$. Ezen D_{\max} értékeket a rezgésvizsgálat eredményeképpen megkapott dominás rezgésidőkből számíthatjuk.

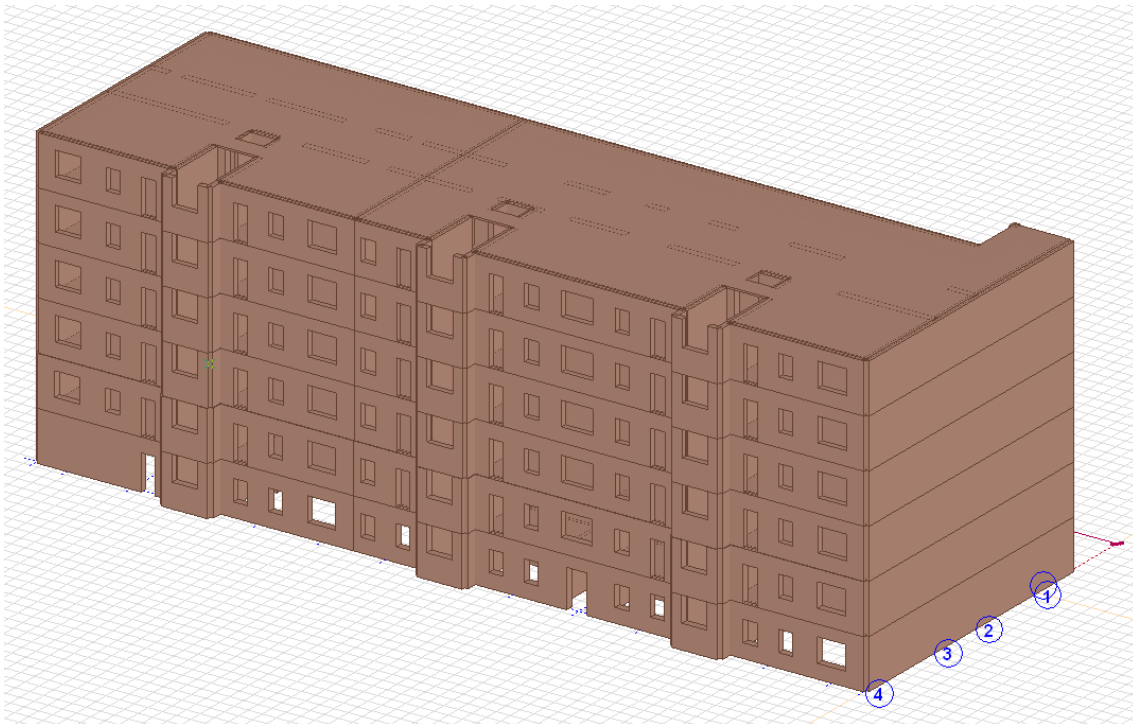
A Pushover vizsgálat során mindkét épületet megvizsgáljuk X irányú (Szentkirályi utcával párhuzamos, hosszirány) és Y irányú (Szentkirályi utcára merőleges irány) eltolóerőre.

- vizsgáljuk, hogy a falak nemlineáris, képlékenyedő anyagmodell alkalmazása esetén képesek-e az előírt célelmozdulásnak megfelelő mértékben képlékenyedni
- vizsgáljuk továbbá, hogy az egyes faltestek az így kialakult képlékeny igénybevétel-átrendeződés esetén képesek-e viselni a rájuk jutó igénybevételeket
- Ezek alapján meghatározzuk, hogy az előírt földrengési teher mekkora részét képesek viselni az épületek a vizsgált falak teherbírása alapján.

II. A Szentkirályi u. 27-29-31. épületegyüttes földrengési vizsgálata



A modell utcai nézete



A modell udvari nézete

Rezgésvizsgálat

Az épület rezgésvizsgálatához az önsúlyok és válaszfalterhek alapértékével és a hasznos terhek kvázi állandó részével figyelembe vett teheresettel számoltunk.

Rezgésalakok tömegrészesedése (I.) [kvazi_allando]				
	T [s]	Hiba	ε_X	ε_Y
1	1,476	2,71E-10	0,005	0,794
2	1,130	1,61E-10	0,498	0,015
3	0,931	1,14E-10	0,333	0,001
4	0,498	3,38E-11	0,001	0,014
5	0,406	2,42E-11	0	0,119
6	0,336	1,73E-11	0,086	0,005
7	0,326	1,47E-11	0,047	0,020
8	0,290	6,06E-10	0,004	0
9	0,277	2,17E-8	0,001	0
10	0,249	6,11E-6	0,001	0,017
3/10			0,836	0,810

A szerkezet X irányú lengésalakja domináns a 2. és 3. lengésalaknál, amely két alak a modális tömegek mintegy 84%-át képviseli. Az Y irányú lengésalakja domináns az 1. és 5. lengésalaknál, amely két alak a modális tömegek mintegy 92%-át képviseli.

Az egyes lengésalakokhoz tartozó dinamikai paramétereket mutatja az alábbi táblázat. A Magyarországon 1. típusú földrengésekhez előírt válaszspektrum „platója” 0,15 és 0,5 [s] közötti periódusidejű szerkezetek esetén veendő figyelembe. Látható, hogy a várakozásoknak megfelelően a nagyon lágy épület első két, Y és X irányokban domináns első periódusideje a válaszspektrum platójáról „lecsúszik”. A lágy épület földrengési terhe tehát kisebb, mint egy merev szerkezet esetében, azonban a földrengés során elszenvedett alakváltozások igen nagyok is lehetnek!

Sajátfrekvenciák (I.) [kvazi_allando (SLS Kváziállandó)]					
	f [Hz]	T [s]	ω [rad/s]	S.é.	Hiba
1	0,68	1,476	4,26	18,12	2,71E-10
2	0,89	1,130	5,56	30,94	1,61E-10
3	1,07	0,931	6,75	45,53	1,14E-10
4	2,01	0,498	12,63	159,49	3,38E-11
5	2,47	0,406	15,49	239,97	2,42E-11
6	2,97	0,336	18,67	348,72	1,73E-11
7	3,07	0,326	19,30	372,53	1,47E-11
8	3,45	0,290	21,68	469,82	6,06E-10
9	3,61	0,277	22,67	513,97	2,17E-8
10	4,01	0,249	25,22	636,23	6,11E-6

Az egyes irányokhoz tartozó tetőponti célelmozdulás értékét a fentiek alapján meghatározhatjuk:

$$D_{\max,X} = S_e/\omega_2^2 = 4,12/5,56^2 = 133 \text{ [mm]}$$

$$D_{\max, \gamma} = S_e / \omega_1^2 = 4,12 / 4,26^2 = 227 \text{ [mm]}$$

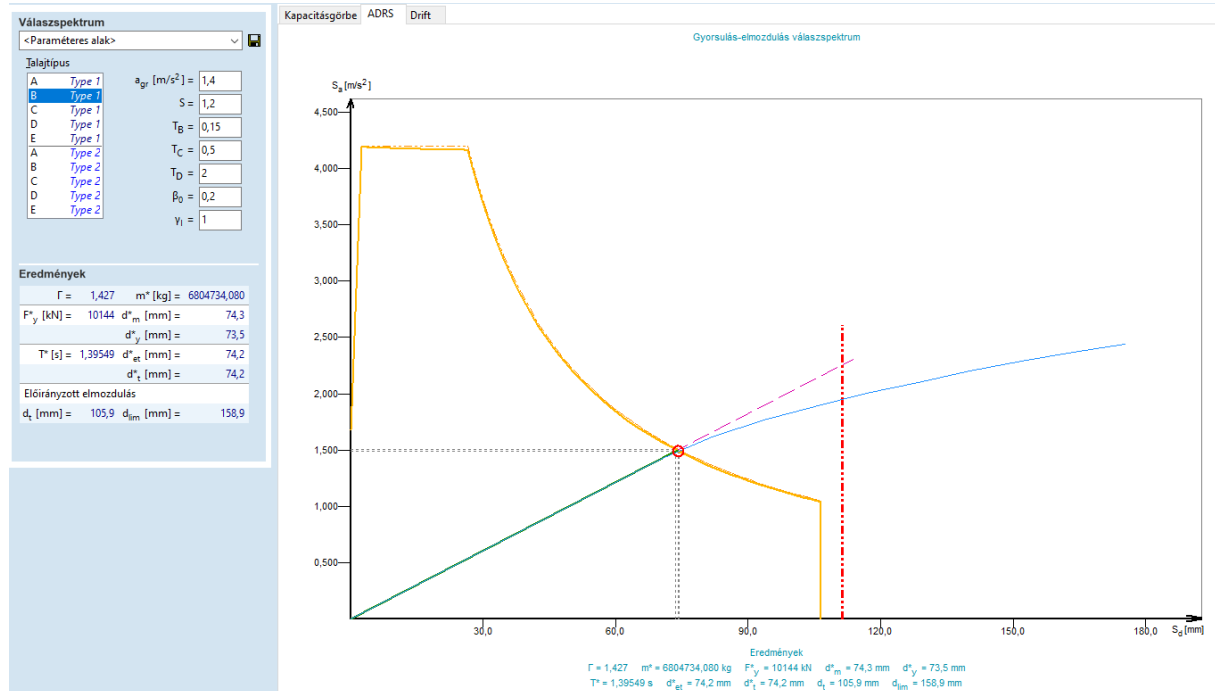
Az alábbi számítások során az itt meghatározott célelmozdulások alapján határozzuk meg a szerkezet viselkedését, hogy lássuk, a szerkezet mennyire mutat duktilis viselkedést, és a nagy elmozdulások során a képlékenyedő falak milyen kihasználtságot mutatnak.

Az eredmények értékelésénél azt a teherszintet fogjuk figyelembe venni, ami a szabvány által előírt célelmozduláshoz tartozik.

Pushover vizsgálat

Az eltolás (pushover) vizsgálatnál X és Y irányú oldalirányú teherrel terheljük a nemlineáris viselkedést mutató falazott szerkezetet.

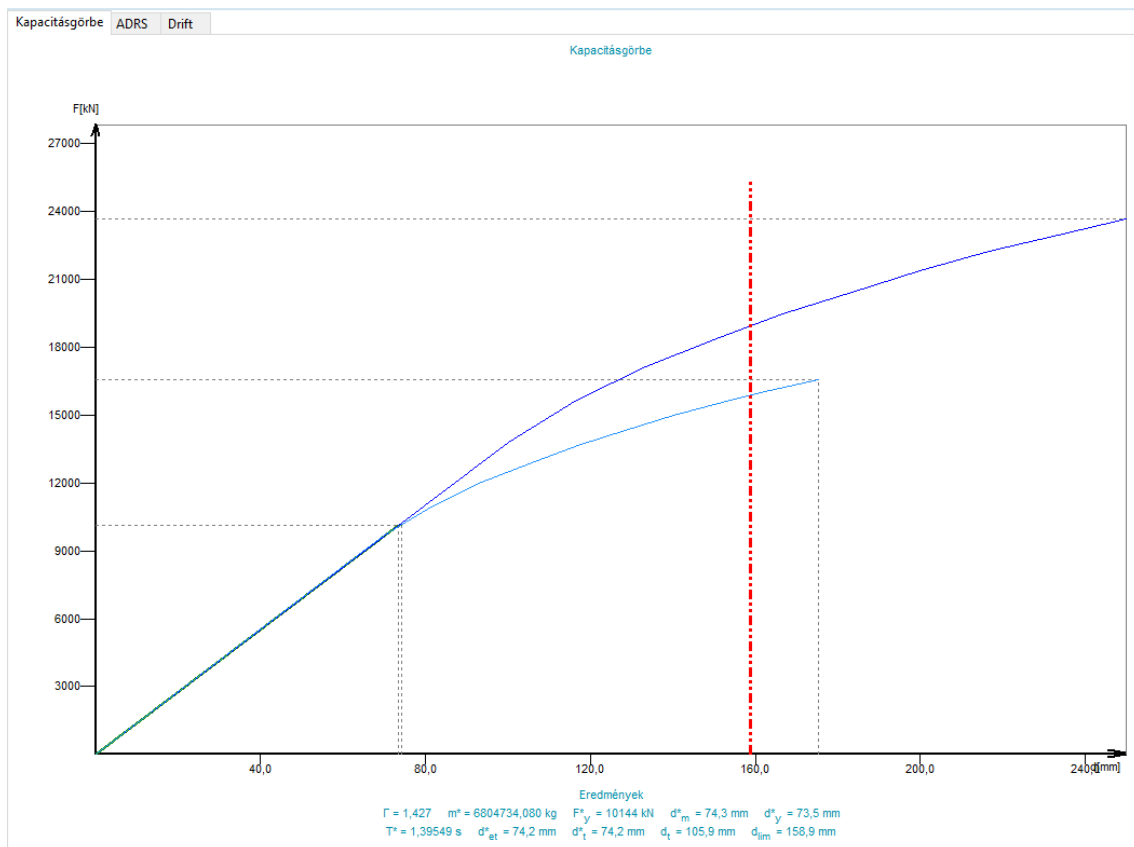
X irányú eltolás



A számított erő-elmozdulás diagram erősen lágyuló jelleget mutat. A felpuhuló nemlineáris rendszert egy idealizált bilineáris viselkedésű rendszerrel helyettesítjük, amelyhez a következő értékeket kaptuk X irányú eltolás esetén:

- idealizált bilineáris rendszer folyásához tartozó elmozdulás: $d_y^* = 73,5$ mm
- egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előírányzott képlékeny elmozdulása: $d_i^* = 74,2$ mm
- elvárt elmozdulási képesség: $d_{lim} = 158,9$ mm
- a rendszert terhelő alapnyíróerő értéke $F_y^* = 10144$ kN

A rendszer kapacitásgörbéje az alábbi képen:



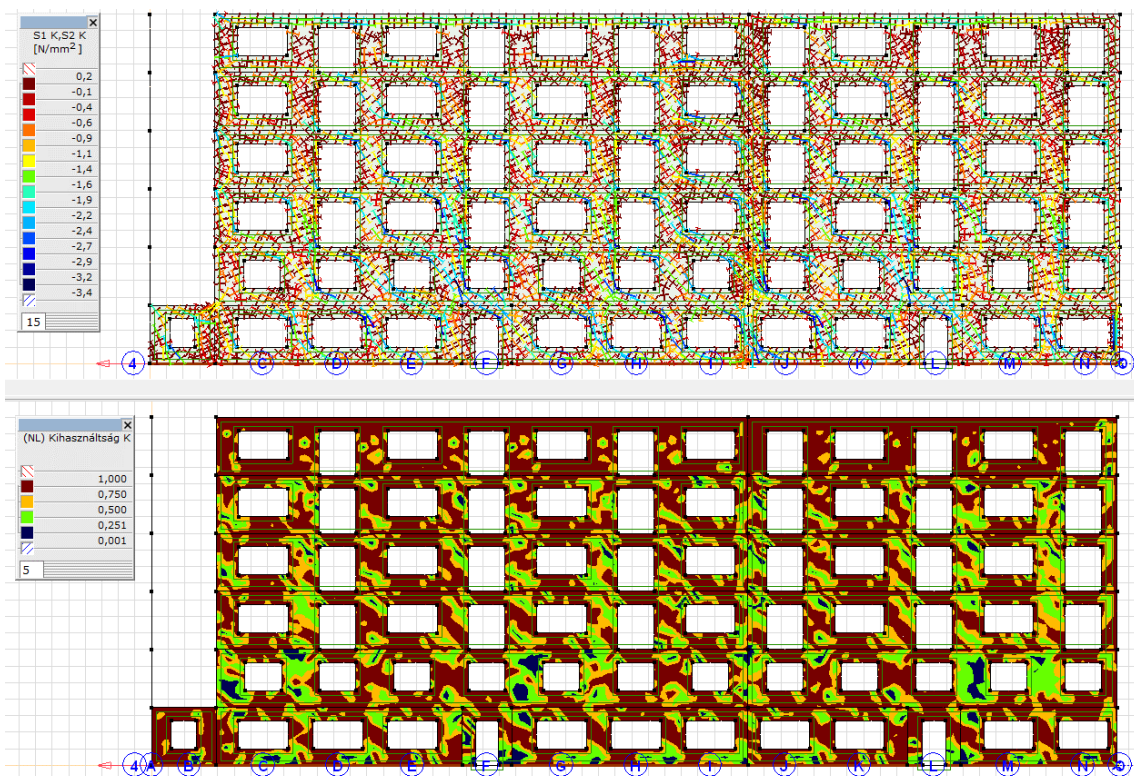
A vizsgálathoz beállított 250 mm-es célelmozdulási érték a fentiek alapján megfelelő közelítés volt, a célelmozdulás ennél kisebb (158,9 mm). Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a szerkezet a földrengés során képlékenyedik.

