

„Biztonság, Védelem, Tudomány”

**Védelmi tanulmányokat folytató hallgatók és
a témában oktatók tudományos fóruma**

ANTAL ÖRS

Nemzeti Közszolgálati Egyetem
antal.ors@gmail.com

FÖLDRENGÉSRE KÉSZÜLVE: SAN FRANCISCO

PREPARING FOR EARTHQUAKE: SAN FRANCISCO

2013.

FÖLDRENGÉSRE KÉSZÜLVE: SAN FRANCISCO

Absztrakt

Az 1906-os, illetve 1989-es évről nagy bizonyossággal minden San Franciscóinak a várost romba döntő földrengés katasztrófák jutnak eszébe, valamint az, hogy az Észak-Kaliforniai metropolisz a kutatók szerint is egy „időzített bombaként” van azonosítva. Ennek oka a San Francisco alatt közvetlenül húzódó, több millió éves szubdukciós zóna, amely mentén kialakult a Szent András-törésvonal. A vetődésben lezajló tektonikai folyamatokból eredő energia felszabadulásoknak köszönhetően San Francisco és térsége a világ egyik szeizmikusan legaktívabb és a földrengések által legvesélyeztetettebb területe. A város – sajátos földrajzi adottságain és a korábbi földrengések tapasztalatain alapulva – erőforrást és pénzt nem spórolva egyedi földrengésálló építészeti megoldásaikkal tudatosan készül az újabb nagy csapásra és annak várható káros következményeinek minimalizálására. Jelen tanulmány bemutatja ezen építmények különleges és egyben rendkívül fejlett technológiai és szerkezeti megoldásait, és következtetést ad arra, hogy a több milliós lakosú metropolisz a geológusok által a közeljövőben predesztinált földrengésre mennyire hatékonyan tudna ellenállni.

Abstract

All of the inhabitants of San Francisco reminds with great certainty of the devastating earthquakes occurred in 1906 and 1989. On the other hand they know the fact that the North Californian metropolis is claimed to be a „timed bomb” by the researchers. The reason for this is the millions of years old subduction zone situated directly under the city of San Francisco which the San Andreas Fault was formed along. Due to the released energy from the tectonic processes triggered along the fracture, San Francisco and its surroundings are identified as one of the most seismically active and earthquake-endangered areas on Earth. However, the city, based on the experiences of previous incidents prepares for the next strike sacrificing enormous amounts of resources and money in order to minimize the prospective damaging effects of the quakes. This study introduces these buildings’ special and highly developed technologies and structures. Furthermore it concludes how effectively these structures could resist to forthcoming earthquakes predicted by geologists before long.

Kulcsszavak: *veszélyeztetettség, törésvonal, földrengésálló Golden Gate híd ~ endangeredness, fault line, earthquake resistant, Golden Gate Bridge*

BEVEZETŐ

Az észak-amerikai Kalifornia államban található San Francisco az Egyesült Államok második legsűrűbben lakott nagyvárosa (New York után). A város amellet, hogy fontos gazdasági, termelői és kulturális szerepet tölt be, az egyik legnépszerűbb idegenforgalmi célpont is egyben a világon. San-Joseval és Oaklanddel együtt a San Franciscói metropolisz csaknem 8,5 millió fős lakossága azonban komoly veszéllyel kell szembenézzen nap min nap, mivel az érintett területen húzódó Szent András-törésvonal mentén kialakuló tektonikai folyamatok következtében a térség a világ egyik szeizmikusan legaktívabb zónájának számít. Számos nevezetes pusztító földrengés, valamint a folyamatosan mérhető kisebb rengések alátámasztják az aggodalmakat. Tekintettel arra, hogy a földrengések előrejelzésére a magas technológiai fejlettség ellenére még nem sikerült hatékony módszert kidolgozni, a védekezés, illetve megelőzés első számú lehetősége a megfelelő, földrengésálló építési technológia alkalmazásában rejlik. A város irányításában kompetens személyek már évtizedekkel ezelőtt felismerték a veszélyeztetettség, valamint a rengéseknek ellenálló építési technológia jelentőségét, így a világon egyedülálló építészeti megoldásaiknak köszönhetően a kockázat jelentős mértékben csökkent. Jelen tanulmány ezen építményeket és technológiai konstrukciókat mutatja be, amelyek figyelembevételével – az intenzív földrengések előfordulásának valószínűségéhez mérten – következtetni lehet egy bekövetkező földrengés-katasztrófa várható következményeire.

Témaválasztásom szorosan illeszkedik a témában végzett eddigi kutatásaimhoz, valamint a megelőzésre fókuszáló kutatási területemhez, amellet, hogy meggyőződésem, hogy a földrengéskárok jelentős csökkentésének és az emberéletek megóvásának leghatékonyabb lehetősége a földrengésálló építési technológiákban, illetve azok alkalmazásában rejlik.

