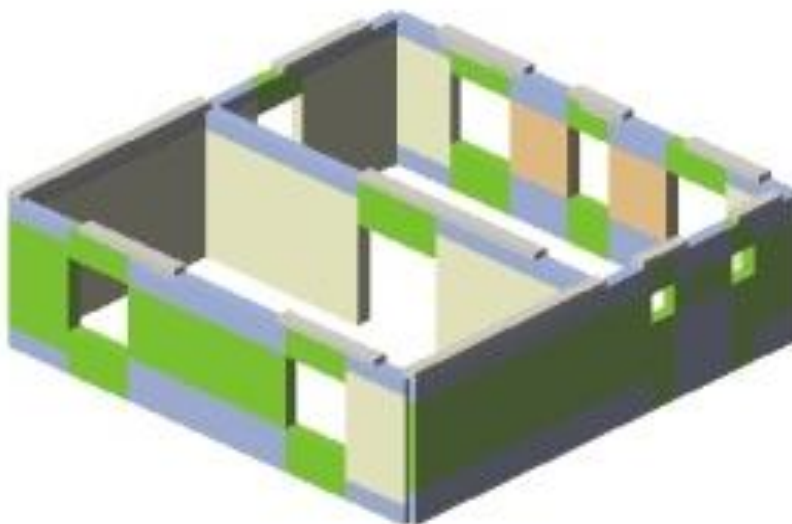




Falazott szerkezetű lakóház vizsgálata „pushover” módszerrel



Szerző:

Nagy Tamás Bajnok építésmérnök hallgató (VII. évfolyam)

Konzulens:

Dr. Sajtos István egyetemi docens, BME Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Absztrakt

Tartószerkezetek földrengésre történő vizsgálata nem egyszerű dolog, főként azért, mert több vizsgálati módszer is lehetséges, amelyek hatékonysága arányos a módszer bonyolultságával. A falazott szerkezetű, főként meglevő (akár történeti) épületek földrengésre történő vizsgálatára az egyik legbonyolultabb módszer, az ún. „pushover” módszer (nem-lineáris eltolás számítás) használata ajánlott. A módszerhez kidolgozott szoftverek lehetővé teszik az épület tönkremeneteli folyamatának végigkövetését, feltárva ezzel annak gyenge pontjait, és más földrengés vizsgálati módszerekhez szükséges adatokat (pl. viselkedési tényező) lehet vele meghatározni. A hazai tervezői gyakorlatban még nem terjedtek el ezek a szoftverek és így maga a módszer sem kellően ismert, így téves ökölszabályok alapján méreteznek falazott szerkezetű családi házakat.

A dolgozatban kerámia falazóblokkból épített lakóház viselkedését vizsgáltam „pushover” módszerrel szeizmikus terhelés esetén. Megvizsgáltam a földem merevségének hatását az igénybevételek eloszlása és az épület viselkedése terén. A számítás során ugyanazt az épületet modelleztem meg tökéletesen merev, félig előregyártott vasbeton és fa földémmel. Megvizsgáltam a faltest kialakításának hatását. A számítás során ugyanazt az épületet modelleztem meg vasalatlan és közrefogott falakkal. Összehasonlítottam a kézi számítással, egyszerűbb modellekkel kapott eredményeket a komputeres „pushover” analízis eredményeivel. Bemutattam az eltéréseket a két módszer között, elemeztem ezek okait. A számítások alapján ajánlást adtam a 'q' viselkedési tényező értékére különböző épületkialakítások esetére.

A vizsgálatok alapján hazai viszonyok között jó biztonsággal megfelelt az igénybevételeknek a földszintes, tetőtér beépítéses családi ház vasalatlan falazattal és félig előregyártott gerendás vasbeton földémmel.

Abstract

The analysis of load-bearing structures to seismic actions is a complicated process. Mostly because of the multiple design methods which efficiency are in correlation with the subtlety of them. For the seismic analysis of masonry-built, especially existing buildings the pushover analysis is recommended. The software created for this analysis make possible to see through the failure of each member and reveal the weak points. Furthermore requisite factors (e.g. Structural Behaviour Factor, 'q') can be calculated for other design methods. In Hungary this design method is quite unnoted and improper rules are applied to masonry dwelling-houses by designers.

In this paper the analysis of the behavior of masonry-built dwelling-house to seismic actions has been done. Analysis of the effect of the stiffness of the floor diaphragm has been carried out. The same building was analyzed with ideally rigid, semi-precast reinforced concrete and timber slab. Analysis of the wall structure has been carried out. The same building was analyzed with unreinforced and confined walls. Comparison of the computer pushover analysis results with the manual calculation has been done. The differences between the design methods are shown and their causes are examined. Recommendation for the value of the Seismic Response Modification Factor has been done for various structural systems.

The one-and-a-half-story masonry built house with unreinforced walls and semi-precast concrete floor slab was declared safe against the seismic actions in Hungary.

Tartalomjegyzék

1. Előszó.....	5
2. Áttekintés a földrengésről.....	5
2.1. A földrengés kiváltó okai	5
2.2. A földrengés formája a földfelszínen	5
2.3. A földrengés erősségének mérése	6
2.4. Magyarországon bekövetkezett földrengések erőssége	6
3. A lakóház építés tipikus anyagai és szerkezetei	7
3.1. Falazatok	7
3.2. Födémek.....	8
4. Falazat tönkremeneteli módjai.....	8
4.1. Nyomási tönkremenetel	8
4.2. Húzási tönkremenetel	8
4.3. Hajlítási tönkremenetel	8
4.4. Nyírási tönkremenetel.....	9
4.5. Csúszó nyírási tönkremenetel	9
4.6. Tönkremeneteli módok	9
5. Falazott épületek tipikus földrengéskárai.....	10
5.1. A saját síkjában terhelt faltest károsodási formái	10
5.2. A saját síkjára merőlegesen terhelt fal károsodási formái és a lokális mechanizmus kialakulása	10
5.3. A födém és a fal közötti kapcsolat tönkremenetele	11
5.4. Gyenge, vagy hiányzó abroncsolás	11
5.5. Nem teherhordó épületszerkezeti elemek tönkremenetele	11
5.6. Szomszédos épületek ütközése, kalapácshatás.....	12
6. Méretezés földrengésre.....	12
6.1. Méretezési eljárások	12
6.2. A „q” viselkedési tényező	13
6.3. Határállapotok	14
6.4. Elmozdulási tartalékok	15
7. Az eltolás vizsgálat („pushover” analízis)	15
7.1. A Tremuri (3Muri) szoftver bemutatása	16
7.2. A teherelrendezések leírása.....	16
8. A vizsgált épület bemutatása	17
8.1. Geometria.....	17

8.2.	Szerkezeti variációk	18
8.3.	Makróelemes helyettesítő keret	18
8.4.	Szerkezeti anyagok	18
8.5.	Terhek	19
9.	<i>A nem-lineáris eltolás vizsgálat („pushover” analízis) eredményei</i>	19
9.1.	A program által számított paraméterek ismertetése	19
9.2.	Jelmagyarázat	20
9.3.	Viselkedési tényező	20
9.4.	A képlékeny elmozdulási tartalék (α_u)	21
10.	<i>Összehasonlítás a kézi számítással</i>	21
11.	<i>Következtetések, eredmények összefoglalása</i>	23
11.1.	Viselkedési tényező	23
12.	<i>További kutatási irányok</i>	23
13.	<i>Köszönetnyilvánítás</i>	23
14.	<i>Irodalomjegyzék</i>	23
15.	<i>Internet</i>	24
16.	<i>Képek</i>	24

Melléklet - Tartalomjegyzék

M 1.	<i>Helyettesítő (ekvivalens) makró elemes keret (FME)</i>	27
M 2.	<i>Szerkezeti kialakítás és anyagtulajdonságok</i>	30
M 3.	<i>A pushover analízis eredményei</i>	33
M 4.	<i>A számított gyorsulás értékek</i>	45
M 5.	<i>A kézi számítás</i>	46

1. Előszó

Magyarországon 1998 óta a törvény kötelezi a tervezőket arra, hogy földrengés teherre méretezzenek minden építményt. Ez alól a legegyszerűbb családi házak sem képeznek kivételt. A családi házak korábban falazóblokkból (téglából) épített falakkal és előregyártott vasbeton gerendás födémmel készültek. A jelenlegi gyakorlat szerint azonban az ilyen házakat is vasbeton pillérekkel megerősített falakkal és monolit vasbeton födémmel építik. Ennek az oka az, hogy a közelítő és egyszerűsített ellenőrző számítás szerint csak ezekkel a kiegészítő szerkezetekkel van elegendő teherbírása a földrengésteherre.

Dolgozatomban kimutatom, hogy a hagyományos szerkezetekkel kialakított épületek is megfelelnek az előírt teljes földrengésteherre, ha a pontosabb, bonyolultabb nem-lineáris eltolás-vizsgálattal ellenőrizzük őket.

2. Áttekintés a földrengésről

2.1. A földrengés kiváltó okai

A földrengést 4 különböző természeti esemény válthatja ki:[10.]

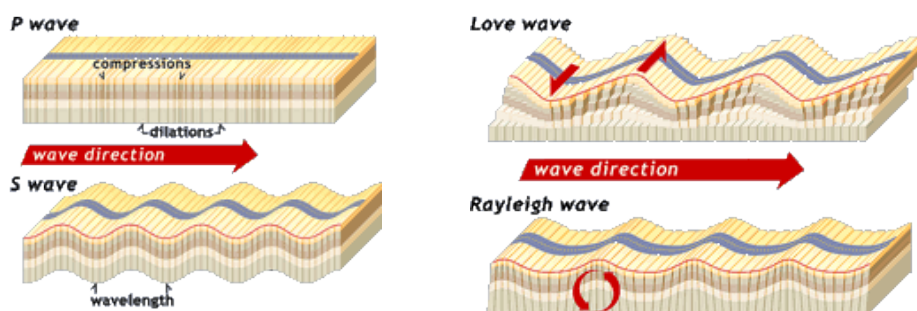
- ◆ meteor becsapódás,
- ◆ földalatti üregek beszakadása,
- ◆ vulkánkitörés és
- ◆ a Föld kőzetlemezeinek súrlódása (legjellemzőbb, kb. 90%).

A földrengések legnagyobb része mikroszeizmikus rengés, de ezek az ember számára nem érzékelhetők. Az érzékelhető és/vagy károkozó rengéseket makroszeizmikus rengésnek nevezzük.[10.]

2.2. A földrengés formája a földfelszínen

A földrengés a felszínen hullámok formájában terjed tovább. Négy különböző hullámról beszélhetünk: [1.], [11.]

- ◆ P-hullám (primary wave): longitudinális hullám, tehát kompressziós alakváltozást okoz a talajrétegekben. A leggyorsabban terjed, valamint a legkevesebb (7%) energiát hordozza.
- ◆ S-hullám (secondary wave): transzverzális hullám, tehát nyírási alakváltozást okoz. Ez a hullám az összes energia mintegy 26%-át hordozza.



1. ábra: A földrengéshullámok fajtái [16.]

- ♦ Q-hullám (Love wave): horizontális nyíróhullám, mely több nyíróhullám eredményeként jön létre a fél tér határán. Az S- és Q-hullámok haladnak a második legnagyobb sebességgel.
- ♦ R-hullám (Rayleigh wave): hajlító alakváltozást okozó felszíni hullám. A leglassabb hullám, de a legpusztítóbb. A Q- és R-hullám hordozza a rengés energiájának 67%-át.

2.3. A földrengés erősségének mérése

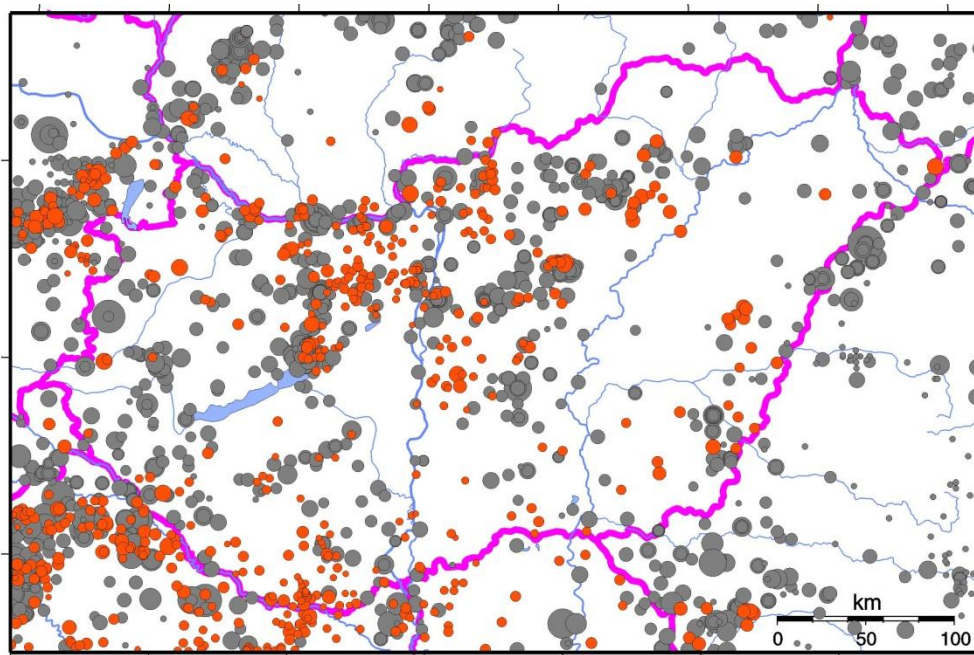
A kipattant földrengések erősségének mérésére szeizmográfokat használnak. A szeizmográfos mérések alapján számítható ki a felszabadult energia, ami szerint a rengést a 10 fokozatú Richter-skálán helyezik el. A skála logaritmikus, ezért minden egész M magnitúdó az előzőnél 32-szer nagyobb energiát jelent. A skálát Charles F. Richter használta először 1935-ben. A valaha mért legnagyobb magnitúdójú rengés – $M=9,5$ – Chilében következett be 1960-ban. [10.]

A földrengés felszíni hatásait az EMS (European Macroseismic Scale), ún. intenzitás skálával értékelik. Ez egy 12 fokozatú skála, melyet a XIX. sz. második felétől használnak Giuseppe Mercalli munkássága nyomán. [10.] A skálán „az I. fokozat az ember által nem érezhető rengést jellemzi, a II-IV. fokozatúakat, több ember már érzi. Az épületsérülések az V. fokozattól jelennek meg, a X-XII. fokozat a teljes pusztulást jelzi.” [10.]

2.4. Magyarországon bekövetkezett földrengések erőssége

Magyarországon évente 100-as nagyságrendű kisebb, ember által nem érzékelhető és négy-öt M 3-as földrengést regisztrálnak. A mérnökök számára fontosabb, károkat okozó rengéshez tartozó visszatérési idő 15-20 év, míg az erős, komoly károkat okozó M 5,5 rengésnél ez 50 év.

Az eddig Magyarországon bekövetkezett és feljegyzett legnagyobb rengés erőssége 6,3 M volt (Komárom, 1763. 06. 28.). További nagyobb rengések helye és ideje: Kecskemét (1908 és 1911), Eger (1925), Dunaharaszti (1956) és Berhida (1985). [10.]



2. ábra: A földrengések területi eloszlása Magyarországon (szürke kör: 1945-1994, piros kör 1995-2009) [15.]