PO X M		
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [1]	(13801,619)	[eX(1387) = 100,0 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [2]	(15672,453)	[eX(1387) = 116,7 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [3]	(17153,420)	[eX(1387) = 133,3 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [4]	(18329,771)	[eX(1387) = 150,0 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [5]	(19455,213)	[eX(1387) = 166,7 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [6]	(20413,592)	[eX(1387) = 183,3 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [7]	(21393,350)	[eX(1387) = 200,0 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [8]	(22219,676)	[eX(1387) = 216,7 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [9]	(22967,498)	[eX(1387) = 233,3 mm]
PO X M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó)) [10]	(23654,982)	[eX(1387) = 250,0 mm]

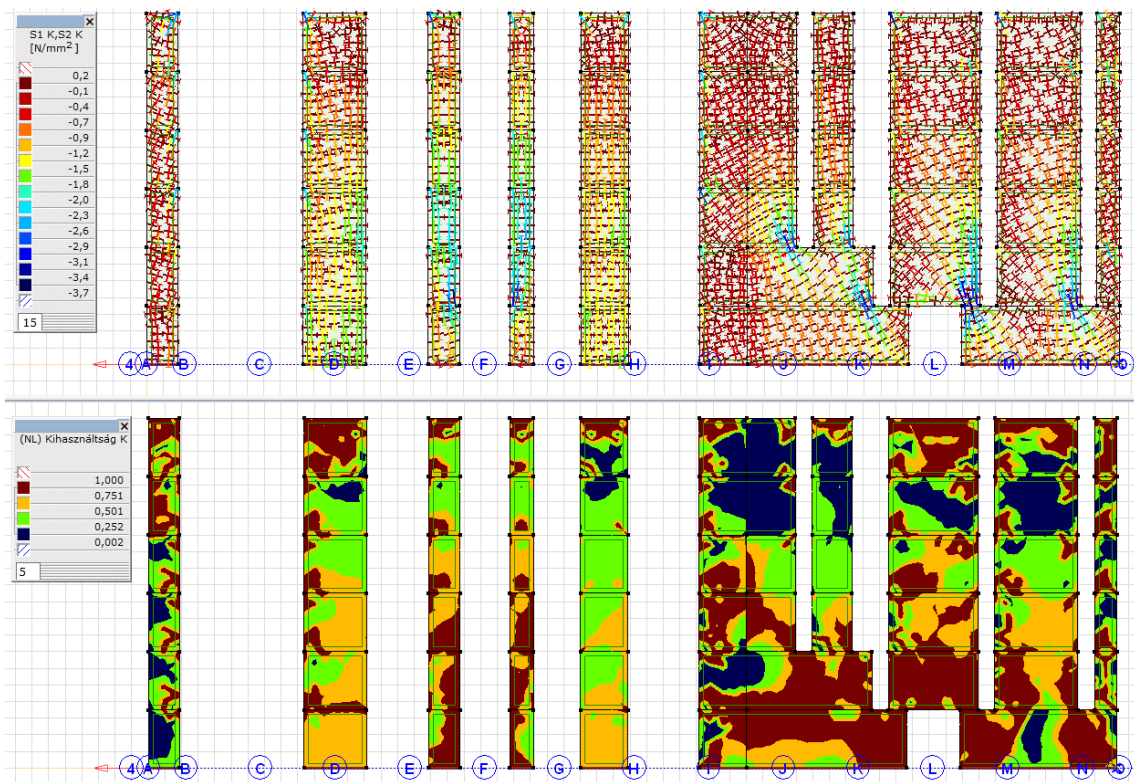
Az alábbiakban az 5. teherlépéshez tartozó teherszinten mutatjuk be az egyes homlokzati és hosszfőfalak anyagi kihasználtságát (az anyagi pont feszültségállapota – kétparaméteres folyási felület határa) és a főfeszültségek lefutását.

Nagy kihasználtságot találunk az egyes nyílások közötti falsávokban, az alapozás síkja felett a teherátadás helyén és a kevésbé leterhelt falkoronán a zárófödém alatt.

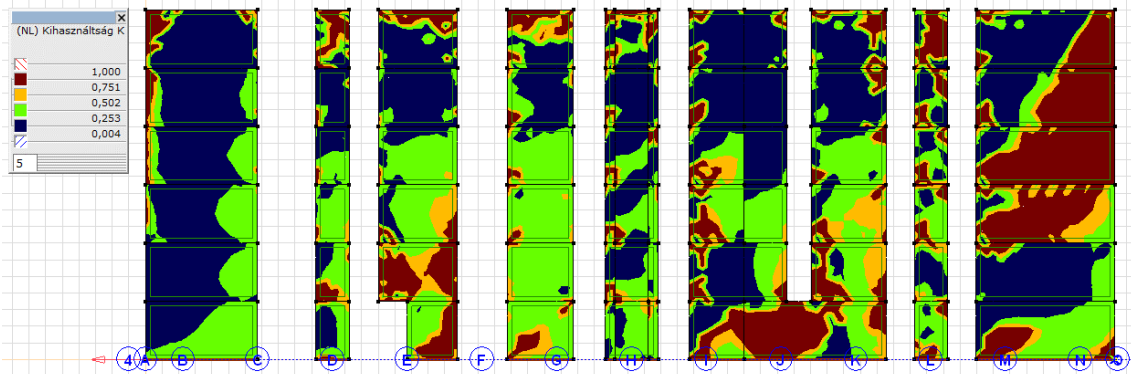
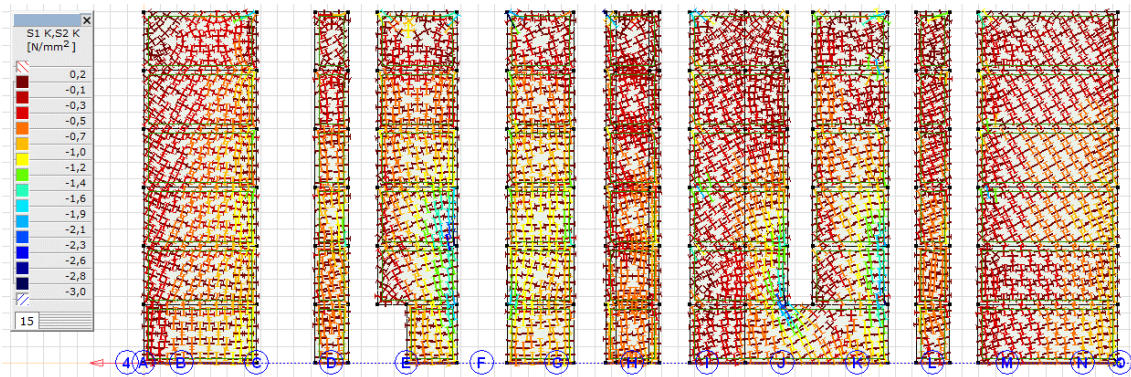
Hosszfőfalak



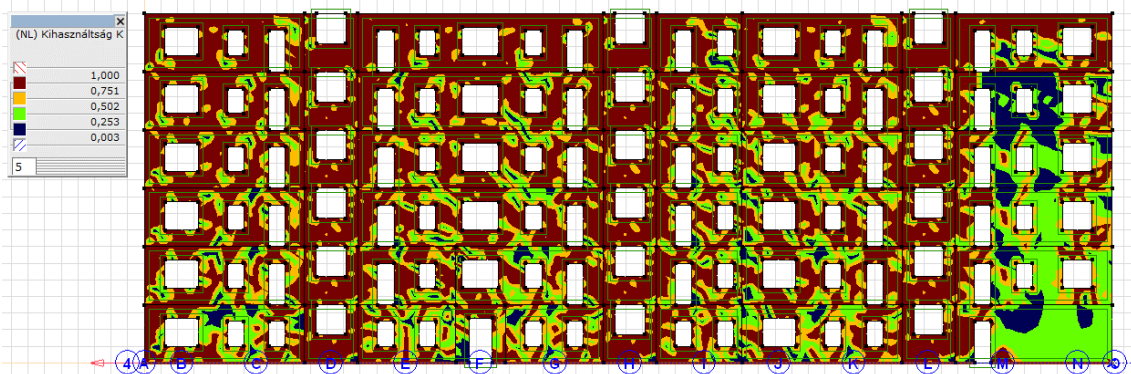
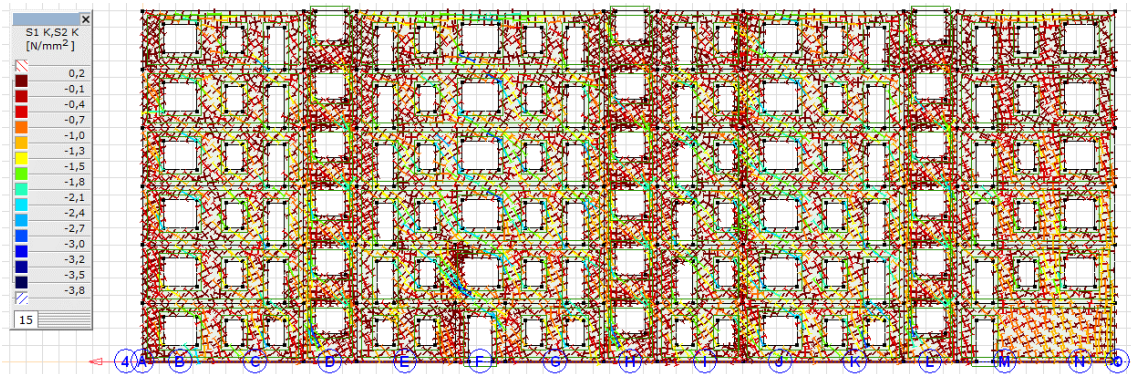
Utcai homlokzat



