

KAKO SMANJITI RIZIK OD ŠTETA USLIJED POTRESA

HOW TO REDUCE RISK OF DAMAGES IN EARTHQUAKES

Sonja Zlatović, Igor Gukov

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Pojava potresa neizbježna je, pri tome i nepredvidiva, iako sve više znamo o potresima koji su se dogodili i koji se mogu dogoditi na danom području. Ljudske žrtve, stradanja stanovništva i materijalne štete koje nastaju kao posljedice potresa nastaju prvenstveno zbog nedovoljno dobrog projektiranja, građenja i uporabe građevina. Pri tome, o ponašanju građevina u potresu također znamo sve više, i zato se veliki dio opasnosti od rušenja može otkloniti pravovremenim djelovanjem. To se odnosi na nove gradnje, kao i na potrebna prilagođavanja postojećih. Članak daje pregled poznatih rješenja.

Ključne riječi: potres, ljudske žrtve, štete na građevinama

ABSTRACT

Earthquake occurrence is unavoidable and unpredictable, although the wealth of data and our understanding is growing on the earthquakes which occurred or can occur on a location. Victims, sufferings, damages as consequences of an earthquake are caused by failures of buildings due to design, building or use not good enough. The behaviour of buildings in earthquakes is getting clearer with every new earthquake, and safety today can be significantly improved – for both new and existing buildings. A short overview of known solutions is given.

Keywords: earthquake, victims, damages

1. UVOD

1. INTRODUCTION

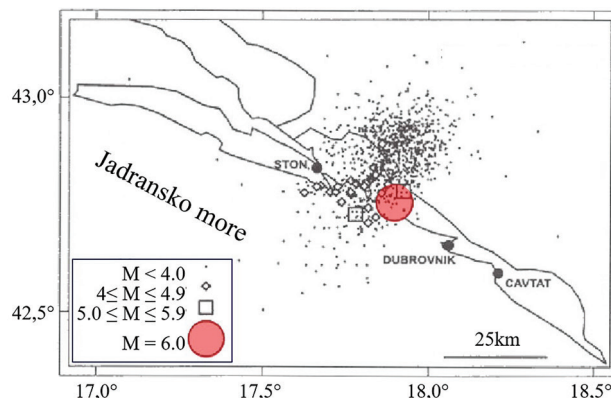
Potres doživljavamo neugodnim, dapače potres često izaziva najjače neugodne emocije, jer se

gubi potreban osjećaj čvrstog tla pod nogama. Međutim, životi se uglavnom ne gube zbog potresa samog, gube se zbog rušenja građevina. Čak i osjećaj nemoći, kao i štete koje nastaju u potresu, vezane su na ponašanje građevina u potresu. Na žalost, veliki dio javnosti u Hrvatskoj nije dovoljno upućen u mogućnosti sigurnije gradnje, kao niti u opasnosti od potresa, te se ne ulaže u zaštitu postojećih bolnica, škola, spomenika kulture... i stambenih građevina. Pri tome, na nesreću, veliki dio starijih građevina građen je bez razmišljanja o potresu, a dodatno su oslabljene starenjem materijala, često i neumjesnim pregradnjama. Posebno je veliki dio manjih kuća, uključujući novije, građen bez inženjera koji bi učinili kuću sigurnijom. Samostalno građenje kuća, ili uz pomoć majstora, oslanja se prvenstveno na iskustva gradnje u zemljama sjevernijima od naše, Austriji ili Njemačkoj, koje su bitno manje seizmičke aktivnosti. Uostalom, i radi studija inženjerstva naši su se mladi okretali prvenstveno Beču, Švicarskoj i slično, te smo tradicionalno neosvijesteni o opasnosti od potresa. Dodatno, potresi su u Hrvatskoj tako rijetki da se na njih zaboravlja, iako se povremeno događaju potresi koji razruše veliki dio građevina.

2. NEKI POZNATI POTRESI U HRVATSKOJ I NJIHOVE POSLJEDICE

2. SOME WELL KNOWN EARTHQUAKES IN CROATIA AND THEIR CONSEQUENCES

Među novijim potresima u Hrvatskoj, poznat je onaj 05.09.1996. kod Slanog s magnitudom M6.0, tijekom kojega je u Stonu zabilježena horizontalna akceleracija tla od 0,65g. U potresu su uništena tri naselja (Popadić, 2013).

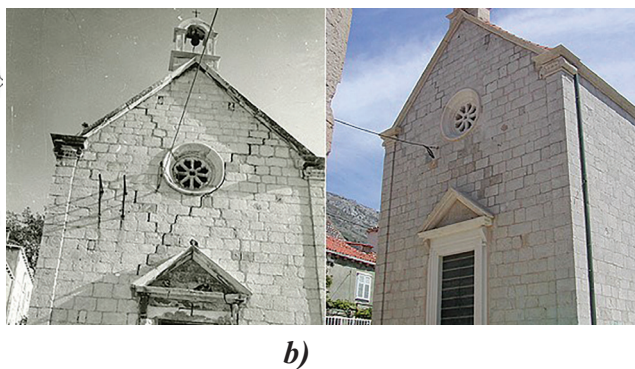


Slika 1 Jedna od građevina nakon potresa u Stonu (Trojanović, 1996).
Epicentri niza potresa Ston-Slano 1996 (Markušić et al 1998)

Figure 1 One of the damaged buildings after Slano Earthquake (Trojanović, 1996).
Epicentres of the Ston-Slano Earthquake series in 1996 (Markušić et al 1998)

Dana 15.04.1979. potres magnitude M6.9, s epicentrom kraj Bara u Crnoj Gori, pogodio je Dubrovnik. Oštećen je veliki broj kuća u Gradu, kako pokazuje Slika 2, posebno uz Stradun, tj. u području nasipa kojim su spojeni obala i otok da bi se izgradilo jedinstveno naselje. Kuće su u međuvremenu obnovljene, međutim geotehnički razlog za pojačanje djelovanja potresa na tom potezu nije još uklonjen. Dubrovnik, također, pamti potres iz 1667. godine kad je stradao veći dio grada u potresu i požaru koji ga je pratio.