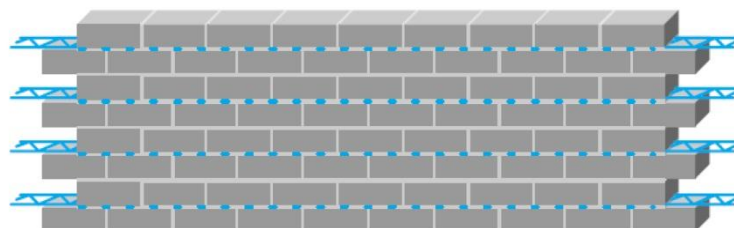
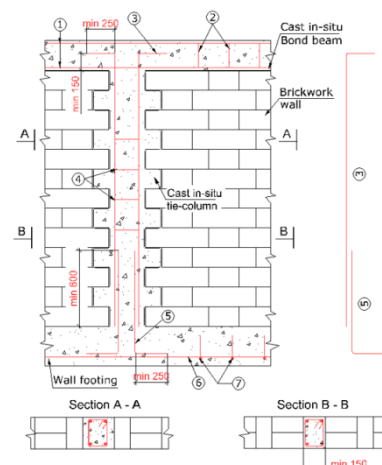
3. A lakóház építés tipikus anyagai és szerkezetei

3.1. Falazatok

Magyarországon a családi házakat tipikusan kerámia falazóblokk falakkal, a nagyobb lakóházakat, társasházakat általában vasbeton vázzal és kerámia falazóblokk kitöltő falakkal építik. Ezen kívül nagy számban előforduló anyagok a pórusbeton, a vályog, a vasbeton (öntött falként és panelként egyaránt), valamint a könnyűszerkezetes kialakítás.

A kerámia falazatot háromféleképpen lehet kialakítani: [3.]

- ◆ Vasalatlan fal (unreinforced masonry): hagyományos, mindenki által ismert technológia, a falazóelemeket kötésben rakják és habarccsal (esetleg ragasztóhabarccsal) kapcsolják össze. Ez a falazat kifejezetten repedés érzékeny. Az húzófeszültség megjelenése repedések megnyílását és a merevség ugrásszerű csökkenését vonja maga után.
- ◆ Vasalt fal (reinforced masonry): a falazóelemek között nem csak habarcsot, hanem méretezett acélbetéteket is elhelyeznek. Az acélbetét húzószilárdságot ad a falnak, továbbá növeli a hajlítószilárdságot a fal síkjában és arra merőlegesen is. A repedések megnyílását a vasalás meggátolja.
- ◆ Közrefogott fal (confined wall): a faltestet vízszintes és függőleges koszorúval fogják közre (tehát nem vasbeton váz kitöltő falazatáról beszélünk). A vasbeton koszorú hajlítási merevséget biztosít a fal síkjára merőlegesen, valamint nagyságrendekkel megnöveli a saját síkjában a hajlító merevséget. A koszorúk csökkentik a faltest nyírási torzulását, így a kialakuló nyírási repedések számát és nagyságát is.



3. ábra: Hagományos falazat (balra fent), közrefogott falazat (jobbra fent), vasalt falazat (lent) [17.], [18.], [19.]

3.2. Födémek

Családi házaknál legtöbb esetben részben, vagy teljesen előregyártott vasbeton gerendás, míg társasházaknál monolit, vagy előregyártott pallós vasbeton födémekkel találkozhatunk. Jellemző ezen kívül a fafödém és az acélgerenda gyámolítású téglaboltozat (poroszsüveg).

A tervezés során gyakran előfordul, hogy a födémeket a saját síkjában merev tárcsaként modellezzük. [2.] Merev tárcsának tételezhető fel a monolit vasbeton födém síklemez kialakításban a szokványos támaszközök esetén (kb. 5-6 méter). Megengedhető a feltételezés, hogy a megfelelő felbetonnal ellátott vasbeton gerendás födémeket is merev tárcsaként vegyük figyelembe, de ettől eltérő födémek síkbeli merevsége minden esetben egyedileg számítandó.

4. Falazat tönkremeneteli módjai

4.1. Nyomási tönkremenetel

Függőleges nyomás hatására a falazatban vízszintes irányú húzófeszültség keletkezik.

Két esetet különböztetünk meg a falazat tönkremenetele szempontjából: [4.]

- ♦ Gyenge falazóelem, erős habarcs: ekkor a habarcs vízszintes alakváltozását nem tudja lekövetni a falazóelem és a kialakuló húzófeszültségek hatására megreped. A falazat ennek következtében függőlegesen felhasadozik.
- ♦ Erős falazóelem, gyenge habarcs: ekkor a habarcs gátolja a falazóelem oldalirányú alakváltozását, nem engedi tönkremenni azt és így a nagy nyomás miatt a habarcs elmorzsolódik, lecsökken a merevsége. Ez nem jelent közvetlen tönkremenetelt, viszont a falazat nyírási ellenállása eltűnik.

4.2. Húzási tönkremenetel

A vasalatlan falazat húzási ellenállása elhanyagolható.

Ha a falazat leterhelése kevés, és a vízszintes teher miatt keletkező nyomatékból húzóerő keletkezik a falban, az vízszintesen felreped és megállapítható a tönkremenetel.

4.3. Hajlítási tönkremenetel

Bekövetkezik a fal síkjában és arra merőlegesen is. (ld. 6. ábra)

Ha a falazatot hosszanti irányban külpontosan terheljük nyomóerővel, hajlító nyomaték lép fel. Ha a dőléspont a keresztmetszet magidomán kívül kerül, bereped a keresztmetszet. A külpontosság növelésével csökken a dolgozó keresztmetszet, csökken a nyomóerő tervezési ellenállása. Így következik be a tönkremenetel.

A falazat síkjára merőleges hajlító nyomaték két tengely körül léphet fel. Ha a falazatot a saját síkjában elhelyezkedő vízszintes tengely körül hajlítjuk, lokális mechanizmus alakulhat ki. A falazat felső és az vége a födémeken elfordul és a falazat közepén hosszanti irányban eltörik. Ha függőleges tengely körül hajlítjuk a falat függőleges törésvonal alakul ki.

4.4. Nyírási tönkremenetel

A leterhelés nagy és vízszintes erő is jelen van. A dualitási tétel miatt a vízszintes nyírófeszültségek függőlegeseket is indukálnak és így átlós húzófeszültség lép fel a falazatban. Kétféle alakban repedhet fel a fal: [4.]

- ♦ Gyenge falazóelem, erős habarcs: a keletkező repedés átmetszi a falazóelemeket és a hézagokat is, átlós vonalon keletkezik a repedés. Falpillér esetén ilyen törésképnél a felső rész lecsúszhat.
- ♦ Erős falazóelem, gyenge habarcs: a repedés a falazóelem és a habarcs határán jön létre, a repedés lépcsőzetes.

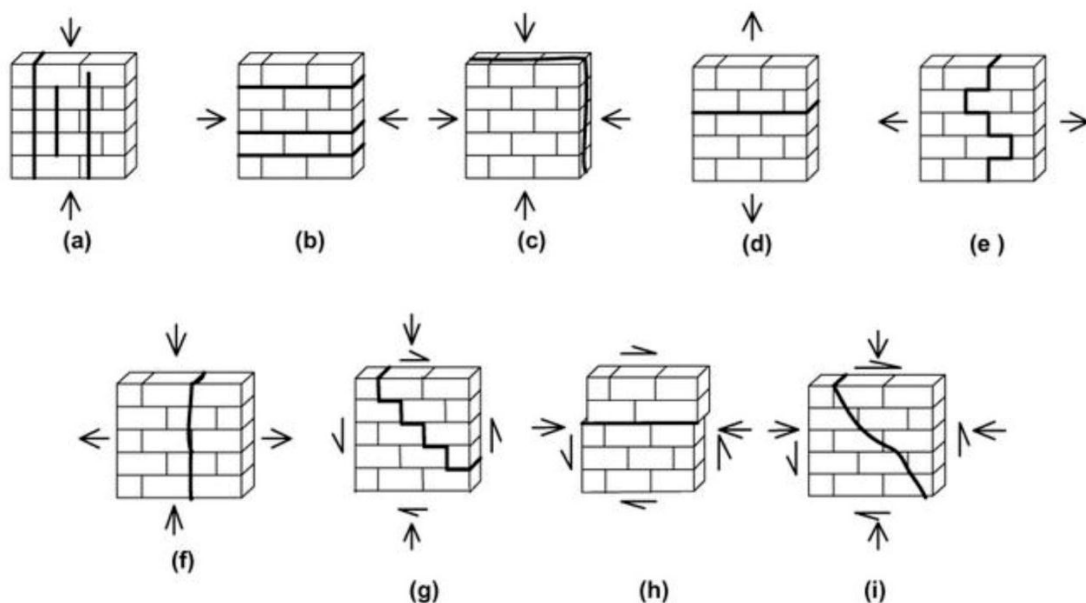
4.5. Csúszó nyírási tönkremenetel

A leterhelés kicsi, így a fekvőhézagokban nem elegendő a súrlódási ellenállás a vízszintes terhelés leküzdésére, így a fekvőhézagokban végigfutó repedés alakul ki.

4.6. Tönkremeneteli módok

A falazatoknak 9 tönkremeneteli módja van: [7.]

- a. A falazat oszlopokká történő szétválása (4. (a) ábra).
- b. A falazat rétegekké történő szétválása (4. (b) ábra).
- c. A falazat szétválása a külső síkkal párhuzamos rétegben (4 (c) ábra).
- d. A vízszintes habarcsréteg törése (4. (d) ábra).
- e. A falazóelemek közötti fogazott repedések megjelenése (4 (e) ábra).
- f. A falazóelemek mentén függőleges repedés jön létre (4. (f) ábra).
- g. A falazat tönkremenetel nyírásra a habarcsréteg mentén (4. (g) ábra)
- h. Nyírás a vízszintes habarcsréteg mentén (4. (h) ábra).
- i. A falazat szétválik egy átlós vonal mentén (4. (i) ábra).



4. ábra: Falazatok tönkremeneteli módjai [4.]

5. Falazott épületek tipikus földrengéskárai

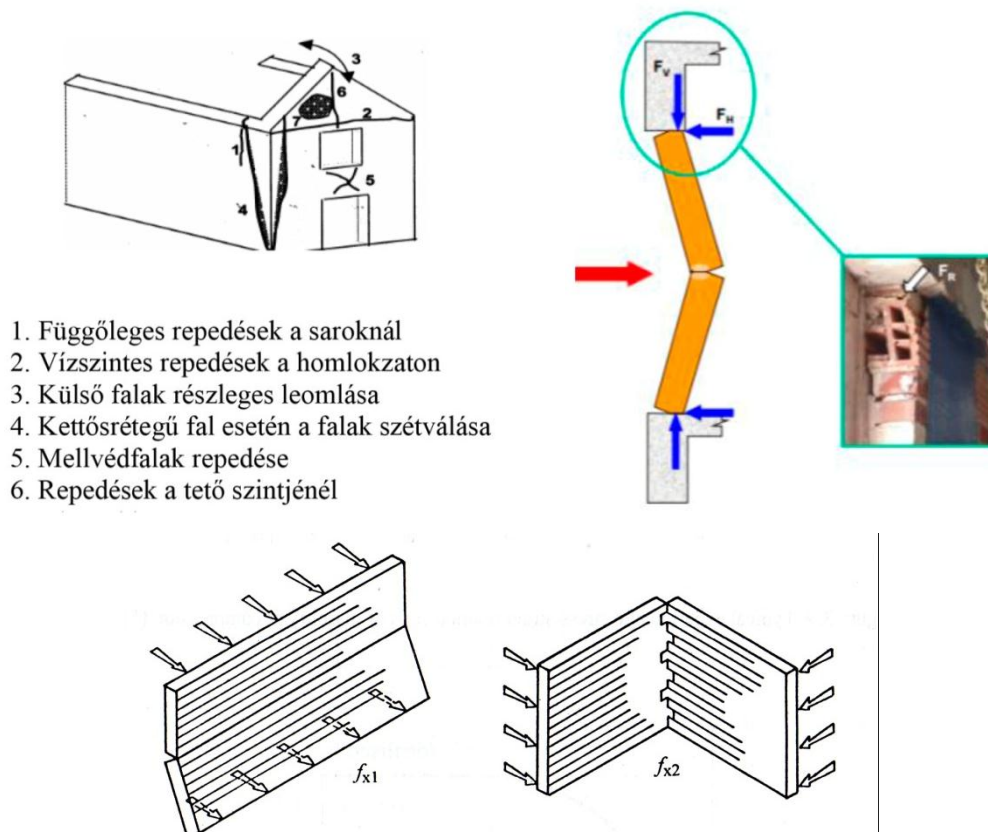
Falazott szerkezetű épületek sokfajta földrengéskárt szenvedhetnek el. Az összes kár a húzófeszültségek megjelenésével függ össze, de az okok eltérőek. Ábrák segítségével egy rövid áttekintés következik a földrengés által okozott tipikus épületkárokról. [1.], [2.], [4.]

5.1. A saját síkjában terhelt faltest károsodási formái



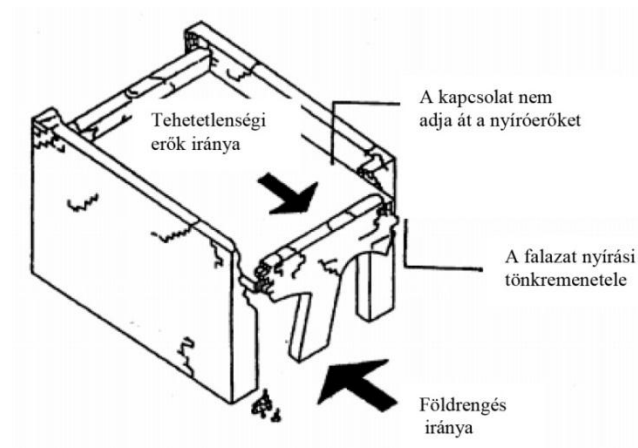
5. ábra: A saját síkjában terhelt fal károsodási formái [4.]

5.2. A saját síkjára merőlegesen terhelt fal károsodási formái és a lokális mechanizmus kialakulása



6. ábra: A saját síkjára merőlegesen terhelt fal károsodási formái (balra fent) [4.], a lokális mechanizmus (jobbra fent) [4.], a síkjára merőlegesen hajlító nyomatókkal terhelt fal két tönkremeneteli módja (lent) [3.]

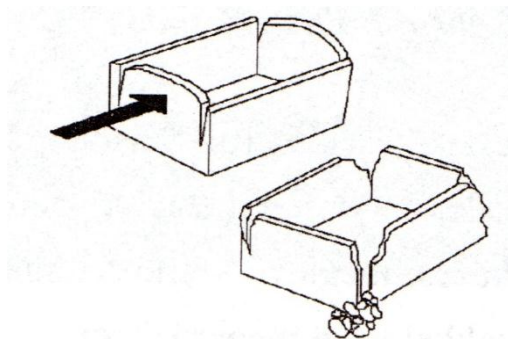
5.3. A földém és a fal közötti kapcsolat tönkremenetele



7. ábra: Fal és földém elégtelen kapcsolata miatt bekövetkező tönkremenetel [4.]

5.4. Gyenge, vagy hiányzó abraoncsolás

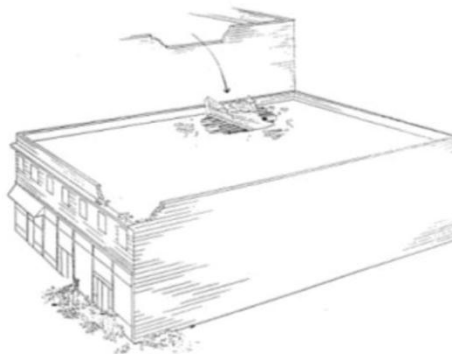
A vasbeton koszorú nélküli, vagy szabálytalanul bevasalt koszorúval kialakított épületek sajátossága ez a károsodás, amikor a falak elválnak egymástól a sarkoknál és kiborulnak.



8. ábra: Tönkremenetel a koszorú hiánya miatt [2.]

