

HOGYAN ALAKÍTSUK KI A STATIKAI ÁLLAPOTOT MEGHATÁROZÓ SZAKVÉLEMÉNYÜNKET



Dr. Almási József – Varvasovszky Péter

<https://doi.org/10.32969/VB.2021.3.2>

Egy meglévő épület átépítésének és felújításának egyik legfontosabb tervezési eleme a tartószerkezet állapotát meghatározó statikai szakvélemény. Ennek elkészítéséhez ismernünk kell a jelenlegi jogszabályi és szabványi előírásokat. A statikai szakvélemény támaszkodik a helyszíni szemlékre és vizsgálatokra, a tartószerkezet tűzvédelmi állapotának meghatározására és az erőtani számítás eredményeire. Véleményünk szerint ez utóbbi nélkül nem megalapozott az épület statikai állapotának minősítése. Tekintettel kell arra lenni, hogy a szakvélemény elsődleges célja az arról való nyilatkozás, hogy az épület hosszabb távon biztonságosan használható-e vagy sem, illetve milyen intézkedések szükségesek a hosszabbtávú hasznosításhoz.

Kulcsszavak: érvényes jogszabályok szabványok, statikai állapot, anyagvizsgálatok, tűzvédelem, ellenőrző számítás, földrengés vizsgálat, hosszútávú hasznosítás

1. BEVEZETÉS

Magyarország épület állományának nagy rész közelít a 100 éves élettartamhoz, vagy azt meghaladó, különösen a nagyobb városok épületeinél, illetve középületeinél.

A használati szokások megváltozása, az új funkciók kielégítésének igénye egyre több feladatot jelent a tervezés területén is.

Ezért célszerűnek és szükségszerűnek látszik, hogy a meglévő épületek átépítésének, felújításának és sok esetben azok bővítésének statikai tervezési kérdéseinek áttekintés, a meglévő ismeretanyagok rendszerezése, az egységesebb tervezési szemlélet kialakításának segítése, a jelenleg érvényes jogszabályok és szabványok betartása érdekében.

Az átépítés, felújítás tervezés egyik első lépéseként a tartószerkezetek jelenlegi állapotát meghatározó statikai szakvélemény elkészítése elsődleges cél kell legyen, ami kellő alapot szolgáltat a tervezési feladat végrehajtásához. Ez a szakvélemény nem tévesztendő össze a ma szokásos használhatósági tanulmánnyal (Due diligence), amelynek csak egy általános részét képezi a tartószerkezet elemzése.

Az átépítés vagy helyreállítás tervezése során a tervezőnek számos jogszabályt és szabványt kell ismernie, amelyek a munkája során eligazítást adnak, cikkünk írása során ezekről is összefoglalót készítettünk.

1.1 A megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata a korábbi MI 15011-1988 műszaki irányelv segítségével

Sajnálatos, hogy még számos Kollégánk, ha egy meglévő épület átalakításáról, vagy felújításáról esik szó az korábbi MI 15011-1988 (MI, 1988) épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata, illetve ennek „kissé felújított változatát” a *MMK-TT TSZ-01-2010 (Dulácska et al, 2010) átmeneti időszakra kiadott szabványt* említi hivatkozásként

és tekinti elsősorban irányadónak, holott ma már újabb előírások és kutatási eredmények léptek életbe, illetve állnak rendelkezésre.

Az idézett Műszaki Előírás mára már érvényét veszítette, az ott lefektetett vizsgálati elvek ugyan továbbra is érvényesek, az anyagszilárdságok meghatározás módszerei és értékelés területén is, de bővítésre szorul az elvégzendő erőtani számítások és az épület statikai állapotának besorolása területén figyelembe veendő szempontokból. A Műszaki előírás MMK-TT általi kiadása (TSZ-01-2013) egy átmeneti időszakra vonatkozott, mert ekkor még nem állt rendelkezésre az MSZ EN szabvány sorozat és különösen az MSZ EN 1998-3 szabvány, ami jelenleg elsősorban az irányadó.

1.2 Az építés időpontjára vonatkozó technikai ismeretek

Az átépítés, felújítás során a Mérnök nem nélkülözheti az épület építésének időpontjában meglévő technikai ismereteket, azaz a felhasznált anyagok és azok gyártására (kezdve az acélgyártástól a cement és téglá előállításán át), és ezek minősítésére alkalmazott módszereket, az ismereteket a tartószerkezetek tervezése terén (statika, erőtani számítások), a rendelkezésre álló tartószerkezeti elemeket (acélgerendák, béléstestek, cementek-betonok, lépcsőelemek stb.) ismertető irodalmi adatokat.

Mindezekről korábbi könyvek és tudományos dolgozatok, kiadványokból, illetve levéltárakból lehet tájékozódni.

1.3 A tudomány mai állásához igazodó mérnöki felfogás

Az épületek átépítése és felújítása során a statikus tervezőnek célszerű a következőket mérlegelnie:

- a jelenlegi jogszabályi és szabványi előírások milyen megkövetéseket tesznek, milyen az építési időszaktól eltérő szabályozást adnak, mert ezek között lényeges eltérések adódhatnak,

- helyesen akkor járunk el, ha a mostani szabályozásoknak megfelelően végezzük az épület statikai felülvizsgálatát, mert az épület hosszabb távú használatát erre alapozhatjuk csak, (véleményünk szerint nem elfogadható az építéskori szabályozás szerinti felülvizsgálat),
- a statikai ellenőrzésnél lényeges szempont mind a teherbíráások, mind a hatások értékeinek meghatározásánál alkalmazandó parciális tényezők értékeinek felvétele, a földrengés hatás kellő mértékű figyelembevétele, az épület anyagainak és csomóponti kapcsolatainak és a lehetséges duktilitás mértékének számbavétele, valamint az észszerűen vállalható kockázat nagyságának megállapítása,
- milyen új anyagok, és új építési technológiák állnak rendelkezésre az épület felújítására és megerősítésére.

1.4 Az ésszerű kockázat

Az átépítések és felújítások tervezése során a mérnöknek lehetősége van az adott épület konkrét szerkezeti kialakításának megállapítására és a tényleges anyagszilárdságok meghatározására és ebből a terhelések figyelembe vételével a szükséges biztonság megteremtéséhez alkalmazandó parciális tényezőknek a valósághoz való igazításával az ésszerű kockázat vállalására és gazdaságos megoldás megtervezésére (APFM Adjusted Partial Factor Method, és FORM analízis segítségével).

A tervező mérnök a társadalom felé felelősséggel tartozik, annak érdekeit az észszerűség határain belül védenie kell és ennek korlátjait a szabványok jelentik, illetve azokat kellően megalapozott tudományos értékelésekkel való helyettesítés. Ezért bizonyos mérlegelési lehetősége a mérnöknek is fennáll. Azonban rossz tanácsadó lehet, ha csak a saját tapasztalataira támaszkodik és az épület tartószerkezetének komplex viselkedését csak ez alapján kívánja meghatározni és nem támaszkodik az anyagvizsgálatok alapján elvégzett ellenőrző erőtni számításokra.

Míndezek részletesebb ismertetését az alábbiakban mutatjuk be.

2. AZ ÉPÜLETEK ÁTÉPÍTÉSÉRE, FELÚJÍTÁSÁRA VONATKOZÓ JOGSZABÁLYOK

Az alábbiakban felsoroljuk a vonatkozó jogszabályokat melyeket a statikai állapot meghatározó szakvélemény kidolgozás során figyelembe kell vennünk:

Az építési törvény Étv 1997. évi LXXVIII. törv.
A 312/2012. engedélyezésről szóló kormányrendelet
A régészeti örökség és a műemléki érték védelmével kapcsolatos 393/2012 (XII.20) korm. rendelet és azokban megfogalmazott betartandó követelmények, melyek idézésére itt nincs mód.

3. AZ ÁTÉPÍTÉSRE, FELÚJÍTÁSRA VONATKOZÓ SZABVÁNYI ELŐÍRÁSOK

3.1 Néhány szó a tartószerkezetek méretezéselméletéről

A tartószerkezetek méretezését a lefektetett méretezés elméletek alapján végezzük, ezért ennek fejlődésének áttekintése célszerű

az elmúlt időszak szabványi előírásainak tükrében.