Zagreb je 1880. godine pogodio potres magnitude procijenjene na M6.3 (Markušić, 2020) u kome je život izgubila jedna osoba, ali je pola kuća srušeno ili oštećeno (Ladović i Premerl 1981).



Slika 2 a) Oštećenja unutar zidina Dubrovnika nastala u potresu 1979. godine i
b) fotografija tada stradale crkve Sv. Đurđa na Pilama (Zavod za obnovu Dubrovnika n.d.)

Figure 2 a) Damages in the old Dubrovnik in the earthquake in yer 1979.
b) Damages on the church Sv. Đurđ on Pile (Zavod za obnovu Dubrovnika)

U međuvremenu se Zagreb ponovo izgradio i bitno proširio, zaboravljajući na ovaj i druge potrese, te se u budućnosti mogu očekivati i bitno veće štete u sljedećem potresu koji pogodi Zagreb.

3. MOŽEMO LI SAGRADITI GRAĐEVINU KOJA NEĆE STRADATI U POTRESU?

3. COULD BUILDINGS BE SAFE IN EARTHQUAKES?

U Japanu su potresi česti, te stanovnici Japana imaju poštovanje za svoje načine gradnje i svoje inženjere, pa se zato i u velikim potresima suvremeno izgrađene zgrade uglavnom ponašaju izvrsno: možda će se ljuljati ili slično, ali neće doživjeti znatna oštećenja.



Slika 3 a) Isječak iz zapisa snimljenog (kirakirayuji 2011) tijekom velikog potresa M9.0 koji ilustrira nemogućnost stajanja na nogama uslijed gibanja tla, te b,c,d) isječci iz zapisa snimljenog u isto vrijeme na istoj udaljenosti od epicentra, unutar bolnice Ishinomaki Red Cross Hospital (IFRC 2011).

Figure 3 a) Snapshot from a video (kirakirayuji 2011) made during the Tohoku Earthquake M9.0 which illustrates the impossibility of standing upright due to movements of the ground, b,c,d) snapshots from the video made in the same time on the same distance from the epicentre, inside the Ishinomaki Red Cross Hospital (IFRC 2011)

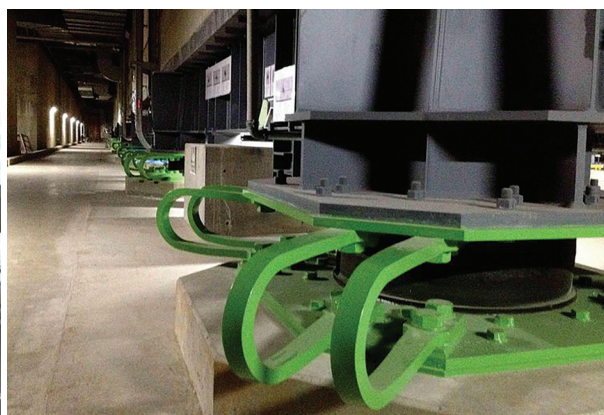
Čak i u potresu M9.0, jednom od najvećih ikada zabilježenih, svakako najvećem zabilježenom u Japanu, koji se dogodio 11.03.2011. u Pacifiku uz područje Tohoku, građevine građene po pravilima struke – iako su se ljuljale – nisu pretrpjele značajna oštećenja. Tijekom tog potresa nije se moglo stajati na nogama niti u blizini epicentra, a ni stotinama kilometara dalje (Hepp, 2020), što ilustrira i Slika 3a i video (kirakirayuji 2011). Međutim, u naselju Ishinomaki, na terenu koji se gibao jednako (USGS 2011), u bolnici Red Cross Hospital, zaštićenju izolatorima i prigušivačima, tijekom potresa stajalo se bez problema (Slika 4b), oštećenja nije bilo, te se odmah po potresu bolničko osoblje reorganiziralo za izvanredni prihvati ozlijeđenih (Slika 4c), i u minutama poslije počelo pružati pomoć (Slika 4d).

Sve to pokazuje i ilustrativni video (IFRC 2011). Potres je pratio nikad veći tsunami.

Slika 4 pokazuje istu bolnicu nakon potresa, koja nije pretrpjela baš nikakve štete, niti razbijeno staklo (Jahn 2015). Desni dio slike predstavlja fotografiju izolatora i prigušivača ugrađenih između zgrade i njenih temelja koji omogućavaju ovakvo ponašanje. Između stupa i temelja su izolatori crne boje koje čini niz naizmjeničnih listova čelika i gume, dimenzioniranih tako da se potresu umiruje gibanje zgrade, sa zelenim prigušivačima koji – deformirajući se – troše dio energije koji bi bio prenesen na zgradu. Snimka koja pokazuje i siloviti potres i relativno mirnu unutrašnjost bolnice i rad potom – unatoč nizu jakih naknadnih potresa – dostupna je online (IFRC 2011).