5.5. Nem teherhordó épületszerkezeti elemek tönkremenetele

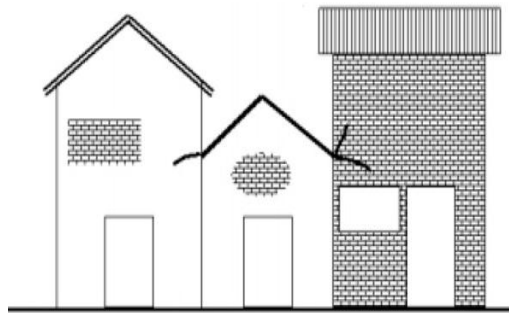
A válaszfalak, az attika és más, tartószerkezeti funkcióval nem rendelkező elemek tönkremenetele súlyos károkat tud okozni a környezetben, illetve életveszély forrásává is válhat. A nem tartószerkezeti elemek tönkremenetelét méretezéssel el kell kerülni.



9. ábra: Nem teherhordó szerkezeti elem tönkremenetele [4.]

5.6. Szomszédos épületek ütközése, kalapácshatás

Két, megfelelő méretű mozgási hézaggal el nem választott épület esetén a födémek károsíthatják a szomszédos épületet.



10. ábra: Ütközés hatása szomszédos épületre [4.]

6. Méretezés földrengésre

Ebben a fejezetben csak nagyon szűken tárgyalunk pár alapfogalmat, melyek a földrengésre való tervezéssel kapcsolatosak és a dolgozat szempontjából kiemelt jelentőséggel bírnak.

6.1. Méretezési eljárások

Földrengésre történő méretezéshez négy módszer áll rendelkezésre. A módszerek bonyolultsága majdnem egyenes arányban áll azok eredményességével. Minden módszer az épület sajátrezgésének periódus idejéből indul ki. A módszerek a legegyszerűbbtől kezdve: [2.]

- ♦ Vízszintes erők módszere: statikus, lineáris számítás. Lényege, hogy a tervezési válaszspektrumból kiszámított S_a pszeudógyorsulást megszorozva az egyes tömegpontok tömegével megkapjuk a földrengés során az azon a tömegponton ébredő erőt.
- ♦ Modális válaszspektrum analízis: dinamikus, lineáris számítás. Lényege, hogy kiszámítjuk a szerkezet minden sajátrezgésidőjét és ezek között felosztjuk a teljes tömeget. Az egyes tömegekhez meghatározzuk a vízszintes gyorsulásokat és ebből állítjuk elő a tömeg és gyorsulás szorzataként a szerkezet szeizmikus terheit. A terhekre statikus ellenőrzést végzünk.
- ♦ Nem-lineáris eltolás vizsgálat („pushover” analízis): statikus, nem-lineáris számítás. Lényege, hogy a szerkezetre állandó gravitációs és monoton növekvő vízszintes terheket működtetünk. A monoton növekvő terhekkal a szerkezetet egészen addig toljuk vízszintes irányban, ameddig az utolsó képlékeny csukló ki nem alakul. Minden kontrollponti elmozduláshoz tartozik egy alapnyíróerő, ebből egy kapacitás görbét kapunk. Ha az épület alakváltozási képessége elég nagy a tönkremeneteli folyamat során, akkor az épület megfelel tapasztalati alapon.
- ♦ Időfüggvény szerinti nem-lineáris számítás (time-history analízis): dinamikus, nem-lineáris számítás. Lényege, hogy a szerkezet időfüggő válaszát keressük meg mozgási differenciálegyenletek numerikus integrálásával konkrét akceleroگرامmok alapján.

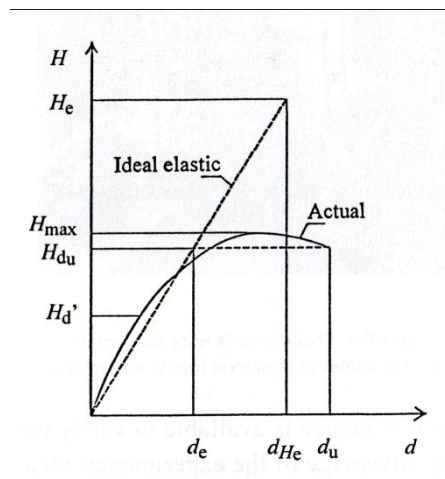
Az EC 8 [8.] egyszerűsítési lehetőséget ad a szabályosság alapján **1. táblázat**:

Szabályosság		Megengedett egyszerűsítés		viselkedési tényező (lin. rug. számításnál)
alaprajzi	magassági	modell	lin. rug. számítás	
igen	igen	síkbeli	vízszintes erők	referencia érték
igen	nem	síkbeli	modális	csökkentett
nem	igen	térbeli	vízszintes erők	referencia érték
nem	nem	térbeli	modális	csökkentett

1. táblázat: Egyszerűsítési lehetőségek az EC 8 alapján [8.]

6.2. A „q” viselkedési tényező

A viselkedési tényezőt a nem-lineáris eltolás vizsgálattal számíthatjuk ki. A különböző szakirodalmak különböző módon definiálják a viselkedési tényezőt, itt a helyes definíció következik. A definíció értelmezéséhez a 11. ábrát használjuk fel.



11. ábra: A viselkedési tényező definíciója [3.]

A szerkezet valós szeizmikus válaszát egy ekvivalens bilineáris görbévé alakítjuk (szaggatott vonal), majd az így kapott idealizált kezdeti merevségével azonos kezdeti merevségű, ideálisan rugalmas épület szeizmikus válaszához tartozó alapnyíróerőt (H_e) elosztjuk a valós szerkezeti válasznál fellépő első károsodáshoz tartozó alapnyíróerő (H') értékével **1. egyenlet**. [8.]

$$\frac{H_e}{H'} = q$$

1. egyenlet: A viselkedési tényező számítása [3.]

Így tehát ha az épület **csak képlékeny állapotban felel meg** a földrengés során fellépő oldalirányú erőknek, **akkor $q > 1,0$** . Ha az épület **rugalmasan is megfelel** a földrengés során fellépő oldalirányú erőknek, **akkor $q < 1,0$** . Rugalmas szerkezet esetén a megengedhető érték $q = 1,5$. [8.]

A q viselkedési tényező két tényező szorzatára bontható fel **2. egyenlet**:

$$q = q^* \times \text{OSR}$$

2. egyenlet: A viselkedési tényező felbontása [3.]

OSR (Overstrength Factor) **3. egyenlet**- A minden képlékeny csukló kialakulásához tartozó alapnyíróerő (H_{du}) és az első károsodáshoz tartozó (első elem képlékenyedek) alapnyíróerő (H') hányadosa. Falazott szerkezetek esetében a szakma ezt 1,0-nak veszi.

$$OSR = \frac{H_{du}}{H'}$$

3. egyenlet: A többletteherbírási tényező (OSR) [3.]

q^* **4. egyenlet** - Az épület rugalmas válaszaként keletkező alapnyíróerő (H_e) és a minden képlékeny csukló kialakulásához tartozó alapnyíróerő (H_{du}) hányadosa. Falazott szerkezetek esetében $q = q^*$.

$$q^* = \frac{H_e}{H_{du}}$$

4. egyenlet: A viselkedési tényező alapértéke [3.]

A viselkedési tényező lényegében megmutatja, hogy egy szerkezet mennyire duktilis, mennyire disszipálja, nyeli el a talajmozgásból keletkező mechanikai energiát. A nagyon disszipatív szerkezetek, viselkedési tényezője nagy **2. táblázat**. [1.]

Szerkezettípus	$q_{ajánlott}$
Hagyományos falazat	1,5
Közrefogott falazat	2,0
Vasalt falazat	2,5

2. táblázat: Falazott szerkezetek korábbi viselkedési tényezője [2.]

6.3. Határállapotok

A földrengés méretezés esetében két határállapotot vizsgálunk: [14.]

- ◆ Damage Limit State (DLS) – **Korlátozott károk** határállapota: A szerkezet **nem károsodhat olyan mértékben**, amely akadályozza, vagy jelentősen megnehezíti a rendeltetésszerű használatot egy olyan földrengés következtében, melynek túllépési valószínűsége 10 év alatt 10%.
- ◆ Ultimate Limit State (ULS) – **Teherbírási határállapot**: A szerkezet **nem dőlhet össze** olyan földrengés okán, melynek túllépési valószínűsége 50 év alatt 10%. (475 éves átlagos visszatérési periódus.)

A disszipatív viselkedés következménye az, hogy nagy képlékeny, vagyis nem visszafordítható alakváltozásokat szenved el a szerkezet a teherbírási határállapotban. Nagyon fontos kiemelni, hogy a teherbírási határállapotban nincs előírás a károsodás mértékére, csak arra, hogy ne dőljön össze a szerkezet. (Természetesen a nem tartószerkezeti elemek, pl. válaszfalak súlyos károsodásából keletkező baleset-/életveszélyt az elem méretezésével el kell kerülni.) Az olyan szerkezetek tervezésekor tehát, mint pl. a falazott szerkezetek, melyek jelentős képlékeny alakváltozási képességgel rendelkeznek, mérnöki belátással ki kell használni az anyag ezen előnyös tulajdonságát. A viselkedési tényező helyes megválasztásával tehetjük meg ezt. Az ilyen tervezéssel sok pénzt takarítunk meg a tartószerkezet kialakításakor, esetleg még a hasznos alapterület is növelhető a karcsúbb tartószerkezet miatt.

6.4. Elmozdulási tartalékok

Minden szerkezet a két vizsgált határállapotban két különböző elmozdulási tartalékkal rendelkezik. Teherbírási határállapotban képlékeny elmozdulási tartalékkal, korlátozott károk határállapotban rugalmas elmozdulási tartalékkal.

- ♦ A képlékeny elmozdulási tartalék (α_u) – megmutatja, hogy hányszorosára növelhető a célelmozdulás a teherbírási határállapotban ahhoz, hogy minden képlékeny csukló kialakuljon
- ♦ A rugalmas elmozdulási tartalék (α_e) – megmutatja, hogy hányszorosára növelhető a célelmozdulás ahhoz, hogy megjelenjen az első károsodás (rugalmas teherbírás kimerülése)

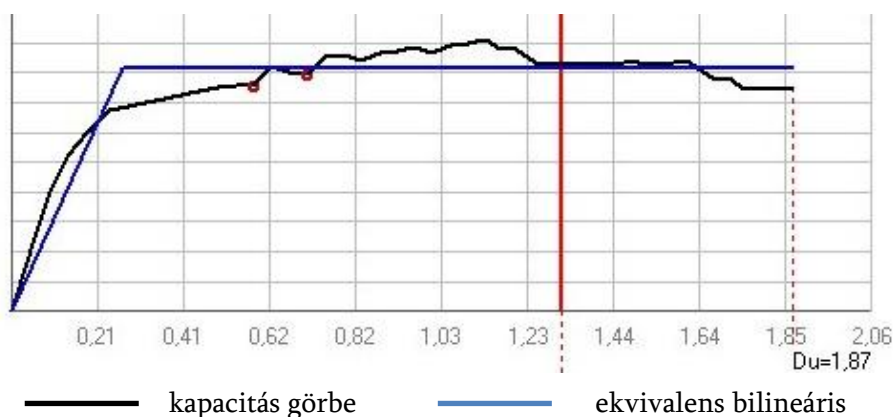
7. Az eltolás vizsgálat („pushover” analízis)

Veletsos és Newmark (1960): egy szerkezet a földrengésre bekövetkező maximális elmozdulása csak kis mértékben függ attól, hogy a szerkezet képlékenyedik-e, vagy sem. Ez az azonos elmozdulások törvénye. [1.], [14.] Ezen alapszik a „pushover” módszer.

A „pushover” módszer az egyik legbonyolultabb módszer épületek földrengéssel szembeni ellenállásának megállapítására. „A módszernek nincs szigorúan vett tudományos alapja”. [5.] Azon a feltételezésen alapszik, hogy egy tetszőleges többszabadságfokú (MDOF) rendszer viselkedését jellemezhetjük egy ekvivalens egyszabadságfokú (SDOF) rendszerrel. [5.] Meglévő épületek, különös tekintettel a falazott szerkezetek vizsgálatára, ahol kicsi a szilárdság, de nagy az alakváltozó képesség, ez a módszer a legalkalmasabb. A vizsgálat lényege a 6.1. fejezetben olvasható.

A számítás során a jellemzően többszabadságfokú (MDOF) rendszert először egy ekvivalens egyszabadságfokú (SDOF) rendszerre alakítjuk át, majd így meghatározzuk az épület elmozdulás igényét, melyet célelmozdulásnak nevezünk. A célelmozdulás számítását az EC8 szabvány írja le. [5.]

A vizsgálat során egy alapnyíróerő – kontrollponti elmozdulás függvényt állítunk elő, melyet kapacitásgörbének nevezünk. Az alapnyíróerő az alapozás felső síkján fellépő teljes eltolóerő, melyet a földrengésből keletkező terhek előjeles összegeként kapunk. A kontrollpont jellemzően az épület súlypontjának vetülete legfelső födémen. [5.] A kapott kapacitásgörbét ezután átalakítjuk egy ekvivalens bilineáris függvénné **12. ábra**, mivel az könnyebben kezelhető számítás szempontjából.

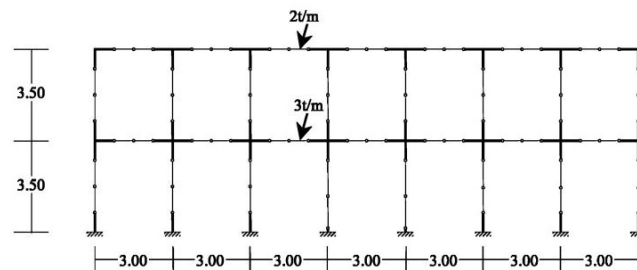


12. ábra: A kapacitás görbe és az ekvivalens bilineáris görbe viszonya [12.]

7.1. A Tremuri (3Muri) szoftver bemutatása

A 3Muri egy olyan szoftver, melyet a STA DATA cég fejlesztett ki falazott szerkezetek nemlineáris („pushover”) és statikus vizsgálatára. A szoftverrel a falazott szerkezetek mellett gyakran előforduló építési anyagokat is tudunk vizsgálni (vasbeton fal, vasbeton pillér, fa földem, stb.). A szoftver nagyelemes FME (Frame by Macro Elements) módszert használ. A FME az ekvivalens kerettel végzett számítás egy módja. A program nagy előnye, hogy meglévő és új épületek vizsgálatára is alkalmazható. [12.]

Az ekvivalens keret a faltest elemekre bontásán alapul **13. ábra**. Külön, deformálható elemnek tekintjük a mellvédfalakat és a falpilléreket. A mellvéd falak és falpillérek találkozásánál egy nem deformálható csomóponti elemet helyezünk el. A deformáció jelent nyírási alakváltozást az elem közepén, valamint hajlítási alakváltozást az elem szélein. [6.]



13. ábra: Egy ekvivalens keret fal esetében [6.]

Az anyagtulajdonságoknál minden modellezhető anyag, a beton, a betonacél, a fa és legfőképpen a falazat mechanikai jellemzőit tetszőlegesen megadhatjuk, de a program sok anyagot tartalmaz előre definiált formában is. A programnak a karakterisztikus értékeket és a középértékeket egyaránt megadhatjuk.

7.2. A teherelrendezések leírása

Többféle módon helyezhetjük fel a szerkezetre a szeizmikus terheket. Ezek közül a három legismertebb teherelrendezés a következő: [6.]

- ◆ Tömeg szerinti eloszlás: a legegyszerűbb terhelés. Ekkor az egyes tömegpontokra az alapnyíróerő akkora hányadát osztjuk, amekkora a tömegpont súlyereje a teljes épület súlyerejéhez képest. Tehát ha minden tömegpont súlya egyenlő, ez egy egyenletesen megoszló terhet eredményez.
- ◆ Magassággal arányos eloszlás: azoknál az épületeknél, ahol a nyírási deformáció a mértékadó, a valós eloszlást jól megközelíti és könnyen kezelhető a kézi számítás során. Az egyes tömegpontokra működő erő a tömegpont magasságának és a tömegpont súly arányának a szorzata. Tehát ha minden tömegpont súlya egyenlő és a magasságkülönbség állandó, az egy lineáris tehereloszlást eredményez.
- ◆ Első alak szerinti eloszlás: alacsonyabb épületek esetén, ahol az első rezgésalak a mértékadó, ez a valós erőeloszlás. Az egyes tömegpontokra jutó erő az elmozdulásuk és a teljes súlyhoz képesti arányuk szorzata. Alacsonyabb épületek esetén ez az eloszlás olyan parabola, amelynek végérintője a tetőpontnál függőleges.