Célkitűzések

A téma kutatása során a következő célokat tűztem ki:

- bemutatni a földrengés katasztrófák szempontjából a világ egyik legveszélyeztetettebb metropoliszának építészeti technológiát,
- elemezni ezen megoldások működési hatékonyságát,

- és következtetni egy bekövetkező nagy erejű földrengés várható következményeire.

Alkalmazott módszerek

A tanulmány készítése során alkalmazott módszerek a következők:

- a témában releváns szakmai háttérrel rendelkező szakemberek és kutatók elemzéseinek, kutatásainak feldolgozása,
- az építészeti megoldásokat részletesen bemutató dokumentumfilm képanyaginak és információinak felhasználása, feldolgozása,
- és a témában végzett eddigi kutató munkám következtetéseinek felhasználása.

1. SAN FRANCISCO FÖLDRENGÉS VESZÉLYEZTETETTSÉGE

San Francisco az észak-kaliforniai San Francisco Bay Area nevű térség gazdasági, közlekedési és kulturális központja. Az összességében 18.000 négyzetkilométernyi területen elterülő San Francisco Bay Area 101 várost foglal magába, többek között San Franciscót, Oaklandet és San Josét [1. kép]. [1] Ahogyan a bevezetőben említésre került, a térség lakóinak mindennapjait a rendkívüli mértékű szeizmikus aktivitás és földrengés kockázat veszélyezteti, amely földtani okainak tisztázására a következőben kerül sor.



1. kép: San Francisco térképe

Forrás: <http://www.nps.gov/safr/planyourvisit/maps.htm>

Készítette: Rand McNally

1.1. A Szent András-törésvonal

San Francisco Bay Area rendkívüli magas szeizmikus aktivitása az Észak-amerikai és a Csendes-óceáni kőzetlemez találkozásánál húzódó Szent András-törésvonal [2. kép] tektonikus jelenségeivel magyarázható. A törésvonal kialakulása csaknem 30 millió évvel ezelőttre tehető, amikor az előbbieken említett két óriáslemez találkozásánál befejeződött a szubdukciós folyamat, vagyis az ütközésük során a vékonyabb, óceáni lemez alábukása a vastagabb kontinentális lemeznek. A folyamat befejeződésével a lemezek vízszintes, egymással ellentétes oldal irányú eltolódó mozgásba kezdtek.



2. kép: A Szent András törésvonal helyezkedése Kaliforniában

Forrás: <http://www.asce.org/CEMagazine/ArticleNs.aspx?id=23622322780>

Készítette: ismeretlen

A törésvonal a Kaliforniai-öbölből kiindulva körülbelül 1000 kilométer hosszúságban húzódik északnyugati irányba a szárazföld mentén, majd San Franciscót elhagyva északi irányba halad további 300 kilométert a Csendes-óceán alatt. A törésvonal alapvetően a következő három részre tagolódik:

- déli szegmens,

- középső szegmens,
- és északi szegmens.

A törésvonal mentén, a csendes-óceáni lemez és az észak-amerikai lemez ellentétes irányú eltolódásából keletkező feszültségek, és az így felszabaduló energiák váltják ki a földrengéseket a térségben. A veszély mértékét fokozza, hogy a találkozó kőzetlemezek mentén a vízszintes eltolódást az óceáni lemez „propeller” szerű, forgómozgása akadályozza. A San Franciscót sújtó, korábbi történelmi földrengések esetén is tapasztalt módon a lemezek akadása, és az érintkezésük mentén kialakuló nyírófeszültség hatására keletkezett hirtelen „kipattanás” exponenciálisan növeli a felszabaduló energia mennyiségét és a földrengés erejének intenzitását.

A lemezek relatív elmozdulásának mértéke változó, de évente körülbelül 5 centiméterben mérhető. A San Francisco környékén végzett mérések alátámasztják, hogy a két lemez mozgása folyamatosan csökken, ami a fenti okokra visszavezethető, és a jövőben egy nagyobb földrengés keretében való kipattanás prognosztizálható. A Szent András-törésvonal egyik legveszélyesebb szakasza a San Francisco-öblöt is érintő az északi szegmens, mivel a Szent András-hoz a Concord nevű törésvonal is csatlakozik. [2]

Az alábbi képen [3. kép] a Los Angeles-től 160 kilométerre fekvő Carizzo-síkságon, a Szent András törésvonal mentén a lemezeltolódások következményeképpen kialakult tektonikai jelenség eredménye látható. A vetődés mentén hatalmas hasadékok alakultak ki.



3. kép: Kettéhasadt Carizzo-síkság, Kalifornia

Forrás: http://www.laobserved.com/archive/2013/01/statewide_quake_on_the_sa.php

Készítette: Elkhorn Scarp

1.2. „Síkositás” elmélete

A Szent András-törésvonal furcsa jellegzetessége, hogy a vetődés mentén előforduló földrengések kialakulása inhomogén, vagyis egyes részeken, mint az északi szegmens, vagy a törésvonal déli csücske a szeizmikus aktivitás rendkívül erőteljes, egyes területeken viszont alig tapasztalhatóak földrengések a törésvonal mentén. A törésvonal geofizikai jelenségeit vizsgáló San Andreas Fault Observatory at Depth kutatóinak mélységi méréseinek és elektronmikroszkópos vizsgálatainak eredményeképpen arra a következtetésre jutottak, hogy több ezer méteres mélységben a föld legpuhább kőzetének számító talkit, vagy másnéven zsírkő olvadása egyfajta geofizikai síkosítóként elősegíti a törésvonal egyes szakaszain a kőzetlemezek feszültségmentes súrlódását, eltolódását. [3]

A Szent András-törésvonal mentén a Richter-skála szerinti 7-es erősségű földrengések között eltelt időszak átlagosan körülbelül 100 év. Az időzített bombaként azonosított San Francisco történelmét két súlyos földrengés katasztrófa alakította, amelyek 1906-ban és 83 évvel később, 1989-ben pattantak ki. A továbbiakban az említett két katasztrófa eset tárgyalására kerül sor.

2. NEVEZETES FÖLDRENGÉS KATASZTRÓFÁK SAN FRANCISCOBAN

2.1. Az 1906-os San Franciscó-i földrengés

Az 1906. április 18-án a hajnali órákban kipattanó, Richter-skála szerinti 7,9-es erősségű, pusztító földrengés minden bizonnyal örökre emlékezetes marad az Egyesült Államok katasztrófa történelmében. Az erőteljes rengéshullámok, valamint a másodlagos hatásként jelentkező tűzvész [4. kép] szinte teljesen elpusztította a San Franciscói metropoliszt. A földrengés epicentruma a Csendes-óceánon, körülbelül 3 kilométerre volt mérhető a városhatártól.



4. kép: Az 1906-os földrengés okozta tűzvész San Franciscóban

Forrás: <http://osopher.files.wordpress.com/2010/01/sfearthquake1906.jpg>

Készítette: ismeretlen

A térségben addig sem voltak ismeretlenek az intenzív földrengések, hiszen a Szent András és a városnál hozzá becsatlakozó Concord törésvonal jelentős fenyegetést nyújtott a város és környezete számára. Az aranylázt követően rohamosan növekvő nagyváros kevés erőforrást fordított még ekkoriban a katasztrófák következményeinek megelőzésére.

A pusztító rengéshullámot megelőzően, a hajnali órákban még az ágyukban alvó lakosságot kisebb előrengés figyelmeztette a veszélyre, így körülbelül fél perce volt az embereknek házaik elhagyására. Az összeomló épületek és romok sok áldozatot követeltek, azonban a városra az igazán katasztrófális csapást a megrongálódott gázvezetékek által bekövetkezett tűzvész okozta. Emellett az oltási műveleteket ellehetetlenítette a vízvezetékek sérülése, valamint a San Franciscó-i tűzoltóság szegényes logisztikája és kapacitásai (ez időben a városi tűzoltóság 38 lovaskocsival rendelkezett, ami kevésnek bizonyult a hatalmas tűzvész kezelésére). [4]

A válsághelyzet kezelése, a rohamosan terjedő lángok megfékezése és a több tízezer bent rekedt ember érdekében a polgármester reggel 7 órára segítségül hívta a közeli Fort Masonben állomásozó katonaságot, a Nemzeti Gárdát és számos önkéntest is, az evakuálásban pedig részt vett a haditengerészet is. A USS Chicago nehéz cirkáló hadihajó két nappal a földrengés kipattanása után, április 20-án 20 000 embert mentett ki a városból.

A tűzoltóság április 23-ra sem tudta a lángok terjedését megakadályozni, pedig a helyzet súlyosságához mérten már egész háztömböket voltak kénytelenek felrobbantani a tűz terjedésének lassítása érdekében. A kialakult kaotikus állapotokra való tekintettel április 18-án a városvezetés ostromállapotot hirdetett, ami kijárási tilalmat és a fosztogatók azonnali kivégzését jelentette. [5]

A pusztító földrengés és az azt követő tűzvész következtében körülbelül 30 000 épület semmisült meg teljesen, az áldozatok száma – a hatalmas, 400 millió dolláros kár mellett – mintegy 3000 fő volt. A polgári lakosság április 23-án kezdte meg visszatérését a romokban heverő városba, a példátlan nemzeti összefogásnak hála mintegy 10 év leforgása alatt a város újjáépítése teljesen befejeződött.

2.2. Az 1989-es San Franciscó-i földrengés

Az 1906-os, súlyos következményekkel járó földrengés után 83 év telt el a várost érintő újabb történelmi földrengés katasztrófáig. A Loma Prietai földrengésként elhíresült elemi csapás 1989. október 17-én a kora reggeli órákban pattant ki 63 ember halálát okozva Észak-Kaliforniában. A Richter-skála szerinti 7,1-es erősségű rengéshullámok 15 másodpercig fejtették ki hatásukat a felszínen, epicentruma pedig a Santa Cruz állambeli Niesen Marks Állami Park területén volt mérhetően körülbelül 8 km távolságban a névadó Loma Prieta csúcstól. A katasztrófát kiváltó energia-felszabadulás oka a kőzetlemezek elcsúszása volt a Szent András-törésvonal mentén.

A földrengés következtében a 63 áldozat mellett a sérültek regisztrált száma 3.757 fő volt és körülbelül 10.000 ember vált hajléktalanná, emellett csaknem 1,5 millió lakos maradt ideiglenesen áram nélkül a villamos hálózat komoly sérülései miatt. San Franciscóban és Oaklandben óriási károk keletkeztek az infrastruktúrában, számos építmény sérült meg komolyan, vagy dőlt össze; többek között autópályák, felüljárók sérültek meg, illetve omlottak le. A San Franciscót és Oaklandet összekötő hídról egy 15 méteres szerkezeti elem pedig leszakadt [5. kép]. Mindemellett, a San Francisco Bay Area puha, üledékes talaja miatt bekövetkezett talajfolyósodás következtében számos lakóház és más épület süllyedt meg, illetve dőlt össze a rengéshullámok következtében. A halálesetek túlnyomó többsége, 42, Oaklandben történt, mivel egy több, mint 2 kilométer hosszúságú, autópályaként funkcionáló, kétszintes, betonból készült viadukt omlott szinte teljesen össze, az alsó szinten haladó járműveket maga alá temetve. [6]



5. kép: A San Franciscót és Oaklandet összekötő híd sérülése az 1989-es földrengés következtében

Forrás: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/sciencenow/0304/images/04-why-07.jpg>

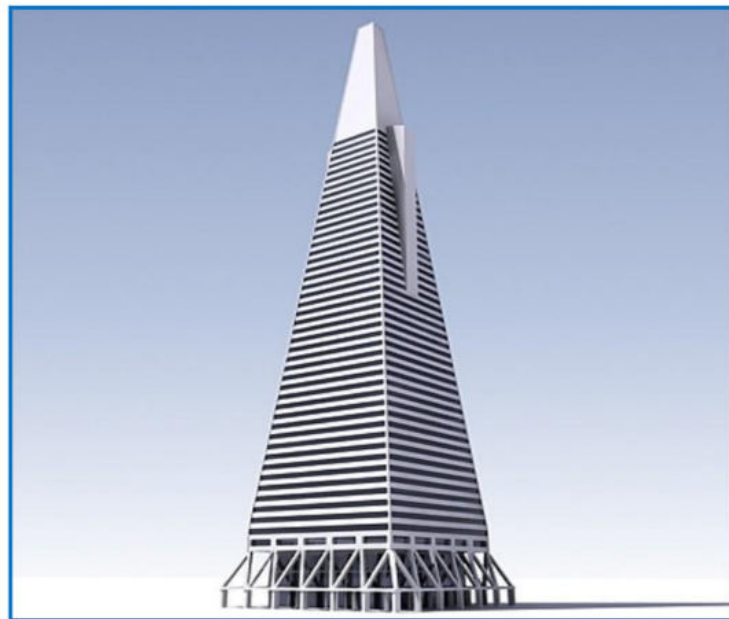
Készítette: Elkhorn Scarp

A fenti esetek jól tükrözik, hogy a halálesetek és jelentős anyagi károk oka a metropolisz fontos építményeinek és házainak rosszul megválasztott építési technológiája volt, ugyanis az egyes szerkezetek tervezésénél figyelmen kívül hagyták a város sajátos földrajzi adottságait és a veszélyeztetettség mértékét. A katasztrofális következményekből okulva, ma már San Francisco a város egyedi természeti szépségei, hangulata és kulturális élete mellett a világon egyedülálló, különleges földrengésálló építési technológiával épített építményeivel is felhívta magára a figyelmet. A korszerű mérnöki megoldásokkal, anyagokkal és módszerekkel megvalósított létesítmények részletes tárgyalására a következő fejezetben kerül sor.