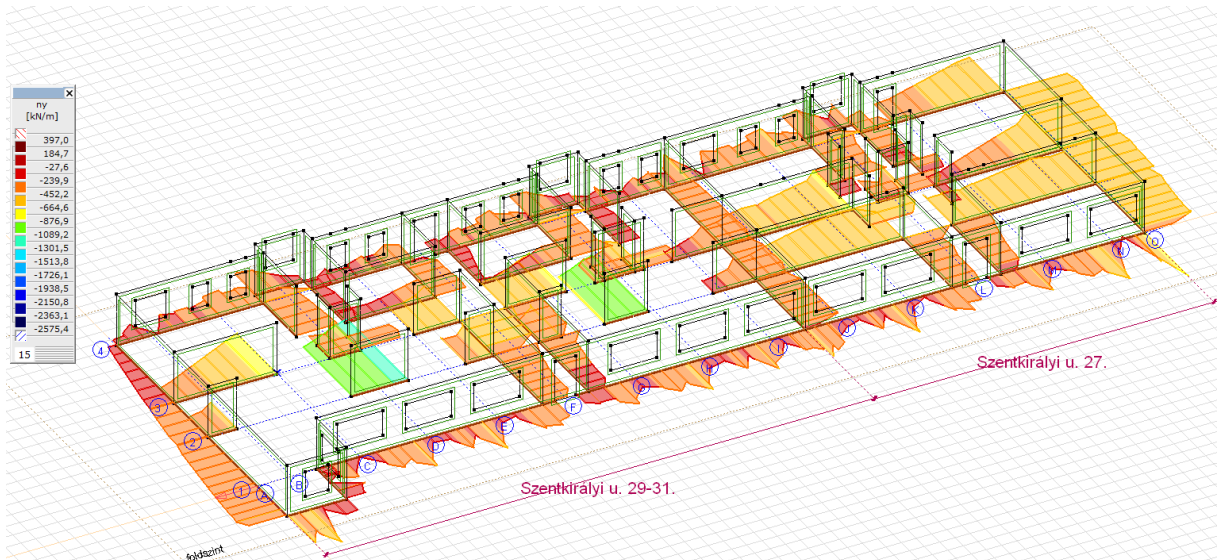
Első középőfal



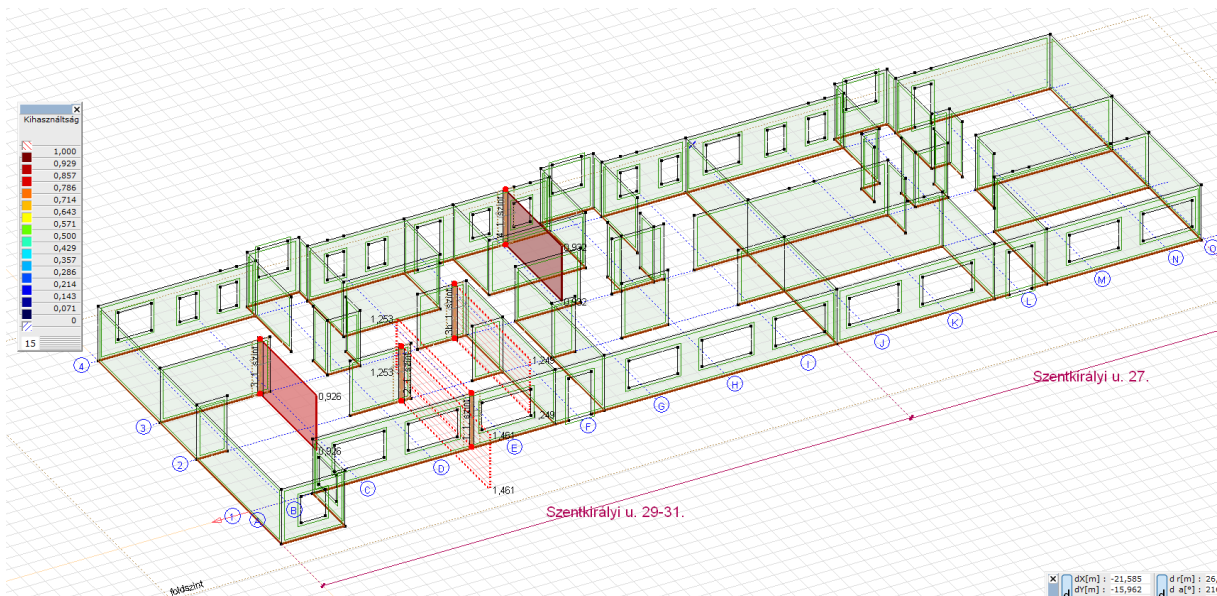
Második középőfal



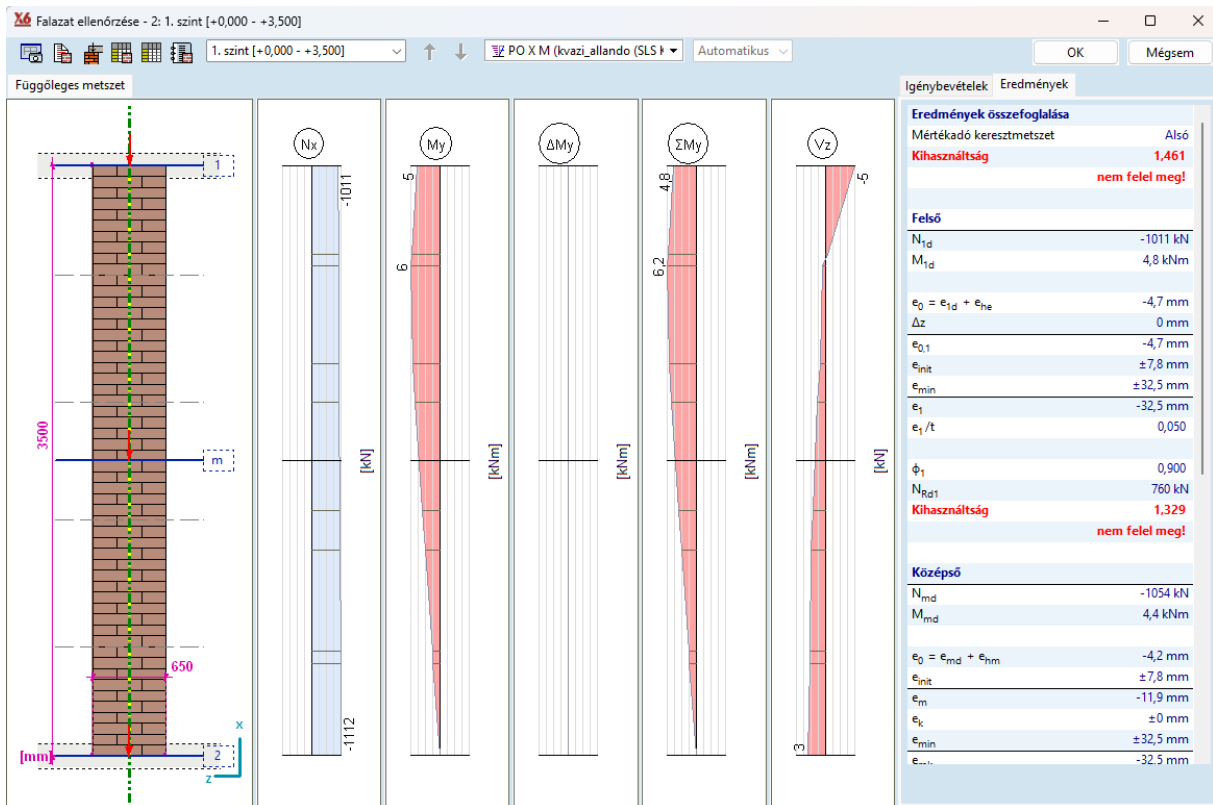
Udvari homlokzat



A hosszirányú eltolóerő hatására a földszinti falak alsó síkján mért normálerő



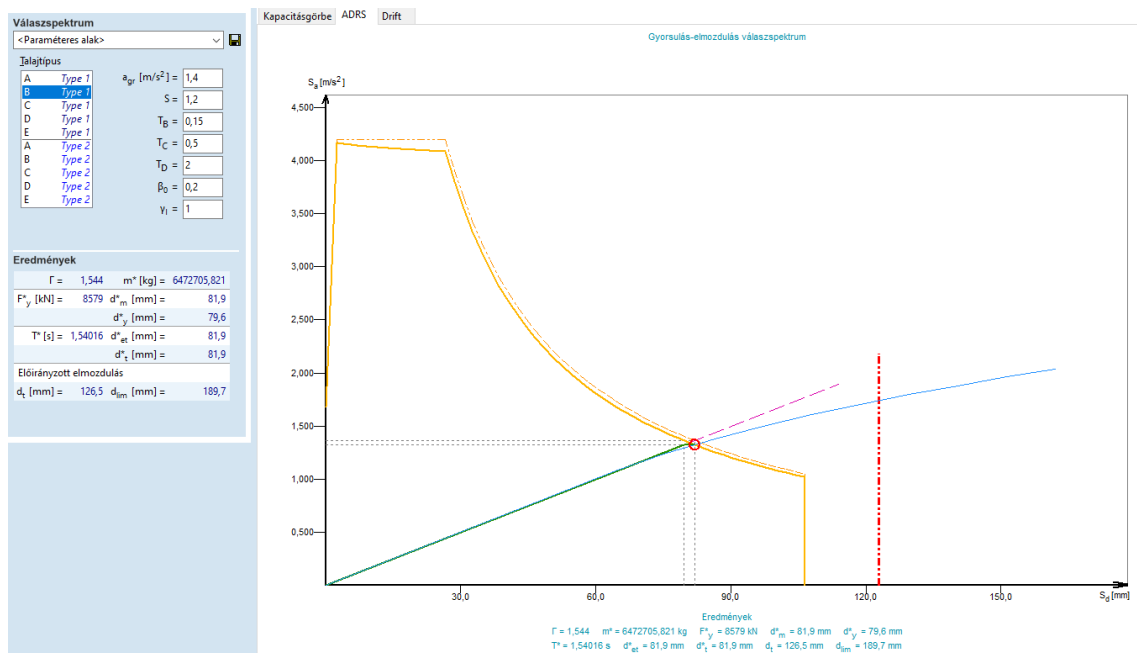
A vizsgált falszakaszok kihasználtsága – maximális kihasználtság: 1,46



Az utcához közeli középfőfal kihasználtsága a vizsgált helyen

Y irányú eltolás

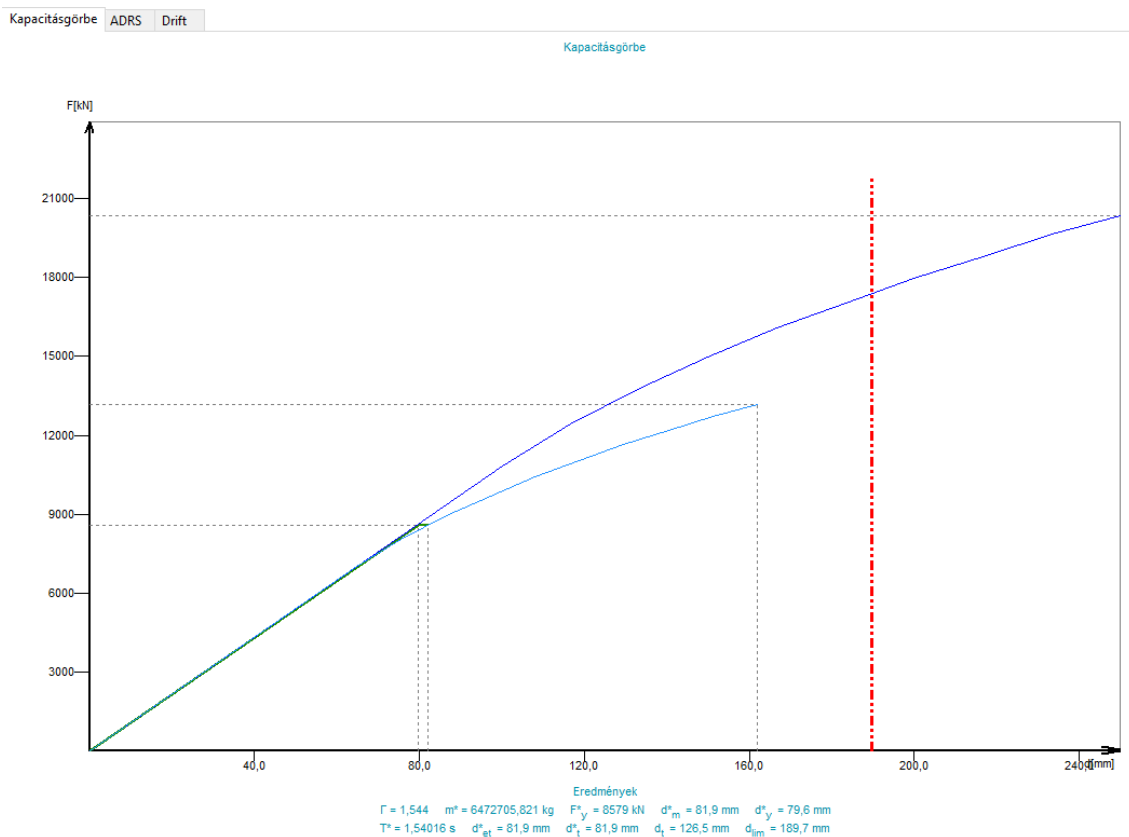
Az Y irányú eltolásvizsgálatnál a közelítően felvett 250 mm-es célelmozdulási érték szintén elegendőnek bizonyult.



A számított erő-elmozdulás diagram lágyuló jelleget mutat. A felpuhuló nemlineáris rendszert egy idealizált bilineáris viselkedésű rendszerrel helyettesítjük, amelyhez a következő értékeket kaptuk Y irányú eltolás esetén:

- idealizált bilineáris rendszer folyásához tartozó elmozdulás: $d_y^* = 79,6$ mm
- egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előirányzott képlékeny elmozdulása: $d_i^* = 81,9$ mm
- elvárt elmozdulási képesség: $d_{lim} = 189,7$ mm
- a rendszert terhelő alapnyíróerő értéke $F_y^* = 8579$ kN

A rendszer kapacitásgörbéje az alábbi képen látható:



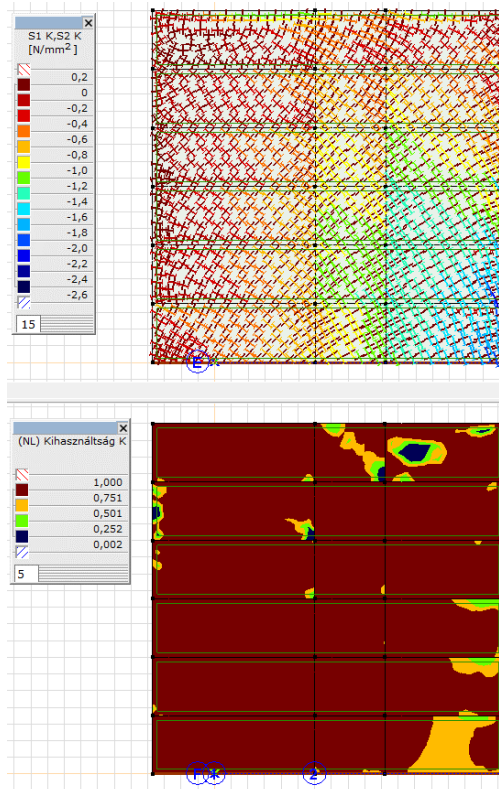
A vizsgálathoz beállított 250 mm-es célelmozdulási érték a fentiek alapján megfelelő közelítés volt, a célelmozdulás ennél kisebb (189,7 mm). Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a szerkezet a földrengés során képlékenyedik.

PO Y M			
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[1]	(10819,787)	[eY(1387) = 100,0 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[2]	(12449,377)	[eY(1387) = 116,7 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[3]	(13798,100)	[eY(1387) = 133,3 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[4]	(14977,443)	[eY(1387) = 150,0 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[5]	(16067,803)	[eY(1387) = 166,7 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[6]	(17020,635)	[eY(1387) = 183,3 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[7]	(17983,537)	[eY(1387) = 200,0 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[8]	(18795,119)	[eY(1387) = 216,7 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[9]	(19639,736)	[eY(1387) = 233,3 mm]
PO Y M (kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[10]	(20328,477)	[eY(1387) = 250,0 mm]

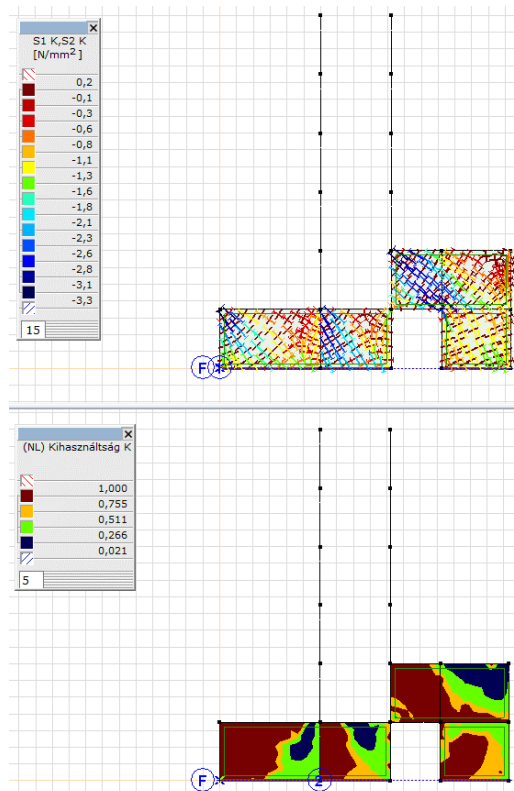
Az alábbiakban a 7. teherlépéshez tartozó teherszinten mutatjuk be az egyes tűzfalak és harántfalak anyagi kihasználtságát (az anyagi pont feszültségállapota – kétparaméteres folyási felület határa) és a főfeszültségek lefutását.

Nagy kihasználtságot találunk az egyes nyílások közötti falsávokban, az alapozás síkja felett a teherátadás helyén és a kevésbé leterhelt falakon a zárófüdém alatt.