Az EC8 szabvány legalább két eloszlás szerinti vizsgálatot ír elő: tömeg szerinti eloszlás és első alak szerinti eloszlás. [8.] Tomažević [3.] szerint az alacsony és középmagas falazott épületek esetében a magasság szerinti eloszlás téves eredményre vezet, viszont a másik két vizsgálat valós eredményt ad. A „pushover” analízist tehát erre a két eloszlásra végeztem el.

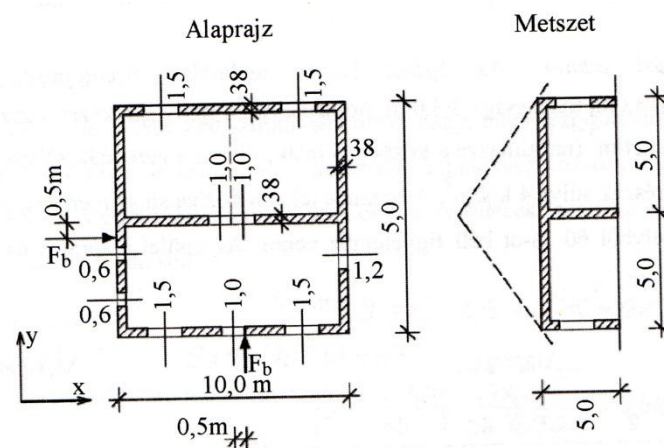
8. A vizsgált épület bemutatása

A dolgozatban egy tipikus Magyarországi épületet dolgoztam fel. Az elterjed sátozott kockaházra esett a választás, amelyeknek kézi számítással történő ellenőrzése megtalálható [2.]-ben. A méreteket és terheket is [2.] szerint vettem fel, így teremtve alapot az összehasonlításra.

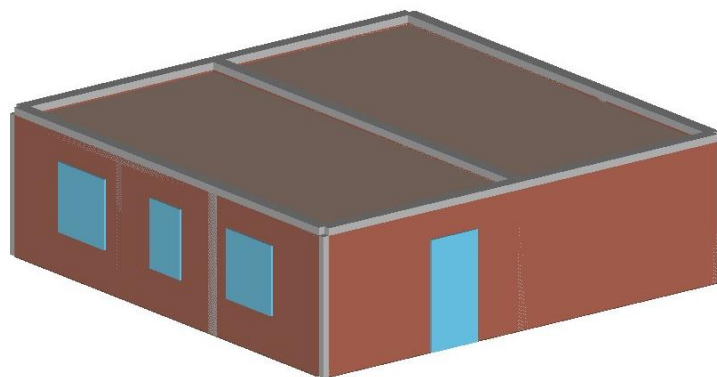
Az anyagminőségeket az alapján határoztam meg, amit [2.]-ben lefektetnek irányadónak, valamint hogy jelen épületek építése idején milyen anyagminőségek voltak járatosak beton és betonacél tekintetében. (ld. Melléklet 0. fejezet)

8.1. Geometria

A családi ház a sok helyen előforduló sátozott kockaház **14. ábra, 15. ábra**. A befoglaló méretek 10×10 m, az épületkialakítás kéttraktusos. A főfalak nyílásait a tipikus kialakítás szerint modelleztem meg, a válaszfalakat elhanyagoltam. (A rajzon hibásan szerepelnek a következő adatok: az 5 m magasság a [2.]-ben közölt számítás szerint 3 m, valamint a két traktus alaprajz mérete 10 m összesen.)



14. ábra: A feldolgozott ház szerkezeti vázlata [2.]



15. ábra: A Tremuri szoftverrel előállított modell 3D képe (közrefogott falazat)

8.2. Szerkezeti variációk

Több különböző kialakítást is vizsgáltam meg. Falazat szerint:

- ◆ 30 cm vasalatlan téglafal koszorú nélkül
- ◆ 30 cm vasalatlan téglafal koszorúval
- ◆ 30 cm közrefogott téglafal
- ◆ 38 cm vasalatlan téglafal koszorú nélkül
- ◆ 38 cm vasalatlan téglafal koszorúval (kézi számítás is ezzel dolgozik)
- ◆ 38 cm közrefogott téglafal

Födém szerint:

- ◆ Tökéletesen merev, egyirányban teherhordó födém (ez felel meg a monolit vasbeton födémnek)
- ◆ Kerámiabetétes, vasbetongerendás födém felbetonnal
- ◆ Kerámiabetétes, vasbetongerendás födém felbeton nélkül
- ◆ Fafödém (koszorú nélkül)

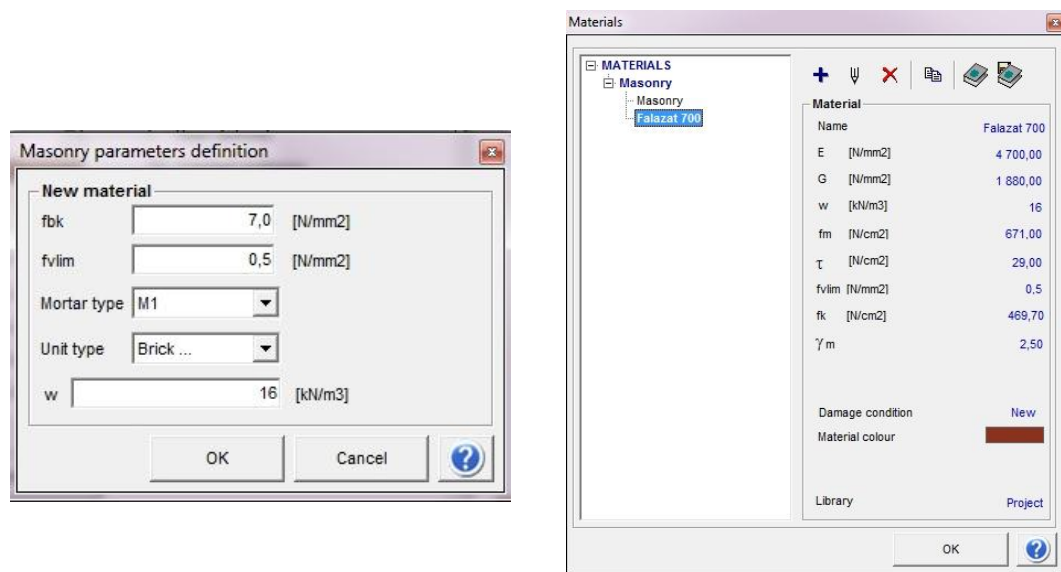
Ezek kombinációjaként 24 modellt készítettem.

8.3. Makróelemes helyettesítő keret

A Melléklet M 1. fejezetében látható módon vette fel a makróelemes helyettesítő keretet. A 7.1. fejezetben olvasható a makróelemes helyettesítő keret (FME) értelmezése.

8.4. Szerkezeti anyagok

A téglát 700 N/mm^2 karakterisztikus szilárdságúnak vettem fel. M1 anyagminőségű habarcsot, C16/20 betont és B500 betonacélt alkalmaztam. A különböző anyagú szerkezeti elemekhez tartozó mechanikai és geometriai jellemzőket a Melléklet 0 fejezetében látható módon vettem fel. **16. ábra**



16. ábra: Falazat megadott anyagminőségei

8.5. Terhek

A 38 cm-es falak terhe 6 kN/m^2 , a 30 cm-es falaké 5 kN/m^2 , a merev és vasbeton födémek terhe egyaránt 10 kN/m^2 , a fafödémeké 5 kN/m^2 . Az esetleges terhet úgy vettem figyelembe, hogy a [2.] szerinti födémteherben az már számításra került.

Az épület fontossági tényezője 1,0. Az altalaj C osztályú. Az alkalmazott gyorsulásértékek $a_{gR} = 1,4 \text{ m/s}^2$ ULS-ben és $a_{gR} = 1,0 \text{ m/s}^2$ DLS-ben. A DLS-ben ajánlott a_{gR} II. fontossági osztály esetén a 0,5-szerese az ULS-ben használt a_{gR} -nek. [14.] Én a számításhoz 0,7-es szorzót használtam a két gyorsulás között. Nem alkalmaztam a MMK által ajánlott 0,7-es csökkentő tényezőt. [9.] Az oldalirányú terheket a tömegszerinti és az első alak szerinti elrendezésben is működtettem a szerkezetre. (ld. **Melléklet M 4. fejezet**)

9. A nem-lineáris eltolás vizsgálat („pushover” analízis) eredményei

Minden számítás esetében alkalmaztam az EC 8 [8.] által előírt külpontosságot, minden modellhez 16 számítást végeztem. A földszintes ház esetében az egyszerű modelleknél, ahol kevés elem és csomópont került definiálásra, kb. 20 másodperc alatt futott le a „pushover” analízis mind a 16 számítással. A bonyolultabb modellek esetében, ahol oszlopok, koszorú és az oszlopok beiktatása következtében több faltest volt, kb. 3 perc alatt készült el a számítással a program.

Az összes számítás eredményét dokumentáltam a Melléklet M 3. fejezetében. Az épület minden szerkezeti kialakítás esetén, mindkét határállapotban megfelelt.

9.1. A program által számított paraméterek ismertetése

A program eredményként közölt értékei és értelmezésük: **17. ábra**

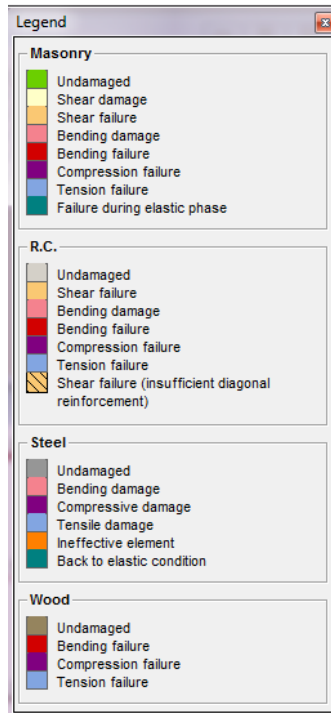
	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
▶	9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,06	0,483	0,01	0,06	2,195	3,074
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,14	0,539	0,01	0,08	2,360	2,897
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,06	0,483	0,01	0,06	2,195	3,074
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,14	0,539	0,01	0,08	2,360	2,897

17. ábra: A program által számított paraméterek megtekintése

- ◆ Earthquake – A földrengés irányáról ad tájékoztatást
- ◆ Uniform pattern of lateral load – Az oldalirányú tehereloszlás (egyenletes (masses), vagy első alak szerinti (first mode))
- ◆ Ecc. – Külpontosság: az eredő és a geometriai középpont közötti távolság
- ◆ Dmax ULS – A célelmozdulás értéke teherbírasi határállapotban
- ◆ Du ULS – Az épület elmozdulási kapacitása teherbírasi határállapotban
- ◆ q* ULS – Az épület viselkedési tényezője a teherbírasi határállapothoz tartozóan
- ◆ Dmax DLS – A célelmozdulás értéke a korlátozott károk határállapotban
- ◆ Dd DLS – Az épület elmozdulási kapacitása a korlátozott károk határállapotban
- ◆ Alpha u – α_u : képlékeny elmozdulási tartalék
- ◆ Alpha e – α_e : rugalmas elmozdulási tartalék

9.2. Jelmagyarázat

A Tremuri szoftver az eredmények dokumentálására egységes színkódot használ: **18. ábra**



18. ábra: Tremuri jelmagyarázat és színkód

Masonry – Falazat

- ◆ Undamaged – Ép, sértetlen
- ◆ Shear damage – Nyírási károsodás
- ◆ Shear failure – Nyírási tönkremenetel
- ◆ Bending damage – Hajlítási károsodás
- ◆ Bending failure – Hajlítási tönkremenetel
- ◆ Compression failure – Nyomási tönkremenetel
- ◆ Tension failure – Húzási tönkremenetel
- ◆ Failure during elastic phase – Rugalmas állapotban bekövetkezett tönkremenetel

R.C. (Reinforced Concrete) – Vasbeton

- ◆ Undamaged – Ép, sértelen
- ◆ Bending damage – Hajlítási károsodás
- ◆ Bending failure – Hajlítási tönkremenetel
- ◆ Compression failure – Nyomási tönkremenetel
- ◆ Tension failure – Húzási tönkremenetel
- ◆ Shear failure (insufficient diagonal reinforcement) – Nyírási tönkremenetel (ferde irányban elégtelen vasalás)

9.3. Viselkedési tényező

A viselkedési tényező leírását lásd a 6.2. fejezetben.

A vizsgált földszintes ház viselkedési tényezője minden terhelési esetben 1,5 alatt maradt. A legnagyobb számított érték, mint ahogy az várható volt, a leggyengébb szerkezeti kialakításhoz (30 cm-es vasalatlan fal, fa födém, nincs koszorú) tartozik: 1,391.

A csökkenő viselkedési tényező magasabb biztonsági szintet jelent (ld. 9.3. fejezetet). Minél nagyobb a számított viselkedési tényező, annál nagyobb károsodás árán felel meg a szerkezet.

Az összehasonlításokhoz minden szerkezeti kialakításnál a koszorú nélküli kialakítást vettem egységnek. A vizsgálatok alapján megfigyelhető, hogy

- ◆ a 20 cm vastag + 5 cm felbetonnal ellátott vasbeton gerendás (60 cm-enként 10 cm széles gerenda), kerámia béléstartes födém már megközelítőleg merevnek tekinthető.
- ◆ minden olyan, nehéz födémmel ellátott konstrukciónál, ahol a vasbeton koszorú hiányzik, a viselkedési tényező kb. 1,6-szerese a koszorúval ellátott és kb. 3-szorosa a közrefogott fallal épített épületének.

- ◆ minden könnyű fafödém készült modellnél, ahol a vasbeton koszorú hiányzik, a viselkedési tényező kb. 2,4-szerese a koszorúval ellátott és kb. 3,1-szerese a közrefogott falas változatnak.
- ◆ a könnyű fafödém jelentősen csökkenti a viselkedési tényezőt a nehéz födémmel kialakított változatokhoz képest abban az esetben, ha van vízszintes koszorú.
- ◆ a koszorú nélküli kialakítások esetén a födém merevsége fordított arányban áll a viselkedési tényezővel.
- ◆ közrefogott falazat esetében a kis födémtömeg jelentősen csökkenti a viselkedési tényezőt.
- ◆ a kisebb falazati térfogatsúly növeli a viselkedési tényezőt.
- ◆ a függőleges koszorúkkal sűrűn (3-4 m-enként) ellátott fal a saját síkjába eső terhelés esetén jelentősen növeli a viselkedési tényezőt, a síkjára merőlegesen érkező teher esetén kis mértékben csökkenti.
- ◆ vasalatlan fallal és koszorú nélkül a viselkedési tényező tartománya 0,483-1,391 a 30 cm vastag fal esetében és 0,463-1,288 a 38 cm vastag fal esetében.
- ◆ vasalatlan fallal és koszorúval a viselkedési tényező tartománya 0,298-0,793 a 30 cm vastag fal esetében és 0,288-0,733 a 38 cm vastag fal esetében.
- ◆ közrefogott fallal a viselkedési tényező tartománya 0,380-0,720 a 30 cm vastag fal esetében és 0,333-0,651 a 38 cm vastag fal esetében.

9.4. A képlékeny elmozdulási tartalék (α_u)

A képlékeny elmozdulási tartalék definícióját ld. a 6.4. fejezetben.

