



Magyar Mérnöki Kamara

2014. november

Szepesházi Róbert

Széchenyi István Egyetem, Győr

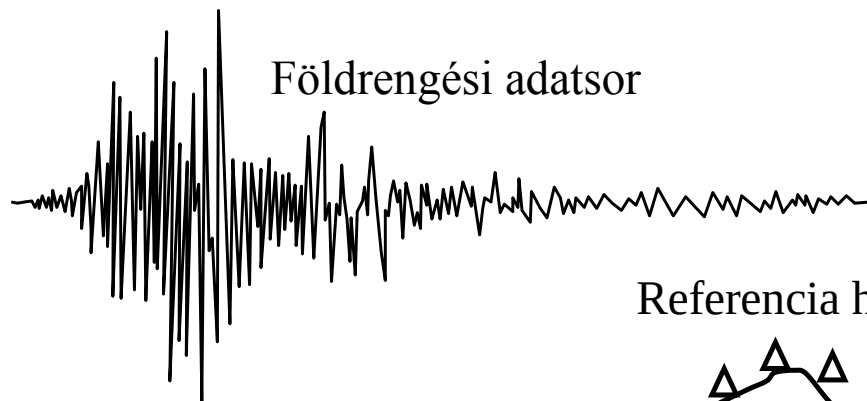
Geotechnikai tervezés az Eurocode 7 és
a kapcsolódó geotechnikai szabványok szerint

Tartalom

1. A geotechnikai tervezés alapjai
2. Síkalapok tervezése
3. Cölöpalapok tervezése
4. Támszerkezetek tervezése
5. Alapozások tervezése földrengésre
6. Hidalapozások tervezése

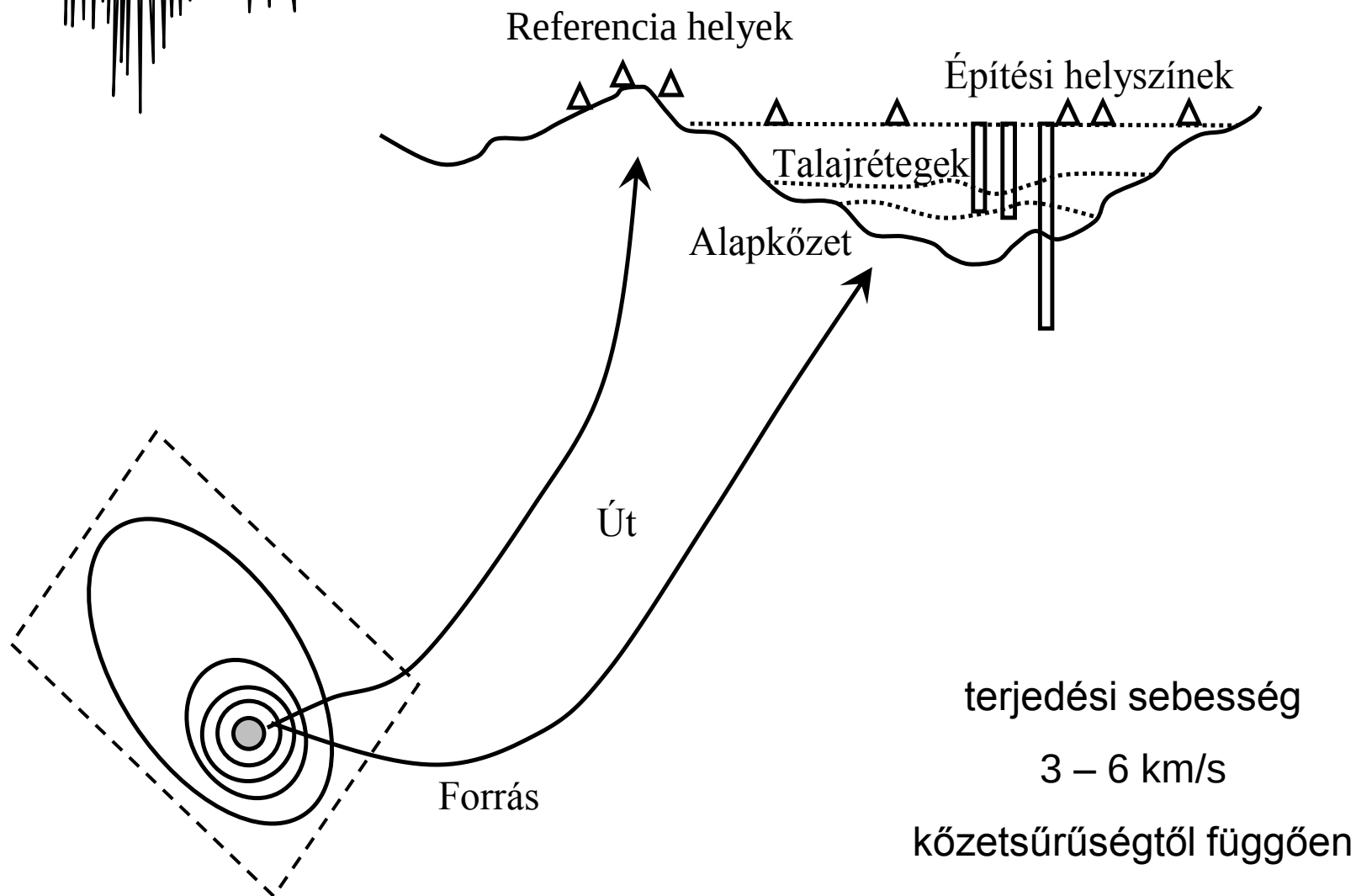
Az Eurocode 8 geotechnikai vonatkozásai

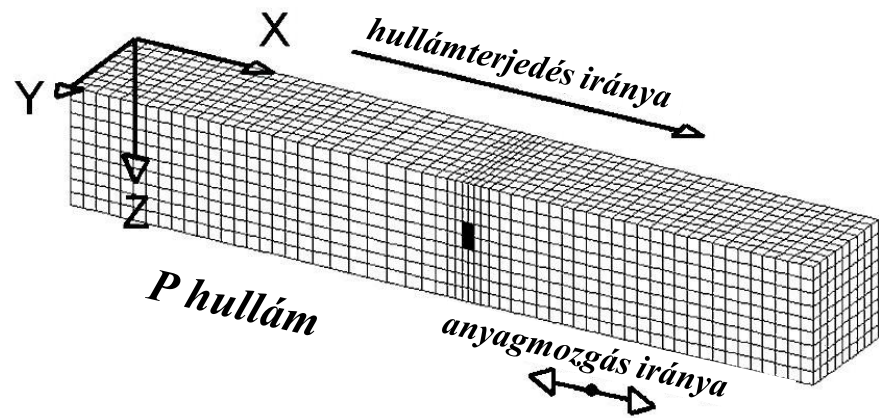
Földrengési alapismeretek



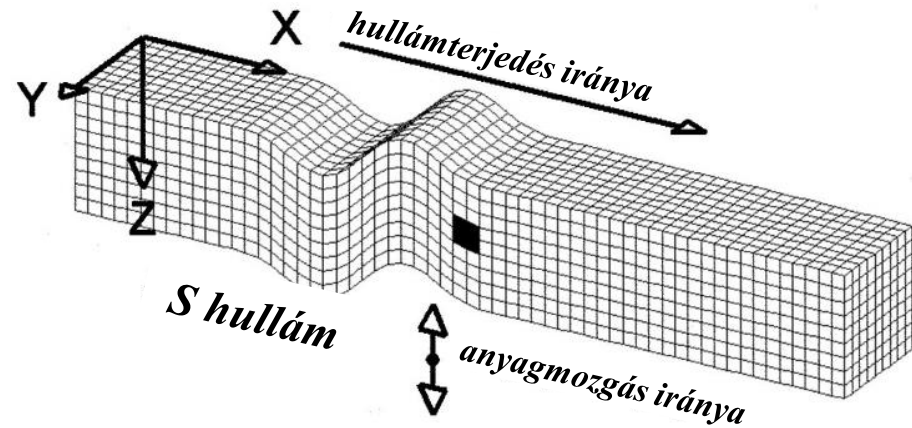
Földrengési adatsor

$$= \text{Forrás} \cdot \text{Út} \cdot \text{Helyszín}$$

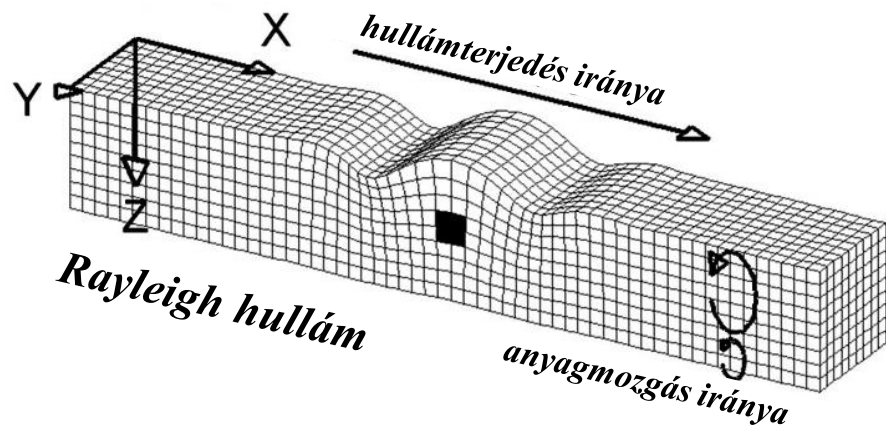




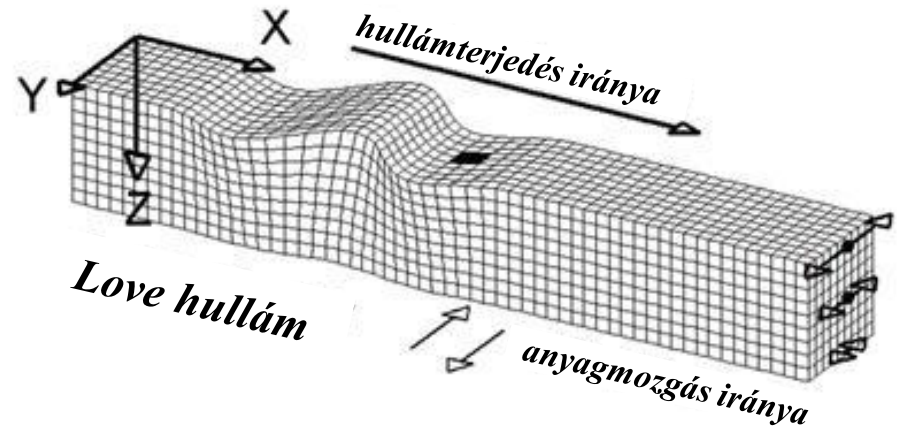
Elsődleges, P, kompressziós, longitudinális hullám



Másodlagos, S, nyíró-, torziós hullám



Rayleigh, R, felszíni hullám

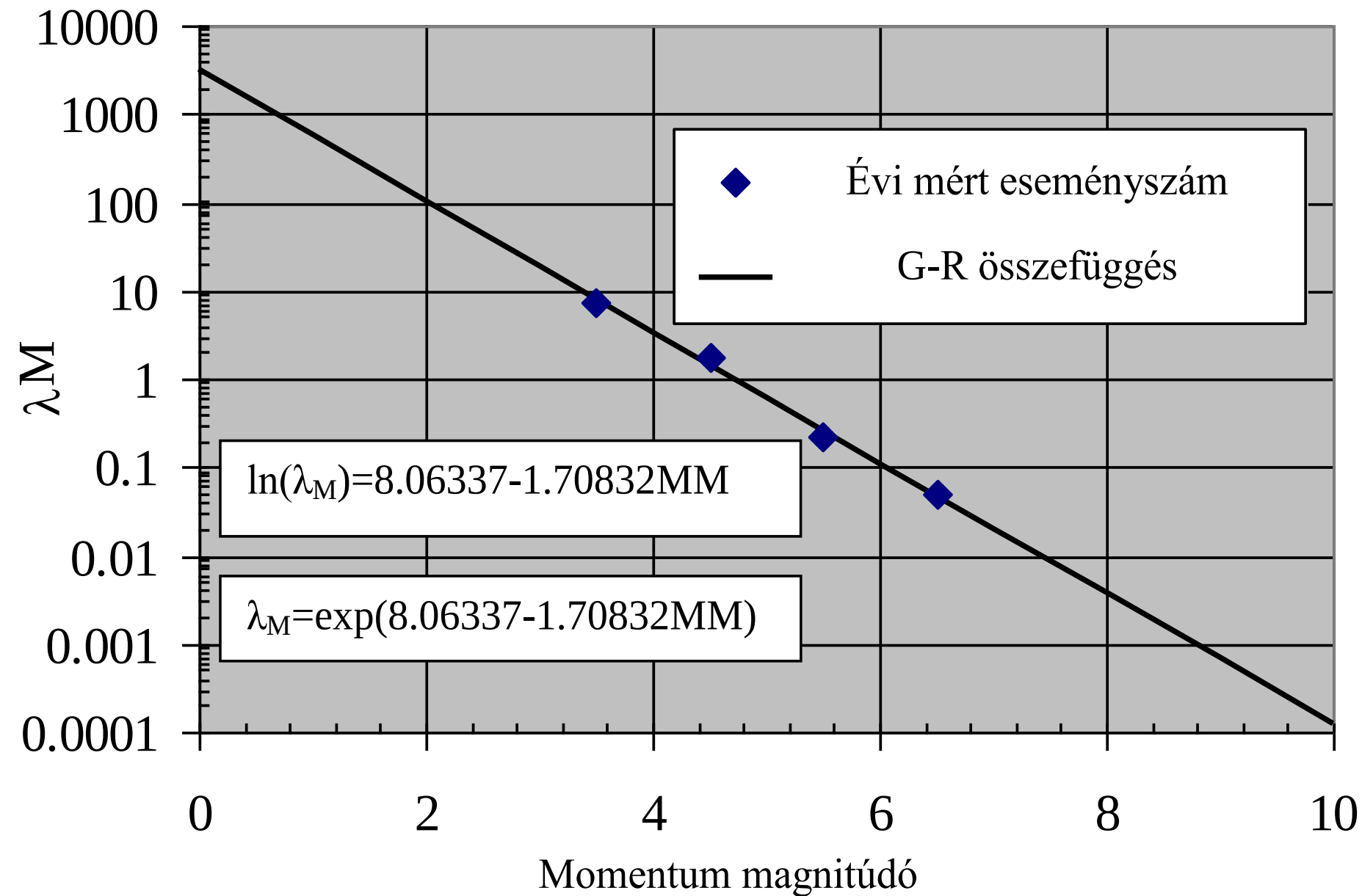


Love, L, felszíni hullám

Európai Makroszeizmikus Skála (EMS)

I	Nem érzékelhető	Senki által nem érzékelhető.
II	Alig érzékelhető	A rezgést csak egy-egy, elsősorban fekvő ember érzi, különösen magas épületek felsőbb emeletein.
III	Gyenge	A rezgés gyenge, csak néhányan érzik, ők is főleg épületeken belül. A fekvők lengést vagy gyenge remegést éreznek, több tárgy észrevehetően megrepeg.
IV	Széles körben érezhető	A rengést épületen belül sokan érzik, a szabadban kevesen. Néhányan felébrednek rá. A rezgés erőssége ijesztő lehet. Ablakok, ajtók, edények megcsörrennek, felfüggesztett tárgyak lengenek, de az épületek jellemzően nem károsodnak.
V	Erős	A rengést épületen belül a legtöbben megérik, és a szabadban is sokan. Sok alvó ember felébred, néhányan a szabadba menekülnek. A rezgés erős, egész épület-részek remegnek meg, a felfüggesztett tárgyak nagyon lengenek. Tányérok, poharak összekoccannak, <i>fejnehéz</i> tárgyak felborulnak. Ajtók, ablakok kinyílnak vagy záródnak.
VI	Kisebb károkat okozó	Épületen belül mindenki érzékeli, a szabadban is majdnem mindenki érzi. Épületben tartózkodók közül sokan megijednek, és a szabadba menekülnek. Kisebb tárgyak leesnek. Hagyományos épületek közül sokban keletkezik kisebb kár, hajszálrepedés a vakolatban, kisebb vakolatdarabok le is hullnak.
VII	Károkat okozó	A legtöbb ember megrémül, és a szabadba menekül. Bútorok elmozdulnak, a polcokról sok tárgy leesik. Sok épület szenved csekély vagy mérsékelt sérülést, kisebb repedések keletkeznek a falakban, kémények ledőlnek.
VIII	Súlyos károkat okozó	Bútorok felborulnak. A legtöbb épület megsérül: a kémények ledőlnek, a falakban nagy repedések keletkeznek, néhány épület részlegesen összedől. Személygépjárművet vezető emberek is észlelik a rengést.
IX	Pusztító	Oszlopok, műemlékek ledőlnek vagy elferdülnek. Az ablakok betörnek, sok hagyományos épület részlegesen, néhány pedig teljesen összedől.
X	Nagyon pusztító	Sok épület összedől, a földfelszínen repedések és földcsuszamlások keletkeznek.
XI	Elsőprő	A legtöbb épület romba dől.
XII	Teljesen elsőprő	Minden építmény megsemmisül. A földfelszín megváltozik.