Egy épület átépítésénél, átalakításánál, felújításánál első kérdésként merül fel, hogy az épület ezt követően tartósan biztonságos-e, és milyen időtartamra áll fenn ez a biztonság (élettartam).

A biztonság mértéke és értelmezése az elmúlt időszakokban jelentősen változott, különösen mióta erőtni számításokkal vizsgáljuk az épület állékonyságát. Ennek kezdete az 1850-es évekre tehető, amikor a mechanikai ismeretek, az épület tartószerkezeteinek mechanikája kialakult. Ezt megelőző időszakban a tartószerkezetek méreteit és kialakítását főleg tapasztalati úton, mesterségbeli tudás alapján határozták meg.

A mechanikai tudás bővülésével a tervezők egyre nagyobb pontossággal tudták a szerkezetek méretezését végre hajtani. Ehhez nagyban hozzásegített a méretezés elmélet fejlődése.

A II. világháborút megelőző időszakig az *un megengedett feszültségeken alapuló* méretezési eljárás volt használatos, amikor a szerkezetre működő terhekből és igénybevételekből számított feszültség nem haladhatta meg az adott tartószerkezet anyagára megengedett feszültség értékét. A biztonság mértékét a megengedett feszültség és a fellépő feszültség hányadosa adta.

Ezt követte az *un. osztott biztonsági tényezős eljárás*, amikor egyrészt a terhek és geometriák meghatározásánál, másrészt az anyagszilárdságok meghatározásánál alkalmazunk különböző biztonsági tényezőt és elvárás volt, hogy az ily módon különböző teherkombinációkra biztonsági tényezőkkel növelt mértékadó igénybevételek nem haladják meg a biztonsági tényezővel csökkentett határfeszültségből számítható határigénybevételek értékét. Itt a biztonság mértékét a határ igénybevétel és a mértékadó igénybevétel hányadosa adta.

Mivel a szerkezet erőjátékában szerepet játszó paraméterek általában nem jellemezhetők egyetlen számadattal (nem determinisztikus értékek), azok valószínűségi változók és bizonyos megbízhatósággal való meghatározásához a paraméterek eloszlás függvényeinek az ismerete szükséges. *A ma használatos méretezési eljárás* az osztott biztonsági tényezős eljárásból fejlődött ki, és félvalószínűségi eljárásnak nevezzük, amikor a méretezésben szereplő paramétereket valószínűségi változóknak tekintjük és a számításban szereplő paramétereket matematikai statisztikai módszerekkel határozzuk meg, lásd részletesen a 3.2 pont alatt.

3.2 Tartószerkezetek tervezésének alapjai, az MSZ-EN 1990 szabvány

Ez a szabvány egyaránt vonatkozik új- és meglévő épületekre.

Lásd itt elsősorban az idézett szabvány 2.2. pontját az épület biztonsági, megbízhatósági szintjeire vonatkozó utalást.

A megbízhatósági szint teljesítését az új épületeknél használt igénybevételek (hatások) tervezési értékére (E_d) használt számítási módszerek, teherkombinációk és parciális tényezők (γ_p) és teherbírási (ellenállás) tervezési értékek (R_d) valamint azok parciális tényezői (γ_M) segítségével ellenőrizhetjük (Kovács et al, 2012).

Meglévő épület tartószerkezetének tényleges kialakításának ismerete esetén lehetőségünk van a nem a „szabványos” parciális tényezőket célszerű használni (pl. *az igénybevételek tervezési értékének csökkentése érdekében, vagy a teherbírási tervezési értéknek növelése érdekében*), és ezeket a megbízhatósági eljárással (teljes valószínűségi módszer, ill. elsőrendű megbízhatósági módszer (FORM II:) segítségével érhetjük el (Beton Kalander, 2009 és Várdai, 2020)

3.3 Az MSZ EN 1998/3 -2013 Tartószerkezetek tervezése földrengésre, Épületek értékelése és helyreállítása (MszEN, 2013)

A meglévő épületek átépítése, felújítása tervezéséhez fontos és sok Tervező Kolléga által kevésbé ismert szabvány kiemelten foglalkozik a meglévő épületek állékonyságának ellenőrzésével szeizmikus terhelés esetén. Ez a szabvány arra is felhívja a figyelmet, hogy a jelenlegi általános Magyarországi gyakorlattal szemben az átépítések és felújítások során az épület földrengés állóságával is foglalkozni kell. A korábbi tervezési gyakorlathoz (vagy szabványi előírásokhoz) képest ez jelenti a legnagyobb változást és ennek helyes mértéktartó alkalmazása az átépítések és helyreállítások során kiemelt jelentőséggel bír.

Magyarországon alapvető követelmény a szerkezet károsodás mértékének korlátozása földrengés terhelésre: ez ún. jelentős károsodási határállapot: **SD** = Significant Damaged (lásd a szabvány NA melléklet) (MSZEN, 2013)

Jelentős károsodás határállapota (SD) szerint: *a tartószerkezet jelentős mértékben károsodott, a maradó szilárdság és merevség közepes mértékű, és a függőleges tartószerkezeti elemek képesek elviselni a függőleges terheket. A nem tartószerkezeti elemek károsodtak, azonban a válaszfalak és a kitöltőfalazatok nem szenvedtek olyan tönkremenetelt, mely a síkjukból való kitérést eredményezett volna. Tartós terhelés esetén közepes méretű szintek közötti vízszintes eltolódáskülönbségek alakultak ki. A tartószerkezet elviselhet egy közepes intenzitású sokkszerű hatást. A tartószerkezet javítása valószínűleg gazdaságtalan.*

3.4 Korábbi MI 15011-1988 (MI, 1988) irányelv szerint az épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata

Az idézett Műszaki Irányelv mára már érvényét veszítette, de az ott lefektetett vizsgálati elvek érvényesek, az anyagszilárdságok meghatározás módszerei és értékelés területén is. A Műszaki előírás MMK-TT általi kiadása (TSZ-01-2010) egy átmeneti időszakra vonatkozott, mert ekkor még nem állt rendelkezésre az MSZ EN 1998-3 szabvány

Ezt az előírást a 2013-ban megjelent és 3.2 pont alatt említett szabvány érvénytelenítette. Itt kell megemlíteni, hogy sok esetben Tervező Kollégák ezen előírás alapján az ún. "használati tapasztalatokra" való hivatkozással állékonynak tekintik az épületet, holott ez a meghatározás még számos egyéb feltétel teljesülést is megkívánja a 20 éves fennállásán túlmenően, mint a szerkezet előéletére vonatkozó adatok (tervek és iratok, üzemelői tapasztalatok, előző meghibásodások és vizsgálatok, korábbi funkciók stb.), átalakítások, helyszíni szemle tapasztalatai (alakváltozások, repedések), működő terhek és hatások mértéke, a tartószerkezet statikai működése és az abban rejlő tartalék (többszörös viselkedés, erő átrendeződés lehetősége) figyelembe vételét. *Hozzá tétel még az MI azon figyelmeztetését, hogy ezen igazolási mód megbízhatósága csak mérsékelt, és óvatosságra intő és nem nélkülözhető a megállapításhoz az erőtani számítás.*

3.5 A ma érvényes szabványok szerinti állapot meghatározó statikai szakvélemény tartalmi követelményei

Jelenleg a tartószerkezetek tervezése, ellenőrzése és átépítések, felújítások estében kötelező az MSZ EN, vagy azzal ezzel azonos eredményekre vezető eljárások, illetve kellően megalapozott tudományos eredményekre támaszkodó, előírások, szabványok használata, az ezekben foglalt követelmények teljesítése.

Az átépítésre váró épület minősítését az alábbiak együttese adja meg:

- az épület általános állapota, melyet a tartószerkezeteket alkotó anyagok szilárdsága, korróziója, az épület és tartószerkezet mozgásai (lehajlás, repedés, süllyedés), az épület lokális, vagy globális meghibásodásai, az épület élete során fellépő meghibásodások együttes elemzéséből határozhatunk meg,
- a tartószerkezetek tűzvédelmi állapota, melyet a beton-takarások mértéke, a meglévő tűzvédelmi kialakítások segítségével elérhető tűzvédelmi időtartamot jelent,
- az épület erőtani állapota, melyet az igénybevételek és ellenállások értékeléséből nyert megállapítások tehát statikai számítások alapján ismerünk meg.

