

Mérnöki Kamara
Nonprofit Kft

Tájékoztató az építmények földrengés elleni tervezéséhez

Dr. Dulácska Endre

Prof. Emeritus egyetemi tanár
A Magyar Tudományos Akadémia
Földrengésmérnöki Bizottság elnöke

1. Bevezetés
 - 1,1. A legfontosabb kialakítási szabályok
 - 1,2. A legfontosabb szerkesztési szabályok
2. A földrengési gyorsulásérték
3. Az a_{gR} alapú földrengés méretezés kritikája
 - 3.1. A földrengési károk elemzése
 - 3.2. A földrengéserősség kritikai elemzése
 - 3.3. Kutatási jelentési eredmények
4. Javaslat a földrengés erősség korlátainak előírására:
5. **IRÁNYELV** az építmények földrengési relatív gyorsulás a_{gd} /g tervezési alapértékeinek meghatározása
6. Irodalom
Melléletek
 - M1. Az EC8-1 szabvány NB tájékoztató Nemzeti Melléklete
 - M2. Az EC8-3 szabvány NB tájékoztató Nemzeti Melléklete
 - M3. A földrengés méretezés költségbecslése

Budapest, 2012

TÁJÉKOZTATÓ

A FÖLDRENGÉS ELLENI TERVEZÉSRŐL

1. BEVEZETÉS

A föld mintegy 6400 km sugarú gömb, melynek felszínét a 30-100 km vastag megsziárdult kéreg képezi. A kéreg erőteljes törésvonalakkal darabokra oszlik. E törésvonalak menti hirtelen elmozdulások nagy földrengéseket okoznak a törésvonalak környezetében. A nagy törésvonalakon belül is vannak kisebb törésvonalak, repedések a kéregben, az ezek menti elmozdulások kisebb földrengéseket okoznak. Szerencsére hazánk e második csoportba tartozik. A földrengés erősségét az M magnitúdóval mérik a rengés során felszabaduló energiából számítva. Az egyes fokozatok között harmincszoros az erősség differencia. Az $M=3$ földrengést alig lehet érezni, az $M=9$ rengés pusztító hatású. Az eddig észlelt maximális erősség 9,5 volt. Szerencsére hazánk a második, moderált csoportba tartozik. Évente mintegy 3000 rengést észlelnek. $M=4$ körüli rengés 25 évenként, $M=5$ körüli rengés 150 évenként szokott előfordulni. Miután a földrengés nem elhanyagolható károkat okoz, indokolt az építési szabályokkal védekezni ellene. 1978-ig egyáltalán nem volt Magyarországon földrengés elleni védelem. Az első erre vonatkozó, nem kötelező ajánlás az MI-04.133.78 Ágazati Műszaki Irányelv volt. Ezt a sajtóhibák miatt 1981-ben javítva kiadták. Kötelező volt viszont az erre vonatkozó (ME) Műszaki Előírás szerint a panelos épületeket méretezni az előbbi MI alapján. Ezek után az Eurocode8 (EC8) földrengés előírás előkészítéseként a Magyar Mérnöki Kamara kiadott egy méretezési tájékoztatót, szintén ajánlasként [5], majd 2009-ben egy gyakorlati útmutatót [4], a már az érvényben lévő EC8-1 alkalmazásának elősegítésére.

Az építési törvény előírta, hogy az épületeket a szeizmikus hatásokra méretezetten kell kialakítani, az érvényes magyar szabvány szerint. Amikor ez az előírás megszületett, még nem volt erre vonatkozó Magyar Szabvány. A hivatalos álláspont szerint meg kellett várni az érvényes magyar szabvány hatálybalépését.

Ez megtörtént, és 2009 jan. 1-től életbelépett az érvényes magyar szabvány, az MSZ EN 1998-1, szokásos nevén Eurocode8-1, (röviden EC8-1) a szükséges NA és NB nemzeti melléklettel együtt [12]. Azaz most már nem építhető olyan épület, melynek állékonyságát földrengéserősségre nem ellenőrizték. Ezek után az Eurocode8 (EC8) földrengés előírás alkalmazásának segítésére a Magyar Mérnöki Kamara kiadott 2009-ben egy gyakorlati útmutatót [7], a már az érvényben lévő EC8-1 alkalmazásának elősegítésére. 2011-ben életbelépett a meglévő épületek vizsgálatára, és helyreállítására vonatkozó EC8-3 szabvány is [13], a hozzátartozó NA és NB nemzeti mellékletekkel együtt. Ettől kezdve új épületekre mindig, meglévő épületekre előírás esetén kötelező a földrengés elleni ellenőrzés.

Tájékoztatásul elmondjuk, hogy az ország területe földrengési zónákra van osztva, melyeket az EC8-1 nemzeti melléklete ismertet. A különböző zónákban különböző kötöttségek vannak. Az 1.zóna az ország területének kb. 7%-a, a 2.zóna 56%, a 3.zóna 20%, a 4.zóna 13%, és az 5.zóna 4%. Az 5.zónába esik Komárom és Nagykanyizsa, a 4.zónába Budapest és Jászberény környete. A földrengéserősség épületállékonyság (össze nem omlás) szempontjából való meghatározásának alapját a földrengési gyorsulás 475 év visszatérési periódus figyelembevételével kidolgozott a_{gR} referenciagyorsulás adja. Az ebből származó horizontális erő értéke az 5. zónában

az épületsúlynak 15%-a, a 4.zónában 14%-a, a 3.zónában 12%-a, a 2.zónában 10%-a, az 1.zónában pedig 8%-a. Az épületre meghatározott $a_{g,d}$ tervezési talajgyorsulás az a_{gR} referenciagyorsulásnak különböző módosító tényezőkkel való szorzással alakul ki. Az össze nem omlási követelmény tervezés során ezzel az $a_{g,d}$ tervezési gyorsulással számítandó az épületre figyelembeveendő vízszintes földrengési erő. Az EC8-1 az össze nem omlási vizsgálaton kívül új épületekre előírja a kárkorlátozási vizsgálatot is, melyet lényegében az össze nem omláshoz tartozó a_{gd} érték felével kell elvégezni

Az előírt földrengéserősség az ország különböző területein az építményekre különböző dinamikus hatást, közelítéssel vízszintes erőt jelent. Emellett egy sereg szerkezeti és épületszerkesztési szabályt kell kielégíteni. A méretezés alapját képező vízszintes erő a régi, nem kötelező földrengés ajánlás által magadott erőnek a hely függvényében 2-16 szorosa, ill. a széltehernek a geometriai kialakítástól függően (pl. magasság-szélesség arány) 2-20 szorosa. Ez, és a geometriai kötöttségek olyan kemény feltételeket jelentenek, melyek alapvetően kihatnak az épületek kialakítására, nemcsak a szerkezeti méretek tekintetében, hanem az épület formálása tekintetében is. Az építésznek már a tervezés kezdetétől fogva olyan épületet kell kialakítani, melyet egyáltalán meg lehessen méretezni az előírt földrengésteherre. Ez a nehézség fennáll mind a gyakorlati tervezés, mind az oktatási tervezés esetén.

A földrengéssel kapcsolatos tervezés területén a hazai gyakorlat még nem tudott kialakulni. Az biztos, hogy az eddigi épülettervezési szokásokon változtatni kell. Más típusú alaprajzokkal kell dolgozni, markánsabb keresztmetszeti méreteket kell alkalmazni, kevésbé lehet az épületek tömegelemeit mozgatni, és lényegesen erősebb épületmerevítéseket kell alkalmazni. Ezért ajánlatos, hogy az épületek kialakításánál vegyük figyelembe a hozzánk hasonló, vagy rosszabb szeizmicitású országok tervezési tapasztalatait.