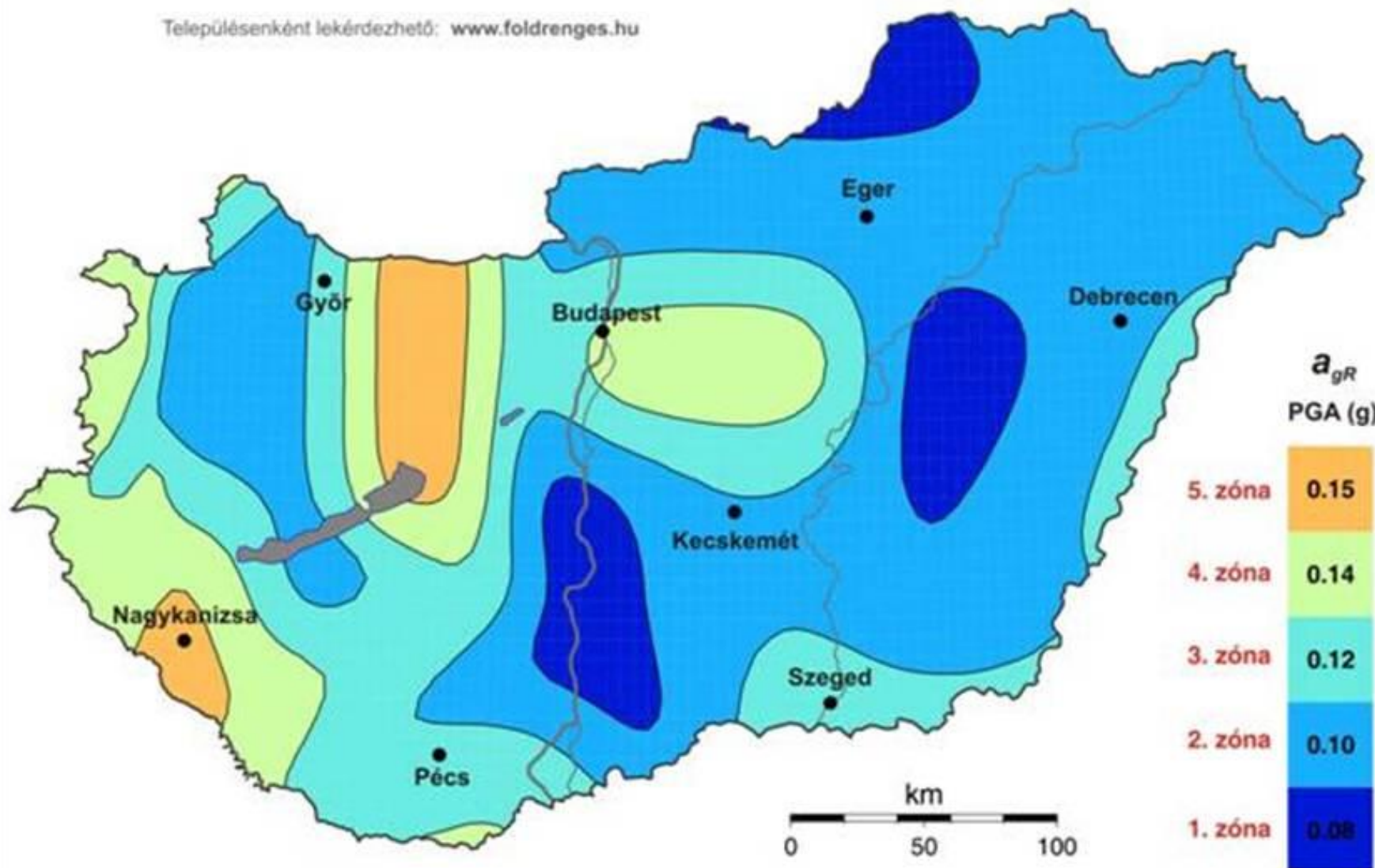
Gutenberg-Richter összefüggés



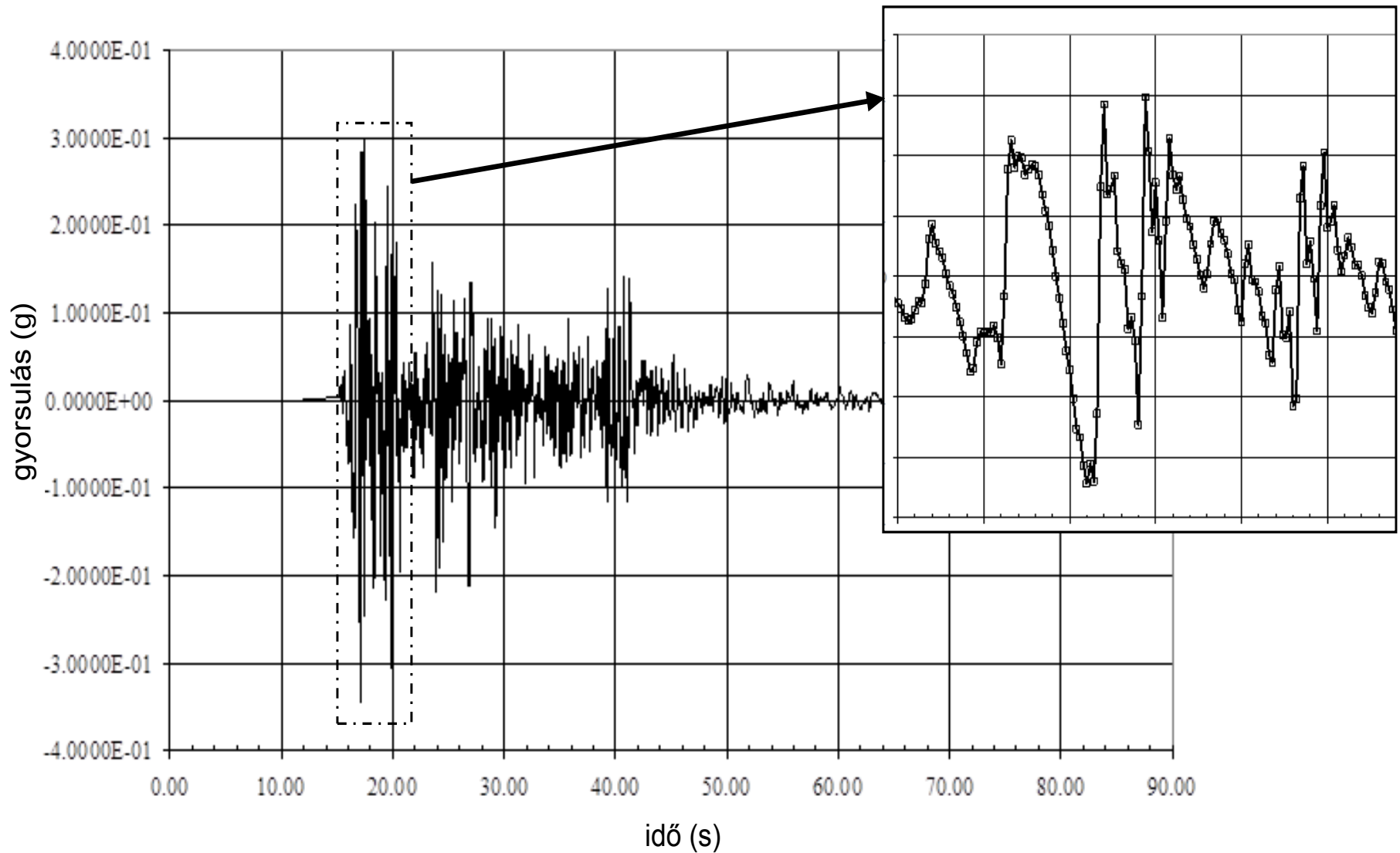
Szeizmikus zónatérkép

Horizontális gyorsulás értékek 50 évre,
10% meghaladási valószínűség mellett
(1/475 év gyakoriság) az alapkőzeten, g egységben

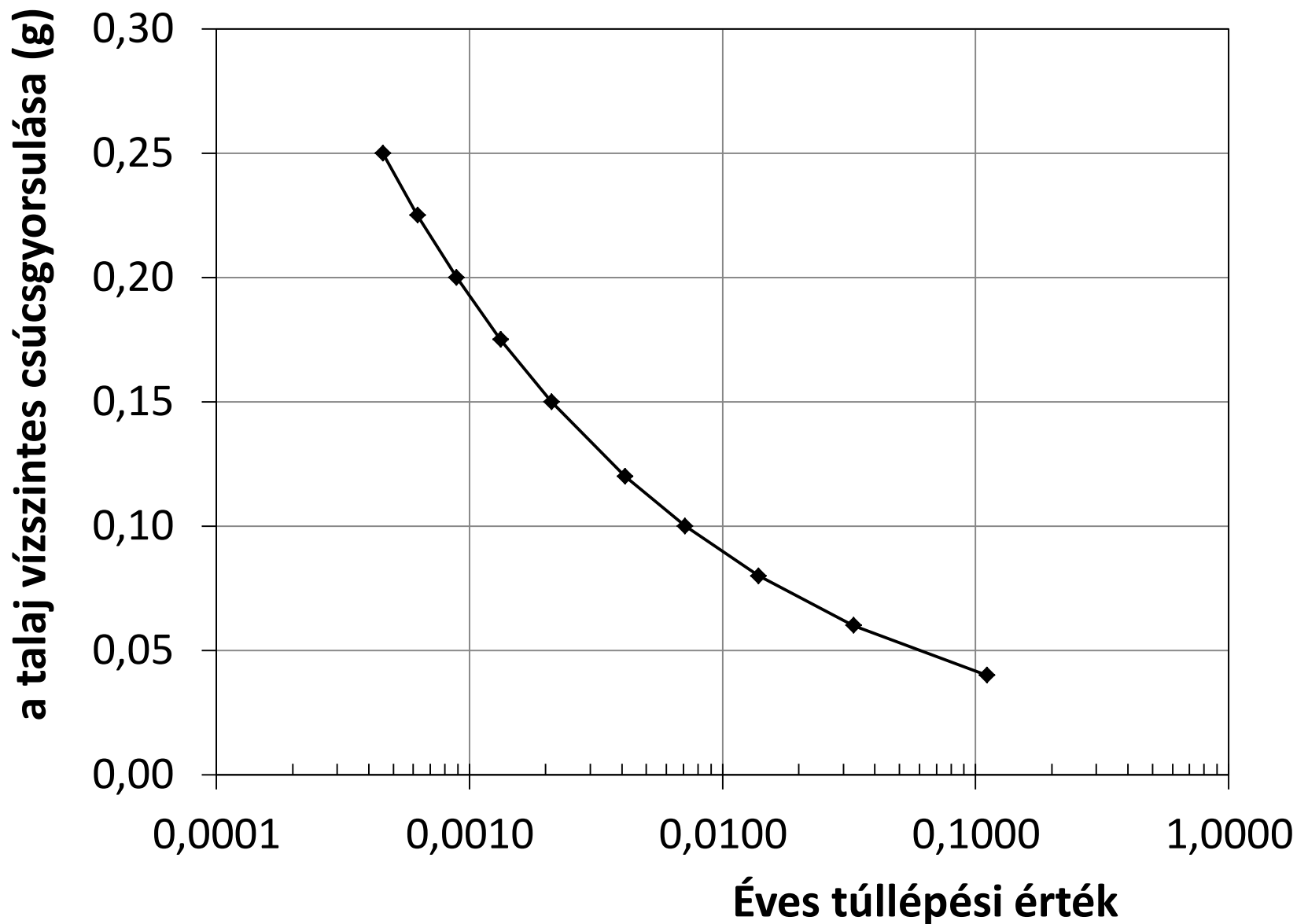
Településenként lekérdezhető: www.foldrenges.hu



Szeizmikus akceleroogramm

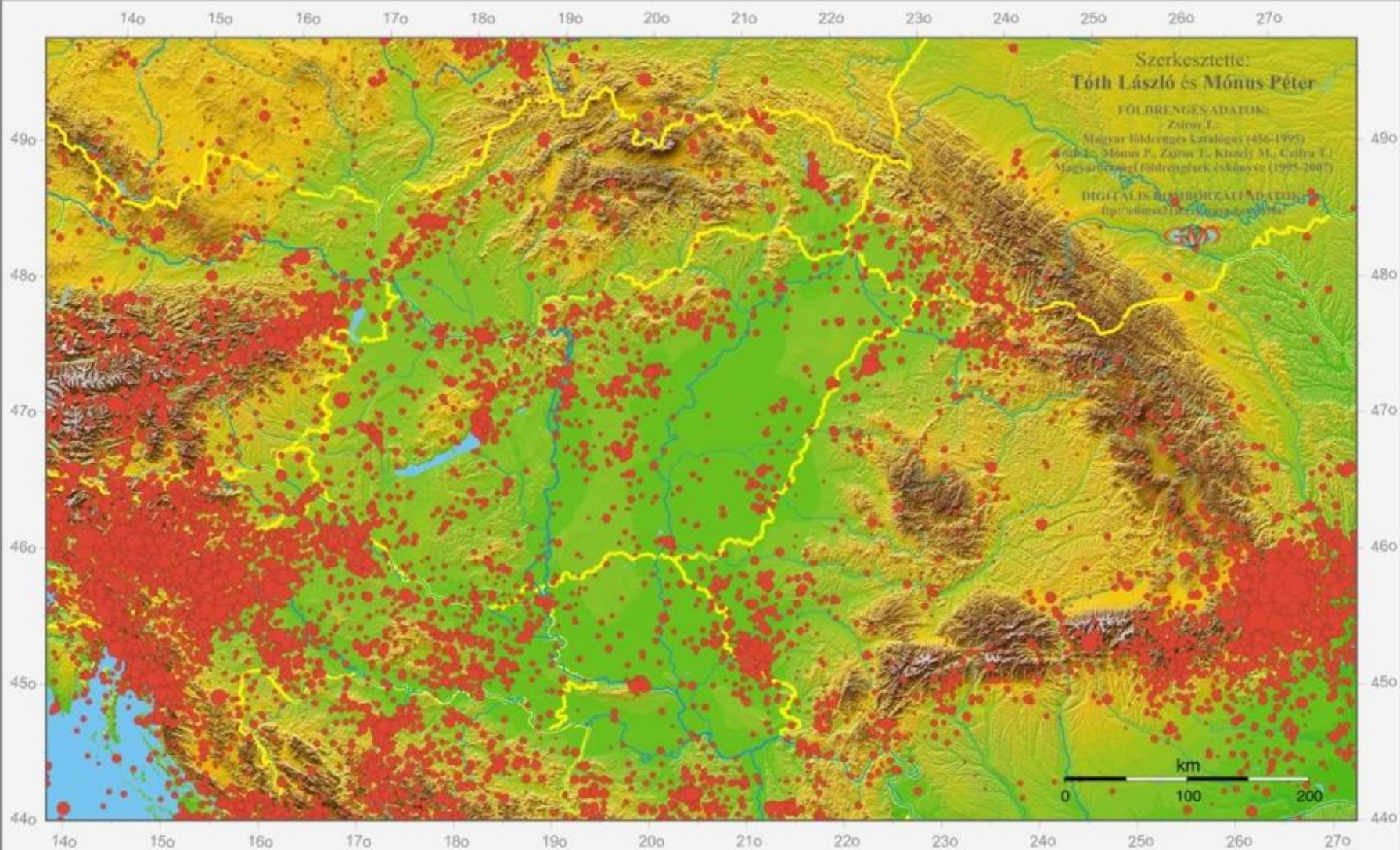


Földrengésveszély gyakorisága



A KÁRPÁT-MEDENCE FÖLDRENGÉSEI (456–2007)

Magnitúdó 1 2 3 4 5 6 7 8



Földrengések közvetlen hatásai

Talajtörés miatti állékonyságvesztés

- felszíni törés (felszíni elmozdulás vagy vetődéses törés)
- talajrezgés (tömörödés vagy általános talajmozgás)
- megfolyósodás (laza talaj tömörödése rázkódás és pórusvíznyomás-növekedés következtében)
- földcsuszamlás (megnövekedett vízszintes terhek és csökkent hatékony nyírószilárdság miatt)

Szerkezeti károsodás a talajról közvetített rezgések miatt

- geotechnikai szerkezetek (támfalak, alapok) törése, túlzott elmozdulása
- épületek, hidak tartószerkezeti károsodása
- nem tartószerkezeti károk





Eurocode 8:

Tartószerkezetek tervezése földrengésre.

1. rész:

Általános szabályok, szeizmikus hatások és
az épületekre vonatkozó szabályok

2. Követelmények és megfelelőségi feltételek

2.1. Alapvető követelmények

(1)P Szeizmikus övezetekben lévő szerkezeteket úgy kell megtervezni és megépíteni, hogy mindegyik a **megbízhatóság megfelelő szintjén** megfeleljen a következő követelményeknek:

- az állékonyság követelménye, a teherbírási határállapot elkerülése
- a károk korlátozásának követelménye

Fontossági osztály	Épületek	γ_i
I.	A közbiztonság szempontjából kisebb jelentőségű épületek, pl. mezőgazdasági épületek stb.	0,8
II.	Közönséges épületek, amelyek nem tartoznak más kategóriába	1,0
III.	Olyan épületek, amelyeknek a szeizmikus ellenállása fontos az összeomlás következményeinek szempontjából, pl. iskolák, gyűléstermek, kulturális intézmények stb.	1,2
IV.	Olyan épületek, amelyeknek az épsége a földrengés alatt életfontosságú a polgári védelem szempontjából, pl. kórházak, tűzoltó állomások, erőművek stb.	1,4
Fontossági osztály	Hidak	γ_i
I.	Az infrastruktúra és a tervezési élettartam szempontjából kisebb jelentőségű hidak	0,85
II.	Átlagos fontosság	1,0
III.	Olyan hidak, melyek a) kiemelt infrastrukturális szerepet játszanak, különösen a földrengést követően; b) melyek tönkremenetele jelentős emberáldozattal járhat; c) melyek tervezési élettartama az átlagosnál hosszabb.	1,3

Konceptcionális tervezés földrengés ellen

- a fenyegető problémák elkerülése vagy minimalizálása
- a szerkezet általános viselkedésnek felismerése, megértése
- az igénybevételek befolyásolása vagy csökkentése
- nagyvonalúság az ellenállások oldalán
- nagy duktilitás és stabil hiszterézis-jellemzők (szívósság) biztosítása
- szerkezeti egyszerűség, egyenletesség, szimmetria
- nagy fesztávok és konzolok kerülése
- statikai határozatlanság, többes védelem (redundancia)
- kétirányú ellenállás és merevség
- csavarási ellenállás és merevség
- tárcsaszzerű viselkedés a födémcsíkokban
- megfelelő alapozás
- szeizmikus alapszigetelő rendszerek (energiaelnyelő elemek)
- nem-szerkezeti elemek teljesen elválasztva vagy erősen bekötve

4.2.1.6. Megfelelő alapozás

- (1)P Tekintettel a szeizmikus hatásra, az alapozás tervezésének, építésének és a felszerkezethez való kapcsolatának biztosítania kell, hogy az egész épület szeizmikus gerjesztése egyenletes legyen.
- (2) Olyan szerkezetekhez, amelyek egy sor szerkezetileg különálló - valószínűleg különböző vastagságú és merevségű - falból állnak, merev, általában dobozszerű vagy cellás alaplemezt és fedőlemezt tartalmazó alapozást célszerű választani.
- (3) Különálló alapozási elemekkel (alaptestekkel vagy cölöpökkel) rendelkező épületek esetén alaplemez, vagy az elemek között mindkét főirányban alkalmazott összekötő gerendák javasolhatók, ezekre az EN 1998-5:2004 5.4.1.2. szakasza szerinti szabályok és feltételek érvényesek.

Talajok és kőzetek minősítése földrengés szempontjából az Eurocode 8 szerint

Talaj-típus	A talajszelvény leírása	Paraméterek		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (ütés/30cm)	c_u (kPa)
A	Kőzet, vagy kőzetszerű geológiai formáció, melynek felszínén legfeljebb 5 m gyengébb anyag van	> 800	—	—
B	Nagyon tömör homok-, kavics- vagy kemény agyag-réteg, legalább többtíz m vastagságban, a mélységgel fokozatosan javuló mechanikai tulajdonságokkal	360 – 800	> 50	> 250
C	Tömör - közepesen tömör homok-, kavics- vagy merev agyagréteg, többtíz-több száz m vastagságban	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Laza - közepesen tömör kohézió nélküli talaj (kevés puha kohéziós réteggel vagy anélkül) vagy túlnyomóan puha-gyúrható kohéziós talaj	< 180	< 15	< 70
E	Felszíni alluviális réteg 5-20m vastagságban a C vagy D típus v_s értékeivel, $v_s > 800$ m/s jellemzőjű, merevebb anyag felett			
S_1	Legalább 10 m vastag nagy plaszticitású ($PI > 40$) és nagy víztartalmú puha agyagból/iszapból álló vagy ezeket tartalmazó réteg	< 100 (figyelmeztető)	—	10 - 20
S_2	Folyósodásra hajlamos talajok vagy érzékeny agyag-rétegek vagy más, az A-E illetve S_1 típusok közé nem sorolható talajösszletek			

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

$$F_h = a_g (S_E / a_g) \cdot \gamma_l$$

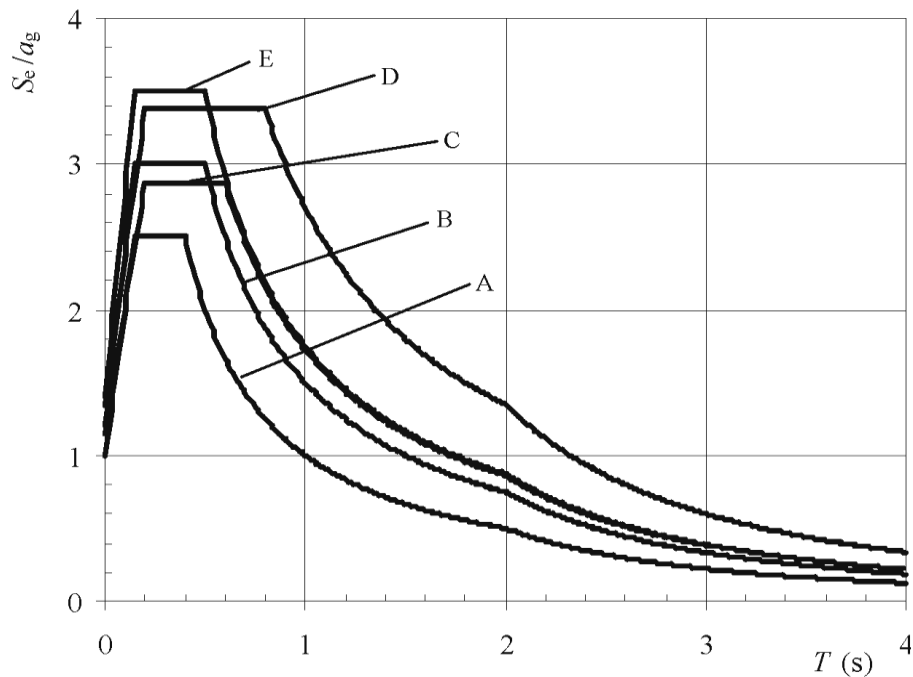
Eurocode 8 Nemzeti melléklet

Nem szükségesek a földrengés hatás meghatározására szolgáló speciális talajvizsgálatok az I. és II. fontossági kategóriába eső építmények esetén, ha építési helyszínük altalajadottságait a korábbi geológiai ismeretek és a más célú talajvizsgálatok eredményei alapján egyértelműen be lehet sorolni az A-E kategóriák valamelyikébe.