Az előbb felsorolt három fő jellemzőnek együttes értékelése által tudjuk kialakítani szakértői megállapításunkat. Tehát az MSZ EN szabványban leírt követelmények összevetése útján szabad eljárunk és nem a Szakértő egyéni, szubjektív, kevésbé tényszerű, inkább tapasztalati útján felállított kritériumok szerint.

Különösen igaz ez, ha megállapításunk érvényességét nem csak a jelen állapotra, hanem az épület hosszabb távú biztonságos működtetése céljával határozzuk meg, ami egy átépítés során általános cél (pl a szokásos 50 éves élettartam).

Hogy az előbb felsorolt szempontoknak eleget tudjunk tenni és az épület tartószerkezetének állapot meghatározó szakvéleményét megalkossuk, az alábbiakban részleteztük szerint javasolt eljárni.

4. AZ ELŐKÉSZÍTŐ VIZSGÁLATOK AZ ERŐTANI ELLENŐRZÉSHEZ

Az átépítés, felújítás tervezésére szolgáló állapot meghatározó statikai szakvélemény elkészítéséhez igen fontos a meglévő épület tartószerkezetének tényleges kialakításának ismerete. A kialakítás szót itt szélesebb értelemben használjuk, ami a szerkezet geometriáját, a tartószerkezeti elemek anyagának és egymáshoz való kapcsolódásának (csomópontjainak) megismerését jelenti.

4.1 Általános információk az épülettel kapcsolatosan

Az épülethez kapcsolódó iratok és tervek, egyéb dokumentumok felkutatása. Ezek egyik lelőhelye lehet – a tulajdonosi irattárakon túlmenően – a városi, országos levéltárak. Jelenleg a Lechner Központ, ahol a korábbi épületek terveik összegyűjtésre kerültek. Fontos információkat adhatnak az épülettel kapcsolatosan korábban készült szakvélemények.

Célszerű tanulmányozni az építési időszakban érvényes szabványokat és előírásokat.

A bizonytalanságok minimalizálása érdekében a különböző forrásokból származó adatokat egymással össze kell vetni.

Az általános tájékozódást segíti a Magyarországon előforduló korábbi földrengések tanulmányozása is.

4.2 A kiindulási adatok az ellenőrző vizsgálatokhoz

Általános esetben a következő adatokat kell beszerezni, illetve figyelembe venni:

az épület építészeti és tartószerkezeti tervei és műszaki leírásai

- a tartószerkezeti rendszer azonosítása, amit a helyszíni felmérésekkel és tervekkel pontosíthatunk,
- az épület alapozási rendszerének azonosítása és altalaj viszonyok azonosítása,
- az épület tartószerkezeti elemeinek geometriai méretei, valamint az alkotó anyagok és azok mechanikai tulajdonságai,
- szerkezeti és anyag hibák, nem megfelelő szerkezeti kialakítások,
- az eredeti tervezés során volt-e földrengés tervezés,
- az épület jelenlegi és jövőbeli funkciói,
- a tervezéskor figyelembe vett hasznos terhelések és egyéb hatások,
- esetleg a korábbi meghibásodások adatai és azok elhárításának módjai.

A helyszíni vizsgálatok során ezen adatok ellenőrzése és kiegészítése elősegíti az ellenőrzés megbízhatóságának növekedését, a bizonytalanságot csökkenti.

4.3 Helyszíni szemlék és vizsgálatok

4.3.1 Helyszíni szemle és megállapításai, helyszíni feltárások és fotó dokumentáció

A helyszíni szemle és vizsgálatok végzéséhez és azok azonosításához az épület tervei alapján vázlatokat célszerű előkészíteni, melyekre a tapasztaltak és mérési eredmények rögzíthetők.

A helyszíni vizsgálatoknál a következő szinteket különböztethetjük meg:

- *korlátozott helyszíni vizsgálat*, amikor a tényleges szerkezeti kialakításokat a rendelkezésre álló részletes tervekkel való összevetést végezzük el, a 4.1 táblázatban adott szerkezeti vizsgálati szám mellett,
- *kibővített helyszíni vizsgálat*, amikor az eredeti részletes tervek nem állnak rendelkezésre ekkor a 4.1 táblázatban adott számú vizsgálat végzendő el,
- *átfogó helyszíni vizsgálat*, amikor az eredeti részletes tervek nem állnak rendelkezésre, de egy magasabb megbízhatósági (ismereti) szintet szeretnénk elérni, ekkor a 4.1 táblázat szerinti vizsgálati szám szükséges.

A helyszíni szemle során megfigyeléseink az alábbi szempontokra terjedjen ki és dokumentáljuk azokat:

- a főbb tartószerkezeti elemek és a tervek egyezőségének ellenőrzése,
- a főbb tartószerkezeti elemek anyagának beazonosítása,
- a főbb tartószerkezeti elemek esetleges károsodásának megfigyelése (pl. oszlopokon függőleges repedése, gerendák hajlítási és nyírási repedései, lehajlások mértéke, teherhordó főfalak- falazatok nyírási repedései, korróziós károk, időjárás okozta károsodások stb.)
- épület általános állapota, süllyedésük és süllyedések okozta károsodások,
- konzolos szerkezetek megfigyelése,
- lépcsők, lépcsőszerkezet megfigyelése,

4.1 táblázat: Ajánlott minimális követelmények a különböző szerkezetvizsgálati és anyagvizsgálati szintekhez (MSZ EN-1998-3)

	Szerkezetvizsgálat (szerkezeti részletek esetén)	Anyagvizsgálat (anyagok esetén)
	Az összes elsődleges tartószerkezeti elem (gerenda, oszlop, fal) esetén	
A szerkezetvizsgálat és az anyagvizsgálat szintje	A szerkezeti részletek tekintetében vizsgált szerkezeti elemek százalékos aránya	Anyagminták száma szintenként
Korlátozott	20	1
Kibővített	50	2
Átfogó	80	3

- esővíz és talajvíz okozta károsodások,
- környezeti ártalmat okozó anyagok jelenléte,
- az épület általános állapotát és főbb tartószerkezeteit bemutató fotó dokumentáció készítése.

4.3.2 Anyag vizsgálatok

A következő anyagvizsgálati módszerek javasolhatók.

4.3.3 Roncsolásmentes anyagvizsgálatok

Beton esetében a Schmidt kalapácsos mérés elfogadható, melynek segítségével a beton szilárdsági osztálya meghatározható

Acélanyagok esetében a Poldi kalapácsos vizsgálata lehetőséget nyújt a beazonosításra és az acél szilárdsági osztályának meghatározására.

Fontos szem előtt tartani, hogy a roncsolásmentes vizsgálatokat igen egyszerű eszközökkel végezzük és a megbízható eredményeket csak kellő tapasztalattal és csak hitelesített kalibráló táblázatok (értékek) segítségével nyerhetünk, ezért célszerű erre hívatott, speciális ismeretekkel és tapasztalatokkal rendelkező Céget (Szakembert) megbízni. A jobb megbízhatóság érdekében a roncsolásmentes vizsgálatokat javasolt roncsolásos vizsgálatokkal kiegészíteni.

4.3.4 Roncsolásos anyagvizsgálatok

A roncsolásos anyagvizsgálatokhoz szükséges speciális berendezések és szakismeretek sok esetben nem állnak a tervező rendelkezésére. Ezeknek a vizsgálatoknak is kialakult eljárásrendje van, a feladat elvégzését Szakcégre szükséges bízni.

A célszerű minta vételi helyek kijelölése azonban a statikus tervező feladata.

4.3.5 Falazatok anyagvizsgálata

Külön szükséges szólni a falazatok anyagvizsgálatáról, mert a korábbi épületeink fontos tartószerkezeti elemét képezik, és hiteles vizsgálatuk sokkal bonyolultabb a falazat nagyfokú inhomogenitása miatt.

A helyszíni roncsolásmentes vizsgálatok eredményeit kellő óvatossággal kell kezelni, célszerűbb nagyobb méretű faltest kivétele és laboratóriumi vizsgálatának végzése a falazat szilárdságának meghatározására. A helyszíni terheléses vizsgálat segíthet egy viszonylag megbízható eredmény eléréshez.