3. SAN FRANCISCO FÖLDRENGÉSÁLLÓ ÉPÍTÉSZETI MEGOLDÁSAI

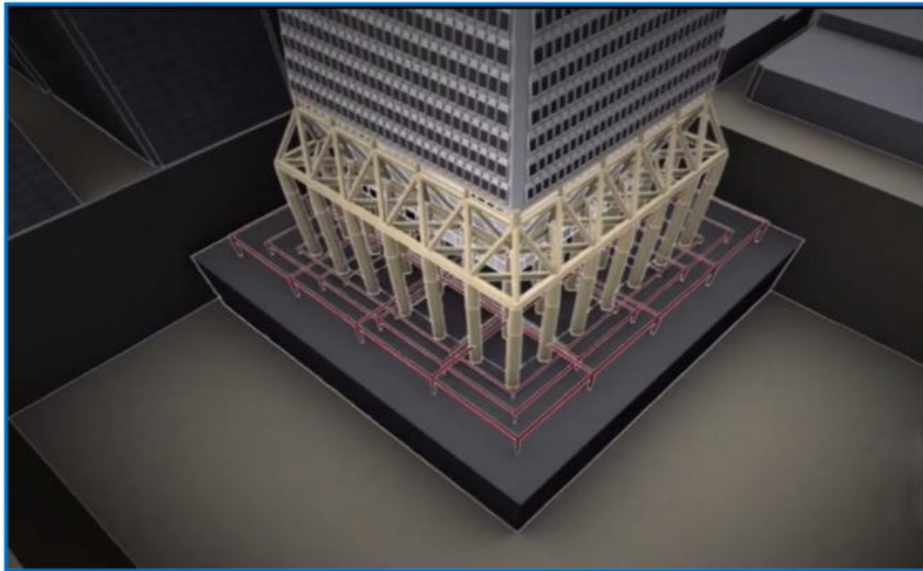
3.1. A Transzamerikai Piramis

A San Francisco üzleti negyedében található, 1972-ben megépített, 260 méter magas Transzamerikai Piramis névre keresztelt felhőkarcoló [6. kép] jelesre vizsgázott az 1989-es Loma Prietai földrengés bekövetkezésekor. A földrengésálló toronyházak mintájának számító építmény felfele keskenyedő alakja mellett olyan rugalmas alapozással lett tervezve, amelyek elnyelik a földrengéshullámok vízszintes irányba ható terhelését. A megoldás lényege, hogy az alapzat egy 16 méter mélyen a földbe épített, betonba öntött acélszerkezetes fémváz [7. kép], amely a földrengéshullámok hatására vízszintes irányú mozgásával minimalizálja az épület kilengését és elmozdulását. A vázszerkezet konzolos X-merevítése lehetővé teszi a szerkezet stabilitását és ellenállóképességét a horizontális erőkkel szemben. [7]



6. kép: Transzamerikai Piramis, San Francisco

Forrás: <http://www.turbosquid.com/3d-models/3ds-max-transamerica-pyramid/373139>



7. kép: A Transamerikai Piramis talapzata

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

3.2. A Golden Gate híd

A Csendes-óceánt és a San Franciscói öblöt átívelő Golden Gate függőhíd nem véletlenül kapta meg az építészeti csoda jelzõt. A híd tervezésekor hatalmas kihívást jelentettek az extrém környezeti körülmények; az állandó talajerózió, a folyamatos szélviharok és hurrikánok, az erős víz alatti áramlatok, valamint a földrengések. Ezen hatásoknak való ellenállóképességet csakis egy kivételesen rugalmas hídszerkezet tudta biztosítani a 2 kilométer hosszú, látványos függőhíd esetén. Az építmény stabilitását alapvetően két darab, 18 méter mélyen a szilárd kőzetrétegbe beépített pillér adja, a kellő rugalmasságot pedig a 25.572 darab huzalból álló feszítő kábelek biztosítják, amelyek amellet, hogy megtartják a hídpályát, a nyomást és a feszítőerõt a tornyokon át a híd két végén lévő sziklába betonozott horgonyokhoz továbbítják [8. kép]. A rugalmas feszítő huzalok több méteres kilengést is lehetővé tesznek anélkül, hogy a hídszerkezet állaga és stabilitása veszélyes mértékben csökkenne. [7]

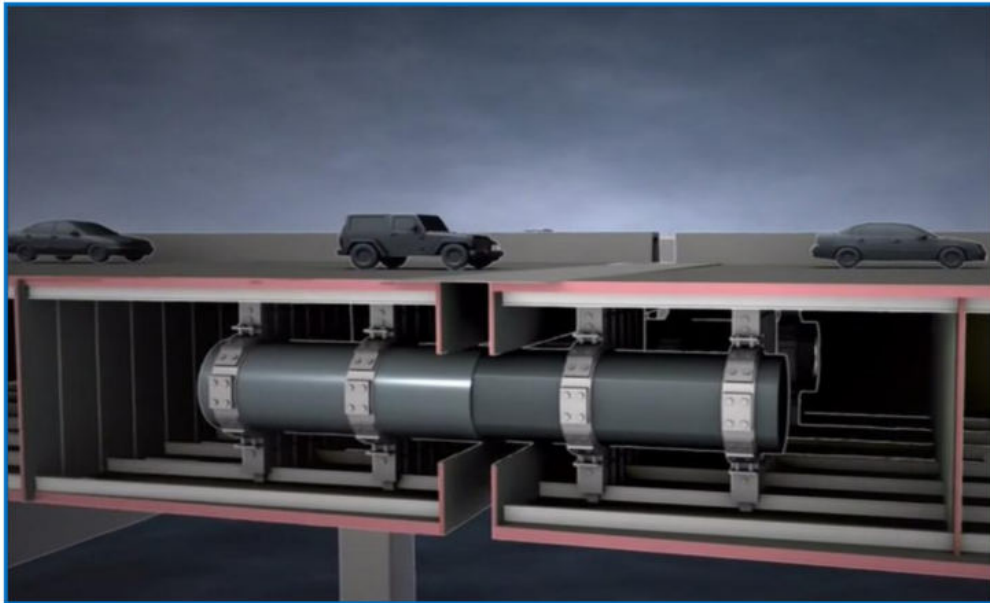


8. kép: Golden Gate híd, San Francisco

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

3.3. New Bay híd

A San Franciscót és Oaklandet összekötő új, földrengésálló híd az 1989-es rengés következtében komolyan sérült, elavult technológiával épített elődje szerepét veszi át. A „New Bay Bridge”-re elkeresztelt szupermodern, egypilléres építmény megvalósítása a tervek szerint 2013 végére fejeződik be. A konstrukció kulcsa a hídtorony szerkezete; a Golden Gate-hez hasonló, masszív betonaltalpból kiemelkedő négy, egyenként 160 méter magas betonoszlop alkotja, amelyeket rugalmas acélgerendákkal kötöttek össze. Ezen összecsatolás felel a hídtartó oszlopok földrengések következtében való elmozdulásának kiegyenlítéséért. A mérnökök az acélgerendák csatlakozásait úgy tervezték, hogy extrém erős rengéshullámok esetén azok elszakadnak, így nagyobb elmozdulási lehetőséget biztosítva a torony számára és megelőzve a szerkezet összeomlását. Az oszlopokra ható terhelések további csökkentése érdekében a 28 szegmensből álló útpálya nincs közvetlenül az oszlopokhoz hozzáerősítve. Az egyes szegmenstáblák közé telepített teleszkópos rögzítő elemek [9. kép] biztosítják az útpálya rengéshullámok következtében kialakuló oldalirányú elmozdulásait a hídszerkezet sérülése nélkül. A híd elmozdulásai mozgásérzékelők segítségével folyamatosan megfigyelhetők az üzemeltető központban, így a veszélyes mértékű kilengések, illetve a hídszerkezetben bekövetkezett sérülések esetén az azonnali beavatkozás lehetősége biztosítva van. [7]

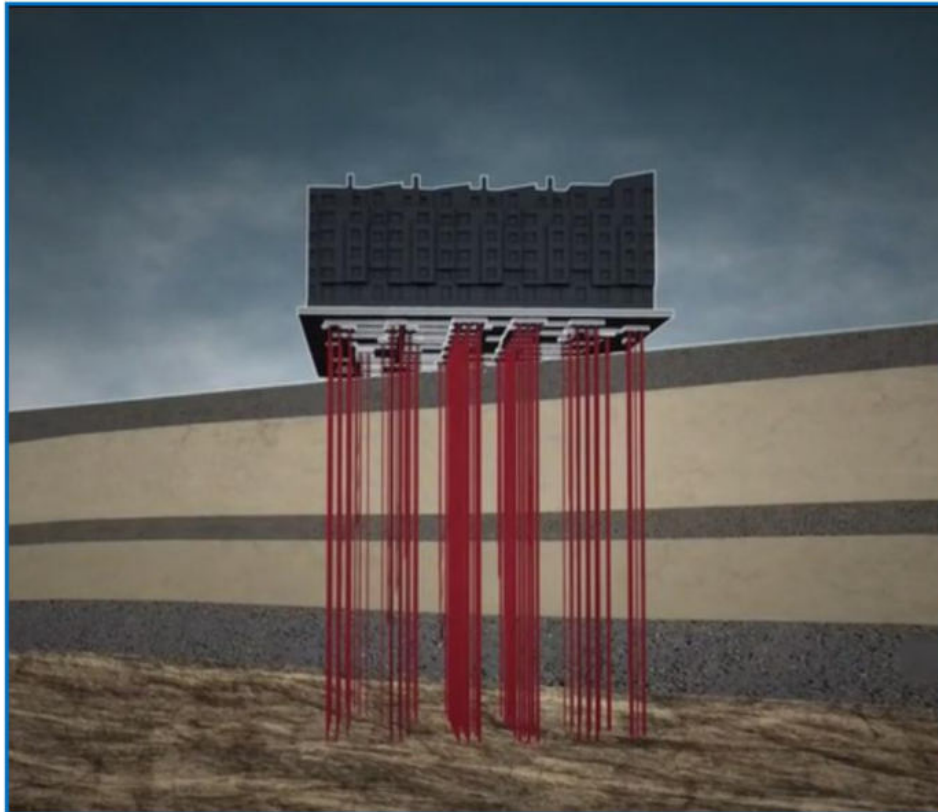


9. kép: New Bay híd San Francisco

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

3.4. Az épületek alapozása

A szeizmológusok megfigyelték, hogy San Francisco egyes kerületeiben a földrengéshullámok erőteljesebben érezhetőek, mint más városrészekben. Ennek oka a város változó talajösszetétele. Általánosságban elmondható, hogy a metropolisz puha talajzatra épült, egyes vízzel telített mocsaras talajú részekre különösen elmondható ez a mesterséges feltöltés ellenére is. Tekintettel arra, hogy a puha talaj erősíti a földrengéshullámok amplitúdóját, ezen területeken jellemzően a földrengés jobban érzékelhető mint az epicentrumhoz közel eső részeken, ily módon értelemszerűen az építményekre kifejtett hatás is nő. [8] Mindemelllett a puha talaj a rengés hatására könnyen folyósodik, ami az 1906-os és 1989-es eseteknél számos épület megsüllyedését, illetve összeomlását okozta. Ennek megelőzése érdekében az elmúlt években fordulópont következett be az újonnan épített lakóházak, vagy egyéb funkciójú épületek tervezésében és konstruálásában. Az új megoldás szerint az épületek alapját mélyen lefűrt acélcölöpökkel [10. kép] rögzítik a kemény kőzetrétegbe. Ezzel a megoldással megakadályozható a házak süllyedése, valamint talajfolyósodás esetén is a szerkezetek megőrzik stabilitásukat. [7]



10. kép: Lakóházak alapozása, San Francisco

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

3.5. A San Franciscói metró alagutak

A földrengés károk megelőzésére fordított törekvések esetén nem hagyható figyelmen kívül a modern nagyvárosok XXI. századi közlekedési igényeivel összhangban épített infrastruktúrák sem. A napi milliós mértékben mérhető forgalmat lebonyolító San Franciscói metróhálózat különösen veszélyeztetett, mivel az alagútrendszerek közvetlenül ki vannak téve a földrengések okozta térhullámok hatásainak. A San Franciscói metró alagutak tervezésénél is a fő szempont a metróalagutak kellő ellenállóképessége mellett a rugalmasság biztosítása. Ennek elérésére a tervezők – a New Bay hídhoz hasonlóan – henger alakú alagút szegmensek rugalmas összekapcsolásával oldották meg [11. kép] az alagutak „kígyószerű” mozgásának lehetővé tételét, oly módon, hogy az elemekben ne keletkezzenek az utasokat veszélyeztető mértékű károk. Ugyan az így megvalósított rendszer még éles körülmények között nem bizonyította hatékonyságát, de a tervező mérnökök elmondása szerint egy San Franciscói intenzív földrengés bekövetkezése esetén a város legbiztonságosabb helyének tekinthető a metróhálózat. [7]



11. kép: Metró alagút, San Francisco

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

3.6. A Crystal Springs gát

A San Francisco belvárosától körülbelül 30 kilométerre délre található Crystal Springs gát az Alsó Crystal Springs tározó legfontosabb műtárgya közvetlenül a Szent András-törésvonal közelében. A gát által felduzzasztott tározó legfontosabb szerepe, hogy biztosítsa San Francisco vízellátását, beleértve a tűzoltáshoz külön kiépített infrastruktúrát is. Az 1888-ban megépített gát az 1906-os és 1989-es földrengéseket is átvészelte komolyabb sérülések nélkül köszönhetően a mozaikos, egymásba illeszkedő beton tömbökből álló gátfalnak [12. kép], amely a rengéshullámokból eredő horizontális terhelésre rugalmasan tud reagálni, megtartva a műtárgy stabilitását. [7]



12. kép: Crystal Springs gát, Kalifornia

Forrás: Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco
Szerkesztette: a szerző

A geológusok becslése szerint az elkövetkezendő 30 évben a San Francisco Bay Area-ban bekövetkező Richter-skála szerinti 6,7-es vagy erősebb földrengés várható valószínűsége meghaladja a 60 %-ot. Az előzőekben tárgyalt építmények is bizonyítják, hogy az egyedi szépségű, világhíres metropolisz a kíméletlen földrajzi adottságok ellenére figyelemre méltóan felkészült és folyamatosan készül a következő nagy csapásra. A hatalmas méretű infrastruktúra beruházások és építések mellett a városvezetés a 2000-es évek közepén visszaállította a katasztrófa tervező tanácsot, és az illetékes beavatkozó és koordinációs katasztrófavédelmi szervek munkájának összehangolására állandó veszélyhelyzet-kezelési gyakorlatokat szervez.

A lakosság mielőbbi riasztása érdekében sziréna és hangosbemondó rendszer került kiépítésre, amelyek tájékoztatást adnak a kialakult veszélyhelyzetről és az evakuációs útvonalakról. Átfogó felújítások kezdődtek meg továbbá a közműhálózatot érintően, valamint folyamatosan megerősítésre kerülnek – a folyók hiányában – a lakosság vízellátását biztosító víztározók. [9]

Az eddig megvalósult beruházásoknak hála a San Franciscói metropoliszban nem fordulhatna elő az 1906-os vagy 1989-es földrengés-csapáshoz hasonló mértékű katasztrófa, azonban a város sebezhetősége továbbra is fennáll. Példának lehet említeni a

San Franciscói városi kórházat, amelynek rendkívül rossz állapota miatt könnyedén a földdel válhat egyenlővé egy intenzív földrengés kipattanása esetén. Az új kórházépület építése folyamatban van, a tervezett átadás időpontja 2015. [9]

3. ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A Szent András-törésvonal mentén lezajló tektonikai folyamatok következményeképpen a tudósok a San Franciscói metropoliszt a világ egyik leginkább földrengés-veszélyeztetett térségeként azonosítják. A veszélyeztetettség magas mértékét a – törésvonal mentén változó aktivitással – folyamatosan mérhető szeizmikus tevékenység, és az elmúlt évszázad két földrengés katasztrófája támasztja alá, amelyben az áldozatok magas száma szorosan összefüggésben volt a város építményeinek, infrastruktúrájának és ellátó rendszerének sérülésével, összeomlásával, valamint megsemmisülésével. Tekintettel arra, hogy a szeizmológusok megfigyelései és számításai alapján az amerikaiak által „Big One”-nak keresztelt, következő nagy erejű földrengés csapás következő 30 évben való bekövetkezésének esélye meghaladja a 60 %-ot, a város védelmi képességeinek növelése, és a felkészülés kiemelt prioritású feladattá vált San Franciscóban. A korábbi katasztrófák tapasztalatain alapulva, valamint a modern világ közlekedési és infrastrukturális igényeit figyelembe véve a metropolisz a világon egyedülálló építményeivel és építkezési technológiáival hatalmas lépést tett a biztonság jelentős fokozása felé. Az extrém talaj- és éghajlati viszonyok, a hurrikánok, és az erős tengeri áramlatok ellenére sikerült olyan különleges és egyben világhíres, földrengésálló, monumentális építményeket megépíteni, mint a Transzamerikai Piramis, vagy a Golden Gate híd, amelyek az előzőekben felsorolt hatások mellett jelesre vizsgáztak az 1989-ben bekövetkezett földrengés esetén is.

Az elmúlt évtizedekben befejezett óriás beruházások ellenére San Franciscóban még mindig nem lehetnek az emberek nyugodtak, mivel számos olyan fejlesztés és projekt van folyamatban amelyek megvalósítása szükséges a város sérülékeny pontjainak javításához. A földrengésálló építési megoldások mellett San Franciscóban jelentős törekvések és fejlesztések történtek a lakosság felkészítése, tájékoztatása és riasztása terén annak érdekében, hogy megelőzzék a 2005-ös New Orleans-i hurrikán katasztrófát követő káoszhoz hasonló állapot kialakulását.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Focus: San Francisco Bay Area
URL: <http://www.bayareavision.org/bayarea/index.html>
Letöltés: 2013.04.24.
- [2] David K. Lynch: The San Andreas Fault, geology.com
URL: <http://geology.com/articles/san-andreas-fault.shtml>
Letöltés: 2013.04.24.
- [3] Megfejtették a Szent András-törésvonal rejtélyét, index.hu tudomány rovat,
2007.08.17.
URL: <http://index.hu/tudomany/standr170807/>
Letöltés: 2013.04.24.
- [4] USGS: Science for a changing World, The Great 1906 San Francisco Earthquake
URL: <http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/1906/18april/index.php>
Letöltés: 2013.04.24.
- [5] The Virtual Museum of the City of San Francisco, Timeline of the San Francisco Earthquake
URL: <http://www.sfmuseum.org/hist10/06timeline.html>
Letöltés: 2013.04.24.
- [6] USGS Science for a changing World, Az 1906-os és 1989-es Bay Area-i földrengések összehasonlítása
URL: <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1127/chapter1.pdf>
Letöltés: 2013.04.24.
- [7] Strip the City dokumentumfilm-sorozat, Epizód: Earthquake City: San Francisco, 2012,
Rendezte: Roeland Doust
- [8] USGS Science for a changing World, Soil Type and Shaking Hazard in the San Francisco Bay Area
URL: <http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/soiltype/>
Letöltés: 2013.04.24.
- [9] Madeleine Nash: Is San Francisco Ready? Time Magazine, 2005.09.12.
URL: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1103582,00.html#ixzz2RhYvCBwX> Letöltés: 2013.04.24.