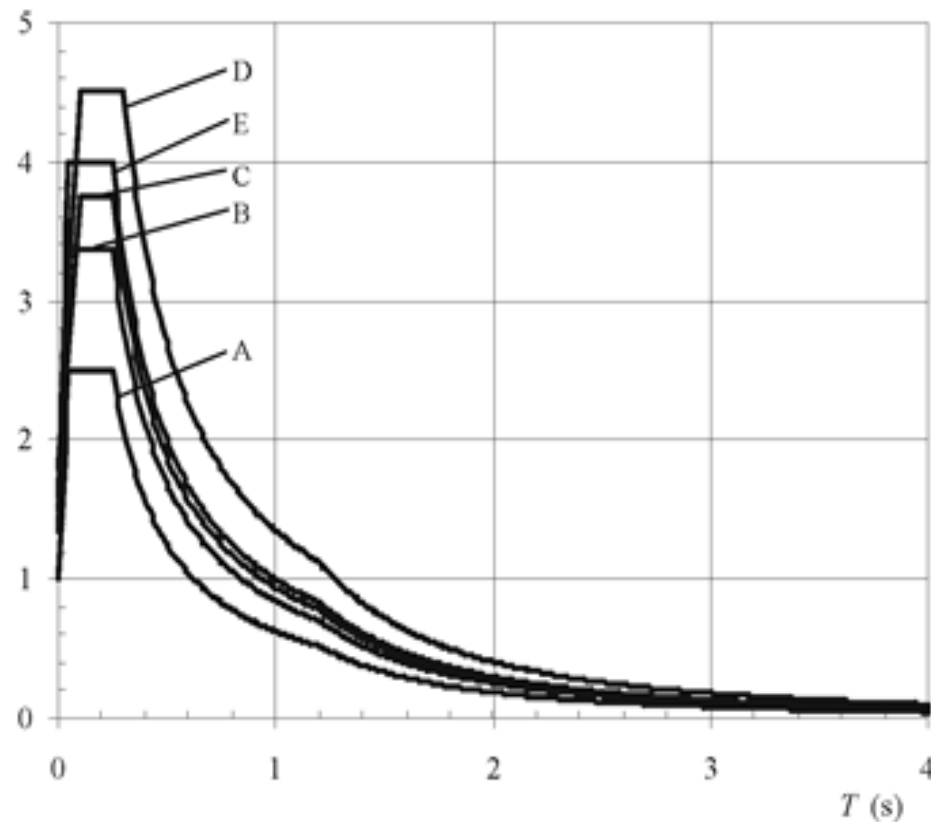
A 3.1 táblázat alkalmazásához a Magyarországon eddig kevésbé használt SPT-vizsgálat helyettesíthető verőszodázással (DP) és nyomószondázással (CPT). A homok- és kavics talajok besorolásához a tömörség mindkét vizsgálat alapján megítélhető, az agyag- és iszaptalajok c_u drénezetlen nyírószilárdsága a CPT-vizsgálat vagy laborvizsgálatokkal állapítható meg.

Rugalmas válaszspektrumok

1. típus



2. típus



Periódusidő becslése

$$T = C_t \cdot H^{3/4}$$

$$C_t = 0,05 \dots 0,085$$

Tervezési válaszspektrum
a duktilitás figyelembevételére
a $q=1,0-2,0$ viselkedési tényezővel

$$T_B \leq T \leq T_C : S_D(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

Eurocode 8:

Tartószerkezetek tervezése földrengésre.

5. rész:

Alapozások, támszerkezetek és geotechnikai szempontok

Eurocode 8-5

3. fejezet

A talajkörnyezet tulajdonságai

3.1 Szilárdsági paraméterek

- (1) Általában használhatók a talajok statikus, drénezetlen viszonyokra megállapított szilárdsági paraméterei. Kohéziós talajok esetén a megfelelő szilárdsági paraméter a földrengési terheléskor fellépő gyors terheléshez és a ciklikus degradációs hatásokhoz igazított c_u drénezetlen nyírószilárdság, ha az igazítás szükséges és megfelelő tapasztalati bizonyítékkal igazolható. Kohézió nélküli talajok esetén a ciklikus, drénezetlen nyírószilárdság $\tau_{cy,u}$ a megfelelő szilárdsági paraméter, és kívánatos, hogy ebben legyen figyelembe véve a várhatóan fellépő pórusvíznyomás.
- (2) Alternatívaként használhatók a hatékony feszültségekhez tartozó szilárdsági paraméterek is a ciklikus terheléssel gerjesztett pórusvíznyomás megfelelő figyelembevételével. Kőzetek esetében a q_u , egyirányú nyomószilárdság használható.
- (3) A c_u , $\tau_{cy,u}$ és q_u anyagjellemző γ_M parciális tényezőinek jelölése γ_{cu} , $\gamma_{\tau cy}$ és γ_{qu} , a $\tan\phi'$ -re vonatkozó pedig $\gamma_{\phi'}$.

MEGJEGYZÉS A parciális tényezőket valamely országra vonatkozóan a nemzeti melléklet adja meg. A javasolt értékek $\gamma_{cu}=1,4$, $\gamma_{\tau cy}=1,25$, $\gamma_{qu}=1,4$, és $\gamma_{\phi'}=1,25$.

3.2 Merevségi és csillapítási paraméterek

(1) A szeizmikus hatás tervezési értékére gyakorolt befolyásának megfelelően a földrengési terhelésre vonatkozóan a talaj **fő merevségi paramétere** a G nyírási modulus, amely a

$$G = \rho \cdot v_s^2 \quad (3.1.)$$

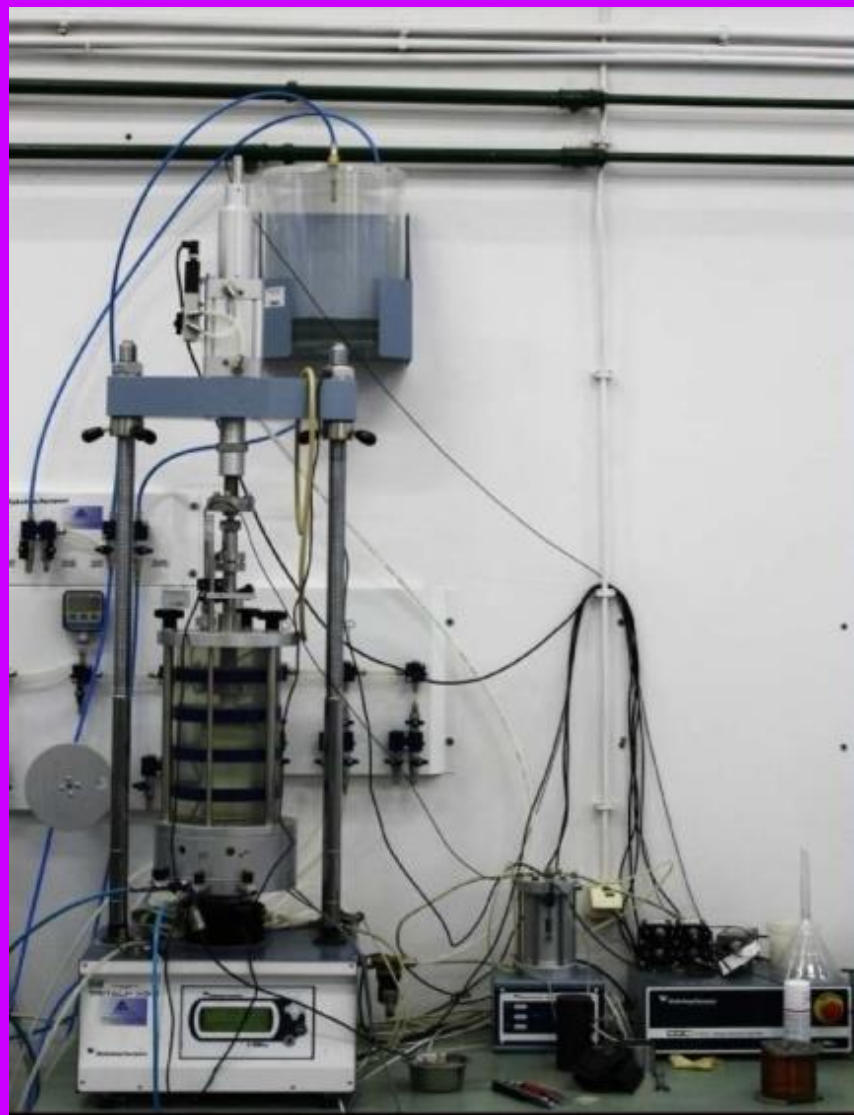
képlettel értelmezhető, ahol ρ a talaj térfogatsűrűsége és v_s a nyíróhullám terjedési sebessége a talajban.

(2) A v_s meghatározásának feltételeit, beleértve a talaj fajlagos alakváltozásának mértékétől való függését is, a 4.2.2. és a 4.2.3. ismerteti.

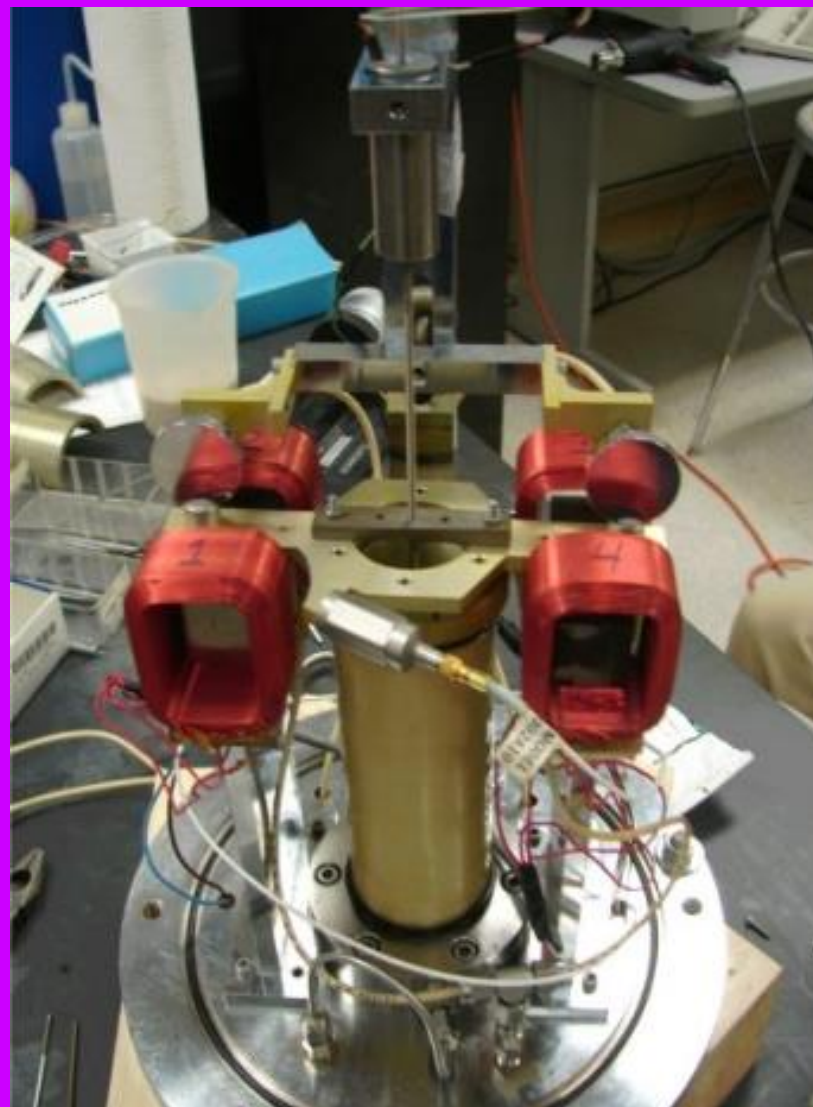
(3) A **csillapítást** mint további talajtulajdonságot olyan esetekben célszerű számításba venni, amikor a talaj és a szerkezet 6. fejezetben részletezett kölcsönhatását figyelembe vesszük.

(4) Célszerű külön-külön figyelembe venni a ciklikus terhelés alatti nem rugalmas talajviselkedés okozta **belső csillapítást** és a szeizmikus hullámoknak az alaptól való eltávolodásával létrejövő **radiális csillapítást**.

Dinamikus/ciklikus triaxiális vizsgálat



Rezonáns oszlop + torziós nyíróvizsgálat



Dinamikusan terhelt talajok jellemzői

lineáris modell

$$G_{\tan} \text{ és } G_{\sec} = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

nyírási
modulus

$$\xi = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{A_{hurok}}{G_{\sec} \cdot \gamma_c^2}$$

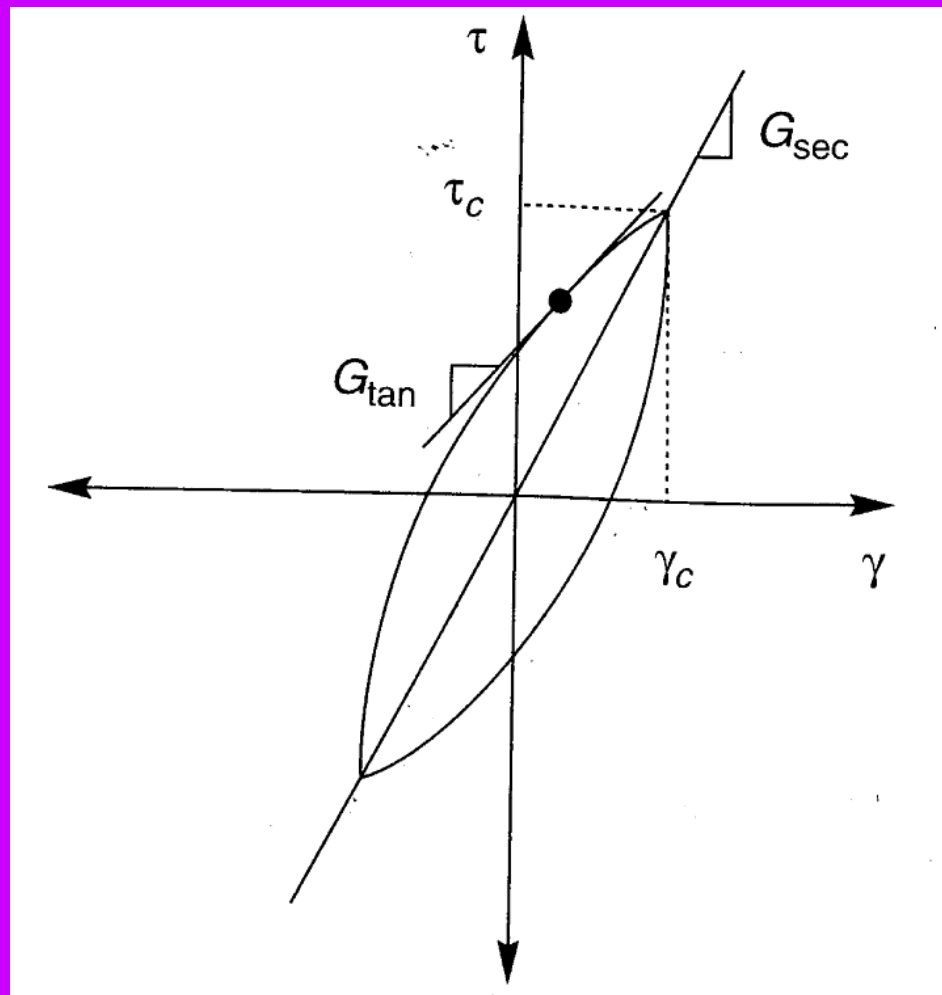
csillapítás

ekvivalens

lineáris

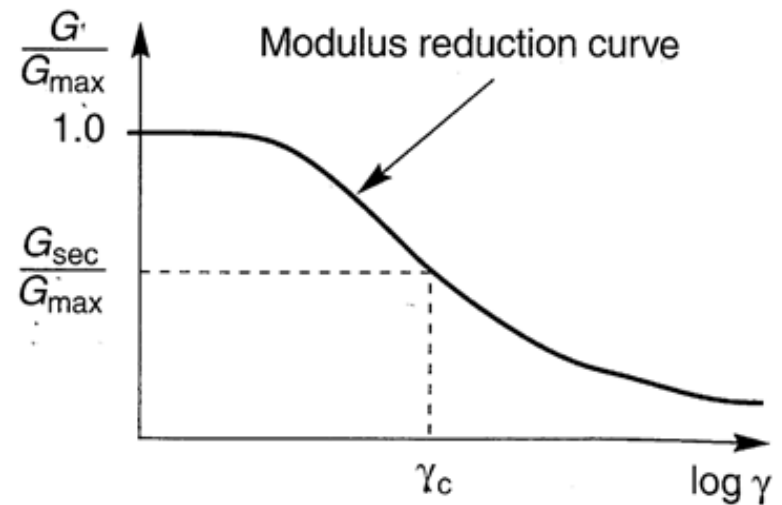
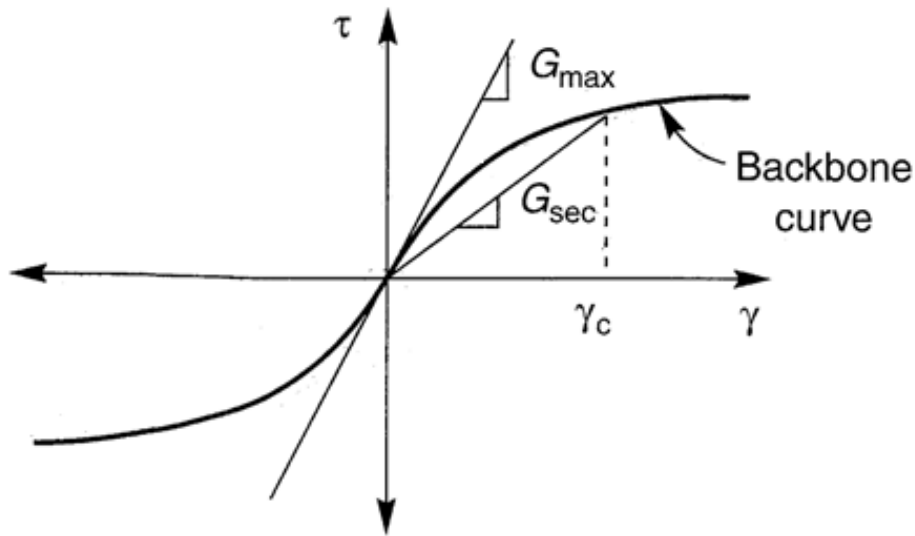
paraméterek