4.4 Az ismereti szintek beazonosítása és értékelése az MSZ-EN 1998/3 szabvány 3.3 pont alapján (MSZN, 2013)

A vizsgálatok alapjául szolgáló kiindulási adatok megbízhatóságának minőségi elbírálását az alábbiak szerint végezhetjük. Ennek eredményeként dönthetünk arról, hogy a parciális tényezőkön túlmenően további un. bizonytalansági tényezőt (CF_{KLi}) alkalmazunk, vagy sem.

4.4.1 Az ismereti szintek beazonosítása

Az ismereti szintek beazonosítása a rendelkezésre álló geometriai adatok, a szerkezeti részletek (kapcsolatok, fődémtárcsa elemei, koszorúk, válaszfalak), és a fő tartószerkezeti elemek állapota segítségével végezhetjük el.

4.4.2 Kibővített helyszíni vizsgálatok:

Vasbeton épület esetében, ha a tervek nem állnak rendelkezésre a tartószerkezeti elemek vasalásának meghatározása, illetve meglévő tervek esetében ellenőrzése, a korabeli tervezési részletek megismerése szükséges. Igen nagy körültekintést és tapasztaltot kíván meg.

Téglaépületek esetében a teherhordó falazatok és födécek kapcsolatának megismerése, a vízszintes koszorú rendszer kialakítása, az épület merevítése, falazat teherbírásának laboratóriumi vizsgálatához próbatest kivétele szükséges.

4.4.3 Az ismereti szintek meghatározása

Általában három ismereti szintet érdemes megkülönböztetni, KL1 korlátozott ismereti szint, KL2 szokásos ismereti szint, KL3 teljes ismereti szint (lásd a 4.2 táblázatnak megfelelően). Az ismereti szinteket meghatározó tényezők a következők:

- *geometria*, a tartószerkezeti rendszer (és nem a tartószerkezeti elemek) azon geometriai jellemzői, melyek a szerkezet globális állékonyságára van kihatással,
- *szerkezeti részletek*, amibe bele tartoznak a vb elemekben a vasalás mennyisége és kialakítása, acélszerkezetenél az elemek kapcsolata, a fődémtárcsák és oldalirányú megtámasztását biztosító szerkezetekhez a kapcsolata, a falazott szerkezetek tapadásos- (súrlódásos) és habarcs kapcsolatai, valamint a falazatok bármilyen vasalása,
- *az anyagok és alkotóanyagok mechanikai jellemzői*

A tényezők rendezésével az alábbi táblázat állítható fel, amihez az ismereti szintek és a bizonytalansági tényező CF_{KLi} közötti kapcsolat rendelhető (MSZ EN 1998-3)

A táblázat szereplő paraméterek fontos jelzést adnak a szakértőnek a megszerzett adatok és az elvégzett vizsgálat eredményeinek megbízhatóságáról.

Az ellenőrző erőtani számítás végzéséhez kapcsolódó előkészítő vizsgálatok összefoglalása kapcsán kimondhatjuk, hogy a helyszíni szemlék és anyagvizsgálatok eredményei nagyban hatással vannak az állapot meghatározó statikai szakvéleményben tehető megállapításokra, mert ezen eredmények megbízhatósága a szakvélemény hitelességét jelentősen növelhetik, vagy csökkentik.

A szerkezetek tényleges kialakításának a megismerése, a meglévő tervekkel való összevetése és a helyszíni tartószerkezeti „válaszok” (repedések, lehajlások) az elmúlt időszakból a helyes számítási modell felvételét biztosítja. A számítás

végrehajtásához szükséges geometriai adatok, anyagszilárdsági értékek tényleges értékeinek meghatározása csak jelentős munka árán állapítható meg, ez időt és költségtérítést igényel, amit számos esetben a megbízók alábecsülnék és nem tartanak fontosnak, *de ezt a statikus szakértő nem fogadhatja el, mert a végső megállapításokért jelentős felelőséget visel.*

5. A TARTÓSZERKEZETEK MEGLÉVŐ TŰZVÉDELMEINEK BIZTOSÍTÁSA ÉS ELLENŐRZÉSE

A tartószerkezetek állapotának meghatározásához hozzátartozik a szerkezeti elemek feltárása tűzvédelmi szempontok szerint. A meglévő szerkezet tűzvédelmi állapotát anyagfészeségek szerint és korábbi tűzvédelmi kialakítások szerint határozhatjuk meg.

5.1 A tartószerkezetek jelenlegi tűzvédelmi állapota és várható tűzvédelmi időtartamok

A tartószerkezetek tűzvédelmének biztosítás szabványi követelmény. Ez a tartószerkezet oldaláról nézve azt jelenti, hogy az előírt tűzvédelmi időtartamot biztosítani kell.

Az épületen belül az egyes tartószerkezetek tűzvédelmi időtartamait a Tűzvédelmi szakvélemény szokta tárgyalni, amelyet egy új szerkezet kialakításánál figyelembe vesz a statikus tervező.

Az átépítések tervezésénél, különösen a statikai állapot meghatározó szakvélemények készítésének időpontjában csak igen előre látó Megbízó esetében áll rendelkezésre tűzvédelmi szakértési eredmény. Így legtöbb esetben a statikus szakértő kell, hogy becslési jelleggel állítson fel a tartószerkezetekre vonatkozó tűzvédelmi időtartam táblázatot.

Ennek elkészítéséhez az épületet tűzvédelmi osztályba kell besorolni, a hatályos 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet [OTSZ] ezek szerint az épület alacsony (AK), közepes (a KK) és magas kockázati (MK) osztályba sorolható.

A kockázati osztályok alapján írható elő az épületen belül egyes tartószerkezetekre vonatkozó tűzvédelmi időtartam követelmény.

Ezt követően határozhatók meg az épület jelenlegi tűzvédelmi megoldásai által biztosítható tűzvédelmi időtartamok, a szerkezeti kialakítások segítségével.

Helyszíni vizsgálatokból a szerkezetek jelenlegi tűzvédelmi állapotára az alábbi jellemzők alapján következtethetünk:

az épületek tartószerkezeteinek tűzvédelmére az építés időszakában, pl. a beton szerkezeteknél az alkalmazott betontakarások, az acélszerkezeteknél a tűzvédő festésből, vagy egyéb tűzvédő anyagból,

- a betonnal kombinált acélszerkezetek esetében (öszvérszerkezetek) esetében az acélszerkezet betonba való beágyazottsága segítségével,
- az acélszerkezetű oszlopok esetében az alkalmazott tűzvédelmi rétegekből.

A vizsgálat eredményeként táblázatot állíthatunk össze az egyes szerkezeti elemekre vonatkozóan a meglévő tűzvédelmi teljesítmény (állapot) és a várható tűzvédelmi követelmény között. Ezek összevetése segítségével dönteni lehet a szükséges tűzvédelmi megoldásról, példaként az alábbi táblázatot említjük.

4.2. táblázat: Ismerteti szintek és az azokhoz tartozó vizsgálati módszerek (LF: vízszintes erők módszere, MRS: modális válaszspektrum-analízis) és bizonytalansági tényezők (CF)

Ismereti szint	Geometria	Szerkezeti részletek	Anyagok	Vizsgálat	CF bizonytalansági tényező
KL1		A vonatkozó építési gyakorlattal összhangban lévő tervezés és korlátozott helyszíni szerkezetvizsgálat alapján	A korabeli előírások szerinti járatos értékek alapján és korlátozott helyszíni anyagvizsgálat alapján	LF vagy MRS	C_{FKL1}
KL2	Az eredeti vázlattevételekből, kiegészítve mintavételen alapuló szemrevételezéses felméréssel vagy teljes felmérés alapján	A hiányos eredeti részlettervekből, kiegészítve korlátozott helyszíni szerkezetvizsgálattal vagy kibővített helyszíni szerkezetvizsgálattal alapján	Az eredeti tervezési előírásokból korlátozott helyszíni anyagvizsgálattal kiegészítve vagy kibővített helyszíni anyagvizsgálattal alapján	Tetszőleges	CF_{KL2}
KL3		Az eredeti részletes tervekben kiegészítve korlátozott helyszíni szerkezetvizsgálattal vagy átfogó helyszíni szerkezetvizsgálattal alapján	Az eredeti anyagvizsgálati jegyzőkönyvekből, kiegészítve korlátozott helyszíni anyagvizsgálattal vagy átfogó helyszíni anyagvizsgálattal alapján	Tetszőleges	CF_{KL3}

MEGJEGYZÉS: A bizonytalansági tényezők adott tagországban alkalmazandó értékei nemzeti mellékletben adhatók meg. Az ajánlott értékek a következők: $CF_{KL1} = 1,35$, $CF_{KL2} = 1,20$ és $CF_{KL3} = 1,00$.