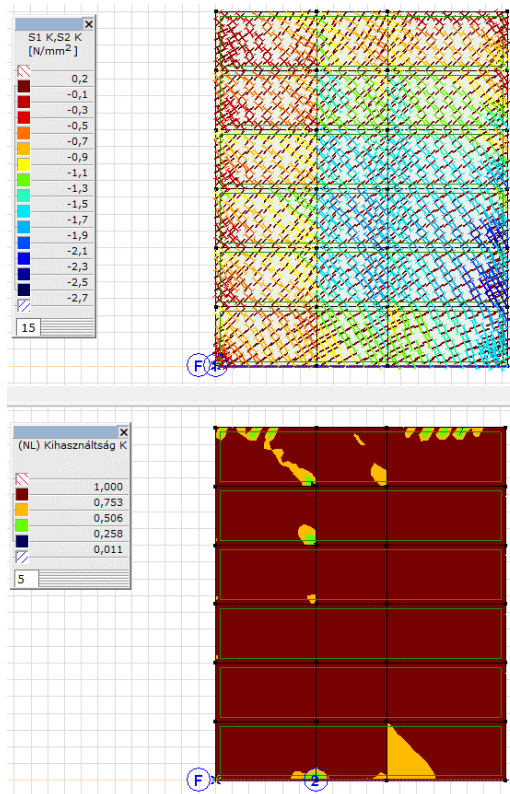
Keresztirányú falak



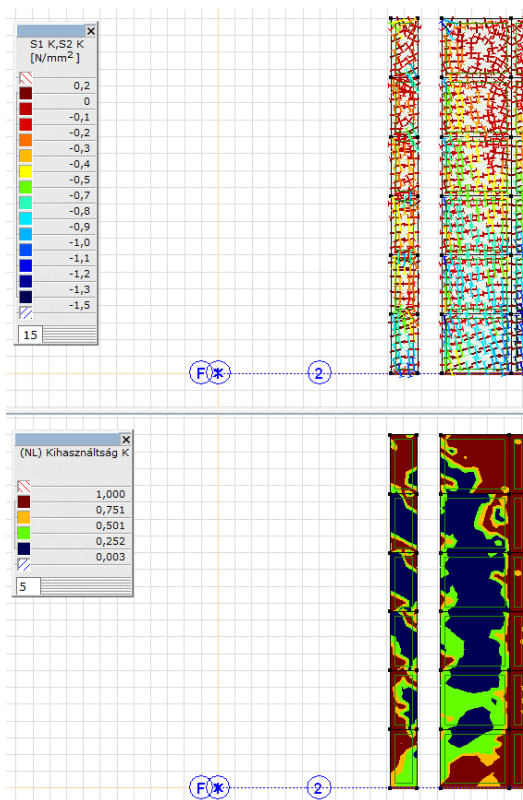
A Szentkirályi u. 31. tűzfala



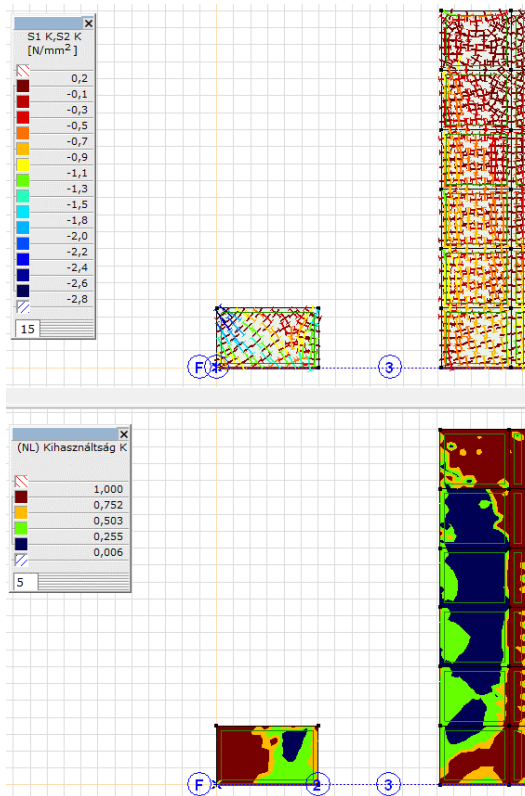
A Szentkirályi u. 29-31. egyik középső harántfala



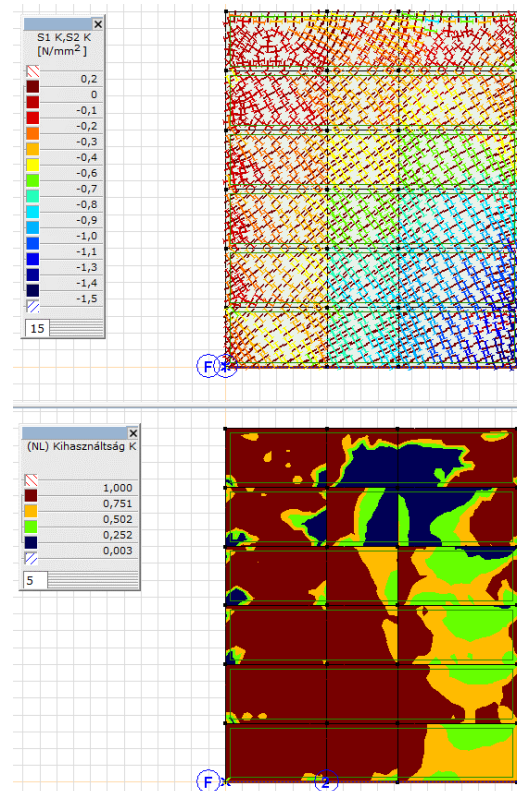
A Szentkirályi u. 27. és 29. közötti harántfal



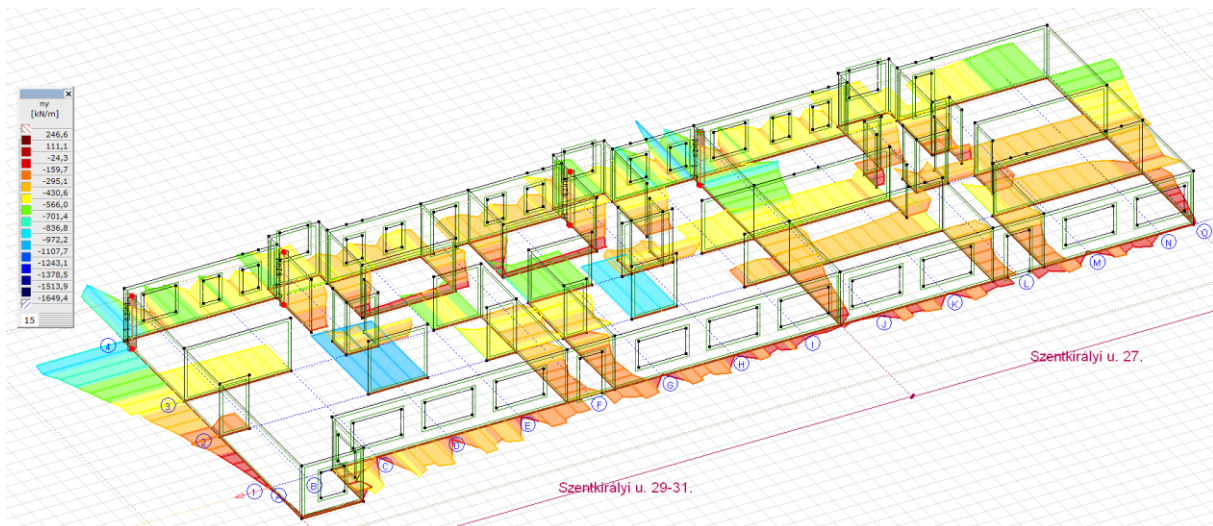
Lépcsőházi harántfal a Szentkirályi u. 29-31. épületben



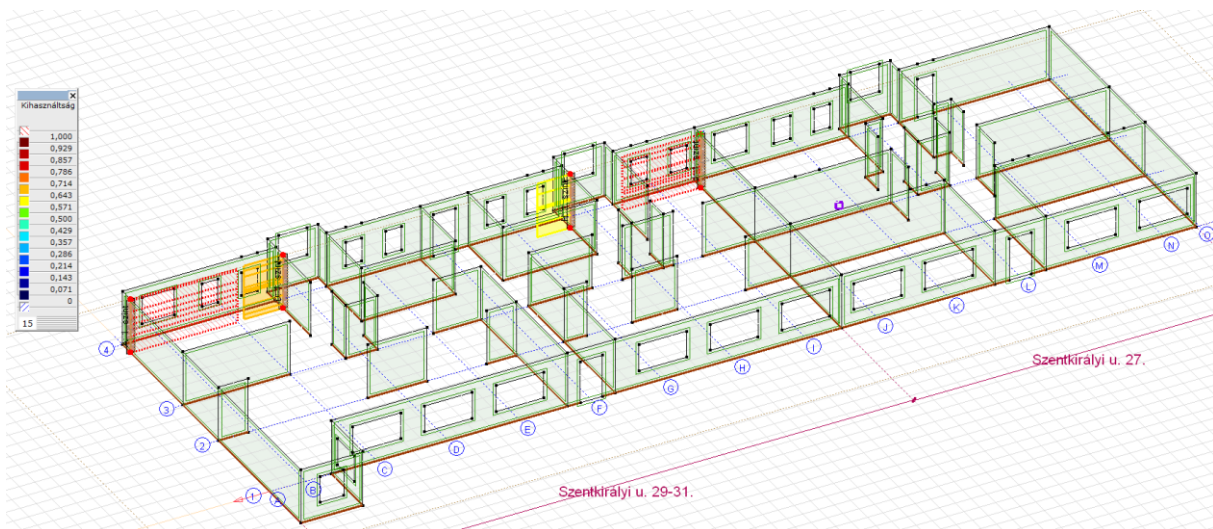
Lépcsőházi harántfal a Szentkirályi u. 27. épületben