$$G_{\sec} = f(e, I_p, OCR, n, \gamma,)$$



Dinamikusan terhelt talajok jellemzői

nemlineáris modell

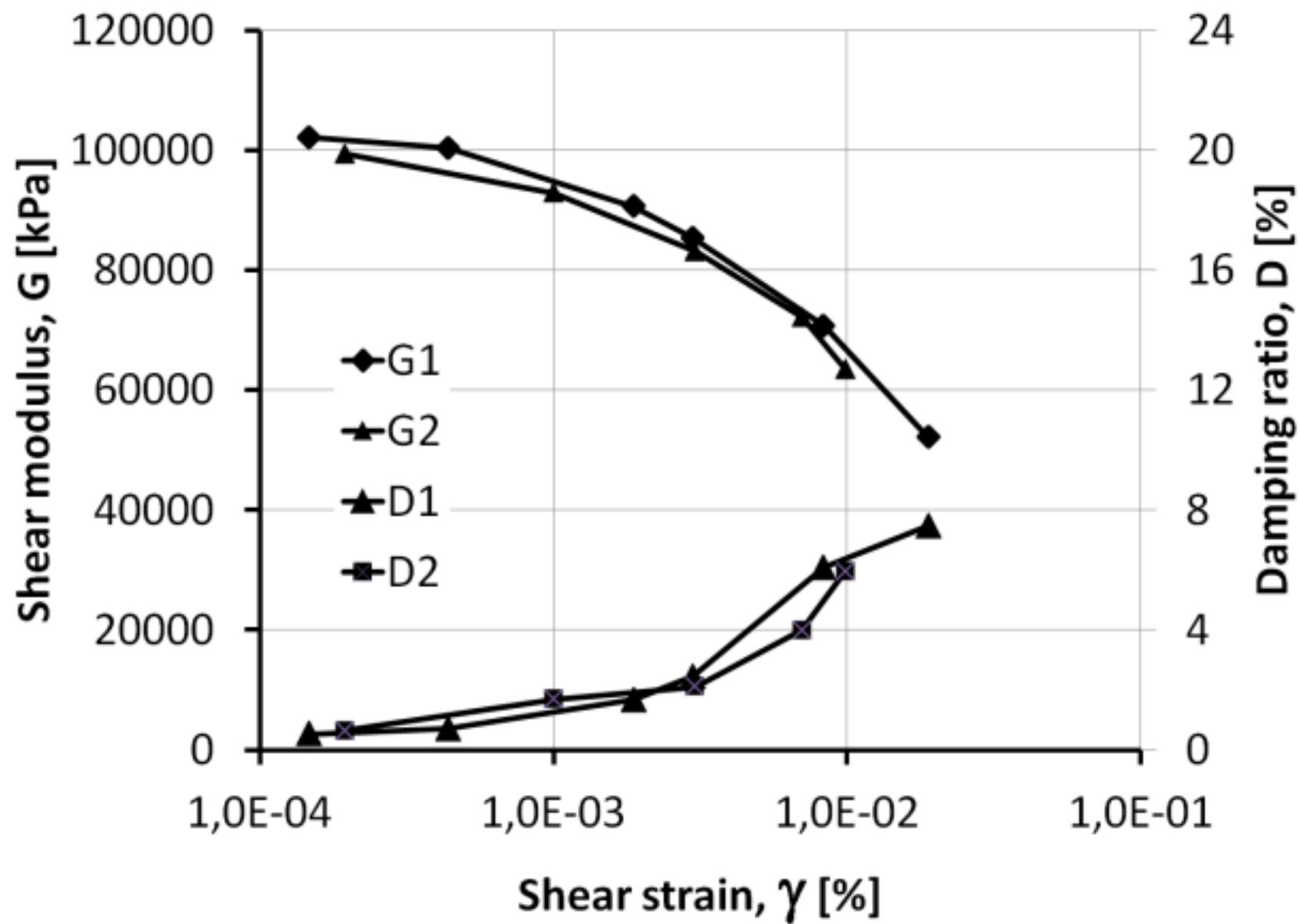


$$G_{\sec} = f(e, I_p, OCR, n, \gamma)$$

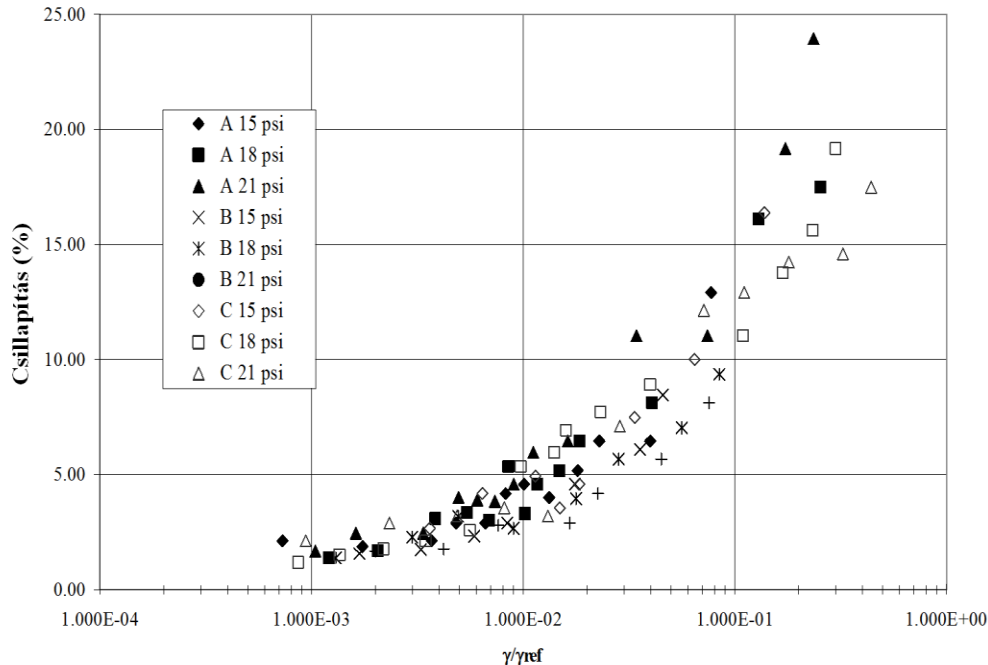
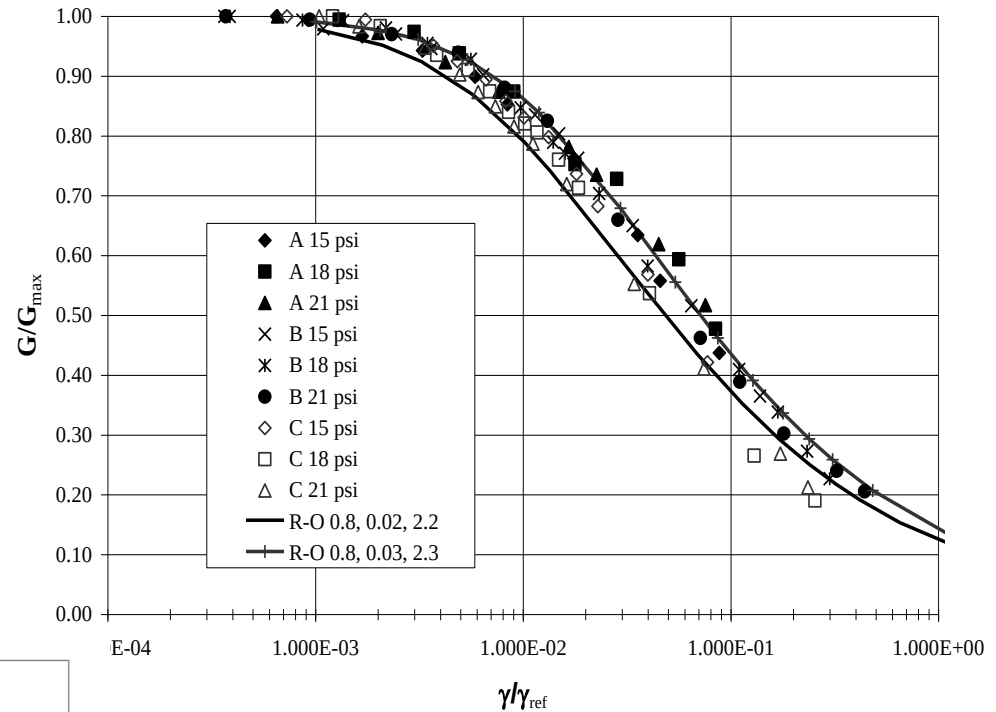
Parciális tényezők az EC-8-ban

Az EC8-5 szerint a szerkezetekből származó hatásokat, mint pl. az alapról a talajra ható tehetetlenségi erőket az EC8-1 3.2.4. és 4.2.4. pontjaiban és az EC 0-ban megadottak alapján kell kombinálni. Közvetlenül nem tárgyalja azonban a tervezési módszereket, a biztonság értelmezését, nagyságát. A nemzeti melléklet sem tartalmaz erre vonatkozó előírásokat.

Az EC8 csupán a talajfizikai paraméterekhez ajánl parciális tényezőket, ezek azonban a hatás és ellenállás tényezőivel nincsenek harmonizálva. A mellékletben a DA-1b és DA-3 tervezési módszerekre utalnak, de a mellékletek csak tájékoztató jellegűek. E hiányosságot másutt is felismerték, s jelenleg egy munkacsoport dolgozik az EC 7 és EC 8 összehangolásán. Jelenleg mindezek meghatározása az egyes számításoknál a tervező felelőssége.



Nyírási modulus és a csillapítás változásai



*Nem helyes
a G nyírási modulus és a D csillapítás,
parciális tényezőkkel való
módosítása.*

*Megváltoztatásukkal megváltozik
a talaj terhelésre adott válasza,
ezért jobb, ha először kiszámítjuk
az ellenállásokat és utána
alkalmazzuk a parciális tényezőket.*

Eurocode 8-5

4. fejezet

A TELEPÍTÉSRE ÉS AZ ALTALAJRA
VONATKOZÓ KÖVETELMÉNYEK

4.1 Telepítés

4.1.1 Általános elvek

(1)P Az építkezés helyének értékeléséhez meg kell ítélni az altalaj jellegét, hogy

- a talajtörésnek,
- a rézsűállékonyság elvesztésének,
- a megfolyósodásnak és
- az erős tömörödésnek

a veszélye földrengés esetén a lehető legkisebb legyen.

4.1 Telepítés

4.1.2 A szeizmikusan aktív törésvonalak közelsége

(1)P Az EN 1998-1:2004.ben meghatározott II., III., IV. fontossági kategóriájú épületek **nem építhetők** az illetékes hatóságok által kiadott dokumentumok szerint szeizmikusan aktív tektonikus törésvonalak közvetlen szomszédságában.

(2) A legtöbb olyan szerkezet esetében, mely nem veszélyezteti az emberek biztonságát, a nem aktív törésvonalak azonosításához elegendő kimutatni, hogy a késő **negyedkorban nem voltak mozgások**.

(3)P A nagy szeizmicitású területeken a potenciálisan aktív törésvonalak közelében építendő települések és fontos szerkezetek tervezésekor a talajrepedés és a komoly talajrengés veszélyének megállapításához **speciális geológiai** vizsgálatokat kell végezni.

4.1 Telepítés

4.1.3 Rézsűállékonyság

4.1.3.1 Általános követelmények

(1)P A természetes vagy mesterséges lejtőkön vagy azok közelében építendő szerkezetek esetében igazolni kell a talajkörnyezet **állékonyságát** annak bizonyítására, hogy a szerkezet biztonsága és/vagy használhatósága a tervezéskor figyelembe veendő **földrengés közben** megmarad.

(2)P Földrengésterhelés esetén a rézsűk határállapotának az tekintendő, melyen túl a talajtömeg **elfogadhatatlanul nagy mértékben és tartósan mozdul el** azon mélységen belül, amely a szerkezet szempontjából mind statikailag, mind funkcionálisan lényeges.

(3) Az állékonyság igazolása **mellőzhető** az I. fontossági kategóriájú épületek esetében, ha összehasonlító tapasztalatokból ismert, hogy a talaj az építkezés helyszínén stabil.

4.1.3 Rézsűállékonyság

4.1.3.2 Szeizmikus hatás

(1)P A szeizmikus hatás tervezési értékét a 2.1. szakasz szerinti fogalmakkal kell az állékonyság igazolásához felvenni.

(2)P A szeizmikus hatás tervezési értékét meg kell növelni egy **topográfiai növelőt tényezővel**, ha rézsűkön vagy azok közelében lévő olyan szerkezetek általájának stabilitását kell igazolni, amelyek γ_I fontossági tényezője **1,0-nél nagyobb**.

MEGJEGYZÉS: A topográfiai növelő tényező értékére a tájékoztató jellegű **A mellékletben** található néhány irányelv.

(3) A szeizmikus hatás a 4.1.3.3. szakasz szerint **egyszerűsíthető**.

A melléklet: **Topográfiai növelőtényezők**

A1. ... a talajrézsűk állékonyságának igazolásához alkalmazható egyszerűsített növelő tényező S_T első közelítésben a rezgés alapperiódusától függetlennek vehető, s így **konstans** értékkel szorozható a kiválasztott rugalmas válaszspektrum ordinátája. Ezek a növelő tényezők főleg olyan lejtők esetében alkalmazhatók, melyek kétdimenziós domborzati alakzatnak minősülnek, mint a 30 m-nél magasabb hegyhátak és sziklafalak.

A2. 15°-nál kisebb átlagos lejtőszögek esetén a domborzati hatások **elhanyagolhatók**, külön tanulmányok indokoltak viszont, ha a helyi domborzati viszonyok nagyon szabálytalanok.

Nagyobb lejtőszögek esetén a következő irányelvek alkalmazhatók:

- *Különálló sziklafalak és lejtők.* $S_T \geq 1,2$ alkalmazandó a felső élekhez közeli zónákra.
- *Hegyhátak az alapszélességnél lényegesen kisebb taréjszélességgel.* A lejtő felső éléhez közeli zónákra $S_T \geq 1,4$ alkalmazandó 30°-nál nagyobb, és $S_T \geq 1,2$ ennél kisebb lejtőszögek esetén.
- *Laza felszíni réteg előfordulása.* Laza felszíni réteg előfordulása esetén az a) és b) bekezdésben megadott legkisebb S_T értéket legalább 20%-kal növelni kell.
- *A növelő tényező térbeli változása.* Az S_T értéke a hegyhát vagy a sziklafal alapja feletti magasság függvényében lineárisan változónak feltételezhető úgy, hogy értéke az alapnál egységnyívé válik.

A3. Általánosságban: a szeizmikus hatásnövekedés mértéke a hegyhátan belül is **gyorsan csökken** a mélységgel. Ezért az állékonyságvizsgálatban számításba veendő domborzati hatás a taréj mentén a legnagyobb és ott is többnyire felszíni jellegű, viszont sokkal kisebb a mélyebb földcsuszamlásoknál, ahol a csúszólapok a hegyhát alapjának közelében húzódnak

4.1.3 Rézsűállékonyság

4.1.3.3 Számítási módszerek

(1)P A talajrézsűknek a földrengés tervezési értékére adott válaszát **vagy** a **dinamikai analízis** elfogadott módszereivel – mint a véges elemes vagy a merevblokk-módszerrel – **vagy** a következő korlátozásokkal alkalmazható egyszerűsített **pszeudostatikus módszerekkel** kell meghatározni.

(2)P A talajkörnyezet mechanikai viselkedésének modellezésekor a talaj válaszának meghatározásához figyelembe kell venni a talajnak a növekvő alakváltozással járó **lágylását** és a ciklikus terhelés folytán **megnövekedő pórusvíznyomás** lehetséges hatásait.

(3) Az állékonyság egyszerűsített pszeudostatikus módszerekkel igazolható, ha a felszín és a rétegzettség **nem** mutat **ugrásszerű** szabálytalanságokat.

(4) Az állékonyságszámítás pszeudostatikus módszerei hasonlóak az EN 1997-1:2004 11.5. szakaszában bemutatottakhoz, de be kell még vonni a vizsgálatba a talajtömegek minden részére és a lejtő felszínén levő szerkezetek tömegére ható **vízszintes és függőleges tehetetlenségi erőket**.

4.1.3 Rézsúállékonyság

4.1.3.3 Számítási módszerek

(5) A talajtömegre ható F_H és F_V vízszintes, ill. függőleges irányú szeizmikus **tehetetlenségi erő tervezési értéke** a pseudostatikus számításokhoz:

$$F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W \quad (4.1)$$

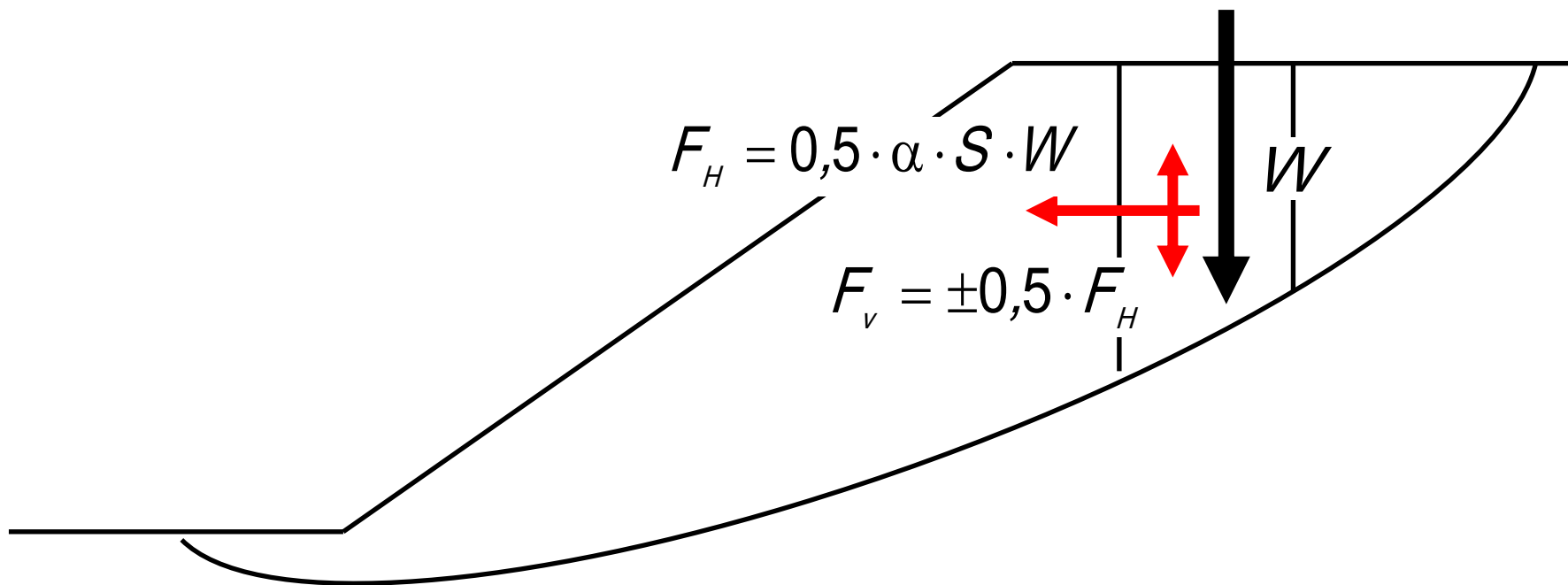
$$F_V = \pm 0,50 \cdot F_H \quad \text{ha } a_{vg}/a_g \text{ 0,6-nél nagyobb} \quad (4.2)$$

$$F_V = \pm 0,33 \cdot F_H \quad \text{ha } a_{vg}/a_g \text{ 0,6-nél nem nagyobb} \quad (4.3)$$

ahol

- α az a_g tervezési talaj- és a g nehézségi gyorsulás hányadosa A osztályú altalaj esetén;
- a_{vg} a függőleges irányú tervezési talajgyorsulás;
- a_g a tervezési talajgyorsulás A osztályú altalaj esetén;
- S az EN 1998-1:2004 3.2.2.2. szakaszában megadott talajtényező;
- W a csúszó tömeg súlya.