Az EC8-nak a méretezésre vonatkozó összefüggései, és szabályai figyelembevételével kiértékelhetők bizonyos építési korlátok, és méretekre vonatkozó szabályok. E szabályok gyakorlatilag azt jelentik, hogy e korlátoknak meg nem felelő épület majdnem biztosan nem méretezhető meg, de lehet, hogy ezeken túl még szerkezeti méretnövelés szükséges.

A földrengési építészeti tervezés és épületszerkesztés, valamint a statikai tervezés megkönnyítése céljából megfogalmazható néhány következő szempontot:

Ne kíséreljük meg négy szintnél (fszt. + 3 emelet) magasabb falazott épületet tervezni, mert nem fog sikerülni. (Falba rejtett, együttdolgozó vasbeton pillérrendszerrel esetleg egy szinttel növelhető.)

Törekedni kell az épületek szimmetrikus kialakítására. Ezért csak nagyon nehezen lehet olyan épületeket tervezni, amelyeken nagy, faltól-falig ablaknyílások vannak. Ha ilyet tervezünk, akkor rendkívül erős merevítő rendszer (a megszokottnál sokkal erősebb) lehet szükséges.

A vasbetonvázazás épületeknek megközelítően fszt.+5 (esetleg 6) emelet a lehetséges felső korlátja. A járható út a duál rendszer (vegyes vasbeton váz és vasbeton falrendszer) alkalmazása. Ha ilyet tervezünk, a falrendszerrel kell biztosítsuk a szükséges merevséget és a teherbírást, de az oszlopokat is méretezni kell a rájuk jutó vízszintes erőre.

Az épületek mindkét főirányában alkalmazzunk megfelelően merev, és kellő teherbírási merevítő szerkezetet. Ne felejtsük el, hogy a merevítő szerkezeteket nyírásra, és hajlításra is meg kell vizsgálni.

1.1. A legfontosabb kialakítási szabályok (a teljesség igénye nélkül).

Falazott épületek esetében a nyírófalak (nyírást felvevő falak) keresztmetszete mindkét irányban az alaprajzi területnek legalább annyiszor 5%-a legyen, ahány szintes az épület. Tehát pl. 2 szintes falazott épületnél mindkét irányban legalább 10% falazott nyírófal keresztmetszet kell.

Vasbeton szerkezetű épületnél a nyírófalak (ill. pillérek) keresztmetszete legalább az alapterület 0,25%-a legyen szintenként. Tehát egy 10-szintes épületnél legalább 2.5% nyírófal (merevítőfal) ill. pillér szükséges mindkét irányban. (Különböző merevségek esetén ennél több lehet szükséges.) A merevítőfal vegye fel a teljes nyíróhatást, és a vasbeton pilléreket ezután a merevségükkel arányos hatásra, mind hajlításra, mind nyírásra meg kell méretezni. A merevítő falakat hajlításra is meg kell méretezni, és le kell horgonyozni a megfelelő alapozásba.

Vegyes falazott, és vasbeton merevítő falas rendszert a lényegesen eltérő nyírási törési alakváltozás miatt nem ajánlott alkalmazni.

Az épület felborulása szempontjából a síkalapozású épület magassága nem lehet nagyobb, mint a kisebbik alapozási épületszélesség 2-3-szorosa.

1.2. A legfontosabb szerkesztési szabályok:

Keresztfal nélküli (csarnokszerű) falazott épületet lehetőleg ne építsünk.

Az 5. zónába ne telepítsünk földszint + egy emeletnél magasabb falazott épületet.

A 4.zónába ne telepítsünk földszint + 2 emeletnél magasabb falazott épületet.

A 3.zónába ne telepítsünk földszint + 3 emeletnél magasabb falazott épületet.

Szobaméretű ablakkal (üvegfal) a 4. és 5. zónába ne építsünk falazott épületet.

Falazott épületeknél mindig alkalmazzunk zárt rendszerű vasbetonkoszorút, jól átkötött sarokkialakításokkal

Falazott épületekben a boltíves kiváltásokat kerüljük. Ha mégis szükséges, akkor vonórudas megoldást alkalmazzunk.

A 3. és a 4. és az 5. zónában az épületek kialakítása lehetőleg szabályos legyen, azaz ne legyenek sem alaprajzi, sem magassági irányú jelentősebb (15%-nál nagyobb) ki vagy beugrások az épületen.

Mindenképp kerülni kell a csavarási hatás elkerülése céljából az L vagy T alaprajzot. Ha ilyen mégis szükséges, akkor dilatációs hézaggal kell elválasztani a különböző épületszárnyakat, vagy a kétirányú vasbeton falas épületeket „pontos” eljárással kell méretezni.

Az épület alapozási síkja lehetőleg egy sík legyen. Az alapozás különálló alaptesteit gerendaráccsal, ill. padlólemezzel össze kell kötni, a különálló mozgások megakadályozása céljából. Az alapozás tervezésére az EC8-5 szabvány vonatkozik.

A földemek tárcsaszzerű kialakítását biztosítsuk, még fafödémek esetében is. . Fafödém alkalmazása esetén a tárcsaként kialakított fafödémet a koszorúhoz megfelelő erősségű kapcsolattal le kell kötni. Előregyártott földemek kapcsolatait úgy alakítsuk ki, hogy képesek legyenek tárcsaszzerűen működni.

A dilatációs hézagokat szerkezetkettőzéssel alakítsuk ki, ne konzolosan.

A vasbetonoszlopokban alkalmazzunk a nyíróerőre méretezett erős kengyelezést, melyet a rúdvégeken és a toldásoknál sűrűsítünk. A megszokott szabályos minimális kengyel nem megfelelő. Az oszlop hosszvasalása ne legyen több 2%-nál.

Előregyártott szerkezetek csomópontjaiban a szeizmikus erőhatások továbbításához a súrlódási erő nem vehető figyelembe. Az előregyártott szerkezetek kapcsolatait méretezett vasalással kell megoldani, és a jó kibetonozási lehetőségeket biztosítani kell.

2, A FÖLDRENGÉSI GYORSULÁSÉRTÉK

Az EC8-1 életbelépésével a probléma az volt, hogy az EC8-1 az a_{gR} referenciagyorsulás értékeinek meghatározását a nemzeti hatóságokra bízta. A konkrét értékeket Magyarországon a *Georisk Kft.* dolgozta ki, *Ambraseys* bolgár professzor elmélete alapján [16]. Ezek ajánlott, (nem kötelező) értékek. A kötelezően alkalmazandó gyorsulásértékeket az EC8 (NA) Nemzeti Mellékletében kellett volna meghatározni. Ezek az a_{gR} földrengési gyorsulási értékek igen nagyok, mintegy 6-10 szeresei azoknak a értékeknek, melyeket *Mercalli* kutatási eredményei alapján a korábbi MI.04.133-81 Műszaki Irányelv adott meg,). Miután az MSZT 119 Műszaki Bizottságában nem jött létre az a_{gR} értékeire vonatkozó kötelező konszenzusos megállapodás, az NA nemzeti melléklet *tájékoztató* értéként adta meg az EC8-1 szerinti, 475 év visszatérési periódusidő esetére ajánlott, sziklára számított a_{gR} referencia gyorsulási értékeket, valamint a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) hivatalos állásfoglalása szerinti 0,7 szeres a_{gR} gyorsulási értékeket is. (Lényegében a gyorsulási értékekből számított vízszintes erőre kell az épületeket méretezni.)