Szerkezeti elem	Tűzvédelmi teljesítmény meglévő állapotban	Várható tűzvédelmi követelmény
Födém	REI60	REI90
Fióktartó	R30	R90
Főtartó	R30	R90
Oszlop	R15	R90

Osszefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a tűzvédelmi előírások egyre szigorodó volta feltétlen indokolttá teszi a tartószerkezet állapotának meghatározását a felülvizsgálat során és egyik fontos mérlegelési szempontot az épületről alkotandó véleményben.

A tartószerkezeti elemek tényleges tűzvédelmi állapotának meghatározása kapcsán arra a következtetésre juthatunk, hogy a szerkezet további felhasználóságának lehetőségei ezen állapot által és a megállapított szükséges beavatkozások között szoros összefüggés van, tehát számításba kell venni akár az épület új funkcióinak kialakítása, akár a szerkezetek megerősítése során a szerkezet tűzvédelmének biztosítását.

6. AZ ELVÉGZENDŐ ELLENŐRZŐ ERŐTANI SZÁMÍTÁS

Az állapot meghatározó statikai szakvélemény megállapításainak egyik alappillére az elvégzett ellenőrző erőtani számítás (pl. Magistrat Wien, 2008).

Az ellenőrző erőtani számítás feltétlen részét kell, hogy képezze az épület statikai állapot meghatározó szakvéleménynek.

Az erőtani számítás két alapvető állapotra, a *statikus és szeizmikus állapotra* kell elvégezni, ezeken belül a szabványokban adott teherkombinációkra, állandó és tartós, valamint használati teherkombinációra.

6.1 Az épületek kockázati besorolása

A meglévő épületek átépítése és felújítása során elvégzendő statikai ellenőrzések részben az épület méretétől függetlenek, de részben azok méretétől függőek lehetnek.

Így különbséget tehetünk az 1-2 szintes, a 4-6 szintes és a 6 szintnél magasabb épületek között abból következően, hogy az állékonyosság elvesztése milyen mértékű személyi veszteséggel jár.

Minden esetben vizsgálandónak tartjuk az alapozás, a falak és oszlopok, valamint a födémek ellenőrzését, összehasonlítva az átépítés előtti, illetve az átépítés utáni statikai állapotokat.

Az elvégzendő ellenőrző erőtani számításokat az átépítendő épület besorolási szempontjai szerint kell végezni.

A besorolási szempontok a következők lehetnek:

- a választott kárhányad (MSZ EN 1900 szabvány B1 táblázat: CC)
- a megbízhatósági szint (MSZ EN 1900 szabvány B2 táblázat RC)
- a földrengési besorolás -fontossági osztály (lásd MSZ EN 1998-1)
- az elfogadott károsodási határállapot (lásd MSZ EN 1998-3....SD)
- anyagok teljesítő képessége (anyag szabványok: beton, betonacél, szerkezeti acél, kötőelemek, falazóelemek, kötőanyagok, faanyagok stb.) amit az anyagszabványok határoznak meg
- tűzvédelmi besorolás (AK, KK, MK)
- geotechnikai besorolás (geotechnikai kategória 1,2,3, és állapotok GEO, STR, EQU, UPL).

A számítások paramétereinek megválasztása során egymással összekapcsolódó tényező az épület választott kárhányada szerinti besorolás (MSZ EN 1990 B melléklet CC osztályok), a földrengés vizsgálatnál az épület fontossági osztálya (MSZ EN 1998-1 ...4.2.pontban 4.3 táblázat), az altalajosztály szerinti szorzó (MSZ EN 1998-1 3.2.pontban a 3.3 táblázat), és a csökkentett talajgyorsulás referencia értékének megválasztása (MSZ EN 1998-3.NB Nemzeti Melléklet a_{gRd} értéke).

6.2 Az erőtani számítás alapelvei, számítási modellek felállítása

Bár ezek az alapelvek a tervezői gyakorlatból jól ismertek, mégis célszerű ezeket ismételten is áttekinteni.

6.2.1 Az erőtani számítás alapelvei

Az erőtani számítás alapelvei az alábbiak, lásd MSZ EN 1990 és TT-MSZ 15011-2010.

Az erőtani modell felvételénél általában az eredeti tervek, illetve eredeti számítások adatai alapján kell felvenni, ha azok nincsenek ellentmondásban a szemrevételezéssel szerzett vagy a szerkezet típusal kapcsolatos tapasztalatokkal.

Ha eredeti számítások nem állnak rendelkezésre, akkor a mérési és feltárási eredményekre, alakváltozási és repedési jelenségekre kell támaszkodnia számítás végzése során.

6.2.2 A számítási modell

Ugyan a mai mérnöktársadalom már hosszú évek óta használja a számítástechnika áldásait, tapasztalatunk szerint érdemes napinden tartani a kérdéskört.

Általános szempont a modell felállításánál, statikus hatások modellezése

Az erőtani vizsgálatokat az épület tartószerkezetére jellemző összes változót tartalmazó modellen kell végrehajtani.

A modell tükrözze a tartószerkezet tényleges viselkedését a lehető pontossággal.

A modelleket az elméleti és gyakorlati mérnöki ismeretek alapján kell felépíteni.

A tartószerkezet *statikus állapot* vizsgálatára szolgáló modell az erő-alakváltozás összefüggést kövessen, a tartószerkezeti elemek egymás közötti és a talajjal való kapcsolatainak megfelelő megválasztásán alapuljon

A tartószerkezet *dinamikus állapot* vizsgálatára szolgáló modellt úgy kell felépíteni, hogy az minden tartószerkezeti elemét, azok tömegét, szilárdságát és csillapítási jellemzőit vegye figyelembe. A modell pontosságát növeli, ha a nem tartószerkezeti elemek is a nekik megfelelő jellemzőkkel a modellbe kerülnek. A modellezés tükrözze a tartószerkezet tényleges peremfeltételeit, valódi kényszereit.

Ha a dinamikus hatások olyan amplitúdójú vagy olyan frekvenciájú rezgéseke okoznak melyek a használati határállapotokban megengedett értékeket meghaladják, akkor az erre vonatkozó használhatósági határállapot igazolását el kell végezni.

6.3 Az épület vizsgálata statikus állapotra

Ezek részletezését itt nem ismertetjük, hiszen az általános statikus gyakorlat mindennapi részei és itt csak a kapcsolódó szabványra utalunk.

Az általános elveket rögzítő MSZ EN 1990-2005 szabványon túlmenően, a terhelések szabványa (MSZ EN 1991 és részei), továbbá az egyes szerkezetek anyagaira vonatkozó tervezési szabványok szerint kell eljárni, így a falazott szerkezeteknél az az MSZ EN 1996-1-1, a vasbeton szerkezeteknél az MSZ EN 1992-1-1, az acélszerkezeteknél MSZ EN 1993-1-1 szabvány szerint.

A szerkezet megfelelőségét a teherbírasi (ULS) és használhatósági (SLS) határ állapotban kell igazolni.

$$E_d \leq R_d \quad \text{illetve} \quad W_{SLS} \leq W_{ad}$$

Amennyiben a teherbírasi és használhatósági követelmények nem teljesülnek az épület további használatára vonatkozó intézkedési javaslatot kell kidolgozni.