Az a_g -re vonatkozó topográfiai növelő-tényezőt figyelembe kell venni.



4.1.3 Rézsűállékonyság

4.1.3.3 Számítási módszerek

(6)P A határállapotot a **legkisebb biztonságot** adó csúszási felületre vonatkozóan kell ellenőrizni.

(7) A **használhatósági határállapotot** az elcsúszó tömeg tartós elmozdulásának számításával lehet ellenőrizni olyan egyszerűsített dinamikai modellel, amely egy, a lejtőn, a súrlódási ellenállással szemben lecsúszó merev blokkból áll. Ebben a modellben a szeizmikus hatás a 2.2. szakasz szerinti időfüggvény legyen, és a csökkentés nélküli tervezési gyorsuláson alapuljon.

(8)P Egyszerűsített modellek, például a (3)–(6)P szakaszban említett egyszerűsített **pszeudostatikus módszer nem** használhatók olyan általaj esetében, amelyben ciklikus terhelésre **nagy pórusvíznyomás vagy nagymértékű merevségcsökkenés** alakulhat ki.

(9) A pórusvíznyomás növekedését alkalmas talajvizsgálatok alapján kell értékelni. Ilyen talajvizsgálatok hiányában és előzetes tervezéshez tapasztalati adatokból lehet azt becsülni.

4.1.3 Rézsűállékonyság

4.1.3.4 A biztonság igazolása a pszeudostatikus módszer alkalmazásakor

(1) P Vízrel telített talajok és $\alpha \cdot S > 0,15$ értékkel jellemzett területek esetén vizsgálni kell a ciklikus terhelés következményeként lehetséges szilárdság-csökkenést és pórusvíznyomás-növekedést a 4.1.2.3. szakasz (8) bekezdése szerinti korlátozásokkal.

(2) Korábbi csúszások területén, ahol földrengés esetén nagyobb a mozgások kiújulásának esélye, ajánlatos a nagy fajlagos alakváltozáshoz tartozó szilárdsági paramétereket alkalmazni. Kohézió nélküli anyagok a ciklikus pórusvíznyomás – növekedésre érzékenyek, ezt – a 4.1.3.3. szakasz korlátozásain belül – úgy vehetjük számításba, hogy az ellenállást biztosító súrlódó erőket olyan pórusvíznyomási együttható alkalmazásával csökkentjük, amelyet a pórusvíznyomás-növekedés maximumához viszonyítva állapítunk meg. Az ilyen növekmény a 4.1.3.3. szakasz (9) bekezdésében megfogalmazottak szerint becsülhető.

(3) A nyírószilárdság csökkentése nagyon dilatálódó, kohézió nélküli talajok, például tömör homok esetében nem szükséges.

(4) P A talajrézsű biztonságát az EN 1997-1:2004 elvei szerint kell igazolni.

4.1 Telepítés

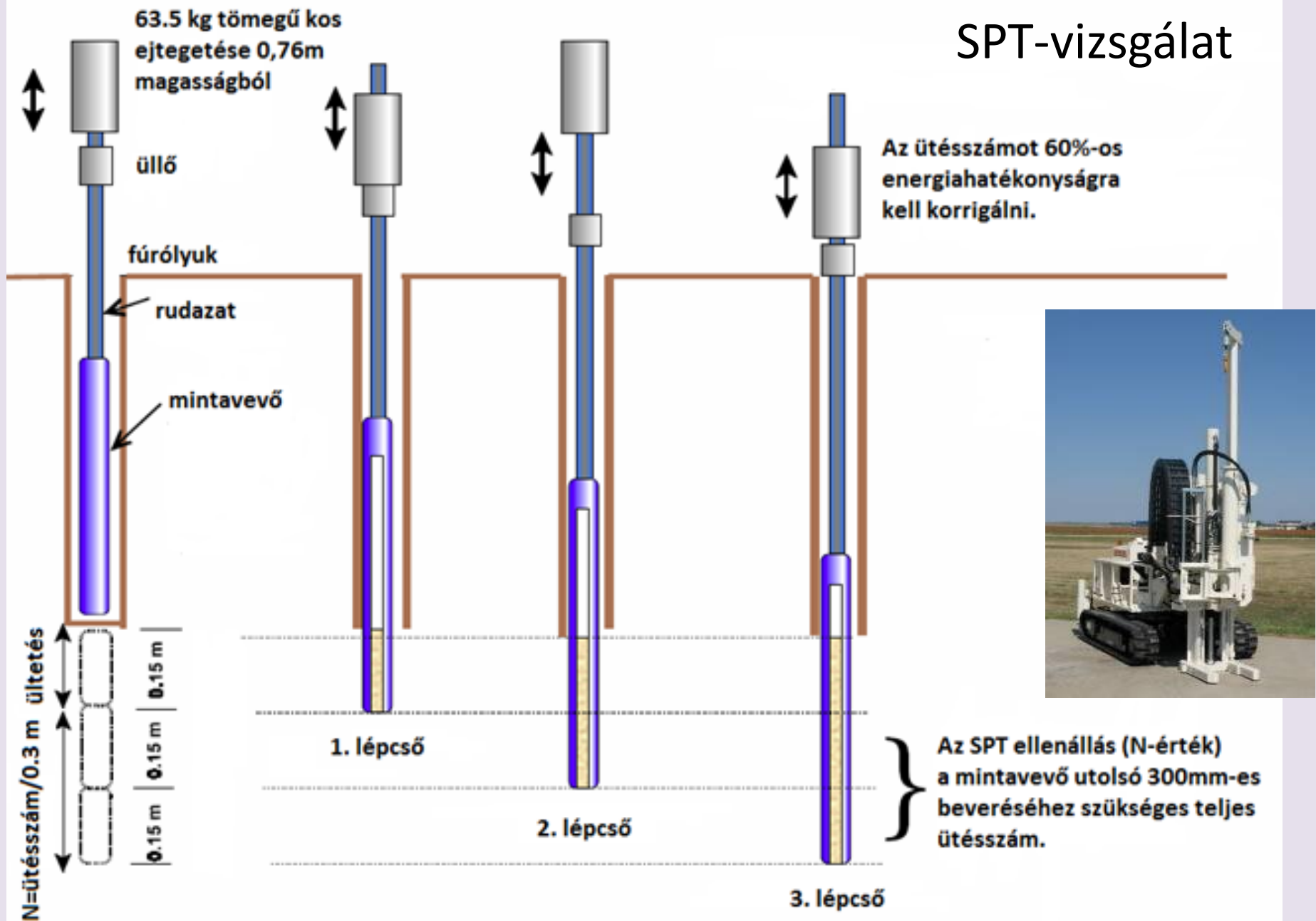
4.1.4 Talajok megfolyósodásának veszélye

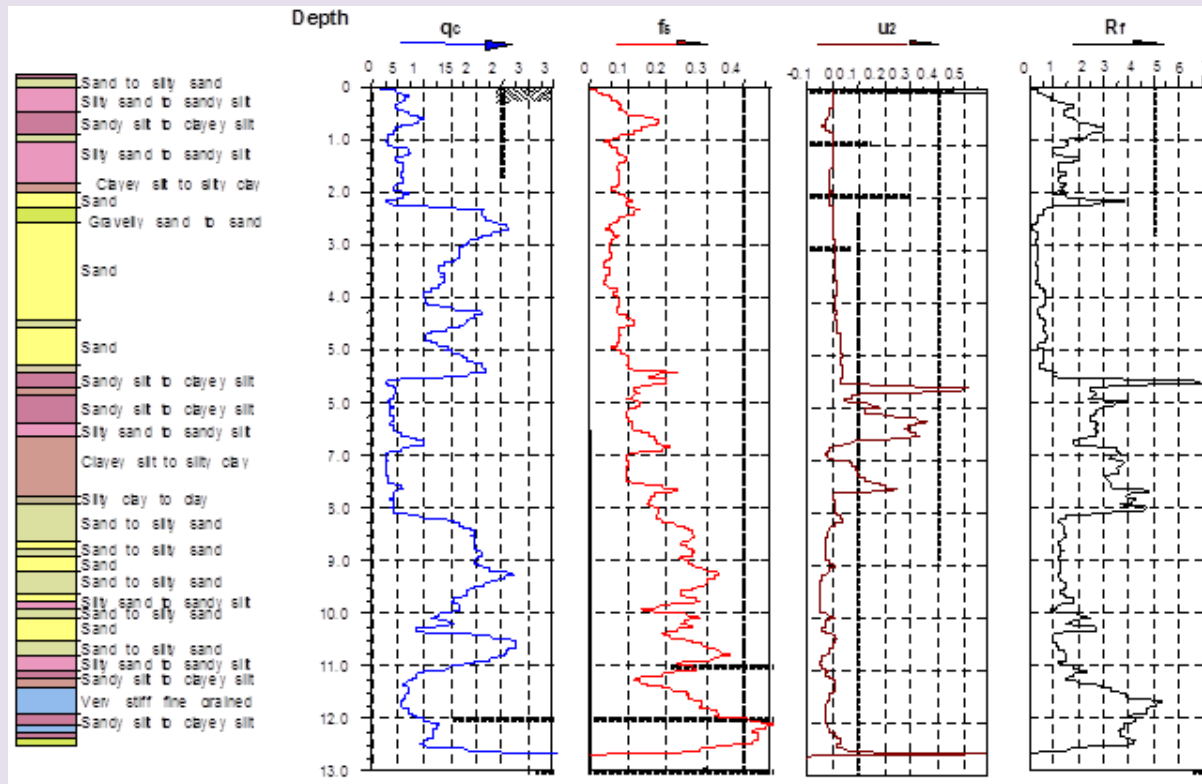
(1)P A megfolyósodás a vízzel telített, kohézió nélküli anyagokban a földrengéses talajmozgás közben fellépő pórusvíznyomás-növekedés okozta oly mértékű **szilárdság- és/vagy merevségcsökkenés**, amely már jelentős **tartós alakváltozásokat** vagy **zéró közeli hatékony feszültségekkel jellemezhető állapotot** eredményez.

(2)P A megfolyósodási hajlam értékelése akkor szükséges, ha az altalaj a **talajvízszint alatt kiterjedt** rétegben vagy vastag lencsékben iszap/agyagtartalmú vagy anélküli **laza homok**, és ha a talajvízszint közel van a felszínhez. Ezt az értékelést a beépítetlen helyszínre (a talaj és a talajvíz függőleges szelvényére) vonatkozóan a szerkezet élettartama alatt várható körülményekre kell elvégezni.

(3)P Az e célból megkövetelt vizsgálatok foglalják magukba legalább a helyszíni standard penetrációs vizsgálatokat (**SPT**) vagy a nyomószondázási vizsgálatokat (**CPT**), valamint a **szemeloszlási görbék** laboratóriumi meghatározását.

SPT-vizsgálat





CPT
nyomószonda
statikus szonda



4.1.4 Talajok megfolyósodásának veszélye

(4)P Az SPT-vizsgálat esetén a 30 cm behatoláshoz tartozó mért N_{SPT} ütésszámokat 100 kPa értékű hatékony geosztatikai nyomásra és olyan ütközési energiaszintre kell **normalizálni**, amely az elméleti szabadesési energia 0,6-szorosa. A 3 m-nél kisebb mélységben mért SPT értékeket 25%-kal csökkenteni kell.

(5) A geosztatikai nyomás szerinti normalizálás a mért N_{SPT} értékek $(100/\sigma'_{vo})^{1/2}$ tényezővel való szorzásával hajtható végre, ahol σ'_{vo} az a hatékony geosztatikai nyomás kPa-ban, amely abban a mélységben és akkor működött, ahol és amikor az SPT-vizsgálatra sor került. Kíváncos, hogy a $(100/\sigma'_{vo})^{1/2}$ tényező ne legyen 0,5-nél kisebb és 2-nél nagyobb.

(6) Az energianormalizálás az (5) bekezdés alapján nyert ütésszám $ER/60$ értékű tényezővel való szorzásából áll, ahol ER a vizsgálóberendezés specifikus energiaarányának a százszorosa.

(7) Síkalapozású épületek esetében a megfolyósodási hajlam értékelése **elhagyható**, ha a telített homokos talajok a térszíntől számított 15 m-nél mélyebben fekszenek.

4.1.4 Talajok megfolyósodásának veszélye

(8) **Elhanyagolható** a megfolyósodási veszély, ha $\alpha \cdot S < 0,15$ és a következő feltételekből legalább egy teljesül:

- a homok legalább 20% olyan agyagot tartalmaz, melynek plaszticitási indexe $IP > 10\%$;
- a homok iszaptartalma 35%-nál több, a geosztatikai nyomás és az energiaarány szerint is normalizált SPT-ütésszám $N_1(60) > 20$;
- a homok tiszta és a geosztatikai nyomás és energiaarány szerint is normalizált SPT-ütésszám $N_1(60) > 30$.

(9)P Ha a megfolyósodási veszély nem hanyagolható el, akkor azt legalább olyan jól kidolgozott geotechnikai módszerekkel kell értékelni, amelyek terepi mérések és olyan kritikus ciklikus nyírófeszültségek megállapított **korrelációján** alapulnak, melyekről tudható, hogy a korábbi földrengések során megfolyósodást okoztak.

4.1.4 Talajok megfolyósodásának veszélye

10) Tapasztalati megfolyósodási ábrák vannak a B mellékletben, ezek egyenletes talajviszonyokra vonatkozóan különböző típusú terepi mérésekkel megállapított korrelációt mutatnak. E megközelítésben a τ_e **szeizmikus nyírófeszültség** a következő egyszerűsített kifejezéssel becsülhető:

$$\tau_e = 0,65 \cdot \alpha \cdot S \cdot \sigma_{v0} \quad (4.4)$$

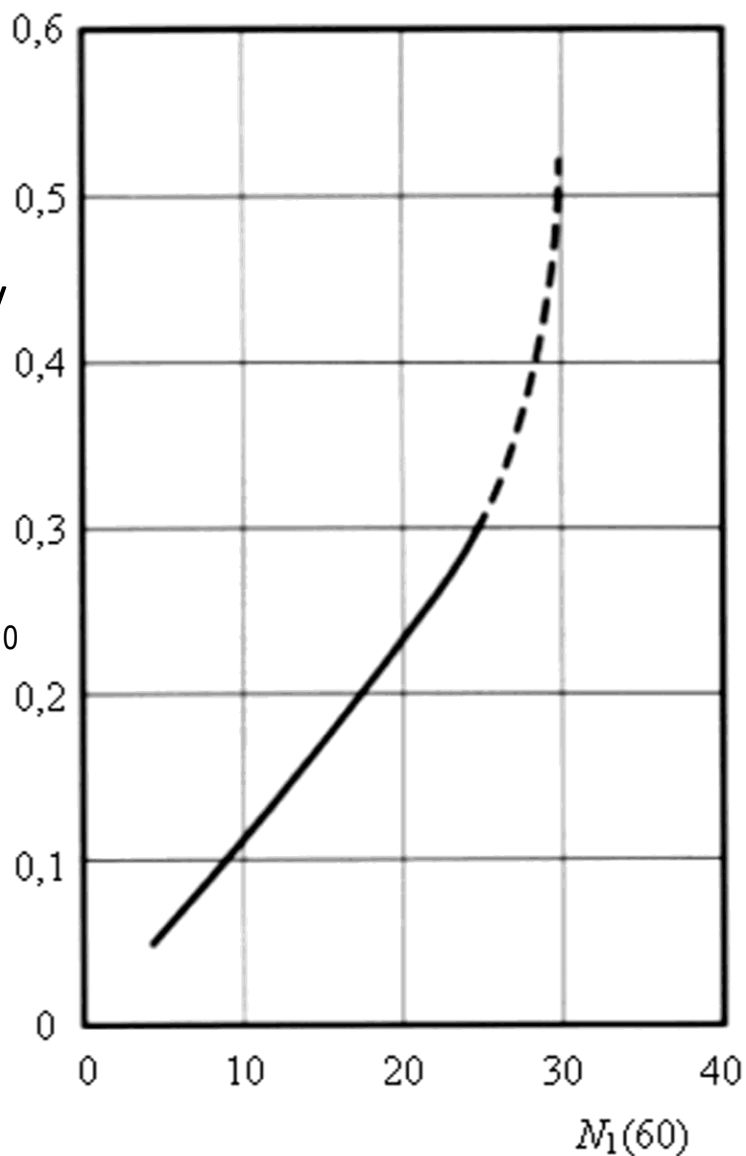
ahol σ_{v0} a teljes geosztatikai nyomás, a többi változó ugyanaz, mint a (4.1)-(4.3) képletben. E kifejezés nem alkalmazható 20 m-nél nagyobb mélységre.

(11)P Terepi mérésekre megállapított korreláció alkalmazásakor egyenletes talajviszonyok esetén az altalajt megfolyósodásra hajlamosnak kell tekinteni, ha a földrengés okozta nyírófeszültség meghaladja ama **kritikus feszültségnek** a λ hányadát, amelyről tudható, hogy korábbi földrengésekkor már okozott megfolyósodást.

MEGJEGYZÉS: A λ értéke valamely országra vonatkozóan a nemzeti mellékletben található meg. Ajánlott értéke $\lambda = 0,8$, amely 1,25 értékű biztonsági tényezőt is magában foglal.