Az EC8-1 azonban nem vonatkozott a meglévő épületekre. Ezért az MMK által a meglévő épületre vonatkozó TSZ 01-2010 Műszaki Szabályzatába került egy olyan előírás, hogy az EC8-3 megjelenéséig, ha a meglévő épületeket felújítják, akkor legalább a régi MI.04.133-81 előírásnak feleljenek meg. Az EC8-3 megjelenése után természetesen azt kell figyelembe venni.

A meglévő épületekre az EC8-3 füzet érvénybe lépett 2011-ben. Ez lényegében azt írja elő, hogy *hatósági előírás* esetén kell a meglévő épületet földrengési összeomlás szempontjából felülvizsgálni. Ehhez különböző valószínűségi szinthez tartozó, az a_{gR} referenciagyorsulásra vonatkozó csökkentő szorzókat (0,7- és 0,4 között) ad meg tájékoztatóként, és figyelembe lehet venni további csökkentésként azt is, hogy az épület már élete egy részét leélte.

Tehát jelenleg lényegében a helyzet a következő:

A 2009, jan.1 után épült új épületet az EC8-1 által ajánlott biztonsági szint 0,7 szeresére lehet méretezni.

Egy konkrét, 2009, jan.1 előtt épült meglévő épület esetén a nemzeti hatóság írhatja elő a kötelezően alkalmazandó védelmi szintet, az EC8-3 NB tájékoztató melléklet adta korlátok között, (de legalább a korábbi MI 04-133.81 előírást kielégítve).

Egy külön problémát jelent, hogy mindenki úgy értelmezte, hogy az épületre ható gyorsulást a 475 évben egyszer előforduló földrengés esetére meghatározott a_{gR} gyorsulás értékkel azonos értékkel kell figyelembe venni. Pedig nyilvánvaló, hogy a gyorsulásnak függenie kell az adott épület tervezési élettartamától is, hiszen ha a tervezési élettartam 475 év, akkor az a_{gR} érvényes, ha pedig az élettartam zérus, akkor zérus gyorsulás kell legyen érvényes rá.

3, AZ a_{gR} ALAPÚ FÖLDRENGÉS MÉRETEZÉS KRITIKÁJA

3.1. A földrengési károk elemzése

A kármegelőzésnél elméletek alapelve az, hogy az előzetes védelmi költségek ne haladják meg a védelem elmaradása esetén bekövetkező kárkölségeket. Ezt bizonyos mértékig torzíthatja az emberélet védelmének kérdése. (Ezt is számításba szokták venni úgy, hogy a kárkölségeket megnövelik emberáldozatonként az átlagos 70 éves (50 éves aktív) emberélet alatt megtermelt bruttó nemzeti termék értékével.)

A földrengési károk két nagy csoportra oszthatók. Az első az **emberéletekben** bekövetkező kár, melyet az áldozatok számával jellemeznek. A nagy földrengések emberáldozatainak száma igen magas szokott lenni, a 10-20 ezres számok körül mozog, de néha eléri a több százezres számot is. Szerencsére a magyarországi földrengések nem követeltek halálos áldozatokat.

Egyetlen adat található, az 1956 évben kipattant Dunaharaszti rezgésről készült *Híradó* két halálos áldozatot említ. A későbbi hivatalos jelentések. és leírások viszont nem említenek áldozatokat, csak jelentős anyagi károkat. Így Dunaharaszti körzetében pl. 80-100 épületet kellett újjáépíteni.

A többi ismert magyarországi nagyobb földrengés (456-Szombathely, 1834-Érmellék, 1911-Kecskemét, 1810- Mór, 1925-Eger, 1985-Berhida, 2011-Oroszlány) ismertetései sem említenek emberáldozatokat. Az 1763 évi komáromi rezgés leírása ugyan említ 63 halálos áldozatot, de ez a Duna túloldalára, a mai Révkomáromra vonatkozik, és nem a mai Magyarország területére. *Nyugodt lelkiismerettel mondhatjuk tehát, hogy hazánkra nem jellemzőek a halálos áldozatokkal járó földrengések.*

Így a bekövetkezett földrengéskárok értékelése során a második kárcsoportra, az **anyagi károk** területére fordíthatjuk a figyelmünket. Itt felsoroljuk a már említett a jelentősebb hazai földrengéseket.

Hely	Évszám	Magnitúdó
Szombathely	456	6,1
Komárom	1763	6,3
Mór	1810	5,4
Érmellék	1834	6,2
Eger	1925	5,0
Dunaharaszti	1956	5,6
Berhida	1985	4,9
Oroszlány	2011	4,7

(Meg kell jegyezni, hogy az első négy rengés erősségét műszeres mérés hiányában a bekövetkező károkból következtetéssel, becsülve határozták meg.) Így megbízható értéknek az utolsó négyet tekinthetjük.

Becslés szerint a legerősebb földrengés mintegy 30000 km² területen érezhető, és mintegy 3000 km² területen okoz számottevő károkat. (Vegyük figyelembe, hogy az ország területe kb. 93000 km², tehát a kárzóna az ország területének mintegy 3%-ára terjed ki.) Arra is figyelemmel kell lenni, hogy a károk jelentősebb hányada a gyenge minőségű, ill. hibás kivitelezésű, régi épületeken következtek be, melyek egyáltalán nem voltak földrengés ellen méretezve.

Hogy a károkat érzékelni lehessen, megkíséreljük a *berhidai*, 4,9 Magnitúdójú földrengés során bekövetkezett károkat a mai, 2012 árszinten értékelni, az eltelt időt 25 évre véve. (Részletesebben az M3 mellékletben.)

A korabeli hivatalos értékelés szerint a kárfelmérések alapján a károk összege 150 millió forint volt. Figyelembe a Dunaharaszti földrengést is, és a Statisztikai Hivatal (KSH) árindex adatait, ez ma 12 milliárd forintot jelent. Az eltelt 25 éves periódusra figyelemmel ez évi 500 millió forintot jelent. (Az ilyen erős földrengések visszatérési ideje országos szinten mintegy 25 év.). Miután 2012-ig nem volt jelentősebb földrengés, a kisebb földrengések kárait is figyelembe véve az éves kárrészt ennek kétszeresére, azaz 1,0 milliárd forintra becsülhetjük.

A korszerű kármegelőző értékelések szerint az optimális kármegelőzés akkor adódik, ha a kármegelőzés költsége nem nagyobb, mint a kár javítási költsége. Ezért vizsgáljuk meg, hogy az új a_{gR} referenciagyorsulás alapú földrengésvédelmi méretezés költségtöbblete milyen volument jelent.

A magyarországi építési volumen (normál gazdasági helyzetet figyelembe véve) a KSH adatbázisa szerint évi 2500 milliárd forint. A tartószerkezeti hányad a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) elemzése szerint a teljes építési költség 20 %-ára tehető, az EC8 ajánlásának megfelelő földrengésvédelmi többlet pedig átlagos szinten szintén 20 %-a a teherhordó szerkezeti költségnek. A kidolgozott számpéldák elemzése szerint az $a_{gR} = 0,10g$ gyorsulás alapú méretezés esetén a földrengésvédelmi költség a teljes építési költség 4-5 %-a. Így normál gazdasági helyzet esetén évi 100 milliárd forintra tehető. A mai gazdasági helyzetben az építési volumen 25 %-os, így ma ez 25 milliárd forintot jelent. Egyértelmű, hogy ez az összeg *nagyságrenddel nagyobb* az 1000 milliónál, így az Eurocode8 (EC8) szerinti a_{gR} alapú földrengésvédelmi szint normál gazdasági helyzetet figyelembe véve jóval magasabb, mintegy 100 szorososa a költség optimum szerint indokoltnak.

