



# Szakértői ismeretek:

## A híd- és épületszerkezetek szeizmikus védelme

Handwritten mathematical notes on a chalkboard background, covering various topics in mechanics and structural analysis:

- Left side:**
  - Generalized coordinates:  $\{x_i, p_i\}$ ,  $\dot{q}_i = \frac{\partial \mathcal{K}}{\partial p_i}$ ,  $\dot{p}_i = -\frac{\partial \mathcal{K}}{\partial q_i}$
  - Hamiltonian:  $\mathcal{H} = \mathcal{K}(q, p)$
  - Equations of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = 0$
  - Energy and work:  $dW = \sum p_i dq_i - \mathcal{H} dt$
  - Force and momentum:  $F_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}$ ,  $\dot{p}_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}$
- Center:**
  - Work and energy:  $W = \int dq \sqrt{2\alpha - q^2}$ ,  $S(q, t) = W(q, \alpha) - \alpha t$
  - Hamiltonian:  $\mathcal{H} = \frac{1}{2}(p^2 + q^2)$ ,  $\mathcal{H} + \frac{\partial S}{\partial t}(q, \alpha, t) = 0$
  - Equation of motion:  $\frac{dW}{dq} + \frac{q}{2} - \alpha = 0$
  - Action:  $Q = \left[ \frac{\partial S}{\partial p} \right] = \frac{\partial S}{\partial \alpha} = \int \frac{dq}{\sqrt{2\alpha - q^2}} - t$
  - Angle:  $t + Q = \int \frac{dq}{\sqrt{2\alpha - q^2}} = \arcsin \frac{q}{\sqrt{2\alpha}}$
  - Hamiltonian:  $\mathcal{H} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial S}{\partial q} \right)^2 + q^2 \right]$
  - Equation of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q} = 0$
  - Force:  $F = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q}$
- Right side:**
  - Force components:  $F_1 = F_1(q, p, t)$ ,  $F_2 = F_2(q, p, t)$ ,  $F_3 = F_3(p, q, t)$ ,  $F_4 = F_4(p, q, t)$
  - Energy:  $U = \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} (q_i - q_j) (p_i - p_j)$
  - Equation of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial U}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial U}{\partial q_i} = 0$
  - Force:  $F_i = -\frac{\partial U}{\partial q_i}$
  - Equation of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = 0$
- Bottom:**
  - Force and energy:  $F_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}$ ,  $\dot{p}_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}$
  - Equation of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = 0$
  - Force:  $F_i = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}$
  - Equation of motion:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = 0$



# Szeizmikus kockázat = veszélyeztetettség x sebezhetőség

## Bevezetés

Azóta, hogy az ember megjelent a Földön, próbálja megérteni a földrengések eredetét, és az első értelmezés a isteni büntetés volt. Az évszázadok során számos fantasztikus magyarázat született, amelyek sárkányokat és más képzeletbeli lényeket említettek, és csak 1600-ban jelent meg az első, kezdetleges tudományon alapuló magyarázat, a "plutonikus elmélet" ami a földalatti barlangok összeomlására vezette vissza a jelenséget.

Csak az 1800-as évek végén derült ki, hogy a katasztrófális természeti jelenségeknek a valódi eredete, a tektonikus lemezek ütközése.