6.4 Az épület vizsgálata dinamikus, azaz földrengés állapotra

A 2010-ben bevezetett új MSZ EN szabványok e tekintetben lényegesen új helyzetet teremtettek az új épületek tervezése területén, de nem adnak egyértelmű előírást a cikkünkben vizsgált átépítések és felújítások esetében, amivel csak időben később megjelent MSZ EN 1998-3 szabvány foglalkozik. Ezért indokolt, hogy ezzel itt részletesebben foglalkozunk, különösen azért is, mert a korábban, vagy még korábban épületek esetében feltehetően ezen hatásra való tervezés nem történt meg (SIA, 2005: BWG-Biel, 2005).

6.4.1 Mikor indokolt a földrengés vizsgálat

Közismert, hogy Magyarországon a MI-04.133-78 műszaki irányelv megjelenése (1978) előtt az épületek földrengés méretezése nem volt kötelező. Mivel a jelenlegi épületállomány jelentős része jóval ezelőtti időszakban épült, mondhatjuk az 1850-1860 évektől kezdődően, tehát már 100 év élettartamot jelentősen meghaladóak és ebből következően ezek felújítása és átépítése napjainkban egyre gyakoribb és az új szabályozások értelmében (lásd **építési törvényt és az MSZ EN szabványokat**) az átépítés vagy felújítás során a földrengés állóságot vizsgálni szükséges.

Az épületek tulajdonosai igen különbözőek, vegyes, - magán tulajdonról kezdve az állami tulajdonig. Ebből következően az anyagi lehetőségek is igen erősen változóak.

A magán tulajdoni ingatlanoknál a tulajdonos felelőségére szükséges a tervezőknek felhívni a figyelmet, az épület földrengés veszélyességének mértékére és annak esetleges következményeire. De jelentősebb átépítéseknél a tervezőnek számítani kell arra, hogy a szabvány követelményeinek nem teljesítése a tervezés során az ő felelőségét is felveti. Manapság gyakori az ilyen típusú vita a tervező és Megbízó között. *De olyan esetekkel is találkozhatunk, ahol maga a Tervező nincs kellő figyelemmel az előírásokra és azok betartását mellőzi, vállalva annak kockázatát hogy teljes mértékben megszegi a jogszabályi előírásokat és a társadalommal szembeni kötelezettségét.*

A köztulajdonba lévő épületek, mint pl. kórházak, iskolák, tűzoltóság és közintézményi irodaházak, hotelek esetében az ott dolgozók nagy száma miatt nem lehet eltekinteni a földrengés vizsgálatról és annak erőtani következményeit a tervezőnek az illetékesekkel közölni kell megoldási javaslat kíséretében.

Abban az esetben, ha nem végzünk földrengésszámítást az épület vízszintes irányú terhekre való állékonyságát értékelhetjük a földrengés szabványban megadott szerkesztési szabályoknak való megfelelés segítségével. Ilyenek lehetnek a főfalak méretei, azok egymáshoz képesti irányai és száma, vagy a földem tárcsaként való viselkedésének vizsgálata, továbbá az építési időszakban a szerkezetek kialakítására vonatkozó szerkesztési szabályok elemzése, összevetése a jelenkori szabályokkal. Segítségül szolgálhat ilyen esetben a földrengés károk tanulmányozása, melyekből az irodalmakban számos található. Azonban *ezen eljárás csak előzetes vélemény kimondására szolgálhat*, végleges megállapítások csak földrengés hatásra való vizsgálattal lehetséges.

A szeizmikus erőtani vizsgálatok elvégzéséhez igen komoly elméleti és gyakorlati ismeretek szükségesek. Szerencsére a mai számítógépes programok az első feltételnél kisegítik a tervezőt, azonban a számítási modell összeállításánál, a számítási eredmények értékelésénél már a tervező gyakorlati ismeretei dominálnak.

Mivel ezek a számítások ezen túlmenően hosszadalmas előkészületeket is kívánnak, sok esetben célszerű lehet az „egyszerűsítő” módszereket (kvázi kézi számításokat) előnyben részesíteni (lásd helyettesítő vízszintes erők módszerét), és ezen eredményeinek ismeretében dönteni a részletesebb számítás elvégzéséről kisebb szintszámú és jelentőségű épületek esetében.

A részletesebb vizsgálatokhoz az igénybevételeket:

- a teljes szeizmikus hatásra, vagy
- a q viselkedési tényezőn alapuló eljárással (csak duktilis viselkedésre képes anyagnál alkalmazható), - amikor q tényezővel osztott igénybevételt veszünk figyelembe (lásd MSZ EN 1998-1 szabvány 2.1, ill. 4.2 pontját)

A szerkezet megfelelőségének igazolása:

- a duktilis anyagoknál az alakváltozási képesség meghatározásával és összehasonlításával történhet, illetve
- rideg anyagoknál a teherbírási képesség és az igénybevétel tervezési értékével való összehasonlítással történhet.

Szeizmikus hatás csökkentett kiinduló értékének meghatározása

Megépült épületek esetében lehetőségünk van arra, hogy a szeizmikus hatás mértékét az MSZ EN 1998-3 szabvány NB mellékletében foglaltak szerint vehetjük fel az épület jelenleg várható élettartama és a tervezett további élettartam függvényében az alábbiak szerint:

NB2. *A meglévő épületekre vonatkozó T_{NCR} visszatérési időket az épület várható további T_v élettartama és a T_{erv} tervezési élettartama hányadosaként képzett $a = T_{erv} / T_{terv}$ csökkentő szorzóval szorozva lehet meghatározni. A talajgyorsulási referenciaértékeket ennek megfelelően csökkentett értékkel szabad figyelembe venni.*

NB2.1. *A 30 %-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 30 \%$, $T_{NCR} = 150$ év) az a_{gR} NBI szerinti talajgyorsulási értéknek mintegy 0,7 szerese tartozik.*

NB2.2. *A 40 %-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 40 \%$, $T_{NCR} = 100$ év) az a_{gR} NBI szerinti talajgyorsulási értéknek mintegy 0,6 szerese tartozik.*

NB2.3. *A 50 %-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 50 \%$, $T_{NCR} = 75$ év) az a_{gR} NBI szerinti talajgyorsulási értéknek mintegy 0,5 szerese tartozik.*

NB2.4. *A 60 %-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 60 \%$, $T_{NCR} = 50$ év) az a_{gR} NBI szerinti talajgyorsulási értéknek mintegy 0,4 szerese tartozik.*

Úgy gondoljuk, hogy az épület tulajdonosának, az átépítés megrendelőjének lehetősége eldönteni, hogy az épület tervezett további élettartamát milyen értékre kívánja meghatározni és ennek függvényében a fenti adatok segítségével a földrengés hatás mértéke számítható. Ha tehát pl. a meglévő épület tovább élettartamát 30 évre és a tervezett élettartamot 50 évre tervezzük, akkor a földrengés visszatérési időre $T_{NRC} = 100$ évet kapunk és a $P_{NRC} = 40 \%$ -os túllépési valószínűség mellett a talajgyorsulás referencia értékét 0,6 szorosra vehetjük fel, azaz a tervezési talajgyorsulás $a_{gRD} = 0,6 a_{gR}$ értékű lesz.

A q viselkedési tényezőkön alapuló vizsgálat esetében a

tervezési spektrumot az MSZ EN 1998-1 szabvány 3.2.2.5 szakasza szerint kell felvenni és a q tényező értékei vasbeton és acélszerkezetnél 1,5 és 2,0 lehet, falazott szerkezetnél 2,0 – 2,5 lehet.

A szeizmikus hatás tervezési értékét kombinálni kell egyéb megfelelő állandó és esetleges terhelésekkel.

6.4.4 A szeizmikus igénybevételek tervezési értékének meghatározása

Mint korábban említettük az MSZ EN 1998-3 4.4 pontja alapján

- a vízszintes erők módszerén alapuló vizsgálat, vagy
- a válaszspektrum segítségével
- lehet a szeizmikus igénybevételeket meghatározni. A válaszspektrumot az MSZ EN 1998-1 szabvány 3.2.2.2 pontja szerinti (q tényezővel nem csökkentett spektrum).

A számításokat az MSZ EN 1998-1 szabvány 4.3 pontja szerint kell végrehajtani.