3.2. A földrengéserősség kritikai elemzése

A földrengés erősség meghatározás vonatkozásában két kritika megjegyzés tehető.

Az egyik kritikai megjegyzés az, hogy az EC8 (EN) a földrengési erő meghatározásához a földrengési hullám csúcsgyorsulást veszi figyelembe, ellentétben a korábbi (ENV) tervezetek effektív gyorsulási értékei helyett. A dinamika általában az effektív gyorsulás értékét használja, mely azonos energiaszintet ad, mint a tényleges hullám energiaszintje. A csúcsgyorsulás mintegy 40%-al nagyobb, mint az effektív gyorsulás. (Az MMK állásfoglalása a szomszédos országokkal (Ausztria, Szlovákia, Horvátország, Szlovénia) egyeztetve éppen ezért adta ki hivatalos álláspontját, mely szerint nem követ el etikai vétséget, aki a 0,7 szoros a_{gR} gyorsulásra méretez.

A másik kritikai megjegyzés az, hogy az épületszerkezetet nem a csúcsgyorsulás gerjeszti, de nem is az effektív gyorsulás, mert a pozitív és negatív hullámok egymást követve, jelentős mértékben kioltják egymás hatását. Így a tényleges gyorsulási hatást a pozitív és negatív hullámok különbsége, és a hullámok egymáshoz képesti eltolódási értéke produkálja. Ez pedig összességében a csúcsgyorsulási értékeknek csak 25-35 %-a. Így tulajdonképp a 0,3 csökkentő szorzó volna indokolt az MMK 0,7 szorzója helyett. Ez esetben is mintegy kétszeres vízszintes erőre kellene méretezni az épületeinket, mint a korábbi MI Műszaki Irányelv szerint, ill. mint amit a szélteher jelent.

Bár ez is kemény szigorítás, de még elviselhető költségszintet jelentene, és minden valószínűség szerint nemcsak elegendő, de fölös biztonsági szintet is. Hiszen a *jól megépített* korábbi épületek zömmel csak repedés és kémény károkat szenvedtek az eddigi földrengések során. Csak elszórtan szenvedtek súlyosabb károkat, főleg a vasbetonkoszorúk hiánya miatt, annak dacára, hogy egyáltalán nem méretezték őket földrengés ellen. Katasztrófális progresszív épület összeomlásról pedig nem szólnak a leírások.

Sajnos ezt a hibát mind az EC8 szerint javasolt modálanalízis, mind pedig az engedélyezett vízszintes erők módszere (HSM, azaz Helyettesítő Statikai Módszer), tartalmazza. (Mindkét módszer nemzetközi szinten elfogadott eljárás.) A hibát a pontos méretezésnek tekinthető „time history” (időtörténeti) módszer küszöbölhetné ki, de ehhez a korábbi földrengésekről egy részletes adatbázis lenne szükséges, mely hazánkban egyáltalán nem áll rendelkezésre.

A fentieket áttekintve látható, hogy az új épületekre a Mérnöki Kamara állásfoglalása szerinti 0,7 szorzóval csökkentett földrengés erősségi szint is még túl kemény feltételeket teremt, melyek egyáltalán nincsenek összhangban az ország gazdasági helyzetével. Ezért átgondolása lenne szükséges. E célból kutatást indított a Magyar Mérnöki Kamara, hogy nincs e valami hiba az EC8 szokásos hazai értelmezésében. A földrengés gyorsulási értékeket az EC8 alapján valószínűségelmélet szerint határozták meg. Annak kiderítésére, hogy nincs e valami értelmezésbeli félreértés, az MMK megbízta a BME Matematikai Intézetének Sztochasztika Tanszékét ennek kikutatásával.

3.3. A kutatási jelentés lényegében a következőket állapította meg:

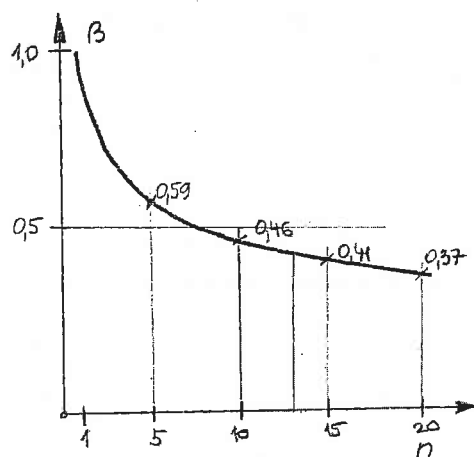
(A BME Matematikai Intézet kutatási jelentése alapján.)

a, A Poisson eloszlás következményei.

Nagyon fontos a kijelölt földrengési zónák mérete. Ha egy zóna 30 km sugarú kör (ez egy hazai földrengés kárközete), és abban egy lehetséges helyre (helyiségre) határozták meg az epicentrális földrengéserősséget, akkor ez a többi, a körön belüli helyre több mint 10 szoros értéket jelenthet. Ebből levezethető, hogy a teljes kárközetre meghatározandó földrengéserősség a körön belüli települések számától is függ. Tehát a Zóna nagysága a valószínűség Poisson modellje szerint befolyásolja az a_{gR} értékét. Ha a zónába két potenciálisan károsodható város esik, akkor a tényleg szükséges a_{gR} érték 1,26 szorosa adódik, ha pedig 8 város kerül egy zónába, akkor kétszeres érték adódik. Így, ha két város esik egy potenciálisan károsodható körzetre, akkor az EC8-1 szerint megállapított a_{gR} értékre 0,8 szoros, ha pedig 8 város esik egy zónába, akkor 0,5 szörös a szorzó. Ha n város esik a zónába, akkor a reális a_{gR} érték β szoros, ahol $\beta = 1/n^{0,333}$.

Hazánkban a Komárom-északBalatont átfogó 5.-ös zóna kb. 50x110 km méretű, azaz két kárközetest fed le (valóságban is két markáns törésvonal halad át a területen).

Az északi körzetbe 5 város (Komárom, Kisbér, Tata, Tatabánya és Oroszlány, a déli körzetbe ugyancsak 5 város (Mór, Zirc, Várpalota, Veszprém és Székesfehérvár) esik. Öt városra $\beta = 0,58$ adódik, tehát az EC8-1 elvei szerint meghatározott a_{gR} érték 1,7 szerese a szükségesnek. A Budapestet is magába foglaló 4.es zóna 13 nagyobb várost foglal magába. (Budaörs, Budapest, Szigetszentmiklós, Dunaharaszti, Gyál, Vecsés, Pécel, Kerepestarcsa, Gyömrő, Monor, Jászberény, Nagykáta, Jászapáti.) Így $\beta = 0,43$ adódik. Itt az EC8-1 elvei szerint meghatározott a_{gR} érték 2,35 szöröse a szükségesnek.



n a 3000km² körzetbe eső városok száma

1. ábra. A városszám szerinti csökkentő tényező

Bár a matematikából ez a csökkentés következne, de az EC8 adottságai miatt ezzel nem tudunk élni, de tudomásul vehetjük, hogy az EC8 szerint meghatározott zónagyorsulási referencia értékek túlzottak.

b, A tervezési földrengéserősség kérdésköre.

Az EC8-1 nek a 2. fejezete 2.1/(4) pontjának melléklete megadja, hogy ha az épület tervezési élettartama T_L , és a visszatérési periódusidő T_{LR} , akkor az épületre ható tervezési földrengésgyorsulás alapértéke a $\gamma_1 \cdot a_{gR}$ összefüggéssel számítható. Itt

$\gamma_1 = \sqrt[3]{T_L / T_{LR}}$ az épület tervezési élettartamától függő épületfontossági szorzó. Az EC8-1 nem ad indokolást az összefüggésre, a köbgyököt csak ajánlja.