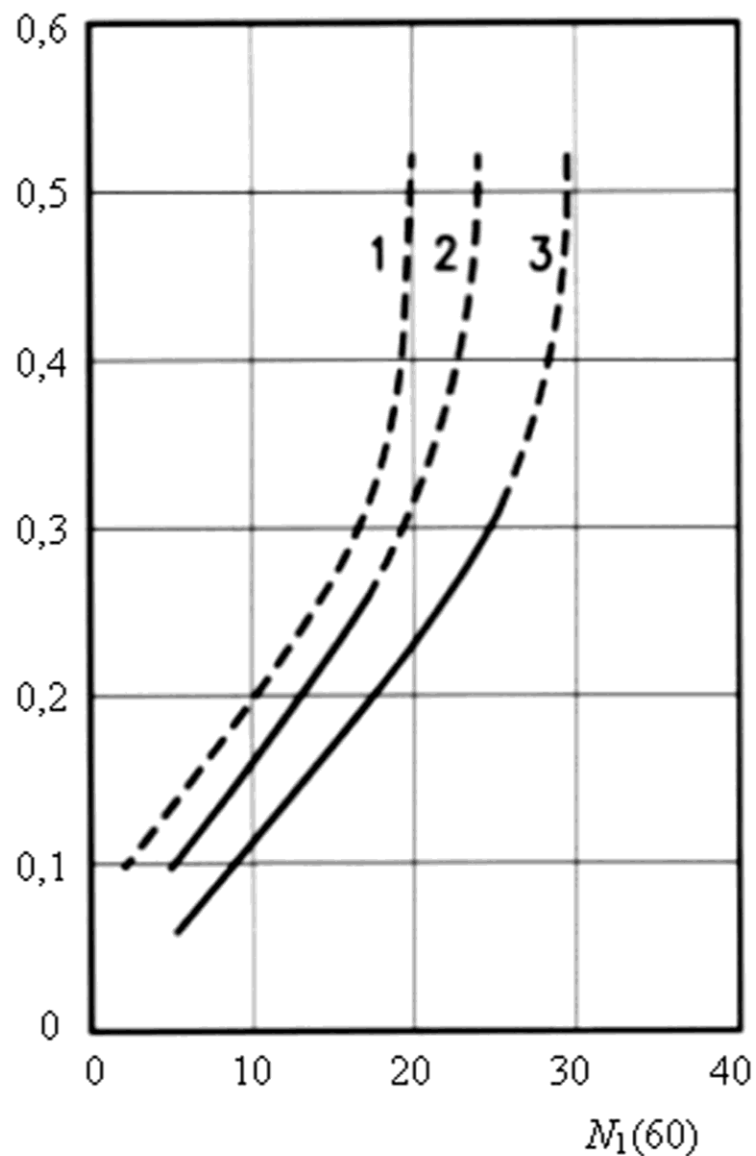
τ_e / σ'_{v0}
 ciklikus
 feszültségarány
 $M_S = 7,5$
 magnitúdójú
 földrengéskor

$$\tau_e = 0,65 \cdot \alpha \cdot S \cdot \sigma_{v0}$$



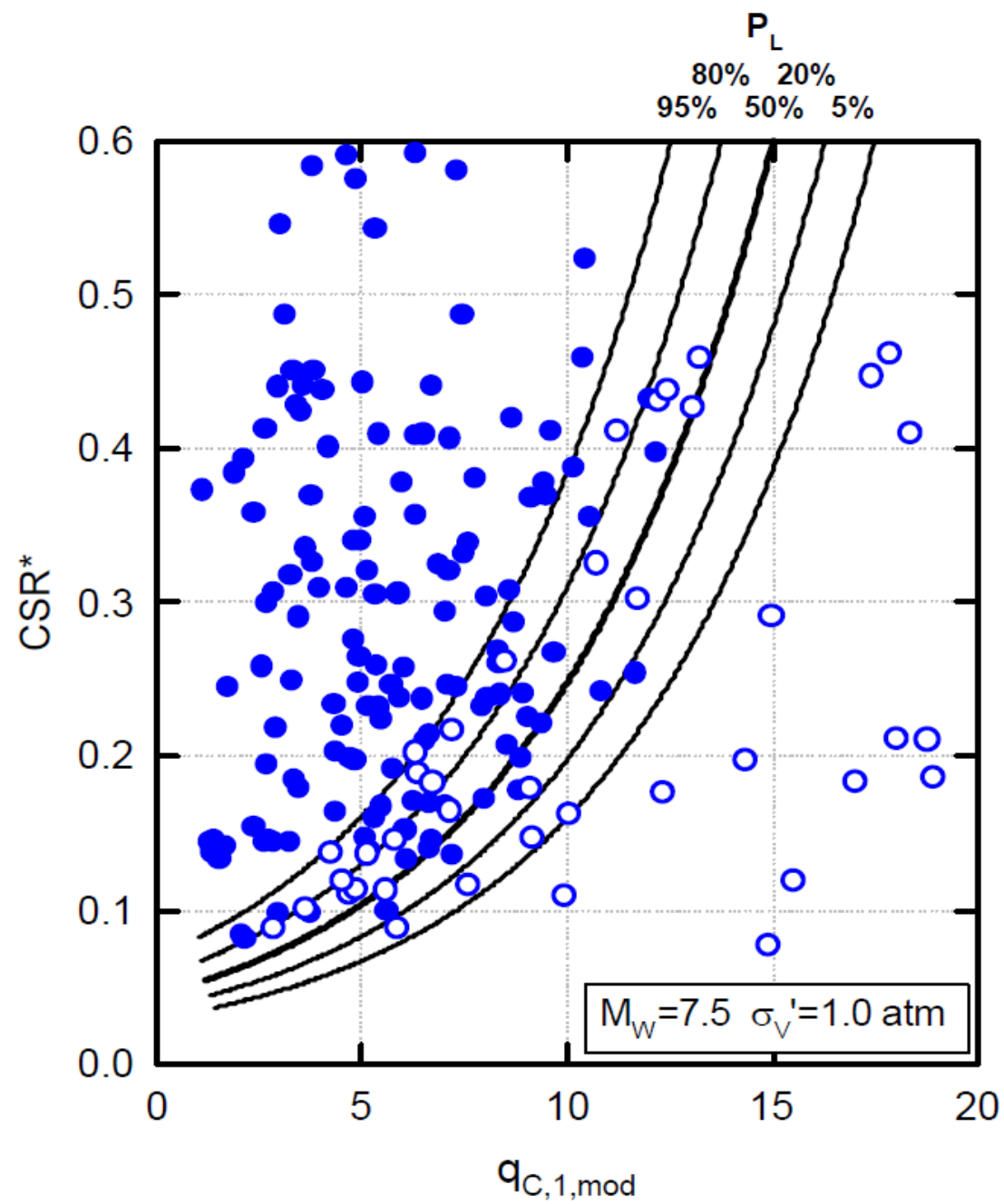
tiszta homok

MS	CM
5,5	2,86
6,0	2,20
6,5	1,69
7,0	1,30
8,0	0,67



iszapos homok

1 görbe: 35% finomszemcse
 2 görbe: 15% finomszemcse
 3 görbe: < 5% finomszemcse



tervezési talajgyorsulás				$a_{gR} = 0,15 \cdot g$		természetes térfogatsúly		$\gamma_n = 18 \text{ kN/m}^3$		alap- érték	kritikus feszültség korrekció		
MMK javaslat				$a_{MMK} = 0,7 \cdot a_{gR}$		telített térfogatsúly		$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$			$\lambda = 0,8$		
talajtényező (E talajoszt.)				$S = 1,4$		víz térfogatsúlya		$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$		DWF _M	magnitúdó korrekció		
talajvíz szintje				3,5 m		atmoszférikus nyomás		$p_a = 100 \text{ kPa}$			1,00	1,35	1,68
mély- ség	hatékony függőleges feszültség	CPT csúcs-ellen-állás	CPT sűrűlási arány- szám	feszültség-szint miatti korrekció		finom- szemcse korrekció	korrigált CPT csúcs-ellenállás	ciklikus feszültség- arány M=7,5-re	ciklikus feszültségarány				
				kitevő	módosító tényező				M=7,5	M=6,5	M=5,5		
z [m]	σ_v' [kPa]	q_c [MPa]	R_f [%]	c [-]	C_q [-]	$q_{c,1}$ [MPa]	$q_{c1 \text{ mod}}$ [MPa]	CSR _{7,5} [-]	CSR _{7,5} [-]	CSR _{6,5} [-]	CSR _{5,5} [-]		
0,0	1,0*	7,0	1,2	0,33	4,571	1,0	33,00						
0,2	3,6	7,0	1,2	0,35	3,201	1,0	23,41	0,0956	0,120	0,088	0,066		
0,9	16,2	7,0	1,2	0,38	1,997	1,0	14,98	0,0956	0,120	0,088	0,066		
0,9	16,2	3,0	1,2	0,45	2,268	1,0	7,81	0,0956	0,120	0,088	0,066		
2,7	48,6	3,0	1,2	0,51	1,445	1,0	5,33	0,0956	0,120	0,088	0,066		
2,7	48,6	5,0	3,0	0,33	1,269	3,5	9,84	0,0956	0,120	0,088	0,066		
3,2	57,6	5,0	3,0	0,35	1,213	3,5	9,56	0,0956	0,120	0,088	0,066		
3,2	57,6	1,5	3,5	0,48	1,303	4,0	5,95	0,0956	0,120	0,088	0,066		
5,2	80,34	1,5	3,5	0,53	1,123	4,0	5,68	0,1154	0,144	0,106	0,080		
5,2	80,34	6,0	2,0	0,38	1,087	2,0	8,52	0,1154	0,144	0,106	0,080		
6,2	90,54	6,0	2,0	0,38	1,038	2,0	8,23	0,1235	0,154	0,113	0,086		
6,2	90,54	2,0	4,0	0,42	1,043	4,2	6,29	0,1235	0,154	0,113	0,086		
7,2	100,74	2,0	4,0	0,44	0,997	4,2	6,19	0,1299	0,162	0,119	0,090		
7,2	100,74	7,0	1,0	0,48	0,996	0,8	7,78	0,1299	0,162	0,119	0,090		
8,7	116,04	7,0	1,0	0,48	0,931	0,8	7,32	0,1375	0,172	0,126	0,095		
8,7	116,04	2,0	3,0	0,52	0,926	3,5	5,35	0,1375	0,172	0,126	0,095		
10,7	136,44	2,0	3,0	0,52	0,851	3,5	5,20	0,1450	0,181	0,133	0,101		
10,7	136,44	3,0	2,5	0,45	0,870	3,0	5,61	0,1450	0,181	0,133	0,101		
11,7	146,64	3,0	2,5	0,45	0,842	3,0	5,53	0,1479	0,185	0,136	0,103		
11,7	146,64	4,0	1,0	0,56	0,807	1,0	4,23	0,1479	0,185	0,136	0,103		
12,7	156,84	4,0	1,0	0,56	0,777	1,0	4,11	0,1505	0,188	0,138	0,104		
12,7	156,84	5,0	2,0	0,42	0,828	2,0	6,14	0,1505	0,188	0,138	0,104		
13,7	167,04	5,0	2,0	0,43	0,802	2,0	6,01	0,1527	0,191	0,140	0,106		
13,7	167,04	10,0	1,0	0,48	0,782	1,0	8,82	0,1527	0,191	0,140	0,106		
14,2	172,14	10,0	1,0	0,48	0,771	1,0	8,71	0,1538	0,192	0,141	0,107		
14,2	172,14	2,0	3,5	0,54	0,746	4,0	5,49	0,1538	0,192	0,141	0,107		
15,2	182,34	2,0	3,5	0,54	0,723	4,0	5,45	0,1556	0,1945	0,143	0,108		
15,2	182,34	10,0	0,8	0,53	0,727	0,7	7,97	0,1556	0,1945	0,143	0,108		
16,2	192,54	10,0	0,8	0,53	0,707	0,7	7,77	0,1573	0,197	0,145	0,109		
16,2	192,54	3,0	3,0	0,45	0,745	3,2	5,43	0,1573	0,197	0,145	0,109		
17,7	207,84	3,0	3,0	0,48	0,704	3,2	5,31	0,1595	0,199	0,147	0,111		
17,7	207,84	10,0	1,0	0,48	0,704	1,0	8,04	0,1595	0,199	0,147	0,111		
19,7	228,24	10,0	1,0	0,48	0,673	1,0	7,73	0,1620	0,203	0,149	0,113		
19,7	228,24	10,0	1,0	0,49	0,667	1,0	7,67	0,1620	0,203	0,149	0,113		
20,0	231,30	10,0	1,0	0,48	0,669	1,0	7,69	0,1623	0,203	0,149	0,113		

4.1.4 Talajok megfolyósodásának veszélye

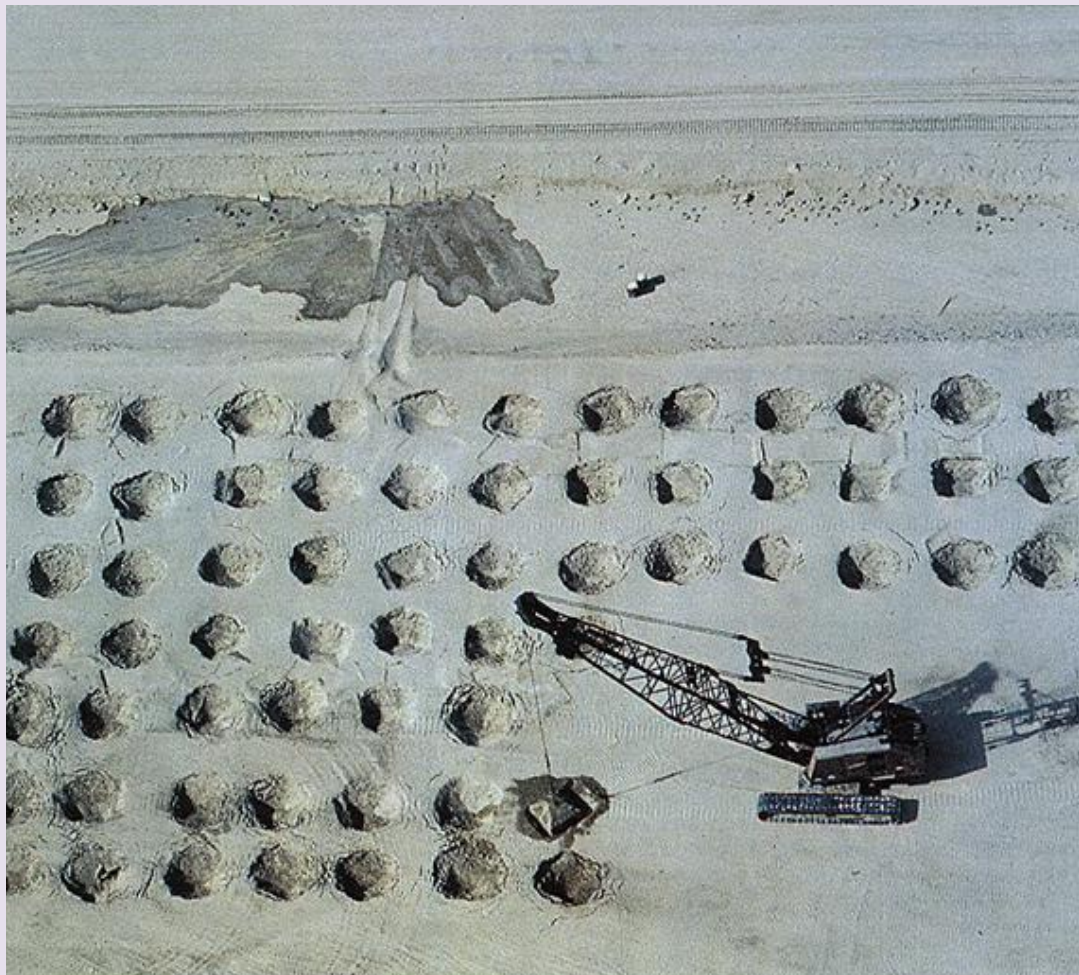
(12) P Ha a talaj megfolyósódásra hajlamosnak bizonyul, és az ebből eredő hatásokat az alapozás teherbíró képességét vagy állékonyságát érintő tényezőknek ítélik, akkor az alapozás biztonsága érdekében **külön intézkedéseket** kell tenni, pl. talajjavítással vagy cölöpözéssel (hogya a terhet megfolyósódásra nem hajlamos rétegre továbbítsák).

(13) A megfolyósódás elleni talajjavítás vagy tömörítéssel (a talaj penetrációs ellenállásának a veszélyes tartomány fölé való növelésével), vagy olyan drénrendszer beépítésével érhető el, mely a talajrázkódásból eredő **pórusvíznyomástöbbletet csökkenti**.

MEGJEGYZÉS: A tömörítés megvalósíthatósága főleg a talaj finomszemcsetartalmától és a mélységtől függ.

(14) A **cölöpalapozás** kizárólagos alkalmazását **óvatosan** kell kezelni, minthogy a cölöpökben nagy erők keletkezhetnek a talaj megtámasztó hatásának a megfolyósodó rétegekben való elvesztése, valamint az ilyen talajrétegek helyzetének és vastagságának meghatározása során elkerülhetetlen bizonytalanságok miatt.

Mélyvibráció és dinamikus konszolidáció



4.1 Telepítés

4.1.5 Túlzott talajsüllyedés ciklikus terhelés hatására

(1)P Az alapozás alatti talajok tömörödéssre és a földrengés okozta ciklikus feszültségek miatti túlzott **süllyedésekre** való hajlamát figyelembe kell venni, ha sekély mélységben laza, telítetlen, kohézió nélküli anyagokból álló kiterjedt rétegek vagy vastag lencsék találhatók.

(2) Túlzott süllyedések keletkezhetnek a nagyon lágy agyagokban is a nyírószilárdságuknak a hosszú ideig tartó **talajrázkódás** ciklikus hatása miatti csökkenése következtében.

(3) Az előzőekben vázolt talajfajták tömörödési és süllyedési hajlamát a geotechnika módszereivel kell értékelni, és ha szükséges, a kérdéses talaj reprezentatív mintáinak alkalmas statikus és ciklikus **laboratóriumi vizsgálatához** kell folyamodni.

(4) Ha a tömörödés vagy a ciklikus szilárdságcsökkenés okozta süllyedések már befolyásolhatják az alapozás állékonyságát, akkor megfontolandó a **talajjavító módszerek** alkalmazása.

4.2. Az altalaj vizsgálata és tanulmányozása

4.2.1. Általános feltételek

(1)P Az alapok alatti altalaj vizsgálata és tanulmányozása a szeizmikus területekre vonatkozóan is feleljen meg az EN 1997-1:2004 3. fejezetében a nem szeizmikus területekre vonatkozóan megadott feltételeknek.

(2) Az I. fontossági kategóriájú épületeket kivéve, hacsak lehet, a terepi vizsgálatok sorában készüljenek **CPT-vizsgálatok** is, és lehetőleg pórusvíznyomásméréssel, mert azok a talajmechanikai jellemzők mélység menti folyamatos felvételét szolgáltatják.

(3)P További szeizmikus célú vizsgálatok is szükségesek lehetnek a 4.1. és 4.2.2. szakaszban megjelölt esetekben.

4.2. Az altalaj vizsgálata és tanulmányozása

4.2.2. A talajfajta meghatározása a szeizmikus hatás megítéléséhez

(1)P Elegendő mennyiségű geotechnikai és geológiai adatnak kell rendelkezésre állnia az építés helyszínére vonatkozóan, hogy az **átlagos talajfajta** és/vagy a vonatkozó válaszspektrum meghatározható legyen, miként azt az EN 1998-1:2004 **3.1.** és **3.2.** szakasza meghatározza.