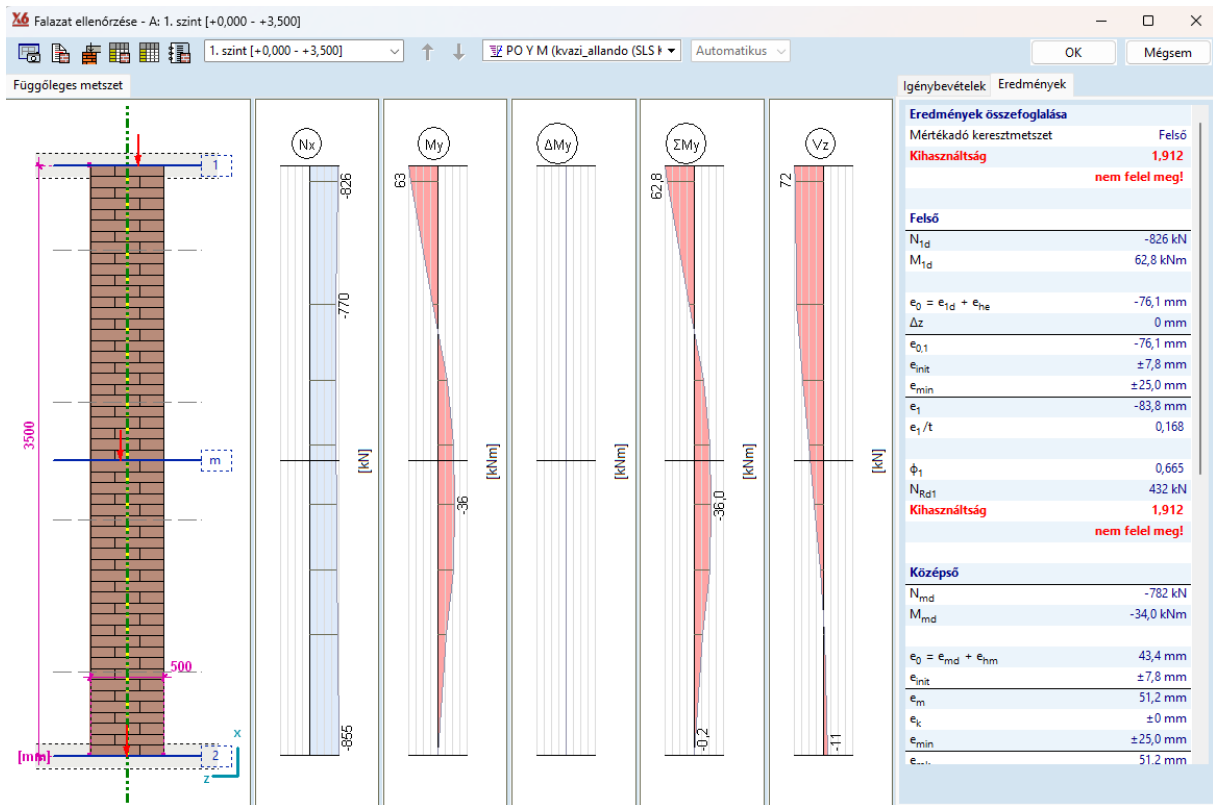
A Szentkirályi u. 27. épület tűzfala



A keresztirányú eltolóerő hatására a földszinti falak alsó síkján mért normálerő

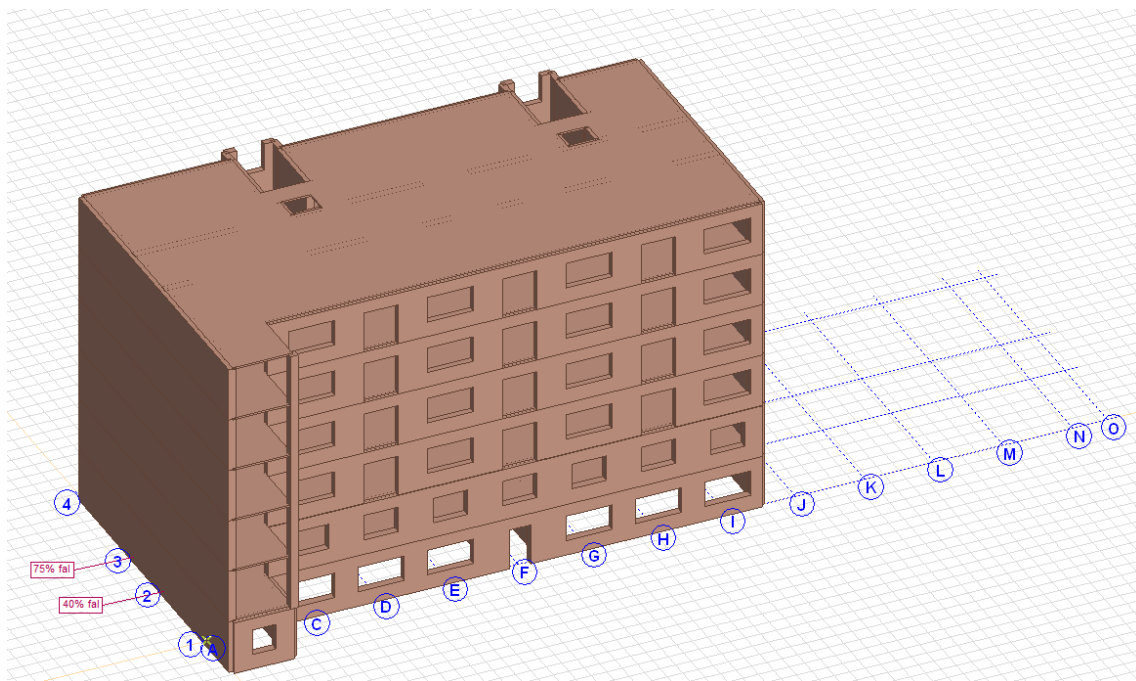


A vizsgált falszakaszok kihasználtsága – maximális kihasználtság: 1,91

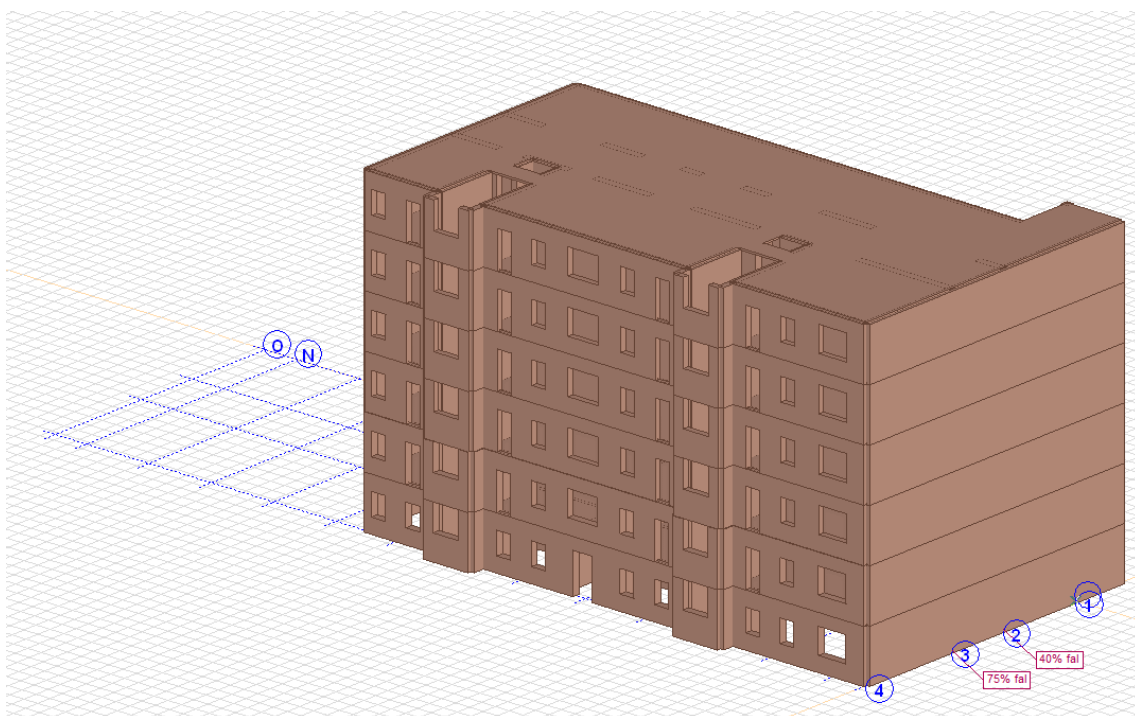


A Szentkirályi u. 31. tűzfalának mértékadó falszakasza

III. A Szentkirályi u. 29-31. társasház földrengési vizsgálata



A modell utcai oldali nézete



A modell udvari oldali nézete

Rezgésvizsgálat

Az épület rezgésvizsgálatához az önsúlyok és válaszfalterhek alapértékével és a hasznos terhek kvázi állandó részével figyelembe vett teheresettel számoltunk.

Rezgésalakok tömegrészesedése (I.) [kvazi_allando]				
	T [s]	Hiba	ε_x	ε_y
1	1,532	2,84E-10	0,049	0,735
2	1,252	1,97E-10	0,710	0,052
3	0,781	8,91E-11	0,073	0
4	0,416	2,48E-11	0,001	0,163
5	0,358	1,92E-11	0,135	0,004
6	0,292	4,19E-9	0	0
7	0,260	7,84E-8	0,002	0,001
8	0,248	8,60E-7	0,001	0,027
9	0,230	7,64E-6	0	0,002
10	0,225	9,09E-6	0	0,001
10/10			0,971	0,984

A szerkezet X irányú lengésalakja domináns a 2. és 5. lengésalaknál, amely két alak a modális tömegek mintegy 85%-át képviseli. Az Y irányú lengésalakja domináns az 1. és 4. lengésalaknál, amely két alak a modális tömegek mintegy 90%-át képviseli.

Az egyes lengésalakokhoz tartozó dinamikai paramétereket mutatja az alábbi táblázat. A Magyarországon 1. típusú földrengésekhez előírt válaszspektrum „platója” 0,15 és 0,5 [s] közötti periódusidejű szerkezetek esetén veendő figyelembe. Látható, hogy a várakozásoknak megfelelően a nagyon lágy épület első két, Y és X irányokban domináns első periódusideje a válaszspektrum platójáról „lecsúszik”. A lágy épület földrengési terhe tehát kisebb, mint egy merev szerkezet esetében, azonban a földrengés során elszenvedett alakváltozások igen nagyok is lehetnek!

Sajátfrekvenciák (I.) [kvazi_allando (SLS Kváziállandó)]					
	f [Hz]	T [s]	ω [rad/s]	S.é.	Hiba
1	0,65	1,532	4,10	16,82	2,84E-10
2	0,80	1,252	5,02	25,18	1,97E-10
3	1,28	0,781	8,05	64,79	8,91E-11
4	2,40	0,416	15,10	228,13	2,48E-11
5	2,79	0,358	17,56	308,28	1,92E-11
6	3,42	0,292	21,49	461,71	4,19E-9
7	3,85	0,260	24,21	585,93	7,84E-8
8	4,03	0,248	25,30	639,91	8,60E-7
9	4,36	0,230	27,37	748,87	7,64E-6
10	4,45	0,225	27,94	780,53	9,09E-6

Az egyes irányokhoz tartozó tetőponti célelmozdulás értékét a fentiek alapján meghatározhatjuk:

$$D_{\max,x} = S_e/\omega^2 = 4,12/5,02^2 = 163 \text{ [mm]}$$

$$D_{\max, Y} = S_e / \omega_1^2 = 4,12 / 4,1^2 = 245 \text{ [mm]}$$

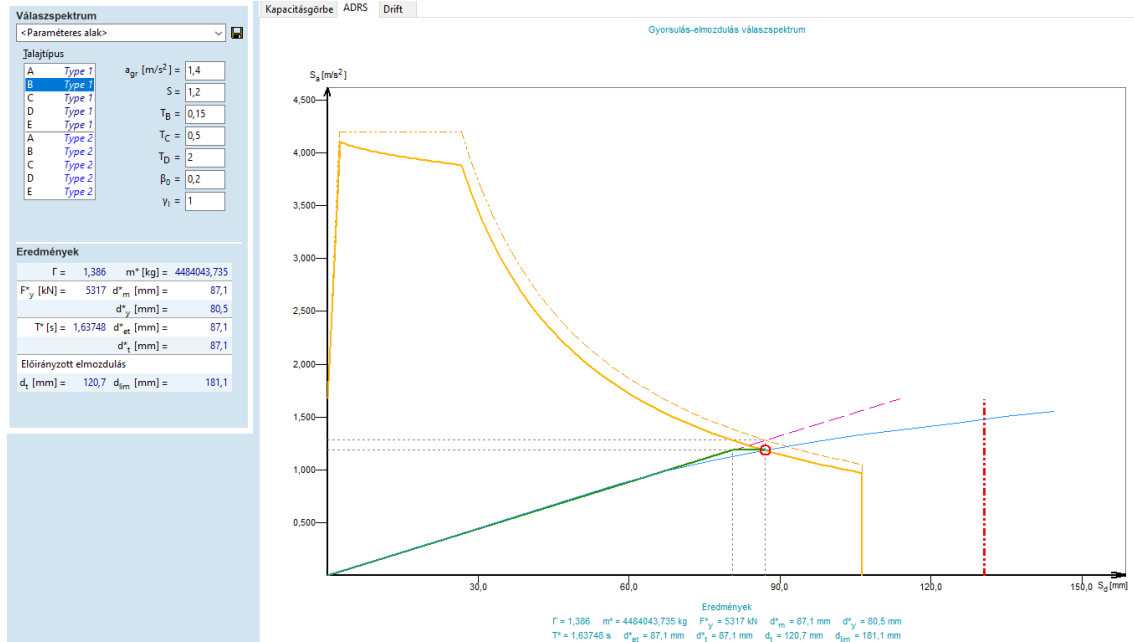
Az alábbi számítások során az itt meghatározott célelmozdulások alapján határozzuk meg a szerkezet viselkedését, hogy lássuk, a szerkezet mennyire mutat duktilis viselkedést, és a nagy elmozdulások során a képlékenyedő falak milyen kihasználtságot mutatnak.

Az eredmények értékelésénél azt a teherszintet fogjuk figyelembe venni, ami a szabvány által előírt célelmozduláshoz tartozik.

Pushover vizsgálat

Az eltolás (pushover) vizsgálatnál X és Y irányú oldalirányú teherrel terheljük a nemlineáris viselkedést mutató falazott szerkezetet.

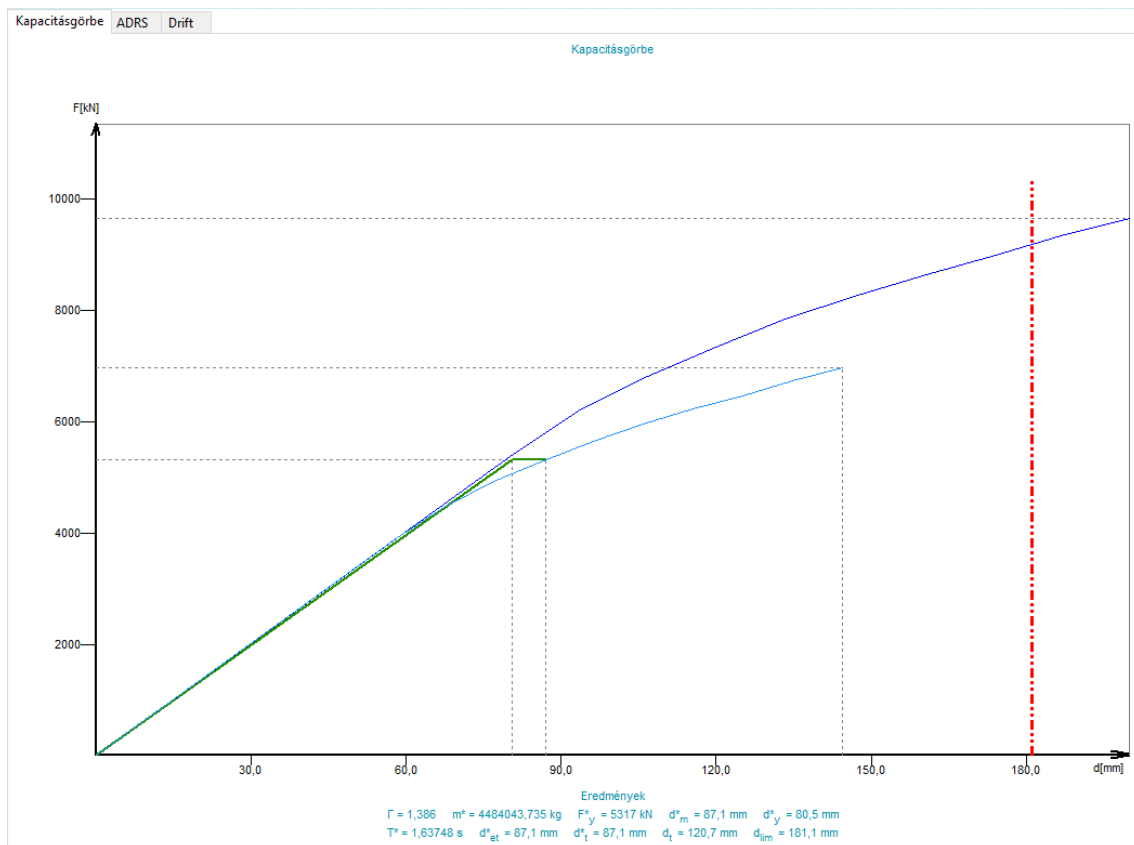
X irányú eltolás



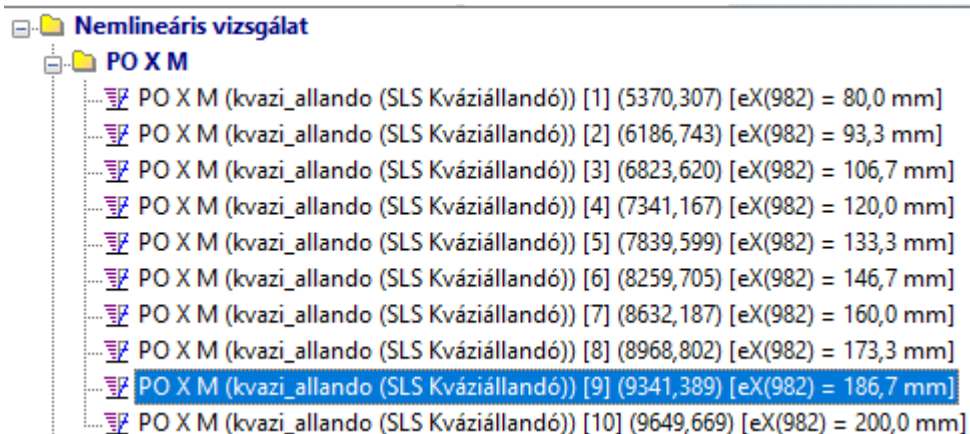
A számított erő-elmozdulás diagram erősen lágyuló jellegűt mutat. A felpuhuló nemlineáris rendszert egy idealizált bilineáris viselkedésű rendszerrel helyettesítjük, amelyhez a következő értékeket kaptuk X irányú eltolás esetén:

- idealizált bilineáris rendszer folyásához tartozó elmozdulás: $d_y^* = 80,5$ mm
- egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előírányzott képlékeny elmozdulása: $d_i^* = 87,1$ mm
- elvárt elmozdulási képesség: $d_{lim} = 181,1$ mm
- a rendszert terhelő alapnyíróerő értéke $F_y^* = 5317$ kN

A rendszer kapacitásgörbéje az alábbi képen:



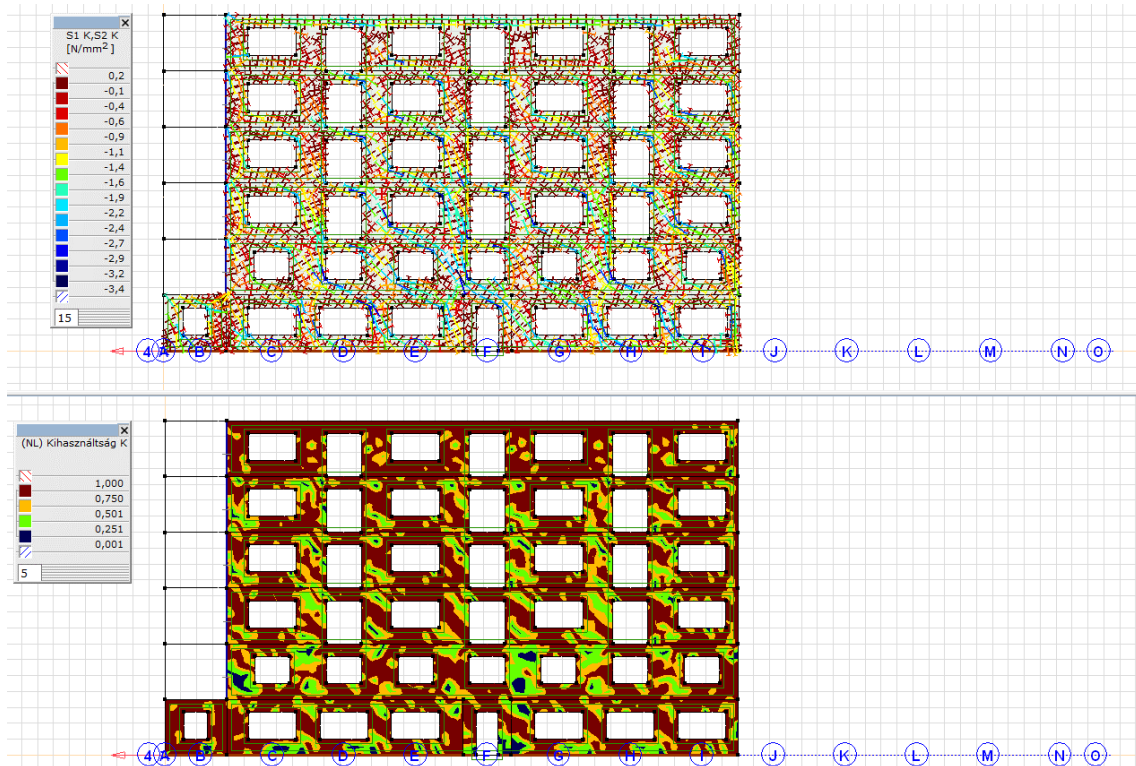
A vizsgálathoz beállított 200 mm-es célelmozdulási érték a fentiek alapján megfelelő közelítés volt, a célelmozdulás ennél kisebb (181,1 mm). Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a szerkezet a földrengés során képlékenyedik.