A vizsgálat kimutatta, hogy

- ◆ a közrefogott falazattal kialakított épület képlékeny elmozdulási tartaléka sokkal nagyobb mint a hagyományos falazattal kialakítotté, azon belül is a koszorúval is ellátott egy kicsit kedvezőbb, mint a koszorú nélküli.

10. Összehasonlítás a kézi számítással

Az egyszerűsített kézi ellenőrzés természetesen a biztonság javára közelít. Minden egyszerűsített számítás esetében van egy bonyolultabb, pontosabb módszer. A bonyolultabb módszerrel esetenként igazolható a megfelelőség akkor is, ha az egyszerűsített módszerrel nem. Ez az állítás visszafelé nem igaz.

A [2.]-ben közölt közelítő számításban a terület szeizmicitása nincs megadva, csupán annyi, hogy $a_{gR} < 0,15$ g. A számítás szerint a 38 cm vastag falakkal, feltehetően koszorúval és vasbeton födémmel rendelkező épület éppen megfelelt. A „pushover” analízis alapján azonban a megfelelés biztonsága igen nagy ennél a kialakításnál: $\alpha_u = 2,878$, a viselkedési tényező értéke pedig $q = 0,730$ a leggyengébb irányban, mint ahogy az a 19. ábra látható.

Check analysis

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,50	0,316	0,02	0,44	4,986	6,622
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,388	0,02	0,26	3,416	4,782
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,50	0,316	0,02	0,44	4,986	6,622
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,388	0,02	0,26	3,416	4,782
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,52	0,320	0,02	0,52	4,931	6,903
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,393	0,02	0,26	3,372	4,720
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,52	0,320	0,02	0,52	4,931	6,903
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,393	0,02	0,26	3,372	4,720
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,557	0,01	0,36	5,387	6,073
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,01	0,18	5,206	3,950
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,557	0,01	0,36	5,387	6,073
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,01	0,18	5,206	3,950
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,878	2,673
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,722	0,01	0,10	2,886	2,689
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,878	2,673
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,722	0,01	0,10	2,886	2,689

Colour legend

☒ Satisfied
 ☐ Not satisfied
 ☐ Self weight not converging
 ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

19. ábra: 38 cm vastag vasatlatlan fal, van koszorú, félig előregyártott vasbeton földem számítás eredményei

A számításból azt a következtetést vonta le a szerző, hogy az épület nagyobb nyílásokkal és 30 cm vastag fallal már biztosan nem felelne meg. A „pushover” analízis szerint azonban a 30 cm vastag fal is kielégíti a teherbírás határállapot követelményeit: $\alpha_u = 2,690$, a viselkedési tényező értéke pedig $q = 0,786$ a leggyengébb irányban, mint ahogy az a 20. ábra látható.

Check analysis

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,336	0,02	0,58	4,873	6,822
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	0,28	0,416	0,02	0,26	3,203	4,379
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,336	0,02	0,58	4,873	6,822
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	0,28	0,416	0,02	0,26	3,203	4,379
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,342	0,02	0,58	4,764	6,669
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,26	0,420	0,02	0,26	3,099	4,339
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,342	0,02	0,58	4,764	6,669
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,26	0,420	0,02	0,26	3,099	4,339
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,622	0,01	0,40	4,822	5,866
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,642	0,02	0,48	4,670	5,774
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,622	0,01	0,40	4,822	5,866
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,642	0,02	0,48	4,670	5,774
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,783	0,01	0,10	2,725	2,514
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,786	0,01	0,10	2,690	2,489
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,783	0,01	0,10	2,725	2,514
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,786	0,01	0,10	2,690	2,489

Colour legend

☒ Satisfied
 ☐ Not satisfied
 ☐ Self weight not converging
 ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

20. ábra: 30 cm vastag vasatlatlan fal, van koszorú, félig előregyártott vasbeton földem számítás eredményei

A teljes számítás digitalizált formában megtalálható a Melléklet M 5. fejezetében.

11. Következtetések, eredmények összefoglalása

11.1. Viselkedési tényező

A számítások azt igazolták, hogy a szabvány ajánlása ($q = 1,5$) helytálló földszintes, megközelítően szabályos kialakítású téглаépület esetében.

A számításból kiderül, hogy a koszorú nélküli kialakítás esetén nagy födémerevségre van szükség az épület kedvező viselkedéséhez.

A falazat merevségének növelésével (hagyományos koszorú nélkül $<$ hagyományos koszorúval $<$ közrefogott) csökken a biztonsági tényező maximális értéke, vagyis a merevebb épület jobban megfelel a szeizmikus hatásra.

Kis épületmerevségnél (nincs vasbeton koszorú) a kis épülettömeg kedvezőtlen hatású. Átlagos merevségű épület esetén (vízszintes koszorú) a kis épülettömeg előnyös, csökken a biztonsági tényező. Merev épületkialakításnál, közrefogott falazattal a kis épülettömeg jelentősen csökkenti a viselkedési tényezőt, vagyis az épület kedvezőbben viselkedik.

A [2.]-ben leírt alapelvek szerint az épület konstruálásakor mindenképp merev födémhárcsa kialakítására kell törekedni. A „pushover” analízis azt mutatta ki, hogy a koszorú szerepe sokkal nagyobb a födém kialakításánál.

12. További kutatási irányok

Az eredmények teljes körű értékeléséhez szükséges más magyarországi típus épületek vizsgálata is „pushover” módszerrel, és az így kapott eredmények összehasonlítása a közelítő kézi számítás eredményeivel. Ilyen épületek a három-négyszintes harántfalas fogatolt társasházak, az egyes falazóelem gyártók által ajánlott típustervek, vagy a hosszanti elrendezésű, oldalhatáron álló falusi lakóházak.

Szükséges a falvasalás hatásának vizsgálata az épület válaszára nézve.

13. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Sajtos Istvánnak az időt és a rendelkezésre bocsátott szakirodalmat.

Köszönöm Judith Schaubnak, az IngWare GmbH munkatársának a Tremuri szoftverhez adott licenst.

14. Irodalomjegyzék

- [1.] *Dulácska E., Joó A., Kollár L.*: Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra. (Az Eurocode alapján.) Akadémiai Kiadó. Budapest, 2008.
- [2.] *Dulácska E.*: Földrengés elleni védelem, egyszerű tervezés az Eurocode 8 alapján. Mérnöki Kamara Nonprofit Kht. Budapest, 2009.
- [3.] *Tomaževič M.*: Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings. World Scientific Publishing. 1999. (Series on Innovation in Structures and Construction: Volume 1)
- [4.] *Biró Zs.*: MSc Diplomamunka. (Téглаépületek vizsgálata földrengésre.) Budapest, 2013.

- [5.] *Krawinkler H., Seneviratne G. D. P. K.*: Pros and cons of pushover analysis of seismic performance evaluation. Elsevier Science Ltd, Vol 20. (1998.) pp 452-464.
- [6.] *Salonikios T. et al.*: Comparative inelastic pushover analysis of masonry frames. Elsevier Science Ltd, Vol 25. (2003) pp 1515-1523.
- [7.] *Lishak Vadim I., Yagust Vladimir I., Yankelevsky David Z.*: 2-D Orthotropic failure criteria for masonry, Engineering Structures Vol. 36. (2012), pp. 360–371.
- [8.] MSZ EN 1998-1:2008: Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok
- [9.] A Magyar Mérnöki Kamara ajánlása: Az EC8 Tartószerkezetek tervezése földrengésre, MSZ EN 1998-1 szabvány földrengés okozta vízszintes talajgyorsulások számításba vételére.

15. Internet

- [10.] www.foldrenges.hu
- [11.] <http://www.gtt.bme.hu/gtt/oktatas/feltoltesek/BMEEOGTASC1/talajdinamika.pdf>
- [12.] http://www.3muri.com/file.asp?table=3Muri_Descrizione&lang=en
- [13.] <http://www.csmi-mernoki-kamara.hu/files/2011.12.16.%20-%20M%C3%A9retez%C3%A9s%20f%C3%B6ldreng%C3%A9sre.pdf>
- [14.] <http://www.szt.bme.hu/index.php/hu/letoltesek/category/117-eloadasok?download=640:letoltesek>

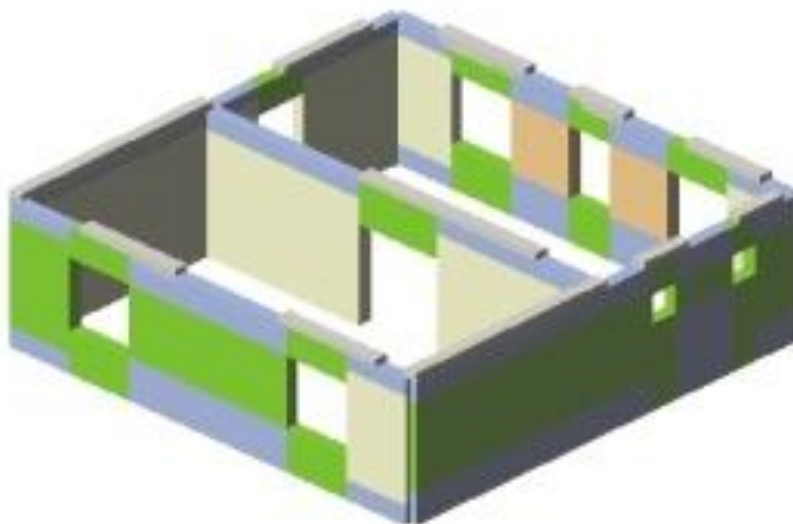
16. Képek

- [15.] http://www.foldrenges.hu/images/stories/cikkek/images/TL-foldrengeskockazat_3.jpg
- [16.] <http://www.exploratorium.edu/faultline/basics/waves.html>
- [17.] <http://www.staff.city.ac.uk/earthquakes/MasonryBrick/ConfinedBrickMasonry.htm>
- [18.] http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSAT19/falazatok_3_ea.pdf
- [19.] <http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/milyen-falazatbol-legyen-a-hazunk>
- [20.] [Tremuri szoftverből kimetett kép](#)



Falazott szerkezetű lakóház vizsgálata „pushover” módszerrel

– Melléklet –



Szerző:

Nagy Tamás Bajnok építésmérnök hallgató (VII. évfolyam)

Konzulens:

Dr. Sajtos István egyetemi docens, BME Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

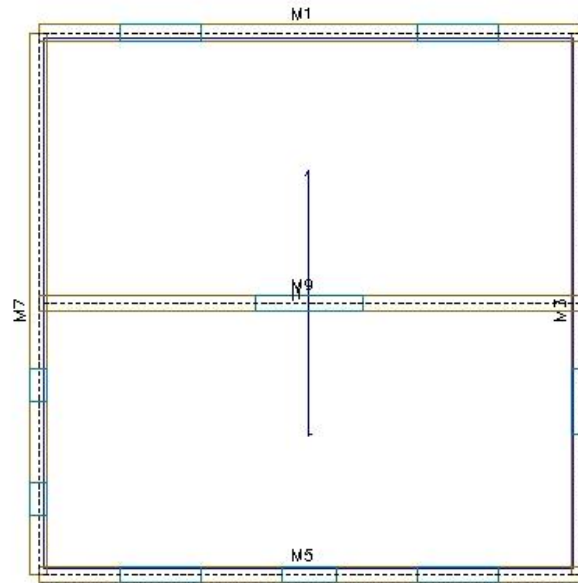
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Tartalomjegyzék

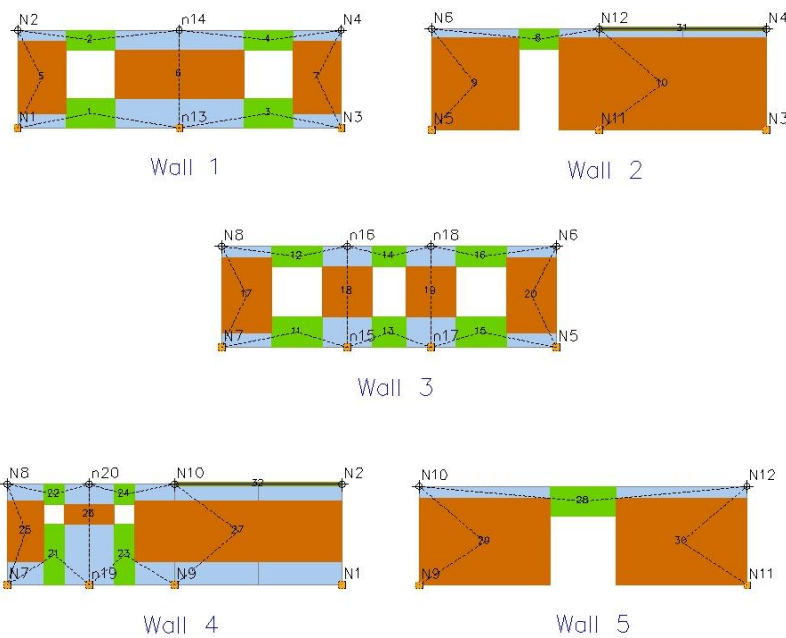
M 1.	<i>Helyettesítő (ekvivalens) makró elemes keret (FME)</i>	27
M 2.	<i>Szerkezeti kialakítás és anyagtulajdonságok.....</i>	30
M 3.	<i>A pushover analízis eredményei</i>	33
M 4.	<i>A számított gyorsulás értékek</i>	45
M 5.	<i>A kézi számítás.....</i>	46

M 1. Helyettesítő (ekvivalens) makró elemes keret (FME)

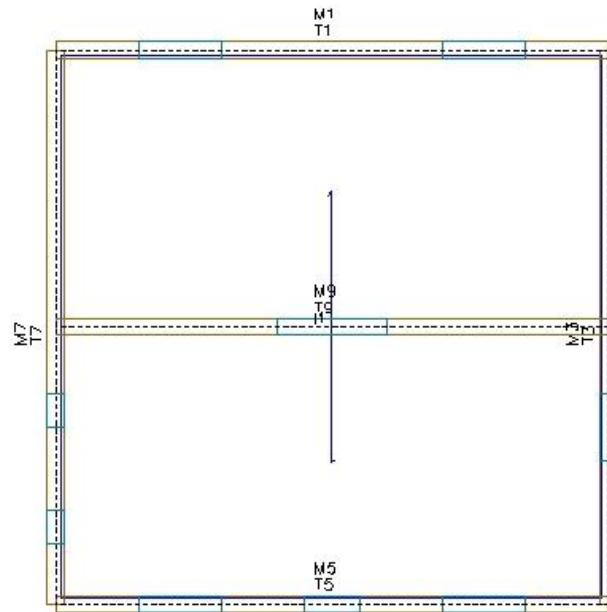
A következő ábrákon látható, hogy az egyes modellekhez milyen helyettesítő keretet generált a program.



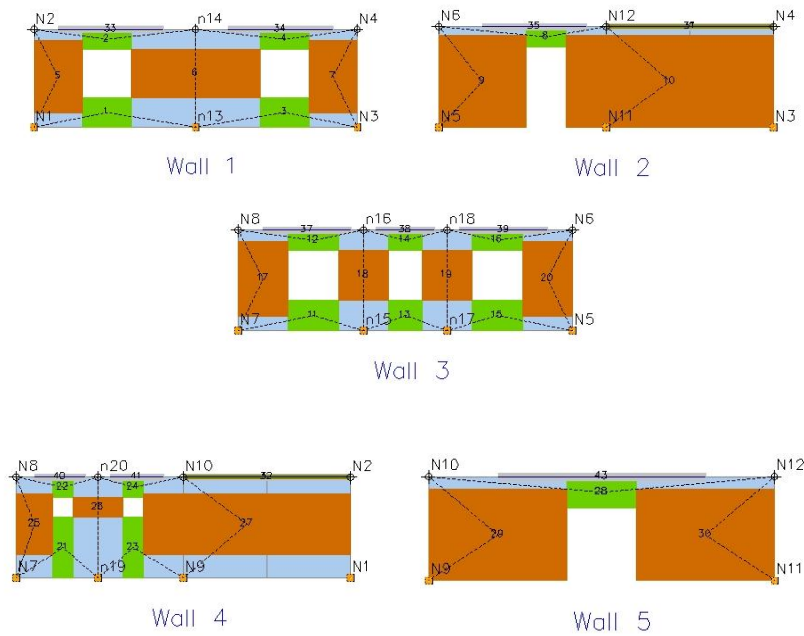
21. ábra: A Tremuri által vasatlan falhoz generált szerkezeti raszter és csomópontok koszorú nélkül



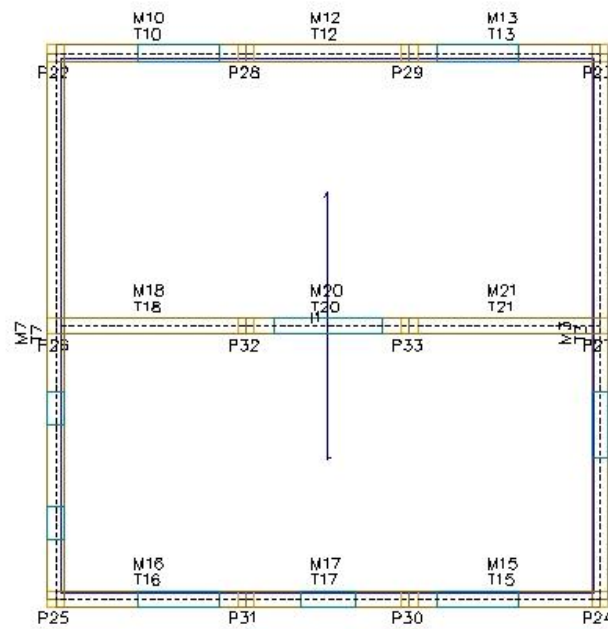
22. ábra: A Tremuri által generált FME háló és csomópontok vasatlan fal esetén koszorú nélkül



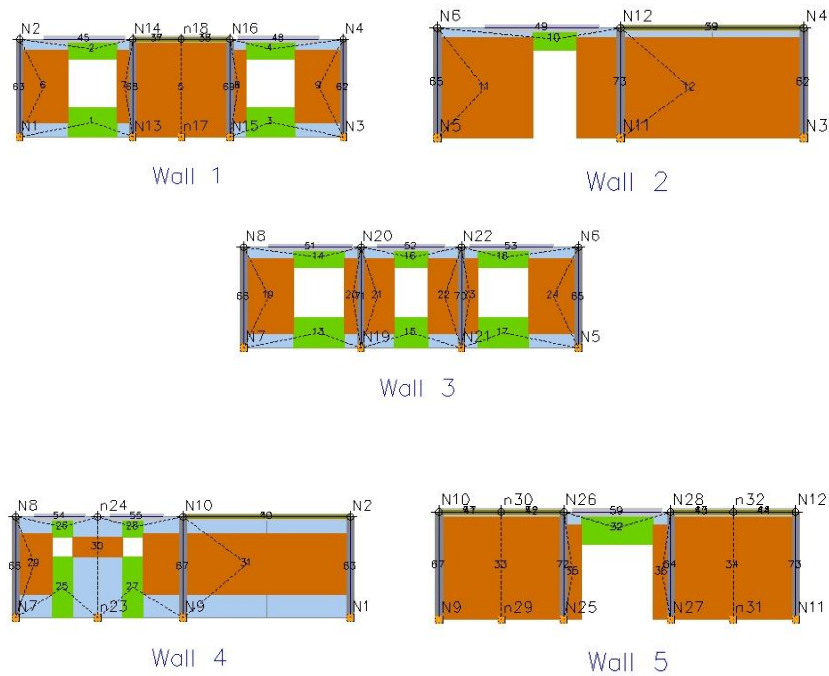
23. ábra: A Tremuri által vasatlan falhoz generált szerkezeti raszter és csomópontok koszorúval



24. ábra: A Tremuri által generált FME háló és csomópontok vasatlan fal esetén koszorúval



25. ábra: A Tremuri által közrefogott falhoz generált szerkezeti raszter és csomópontok koszorúval



26. ábra: A Tremuri által generált FME háló és csomópontok közrefogott fal esetén

M 2. Szerkezeti kialakítás és anyagtulajdonságok

A dolgozatban hivatkozott geometriai és mechanikai jellemzők a következő ábrákon láthatók. Az ábrákat a Tremuri szoftverből emeltem ki az adatmegadást követően.

The screenshot shows the 'Define characteristics' dialog box with the 'Masonry panel + R.C. tie beam' tab selected. The 'Masonry panel' section includes geometry (Elevation: 300 [cm], Height: 300 [cm], Thickness: 30,0 [cm]) and material (Falazat 700). The 'R.C. beam' section includes geometry (I elevation: 300 [cm], J elevation: 300 [cm], b: 30 [cm], h: 30 [cm], Area: 900,00 [cm2], J: 67 500,00 [cm4]), longitudinal rebars (Intrados total As: 1,6 [cm2], Extrados total As: 1,6 [cm2], Concrete cover: 2 [cm]), stirrups (Diameter: 6 [mm], Mid-section spac: 15 [cm]), and material (Concrete: C16/20, Steel: B500). The 'Foundation' checkbox is checked.

27. ábra: 30 cm vastag, koszorúval ellátott falazat pontos méretei és anyagtulajdonságai

The screenshot shows the 'Define characteristics' dialog box with the 'Masonry panel' tab selected. The 'Masonry panel' section includes geometry (Elevation: 300 [cm], Height: 300 [cm], Thickness: 38,0 [cm]) and material (Falazat 700). The 'Foundation' checkbox is checked.

28. ábra: 38 cm vastag, koszorú nélkül készülő falazat pontos méretei és anyagtulajdonságai

Column

Modify

R.C. Masonry Steel/Wood

Geometry

Elevation [cm]

b [cm]

h [cm]

Area [cm²]

Rot. angle [°]

Height [cm]

Longitudinal rebars

Total As side b [cm²] No. side h

Total As side h [cm²] No. side b

Concrete cover [cm] ☒ Deformed ☐ Plain

☐ Unsufficient anchorage

Stirrups

Diameter [mm] Mid-section spacing [cm]

Legs no. End spacing [cm]

☐ Seismic details

Material

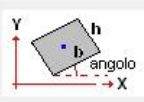




☒ Foundation

Foundation characteristics

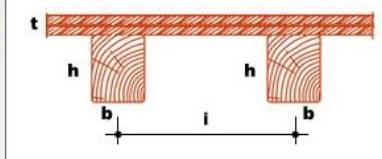
OK Cancel ?



29. ábra: 30 cm oldalhosszúságú négyzetes vasbeton pillér pontos méretei és anyagtulajdonságai

Horizontal structures

One-way timber floor with single
One-way timber floor with overl
One-way timber floor with additi
Steel-beam and hollow flat block
Steel-beam and vault
masonry-r.c. composite floor



☐ wood planks sufficiently connected to the perimeter walls

☐ beams sufficiently connected to the perimeter walls

Parameters

T [cm]

G wooden board [N/mm²]

Computed values

Thickness [cm]

G [N/mm²]

Ex [N/mm²]

Ey [N/mm²]

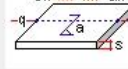
v

OK Cancel ?

Floor

Modify

Geometry

Gk  [cm]

Gk [daN/m²]

Addit. Gk [daN/m²]

Qk [daN/m²]

EC8

Code

Type 

Thickness [cm]

G [N/mm²]

Ex [N/mm²]

Ey [N/mm²]

v

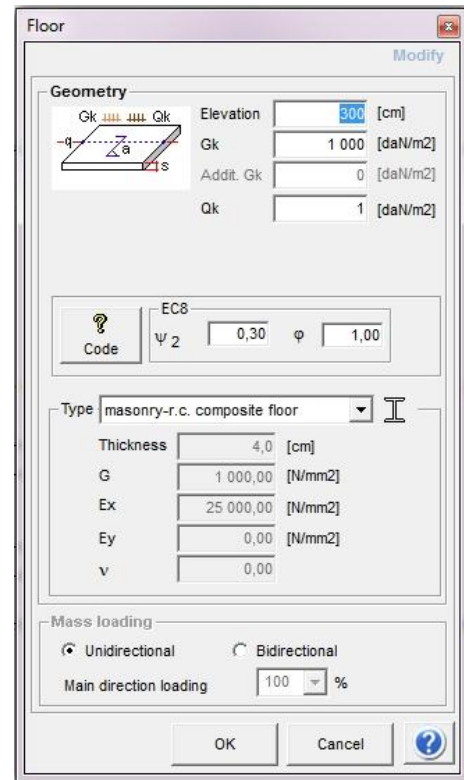
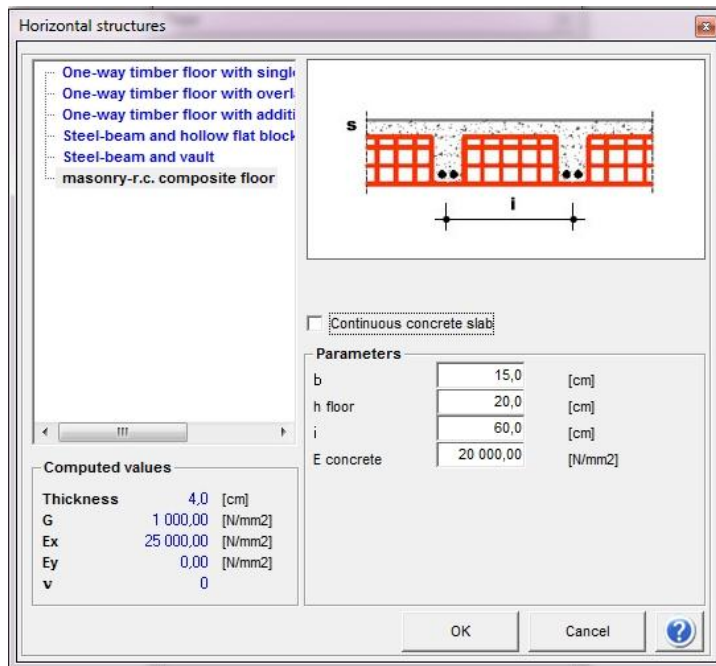
Mass loading

☒ Unidirectional ☐ Bidirectional

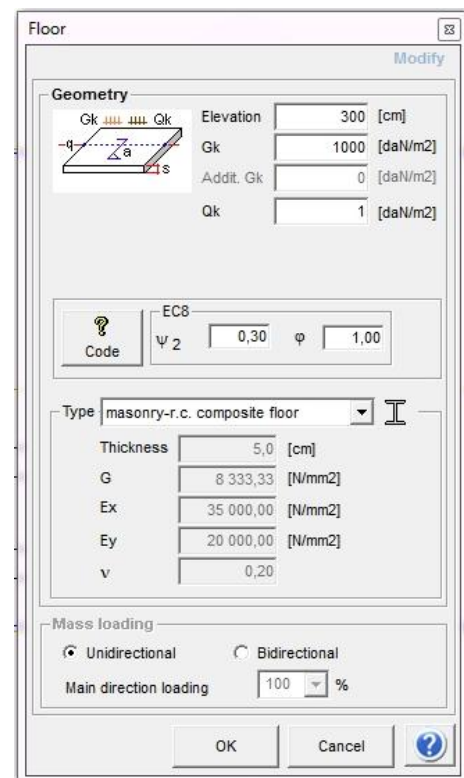
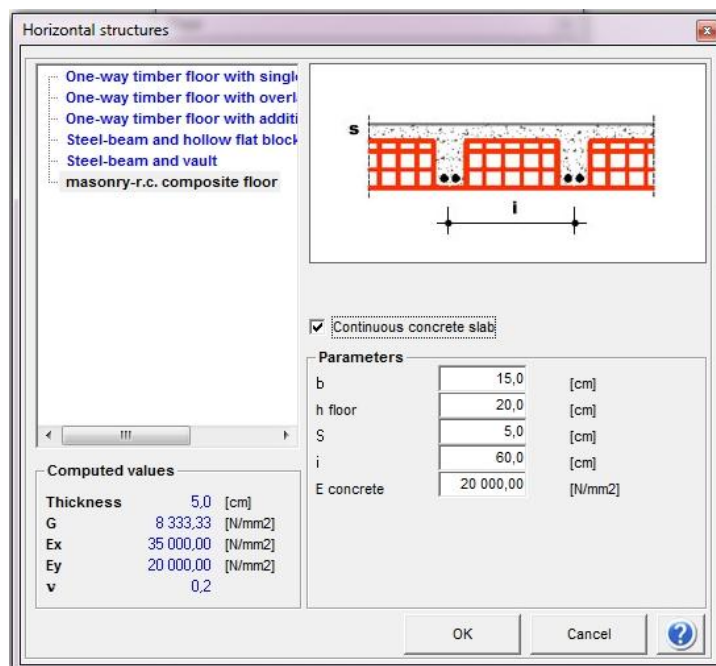
Main direction loading %

OK Cancel ?

30. ábra: A számítás során alkalmazott fáfödém pontos méretei, terhei és anyagtulajdonságai



31. ábra: A számítás során alkalmazott kerámiabetétes, felbeton nélkül készülő, félig előregyártott vasbeton födém pontos méretei, terhei és anyagtulajdonságai



32. ábra: A számítás során alkalmazott kerámiabetétes, felbetonnal készülő, félig előregyártott vasbeton födém pontos méretei, terhei és anyagtulajdonságai

33. ábra: A számítás során alkalmazott tökéletesen merev födém pontos méretei, terhei és anyagtulajdonságai

M 3. A pushover analízis eredményei

A következő ábrák, melyeket a pushover analízis lefuttatását követően emeltem ki a Tremuri programból, bemutatják az egyes számításokhoz tartozó tehereloszlást, véletlen külpontosságot, elmozdulás értékeket, a viselkedési tényezőt és az α tényezőket.

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,06	0,483	0,01	0,06	2,195	3,074
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,14	0,539	0,01	0,08	2,360	2,897
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,06	0,483	0,01	0,06	2,195	3,074
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,14	0,539	0,01	0,08	2,360	2,897
13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	1,04	0,471	0,01	0,06	6,365	3,128
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	1,04	0,571	0,01	0,16	5,250	3,330
15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	1,04	0,471	0,01	0,06	6,365	3,128
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	1,04	0,571	0,01	0,16	5,250	3,330
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,54	0,514	0,01	0,14	5,840	3,958
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,510	0,02	0,14	3,223	3,541
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,54	0,514	0,01	0,14	5,840	3,958
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,510	0,02	0,14	3,223	3,541
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,07	0,30	1,391	0,02	0,02	2,156	1,030
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,05	0,18	1,217	0,02	0,02	1,756	1,169
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,07	0,30	1,391	0,02	0,02	2,156	1,030
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,05	0,18	1,217	0,02	0,02	1,756	1,169

Colour legend: ■ Satisfied ■ Not satisfied ■ Self weight not converging ■ Most significant analysis

Buttons: Display analysis details, Insert all analyses in report, Activate code, Delete analysis, Exit, Piano-Soil

34. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, fa födém, nincs koszorú analízis eredményei

Check analysis												
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,42	0,298	0,01	0,42	5,291	7,408
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,28	0,362	0,01	0,28	3,955	5,538
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,42	0,298	0,01	0,42	5,291	7,408
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,28	0,362	0,01	0,28	3,955	5,538
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	0,42	0,298	0,01	0,42	5,204	7,285
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,28	0,363	0,01	0,28	3,935	5,508
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	0,42	0,298	0,01	0,42	5,204	7,285
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,28	0,363	0,01	0,28	3,935	5,508
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,467	0,01	0,22	6,422	5,339
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,01	0,72	0,471	0,01	0,22	6,364	5,170
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,467	0,01	0,22	6,422	5,339
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,01	0,72	0,471	0,01	0,22	6,364	5,170
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,01	0,24	0,588	0,01	0,10	3,385	3,226
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,01	0,24	0,582	0,01	0,08	3,393	3,027
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,01	0,24	0,588	0,01	0,10	3,385	3,226
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,01	0,24	0,582	0,01	0,08	3,393	3,027
Colour legend												
☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis												
Display analysis details Insert all analyses in report Activate code Delete analysis Exit ?												
Piano-Soil												

35. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, fa földem, van koszorú analízis eredményei

Check analysis												
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,09	0,96	0,486	0,07	0,40	3,562	3,447
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,09	0,84	0,491	0,07	0,40	3,316	3,428
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,09	0,96	0,486	0,07	0,40	3,562	3,447
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,09	0,84	0,491	0,07	0,40	3,316	3,428
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,10	0,96	0,490	0,07	0,40	3,531	3,414
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,09	0,70	0,531	0,06	0,34	2,996	3,150
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,10	0,96	0,491	0,07	0,40	3,529	3,412
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,09	0,72	0,534	0,06	0,34	3,027	3,137
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,380	0,01	0,24	7,891	6,300
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,405	0,01	0,24	7,414	5,575
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,380	0,01	0,24	7,891	6,300
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,405	0,01	0,24	7,414	5,575
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,457	0,01	0,50	6,570	8,484
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,471	0,02	0,60	6,369	8,608
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,457	0,01	0,50	6,570	8,484
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,471	0,02	0,60	6,369	8,608
Colour legend												
☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis												
Display analysis details Insert all analyses in report Activate code Delete analysis Exit ?												
Piano-Soil												

36. ábra: 30 cm vastag közrefogott fal, fa földem analízis eredményei

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,98	0,555	0,02	0,18	5,268	3,183
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	1,14	0,626	0,02	0,16	4,793	2,836
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,98	0,555	0,02	0,18	5,268	3,183
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	1,14	0,626	0,02	0,16	4,793	2,836
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	1,00	0,499	0,02	0,42	5,524	4,892
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,48	0,567	0,02	0,26	3,403	3,587
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	1,00	0,499	0,02	0,42	5,524	4,892
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,48	0,567	0,02	0,26	3,403	3,587
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,52	0,749	0,01	0,22	4,004	3,548
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,05	0,40	0,818	0,03	0,26	2,436	2,713
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,52	0,749	0,01	0,22	4,004	3,548
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,05	0,40	0,818	0,03	0,26	2,436	2,713
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,07	0,26	1,287	0,02	0,08	1,949	1,489
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,05	0,26	1,196	0,02	0,18	2,094	2,343
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,07	0,26	1,287	0,02	0,08	1,949	1,489
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,05	0,26	1,196	0,02	0,18	2,094	2,343

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Buttons: Display analysis details, Insert all analyses in report, Activate code, Delete analysis, Exit, ?

Piano-Soil

37. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton födém, nincs koszorú analysis eredményei

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,336	0,02	0,58	4,873	6,822
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	0,28	0,416	0,02	0,26	3,203	4,379
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,336	0,02	0,58	4,873	6,822
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	0,28	0,416	0,02	0,26	3,203	4,379
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,342	0,02	0,58	4,764	6,669
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,26	0,420	0,02	0,26	3,099	4,339
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,342	0,02	0,58	4,764	6,669
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,26	0,420	0,02	0,26	3,099	4,339
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,622	0,01	0,40	4,822	5,866
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,642	0,02	0,48	4,670	5,774
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,622	0,01	0,40	4,822	5,866
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,642	0,02	0,48	4,670	5,774
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,783	0,01	0,10	2,725	2,514
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,786	0,01	0,10	2,690	2,489
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,783	0,01	0,10	2,725	2,514
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,786	0,01	0,10	2,690	2,489

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Buttons: Display analysis details, Insert all analyses in report, Activate code, Delete analysis, Exit, ?

Piano-Soil

38. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton födém, van koszorú analysis eredményei

Check analysis													
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e	
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,11	1,00	0,611	0,08	0,46	3,093	2,982	Display analysis details Insert all analyses in report Activate code Delete analysis Exit ?
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,11	0,76	0,611	0,08	0,48	2,697	3,063	
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,11	1,02	0,613	0,08	0,46	3,125	2,976	
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,11	0,76	0,611	0,08	0,48	2,697	3,063	
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,11	0,98	0,622	0,08	0,44	3,038	2,903	
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,09	0,56	0,635	0,07	0,38	2,386	2,844	
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,11	0,96	0,622	0,08	0,38	3,002	2,753	
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,09	0,56	0,635	0,07	0,38	2,386	2,844	
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,03	0,72	0,589	0,02	0,24	5,094	3,795	
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,589	0,02	0,24	4,831	3,547	
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,03	0,72	0,589	0,02	0,24	5,094	3,795	
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,589	0,02	0,24	4,831	3,547	
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,03	0,72	0,705	0,02	0,56	4,257	5,524	
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,705	0,02	0,56	4,257	5,524	
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,03	0,72	0,705	0,02	0,56	4,257	5,524	
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,705	0,02	0,56	4,257	5,524	
Colour legend Satisfied Not satisfied Self weight not converging Most significant analysis													Piano-Soil

39. ábra: 30 cm vastag közrefogott fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton földem analysis eredményei

Check analysis													
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e	
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	1,02	0,535	0,02	0,20	5,377	3,329	Display analysis details Insert all analyses in report Activate code Delete analysis Exit ?
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	1,02	0,646	0,02	0,18	4,647	2,841	
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	1,02	0,535	0,02	0,20	5,377	3,329	
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	1,02	0,646	0,02	0,18	4,647	2,841	
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,501	0,02	0,34	3,849	4,176	
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,50	0,592	0,02	0,32	3,326	3,730	
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,501	0,02	0,34	3,849	4,176	
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,50	0,592	0,02	0,32	3,326	3,730	
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,732	0,01	0,26	4,096	3,847	
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,70	0,773	0,02	0,24	3,880	3,090	
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,732	0,01	0,26	4,096	3,847	
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,70	0,773	0,02	0,24	3,880	3,090	
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,06	0,26	1,288	0,02	0,06	1,966	1,367	
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,06	0,26	1,252	0,02	0,02	2,053	1,129	
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,06	0,26	1,288	0,02	0,06	1,966	1,367	
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,06	0,26	1,252	0,02	0,02	2,053	1,129	
Colour legend Satisfied Not satisfied Self weight not converging Most significant analysis													Piano-Soil

40. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, felbetonos gerendás vasbeton földem, nincs koszorú analysis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,60	0,348	0,02	0,60	5,043	7,060
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	0,30	0,423	0,02	0,30	3,354	4,696
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,60	0,348	0,02	0,60	5,043	7,060
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	0,30	0,423	0,02	0,30	3,354	4,696
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,352	0,02	0,58	4,903	6,864
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,30	0,431	0,02	0,30	3,316	4,642
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,352	0,02	0,58	4,903	6,864
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,30	0,431	0,02	0,30	3,316	4,642
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,626	0,01	0,56	4,789	6,705
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,644	0,02	0,54	4,661	5,661
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,626	0,01	0,56	4,789	6,705
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,644	0,02	0,54	4,661	5,661
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,793	0,01	0,12	2,579	2,592
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,790	0,01	0,12	2,578	2,593
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,793	0,01	0,12	2,579	2,592
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,790	0,01	0,12	2,578	2,593

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

41. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, felbetonos gerendás vasbeton földm, van koszorú analisis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,12	1,00	0,609	0,08	0,46	3,054	2,960
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,11	0,76	0,611	0,08	0,52	2,652	3,120
11	☒	+X	First mode	50,0	0,12	0,90	0,598	0,08	0,46	2,903	2,992
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,11	0,78	0,611	0,08	0,48	2,688	3,022
13	☒	-X	Masses	50,0	0,12	0,82	0,607	0,08	0,46	2,728	2,950
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,10	0,56	0,633	0,07	0,40	2,354	2,867
15	☒	-X	First mode	50,0	0,12	0,82	0,607	0,08	0,46	2,728	2,950
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,10	0,56	0,633	0,07	0,40	2,354	2,867
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,549	0,02	0,24	5,468	4,632
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,583	0,02	0,24	5,144	4,194
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,549	0,02	0,24	5,468	4,632
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,583	0,02	0,24	5,144	4,194
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,643	0,02	0,50	4,669	6,537
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,678	0,02	0,60	4,423	6,192
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,643	0,02	0,50	4,669	6,537
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,678	0,02	0,60	4,423	6,192

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

42. ábra: 30 cm vastag közrefogott fal, felbetonos gerendás vasbeton földm analisis eredményei

Check analysis												
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ⁺ ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	1,04	0,547	0,02	0,20	5,419	3,277
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	1,04	0,648	0,02	0,16	4,631	2,703
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	1,04	0,547	0,02	0,20	5,419	3,277
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	1,04	0,648	0,02	0,16	4,631	2,703
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,64	0,511	0,02	0,34	4,056	4,145
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,52	0,596	0,02	0,32	3,387	3,712
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,64	0,511	0,02	0,34	4,056	4,145
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,52	0,596	0,02	0,32	3,387	3,712
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,719	0,01	0,26	4,174	3,874
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,68	0,740	0,02	0,26	4,057	3,317
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,719	0,01	0,26	4,174	3,874
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,68	0,740	0,02	0,26	4,057	3,317
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,06	0,26	1,259	0,02	0,08	1,992	1,534
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,05	0,26	1,216	0,02	0,02	2,088	1,163
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,06	0,26	1,259	0,02	0,08	1,992	1,534
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,05	0,26	1,216	0,02	0,02	2,088	1,163

Colour legend

■ Satisfied ■ Not satisfied ■ Self weight not converging ■ Most significant analysis

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

Piano-Soil

43. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, tökéletesen merev föld, nincs koszorú analysis eredményei

Check analysis												
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ⁺ ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
EC8	9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,60	0,350	0,02	0,60	5,061	7,085
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,425	0,02	0,30	3,396	4,754
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,60	0,350	0,02	0,60	5,061	7,085
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,425	0,02	0,30	3,396	4,754
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,58	0,355	0,02	0,58	4,916	6,883
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,432	0,02	0,30	3,359	4,702
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,58	0,355	0,02	0,58	4,916	6,883
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,432	0,02	0,30	3,359	4,702
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,619	0,01	0,56	4,845	6,521
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,633	0,02	0,60	4,738	5,977
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,619	0,01	0,56	4,845	6,521
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,633	0,02	0,60	4,738	5,977
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,788	0,01	0,12	2,563	2,587
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,787	0,01	0,12	2,535	2,568
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,788	0,01	0,12	2,563	2,587
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,787	0,01	0,12	2,535	2,568

Colour legend

■ Satisfied ■ Not satisfied ■ Self weight not converging ■ Most significant analysis

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

Piano-Soil

44. ábra: 30 cm vastag vasalatlan fal, tökéletesen merev föld, van koszorú analysis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ⁺ ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,11	1,00	0,612	0,08	0,46	3,103	2,987
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,11	0,58	0,623	0,08	0,42	2,359	2,889
11	☒	+X	First mode	50,0	0,11	0,92	0,603	0,08	0,46	2,979	3,013
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,11	0,58	0,623	0,08	0,42	2,359	2,889
13	☒	-X	Masses	50,0	0,11	0,94	0,615	0,08	0,46	2,981	2,972
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,09	0,56	0,636	0,07	0,40	2,398	2,911
15	☒	-X	First mode	50,0	0,11	0,94	0,615	0,08	0,46	2,981	2,972
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,09	0,56	0,636	0,07	0,40	2,398	2,911
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,03	0,72	0,585	0,02	0,24	4,911	3,680
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,607	0,02	0,24	4,617	3,483
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,03	0,72	0,585	0,02	0,24	4,911	3,680
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,607	0,02	0,24	4,617	3,483
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,03	0,72	0,697	0,02	0,56	4,305	5,251
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,708	0,02	0,60	4,185	5,165
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,03	0,72	0,697	0,02	0,56	4,305	5,251
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,708	0,02	0,60	4,185	5,165

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

45. ábra: 30 cm vastag közrefogott fal, tökéletesen merev földm. analízis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ⁺ ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,01	0,04	0,518	0,01	0,04	1,996	2,794
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,08	0,518	0,01	0,06	2,216	2,946
11	☒	+X	First mode	50,0	0,01	0,04	0,518	0,01	0,04	1,996	2,794
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,08	0,518	0,01	0,06	2,216	2,946
13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	1,04	0,479	0,01	0,48	6,265	6,362
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	1,04	0,530	0,01	0,14	5,661	3,505
15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	1,04	0,479	0,01	0,48	6,265	6,362
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	1,04	0,530	0,01	0,14	5,661	3,505
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,50	0,466	0,01	0,10	6,048	3,866
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,463	0,01	0,12	3,722	3,855
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,50	0,466	0,01	0,10	6,048	3,866
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,463	0,01	0,12	3,722	3,855
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,06	0,44	1,286	0,02	0,02	2,333	1,114
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,04	0,18	1,121	0,01	0,02	1,886	1,271
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,06	0,44	1,286	0,02	0,02	2,333	1,114
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,04	0,18	1,121	0,01	0,02	1,886	1,271

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

46. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, fa földm., nincs koszorú analízis eredményei

Check analysis													
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e	
☒ ECR	9	☒	+X	Masses	50,0	0,01	0,38	0,288	0,01	0,38	5,336	7,471	
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,01	0,28	0,353	0,01	0,28	4,147	5,806	
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,01	0,38	0,288	0,01	0,38	5,336	7,471	
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,01	0,28	0,353	0,01	0,28	4,147	5,806	
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	0,40	0,285	0,01	0,40	5,410	7,574	
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,28	0,349	0,01	0,28	4,135	5,789	
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	0,40	0,285	0,01	0,40	5,410	7,574	
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,28	0,349	0,01	0,28	4,135	5,789	
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,436	0,01	0,18	6,874	5,236	
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,01	0,72	0,439	0,01	0,18	6,840	5,084	
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,436	0,01	0,18	6,874	5,236	
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,01	0,72	0,439	0,01	0,18	6,840	5,084	
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,01	0,24	0,548	0,01	0,08	3,595	3,216	
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,01	0,24	0,541	0,01	0,08	3,605	3,239	
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,01	0,24	0,548	0,01	0,08	3,595	3,216	
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,01	0,24	0,541	0,01	0,08	3,605	3,239	

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

47. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, fa födém, van koszorú analysis eredményei

Check analysis													
Code	No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e	
☒ ECR	9	☒	+X	Masses	50,0	0,08	0,94	0,469	0,06	0,40	3,821	3,695	
	10	☒	+X	Masses	-50,0	0,08	0,84	0,476	0,06	0,40	3,572	3,655	
	11	☒	+X	First mode	50,0	0,08	0,94	0,469	0,06	0,40	3,820	3,694	
	12	☒	+X	First mode	-50,0	0,08	0,84	0,476	0,06	0,40	3,572	3,655	
	13	☒	-X	Masses	50,0	0,08	0,88	0,472	0,06	0,38	3,651	3,600	
	14	☒	-X	Masses	-50,0	0,07	0,56	0,490	0,05	0,42	3,003	3,749	
	15	☒	-X	First mode	50,0	0,08	0,98	0,481	0,06	0,38	3,832	3,550	
	16	☒	-X	First mode	-50,0	0,07	0,56	0,490	0,05	0,42	3,003	3,749	
	17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,333	0,01	0,22	9,005	7,727	
	18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,366	0,01	0,24	8,205	6,451	
	19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,333	0,01	0,22	9,005	7,727	
	20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,366	0,01	0,24	8,205	6,451	
	21	☒	-Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,406	0,01	0,50	7,384	10,337	
	22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,425	0,01	0,60	7,055	9,877	
	23	☒	-Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,406	0,01	0,50	7,384	10,337	
	24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,425	0,01	0,60	7,055	9,877	