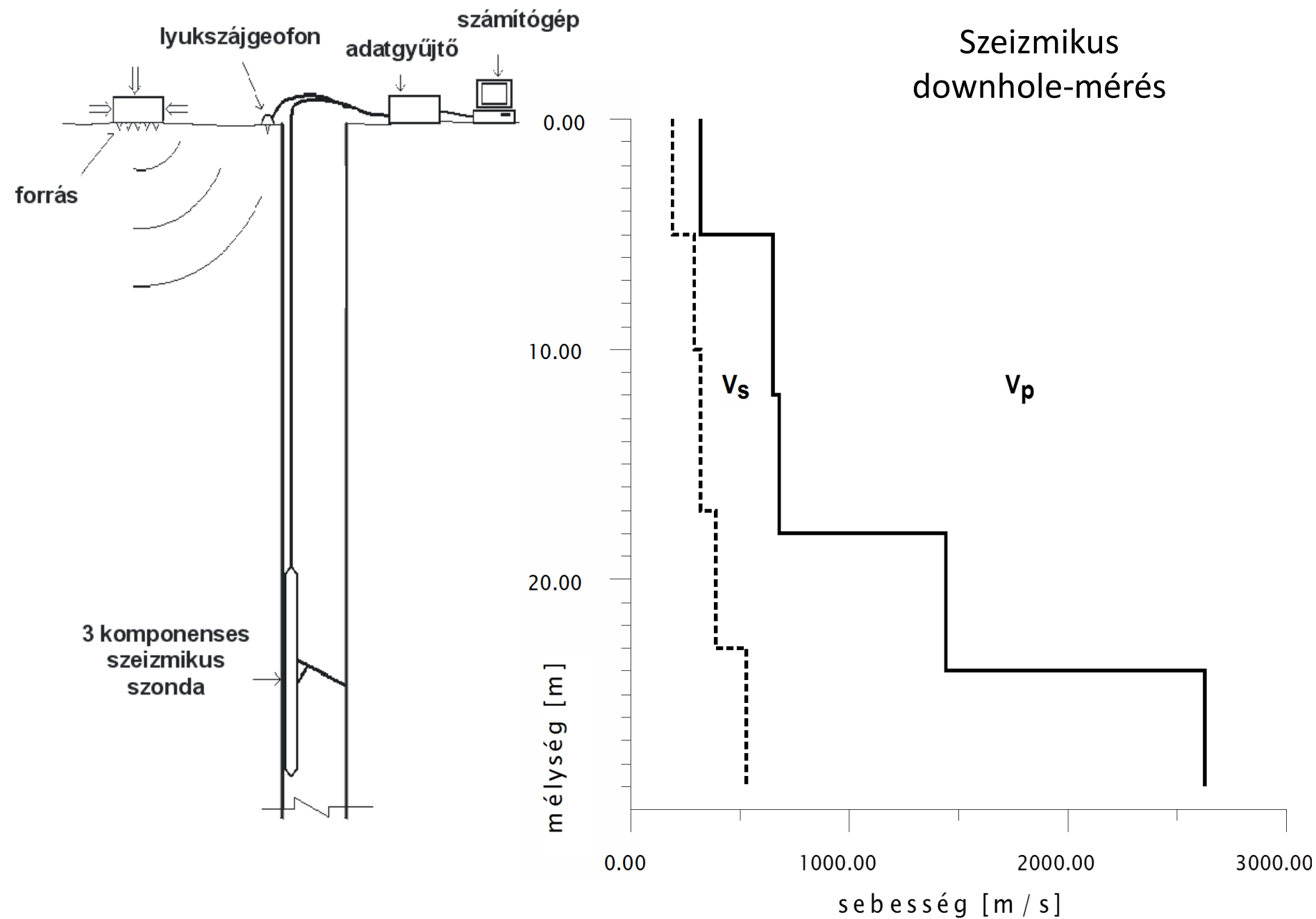
(2) Erre a célra a terepi adatok együtt kezelhetők a hasonló geológiai jellemzőjű **szomszédos** területek adataival.

(3) Meglévő mikrozonális **szeizmikus térképek** vagy feltételek figyelembe vehetők, feltéve, hogy azok összhangban vannak e szakasz

(1)P bekezdésével, és az építés helyén végzett talajvizsgálatokkal alátámaszthatók.

(4)P A nyíróhullám-terjedés altalajbeli sebességének (v_s) **szelvényét** kell stabil területek esetében a **legmegbízhatóbb** eszköznek tekinteni a szeizmikus hatás helyszíntől függő jellemzőinek megállapításához.

Szeizmikus downhole-mérés



4.2. Az altalaj vizsgálata és tanulmányozása

4.2.2. A talajfajta meghatározása a szeizmikus hatás megítéléséhez

(5) A v_s szelvény in situ mérésére a furatbeli geofizikai vizsgálatok a célszerűek a nagy szeizmicitású vidékeken épülő fontos szerkezetekhez, különösen a D, S_1 és S_2 osztályú altalaj esetén.

(6) Minden más esetben, amikor a talaj önrezgésszámát kell meghatározni, a v_s szelvény tapasztalati **korrelációkkal** becsülhető, felhasználva a terepi penetrációs ellenállást vagy más geotechnikai tulajdonságokat, de figyelembe véve az ilyen korrelációk szórását is.

(7) A talaj belső **csillapítását** erre alkalmas laboratóriumi vagy terepi vizsgálattal kell mérni. Közvetlen mérések híján, és ha az $a_g \cdot S$ értéke kisebb, mint $0,1 \cdot g$ (azaz $0,98 \text{ m/s}^2$ -nél kisebb), $0,03$ csillapítási tényezőt célszerű alkalmazni. Szerkezetes és cementált talajok, valamint puha kőzetek esetén külön megfontolás szükséges.

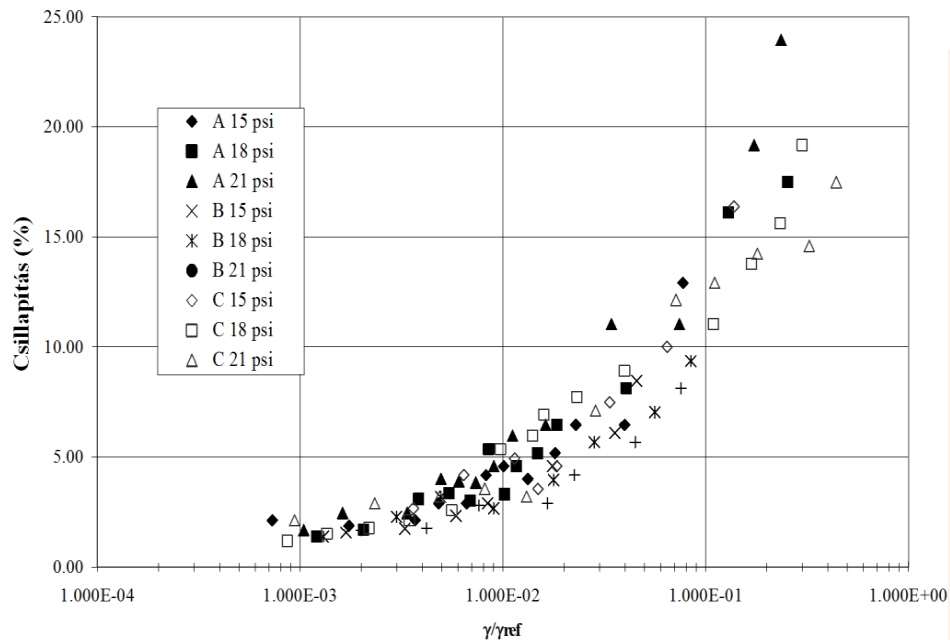
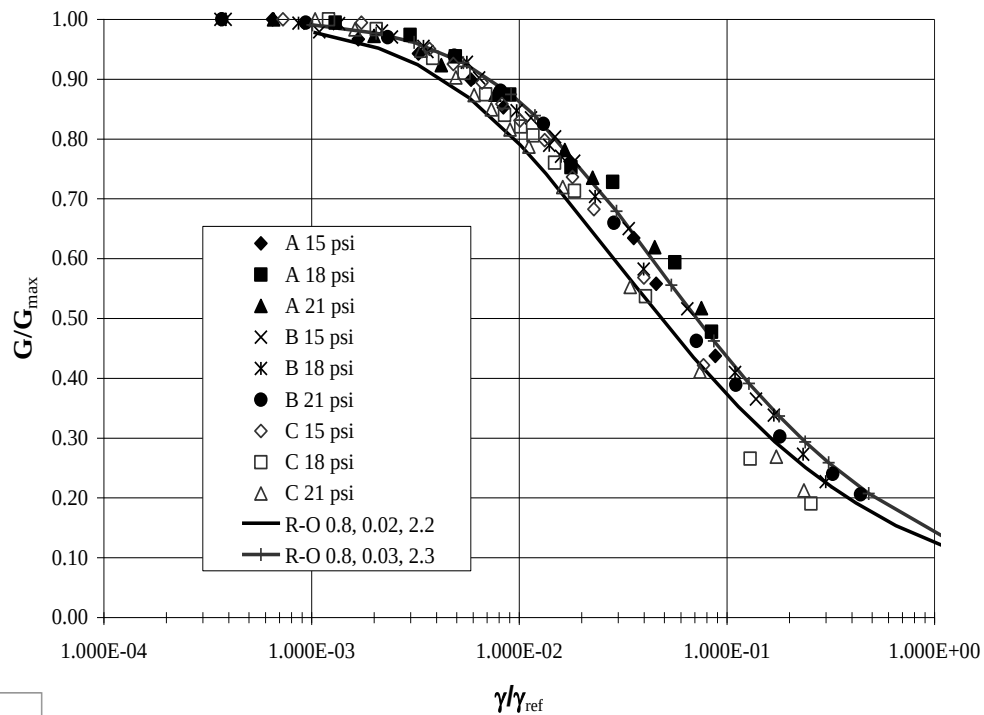
4.2. Az altalaj vizsgálata és tanulmányozása

4.2.3. A fajlagos alakváltozás hatása a talaj merevségi és csillapítási tulajdonságára

(1)P Minden olyan számításban, amely a stabil feltételek esetén érvényes dinamikai talajjellemzőket alkalmazza, figyelembe kell venni a v_s -nek a kis alakváltozásokhoz tartozó értéke – mint például a terepi vizsgálatokban mért érték –, valamint a földrengés által előidézett alakváltozás mértékével kompatibilis érték közötti különbséget.

(2) Ennek figyelembevételére a C és D osztályú helyi altalajviszonyok esetében, ha a talajvízszint magas, és ha a talaj nem tartalmaz $I_p > 40\%$ plasticitási indexű anyagokat, konkrét adatok hiányában a 4.1. táblázatban adott, a v_s értékét csökkentő tényezővel valósítható meg. Merevebb talajt is magába foglaló szelvény és mélyebb talajvízszint esetén ajánlatos a csökkentés mértékét arányosan kisebbre venni (és a megengedett eltérést is csökkenteni).

Nyírási modulus és a csillapítás változásai



4.2. Az altalaj vizsgálata és tanulmányozása

4.2.3. A fajlagos alakváltozás hatása a talaj merevségi és csillapítási tulajdonságára

(3) Ha $a_g \cdot S$ egyenlő vagy nagyobb, mint $0,1 \cdot g$, akkor speciális mérések hiányában célszerű a 4.1. táblázatban szereplő belső csillapítási tényezőket használni.

4.1. tábl. A talaj átlagos csillapítási tényezői és az átlagos csökkentő tényezők ($\pm s$) a 20 m mélységen belüli v_s nyíróhullám-sebesség és G nyírási modulus különböző értékeire.

Talajgyorsulási viszony $\alpha \cdot S$	Csillapítási tényező	v_s / v_{smax}	G / G_{max}
0,10	0,03	0,90 ($\pm 0,07$)	0,80 ($\pm 0,10$)
0,20	0,06	0,70 ($\pm 0,15$)	0,50 ($\pm 0,20$)
0,30	0,10	0,60 ($\pm 0,15$)	0,36 ($\pm 0,20$)

$v_{s,max}$ átlagos v_s kismértékű ($<10^{-5}$) fajlagos alakváltozás esetén, de max. 360 m/s,
 G_{max} átlagos nyírási modulus kismértékű fajlagos alakváltozás esetén.

MEGJEGYZÉS: Az egyszeres szórástartományokon belül, olyan tényezőktől függően, mint a merevség és a rétegzettség, a tervező különböző mértékű óvatossággal járhat el. A $v_s/v_{s,max}$ és G/G_{max} átlag feletti értékei alkalmazhatók például a merevebb szelvényekben, a $v_s/v_{s,max}$ és G/G_{max} átlag alatti értékei pedig a puhább szelvényekben.

Eurocode 8-5

5. fejezet

ALAPOZÁSI RENDSZER

5. ALAPOZÁSI RENDSZER

5.1. Általános követelmények

(1)P A szeizmikus területen levő szerkezet alapozása az EN 1997-1:2004 általános szabályain túlmenően feleljen meg a következő követelményeknek. A felszerkezetről érkező erők az 5.3.2. szakasz feltételeivel összhangban számottevő tartós alakváltozás nélkül adódjanak át az altalajra. A **szeizmikus eredetű talajalakváltozások legyenek kompatibilisek a szerkezet lényeges funkcionális követelményeivel.**

Az 5.2. szakasz szabályait és az 5.4. szakasz alapvető intézkedéseit követve arra törekedve kell az alapozási módról döntést hozni, azt megtervezni és megépíteni, hogy a szeizmikus válasz bizonytalanságaiból fakadó kockázat korlátozott legyen.

(2)P Kellő figyelmet kell fordítani a talaj **dinamikai tulajdonságainak a fajlagos alakváltozástól való függésére** (lásd a 4.2.3. szakaszt) és a szeizmikus terhelés ciklikus jellegének következményeire. Ha az eredeti talaj javítása vagy cseréje annak megfolyósódásra vagy tömörödésre való hajlama miatt szükséges, akkor a javított vagy a cseretalaj tulajdonságait kell figyelembe venni.

(3) Ha helyénvaló (vagy szükséges), a 3.1. szakasz (3) bekezdésében említettektől **eltérő parciális tényezők** is alkalmazhatók a talajjellemzőkhöz vagy az ellenállásokhoz, feltéve, hogy azok ugyanolyan biztonsági szintet eredményeznek.

5.2. A szerkezettervezés alapszabályai

1)P A hidakat és a csővezetékeket kivéve, **vegyes alapozást** – pl. cölöpöket síkalappal – csak akkor szabad alkalmazni, ha külön tanulmány igazolja az ilyen megoldás alkalmasságát. Eltérő alapozási típus egyazon építményen belül csak annak dinamikailag független egységeihez alkalmazható.

(2)P Az alapozási típus megválasztásakor a következőket kell figyelembe venni. Az alapozás legyen eléggé **merev** ahhoz, hogy a felszerkezetről érkező koncentrált jellegű hatásokat egyenletesen továbbítsa az altalajra. A függőleges elemek közötti vízszintes relatív elmozdulások hatásait figyelembe kell venni az alapozás vízszintes síkbeli merevségének megválasztásakor. Ha számításba kívánjuk venni a szeizmikus mozgás amplitúdójának mélységgel való csökkenését, akkor ezt tanulmánnyal kell igazolni, és semmi esetre sem szabad kisebb gyorsulási csúcsértékkel számolni, mint a talajfelszínre érvényes $\alpha \cdot S$ szorzat bizonyos hányada, mely egy **p szorzóval** nyerhető.

MEGJEGYZÉS: A valamely országban használandó p -értéket a nemzeti melléklet tartalmazza. Az ajánlott érték $p = 0,65$.

5.3. Az igénybevételek tervezési értéke

5.3.1. A szerkezet jellegétől való függés

(1)P *Energiaelnyelő szerkezetek.* Az **energiaelnyelő szerkezetek alapozására** jutó igénybevételeket kapacitástervezési megfontolások alapján kell számítani, figyelembe véve, hogy többletszilárdság fejlődhet ki. Az ilyen hatások értékelése legyen összhangban az EC8 vonatkozó részeinek megfelelő szakaszaival. Épületekre az EN 1998-1:2004 4.4.2.6. (2)P bekezdése szerinti korlátozó rendelkezéseket kell alkalmazni.

(2)P *Nem energiaelnyelő szerkezetek.* A **nem energiaelnyelő szerkezetek alapozására** jutó igénybevételeket a szeizmikus tervezési állapot elemzésével kapacitástervezési megfontolások nélkül kell meghatározni. Lásd az EN 1998-1:2004 4.4.2.6. (3) bekezdését is..

5.3. Az igénybevételek tervezési értéke

5.3.2. Az igénybevételek átadása a talajra

(1)P Azért, hogy az alapozási rendszer megfeleljen az 5.1. szakasz (1)P bekezdésének, a vízszintes erő, illetve a normálerő és a hajlító-nyomaték általajra való átadódást a következő **kritériumok** szerint kell vizsgálni.

A cölöpökre és a pillérekre vonatkozóan az 5.4.2. szakaszban előírt további kritériumokat kell figyelembe venni.

(2)P **Vízszintes erő.** A vízszintes nyíróerőt, annak V_{Ed} tervezési értékét figyelembe véve, a következő mechanizmusokkal szabad átadni a talajra:

- a talpalap vízszintes **alapfelülete** vagy az alaplemez és az általaj közti **nyírási ellenállás** révén, annak F_{Rd} tervezési értékét kihasználva az 5.4.1.1. szerint;
- az alaptest függőleges **oldalai** és a talaj közötti **nyírási ellenállás** révén, annak tervezési értékét kihasználva;
- az alaptest oldalfalán működő **földnyomási ellenállás** révén, annak tervezési értékét kihasználva, az 5.4.1.1., 5.4.1.3. és 5.4.2. korlátozásai és feltételei mellett.

5.3. Az igénybevételek tervezési értéke

5.3.2. Az igénybevételek átadása a talajra

(3)P A nyírási ellenállással együtt a teljesen mobilizált passzív földnyomásból eredő ellenállásnak legfeljebb csak a 30%-át szabad figyelembe venni.

(4)P Normálerő és hajlító-nyomaték. A normálerőt és a hajlító-nyomatékot, annak megfelelő számítással megállapított N_{Ed} és M_{Ed} tervezési értékét figyelembe véve, a következők valamelyikével vagy kombinációjukkal kell az altalajra továbbítani:

- az alaptest alapsíkján feltételezhető függőleges erőként értelmezett ellenállás révén, annak tervezési értékét kihasználva;
- a mélyalapozás (doboz, cölöp, szekrény) oldalfalai és a talaj közötti vízszintes nyírási ellenállásból ébredő nyomaték révén, annak tervezési értékét kihasználva, az 5.4.1.3. és 5.4.2. korlátozásai és feltételei mellett;
- a mélyített alapok, illetve a mélyalapozási elemek (doboz, cölöp, pillér és szekrény) oldalfalai és a talaj közötti függőleges nyírási ellenállás révén, annak tervezési értékét kihasználva.

5.4. Igazolási és méretezési követelmények

5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

(1)P A következő igazolási és méretezési követelményeket kell alkalmazni a közvetlenül az alattuk fekvő talajt terhelő sík vagy mélyített síkalapok esetén

5.4.1.1. Sáv- és pontalapok (teherbírési határállapot szerinti tervezés)

(1)P A teherbírési határállapot tervezési követelményei szerint ellenőrizni kell az alapot az elcsúszással és a talajtörési ellenállás kimerülésével szemben.

(2)P **Tönkremenetel elcsúszás révén.** Ha az alapsík **a talajvízszint felett** van, akkor ezt a tönkremeneteli típust **súrlódással**, illetve az (5) bekezdésben foglalt körülmények esetén oldalirányú **földnyomással** kell meggátolni.

(3) Külön vizsgálatok hiányában a **talajvíz feletti alapok nyírási ellenállásának** F_{Rd} tervezési értéke a következő képletből számítható:

$$F_{Rd} = N_{Ed} \frac{\tan \delta}{\gamma_M} \quad (5.1)$$

ahol

- N_{Ed} a vízszintes alapfelületen ható normálerő tervezési értéke;
- δ a szerkezet és a talaj közötti súrlódási szög az alapfelületen, amely az EN 1997-1:2004 6.5.3. szakasza szerint állapítható meg.
- γ_M az anyagjellemző parciális tényezője, melynek értéke megegyezik a $\tan \phi'$ -re alkalmazandó értékkel (lásd a 3.1 szakasz (3) bekezdését)

5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.1. Sáv- és pontalapok (teherbírési határállapot szerinti tervezés)

(4)P Talajvíz alatti alapozások esetén a nyírási ellenállás tervezési értékét a drénezetlen nyírószilárdság alapján, az EN 1997-1:2004 6.5.3. szakasza szerint kell számítani.

(5) Az alaptest oldalfalán fellépő földnyomásból keletkező E_{pd} oldalirányú ellenállás tervezési értéke az 5.3.2. szakasz szerint számítható, feltéve, hogy olyan eljárásokat alkalmaznak a helyszínen, mint a tömörítéses földvisszatöltés az alaptest oldalfalai mellé, függőleges alapfal lehajtása a talajba vagy az alaptest betonjának beöntése közvetlenül az ép függőleges földfalak közé.

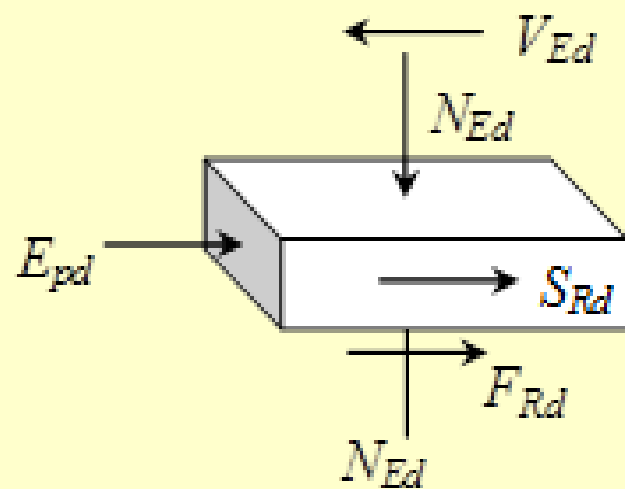
(6)P A vízszintes alapsíkon való elcsúszással szembeni biztonságot a következő kifejezéssel kell igazolni:

$$V_{Ed} \leq F_{Rd} + E_{pd} \quad (5.2)$$

(7) Ha az alapozás a talajvízszint felett van, és ha mindkét következő feltétel teljesül:

- a talaj tulajdonságai változatlanok maradnak a földrengés során,
- a csúszás a szerkezethez kapcsolódó egyetlen létfontosságú hálózat (pl. víz, gáz, vagy telekommunikációs vonal) működőképességére sem hat kedvezőtlenül,

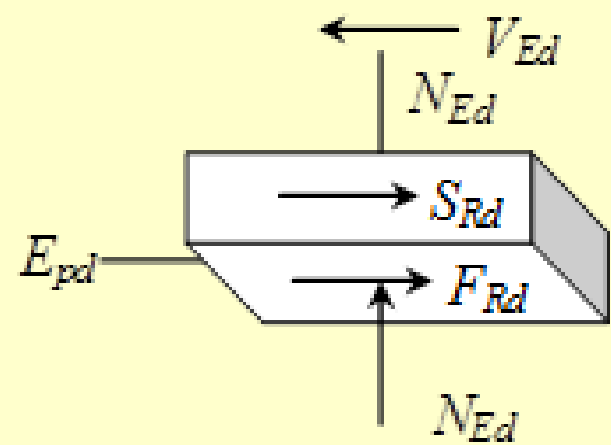
akkor kismértékű elcsúszás elviselhető. A csúszás mértéke a szerkezet általános viselkedéséhez képest legyen ésszerűen elfogadható.



$$F_{Rd} = N_{Ed} \frac{\tan \delta}{\gamma_M}$$

S_{Rd} = Oldalfal
súrlódási ellenállása

E_{pd} = Földnyomási
ellenállás (< 30% max)



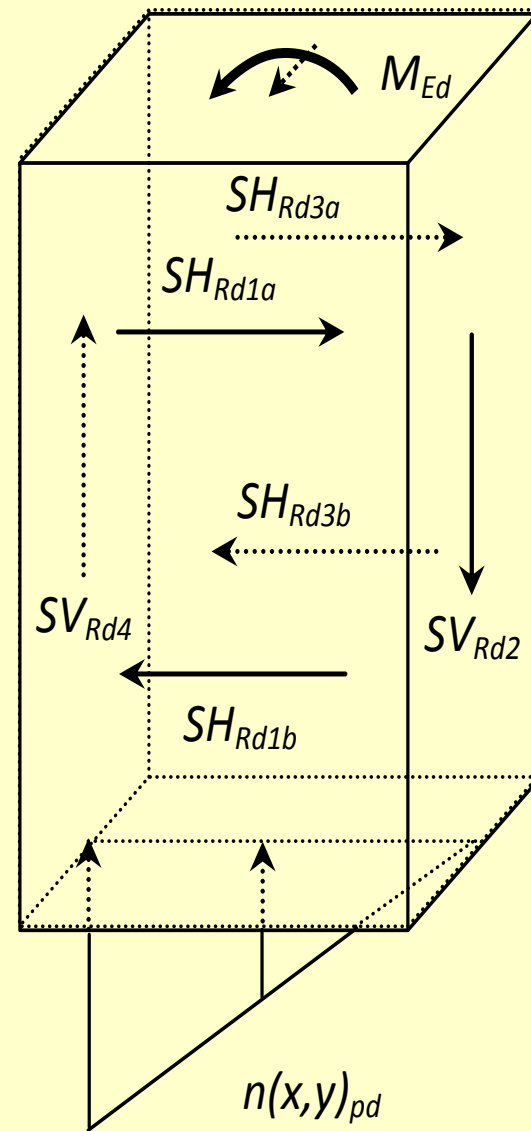
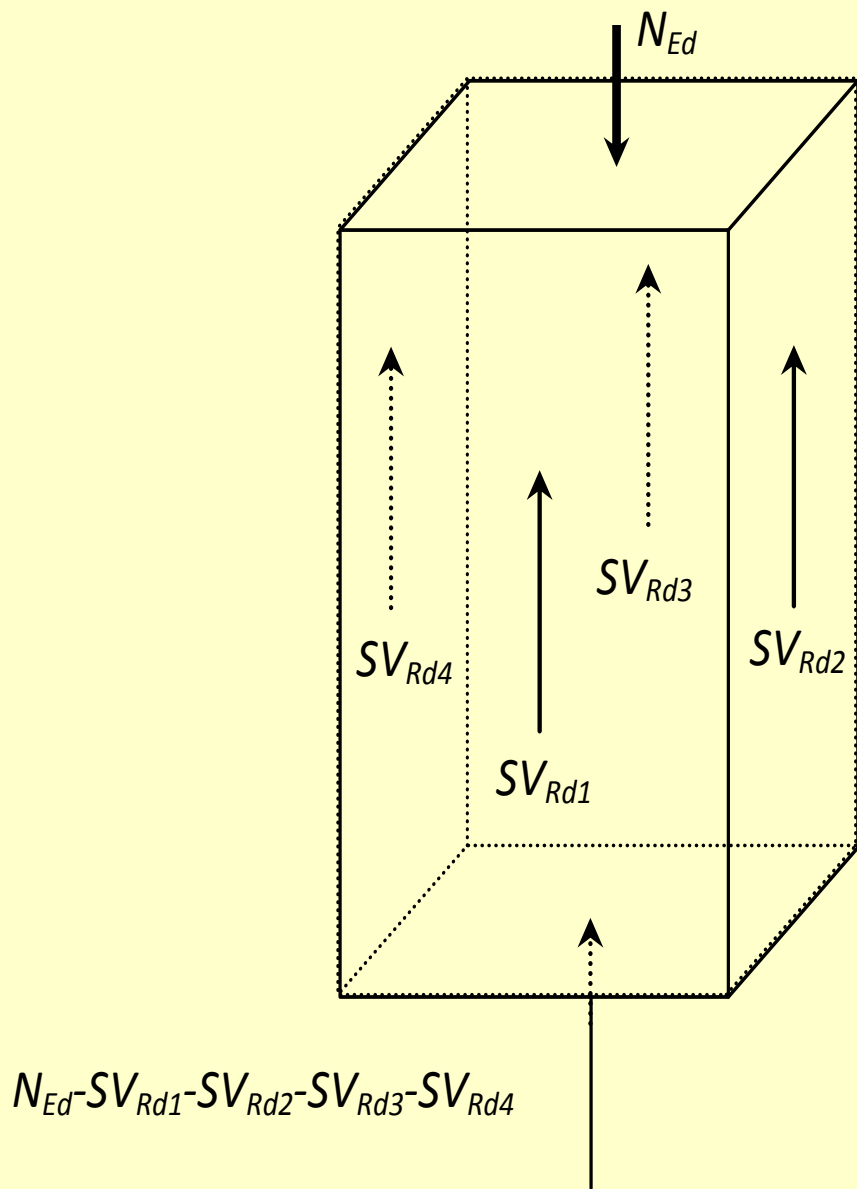
5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.1. Sáv- és pontalapok (teherbírési határállapot szerinti tervezés)

(8)P *A teherbíró képesség kimerülése.* Az 5.1. szakasz (1)P a) bekezdése szerinti követelmény teljesítéséhez az alapozás teherbíró képességét igazolni kell az igénybevételek N_{Ed} , V_{Ed} , és M_{Ed} tervezési értékeinek kombinációjára.

MEGJEGYZÉS: Az alapozás szeizmikus teherbírásának igazolására használhatók a tájékoztató jellegű F mellékletben megadott általános képletek és feltételek, amelyek lehetővé teszik, hogy figyelembe vegyünk a teher ferdeségét, a szerkezet tehetetlenségi erőiből származó külpontosságot, valamint magának a megtámasztó talajnak a tehetetlenségi erőiből eredő esetleges hatásokat is.

(9) Gondolni kell arra, hogy néhány érzékeny agyagfajta nyírószilárdsága csökkenhet, és hogy a kohézió nélküli talajok esetében dinamikus pórusvíznyomás alakulhat ki a ciklikus terhelés alatt, valamint hogy egy földrengés után az alul fekvő rétegekből a pórusvíznyomás felfelé terjeszkedhet.



5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.1. Sáv- és pontalapok (teherbírési határállapot szerinti tervezés)

(10) Kíváncos, hogy a szeizmikus terhelés alatti teherbíró képesség értékelésekor vegyék figyelembe a lehetséges **szilárdság- és merevség-csökkenési mechanizmusokat**, amelyek már a viszonylag kis fajlagos alakváltozások szintjén is működésbe lépnek. Ha ezt a jelenséget számításba veszik, **akkor** az anyagra vonatkozó **parciális tényezők csökkentett értékei** használhatók. A szokásos esetekben viszont a 3.1. szakasz (3) bekezdésében adott értékek használhatók.

(11) A ciklikus terhelés alatti **pórusvíznyomás-növekedést** célszerű figyelembe venni, vagy a drénezetlen szilárdságra gyakorolt hatásával (számítás a teljes feszültségekkel), vagy a pórusvíznyomásra gyakorolt hatásával (számítás a hatékony feszültségekkel). A **$\gamma_1 > 1$** fontossági tényezőjű szerkezetek **esetén** nemlineáris talajviselkedést ajánlatos figyelembe venni a földrengés alatt lehetséges tartós alakváltozás meghatározásához.

5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.2. Az alapozás vízszintes kapcsolatai

(1)P Az 5.2. szakasszal megegyezően értékelni kell az alapozásnál bekövetkező **vízszintes relatív elmozdulások miatt** a szerkezetben ébredő **többletigénybevételeket**, és azokat megfelelő tervezési módszerekkel figyelembe kell venni.

(2) Épületek esetén az (1)P szakasz követelménye **teljesítettnek** tekinthető, **ha** az alapokat ugyanabban a vízszintes síkban alakították ki, és **összekötő gerendák vagy megfelelő alaplemez** készül a sáv- és pontalapok vagy a cölöpfejek szintjén. **Nem szükségesek** ezek az intézkedések a következő esetekben: a) A típusú altalaj, illetve b) B típusú altalaj és kis szeizmicitás.

(3) Az épület alsó födémjének gerendái összekötő **gerendáknak tekinthetők**, ha azok a sáv- és pontalapok vagy a cölöpösszefogó gerendák aljától 1m-en belül vannak. Az alaplemez helyettesítheti az összekötő gerendákat, ha 1m-en belül van a sáv- és pontalapok vagy a cölöpösszefogó gerendák aljától.

(4) Ezen összekötő elemek szükséges húzási ellenállását szabad **egyszerűsített módszerekkel becsülni**.

5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.2. Az alapozás vízszintes kapcsolatai

(5)P Amennyiben pontosabb szabályok vagy módszerek nem állnak rendelkezésre, az alap kapcsolatait **megfelelőnek** kell tekinteni, ha a (6) és (7) teljesülnek.

(6) **Összekötő gerendák.** Következők a teendők:

a) az összekötő gerendákat **méretezni kell** a következő értékű tengelyirányú erőre, **húzásra és nyomásra** is:

$\pm 0,3 \cdot \alpha \cdot S \cdot N_{ed}$ B típusú altalaj esetén,

$\pm 0,4 \cdot \alpha \cdot S \cdot N_{ed}$ C típusú altalaj esetén,

$\pm 0,6 \cdot \alpha \cdot S \cdot N_{ed}$ D típusú altalaj esetén,

ahol N_{ed} az összekötött függőleges elemekben fellépő normálerők tervezési értékének átlaga a vizsgált szeizmikus tervezési állapotban;

b) a hosszirányú acélbetéteket teljesen le kell horgonyozni az alaptestekbe vagy a csatlakozó összekötő gerendába.

(7) **Alaplemez.** A következők a teendők:

a) A (6)a) bekezdés szerint előírányozottakkal egyenlő tengelyirányú erőkre méretezett **összekötő sávokat** kell tervezni.

b) Az összekötő sávok hosszanti **acélbetéteit** teljesen **le kell horgonyozni** a sáv- és pontalapokba vagy az összefüggő lemezbe.

5.4.1. Síkalapok vagy mélyített síkalapok

5.4.1.3. Gerendarács- és lemezalapok

(1) Az 5.4.1.1. minden rendelkezése alkalmazható gerendarács- és lemezalapok esetében, de a következő korlátozásokkal. A teljes súrlódási ellenállás figyelembe vehető az egyedi alaplemez esetében. Egyszerű gerendarács esetén csak a kereszteződések egy egyenértékű felületét szabad figyelembe venni.

Az alapgerendák és/vagy -lemezek összekötő elemeknek tekinthetők; a méretezés során figyelembe vehető hatékony szélességük alapgerenda esetén annak szélessége, alaplemez esetén pedig a lemezvastagság tízszerese.

(2) A gerendarács- és lemezalap esetén szükség lehet annak saját síkjában terhelt tárcsaként való ellenőrzésére, amely a saját oldalirányú terheit és a felszerkezetről átadódó vízszintes erőket hordja.

5.4.1.4. Dobozalapok

(1) Az 5.4.1.3. összes rendelkezése alkalmazható dobozalapok esetében is. Ezen felül az 5.3.2. szakasz (2) bekezdésében és az 5.4.1.1. szakasz (5) bekezdésében részletezett oldalirányú talajellenállás vehető figyelembe minden altalaj-osztály esetén, az előírt korlátozásokkal együtt.

5.4.2. Cölöpalapok

(1)P A cölöpalapokat a következő kétféle igénybevételre kell tervezni:

- a) *Tehetetlenégi erők* a felszerkezetből. Ezek az erők a statikus terhekkel kombinálva adják az 5.3.2-ban részletezett N_{Ed} , V_{Ed} , M_{Ed} tervezési értékeket.
- b) *Kinematikus erők*, amelyek a környező talajnak a szeizmikus hullámok által okozott deformációiból származnak.

(2)P A cölöpök **keresztirányú ellenállását** az EN 1997 szerint kell igazolni.

(3)P A cölöp belső erőinek, valamint a cölöpfej eltolódásának és elfordulásának a meghatározásakor a számításhoz olyan **diszkrét vagy kontinuum** modellt kell alapul venni, amely – még ha közelítően is – reálisan tükrözi:

- a cölöp hajlítási merevségét;
- a cölöp menti talajreakciót figyelembe véve a ciklikus terhelésnek és a talajalakváltozás nagyságának a hatását;
- a cölöpök közti dinamikus kölcsönhatást (a dinamikus „cölöpcsoport” hatást);
- a cölöpfej vagy a szerkezet és a cölöp közti kapcsolat elfordulásának szabadságfokát.

MEGJEGYZÉS: A merevség számítására tájékozódásul a C mellékletben megadott képleteket lehet használni.

5.4.2. Cölöpalapok

(4)P A **megfolyósodásra** vagy a lényeges szilárdságcsökkenésre hajlamos **talajrétegek** oldalirányú ellenállását **figyelman kívül** kell hagyni.

(5) Ha **ferde cölöpöket** alkalmaznak, akkor ezeket mind a tengelyirányú, mind a hajlító igénybevételek biztonságos felvételére méretezni kell.

MEGJEGYZÉS: Ferde cölöpök alkalmazása az oldalirányú erők talajra való továbbításához nem ajánlatos.

(6)P A **kinematikus kölcsönhatás** miatti hajlítónyomatékokat csak akkor kell számításba venni, ha a következő feltételek mindegyike egyidejűleg teljesül:

- az altalaj szelvénye D, S₁ vagy S₂ osztályú, és az egymás alatti rétegek merevsége erősen különbözik;

- a zóna mérsékelten vagy erősen szeizmikus, azaz az $a_g \cdot S > 0,10 \cdot g$, és a megtámasztott szerkezet fontossági osztálya III. vagy IV.

(7) A cölöpöket úgy célszerű tervezni, hogy rugalmas állapotban maradjanak, de megengedhető, hogy bizonyos körülmények között a **cölöpfejnél plasztikus csuklók** alakuljanak ki. A lehetséges plasztikus csuklók zónáját az EN 1998-1:2004 5.8.4. szakasza szerint ajánlott tervezni.

6. A talaj és a szerkezet kölcsönhatása

(1)P A talaj és a szerkezet közötti dinamikus kölcsönhatást a **következő esetekben** kell figyelembe venni:

- a) olyan szerkezetek esetében, ahol a $P-\delta$ (másodrendű) hatások szerepe jelentős;
- b) nagy tömegű vagy mélyített alapok, például hídpillérek, part menti szekrények és silók esetén;
- c) karcsú, magas szerkezetek, például tornyok és kémények esetén az EN 1998-6:2004-ben meghatározottak szerint;
- d) nagyon puha talajon nyugvó szerkezetek esetén, ha a (4.1. táblázatban meghatározott) átlagos nyíróhullám-sebesség < 100 m/s, mint pl. az S_1 altalajosztályban.

MEGJEGYZÉS: A talaj és a szerkezet dinamikus kölcsönhatásának általános következményeit és jelentőségét a tájékoztató jellegű **D melléklet** ismerteti.

(2)P A **cölöpökre** vonatkozóan a talaj és a szerkezet kölcsönhatását minden szerkezet esetében az **5.4.2. szakasz** figyelembevételével kell megállapítani.

D/ A talaj és a szerkezet dinamikus kölcsönhatása (SSI).

D1. A dinamikus SSI modellezés eredményeként egy hajlékony alátámasztású, azaz alakváltozó talajra alapozott szerkezet szeizmikus válasza többféle módon is eltér a mereven alapozott (fix alátámasztású), de egyebekben ugyanolyan szerkezetnek azonos szabad felszíni gerjesztésre adott válaszától, mégpedig a következő okok miatt:

- a hajlékony alátámasztású szerkezet alapjának mozgása különbözik a szabad felszín mozgásától, és tartalmazhatja a fix alátámasztású szerkezet egy jelentős mértékű lengő összetevőjét is;
- a hajlékony alátámasztású szerkezet alaprezgésének periódusideje hosszabb lesz, mint a fix alátámasztásúé;
- a hajlékony alátámasztású szerkezet saját periódusidő, lengésalakjai és modális részvételi tényezői különbözni fognak a fix alátámasztású szerkezetétől;
- a hajlékony alátámasztású szerkezet általános csillapítása a felszerkezet csillapító hatásán túlmenően magába foglalja mind a szétterjedés miatti, mind a belső csillapítást, melyek a talaj és a szerkezet érintkezési felületén keletkeznek.

D2. A szokásos épületszerkezetek többségét tekintve az SSI modellezés kedvező hatású lehet, minthogy csökkenti a felszerkezet különböző elemeiben a hajlítónyomatékot és a nyíróerőket. A 6. fejezetben felsorolt szerkezetek esetében viszont az SSIhatása kedvezőtlen lehet.