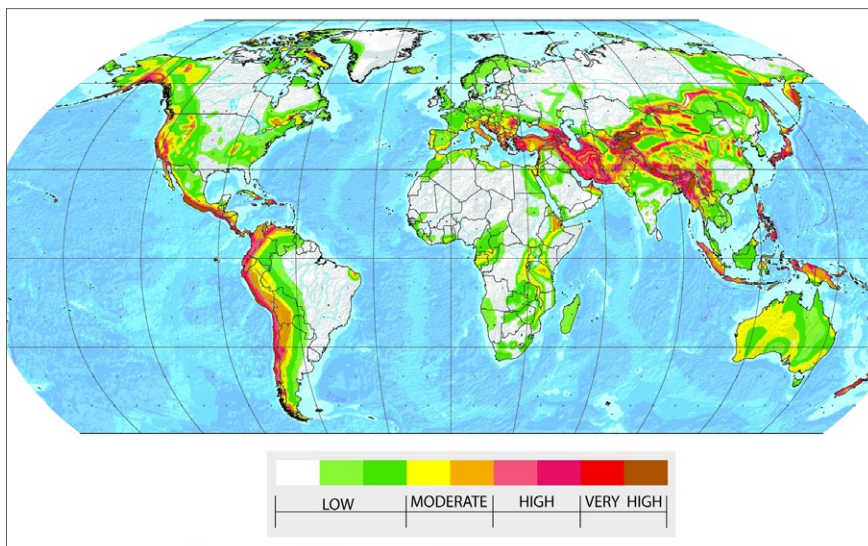
A probléma megoldását a földrengésmérnöki szakterületre lehet visszavezetni. Bár ez egy viszonylag új mérnöki ágazat, a területen elért fejlesztések már jelentős szerepet játszottak a szeizmikus veszély csökkentésében az épített környezet javításával, lehetővé téve ezzel a földrengésálló szerkezetek tervezését és építését.

## Nem csak a jó tervezés az egyetlen kulcs

A szerkezetek hagyományos földrengésálló tervezése elsősorban a szilárdságra támaszkodik, amelynek megfelelőnek kell lennie ahhoz, hogy ellenálljon a szeizmikus rezgések hatásainak. Ha a tervezés megfelelő, akkor még egy erős földrengés esetén is meg kell óvnia a szerkezetet az összeomlástól. Bizonyos szerkezeti elemekben valamint nem szerkezeti elemekben és tárgyokban, például az épület berendezéseiben még mindig várhatóak károk.

## A biztonságos szerkezetek létfontosságúak társadalmunk számára

Napjainkban világszerte elismerik, hogy a földrengések által okozott károk mindenféle szerkezetet – különösen az épületek esetében a stratégiaiul fontos és középületeket – komolyan érintik. A stratégiaiul fontos épületeknek, például a kórházaknak és tűzoltóállomásoknak földrengés után is működniük kell, a középületeknek, például az iskoláknak is földrengésbiztosnak kell lenniük, mert akár a válaszfalak és más nem szerkezeti elemek összeomlása, akár a leeső tárgyak súlyos sérüléseket okozhatnak az épület használóinak.



1 Világtérkép a szeizmikus veszélyről

## A hidak jelentősége

Ha egy területen a hidak megsérülnek vagy összeomlanak, a mentőszolgálat akár nagyobb városrészekre sem lesz képes eljutni, ezért ezek kiemelt jelentőségű szerkezetek. Egy földrengés után rendkívül valószínű, hogy tűz keletkezik, és ha a tűzoltók nem tudnak eljutni a helyszínre, akkor az áldozatok száma is magasabb lesz. Más, kevésbé kritikus épületek károsodása szintén jelentős gazdasági és szociális nehézségeket okoz az érintett lakosságnak, és ezeket is minimalizálni kell. Azt is meg kell jegyezni, hogy manapság még a nem stratégiai jelentőségű épületek esetében is az épületben található berendezés tárgyak gyakran nagyobb értéket képvisel, mint maga a szerkezet, és általában sokkal érzékenyebb a szeizmikus rezgések okozta károkra.

## Halálos balesetek kockázata nem védett szerkezetek esetén

Világszerte rengeteg meglévő épület nem biztonságos földmozgások tekintetében, mert a tervezés során nem vették figyelembe a földrengéseket, vagy mert a kivitelezés nem volt megfelelő. A hagyományos módon épített falazott szerkezetek különösen hajlamosak a szeizmikus károsodásra, illetve egyes vasbetonépület, még akár újonnan építettek közül is, több nem megfelelő. Ráadásul a közelmúltban a világ számos területén váratlan intenzitású földrengések zajlottak, amelyek rávilágítottak a különböző régiók szeizmikus osztályozásának értékelésére általában használt valószínűségi módszerek korlátaira, ami bizonyos területeken fokozott kockázati szintek értékelését eredményezte.