A szakirodalomban található értékelés különböző kitevőkkel, és a köbgyököt találták legcélszerűbbnek [7].

A BME Matematikai Intézet *Sztocasztikai Tanszék* tanulmánya [17] szerint indokoltabb lett volna a $\gamma_1 = \ln T_L / \ln T_{LR}$. A köbgyökös kifejezés alacsonyabb értéket ad, az eltérés a két összefüggés között mintegy 30%.

Bár nem tudjuk, hogy az EC8-1 köbgyökös kifejezése honnan származik, a két kifejezés jellege megegyezik, ezért az EC8-1 köbgyökös kifejezése szabványosan használható. Meg kell jegyezni, hogy az EC8-1 szövegezése elég nehezen érthető. Műtán az EC jelölésrendszer csak egy γ_1 fontossági tényezőt ismer, ugyanazt a jelet használja a tervezési élettartamra való tervezés fontossági tényezőjénél, és az épületfontosság fontossági tényezőjénél. (Ezt mi $\gamma_{1,ef}$ -nek fogjuk nevezni.)

Az épületfontossági tényezőt úgy fogalmazzuk meg, hogy ha a visszatérési periódus (475 év) idejére a II. fontosságú épületre a fontossági tényező 1,0, az épületfontossági tényező a különböző fontosságú épületekre mekkora. Ebből logikailag következik, hogy ez egy szorzótényező.

c, A várható földrengéserősség valószínűség-elméleti becslése.

Az EC szerint jelzett Poisson eloszlás csak a földrengés gyakoriságára vonatkozik, a földrengéserősség gyorsulási értékeinek meghatározására nem. A relatív pontos értékek meghatározásához több 475 éves periódus földrengésadataira lenne szükség. De ezt nem ismerjük, sőt egyetlen ilyen periódusra sincsenek adataink. Ezért a kisebb földrengések adatbázisából a konfidencia intervallum figyelembevételével, az illeszkedésvizsgálat és a Kolgomorov próba segítségével lehet becslést adni várható olyan földrengés nagyságra, amilyen még sohasem volt.

4. JAVASLAT A FÖLDRENGÉS ERŐSSÉG KORLÁTAINAK ELŐÍRÁSÁRA:

(Az EC8 szabványok és a Nemzeti Mellékletek tájékoztatása adta lehetőségek
figyelembevételével.)

Az építmények méretezésénél figyelembeveendő földrengéserősség meghatározását az MSZ-EN 1998-1 (Eurocode 8-1, röviden EC8-1) szabvány a nemzeti hatóság hatáskörébe utalja. Figyelembe véve az ország gazdasági helyzetét, és hogy az EC8-1 ajánlott földrengés erősségi adatai túlzottak, lehetőség van az új OTÉK keretében realisabb korlátok meghatározására. Külön korlát kell a tervezendő, és a 2010 előtti építményekre. (2010 jan. 1 óta kötelező a földrengési méretezés.)

E célból javasoltuk az OTÉK 55.§ (1) pontját a következőre módosítani.

55.§ (1) Az építményt, és annak részeit, szerkezeteit úgy kell méretezni, és megvalósítani, hogy a környezetből érkező zaj és rezgéshatásoknak (pl. a szeizmikus földrengési hatásnak, és a forgalmi rezgéshatásoknak) az előírt mértékben ellenálljon, ill. azt meghatározott mértékig csillapítsa.

A földrengés elleni méretezéshez az MSZ-EN 1998-1 (Eurocode8-1, röviden EC8-1) szabvány ad előírásokat és tájékoztatásokat. Az EC8 által javasolt, 475 éves visszatérési periódushoz, és 10%-s túllépési valószínűséghez tartozó a_{gR} talajgyorsulási referenciaértékeket az EC8-1 tájékoztató Nemzeti Melléklete Magyarország minden egyes helyiségére tartalmazza. A figyelembeveendő értékekre az EC8 nem tartalmaz előírást. Ezért földrengéshatás 475 éves visszatérési periódushoz tartozó a_{gR} vízszintes gyorsulás referenciaértékének mértékét az építető által megkívánt biztonság figyelembevételével az építmény felelős tervezőjének kell megválasztani, az előírások korlátain belül. A megválasztott értéket az építési engedélyben kell rögzíteni. Javasolt az EC8-1 szabvány NB (tájékoztató) Nemzeti Melléklete NB2 pontjában megadott 30% túllépési valószínűséghez ($P_{NCR}=30\%$) tartozó 0,7 szorzó alkalmazása az NB1 táblázatban megadott a_{gR} referenciaértékekre.

Az új, tervezendő építményekre figyelembevett vízszintes gyorsulás a_{gR} referenciaértéke nem lehet kisebb, mint az EC8-1 szabvány szerint sziklára számított a_{gR} gyorsulási referenciaérték NB1 táblázatban megadott értékének a fele. (Ez $P_{NRC} = 50\%$ -os túllépési valószínűségnek felel meg.)

A 2010 előtt épült építményeket akkor kell földrengésre ellenőrizni, ha azt az építési hatóság előírja, ill. ha az építményből merevítő elemeket (pl. legalább 10cm-es válaszfal) eltávolítanak. A meglévő építményekre figyelembevett vízszintes gyorsulás a_{gR} referenciaértéke nem lehet kisebb, mint az EC8-1 szabvány szerint sziklára számított a_{gR} gyorsulási referenciaérték NB1 táblázatban megadott értékének a harmada. (Ez $P_{NRC} = 50\%$ -os túllépési valószínűségnek felel meg.)

A tervezésnél figyelembeveendő a_g vízszintes gyorsulásértéket az előbbiek szerint meghatározott a_{gR} referenciaértékből az $a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$ összefüggéssel lehet számítani, ahol γ_1 az EC8-1 szabvány 2.1 fejezet (4) pontja, és a Nemzeti Melléklet NA4.3 pontja szerinti tervezési élettartam szerinti fontossági tényező. A fontossági tényező két rész szorzatából tevődik össze. Az első rész a 475 év visszatérési periódusidőt figyelembe véve, az épület tervezési T_L élettartama (év) szerint, a második rész pedig az épület fontossága szerint veendő figyelembe.

A γ_1 fontossági tényező *első része* a szabványos $T_{LR}=475$ év visszatérési referenciaidő esetén az EC8-1 szabvány 2.1 fejezet (4) pontja szerint számítva a $\gamma_1 = \sqrt[3]{T_L/T_{LR}}$ képletből határozható meg Itt T_L a létesítmény tervezési élettartama. Az MSZ EN 1990 szerint normál épületre ez 50 év, jelentős létesítmény esetén pedig 100 év. Normál esetben a $T_L=50$ év tervezési élettartam esetén $\gamma_1=0,4725$. és $T_L=100$ év tervezési élettartam esetén $\gamma_1=0,5949$ módosító értéket jelent.)

A fontossági tényező *második része* pedig az EC8-1 szabvány Nemzeti Melléklet NA4.3 pontja szerinti, az épület fontosságától függő módosító tényező. Ez, kevésbé fontos épületnél 0,8, normál épületnél 1,0, fontos épületnél 1,2, és igen fontos épületnél pedig 1,4.)