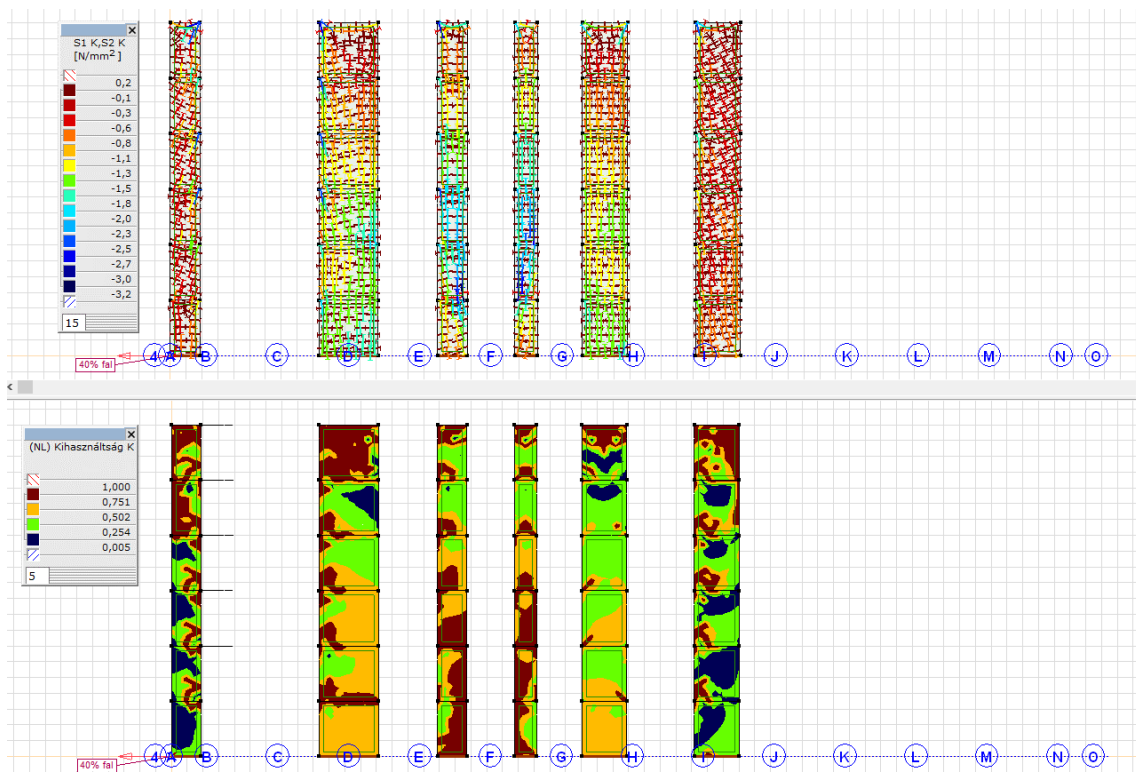
Az alábbiakban a 9. teherlépéshez tartozó teherszinten mutatjuk be az egyes homlokzati és hosszfőfalak anyagi kihasználtságát (az anyagi pont feszültségállapota – kétparaméteres folyási felület határa) és a főfeszültségek lefutását.

Nagy kihasználtságot találunk az egyes nyílások közötti falsávokban, az alapozás síkja felett a teherátadás helyén és a kevésbé leterhelt falkoronán a zárófödém alatt.