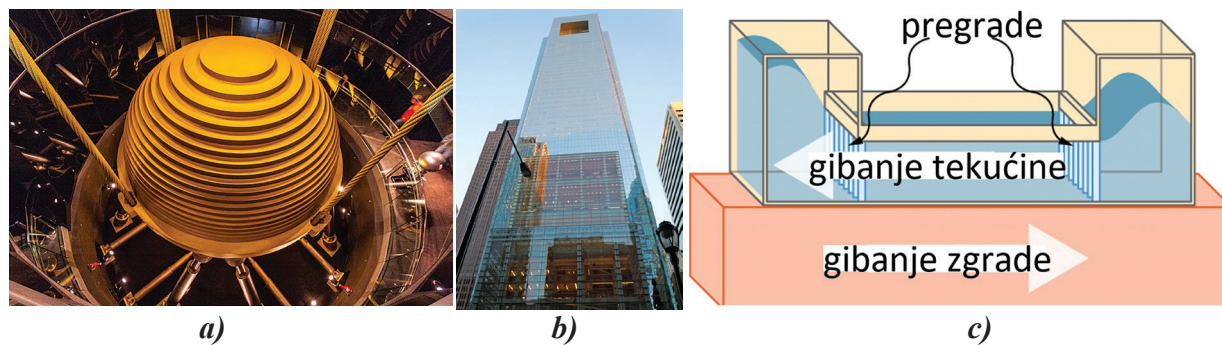
a)



b)

Slika 4 Bolnica u gradu Ishinomaki (snimio Jay Wilson), u neposrednoj blizini epicentra velikog potresa M9.0 tijekom kojega nije nimalo oštećena. Izolatori s prigušivačima na dnu zgrade. (Jahn 2015)

Figure 4 Hospital in Ishinomaki (made by Jay Wilson) the nearest to the epicentre of the M 9.0 earthquake during which it was not damaged. Isolators with dampers at the bottom of the building.



Slika 5 a) prilagodljivi pasivni prigušivač, Taipei 101; b) neboder Comcast i c) njegov vodeni prigušivač
 Figure 5 a) adjustable passive damper, Taipei 101; b) Comcast skyscraper and c) its water damper

4. ZAŠTITA GRAĐEVINE KONTROLOM PONAŠANJA KONSTRUKCIJE

4. PROTECTION OF THE BUILDING BY CONTROL OF ITS BEHAVIOUR

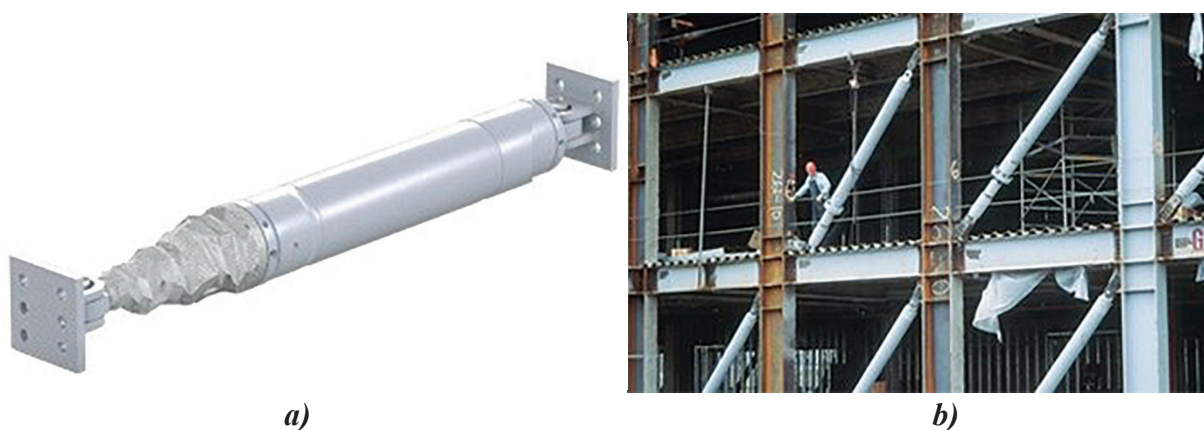
Usljed gibanja temeljnog tla tijekom potresa, konstrukcija građevine može doživjeti povratne deformacije i male štete, ili nepovratne deformacije i velike štete konstrukcije. Da bi se ponašanje konstrukcije zadržalo u elastičnom području, pri projektiranju se može osigurati kontrola deformiranja nosive konstrukcije u potresu, pri čemu razlikujemo aktivne, pasivne i hibridne sustave (Buckle, 2000).

Aktivna kontrola deformiranja sastoji se u tome da građevinu tijekom potresa podvrgnemo dodatnoj umjetnoj pobudi koja se postiže elektronički upravljanim posebno ugrađenim hidrauličkim uređajima koji građevinu tijekom potresa praktično umiruju.