Budapest, 2012-04-24

Dr. Farkas György

egyetemi tanár

a Magyar Szabványügyi Testület
MB-119 Műszaki Bizottság elnöke

Dr. Dulácska Endre

Prof. Emeritus egyetemi tanár

a Magyar Tudományos Akadémia
Földrengésmérnöki Bizottság elnöke

Ezt a javaslatot átadtuk az MMK elnökének, aki azt továbbította az illetékes minisztérium megfelelő osztályára, azzal a kéréssel, hogy az OTÉK-ot módosítsák ennek megfelelően. Ez a módosítás az OTÉK legújabb kiadásában nem szerepel. Tekintettel arra, hogy a módosítási javaslat az épülettervezés számára igen fontos információkat tartalmaz, és az egész ország számára súlyos anyagi konzekvenciákkal is jár ezeknek a kérdéseknek a tisztázatlansága, javasolható, hogy az MMK adjon ki hivatalos közleményként egy, a hazai földrengéserősség meghatározását tartalmazó, egységes, logikus, gazdaságos tájékoztató irányelvet. Ezt az irányelvet megkíséreljük megfogalmazni a következő 5.. fejezetben.

5. IRÁNYELV

AZ ÉPÍTMÉNYEK FÖLDRENGÉSI RELATÍV GYORSULÁS a_{gd}/g TERVEZÉSI ALAPÉRTÉKEINEK MEGHATÁROZÁSA

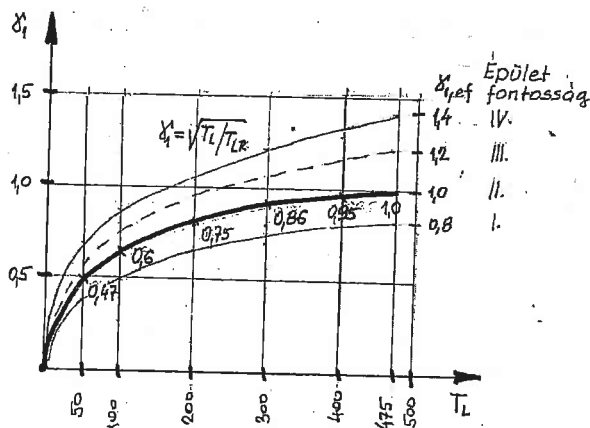
A 475 éves visszatérési periódusidőhöz, és 10% túllépési valószínűséghez tartozó a_{gR} referenciagyorsulás adatait az EC-8-1 szabvány NB tájékoztató nemzeti melléklete Magyarország minden helyiségére tartalmazza. Ugyancsak az NB mellékletben található a 30%-os valószínűséghez tartozó, 0,7 szorzóval csökkentett értékek is. (Indokolt, és káranalízissal igazolt esetekben az a_{gR} referencia gyorsulás értékére a 0,7 nél kisebb szorzó is alkalmazható.) Ezekből a referenciagyorsulási értékekből az épületek méretezéséhez számításba veendő gyorsulási értékeket a következők szerint kell meghatározni.

5.1. Tervezendő új épületek földrengési a_{gd} tervezési gyorsulási alapértékei

Az épületek tervezési élettartama az MSZ en 1990 szabvány szerint közönséges épületek estén $T_L=50$ év, fontos építmények esetében pedig $T_L=100$ év.

Az EC8-1 szabvány 2 fejezet 2.1/(4) pontja szerint a T_L tervezési élettartam szerinti fontossági tényező: $\gamma_1 = \sqrt[3]{T_L/T_{LR}}$.

Az épületfontosságot a $\gamma_{1,ef}$ -szorzótényezővel fejezzük ki. (A $\gamma_{1,ef}$ nem EC jelölés, de nem is tiltott.) Az EC8-1 az épületfontossági tényezőt úgy fogalmazza meg, hogy ha a visszatérési periódus (475 év) idejére a II. fontosságú épületre a fontossági tényező 1,0, akkor az épületfontossági tényező a különböző fontosságú épületekre mekkora. Ebből logikailag következik, hogy ez egy szorzótényező. A fontossági tényezőt grafikusán a következő ábrán mutatjuk be:



2. ábra. A fontossági tényező a T_L tervezési élettartam függvényében

A fontossági tényező $\gamma_1 = 0,128 \cdot \sqrt[3]{T_L}$, ha a figyelembevett földrengés visszatérési periódusidő: $T_{L,R} = 475$ év. Ez esetben a tervezési relatív gyorsulási alapérték:

$$a_{gd}/g = \gamma_{1,ef} \cdot \gamma_1 \cdot a_{g,R}/g.$$

Ha a II. épületfontossági osztályra az EC8-1 szerinti, a_{gR} zónagyorsulási referenciaértéket vesszük figyelembe, akkor zónánként, és tervezési élettartamok szerinti egyes a_g/g tervezési gyorsulás értékek a következők:

1. Zóna: $T_L = 50$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{50} \cdot 0,080 = 0,038$
 $T_L = 100$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{100} \cdot 0,080 = 0,047$
2. Zóna: $T_L = 50$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{50} \cdot 0,100 = 0,047$
 $T_L = 100$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{100} \cdot 0,100 = 0,059$
3. Zóna: $T_L = 50$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{50} \cdot 0,120 = 0,057$
 $T_L = 100$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{100} \cdot 0,120 = 0,071$
4. Zóna: $T_L = 50$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{50} \cdot 0,140 = 0,066$
 $T_L = 100$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{100} \cdot 0,140 = 0,083$
5. Zóna: $T_L = 50$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{50} \cdot 0,150 = 0,071$
 $T_L = 100$ esetén : $a_g/g = 0,128 \cdot \sqrt[3]{100} \cdot 0,150 = 0,089$

Az így meghatározott értékeket meg kell szorozni az ef: I. II. III. és IV épületfontosságához tartozó $\gamma_{1,ef}$ épületfontossági tényezőkkel. Itt *ef* az épületfontossági osztály általunk alkalmazott jele. (Nem EC jelölés.)

Az épületfontossági osztályok

- I. oszt. Kisebb jelentőségű (pl. mezőgazdasági) épületek,
 II. oszt. Átlagos épületek (pl. lakóházak, irodák)
 III. oszt. Sok embert befogadó épületek (pl. iskola, színház, bevásárló központ.)
 IV. oszt. Szükségesen működő épületek a földrengés után (pl. kórház, erőmű, tűzoltóság, vízmű, stb.)

A $\gamma_{1,ef}$ tényezők: $\gamma_{1,I} = 0,08 \cdot \gamma_1$, $\gamma_{1,II} = 1,00 \gamma_1$, $\gamma_{1,III} = 1,2 \gamma_1$, $\gamma_{1,IV} = 1,4 \gamma_1$

Az a_{gd}/g tervezési értékek a $\gamma_{1,ef}$ és az a_g/g szorzataként számítandók. Tehát:

$$a_{gd}/g = \gamma_{1,ef} \cdot a_g/g = \gamma_{1,ef} \cdot \gamma_1 \cdot a_{gR}$$

A vízszintes gyorsulás a_{gR} referenciaértékét nem szabad kisebbre felvenni, mint az EC8-1 szabvány szerint sziklára számított a_{gR} gyorsulási referenciaérték NB1 táblázatban megadott érték fele. (Ez $P_{NRC} = 50\%$ -os túllépési valószínűségnek felel meg.)

Az EC8-1 szerint nem kell földrengési ellenőrzés, ha az a_{gd} / g érték kisebb 0,4 nél. Ebből következően az 1. Zónába tervezendő I. és II. fontossági osztályba tartozó épületek esetében nincs szükség a földrengési ellenőrzésre.

5.2. A tervezendő új épületek földrengési kárkorlátozási vizsgálata

A kárkorlátozás az I. és II. fontossági osztályú létesítményeknél 0,4 szerez, II. és IV. fontossági osztályú létesítményeknél pedig fél gyorsulásra vizsgálandó, az egyes szintek közötti elmozdulás (interstory drift) korlátozásával.