6.4.5 A teherbírás és biztonság igazolása a szeizmikus állapotban

A szeizmikus tervezési állapotban az állékonyság követelménye (teherbírási határállapot) akkor tekinthető teljesítettnek ha a szerkezet a teherbírás, a globális egyensúly (beleértve a felborulást és elcsúszást) a szerkezet egésze megfelelő duktilitású (az anyagok olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy képlékeny csuklók ki tudnak alakulni, ridegtörés és a lágy szintek kialakulása kizárt), a földemtarcsák olyan többlétszilárdssággal rendelkeznek, hogy a szeizmikus hatás okozta vízszintes igénybevételeket a merevítő elemekre képesek átvinni, a szerkezet alapozása az MSZ EN 1998-5 szabvány szerinti követelményeket (talajtöréssel szembeni követelményt, elcsúszás elleni követelményt) teljesíti.

A szerkezet szeizmikus hatásra jelentős károsodási határállapotba is juthat (jelentősen károsodik, de nem omlik össze) amikor az igazolást elsősorban az összeomlást akadályozó elemek (oszlopok és falak, merevítő falak) duktilis viselkedés képessége (alakváltozási képessége) tudja megakadályozni, tehát az alakváltozások és az alakváltozási képesség (határalakváltozás) összehasonlítása alapján döntünk a szerkezet megfelelőségéről.

alakváltozások összehasonlítása $w_{Rd} \geq w_E$ (oszlopok, falak, merevítés esetében) illetve a teherbírások összevetésével $R_d \geq E_d$ (gerenda, földemlemez esetében)

6.4.6 A szeizmikus erőtani számítás eredményeinek értékelése

Amennyiben a 6.4.5 pont alatt adott relációk teljesülnek, úgy a tartószerkezet megfelelőségét tudjuk megállapítani.

Amennyiben nem ez a helyzet, tehát a relációk nem teljesülnek, úgy az irodalmi hivatkozásban közölt (*Beurteilung der Erdbebensicherheit 2005, Biel*) svájci ajánlás alapján a következők szerint járhatunk el.

Megállapítjuk az igénybevételek, alakváltozások hányadosát: (amit *nem teljesülési hányadosnak nevezhetünk*)

- az igénybevételekből $\alpha_{eff} = R_d / E_d$ vagy
- az alakváltozásokból $\alpha_{eff} = w_{Rd}^* / w_E$

A hányadosok értékét az alábbi grafikon segítségével értékeljük az épület fontossága (BWK) figyelembevételével, egy adott minimális α_{min} és egy elfogadott α_{adm} küszöb értékek vonalai között. Az α_{min} értéke az I. és II. fontossági

osztályú épületeknél 0,25, míg a III. és IV. fontossági osztályú épületeknél 0,4. Ez az alsó küszöb érték az észszerűen vállalható kockázat (nagyobb előfordulási valószínűség) mellett választott érték, melyre befolyással van a személyi veszteség (az emberélet „értéke, lásd Kármán Tamás korábbi okfejtését), az épület helyreállítási és a mentéssel összefüggő költségek, annak feltételezésével, hogy mind az épület, mind a személyek további 40 évig szolgálnák a társadalmat). A felső α_{adm} küszöb érték az épület tervezett tovább használatától függ, hosszabb távú használatnál az érték egyre jobban közelít az 1,0-hez.

A követelmények nem teljesülése esetén a szabványos értékhez képest a kockázat növekszik. Kockázatot befolyásoló tényezőnek tekinthetjük az épület helyszínének földrengés veszélyeztettségét, az épület sérülékenységét, a károsodás következményeit.

Mind emellett az ésszerű kockázat választásánál mérlegelni szükséges a tartószerkezeti elem típusát, nem tehető engedmény az olyan tartószerkezeti elemnél, amely az épület globális meghibásodáshoz vezet (mondhatjuk progresszív összeomlást okoz, pl. oszlop, merevítés, lépcsőház), míg engedékenyebbek lehetünk egy földem esetében, ahol ez a jelenség nem áll fenn általában és a használat korlátozásával (pl. használó személyek számának korlátozásával) az igénybevétel csökkentés is elérhető. Ilyen eset fordulhat elő ha α_{eff} értéke az alsó és felső küszöb értékek közé esik és nincs mód egy egyszerű, költségáryos megerősítés végrehajtására. Azonban ezt a helyzetet a tulajdonosnak is el kell fogadnia, itt is érvényesülnie kell annak az elvnek, hogy akié a haszon azé a felelősség.

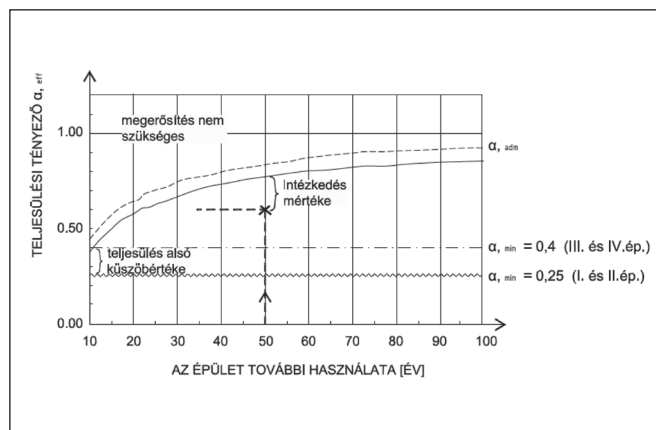
A minimális α_{min} és az elfogadott α_{adm} küszöb értékei az alábbiak, az épület fontossági osztálya és tovább használat időtartama szerint.

Az alsó α_{min} és felső α_{adm} küszöb értékek

Tovább használat élettartama	Épület fontossági osztálya I. és II.		Épület fontossági osztálya III. és IV.	
	α_{adm}	α_{min}	α_{adm}	α_{min}
30 év	0,83	0,25	0,90	0,40
60 év	0,80	0,25	0,86	0,40
40 év	0,72	0,25	0,79	0,40
20 év	0,52	0,25	0,64	0,40
10 év	0,38	0,25	0,44	0,40

A táblázat grafikon formájában:

α_{min} és α_{adm} küszöb értékeinek grafikonja a teljesülési tényező α_{eff} és tovább használat függvényében.



A nem teljesülés esetében leolvasható, hogy milyen mértékű intézkedés (megerősítés) szükséges a teljesülés eléréséhez.

A követelmények nem teljesülése estében a fenti engedményt elsősorban a szeizmikus tervezési állapotra célszerű csak alkalmazni, mert ekkor az MSZ EN 1998-3 szabvány szerint elfogadható az SD állapot (jelentős károsodás, az épület nem dőlhet össze, a menekítés biztosított, a helyreállítás nem gazdaságos).

Az ésszerű kockázat vállalásánál azonban nem elegendő egyedül csak a tapasztalati tudásunkra támaszkodni, szükséges hogy tisztában legyünk az esetlegesen bekövetkező kár mértékével, az elérhető előny arányban van-e a bekövetkező kárral, illetve, illetve bizonyosak legyünk benne, hogy az aránytalanul súlyos kár bekövetkezését (az összeomlás állapot előfordulását) kizártuk. Ennek mérlegelésére szolgáltat segítséget a mellékelt diagram és a küszöb értékeket ismertető táblázat az erőtan követelmények *nem teljesülését mutató* α_{eff} értékekre (R_d / E_d).

Statikus tervezési állapot eredményeinek értékelésénél ezzel az engedménnyel ne éljünk, ilyen esetben a terhelések felülvizsgálata (a tényleges funkcióhoz igazított állandó és hasznos terhelések, a kapcsolódó parciális tényezők felülvizsgálata (FORM method) segítségével ismételtük meg az ellenőrzést (lásd Kovács, at all 2012, és BetonKalender 2009). Amennyiben ezen pontosítások sem eredményezik a követelmények teljesülését, úgy a tartószerkezet megerősítése válik szükségessé.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az épületek épületszerkezeti, tartószerkezeti és gépészeti rendszere a használat során nem egyidőben és egyformán avulnak el. Tartószerkezeteink általában 50 éves élettartamra vannak tervezve, ami az előbb említett rendszerek élettartamát általában jóval meghaladó. A használati funkciók változása is indokolhatja a felújítást és átépítést. Ezért egy ilyen beavatkozás előtt akár gazdasági, akár műemléki, akár környezet kímélet miatt a tartószerkezet állapotának megismerése szükséges.