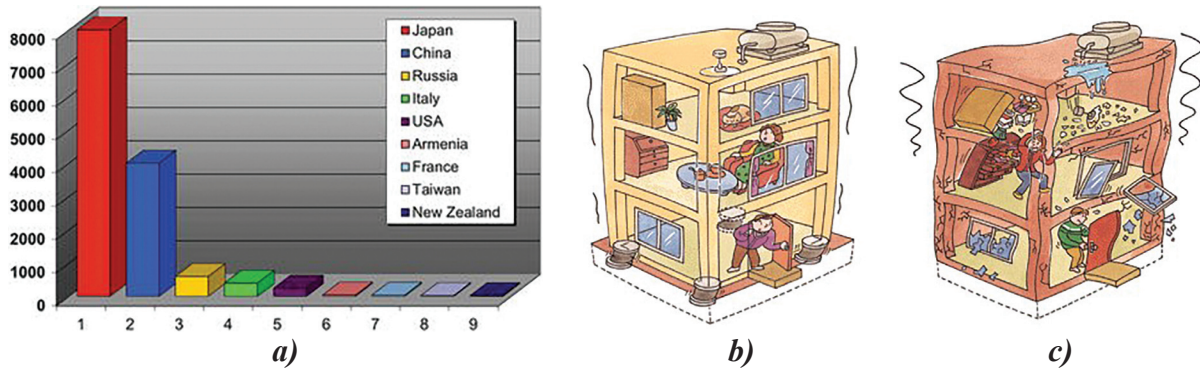
Pasivnu kontrolu moguće je izvesti na tri različita načina: umetanjem specijalnih mehanizama za apsorpiranje energije u nosivom sustavu, izoliranjem građevine ili uporabom prilagodljivih pasivnih prigušivača (*tuned mass damper*).

U visokim građevinama, a koje su izuzetno osjetljive na djelovanje potresa i vjetera, često se ugrađuju prilagodljivi pasivni prigušivači. Slika 5a prikazuje pasivni prigušivač ugrađen u neboder Taipei 101. Slika 5b prikazuje neboder Comcast, Philadelphia, Pennsylvania, SAD, visine 305 m u koji je ugrađen vodeni prigušivač kako bi se smanjile oscilacije uslijed potresa i vjetera, kojeg prikazuje Slika 5c, a u kojem se nalazi 1100 tona vode.

Zahvaljujući viskoelastičnom ponašanju specijalnih uređaja za prigušivanje koji su ugrađeni u konstrukciju, energija se u njima troši i time dolazi do sprječavanja plastičnih deformacija i mjestimičnih oštećenja nosivih elemenata. Jedan od takvih uređaja, primjer uljnog prigušivača, prikazuje Slika 6.



Slika 6 Primjer a) uljnog prigušivača i b) ugradnje takvog prigušivača u nosivu konstrukciju
 Figure 6 Example of a) oil damper and b) use of such dampers in a structure



Slika 7 Broj izoliranih zgrada (Martelli et al 2015) i skica razlike između izoliranih i neizoliranih zgrada (The Japan Society of Seismic Isolation 2019).

Figure 7 Number of isolated buildings (Martelli et al 2015) and a presentation of differences between isolated and not isolated buildings (The Japan Society of Seismic Isolation 2019).

Od navedenih postupaka ekonomski je najprihvatljiviji postupak izoliranja nosive konstrukcije tj. svojevrsno odvajanje od temelja ili donjeg dijela. U Japanu je vjerojatno više od 8000 zgrada u kojima su ugrađeni izolatori i prigušivači, u Italiji oko 300 (Martelli et al 2015), kako prikazuje Slika 7. gdje su ilustrirane i razlike između izoliranih i neizoliranih zgrada (The Japan society of seismic isolation, 2015).

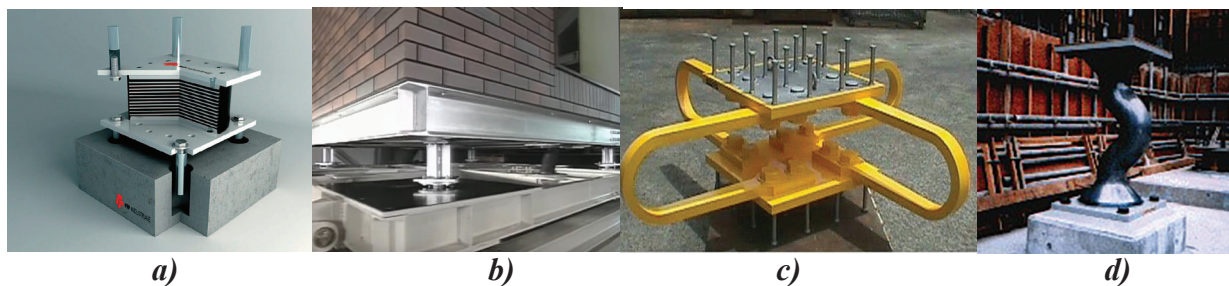
I u mostovima i u zgradama nosivu konstrukciju možemo podijeliti na gornji i donji ustroj, između kojih se ugrađuju izolatori potresa. Oni u horizontalnoj ravnini imaju veoma malu, a u vertikalnom smjeru veliku krutost. U tu svrhu najčešće se koriste armirani elastomerni ležajevi (Slika 8a) kojima je vertikalna krutost nekoliko stotina puta veća od horizontalne, a mogu se dodati i klizni ležajevi (Slika 8b), te čelični (Slika 8c), olovni (Slika 8d) ili drugačiji prigušivači.