5.3. Meglévő régi épületek földrengési a_{gd} tervezési gyorsulási alapértékei

Meglévő épületre az össze nem omlás követelményét az EC8-3 szerint akkor kell igazolni, ha erre külön előírás történik. (Jelenleg külön előírás az MMK TSZ 01-2012 Műszaki Szabályzata, mely szerint a 2009 jan.1 előtti épületet felülvizsgálat esetén legalább a régi MI 04.133-81 Műszaki Irányelvben meghatározott védelmi szintnek megfelelően kell ellenőrizni, mert 2009 jan. 1 től kezdve hatályos az EC8-1)

A 2009 jan. 1 után épült épület legalább feleljen meg a tervezésnél figyelembevett, EC8-3 NB mellékletben megadott, de legalább 0,4 szorzóval számított gyorsulásra.

A gyorsulási értékeket a tervezendő új épületek földrengési a_{gd} tervezési gyorsulási alapértékei figyelembevételével, de az EC8-3 NB mellékletben megadott csökkentő szorzók figyelembevételével kell felvenni. Nem szabad 0,4-nél kisebb csökkentő szorzót alkalmazni.

A fentiekén túlmenően mindig alkalmazható az EC8-3 NB2 pont szerinti, a további tervezett élettartam és az eredeti tervezett élettartam hányadosa szerinti alfa csökkentő szorzó.

Meglévő épületet esetében a kárkorlátozást nem kell igazolni.

Budapest, 2012-11-30

IRODALOM

- [1] Bisztricsány,E.: Mérnök-szeizmológia. Akadémiai Kiadó. Bp.1974
- [2] Csák-Hunyadi-Vértés: Földrengések hatása az építményekre.Műsz.Kiadó.Bp.1981.
- [3] Dulácska,E.: A földrengés mérnöki értékelése. Építés-Építészettudomány, 94/1-2.
- [4] Dulácska,E.-Kollár,L.: Méretezés földrengésre az európai elvek figyelembevételével. Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti Tagozat TT-TS 4. 2003
- [5] Dulácska,E.: Földrengésveszély, földrengés elleni védelem. Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat, Budapest, TT-Ts 3. 2000.
- [6] Dulácska-Joó-Kollár.: Tartószerkezetek tervezése földrengési hatásokra. (Az Eurocode alapján.) Akadémiai Kiadó. Budapest, 2008.
- [7] Dulácska,E.: Földrengés elleni védelem, egyszerű tervezés az Eurocode 8 alapján. Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti tagozat, Bp. 2009.
- [8] Workshop „EC8, Lisbon, 10-11. Feb. 2011. Eurocode (: Seismic Design of Buildings, Worked Examples. Auctors: P.Bisch, E.Carvalho. H.Degree, P.Fajfar, M.Fardis, P.Franchin, M.Kreslin, A.Packer, P.Pinto, A.Plumier, H.Somja, G.Tsionis.
- [9] Georisk.: Magyarország Földrengési Információs Rendszere (FIR) www.foldrenges.hu
- [10] Grünthal,G.: European Macroseismic Scale 1998. European Seismological Commission, Luxemburg, 1998.
- [11] Müller-Keintzel.: Erdbebensicherung von Hochbauten. Ernst und Sohn. Berlin, 1984.
- [12] MSZ EN 1998-1 (EUROCODE8-1, röviden EC8-1): Tartószerkezetek földrengés-állóságának tervezése, 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok. (Bp. 2008, Magyar Szabványügyi Testület.
- [13] MSZ EN 1998-3 (EUROCODE8-3, röviden EC8-3): Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 3. rész: Épületek értékelése és helyreállítása. k. (Bp. 2009, Magyar Szabványügyi Testület.
- [14] Newmark-Rosenbluth.: Fundamentals of Earthquake Engineering. Prentice Hall.1971
- [15] Réthly A.: A Kárpát -medence földrengései. Akadémiai Kiadó.Bp.1952.
- [16] Tóth-Mónus-Zsíros.: Hungarian Earthquake Bulletin. 1996-97-98.
- [17] Sztohasztikai Tanszék (BME Matematikai Intézet, Barabás B.) Matematikai háttér az EC8 Eurocode-hoz. Bp. 2012. november

M1. MELLÉKLET

Az EC8-1 NB tájékoztató nemzeti melléklete

MSZ EN 1998-1:2008

NB nemzeti melléklet
(tájékoztató)

Kiegészítő információk

NB1. Az NA3.3. szakaszhoz:

A 2.1. szakasz (1)P bekezdésének 1. megjegyzésében ajánlott $T_{NCR} = 475$ év és $P_{NCR} = 10\%$ értékhez tartozó szeizmikus zónatérkép és a talajgyorsulási referenciaértékeket az NB1. ábra mutatja, az a_{gR} talajgyorsulás településenkénti referenciaértékeit pedig az NB1. táblázat tartalmazza.

NB2. 30%-os túllépési valószínűséghez ($P_{NCR} = 30\%$) az a_{gR} NB1. táblázat szerinti értékeinek mintegy 0,7-szerese tartozik.

M2. MELLÉKLET

Az EC8-3 NB tájékoztató nemzeti melléklete

MSZ EN 1998-3:2011

NB nemzeti melléklet (tájékoztató)

Kiegészítő információk

NB1. Az új épületekre az 50 éves referencia-időszakra vonatkozó, $T_{NCR} = 475$ év és $P_{NCR} = 10\%$ értékhez tartozó szeizmikus zónatérképet és az a_{gr} talajgyorsulási referenciaértékeket az MSZ EN 1998-1:2008 tájékoztató NB nemzeti melléklete tartalmazza.

NB2. A meglévő épületekre vonatkozó T_{NCR} visszatérési időket az épület várható további T_v élettartama és a T_{terv} tervezési élettartama hányadosaként képzett $\alpha = T_v/T_{terv}$ 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} NB1. 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} NB1. szerinti értékének mintegy 0,6 szerese tartozik.

NB2.3. Az 50%-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 50\%$, $T_{NCR} = 75$ év) az a_{gr} NB1. szerinti értékének mintegy 0,5 szerese tartozik.

NB2.4. A 60%-os túllépési valószínűséghez ($P_{NRC} = 60\%$, $T_{NCR} = 50$ év) az a_{gr} NB1. szerinti értékének mintegy 0,4 szerese tartozik.

A szövegben hivatkozott európai szabványok

EN 1990	Eurocode: Basis of structural design
EN 1992-1-1	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1993-1-8	Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-8: Design of joints
EN 1993-1-10	Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties
EN 1998-1	Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

A nemzeti mellékletekben hivatkozott szabvány

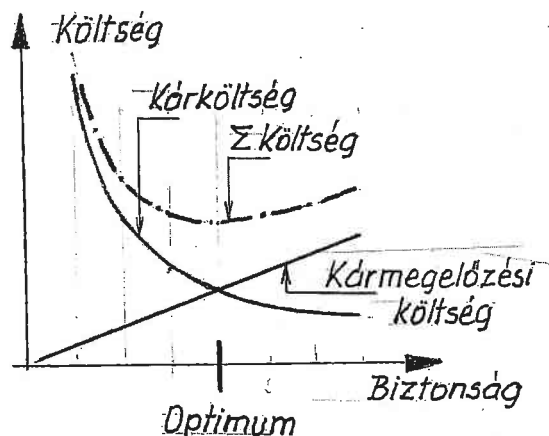
MSZ EN 1998-1:2008	Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A szabványokkal kapcsolatos minden változást a Magyar Szabványügyi Testület a Szabványügyi Közlönyben hirdeti meg. A Szabványügyi Közlönyt előfizetésben terjeszti a Posta Központi Hírlap Iroda: 1900 Budapest. A szabványok megvásárolhatók vagy megrendelhetők az MSZT Szabványboltban (Budapest VIII., Horváth Mihály tér 1. 1082, telefon: 456-6892, telefax: 456-6884, levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450), illetve elektronikus formában beszerezhetők a www.mszt.hu/webstore címen. A helyesbítő, módosító indítványokat és észrevételeket megfelelő indoklással a Magyar Szabványügyi Testülethez (Budapest VIII., Horváth Mihály tér 1., levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450, telefon: 456-6892, telefax: 456-6884) lehet benyújtani.
Kiadja: a Magyar Szabványügyi Testület.