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

48. ábra: 38 cm vastag közrefogott fal, fa födém analysis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,12	0,473	0,02	0,10	2,401	3,244
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	0,54	0,575	0,02	0,14	3,719	2,961
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,12	0,473	0,02	0,10	2,401	3,244
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	0,54	0,575	0,02	0,14	3,719	2,961
13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	1,02	0,472	0,02	0,18	6,201	3,722
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,50	0,549	0,02	0,16	3,681	3,201
15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	1,02	0,472	0,02	0,18	6,201	3,722
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,50	0,549	0,02	0,16	3,681	3,201
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,50	0,675	0,01	0,16	4,445	3,332
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,04	0,38	0,717	0,03	0,24	2,611	2,908
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,50	0,675	0,01	0,16	4,445	3,332
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,04	0,38	0,717	0,03	0,24	2,611	2,908
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,05	0,26	1,150	0,02	0,12	2,085	1,914
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,26	1,081	0,02	0,16	2,265	2,387
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,05	0,26	1,150	0,02	0,12	2,085	1,914
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,26	1,081	0,02	0,16	2,265	2,387

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

49. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton födém, nincs koszorú analízis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q ^u ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,50	0,316	0,02	0,44	4,986	6,622
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,388	0,02	0,26	3,416	4,782
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,50	0,316	0,02	0,44	4,986	6,622
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,388	0,02	0,26	3,416	4,782
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,52	0,320	0,02	0,52	4,931	6,903
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,26	0,393	0,02	0,26	3,372	4,720
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,52	0,320	0,02	0,52	4,931	6,903
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,26	0,393	0,02	0,26	3,372	4,720
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,557	0,01	0,36	5,387	6,073
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,01	0,18	5,206	3,950
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,557	0,01	0,36	5,387	6,073
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,01	0,18	5,206	3,950
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,878	2,673
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,722	0,01	0,10	2,886	2,689
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,878	2,673
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,722	0,01	0,10	2,886	2,689

Colour legend

☒ Satisfied ☐ Not satisfied ☐ Self weight not converging ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

50. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton födém, van koszorú analízis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,08	0,92	0,562	0,06	0,46	3,401	3,404
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,08	0,56	0,582	0,06	0,42	2,635	3,283
11	☒	+X	First mode	50,0	0,08	0,92	0,562	0,06	0,46	3,401	3,404
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,08	0,66	0,574	0,06	0,42	2,873	3,292
13	☒	-X	Masses	50,0	0,09	0,94	0,577	0,06	0,46	3,371	3,326
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,07	0,54	0,592	0,05	0,54	2,682	3,754
15	☒	-X	First mode	50,0	0,09	0,92	0,574	0,06	0,44	3,336	3,277
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,07	0,54	0,592	0,05	0,54	2,682	3,754
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,529	0,01	0,24	5,668	4,484
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,557	0,02	0,24	5,383	4,088
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,529	0,01	0,24	5,668	4,484
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,557	0,02	0,24	5,383	4,088
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,633	0,02	0,58	4,741	6,638
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,651	0,02	0,60	4,606	6,357
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,633	0,02	0,58	4,741	6,638
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,651	0,02	0,60	4,606	6,357

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

51. ábra: 38 cm vastag közrefogott fal, felbeton nélküli gerendás vasbeton födém analysis eredményei

Check analysis

Code ☒ EC8

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,48	0,477	0,02	0,24	3,879	4,027
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	1,04	0,563	0,02	0,44	5,326	4,635
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,48	0,477	0,02	0,24	3,879	4,027
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	1,04	0,563	0,02	0,44	5,326	4,635
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,46	0,467	0,02	0,34	3,806	4,636
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	0,76	0,592	0,02	0,28	4,599	3,703
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,46	0,467	0,02	0,34	3,806	4,636
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	0,76	0,592	0,02	0,28	4,599	3,703
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,681	0,01	0,24	4,407	3,957
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,70	0,683	0,01	0,26	4,390	4,038
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,681	0,01	0,24	4,407	3,957
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,70	0,683	0,01	0,26	4,390	4,038
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,05	0,26	1,217	0,02	0,04	2,082	1,304
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,04	0,26	1,139	0,02	0,02	2,207	1,240
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,05	0,26	1,217	0,02	0,04	2,082	1,304
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,04	0,26	1,139	0,02	0,02	2,207	1,240

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

52. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, felbetonnal gerendás vasbeton födém, nincs koszorú analysis eredményei

Check analysis

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,50	0,328	0,02	0,42	5,005	6,501
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,398	0,02	0,30	3,649	5,108
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,50	0,328	0,02	0,42	5,005	6,501
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,398	0,02	0,30	3,649	5,108
13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	0,52	0,330	0,02	0,52	5,011	7,015
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,403	0,02	0,30	3,626	5,076
15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	0,52	0,330	0,02	0,52	5,011	7,015
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,403	0,02	0,30	3,626	5,076
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,565	0,01	0,40	5,308	6,066
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,585	0,01	0,36	5,125	5,051
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,565	0,01	0,40	5,308	6,066
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,585	0,01	0,36	5,125	5,051
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,733	0,01	0,10	2,757	2,604
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,764	2,613
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,733	0,01	0,10	2,757	2,604
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,730	0,01	0,10	2,764	2,613

Colour legend

☒ Satisfied
 ☐ Not satisfied
 ☐ Self weight not converging
 ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

53. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, felbetonnal gerendás vasbeton földem, van koszorú analysis eredményei

Check analysis

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,09	1,02	0,568	0,06	0,46	3,545	3,349
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,08	0,56	0,577	0,06	0,46	2,597	3,343
11	☒	+X	First mode	50,0	0,09	1,02	0,568	0,06	0,46	3,546	3,350
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,08	0,56	0,577	0,06	0,46	2,597	3,343
13	☒	-X	Masses	50,0	0,09	0,90	0,573	0,07	0,46	3,232	3,289
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,07	0,54	0,592	0,05	0,54	2,643	3,700
15	☒	-X	First mode	50,0	0,09	0,90	0,573	0,07	0,46	3,232	3,290
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,07	0,54	0,592	0,05	0,54	2,643	3,700
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,474	0,01	0,22	6,331	5,716
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,515	0,01	0,24	5,827	5,086
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,474	0,01	0,22	6,331	5,716
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,515	0,01	0,24	5,827	5,086
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,559	0,01	0,50	5,364	7,509
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,603	0,02	0,60	4,974	6,963
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,559	0,01	0,50	5,364	7,509
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,603	0,02	0,60	4,974	6,963

Colour legend

☒ Satisfied
 ☐ Not satisfied
 ☐ Self weight not converging
 ☐ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

54. ábra: 38 cm vastag közrefogott fal, felbetonnal gerendás vasbeton földem analysis eredményei

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,03	0,94	0,523	0,02	0,18	5,628	3,436
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,03	1,04	0,553	0,02	0,16	5,426	3,160
11	☒	+X	First mode	50,0	0,03	0,94	0,523	0,02	0,18	5,628	3,436
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,03	1,04	0,553	0,02	0,16	5,426	3,160
13	☒	-X	Masses	50,0	0,03	0,46	0,469	0,02	0,22	3,844	3,964
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,03	1,04	0,620	0,02	0,32	4,838	3,847
15	☒	-X	First mode	50,0	0,03	0,46	0,469	0,02	0,22	3,844	3,964
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,03	1,04	0,620	0,02	0,32	4,838	3,847
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,62	0,640	0,01	0,24	4,691	4,117
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,70	0,665	0,02	0,22	4,510	3,420
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,62	0,640	0,01	0,24	4,691	4,117
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,70	0,665	0,02	0,22	4,510	3,420
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,04	0,26	1,138	0,02	0,06	2,151	1,530
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,04	0,26	1,111	0,01	0,02	2,245	1,274
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,04	0,26	1,138	0,02	0,06	2,151	1,530
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,04	0,26	1,111	0,01	0,02	2,245	1,274

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

55. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, tökéletesen merev földem, nincs koszorú analysis eredményei

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q* ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9	☒	+X	Masses	50,0	0,02	0,52	0,330	0,02	0,46	5,122	6,783
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,400	0,01	0,30	3,688	5,163
11	☒	+X	First mode	50,0	0,02	0,52	0,330	0,02	0,46	5,122	6,783
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,400	0,01	0,30	3,688	5,163
13	☒	-X	Masses	50,0	0,02	0,54	0,333	0,02	0,54	5,136	7,191
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,02	0,30	0,405	0,01	0,30	3,663	5,128
15	☒	-X	First mode	50,0	0,02	0,54	0,333	0,02	0,54	5,136	7,191
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,02	0,30	0,405	0,01	0,30	3,663	5,128
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,01	0,72	0,558	0,01	0,42	5,377	6,168
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,02	0,38	5,211	5,039
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,01	0,72	0,558	0,01	0,42	5,377	6,168
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,576	0,02	0,38	5,211	5,039
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,24	0,729	0,01	0,10	2,734	2,599
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,02	0,24	0,724	0,01	0,10	2,744	2,613
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,24	0,729	0,01	0,10	2,734	2,599
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,02	0,24	0,724	0,01	0,10	2,744	2,613

Colour legend

☒ Satisfied ☒ Not satisfied ☒ Self weight not converging ☒ Most significant analysis

Piano-Soil

Display analysis details

Insert all analyses in report

Activate code

Delete analysis

Exit

?

56. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, tökéletesen merev földem, van koszorú analysis eredményei

Check analysis

Code **EC8**

No.	Insert in report	Earthquake	Uniform pattern of lateral load	Ecc. [cm]	Dmax ULS [cm]	Du ULS [cm]	q [*] ULS	Dmax DLS [cm]	Dd DLS [cm]	Alpha u	Alpha e
9		+X	Masses	50,0	0,08	0,90	0,562	0,06	0,46	3,369	3,411
10	☒	+X	Masses	-50,0	0,08	0,58	0,585	0,06	0,42	2,678	3,260
11	☒	+X	First mode	50,0	0,08	0,90	0,562	0,06	0,46	3,370	3,411
12	☒	+X	First mode	-50,0	0,08	0,56	0,588	0,06	0,42	2,634	3,258
13	☒	-X	Masses	50,0	0,09	0,96	0,580	0,06	0,46	3,424	3,329
14	☒	-X	Masses	-50,0	0,07	0,54	0,594	0,05	0,54	2,693	3,771
15	☒	-X	First mode	50,0	0,09	0,86	0,568	0,06	0,46	3,242	3,368
16	☒	-X	First mode	-50,0	0,07	0,54	0,594	0,05	0,54	2,693	3,771
17	☒	+Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,530	0,01	0,24	5,658	4,252
18	☒	+Y	Masses	-50,0	0,02	0,72	0,552	0,02	0,24	5,274	3,942
19	☒	+Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,530	0,01	0,24	5,658	4,252
20	☒	+Y	First mode	-50,0	0,02	0,72	0,552	0,02	0,24	5,274	3,942
21	☒	-Y	Masses	50,0	0,02	0,72	0,632	0,02	0,56	4,748	6,194
22	☒	-Y	Masses	-50,0	0,03	0,72	0,645	0,02	0,60	4,653	5,986
23	☒	-Y	First mode	50,0	0,02	0,72	0,632	0,02	0,56	4,748	6,194
24	☒	-Y	First mode	-50,0	0,03	0,72	0,645	0,02	0,60	4,653	5,986

Colour legend

☒ Satisfied
 ☒ Not satisfied
 ☒ Self weight not converging
 ☒ Most significant analysis

Display analysis details
 Insert all analyses in report
 Activate code
 Delete analysis
 Exit
 ?
 Piano-Soil

57. ábra: 38 cm vastag közrefogott fal, tökéletesen merev földm. analízis eredményei

M 4. A számított gyorsulás értékek

Az alkalmazott vízszintes gyorsulásértékek a következők voltak:

Seismic action

EC8

Zone

ULS a_{gR} 1,40 [m/s²] DLS 1,00 [m/s²]

Soil type

C S 1,15

T_b 0,2

T_C 0,6

T_D 2

Importance Factor 1

OK Cancel ?

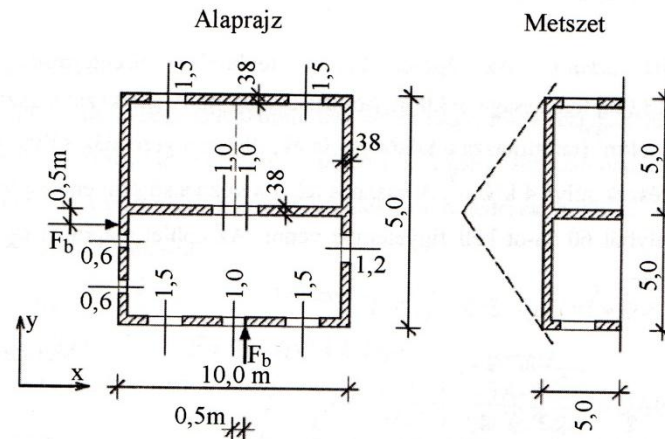
58. ábra: Alkalmazott gyorsulásértékek

M 5. A kézi számítás

A következő képeken digitalizált formában olvashatók a kézi számítások.

8.31. Példa: Földszintes, szokványos vidéki családi ház

Vizsgáljunk egy szokványos vidéki családi házat, amelyből Magyarországon igen sok található. Először ellenőrizzük a 8.2. pont szerinti egyszerűsített módszerrel. A falak vastagsága legyen 38 cm. Az épület alaprajzi vázlatát a 8.3. ábra mutatja. A falazatok zömökek, ezért csak nyírásra kell vizsgálni őket.



8.3. ábra: Földszintes, szokványos vidéki családi ház

Az x irányú falak összterülete: $0,38 \cdot 22,0 = 8,36 \text{ m}^2$, az y irányú falaké $0,38 \cdot 17,6 = 6,69 \text{ m}^2$. Egyértelmű, hogy az y irány a veszélyesebb. A $\leq 0,15g$ területen vagyunk, és így a 8.1 táblázat szerint szükséges falterület 3,5 % lenne, ha $1,2 \text{ kN/cm}^2$ nagyszilárdságú téglával dolgoznánk. Az ilyen házaknál azonban csak mintegy $0,7 \text{ kN/cm}^2$ a téglák szokásos szilárdsága. A szilárdságok arányában felnövelve a 3,5 %-ot, 6,0 %-ot kapunk, azaz a szükséges falkeresztmetszeti terület: $A_{\text{szüks}} = 0,060 \cdot 10,0 \cdot 10,0 = 6,00 \text{ m}^2$. E szerint az épület még éppen megfelelő.

Vizsgáljuk meg számítással az épületet. A földem súlya $9,0 \text{ kN/m}^2$, a tető $1,0 \text{ kN/m}^2$, a falak felületi súlya $6,0 \text{ kN/m}^2$. Az épületsúly: $Q = 10,0 \cdot 10,0 \cdot (9+1) + 50 \cdot 1,5 \cdot 6 = 1450 \text{ kN}$.

Az épület olyan merev, hogy biztosan a spektrum felső platójára esik, és a redukált spektrumérték $S_{pd} = 0,20$. Ezzel az eltolóerő: $0,2 \cdot 1450 = 290 \text{ kN}$. Az előírt $e=0,05L$ külpontoság okozta növelő szorzó 1,06. Az 1,0 folyóméterre eső nyíróerő $V = 1,06 \cdot 290 / 17,6 = 17,47 \text{ kN/m}$, a nyírófeszültség $\tau = 17,47 / 38 \cdot 100 = 0,00455 \text{ kN/cm}^2$. Az EC6 szerint az $f_b = 0,7 \text{ kN/cm}^2$ (T70) szilárdságú téglából M1 (H10) habarcsba falazott falazat nyírási tervezési szilárdsága (határfeszültsége) $f_d = 0,0050 \text{ kN/cm}^2$.

Következtetések: az épület a számítás szerint is még éppen megfelelő, de 30 cm falvastagsággal, vagy nagyobb ablakokkal már nem felelne meg. Kétszintes épület pedig ilyen alaprajzzal nem építhető.

59. ábra: 38 cm vastag vasalatlan fal, tökéletesen merev földem, van koszorú analysis eredménye közelítő kézi számítással

[2.]