Među građevinama koje se štite na ovakav način svakako je i dugi niz bolnica, škola i

visokih učilišta, centri koji osiguravaju zaštitu stanovništva ili podataka, mostovi i slično. Ovaj sustav primjenjuje se i za ojačanja i rekonstrukcije postojećih građevina.

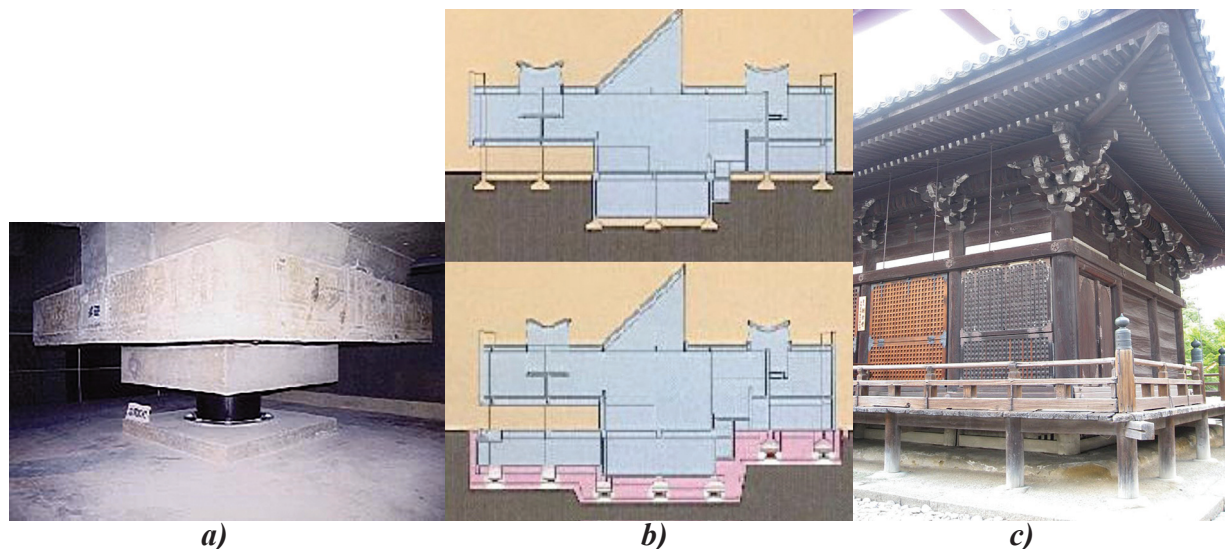
Mnoge postojeće građevine koje se smatraju nacionalnim blagom u Japanu (kako npr. ilustrira Slika 9a i b), ili u Italiji, na primjer, zaštićen je ugradnjom izolatora između gornjeg dijela konstrukcije i temelja, koji su za tu potrebu spuštenu tj. prilagođeni, možda zamijenjeni. Jedna od zaštićenih zgrada je National Museum of Western Art u parku Ueno u Tokiju, čiji presjek prije i poslije ugradnje izolatora (jedan pokazuje Slika 9a) skicom daje Slika 9b.

Slika 9c, na primjeru jedne od zgrada u hramu Kiyomizu Dera u Kyotu, prikazuje karakteristične klizne ležajeve tradicionalnih japanskih hramova: konstrukcija je drvena, dobro povezana, leži na kratkim drvenim stupovima, koji su samo oslonjeni na glatke kamenove po kojima u vrijeme potresa mogu kliznuti, čuvajući konstrukciju od prevelikih unutarnjih sila i ozbiljnih šteta.



Slika 8 Četiri tipa elemenata ležaja u izoliranju građevine: a) elastomerni izolator; b) klizni izolator; c) čelični prigušivač i d) olovni prigušivač (The Japan society of seismic isolation, 2015)

Figure 8 Four types of isolation: a) elastomer isolator; b) sliding isolator; c) steel damper; d) lead damper (The Japan society of seismic isolation)



Slika 9 a) Jedan od gumenih izolatora (naizmjenični slojevi gume i čelika) ispod National Museum of Western Art u Tokiju i b) skica spuštanja temelja (Clark i dr. 1999), te c) zgrada u hramu Kiyomizu Dera u Kjotu.

Figure 9 a) One of rubber isolators (layers of rubber and steel) under the National Museum of Western Art in Tokyo, and b) lowering the foundations and isolation installation (Clark et al 1999), and c) one building in Kiyomizu Dera Temple in Kyoto.

5. PROJEKT I PRORAČUN KONSTRUKCIJE ZGRADA

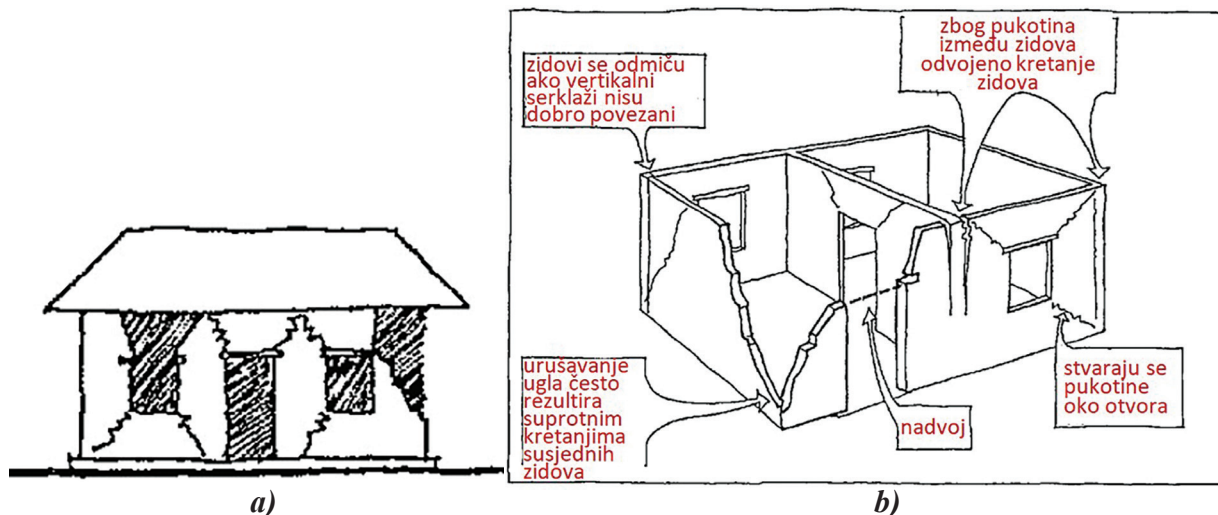
5. DESIGN AND STRUCTURAL CALCULATIONS

Svaki novi potres u svijetu omogućava prikupljanje dodatnih podataka, zanimljivih kako seizmolozima koji se bave događanjima u Zemljinoj kori i gibanjima na površini, tako i geotehničarima koji se bave pojačavanjem gibanja u mekanom tlu, gubitkom čvrstoće rahlog zasićenog pjeskovitog tla, kao i međusobnim utjecajima tla i građevine, a tako i konstruktorima (inženjerima građevinarstva specijaliziranim za projektiranje konstrukcija) koji dobivaju nove informacije o ponašanju građevina. Zato se propisi i norme za gradnju u potresnim situacijama u cijelom svijetu povremeno poboljšavaju. Svakako, od malenih potresa ne smiju se događati nikakva oštećenja, a u velikim potresima oštećenja mogu biti prihvatljiva, ali ne i rušenja.

U Republici Hrvatskoj, Tehnički propis za građevinske konstrukcije (2017) propisuje gradnju u kojoj kvaliteta i stabilnost građevine slijede zahtjeve paketa normi nazvanih Eurokodovi. Ove se norme donose složenim postupkom unutar EU: izrađuju ih izabrani eksperti, a sudjeluju normirne organizacije i eksperti svih zemalja članica (prihvaćaju ih i druge zemlje), te imaju

i svoje nacionalne dodatke u kojima zemlje članice definiraju dodatne specifične parametre. Međutim, da bi se građevina dobro ponašala, prije svega treba je dobro zamisliti, osigurati jasan tijek sila, proračunom dokazati da očekivane sile uslijed potresa neće izazvati neželjene posljedice, te osigurati da svi elementi budu izvedeni na odgovarajući način u skladu s proračunom.

Bilo bi dobro uočiti da se u svijetu godišnje dogodi preko 1000 potresa magnitude 5 i više, preko 100 potresa magnitude preko 6 i više, preko 10 potresa magnitude preko 7 i više, te najčešće nekoliko potresa magnitude 8 i više. Slična je raspodjela u broju i po pojedinim područjima: najsnažniji potresi događaju se rijetko, toliko rijetko da mogu predstavljati iznenađenje. Dobro je uočiti i da nema pravilnosti u ponavljanju potresa kroz vrijeme. Zemljina kora tako je nehomogena, potresi se događaju duboko i ne uspijevamo ne samo predvidjeti, nego ni pratiti promjene koje se događaju – osim po vibracijama i posljedicama na površini. Za razliku od meteorologa koji ipak mogu mjeriti tlak zraka na različitim visinama širom svijeta, naprezanja u Zemljinoj kori seizmolozi bi trebali mjeriti u različitim dubinama i u različitim smjerovima širom svijeta, što će još dugo biti praktično nemoguće. Zato se možemo osloniti samo na zabilježene događaje, na tumačenja koja seizmolozi rade s geolozima... i na dobru protupotresnu gradnju.



Slika 10 a) Karakteristične štete na zidanim kućama, b) objašnjenje tako nastalih šteta (Northon)

Figure 10 a) Characteristic damages on brick houses, b) explanation of damages (Northon).

6. KAKVE SE GRAĐEVINE DOBRO PONAŠAJU U POTRESU?

6. WHAT KIND OF BUILDINGS BEHAVE WELL IN EARTHQUAKES?

Prednosti za građevinu su da je lagana, da je jednostavnog tlocrta, da nema promjenjivu krutost po visini, da je tijekom sila jasan i u skladu s time da je osiguran svaki element nosive konstrukcije i svaki spoj između elemenata, da konstrukcija uglavnom što više funkcionira kao cjelina, da je izvedena prema projektu, te da su nenosivi dijelovi primjereno pridržani, ali tako da ne poremećuju tijek sila.

Za zidanu konstrukciju važno je uglavnom da je povezana u cjelinu tako da se kao cjelina ponaša i u seizmičkoj situaciji, a za to treba imati zidove obrubljene i povezane sustavom horizontalnih i vertikalnih armirano-betonskih serklaža. Zidane konstrukcije koje nisu povezane na odgovarajući način kod potresa mogu pretrpjeti pukotine uslijed čega će se zidovi gibati odvojeno, te može doći i do rušenja.

Armirano-betonske konstrukcije svakako su poželjnije, ali i za njih je bitno da budu zamišljene i izvedene tako da, u slučaju da su sile veće od proračunskih, do oslabljenja dolazi u horizontalnim, ne u vertikalnim dijelovima konstrukcije, inače ona postaje mehanizam i gubi stabilnost.

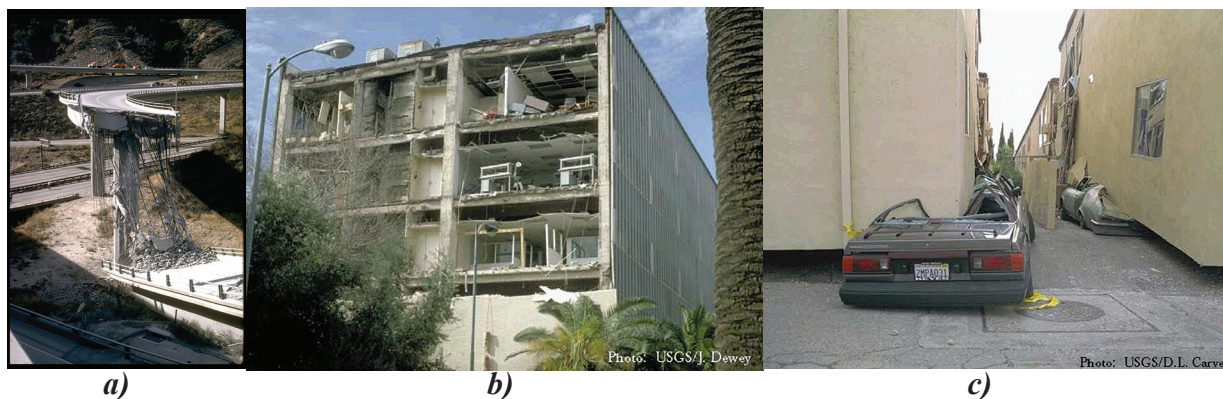
7. MOGU LI SE POSTOJEĆE GRAĐEVINE OJAČATI?

7. COULD EXISTING BUILDINGS BE STRENGTHENED?

U dva čuvena kalifornijska potresa, 17.10.1989. potres Loma Prieta magnitude M6,9 kraj San Franciska i 17.01.1994. potres Northridge magnitude M6,7 kraj Los Angelesa, štete na mostovima i zgradama su bile toliko velike i vidljive, da je, između ostalog, pokrenuto ojačavanje mostova i mekih prizemlja zgrada. Slika 11 prikazuje jedan od srušenih mostova, zgradu koja je izgubila fasadu, te dva primjera mekog prizemlja koja su popustila u potresu (USGS, 1996).

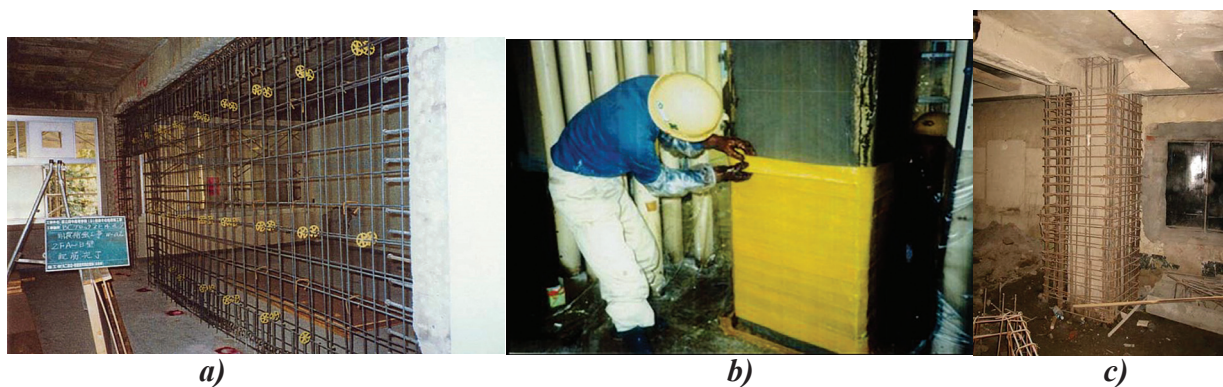
Slično iznenađenje pružio je 17.01.1995. potres M6,9 u Kobeu. Pokazalo se da, unatoč tome što je potres bio puno jači nego se očekivalo na toj lokaciji, uglavnom su malo oštećene kuće izgrađene nakon 1981. godine kad su donesene nove norme, a više su oštećene ili porušene kuće sagrađene prije te godine. Zato je i u Japanu pokrenuto dodatno ojačavanje različitih konstrukcija.

Ojačavanje se može izvršiti na više načina: dodavanjem novih čeličnih ili armiranobetonskih okvira, zidova ili ploča, ili ojačavanjem postojećih zidova, greda, stupova, temelja ili drugih elemenata nosive konstrukcije.



Slika 11 Tri primjera rušenja u potresu Northridge 1994. godine: vijadukt, zgrada s izgubljenim dijelom fasade, zgrade s mekim prizemljem. (USGS, 1996)

Figure 11 Three examples in Northridge 1994 earthquake: a bridge, a building which lost its wall, buildings with soft story.