M3. MELLÉKLET

A földrengési méretezés költségbeclése

A korszerű kármegelőző elméletek szerint az optimális kármegelőzés akkor adódik, ha a kármegelőzés költsége nem nagyobb, mint a kár javítási költsége. Ezt a 3. ábrán szemléltetjük.



3. ábra. Költségoptimum

A kárköltségbe az egy emberélet elvesztése okozta veszteséget az egy főre jutó, az egész tevékeny életre (kb. 50 év) számított GDP értékével szokták figyelembe venni. Tekintve, hogy a mai Magyarország területén földrengés következtében még nem volt emberélet veszteség, ezzel a tétellel nem kell számolnunk. Így a kárköltséget a létesítmények javítási, ill. újrалétesítési költségösszegeként számíthatjuk.

A magyarországi földrengéskár beclése

Az elmúlt 100 évben a műszeresen megfigyelt magyarországi legnagyobb földrengések idejét, és a Magnitúdó nagyságát a következő táblázat mutatja:

Eger	1925	M=5,0
Dunaharaszti	1956	M=5,6
Berhida	1985	M=4,9
Oroszlány	2011	M=4,7

Hogy a károkat érzékelni lehessen, megkíséreljük a **Berhidai**, 4,9 Magnitúdójú földrengés során bekövetkezett károk alapján értékelni a földrengések éves károkozási értékét. (Ugyanis csak ennek a rengésnek ismert az egykori kárösszege.)

Becslés szerint a legerősebb földrengés mintegy 30000 km² területen érezhető, és mintegy 3000 km² területen okoz számottevő károkat. (Vegyük figyelembe, hogy az ország területe kb. 93000 km², tehát a kárzóna az ország területének mintegy 3%-ára terjed ki.) Arra is figyelemmel kell lenni, hogy a károk jelentősebb hányada a gyenge minőségű, ill. hibás kivitelezésű, régi épületeken következtek be, melyek egyáltalán nem voltak földrengés ellen méretezve.

Kiszámítottuk az egyes földrengésekhez tartozó energianagyságokat, átlagoltuk, és azt kaptuk, hogy az átlag $M=5,2$. Az ehhez tartozó energianagyság kétszerese a Berhidai $M=4,9$ erősségű földrengéshez tartozónak. A következőkben tételezzük fel, hogy a földrengés okozta károk összege arányos a földrengés során felszabadult energiával. Egyedül a Berhidai földrengésnek ismerjük az összesített kárértékét. Ez a korabeli értékelés alapján kiadott hivatalos jelentés szerint 1985-ben 150 millió forint volt. Az átlagos magnitúdó $5,2$ értékre ennek a kétszeresét, azaz háromszáz millió forintot számíthatunk.

. Figyelembe véve az elmúlt 25 évre a Statisztikai Hivatal (KSH) 40 szerez árindex adatait, ez ma 12 milliárd forintnak felel meg. Az eltelt 25 éves periódusra figyelemmel ez kereken évi 500 millió forintot jelent. (Az ilyen erős földrengések visszatérési ideje országos szinten mintegy 25 év.). Miután 2012-ig nem volt jelentősebb földrengés, a kisebb földrengések kárait is számításba véve a 25 éves periódust figyelembe vevő felső korlátként az egy évre jutó kárrészt ennek a kétszeresére, azaz körülbelül 1000 millió (egy milliárd) forintra becsülhetjük.

Tehát az elmúlt 100 évben bekövetkezett földrengéseket 2012 árszinten értékelve, az egy évre jutó becsült földrengéskár legfeljebb 1,0 milliárd forint.

A földrengésvédelem becsült költsége.

A korszerű kármegelőző értékelések szerint (Lásd a M3 melléklet első részét.) az optimális kármegelőzés akkor adódik, ha a kármegelőzés költsége nem nagyobb, mint a kár javítási költsége. Vizsgáljuk meg, hogy az EC8-1 szerinti a_{gR} referenciagyorsulás alapú földrengésvédelmi méretezés költségtöbblete milyen értékű.

A magyarországi építési volumen (normál gazdasági helyzetet figyelembe véve) a KSH adatbázisa szerint évi 2500 milliárd forint. A tartószerkezeti hányad a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) elemzése szerint átlagosan a teljes építési költség 20 %-ára tehető. Az EC8-1 ajánlásának megfelelő a_{gR} referenciagyorsulás alapú földrengésvédelmi méretezés költségtöbblete pedig átlagos szinten szintén 20 %-a teherhordó szerkezeti költségnek. E szerint a földrengés méretezés miatti többlet az építési volumen 4%-a.

A [7] irodalomban több épülettípusra számpéldát dolgoztunk ki, az $M=5,2$ erősségnek megfelelő $a_{gR}/g=0,10$ gyorsulás figyelembevételével. Értékeljük, hogy az épületeket milyen erősségre kell tervezni, hogy erre a földrengésre megfeleljenek, és ez milyen anyag, ill. költségtöbbletet jelent. A kidolgozott számpéldák elemzése szerint az $M=5,2$ átlagos magnitúdójú földrengésnek megfelelő $a_{gR}=0,10g$ gyorsulás alapú méretezés esetén a földrengésvédelmi költség a teljes építési költség 4-5 %-a.

Így a földrengés méretezés miatti többlet normál gazdasági helyzet esetén évi minimum 100 milliárd forintra tehető.

A mai gazdasági helyzetben az építési volumen 25 %-os, így ma ez 25 milliárd forintot jelent.

A kárköltés, és a védelmi költés összehasonlítása

Egyértelmű, hogy a kimutatott évenkénti 100 milliárd forintos földrengésvédelmi védelmi költés nagyságrenddel nagyobb az 1,0 milliárdos évi kárköltésnél. Így az Eurocode8 (EC8) szerinti a_{gR} alapú földrengésvédelmi szint jóval magasabb, normál gazdasági helyzet esetén mintegy 100 szorosa, a jelenlegi recessziós gazdasági helyzetben pedig 25 szöröse a költségoptimum alapján indokoltnak.

Ha figyelembe vesszük az EC8-1 szabvány 2 fejezet 2.1/(4) pontja által a $T_L=50$ év tervezési élettartam szerinti $\gamma_1 = 0,5$ fontossági tényezőt, akkor a normál gazdasági helyzetre kalkulált érték helyett 50 szeres, a mai gazdasági helyzetre pedig 12,5 szeres a túlméretezés a költség optimumhoz képest.

Ha pedig ezen túlmenően a tervező a lehető legkisebb, 0,5 szörös a_{gR} értéket veszi fel a méretezéshez, akkor is a normál gazdasági helyzetre kalkulált érték helyett 12,5 szörös, a mai gazdasági helyzetre pedig 6,25 szörös a túlméretezés a költség optimumhoz képest.