Az átépítések és felújítások általános célja, hogy a meglévő épületet -a funkció megtartásával, vagy annak jelentősebb módosításával – hosszabb távon tovább használhassák, pl. újabb 50 éven át összhangban a szabványi elvárással.

Ezért az átépítések és felújítások során a meglévő épületek tartószerkezeteit erőtan szempontból részletesen vizsgálni kell, hogy azok biztonságos, hosszabb távú működése biztosított legyen. Ennek alátámasztására állapotmeghatározó statikai szakvélemény készítése szükséges. A korábbi időszakban általános gyakorlat volt az ide kapcsolódó Műszaki Irányelv használata (MI-15011-1988 és utóbb TSZ 01-2013 Műszaki szabályzat). Ezen előírások használatát ma csak előzetes vélemény kialakításához javasoljuk, a végleges szakértői álláspont kialakítása az új jogszabályok és szabványok figyelembe vételével kell hogy történjen.

Cikkünk bemutatja a feladathoz kapcsolódó új jogszabályokat és csatlakozó újszabványokat és ezekkel egységbe foglalja az állapot meghatározó statikai szakvéleménynél szükséges teendőket. A szakvélemény készítésénél, a jelenleg érvényes követelmények teljesítésének ellenőrzésekor a statikus szakértőnek igen összetett feladata van, kezdve az épülethez kapcsolódó iratok, tervek, egyéb dokumentumok felkutatásától, a helyszíni vizsgálatokon át az ellenőrző statikai számítások elvégzéséig és az épület minősítése alapján az épület további használati lehetősége feltételeinek rögzítéséig.

A szakértő a helyszíni vizsgálatok értékelése, az épület általános minősítése, a tartószerkezetek tűzvédelmének

állapota, az ellenőrző erőtani számítás eredményei együttes értékelése alapján hozhat megalapozott döntést, illetve tehet javaslatot az ésszerű kockázat vállalására számos paraméter és körülmény ismeretében és azok mérlegelésével.

Mindezen tények meghatározása a szakértőt igen komoly feladat elé állítja és a megállapításai nagy felelőséggel járnak, mert a tartószerkezet viselkedésének kifürkészése a vizsgálat során (mert igen sok esetben „eltakart” tartószerkezetről van szó) sokkal bonyolultabb, mint egy technikai berendezésről eldönteni, nem működik, gazdaságtalanul működik és cseréjük ki. Ezért is bír kiemelet jelentőséggel a korábbi tartószerkezeti tervek felkutatása, illetve olyan szintű feltárások végzése, melyek az ellenőrző számítás végzéséhez szükségesek kellő alapokat és ismereteket megadják.

A tartószerkezeti szakértő minden megállapítása jelentős az épület további élete szempontjából, mert a hosszabb távú használathoz az előírt biztonságot garantálni kell akár egy gazdaságos megerősítési javaslat kidolgozása árán is (pl. merevítés és fődémtercsa megerősítése, a födémek terhelhetőségének növelése, vagy egy-egy tartószerkezeti elem megerősítés által). Tanácsos az ilyen intézkedéseket az áttervezés elsőtervezésifázisban a Tulajdonos (Megbízó) tudomására hozni, mert így számos kellemetlenség válik elkerülhetővé a kivitelezés időszakában, melyek az egész projekt megvalósulását is veszélyeztethetik.

Az épületek átépítése és felújítása során készítendő állapot meghatározó statikai szakvélemény legfontosabb és nem nélkülözhető részét az ellenőrző erőtani számítás képezi.

Az ellenőrző erőtani számításoknak ki kell terjednie a statikus és szeizmikus terhelési állapotok ellenőrzésére, amit az épületek kockázati besorolása, a helyszíni vizsgálatokra támaszkodó számítási modellek, a jövőbeni terhelések befolyásolnak. Itt különös jelentőséggel bír az épület szeizmikus terhelésének megválasztása, szeizmikus besorolása, amihez jelentős segítséget nyújt az MSZ EN 1998-3 szabvány és annak Nemzeti Melléklete.

A szakértőnek a számítás alapján választ kell adnia arra, hogy a meglévő tartószerkezet összessége, vagy annak elemei képesek-e az épület hosszabb távú biztonságos működését garantálni, illetve milyen megerősítések szükségesek ehhez, az új funkciók szerint követelmények teljesítéséhez.

Külön figyelmet kell fordítani azon épületekre melyeknek függőleges teherhordó rendszerük, falazott és födém rendszerük acélgerendákkal kombinált. Az 1880-1925 közötti időszakban számos épület készült ilyen tartószerkezeti rendszerrel. A födémek jelentős rugalmas alakváltozással és igen rossz rezgéstani ellenállással rendelkeznek, ami javítás (megerősítés) nélkül a tovább használat során kellemetlen hatásokat okoz.

Vasbetonszerkezetek esetében a tartóssági követelmények szempontjából a repedések mértékét szükséges elemezni.

Hasonlóan az acélszerkezeteknél a korrózió mértéke lehet jelentős befolyással az épület állékonyságára és tartósságára.

A megerősítendő szerkezetekre vonatkozó javaslat is legyen része az állapot meghatározó szakvéleménynek amennyiben az szükséges.

A szeizmikus állapotra végzett ellenőrző számítás során olyan eredményre is juthatunk, hogy az épület nem teljesíti a követelményeket. Ide kapcsolódóan bevezettük az un. *nem teljesülési hányadost* (az igénybevételeknél $\alpha_{\text{eff}} = R_d / E_d$ vagy az alakváltozásoknál $\alpha_{\text{eff}} = w_{Rd} / w_E$), melyhez kapcsolódóan az épület tovább használati időtartamát korlátozni szükséges, vagy az épület megerősítéséről kell gondoskodni.

8. HIVATKOZÁSOK

- Kovács, T., Szalai, K., Balázs, L., Gy. (2012), „Betonszerkezetek teherbírási vizsgálata a globális biztonsági tényezővel”, *VASBETONÉPÍTÉS*, 2012/3, pp 77-87.
- Beton Kalander (2009), „Analyse bestehender Tragwerke auf Grundlage vorhandener Planungsdokumente”, pp. 17-30.
- Beurteilung der Erdbbensicherheit bestehender Gebäude. Konzept und Richtlinien für die Stufe 3. Wegleitungen des BWG-Biel, 2005.
- SIA D 0211 (2005) Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben, Einführung in das Merkblatt SIA 2018. Dokumentation, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- MSZH, (1988), „Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata”, MI 15011-1988
- Dulácska, E., Korda J., Körmöczy E., Műszaki szabályzat, Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata és tervezési elvei, TSZ 01-2013, *Magyar Mérnöki Kamara*
- Magistrat der Stadt Wien, „Statische Vorbemessung” 2008 März.
- MSZ EN 1998-3., „Tartószerkezetek tervezése földrengésre, 3. rész Épületek értékelése és helyreállítása”
- Várdai A. (2020), „A megépült vasbetonszerkezetek megbízhatósági értékelése a *fib* Bulletin 80 alapján”, *VASBETONÉPÍTÉS* 2020/2, pp. 43-52.

Dr. Almási József (1940) okl. építőmérnök (1964), műszaki doktor (1972), 29 évi kutatás a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén, több mint 200 szakvélemény készítője. 2002-ben Palotás László-díjat kapott. A BME címzetes egyetemi docense.

Varvasovszky Péter (1977) okl. építőmérnök (2001), partner és vezető tervező az APSE Kft-nél, számos irodaház, bevásárlóközpont, ipari épület statikus tervezője. Fő érdeklődési területe a tartószerkezetek tervezése földrengés hatásokra.

HOW TO CREATE THE STATICAL EXPERTISE ABOUT EXSISTING BUILDINGS

József Almási – Péter Varvasovszky

One of the most important design elements for the reconstruction and renovation of an existing building is the static expertise that determines the condition of the supporting structure. To do this, we need to know the current legal and standard requirements. The static opinion should be based on field inspections and tests, to know the fire protection capability of the supporting structure and the results of the structural calculation. In our opinion, without the latter, the classification of the static condition of the building can not be justified. It should be borne in mind that the primary purpose of the expert opinion is to state whether or not the building can be used safely in the long term and what measures are needed for longer-term use.