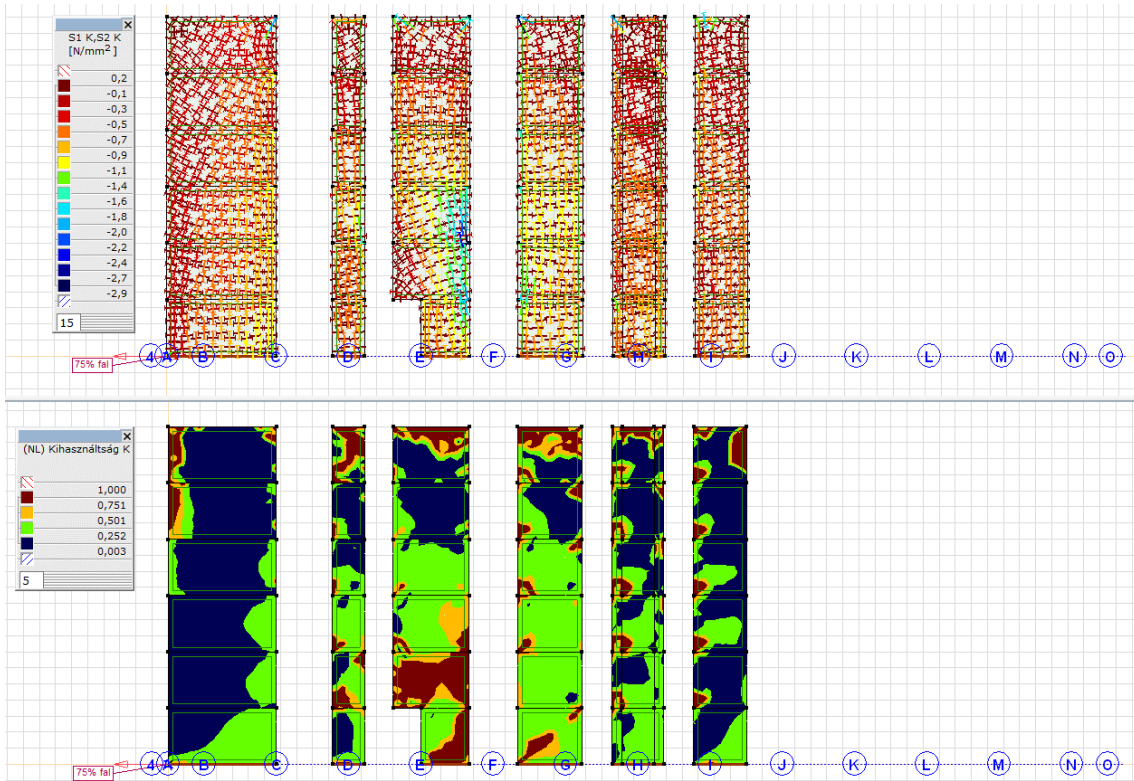
Hosszfőfalak



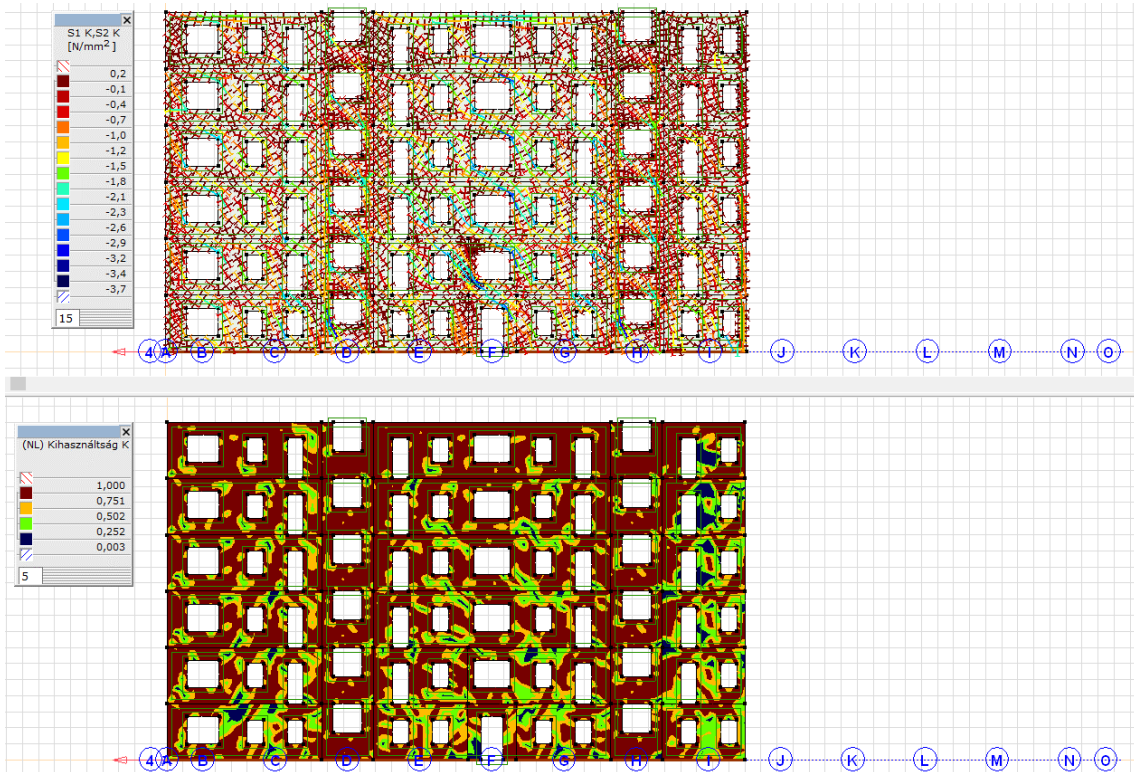
Utcai homlokzat



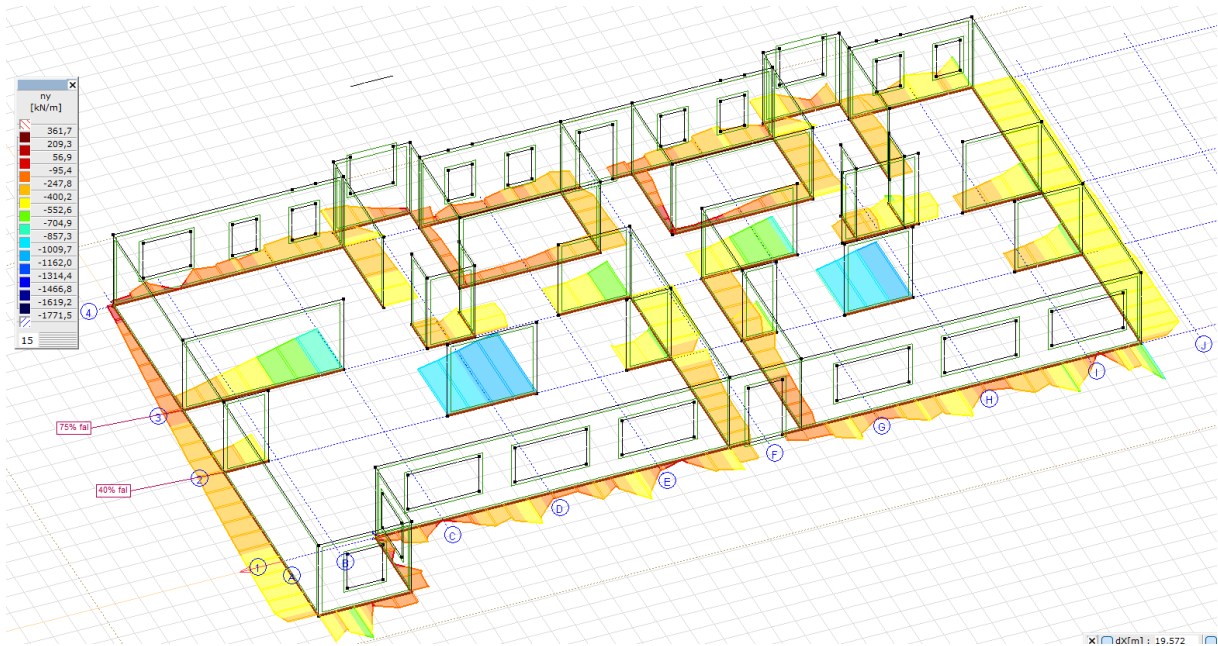
Első középőfal



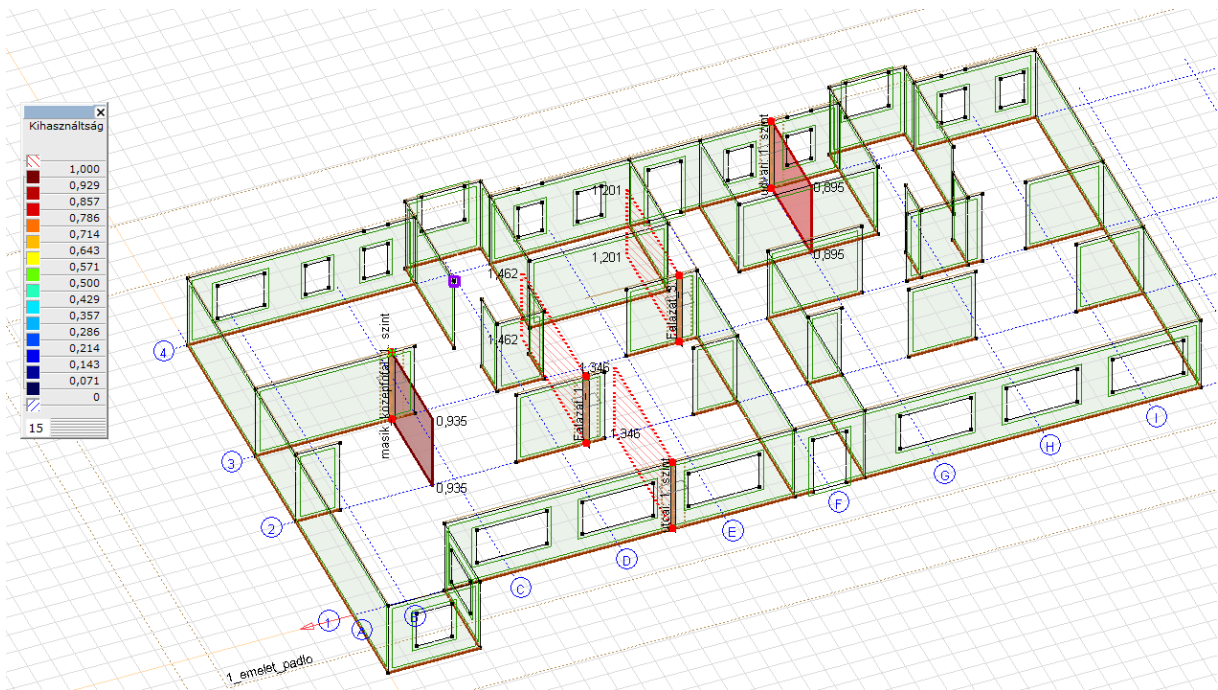
Második középőfal



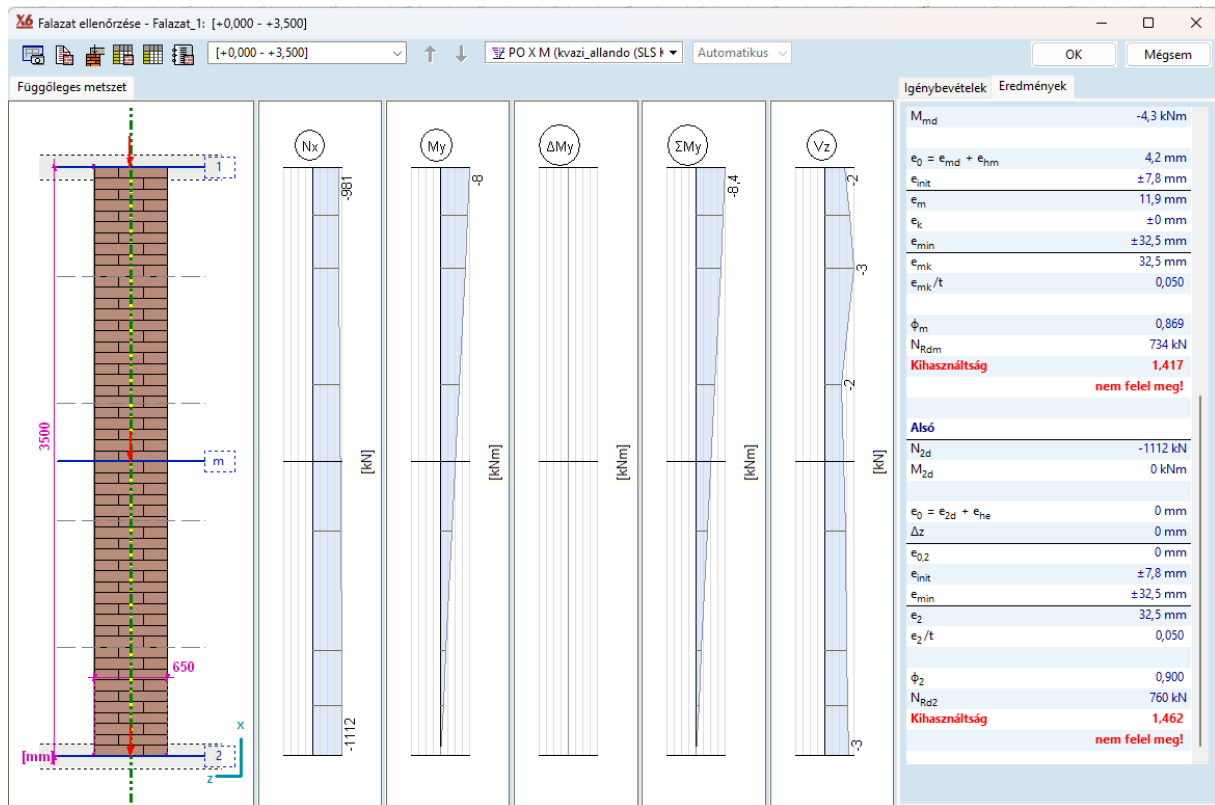
Udvari homlokzat



A hosszirányú eltolóerő hatására a földszinti falak alsó síkján mért normálerő



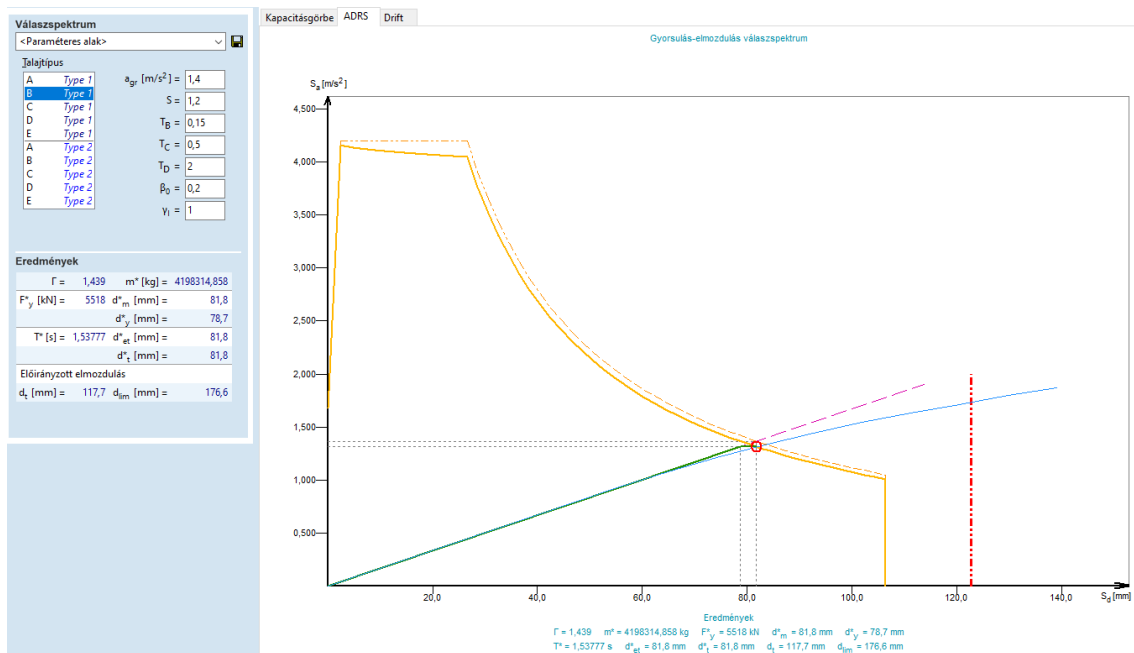
A vizsgált falszakaszok kihasználtsága – maximális kihasználtság: 1,46



Az utcához közeli középfőfal kihasználtsága a vizsgált helyen

Y irányú eltolás

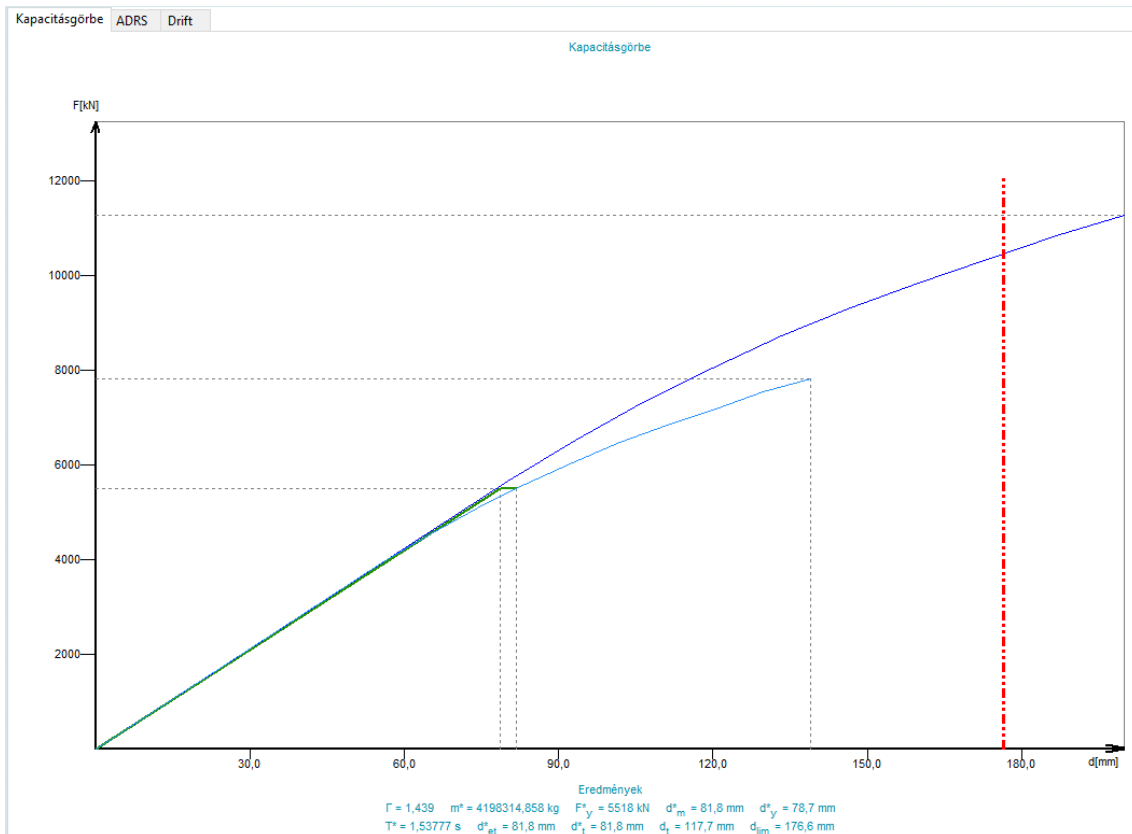
Az Y irányú eltolásvizsgálatnál a közelítően felvett 200 mm-es célelmozdulási érték szintén elegendőnek bizonyult.



A számított erő-elmozdulás diagram erősen lágyuló jelleget mutat. A felpuhuló nemlineáris rendszert egy idealizált bilineáris viselkedésű rendszerrel helyettesítjük, amelyhez a következő értékeket kaptuk Y irányú eltolás esetén:

- idealizált bilineáris rendszer folyásához tartozó elmozdulás: $d_y^* = 78,7$ mm
- egyenértékű egyszabadságfokú rendszer előirányzott képlékeny elmozdulása: $d_t^* = 81,8$ mm
- elvárt elmozdulási képesség: $d_{lim} = 176,6$ mm
- a rendszert terhelő alapnyíróerő értéke $F_y^* = 5518$ kN

A rendszer kapacitásgörbéje az alábbi képen látható:



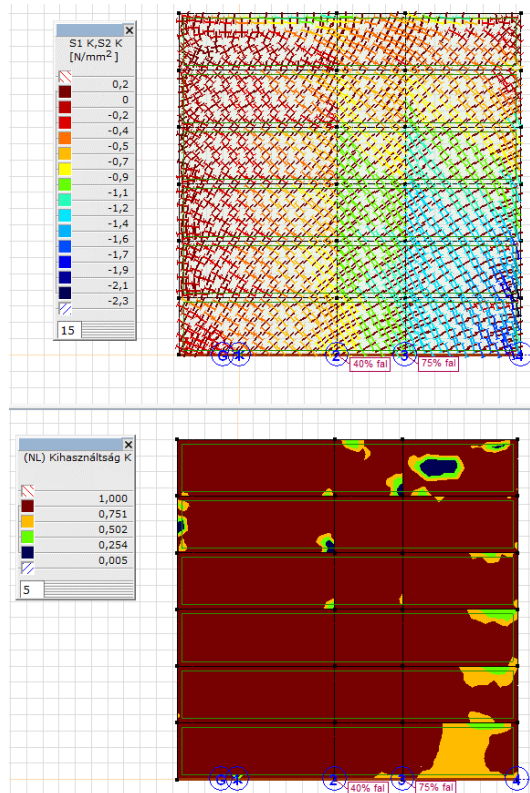
A vizsgálathoz beállított 200 mm-es célelmozdulási érték a fentiek alapján megfelelő közelítés volt, a célelmozdulás ennél kisebb (176,7 mm). Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a szerkezet a földrengés során képlékenyedik.

PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[1]	(5666,205)	[eY(982) = 80,0 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[2]	(6533,084)	[eY(982) = 93,3 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[3]	(7343,475)	[eY(982) = 106,7 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[4]	(8064,410)	[eY(982) = 120,0 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[5]	(8726,462)	[eY(982) = 133,3 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[6]	(9332,586)	[eY(982) = 146,7 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[7]	(9846,112)	[eY(982) = 160,0 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[8]	(10338,788)	[eY(982) = 173,3 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[9]	(10858,334)	[eY(982) = 186,7 mm]
PO Y M	(kvazi_allando (SLS Kváziállandó))	[10]	(11275,149)	[eY(982) = 200,0 mm]

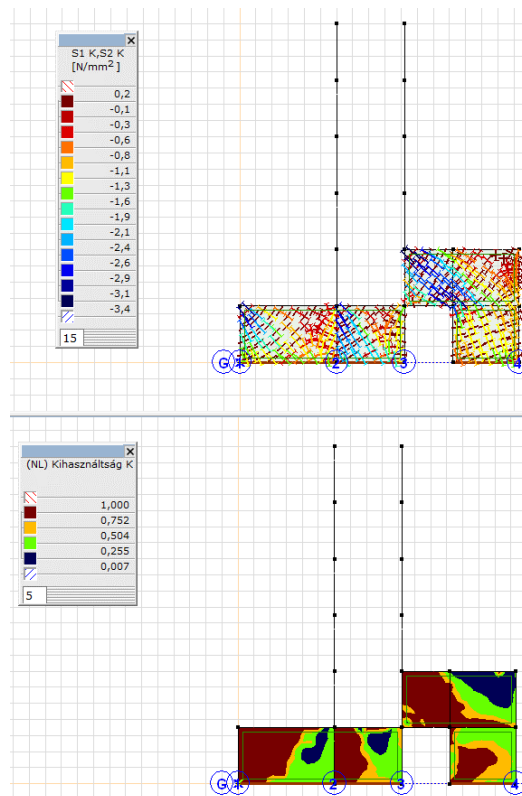
Az alábbiakban a 9. teherlépéshez tartozó teherszinten mutatjuk be az egyes tűzfalak és harántfalak anyagi kihasználtságát (az anyagi pont feszültségállapota – kétparaméteres folyási felület határa) és a főfeszültségek lefutását.

Nagy kihasználtságot találunk az egyes nyílások közötti falsávokban, az alapozás síkja felett a teherátadás helyén és a kevésbé leterhelt falkoronán a zárófüdém alatt.

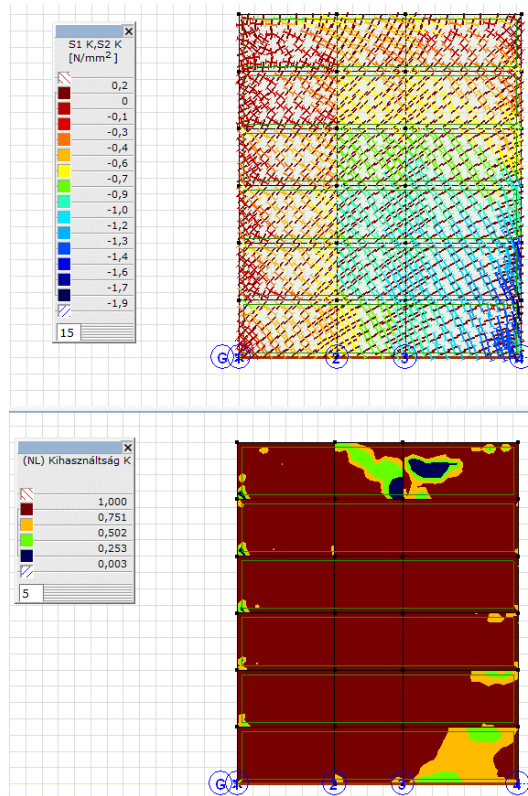
Keresztirányú falak



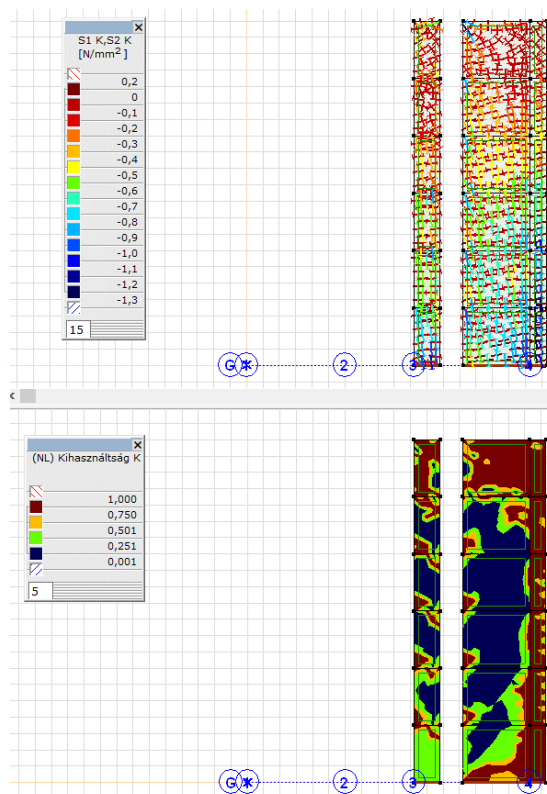
A Szentkirályi u. 31. tűzfala



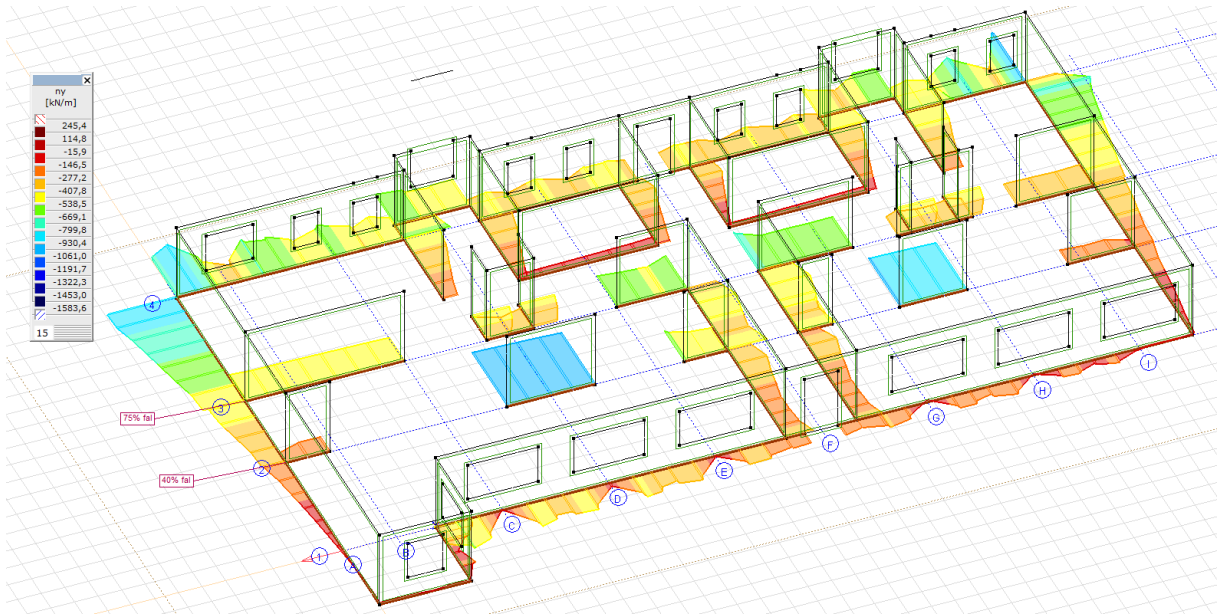
A Szentkirályi u. 29-31. egyik középső harántfala



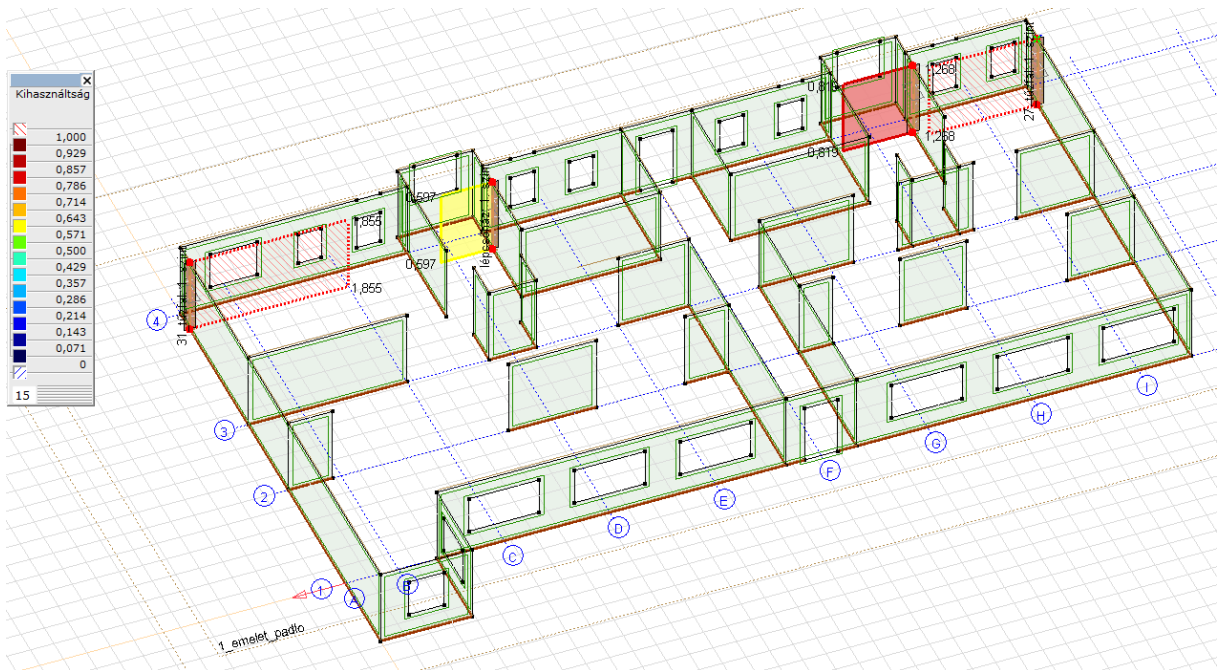
A Szentkirályi u. 27. és 29. közötti harántfal



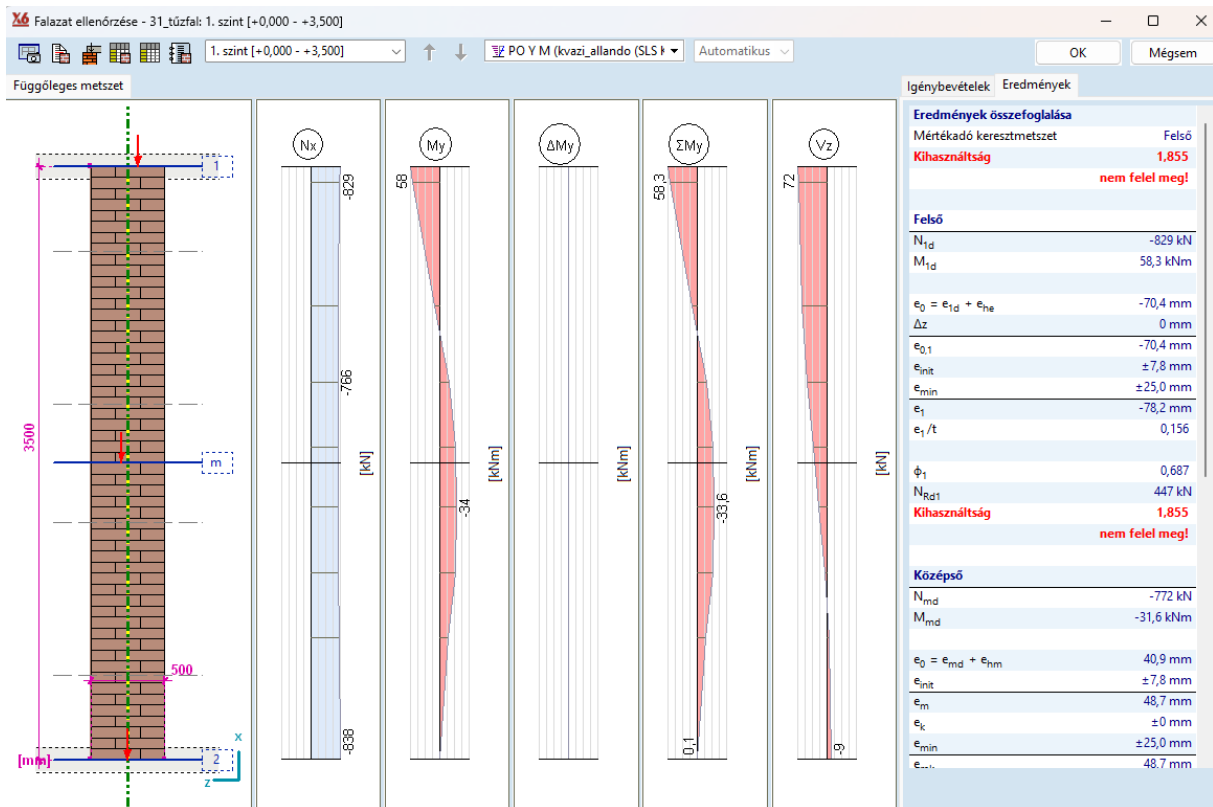
Lépcsőházi harántfal



A keresztirányú eltolóerő hatására a földszinti falak alsó síkján mért normálterő



A vizsgált falszakaszok kihasználtsága – maximális kihasználtság: 1,86



A Szentkirályi u. 31. tűzfalának mértékadó falszakasza

IV. Értékelés

Az elvégzett vizsgálat fő szempontja a komplett Szentkirályi u. 27-31. épületegyüttes földrengési viselkedésének és a Szentkirályi 29-31. társasház földrengési viselkedésének összehasonlítása volt. A vizsgálatnak nem volt célja az egyes épületek esetén a kialakuló deformációk és igénybevételek részletes értékelése.

A fentiekben bemutatott nemlineáris eltolásvizsgálat igazolta, hogy a húzószilárdság nélküli falazott szerkezetként épült épület a szabvány által meghatározott földrengési teherszinten a falazat képlékenyedésével képes nagy alakváltozásokat elviselni. Ekkor a falak a stabilitásvesztési tönkremenetelig igénybevétel-átrendeződéssel biztosítják a szerkezet állékonyságát. A számítási modell a stabilitási tönkremenetel bekövetkezését nem vizsgálja, így a Pushover vizsgálat során meghatározott teherszinten a mértékadó falszakaszok teherbírását utólag ellenőrizzük.

A két vizsgálat összehasonlításához az alábbi táblázatba gyűjtöttük a lényeges paramétereket.

	Szentkirályi 27-31.	Szentkirályi 29-31.
X irányú domináns lengésidő	1,13 [s]	1,25 [s]
célelmozdulás X irányban	159 [mm]	181 [mm]
relatív szinteltolódás X irányba	26,7 [mm]	30,2 [mm]
Y irányú domináns lengésidő	1,48 [s]	1,53 [s]
célelmozdulás Y irányban	189 mm	177 mm
relatív szinteltolódás Y irányba	31,7 [mm]	29,5 [mm]

Falszakaszok kihasználtsága		
	Szentkirályi 27-31.	Szentkirályi 29-31.
X irány – utcai homlokzat	1,25	1,35
X irány – első középfőfal	1,46	1,46
X irány – második középfőfal	1,25	1,20
X irány – udvari homlokzat	0,93	0,90
Y irány – 31. tűzfal	1,91	1,86
Y irány – déli lépcsőház	0,69	0,60
Y irány – északi lépcsőház	0,59	0,82
Y irány – 27-29. tűzfal	1,40	1,29

Összességében a következő megállapítások tehetők:

- az épületegyüttes (Szentkirályi 27-31.) mind hosszirányú, mind keresztirányú merevségében sokat számít a Szentkirályi u. 27. számú épület. Ez azt eredményezi, hogy a Szentkirályi u. 29-31. épület ugyanazon földrengés esetén nagyobb alakváltozásokat kell, hogy elszenvedjen, mintha a Szentkirályi u. 27. épület is merevítene.

- ezzel egyidőben a nagy alakváltozásokat elszenvedő épület összességében kisebb földrengési terhet kell, hogy elviseljen.
- mindkét vizsgálat esetén nagy mértékű alakváltozás szükséges ahhoz, hogy a szerkezet a földrengési terheket fel tudja venni. A szintek közötti relatív szinteltolódás 26-31 mm körüli érték.
- mindkét vizsgálat során az utcai homlokzathoz közeli, sok helyen áttört középfőfal kihasználtsága bizonyult a legnagyobbak. A figyelembe veendő eltolóerő esetén a kihasználtsága mindkét esetben mintegy 1,5.
- Egyszerűsítésként és közelítésként tehát úgy értékelhetjük mindkét szerkezetet, hogy azok a szabvány által előírt földrengési tehernek mintegy 66%-t képesek elviselni.
- A korlátozott károk követelménye alapján a nagyobb lengésidővel rendelkező Szentkirályi 29-31. épület kedvezőtlenebbül viselkedik. Vagyis a Szentkirályi 27. épület elbontásával a megmaradó társasház kisebb földrengések esetén olyan értelemben kedvezőtlenül reagál, hogy nagyobb alakváltozások következnek be, így a csatlakozó szerkezetek (burkolatok, nyílásszárók, csőhálózat, bútorok, stb.) tönkremenetele még mérsékelt földrengés esetén is nagyobb lesz, mint a jelenlegi állapotban volna.