# Energiaelnyelés és szeizmikus szigetelés

## Energiaelnyelés hidraulikus csillapítók segítségével

A viszkózus csillapítókat az elmúlt évtizedekben széles körben alkalmazták nagyobb polgári építményekben a földrengések hatásainak enyhítésére. A szeizmikus területeken lévő magas épületekben történt alkalmazásuk kihívást jelent a tervezők számára, mivel a csillapítóknak csökkenteniük kell az erős szél és a földrengés által kiváltott rezgéseket, és az optimális viselkedés e két helyzetben általában nem egyformán alakul. Következésképpen a magas épületekben alkalmazandó viszkózus csillapítókra vonatkozó tervezési követelmény gyakran az, hogy a szélnak és a földrengésnek megfelelő különböző sebességtartományokban különböző karakterisztikával kell rendelkezniük.

## Alkalmazási területek

- Szerkezetek, ahol a szeizmikus szigetelés nem megfelelő (például nagyon magas, karcsú szerkezetek).
- Szerkezetek, amelyek domináns rezgésmódjai széles frekvenciatartományban vannak.
- Meglévő épületek és hidak utólagos megerősítése.
- Az olyan nem szerkezeti és/vagy szerkezeti elemek helyi védelme, amelyek érzékenyebbek a földrengés esemény alatt fellépő rezgésekre.
- Horizontális alátámasztás/kapcsolat (például két szomszédos épület között; terhelések (újra)elosztása egy hídon dinamikus esemény esetére).

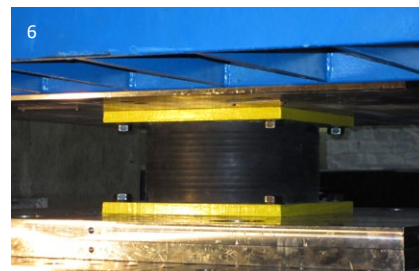
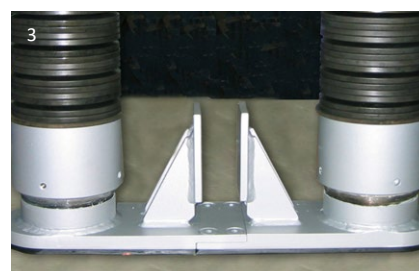
## Szeizmikus szigetelés

A szeizmikus szigetelőrendszerek célja a szerkezet leválasztása a földrengés által keltett mozgások káros hatásaitól, azaz annak megakadályozása, hogy a szerkezet felépítménye elnyelje a földrengés energiáját. A teljes felépítményt különálló szigetelőelemekre kell helyezni, amelyek dinamikai jellemzőit úgy kell megválasztani, hogy azok a talajmozgást leválasszák. Néhány szigetelőt úgy is terveztek, hogy jelentős csillapítást eredményezzen. Az általánosan használt szigetelőrendszerek közül a deformálódó rétegelt gumi (vagy elasztomer) sarukat és a hajlított felülettel rendelkező acélsarukat lehet megemlíteni.

## Alkalmazási területek

A szerkezetek földrengés elleni védelme az alapszigetelési technikával (szeizmikus szigetelők alkalmazásával) általában akkor megfelelő, ha a következő feltételek teljesülnek:

- Az altalaj nem okozhat hosszú periódusú talajmozgást.
- A szerkezetnek eléggé zömöknek kell lennie (a magasság/szélesség aránya nem nagyobb, mint 2), kellően nagy támaszterheléssel.
- Lehetőség van a szerkezet rugalmasságának növelésére az alpnál (például elegendő a rendelkezésre álló hely a földrengés alatti mozgáshoz).
- A szél okozta oldalirányú terhek nem érik el a szerkezet tömegének 10%-át.



- 1 Hidraulikus csillapító (SA)
- 2 Előfeszített rugós saru (PSD)
- 3 Rugó csillapító (SDD)
- 4 Hajlított felülettel rendelkező saru ("ingasaru")
- 5 Ólombetétes gumisaru (LRB)
- 6 Nagy csillapítású gumiszigetelő (HDRB)



# Minősítés és tesztelés

## Európai minősítés

Bár Európa szeizmikusan nem annyira aktív, mint a világ más részei, a kritikus szerkezetek földrengésálló tervezése továbbra is egyre fontosabbá válik. Ezt támasztja alá a 2011 augusztusában megjelent, a földrengésgátló eszközökre vonatkozó európai előírás, az EN 15129 szabvány. Ez a dokumentum szabályozza a legtöbb meglévő földrengésgátló eszköz tervezését, gyártását és vizsgálatát, és ami döntő fontosságú, lehetővé teszi új eszközök kifejlesztését is, amennyiben azok megfelelnek a megállapított teljesítménykritériumoknak.

2011 augusztusa óta a CEN (Európai Szabványügyi Bizottság) tagországaiban csak az EN 15129 szabvány szerint tanúsított földrengésvédelmi eszközök használhatók.

## Nemzetközi minősítés

A mageba földrengésvédelmi eszközök a legelfogadottabb és legismertebb nemzetközi szabályzatok szerint tesztelték és tanúsították, beleértve az EN 15129 (Európa), az AASHTO, a CALTRANS és a FEMA 451 (USA) szabványokat, valamint a CAN/CSA-S6-06 (Kanada) szabványt. A mageba emellett olyan különleges tulajdonságokkal rendelkező szeizmikus eszközöket fejlesztett ki, mint az LRB-k alacsony hőmérsékletű alkalmazásra (akár  $-30^{\circ}\text{C}$ -ig), a nagy csillapítású gumiszigetelők nagyobb csillapítási mutatókkal, az akár 140 000 kN függőleges terhelhetőségű nagyméretű hajlított felülettel rendelkező sarukat és a 7 200 kN maximális terhelhetőségű hidraulikus csillapítók.

Egy erős és technikailag képzett tervezőosztály áll rendelkezésre a fejlett szeizmikus védelem technológiáinak kutatására, fejlesztésére és alkalmazására, ideértve a szeizmikus elszigetelést és az energiaelnyelést is. Ezeknek a szeizmikus védelmi rendszereknek az egyik további előnye a széles körű szabványok és specifikációkhoz való alkalmazkodási képesség.

## Tesztelés

A szeizmikus szigetelésre és energiaelvezetésre vonatkozó épület- és hídtervezési szabályzatok külön követelmé-

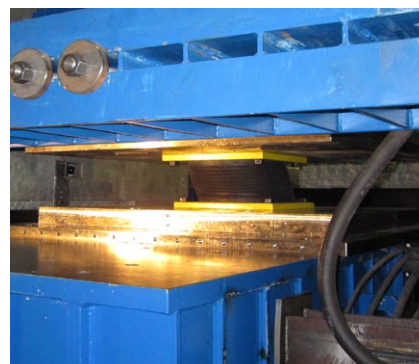
nyeket tartalmaznak a szigetelősaruk és csillapító eszközök vizsgálatára vonatkozóan.

A tesztelés két célt szolgál:

- a tervezési folyamat során alkalmazott szigetelő és csillapító eszközök fizikai tulajdonságainak megerősítése, valamint a várható maximális földrengéshatás alatti elfogadható viselkedés bizonyítása
- minőségellenőrzési eszközként a szerkezetben ténylegesen használt eszközök tulajdonságainak megerősítése

A nagyméretű szerkezetek és a nagy szeizmikus aktivitású területeken lévő szerkezetek esetében a vizsgálati előírások komoly követelményeket támaszthatnak a vizsgálati berendezésekkel szemben. A vizsgálatokat általában teljes méretű próbatesteken végzik, a legnagyobb várható tervezési földrengéssel azonos körülmények között, ami a jelentős méretű szerkezetek és a fokozottan szeizmikus területeken lévő szerkezetek esetében komoly követelményeket támaszthat a vizsgálóberendezésekkel szemben.

## A vizsgálati lehetőségek bemutatása szeizmikus szigetelők és csillapítók:



### Kérjük, forduljon szakértőinkhez további információért:

mageba sa  
CH-8180 Bülach  
Solistrasse 68  
T +41 44 872 40 50  
info.ch@mageba-group.com  
mageba-group.com