Slika 12 Tri primjera ojačavanja konstrukcije: dodavanje armiranobetonskog zida, proširenje armiranobetonskog stupa, omatanje stupa trakom od ugljičnih vlakana (Hashimoto, 2018).

Figure 12 Three examples of structure strengthening: adding a reinforced concrete wall, widening of reinforced concrete column, reinforcing with wrapping with carbon strip.

Svako od ovih rješenja zahtijeva dobro povezivanje dodatnih elemenata s postojećom konstrukcijom, što znači da dijelovi konstrukcije trebaju biti dobro očišćeni prije nego se dodaju elementi ojačanja.

8. A ŠTO JE S TEMELJNIM TLOM? 8. AND WHAT HAPPENS WITH THE GROUND?

Temeljno tlo, između stijene i površine, tj. između stijene i građevine, prenosi vibracije ovisno o debljini i svojstvima. Mekana tla mogu značajno amplificirati pobudu. Mogućnosti računanja interakcije tla i građevine sve su izglednije. Zato u analizu ponašanja konstrukcije treba svakako uključiti i geotehničke istražne radove i odgovarajuće provjere.



Slika 13 Cjevovodi stradali uslijed likvefakcije u potresu M6.5 San Fernando 9.02.1971. Za fotografiju zahvaljujemo National Information Service for Earthquake Engineering University of California Berkeley

Figure 13 Lifelines heavily damaged due to liquefaction in M6.5 earthquake San Fernando in year 1971. Courtesy National Information Service for Earthquake Engineering University of California Berkeley

Svakako ne treba zaboraviti na opasnosti od likvefakcije u pjeskovitim rahlim zasićenim tlima o kojoj geotehničari znaju sve više. Radi se o pojavi smanjivanja čvrstoće u potresu i ponašanju sličnom tekućini. Uslijed likvefakcije dolazi do slijeganja tla, do tonjenja ili naginjanja građevina, te do isplivavanja laganih ukopanih objekata kao što su kanalizacijske cijevi. Velike probleme mogu izazvati brane koje sadrže pjeskovito tlo kao što je likvefakcija uzvodnog dijela brane rezervoara San Fernando stradala u 1971. u potresu M6,6 nedaleko Los Angelesa. Kosine mogu klizati već pri nagibu od nekoliko stupnjeva.

Potrese često prate klizišta, i zato je potrebno osigurati stabilnost kosina na kojima se gradi, kao i ispod ili iznad kojih se gradi.

9. NA KRAJU: ŠTO DOISTA MOŽEMO UČINITI

9. AT THE END: WHAT WE COULD DO

Sve postojeće građevine koje želimo zaštititi, bilo zbog njihove kulturne vrijednosti, bilo zbog važnosti u slučaju nevolja, uostalom i zgrade u kojima žive ljudi, treba ispitati i ojačati, ili ih na drugi način zaštititi od potresa, sve slijedeći najnovije norme.

Pri tome ne treba zaboravljati na dovoljno ozbiljna geotehnička istraživanja temeljnog tla.

Sve nove građevine trebamo graditi prema najnovijim normama, svakako uzimajući u obzir moguće utjecaje tla, dapače, uz dobro poznavanje geološke i seizmičke situacije prema uputama za to ovlaštenih građevinskih inženjera.

Da bi se to postiglo treba osigurati dodatnu edukaciju urbanista i arhitekata – olakšati im razumijevanje i suradnju s građevinskim inženjerima, seizmolozima i geolozima.

Dodatno, građevinskim inženjerima treba obogatiti predmet potresno inženjerstvo, geotehnika i geologija. Za buduće stručnjake ovo treba provesti obogaćivanjem studijskih programa, za aktualne dodatnim stručnim usavršavanjem.

Pri svemu dobro je imati i svijest o tome da ustvari ne znamo koliko veliki potres možemo očekivati. Dakle, osim dobrog proračuna, trebamo promisliti i o tome što će se događati bude li potres jači. Japansko iskustvo pokazuje da i za to postoje mogućnosti: pametnom koncepcijom konstrukcije i odgovarajućim dodatnim zaštitama.



Slika 14 Kinkaku ji sagrađen 1397. godine. Zlatni paviljon. Kyoto, Japan.

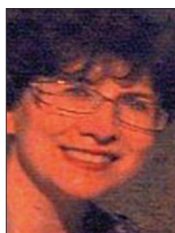
Figure 14 Golden Pavillion, Kinkaku ji built in year 1397. in Kyoto, Japan (snimila S. Zlatović)

10. REFERENCE**10. REFERENCES**

- [1.] Buckle, I. (2000). Passive control of structures for seismic loads. In Proceeding of the 12th World Conference on Earthquake Engineering . Auckland, New Zeland.
- [2.] Clark, P. W., Aiken, I. D., Nakashima, M., Miyazaki, M., & Midorikawa, M. (1999). National Museum of Western Art, Ueno, Tokyo. Original Construction 1959, Retrofit 1998. The 1995 Kobe Earthquake as a Trigger for Implementing New Seismic Design Technologies in Japan: http://www.sicorp.com/lfe/Projects/Seismic_Isolation/National_Museum_of_Western_Art/national_museum_of_western_art.html
- [3.] