



Magasépítési vasbetonszerkezetek

1. előadás

Tervezési, méretezési alapelvek. Épületek terhei. Magasépületek jellegzetes szerkezeti kialakítása.

Szabó Imre Gábor

Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar

Építőmérnök Tanszék



1. Definíciók, osztályozás

Épület: emberi tartózkodásra alkalmas mesterséges objektum.

Magasépület: olyan épület, ahol a vízszintes erőknek (szél, földrengés) jelentős hatása van a tervezésre. A vízszintes terhekből keletkező nyomaték (felborító nyomaték) jelentősen nagyobb, mint a függőleges terhekből származó nyomaték (stabilizáló nyomaték).

Épületek osztályozása:

Rendeltetése szerint lehet:

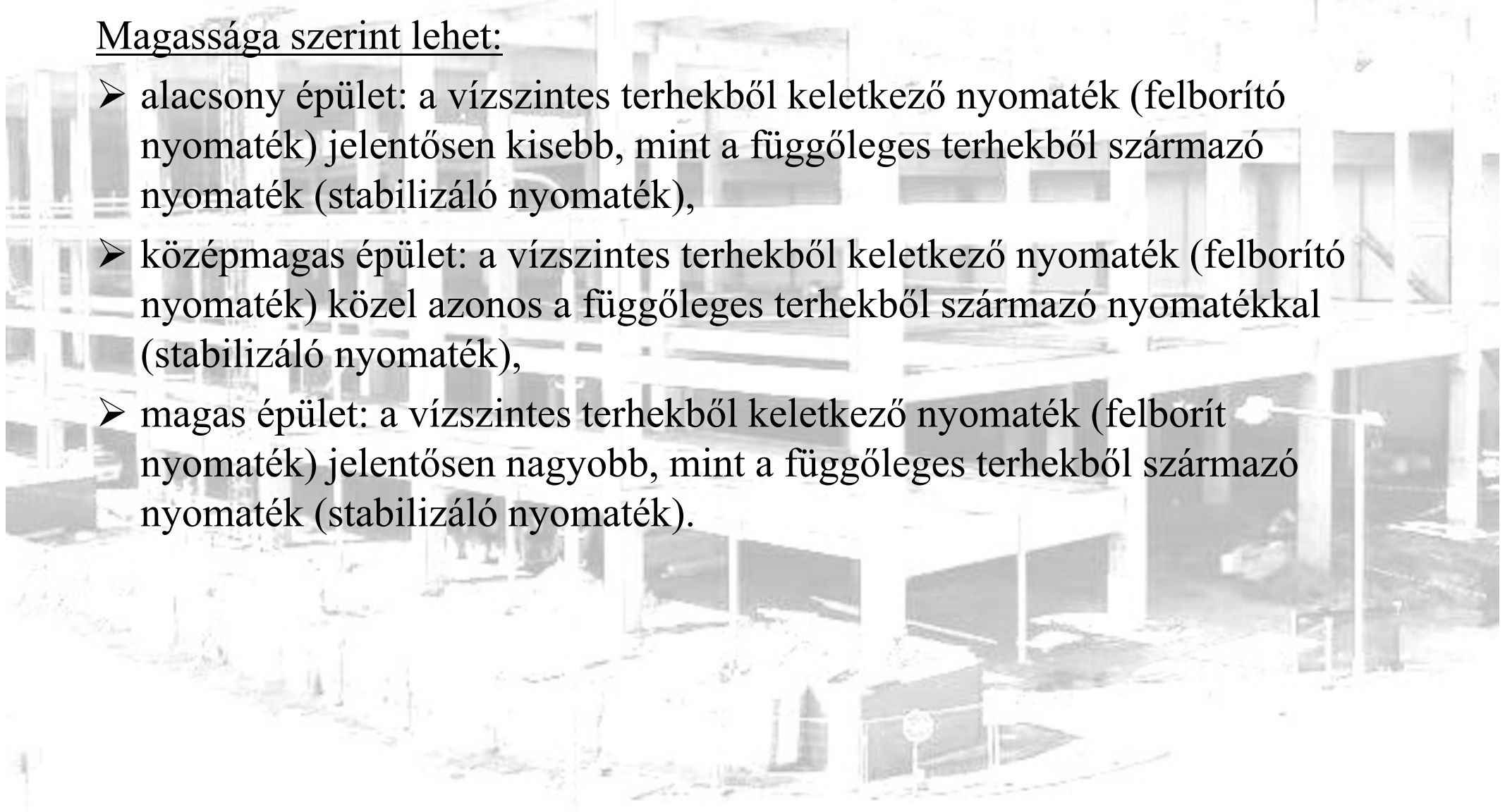
- lakó-célú: lakás, szálloda,
- munkahely-célú: iroda, üzem, raktár, piac, bevásárló csarnok,
- sportcélú: stadion (a játéktér nyitott), tornacsarnok (a játéktér fedett),
- közösségi: mozi, színház, hangversenyterem, kultikus hely (a vallási, szakrális előírások a döntőbbek),
- vegyes rendeltetésű:
 - azonos csoporton belüli (üzem-raktár),



- különböző csoporton belül: (lakás-iroda, mozi-bevásárló csarnok, tornacsarnok-hangverseny terem),
- átalakított (lakás-iroda, iroda-lakás, raktár-lakás, csarnok-kultikus hely, tornacsarnok-szórakozóhely).

Magassága szerint lehet:

- alacsony épület: a vízszintes terhekből keletkező nyomaték (felborító nyomaték) jelentősen kisebb, mint a függőleges terhekből származó nyomaték (stabilizáló nyomaték),
- középmagas épület: a vízszintes terhekből keletkező nyomaték (felborító nyomaték) közel azonos a függőleges terhekből származó nyomatékkal (stabilizáló nyomaték),
- magas épület: a vízszintes terhekből keletkező nyomaték (felborító nyomaték) jelentősen nagyobb, mint a függőleges terhekből származó nyomaték (stabilizáló nyomaték).





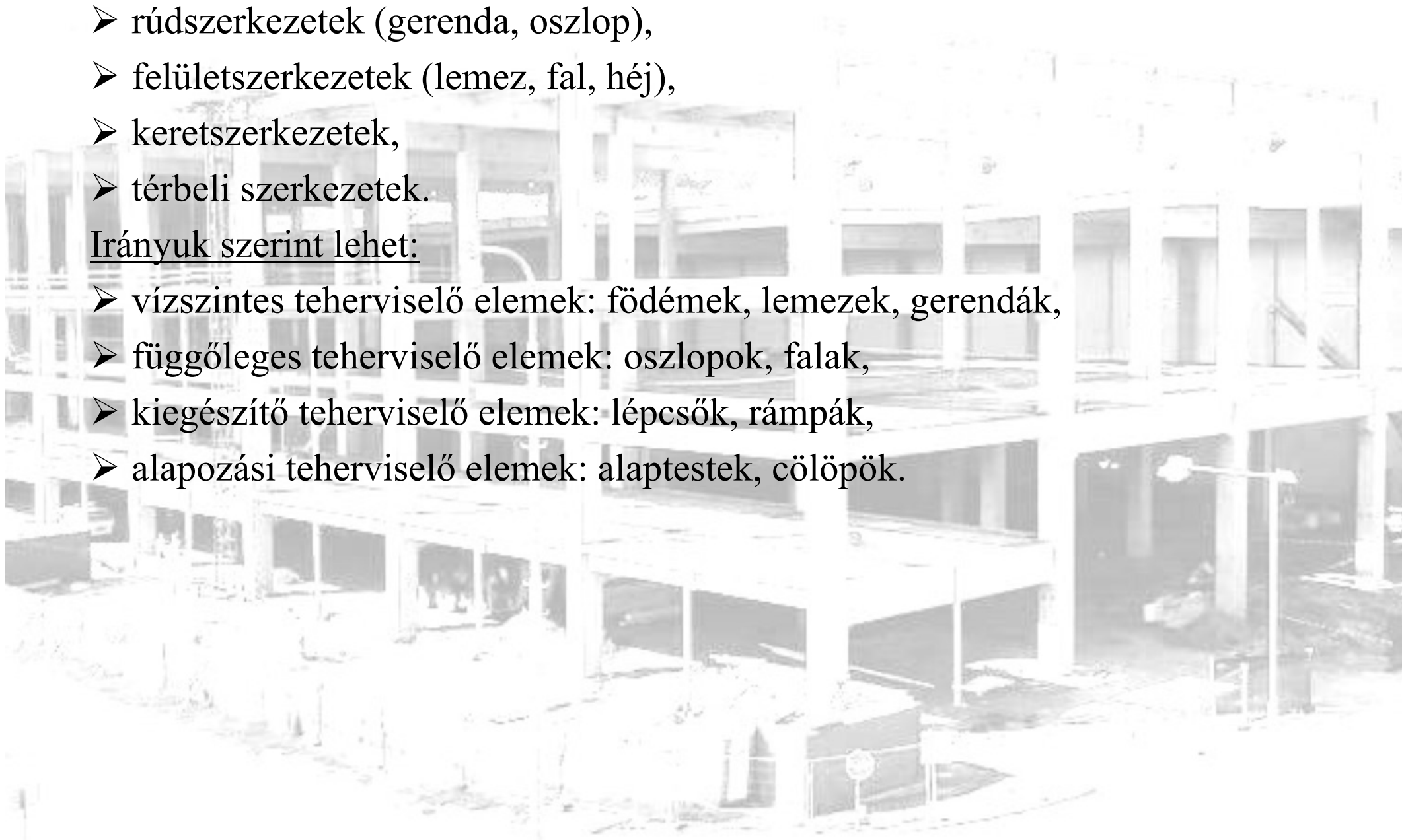
Teherviselő szerkezeti elemek

Modell szerint lehet:

- rúdszerkezetek (gerenda, oszlop),
- felületszerkezetek (lemez, fal, héj),
- keretszerkezetek,
- térbeli szerkezetek.

Írányuk szerint lehet:

- vízszintes teherrelő elemek: földémek, lemezek, gerendák,
- függőleges teherrelő elemek: oszlopok, falak,
- kiegészítő teherrelő elemek: lépcsők, rámpák,
- alapozási teherrelő elemek: alaptestek, cölöpök.





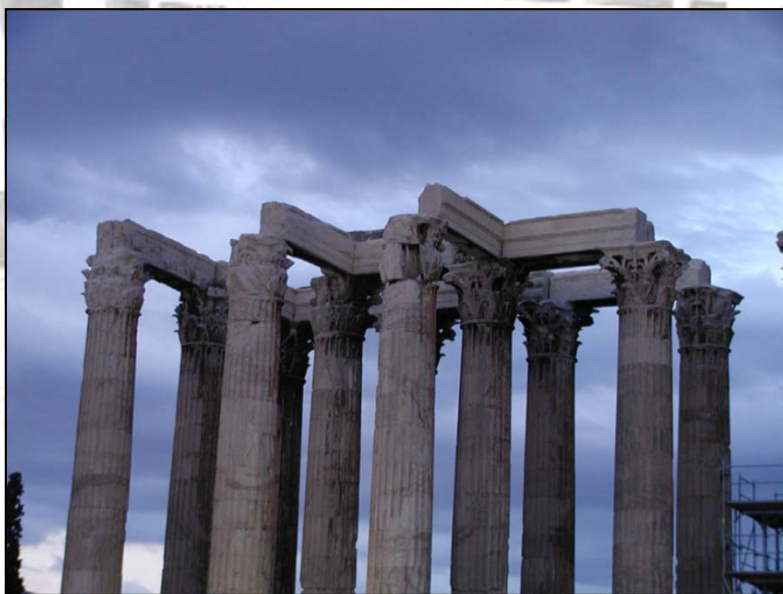
Történeti áttekintés



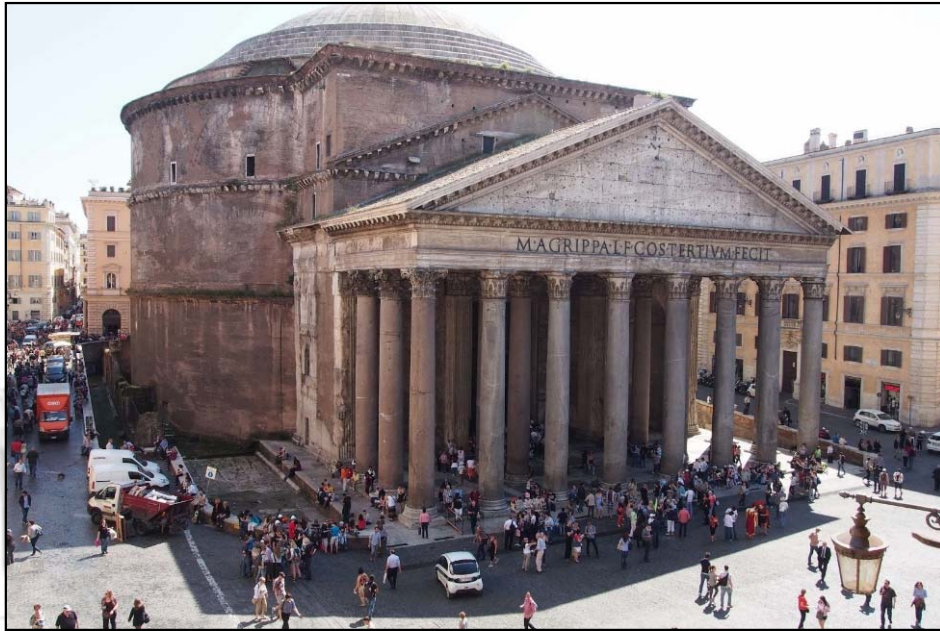
1. kép. Babel tornya [wikipedia]



2. kép. Gízai piramisok [wikipedia]



3. kép. Görög csarnok szerkezet (oszlop, gerenda) [Kiss R. 2007]



4. kép. Pantheon 1. [cwfoodtravel.blogspot]



5. kép. Pantheon 2. [expertoitaly]



6. kép. Középkor – román stílus 1. [Kiss R. 2007]



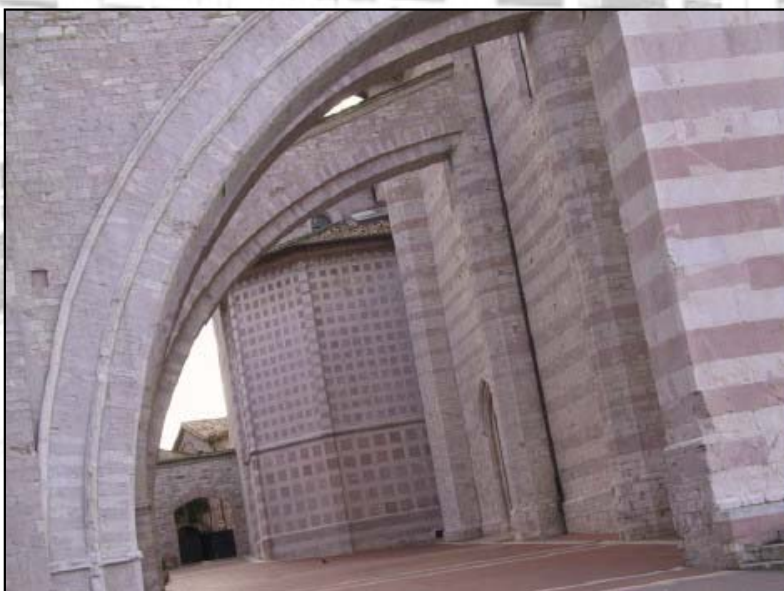
7. kép. Középkor – román stílus 2. [Kiss R. 2007]



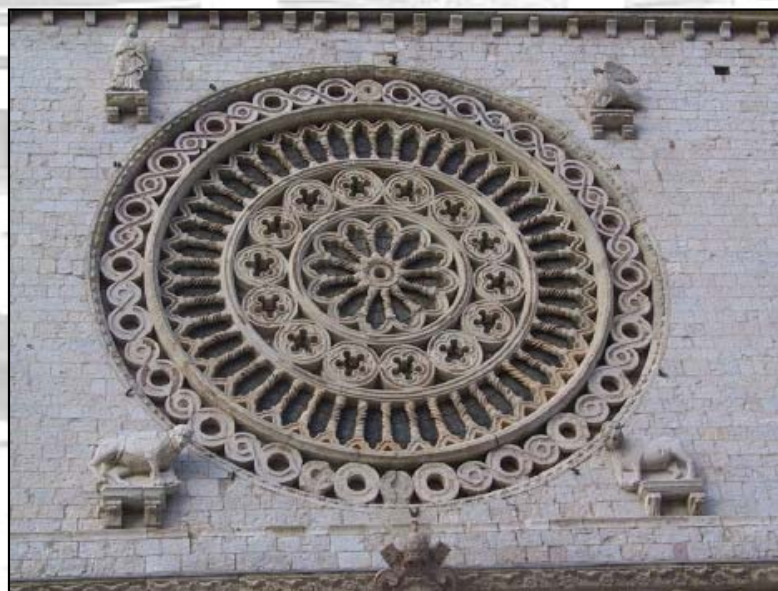
8. kép. Középkor – faltartó vasak 1. [Kiss R. 2007]



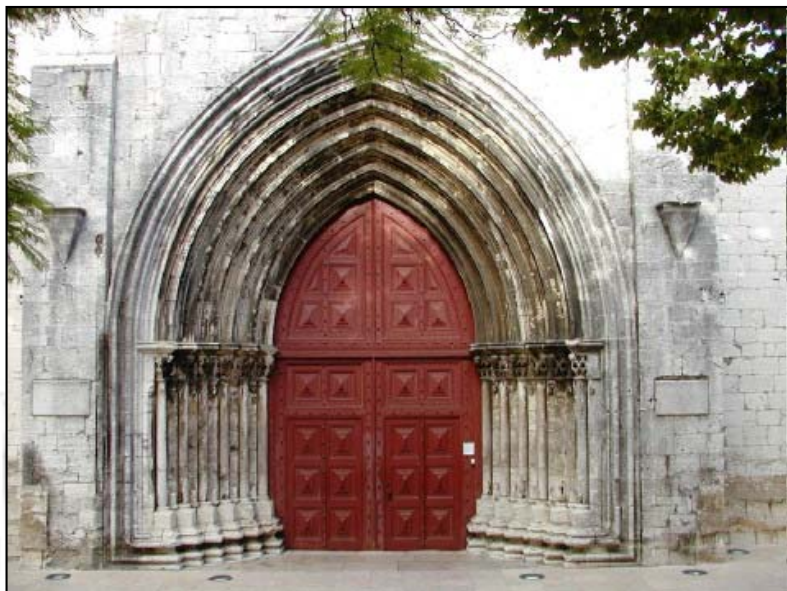
9. kép. Középkor – faltartó vasak 2. [Kiss R. 2007]



10. kép. Középkor – íves megtámasztás [Kiss R. 2007]



11. kép. Középkor – rózsablak [Kiss R. 2007]



12. kép. Középkor – bélletes kapu [Kiss R. 2007]



13. kép. Középkor – dongaboltozat [tudasbazis.sulinet]



14. kép. Előregyártott kőfödém a IX. századból [Kiss R. 2007]



15. kép. Kínai „magasház” a VIII. századból [Kiss R. 2007]



16. kép. Kupola 1. [Kiss R. 2007]



17. kép. Kupola 2. [Kiss R. 2007]



18. kép. Kupola 3. [Kiss R. 2007]



19. kép. Kupola 4. [Kiss R. 2007]



20. kép. Kupola 5. [wikipedia]



21. kép. Modern kor 1. [Kiss R. 2007]



22. kép. Modern kor 2. [Kiss R. 2007]



23. kép. Modern kor 3. [Kiss R. 2007]



24. kép. Modern kor 4. [Kiss R. 2007]



25. kép. Modern kor 5. [Kiss R. 2007]



26. kép. Modern kor 6. [Kiss R. 2007]



27. kép. Modern kor 7. [Kiss R. 2007]



28. kép. Modern kor 8. [arch2o]



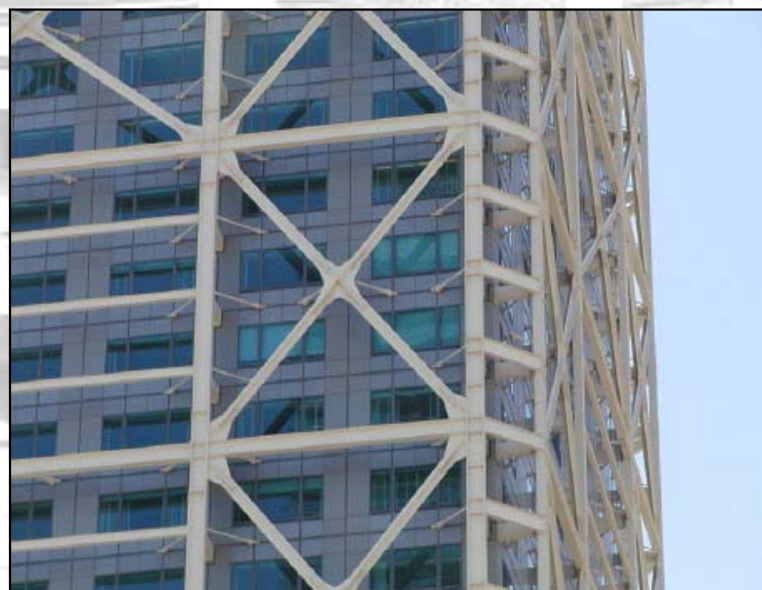
29. kép. Modern kor 9. [Kiss R. 2007]



30. kép. Modern kor 10. [Kiss R. 2007]



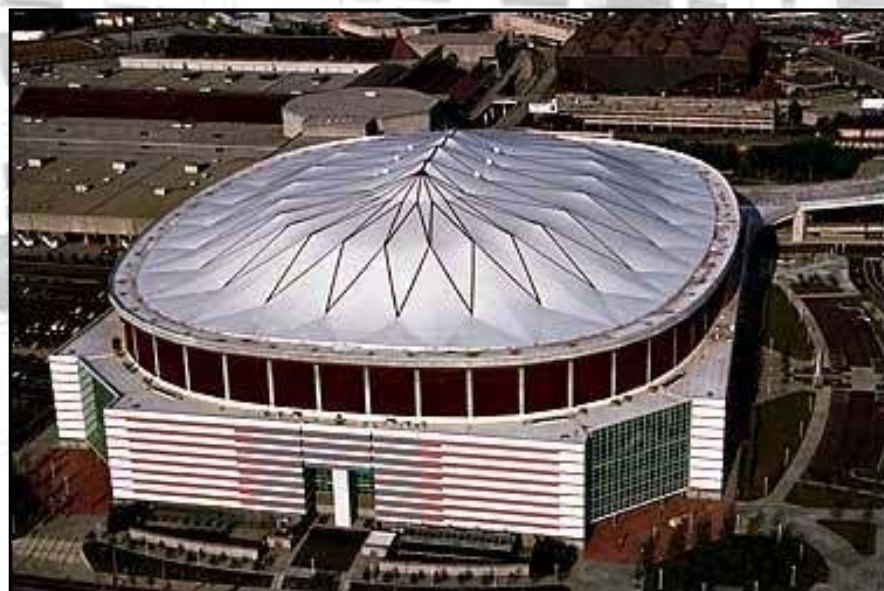
31. kép. Modern kor 11. – külső merevítés
[Kiss R. 2007]



32. kép. Modern kor 12. – külső merevítés [Kiss R. 2007]



33. kép. Modern kor 13. – csarnokfedés 1. [24]



34. kép. Modern kor 11. – csarnokfedés 2. [quora]



35. kép. Modern kor 11. – Burj Khalifa [download-wallpaper]



2. Méretezés, terhek

Méretezés alapelve: statisztikai adatokra alapozott terhelések és szilárdsági jellemzők figyelembevételével a különböző határállapotokkal szemben ésszerű biztonság és az élettartam alatt megfelelő tartósság biztosítása.

Közelítő számítás: a tervezés kezdeti fázisában alkalmazzuk az alternatív javasolható szerkezet típusok viselkedésének összehasonlítására, vagy a kiválasztott szerkezet fő teherviselő szerkezeti elemei igénybevételeinek és alakváltozásainak becslésére. A közelítő számításnak gyorsnak és megbízhatónak kell lennie. Akkor megfelelő, ha a pontos számításhoz képest nem ad 10-15 %-nál nagyobb mértékben eltérő eredményt. A célja a megfelelő statikai váz kiválasztása, a szerkezetre ható terhek felvétele, meghatározása, a fő szerkezeti elemek méreteinek (vasbetonszerkezeteknél a beton méretek meghatározása).

Végleges számítás: a tervezés második szakaszában a szerkezet igénybevételeinek és alakváltozásainak a lehető legpontosabb meghatározásához használjuk. Ez a szerkezetnek az alkalmazott módszertől, vagy a számítógép kapacitásától függő lehető legrészletesebb vizsgálata. Erre általában egy mátrix- elmozdulás módszeren vagy mozaik módszeren alapuló végelem analízis a legalkalmasabb a komplex szerkezetek vizsgálata esetén.



Határállapot: A tartószerkezet olyan állapota, amelyen túl már nem teljesülnek a vonatkozó tervezési követelmények.

Teherbírási határállapot: Összeomlással, töréssel, tönkremenetelnek tekinthető túlzott mértékű alakváltozással, vagy más hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó határállapot. A fentiek általában a tartószerkezet vagy egy elemének teherbírási kimerülését vagy teljes üzemképtelenségét jelentik.

Használhatósági határállapot: A tartószerkezet, vagy egy elemének olyan állapota, amelyen túl a használattal kapcsolatos, előírt követelmények nem teljesülnek.

Hatások kombinációja: A különböző, egyidejűleg működő hatások tervezési értékeinek egy csoportja, amelyet a szerkezet megbízhatóságának igazolására használnak az adott határállapotokban.

Hatás alapértéke: a tervezett fennállási idő alatt fellépő maximális teher várható értéke.

Hatás szélső értéke: az alapértéktől való kedvezőtlen eltérést, a nem rendeltetésszerű használatot és esetleges eltérő technológiát veszi figyelembe. Meghatározása a túllépési valószínűség alapján, vagy parciális (biztonsági tényezővel) történhet.



Módosító tényezők:

- dinamikus tényező,
- kombinációs (egyidejűségi tényező),
- rendeltetési tényező (átlagostól eltérő jelentőségű, vagy élettartamú épület esetén).

2.1 Hatások besorolása

A hatások besorolása		
Csoportosítási szempont	A hatás típusa	Példák
Időbeli változás	a) állandó ~ (G,P) (=időben állandó)	Önsúly, feszített
	b) esetleges ~ (Q) (=időben állandó)	Raktárteher (tartós~) Meteorológiai teher (rövid idejű~)
	c) rendkívüli ~ (A)	Ütközés, robbanás, tűz
Eredet	a) közvetlen ~ (terhek)	Koncentrált és megoszló terhek, nyomatékok
	b) közvetett ~ (kinematikai terhek)	Kényszer- vagy gátolt alakváltozás (hőmérséklet- és nedvességváltozás, támaszelmozdulás, zsugorodás), kényszersgyorsulás (robbanás, földrengés)
Térbeli változás	a) rögzített ~	Önsúly
	b) nem rögzített ~	Hasznos teher, daruteher, meteorológiai teher
Jelleg vagy szerkezeti válasz	a) statikus ~	Önsúly, (nem okoz jelentős szerkezeti gyorsulást)
	b) kvázi-statikus~	
	c) dinamikus	Földrengés (jelentős gyorsulásokat okoz)

1. táblázat. Hatások besorolása [Kiss R. 2007]

2.2 Terhek csoportosítása

Állandó terhek:

A szerkezet saját súlya és a szerkezeten véglegesen és állandóan működő egyéb terhek és hatások (önsúly, válaszfal, földnyomás, víznyomás, hőmérséklet, felhajló erő, feszítés, stb.).

Önsúlyteher jellemzői:

Időbeli változás szerint	Állandó / Esetleges	
Eredet szerint	Közvetlen	
Térbeli változás szerint	Rögzített / nem rögzített	
Jelleg szerint	Statikus / dinamikus	
Parciális (biztonsági) tényező	$\gamma_G=1,3$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, teherbírési határállapotban
	$\gamma_G=1,0$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, használati határállapotban
	$\gamma_A=1,0$	Rendkívüli tervezési helyzetekben
Kombinációs (egyidejűségi) tényező Ψ_0	$\gamma_0=$ $\gamma_1=\gamma_2=1,0$	Minden tervezési helyzetben

2. táblázat. Önsúlyteher jellemzői [Kiss R. 2007]



Esetleges terhek:

Az épületre esetenként működő hatásokból a mértékadó helyeken és fizikailag lehetséges elrendezésben feltételezve.

Esetleges terhek típusai:

Hasznos terhek:

Födémek, lépcsők, járdák, tárolók, darupályák, egyéb (szállítóberendezések, felvonók, stb.) hasznos terhek. A hasznos terhek az épület rendeltetésének megfelelő használatából származnak, amelyek magukba foglalják:

- a szokásos emberi használat hatásait,
- bútorok, egyéb mozgatható tárgyak és berendezések terheit a bennük tárolt anyagokkal (pl. könyv, folyadék),
- a járművek okozta terheket,
- ritkán fellépő körülményeket (emberek, bútorok, tárgyak koncentrált elhelyezkedése, mozgatása pl. átrendezés, felújítás során).

Ha reális annak a valószínűsége, hogy az egyébként állandó terhek közé sorolható válaszfalakat, gépészeti berendezéseket át fogják helyezni, akkor ezek súlyát hasznos tehernek kell tekinteni.



A hasznos terhek statikai modelljei:

- felületen egyenletesen megoszló teher,
- vonal mentén megoszló teher,
- koncentrált teher,
- vagy ezek kombinációja lehet.

Általános jellemzői:

Időbeli változás szerint	Esetleges	
Eredet szerint	Közvetlen	
Térbeli változás szerint	Rögzített / nem rögzített	
Jelleg szerint	Statikus / kvázi-statisztikus / dinamikus	
Parciális (biztonsági) tényező	$\gamma_Q=1,5$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, teherbírasi határállapotban
	$\gamma_Q=1,0$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, használati határállapotban
	$\gamma_A=1,0$	Rendkívüli tervezési helyzetekben
Kombinációs (egyidejűségi) tényező Ψ_0	Teherfajtotól függő tényező	Tartós / ideiglenes tervezési helyzetben
A gyakori teherrészt megadó tényező Ψ_1		
A kvázi-állandó teherrészt megadó tényező Ψ_2		

3. táblázat. Hasznos terhek jellemzői [Kiss R. 2007]



A hasznos terhek karakterisztikus értéke:

Meghatározásánál az épület földem- vagy tetőterületeit a használati osztályoknak megfelelő részre kell osztani. Táblázatból határozzuk meg.

Meteorológiai terhek:

Hóteher: Intenzitása a tengerszint feletti magasságtól és a tető hajlásától függ - hózugok kialakulása, hófelhalmozódás.

Hóteher jellemzői:

Időbeli változás szerint	Esetleges / rendkívüli	
Eredet szerint	Közvetlen	
Térbeli változás szerint	Rögzített / nem rögzített	
Jelleg szerint	Statikus / dinamikus	
A teher nagyságától függő körülmények alapján	Szokásos / kivételes	
A hófelhalmozódás szempontjából	Felhalmozódás nélküli / felhalmozódott	
Parciális (biztonsági) tényező	$\gamma_Q=1,5$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, teherbírási határállapotban
	$\gamma_Q=1,0$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, használati határállapotban
	$\gamma_A=1,0$	Rendkívüli tervezési helyzetekben
Kombinációs (egyidejűségi) tényező	$\Psi_0=0,50$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzetben
A gyakori teherrészt megadó tényező	$\Psi_1=0,20$	
A kvázi-állandó teherrészt megadó tényező	$\Psi_2=0,00$	

4. táblázat. Hóteher jellemzői
[Kiss R. 2007]



A felszíni hóteher karakterisztikus értéke:

A hóteher szempontjából Magyarország területe – a legtöbb európai országgal ellentétben – egyetlen zónának tekinthető.

A karakterisztikus érték az alábbiak szerint vehető figyelembe:

400 m tengerszint feletti magasságig: $S_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$

Ennél magasabb területeken: $S_k = 1,25 + \frac{A - 400}{400}$

ahol: A – a talaj felszínének magassága az Adria névleges tengerszintje felett [m];

S_k – a felszíni hóteher karakterisztikus értéke, mint függőlegesen lefelé mutató, vetületi négyzetméterre vonatkoztatott teher.

A tetők hóterhének karakterisztikus értéke:

A tetők hóterhének karakterisztikus értéke a felszíni hóteher értékéből származtatandó.



A hőteher nagyságát befolyásoló további tényezők: a tető alakja, hőtani jellemzői, felszínének érdessége, a tető alatti térben keletkező hő mennyisége, a szomszédos épületek távolsága, a környező terepviszonyok, valamint a helyi meteorológiai viszonyok, különösen a széljárás, a hőmérsékletingadozás és a csapadék előfordulási valószínűsége.

$$S = C_e \cdot C_t \cdot \mu_i \cdot S_k$$

ahol: S – a tető hőterhének karakterisztikus értéke;

C_e – a szél hatását figyelembe vevő (terep-) tényező, értéke általában 1,0;

C_t – hőmérsékleti tényező, értéke általában 1,0;

μ_i – a hőteher alakhi tényezője a különböző tetőformáknak és teherelrendezésnek megfelelően, értéke általában 0,8;

S_k – a felszíni hőteher karakterisztikus értéke.

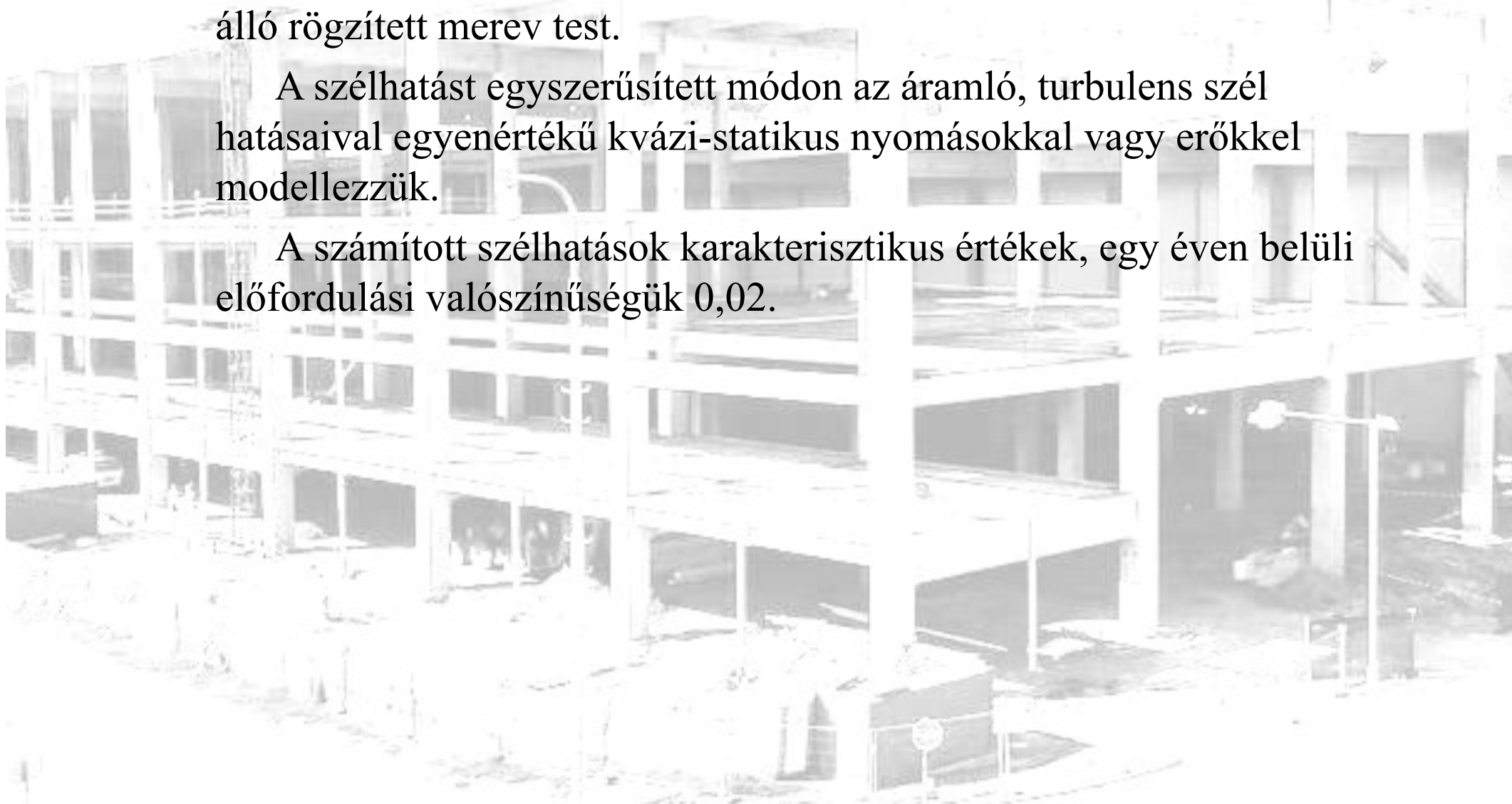


Szélteher:

Hatása 10 szintnél magasabb épületeknél válik különösen jelentőssé. A szél hatását általában egyenértékű statikus teherként veszik figyelembe. Ekkor úgy tekintik, hogy az épület a szél útjában álló rögzített merev test.

A szélhatást egyszerűsített módon az áramló, turbulens szél hatásaival egyenértékű kvázi-statisztikus nyomásokkal vagy erőkkel modellezzük.

A számított szélhatások karakterisztikus értékek, egy éven belüli előfordulási valószínűségük 0,02.





Szélteher jellemzői:

Időbeli változás szerint	Esetleges / rendkívüli	
Eredet szerint	Közvetlen	
Térbeli változás szerint	Rögzített / nem rögzített	Hacsak külön intézkedés nincs, a szélteher rögzített hatás
Jelleg szerint	Statikus / dinamikus	
Parciális (biztonsági) tényező	$\gamma_Q=1,5$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, teherbírási határállapotban
	$\gamma_Q=1,0$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzeteken belül, használati határállapotban
	$\gamma_A=1,0$	Rendkívüli tervezési helyzetekben
Kombinációs (egyidejűségi) tényező	$\Psi_0=0,60$	Tartós / ideiglenes tervezési helyzetben
A gyakori teherrészt megadó tényező	$\Psi_1=0,50$	
A kvázi-állandó teherrészt megadó tényező	$\Psi_2=0,00$	

5. táblázat. Szélteher jellemzői [Kiss R. 2007]

A szélhatások karakterisztikus értékének meghatározása:

A szélteher összetevői:

Egy épületre, szerkezetre vagy szerkezeti elemre ható szélteher az egyes felületrészeken működő szélerek vektoriális összege.



Az erőtani számításokban figyelembe veendő szélerők:

- a külső felületekre merőlegesen ható szélerők,
- a belső felületekre merőlegesen ható szélerők,
- a külső felületeken párhuzamosan súrlódási tényező.

Egy adott hatáskombináció szerinti vizsgálatban ezek az erők csak egyszerre fellépő, egyidejű hatások lehetnek, azokat közös biztonsági és egyidejűségi tényezővel kell számításba venni.

Hőmérsékleti hatás:

A tartószerkezeteket érő közvetett hatás – a közvetlen hatásokkal ellentétben – nem erő vagy nyomaték jellegű teher, hanem olyan egyéb fizikai hatás, amelynek következtében a szerkezet alakja, mérete, térfogata megváltozik. Ilyen közvetett hatás pl. a hőmérsékletváltozás, a nedvességváltozás és a nem rendkívüli hatásokból származó talajmozgás. Ezek a hatások egyidejűleg is felléphetnek, és összegződésük is lehetséges.



A hőmérsékleti hatás összetevői:

A teljes épületet vagy szerkezeti részeit érő hőmérsékleti hatások következtében az épület kialakításának (tájolás, tömeg, burkolat, fűtés és szellőzési rendszer, hőszigetelés) függvényében a tartószerkezet elemeiben a hőmérséklet-eloszlás térben és időben folyamatosan változik.

Rendkívüli terhek:

- súlyos üzemzavar,
- földrengés,
- robbanás,
- ütközés stb.

A rendkívüli terhek hatását általában teherbírasi állapotban kell vizsgálni, a terhek szélső értékének figyelembevételével.

A földrengés a földkéregben felszabaduló energia következtében keletkező alternáló mozgás a talajban. Ennek következtében a szerkezetre működő tehetetlenségi erők dinamikus igénybevételeket okoznak, amelyek térbeli erők.



Különböző intenzitású földrengésekkel szemben eltérő követelmények szabhatók meg:

- kis intenzitásnál a szerkezet ne károsodjon,
- közepesnél a nem teherviselő szerkezetek károsodhatnak, de a teherviselők nem,
- erős földrengésnél a teherviselő elemek is károsodhatnak, de a szerkezet tönkremenetele, törése nélkül.

A szerkezet válasza a földrengésre sok tényezőtől függ:

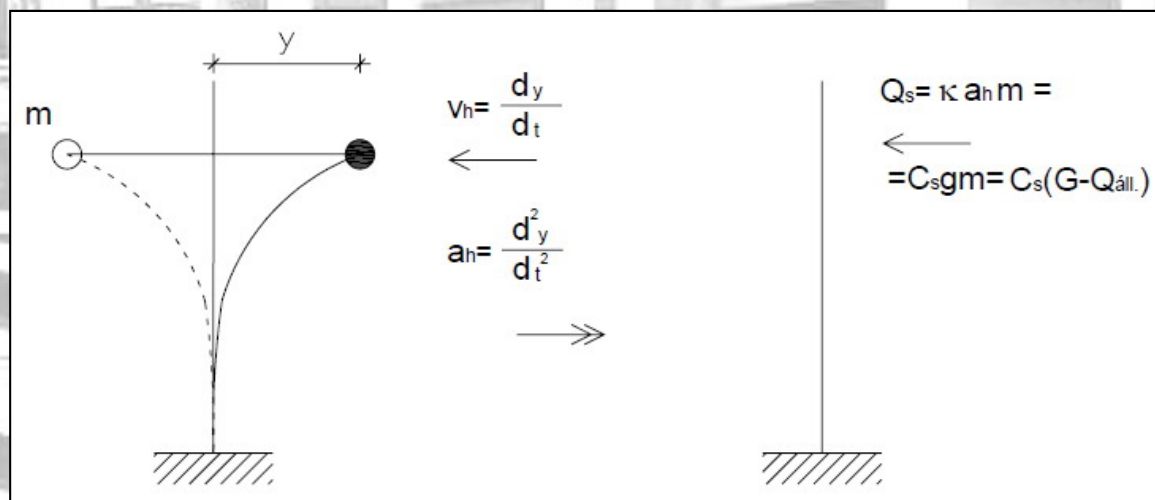
- a földrengés intenzitásától és időtartamától,
- az altalaj tömörségétől és fajtájától,
- a szerkezet statikai rendszerétől és az alkalmazott anyagoktól,
- a szerkezet saját frekvenciájától.

A földrengés hatása általában dinamikus vizsgálattal elemezhető, de gyakran elegendő a helyettesítő egyenértékű statikus terhek alkalmazásának módszere is.



A módszer általában 50 m-nél magasabb, szabályos alaprajzi elrendezésű és folytonos merevítésű épületeknél alkalmazható. Az egyenértékű statikus teher abból a feltételből határozható meg, hogy annak hatására a földrengésből azonos alakváltozások keletkezzenek.

Az egyenértékű terhek módszerénél a dinamikus terhelésből keletkező igénybevételeket statikusan működő tehetetlenségi erők hatására számítjuk az ábrán mutatott elvek szerint.



1. ábra. Földrengés teher helyettesítő értékének számítása [Kiss R. 2007]

ahol: Q_s – a helyettesítő egyenértékű teher ;

$$Q_s = C_s \cdot (G + Q_{\text{áll}})$$

ahol: G – a szerkezet önsúlya;



$Q_{\text{áll}}$ – az állandó terhek, illetve a hasznos terhek tartós részének összege;

C_s – a földrengés hatását figyelembe vevő tényező;

$$C_s = \frac{a_h}{g} \cdot \kappa$$

ahol: a_h – a földrengésből keletkező vízszintes gyorsulás;

g – nehézségi gyorsulás;

κ – a szerkezet típusától és az energia elnyelő képességétől függő tényező, értéke $0,3 \leq \kappa \leq 0,7$ vasbeton merevítő falakkal merevített épület esetén.

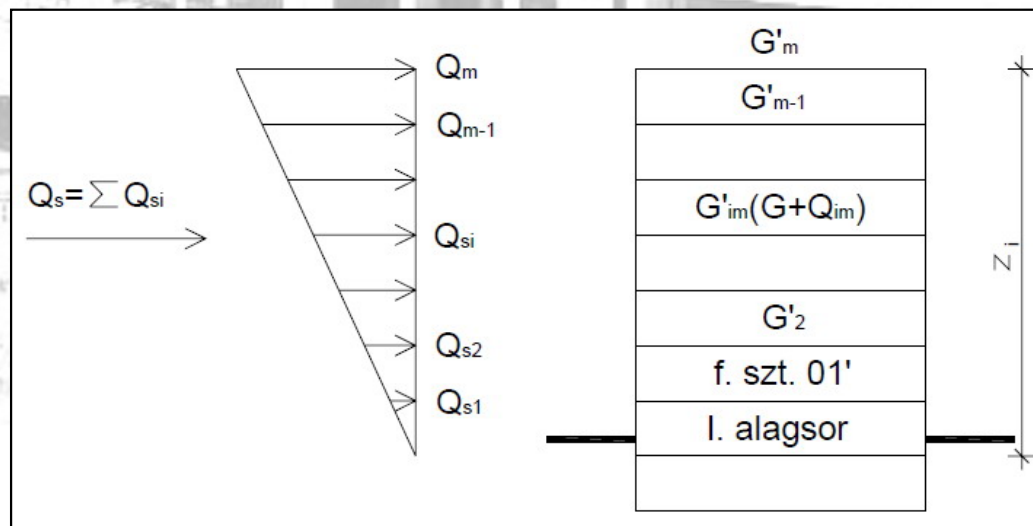
A C_s tényező a fentiek szerint igen sok tényezőtől függ, átlagos értéke $0,05 \sim 0,10$, maximális értéke $0,10 \sim 0,25$ között változik. Konkrét értéke a helyi adottságok figyelembevételével határozható meg.

Épületeknél a földrengés hatását helyettesítő vízszintes egyenértékű teher eloszlása a magasság függvényében az alábbi összefüggéssel számítható:

$$Q_{si} = Q_s \cdot \frac{(G + Q_{\text{áll}}) \cdot Z_i}{\sum (G + Q_{\text{áll}}) \cdot Z_i}$$

ahol: Q_{si} – a Z_i magasságban működő vízszintes egyenértékű teher Z_i az i . szint magassága a befogástól, vagy az első alagsori szinttől számítva.

Az ábrából látható, hogy a földrengéssel egyenértékű statikus teher a magassággal arányosan nő.



2. ábra. Helyettesítő teher eloszlása a magasság mentén [Kiss R. 2007]

Az igénybevételek általában rugalmas elmélettel határozzuk meg.



Néhány gondolat a szélteher és a földrengés teher összehasonlításához:

Paraméterek	Szélteher	Földrengés teher
<i>Időbeli változás</i>	Esetleges (meteorológiai)	Rendkívüli, rövididejű
<i>Eredet</i>	Közvetlen (külső) Levegő nyomása	Közvetett (talaj gyorsulása) (belső) Épület tömege
<i>Térbeli változás</i>	Nem rögzített	Nem rögzített
<i>Irányok</i>	2 irányú vízszintes	3 irányú (térbeli), a vízszintes a domináns
<i>Szerkezet válasza</i>	Dinamikus	Dinamikus

6. táblázat. Földrengés és szélteher összehasonlítása [Kiss R. 2007]

2.3 Hatáskombinációk

Teherbírási határállapotban: A terhek szélső értékükkel kell figyelembe venni. Ha a mértékadó tehercsoportosításban több esetleges teher szerepel, akkor a vizsgálat szempontjából a legkedvezőtlenebb esetleges terhet, mint kiemelt esetleges terhet teljes értékkel, a többi esetleges terhet egyidejűségi tényezővel szorozva kell számításba venni.



Vizsgálatainkhoz teherbírasi határállapotban legtöbbször az alapkombinációt alkalmazzuk.

$$E_d = \gamma_{sd} \cdot \left[\sum \gamma_{Gi} \cdot G_{ki} + \sum \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{ki} \right]$$

ahol: a hatások általánosított összegzése (csak azonos mértékegységgel rendelkező terheket és hatásokat lehet és kell összegezni. Különböző mértékegységű terhek esetén a terhekből igénybevételeket kell számolni és az igénybevételeket kell a fentiek alapján összegezni.);


γ_{sd} – a számítási modell megbízhatóságát figyelembe vevő módosító tényező, amely általában 1,0;

γ_{Gi} , γ_{Q1} , γ_{Qi} – állandó, (általában 1,35), kiemelt esetleges vagy a többi esetleges hatás (általában 1,5) parciális (biztonsági) tényezője;

G_{ki} – az „i” állandó hatás karakterisztikus értéke;

Q_{k1} – a kiemelt esetleges hatás karakterisztikus értéke;

Q_{ki} – az „i” további (nem kiemelt) esetleges hatás karakterisztikus értéke;



Ψ_{0i} – az esetleges hatás kombinációs (egyidejűségi) tényezője a teherbírási határállapotban (a kombinációs tényező értéke függ az esetleges hatás típusától – földemteher, hóteher, szélteher, stb. – és a kombináció fajtájától, értékeit a szabályzatok tartalmazzák).

A használhatósági határállapot vizsgálatokor a feladatnak megfelelően mindhárom hatáskombinációt alkalmazzuk.

Karakterisztikus (ritka) kombináció alkalmazása a repedésmentesség, a beton nyomófeszültségének (keresztirányú repedések elkerülése miatt) és az acél húzófeszültségének korlátozásának ellenőrzésekor. Az állandó terheket és a domináns esetleges hatást karakterisztikus értékével, a többi esetleges hatást a ψ_0 egyidejűségi tényezővel csökkentett karakterisztikus értékével kell számításba venni:

$$E_{\text{ser(a)}} = \sum G_{ki} + Q_{k1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{ki}$$



Gyakori kombináció alkalmazása az épületek alakváltozásának korlátozása és térbeli merevségének és a feszített tartók repedéskorlátozásának ellenőrzésekor. Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel, a domináns esetleges hatást gyakori értékével, a többi esetleges hatást kvázi-állandó értékével kell számításba venni:

$$E_{\text{ser(b)}} = \sum G_{ki} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$

Kvázi-állandó kombináció alkalmazása a vasbetonszerkezetek repedéstágasság, a lehajlások, továbbá a beton nyomófeszültségek kúszási ellenőrzéshez szükséges korlátozásának ellenőrzésekor. Ez a leggyakoribb hatáskombináció. Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel, míg az összes esetleges hatást kvázi-állandó értékével kell számításba venni:

$$E_{\text{ser(c)}} = E_{\text{qp}} = \sum G_{ki} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$$



3. Magasépületek jellegzetes szerkezeti kialakítása

A szerkezet megválasztását elsősorban a funkció befolyásolja. A teherbírasi és használhatósági állapotok követelményeit a lehető leggazdaságosabb szerkezettel kell teljesíteni. A tervezésnél általában a funkcionális és építészeti követelmények elsődlegesek. A szerkezetet ezeknek kell alárendelni. Igen magas épületeknél a szerkezet megválasztása elsődleges lehet. Cél a funkcionális és esztétikai követelményeket kielégítő, megfelelő teherbírású, gazdaságos szerkezet.

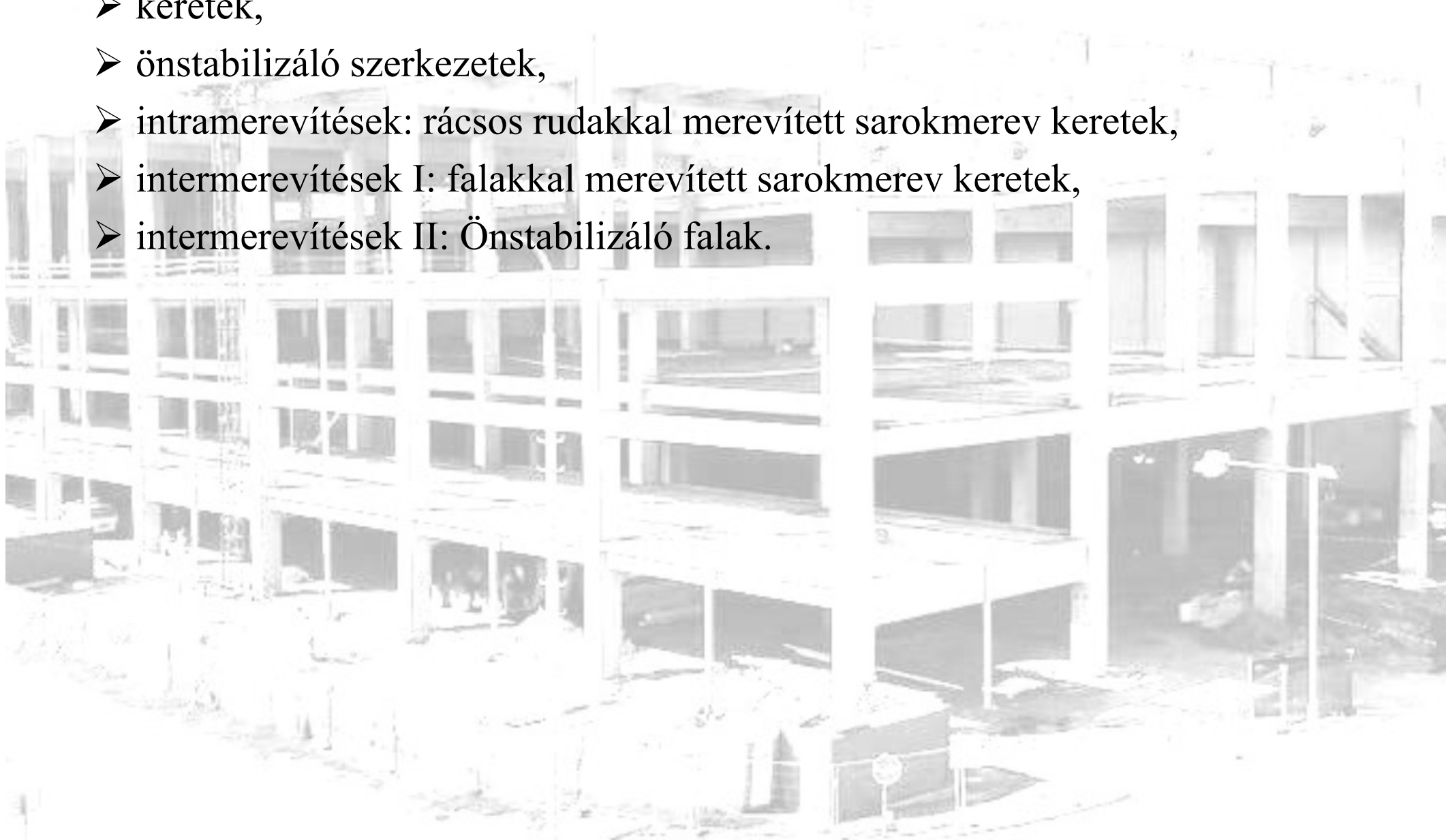
Lakóépületeknél, szállodáknál az alaprajzi elrendezés emeletről emeletre ismétlődik, az alátámasztó szerkezetekkel ehhez lehet igazodni. A korszerű irodaépületek nagy szabad tereket igényelnek, ezért a függőleges teherviselő elemeket az épület centrumába, vagy a homlokzatához célszerű koncentrálni.

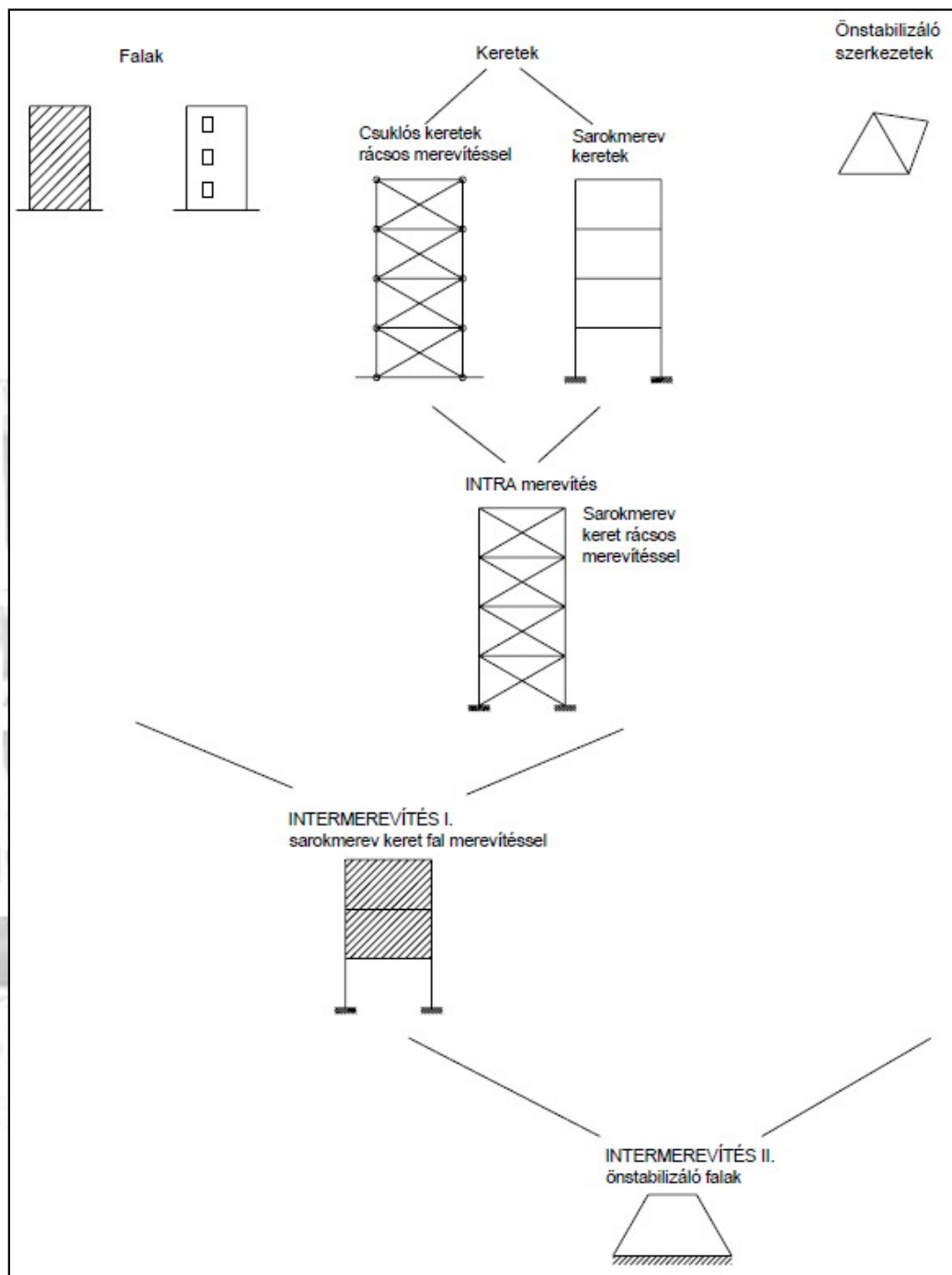
A magasépületek kialakításánál elsődleges szempont a vízszintes terheket (szél, földrengés, véletlen ferdeség) viselő merevítő szerkezetek elhelyezkedése és elhelyezése. Az épületek szerkezeti kialakítása, csoportosítása is általában ezek szerint történik.



A merevítő rendszerek alapján a következő csoportosítás az elterjedt:

- falak,
- keretek,
- önstabilizáló szerkezetek,
- intramerevítések: rácsos rudakkal merevített sarokmerev keretek,
- intermerevítések I: falakkal merevített sarokmerev keretek,
- intermerevítések II: Önstabilizáló falak.





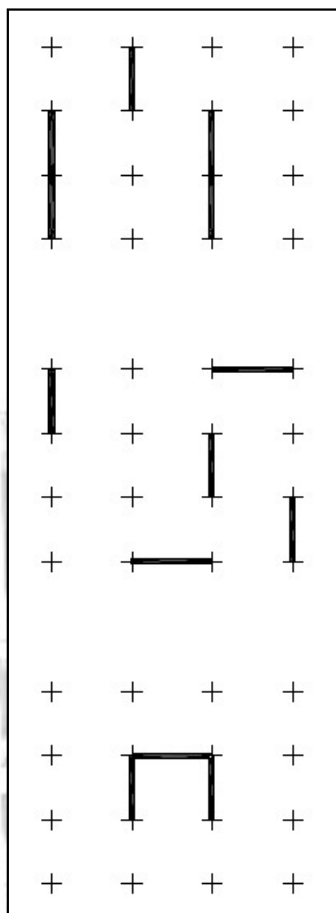
3. ábra. Merevítőrendszerek osztályozása [Kiss R. 2007]



Falak:

A vízszintes terheket a falak veszik fel, amelyek a vízszintes terhekre alul befogott függőleges konzolként viselkednek. A falak kialakításuk szerint lehetnek tömör és nyílássoros kialakításúak. Anyaguk szerint fa, vasbeton vasalt falazott szerkezet. Minden esetben olyan anyagot kell alkalmazni, hogy a hajlításból keletkező húzóerőt el tudja viselni. Ritkán alkalmazunk merevítésként falazott szerkezeteket, amelyeknél törekedni kell arra, hogy a külpontos nyomóerő a belső magon belül helyezkedjen el. Ennek kivédésére alkalmazzák a vasalt falazott szerkezeteket, ahol a húzóerőket – a vasbetonszerkezetekhez hasonlóan – a betonacél háló veszi fel.

Elhelyezkedésük szerint lehet egymással párhuzamosan vagy egymással párhuzamosan és egymásra merőlegesen elhelyezkedő egyedi falak. Az egymással párhuzamos elhelyezkedésű egyedi falakat merev gerendával összekapcsolhatjuk ezek a kapcsolt falak. Az egymásra merőlegesen elhelyezkedő falakat sarokmerev kapcsolattal is összekapcsolhatjuk, ezek a belső magok.



4. ábra. Falak osztályozása: Egymással párhuzamos, egymással párhuzamos és egymásra merőleges falelrendezés, magszerkezetek (belső magok) [Kiss R. 2007]

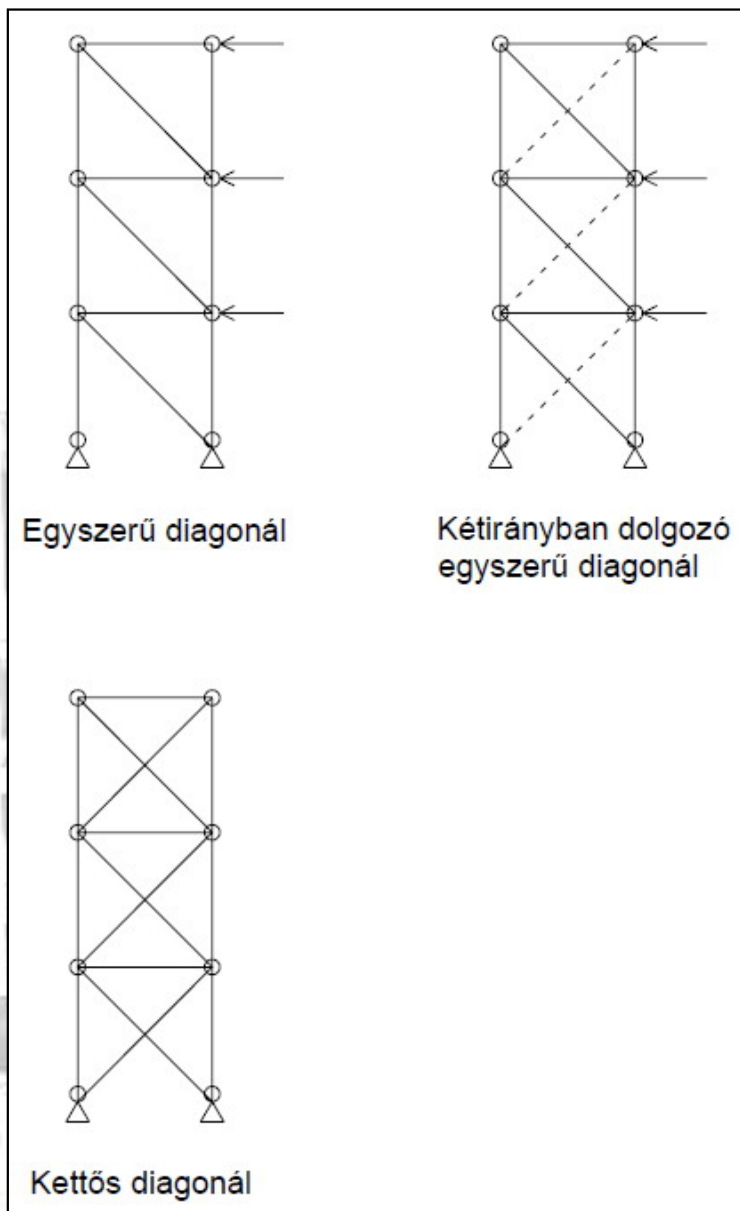
Magszerkezetnél egyetlen mag hordja a teljes függőleges és vízszintes terhelést. A födémek vagy szintenként kialakított konzolokra támaszkodhatnak, vagy a magra és oszlopokra. Ekkor több szint oszlopterhét egy a magról kinyúló nagyobb méretű konzol hordja. Elsődleges előnye építészeti (szabadon hagyható földszint). Szerkezeti jellegű hátrányai jelentősek, kis vízszintes merevség, nagy, konzolos födém tartó gerendák.



Keretek:

A keretek további két csoportra oszthatók. Az egyik csoport a csuklós keretek rácsozással merevítve, a másik csoport a sarokmerev keretek.

A *csuklós* keret nem képes a vízszintes teher felvételére, külön merevítést kell alkalmazni. Ez lehet egyirányban dolgozó rácsozat (egyszerű diagonál). Ekkor kétirányú szélteher esetén egyszer a diagonál húzott, másik irányú szélteher esetén nyomott, amelynek kihajlását ellenőrizni kell. A módosított egyszerű diagonálnál a nyomásra könnyen kihajló kötél szerkezetet alkalmaznak, amely a húzóerőt képes felvenni, a nyomóerőt nem. A másik megoldás a kétirányú rácsozat (kettős diagonál), ahol a nyomott és a húzott rácsrúd egyaránt dolgozik. Ebben az esetben a nyomott rácsrudat kihajlásra ellenőrizni kell. A kihajlás elkerülésére középen csomólemezt iktatnak be. A keretszerkezet lehet előregyártott vasbetonszerkezet, vagy csavaros kapcsolatú acélszerkezet. A rácsozat minden esetben acélszerkezet. A tervezésnél külön gondot kell fordítani a vasbetonszerkezet és a hozzá kapcsolódó acélszerkezet kapcsolatának kialakítására (kihúzóadás vizsgálat).

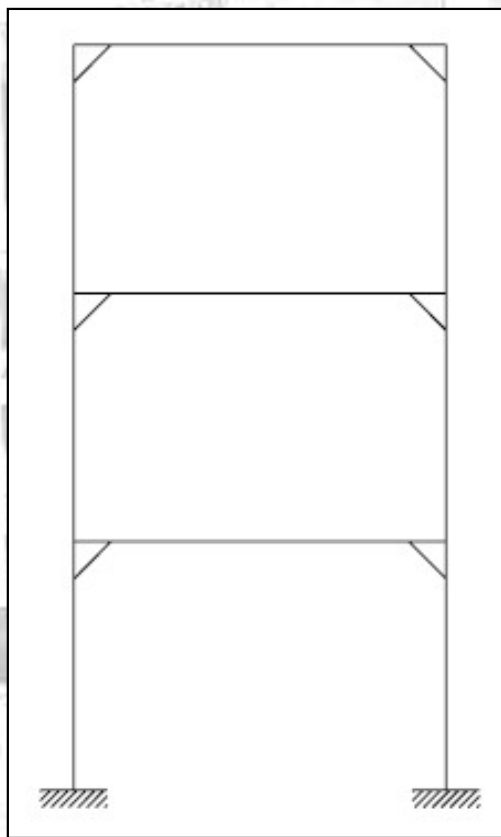


5. ábra. Csuklós keretek merevítése: egyszerű diagonál, módosított egyszerű diagonál, kettős diagonál [Kiss R. 2007]

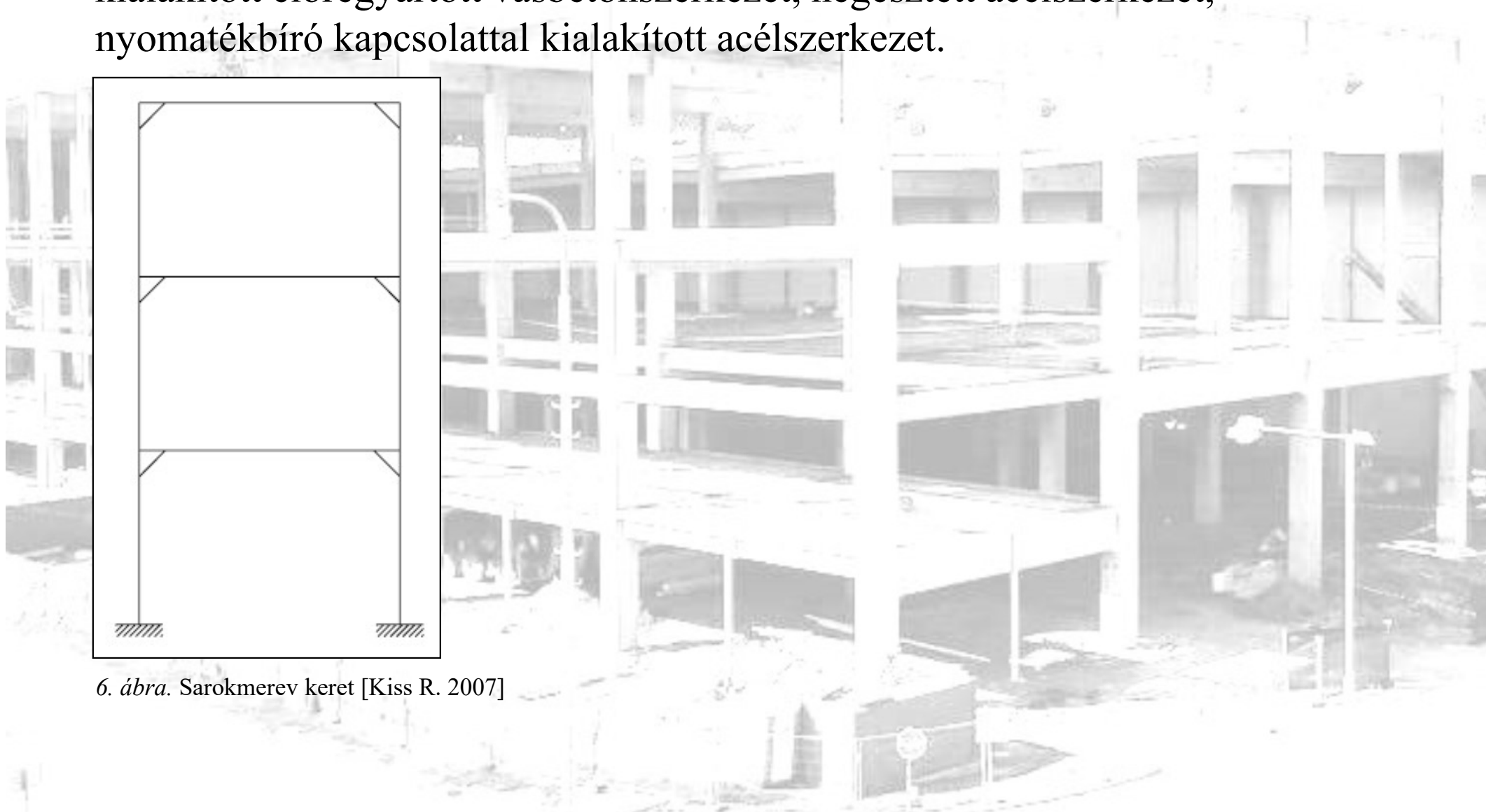




A *sarokmerv* keret nyomatékálló kapcsolata révén képes a vízszintes teher felvételére. Nagy terhek esetén a tetőponti elmozdulás igen nagy. A keret anyaga szerint lehet monolit vasbetonszerkezet, nyomatékálló kapcsolattal kialakított előregyártott vasbetonszerkezet, hegesztett acélszerkezet, nyomatékálló kapcsolattal kialakított acélszerkezet.

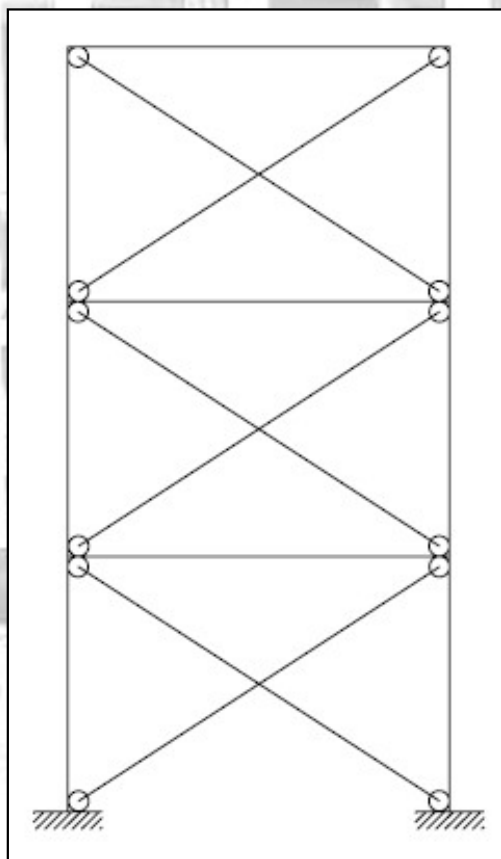


6. ábra. Sarokmerv keret [Kiss R. 2007]





A keretek csoportján belül találkozunk sarokmerv keretek rácsozással történő merevítésével, melyet *intramerevítésnek* neveznek. A rácsozás következtében a szerkezet tetőponti elmozdulásai, alakváltozásai lényegesen csökkennek, a kialakuló erőjáték kedvezőbb. Alkalmazásának a hátránya a bonyolult számítás, valamint az acél rácsozat és vasbetonszerkezet kapcsolat kialakítás bonyolultsága.



Megjegyezzük, hogy a rácsozatot elsősorban ipari épületek, tornacsarnokok esetén használják, a funkcionális építészetben iroda- és lakóépületeknél is találkozhatunk vele (San Francisco-Embarcadero Center, Barcelona-Vizi Sportok Központja).

7. ábra. Intramerevítés: sarokmerv keret merevítése kettős diagonállal [Kiss R. 2007]

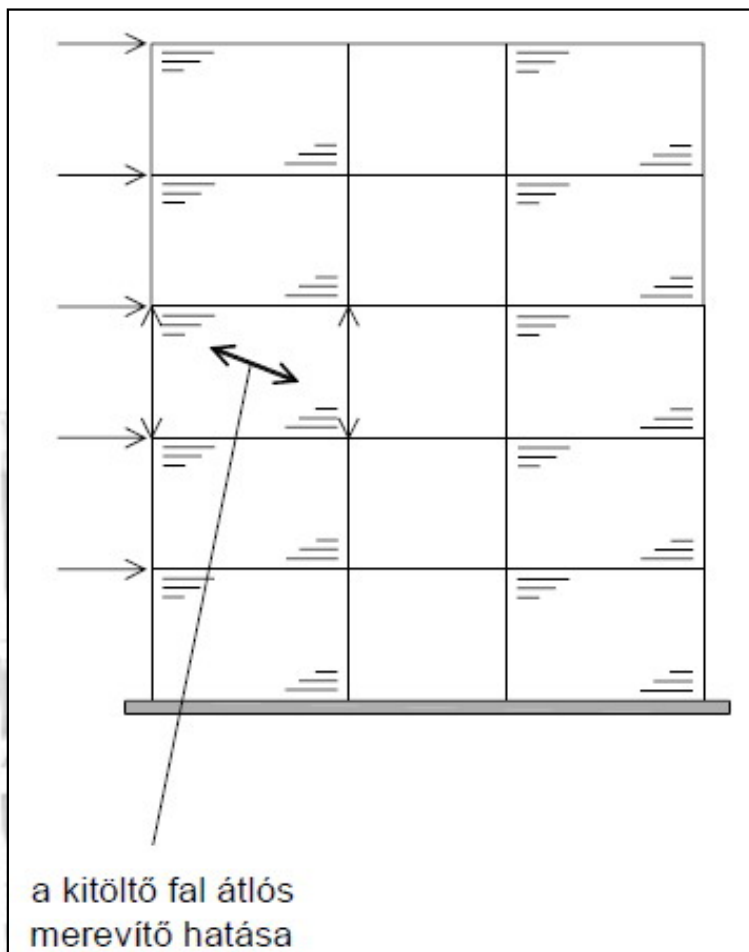


Önstabilizáló szerkezetek

Önstabilizáló szerkezetek lényege, hogy külpontos nyomás minden esetben a belső magon belül helyezkedik el. Legszebb példái a Babel-i torony, a piramisok, vagy a középkori várfalak. Ma ezeket a szerkezeteket elsősorban zászlórudaknál használjuk.

Intermervítések

Az intermervítések két csoport sajátosságainak összekapcsolásával jönnek létre. A legelterjedtebb intermervítés a fal-keretszerkezet. Egyik típusa a vázkitöltő falak alkalmazása. A kitöltő fal lehet téglafalazat, blokk. A falnak térelválasztó szerepe is van, ezért alkalmazása gazdaságos. A vízszintes terheket az ábrán látható módon kialakuló átlós nyomott rudak veszik fel. A váz és a fal együttműködése és a falazat bizonytalan kivitelezése miatt a tényleges merevség nehezen becsülhető. Általában a sarokmervé vázrendszer merevségének növelésére alkalmazzák a kitöltő falakat.

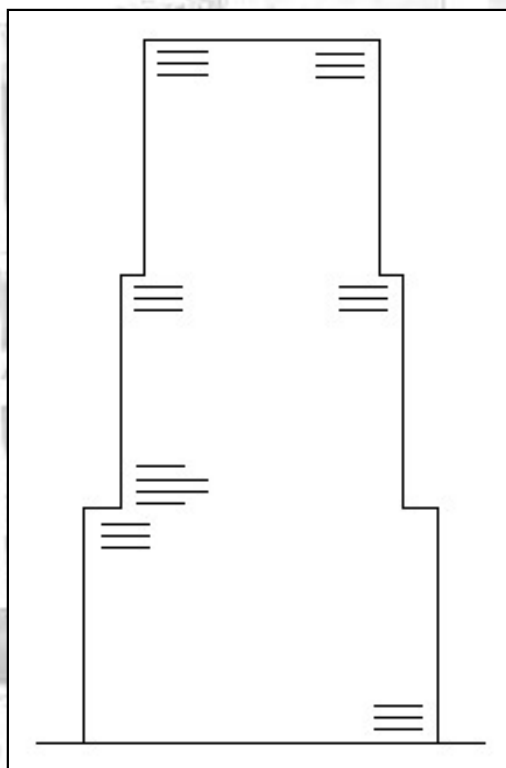


8. ábra. Vázkitöltő falakkal merevített keret [Kiss R. 2007]

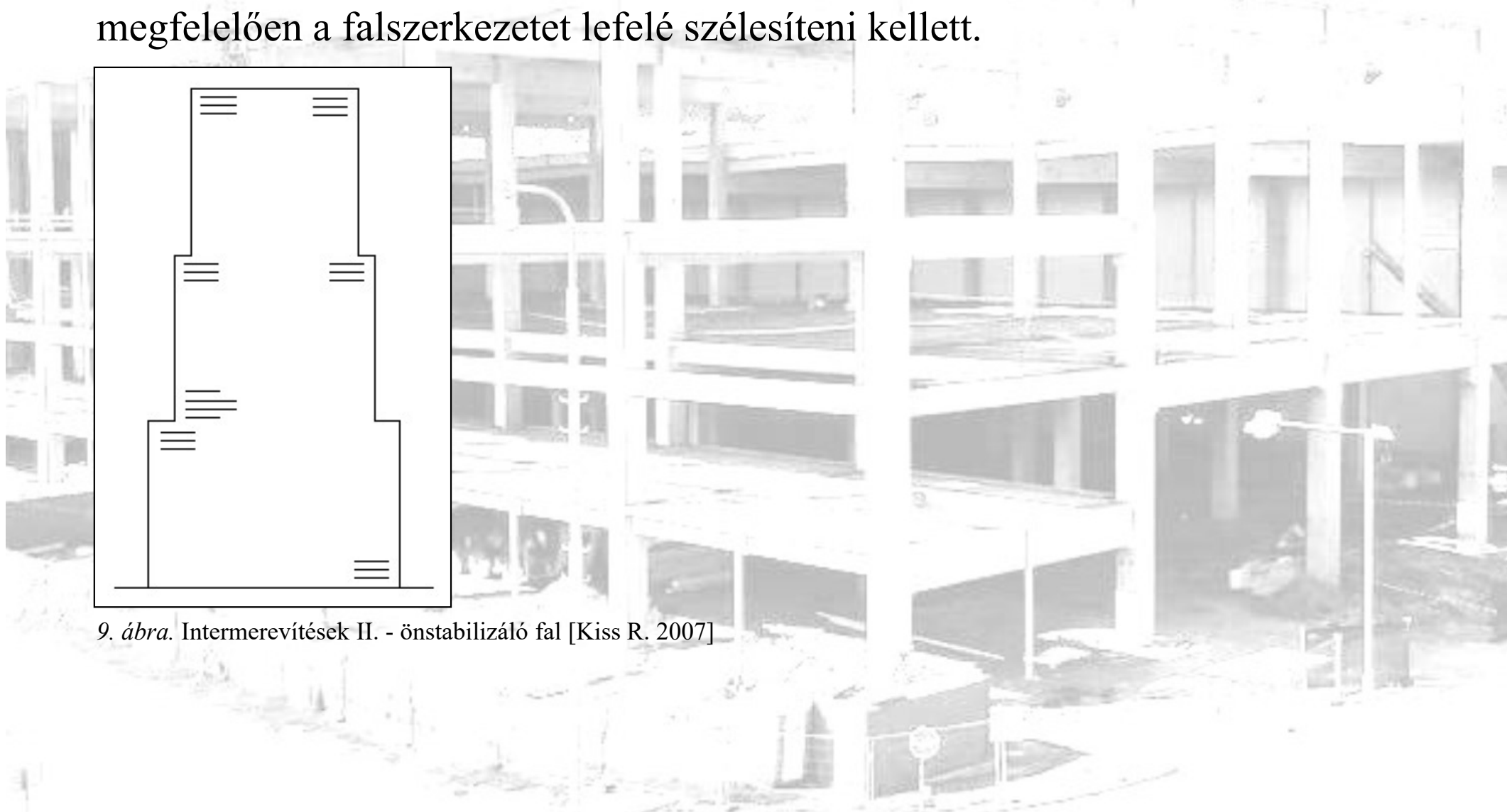
A vasbeton falszerkezetet sarokmerev váz együttes alkalmazáskor a födémsíkokban kialakuló merev kapcsolat miatt a két elem alakváltozása azonos. A falak és keretváz egymásra hatása merevebb és masszívabb szerkezetet eredményez. Megfelelően tervezett fal-keret szerkezetnél a váz nyíróereje a magasság mentén közel állandó, így a gerendák szintenként azonosak lehetnek.



Az intermervítések másik nagy csoportja az önstabilizáló falszerkezetek alkalmazása. E szerkezetekkel az 50-60-as évek középmagas házainál talákoztunk. A téglafalazatból készült merevítő falak esetén arra kell törekedni, hogy a külpontos nyomóerő a belső magon belül maradjon, ennek megfelelően a falszerkezetet lefelé szélesíteni kellett.



9. ábra. Intermervítések II. - önstabilizáló fal [Kiss R. 2007]





Felhasznált irodalom

DR. KISS RITA M.: *Magasépítési vasbetonszerkezetek.* Elektronikus jegyzet, Pécs, 2007

<http://24.hu>

<http://www.arch2o.com>

<http://cwfoodtravel.blogspot.hu>

<http://download-wallpaper.net>

<https://www.expertoitaly.com>

<https://hu.wikipedia.org>

<http://miam.hu>

<https://www.quora.com>

<http://tudasbazis.sulinet.hu>

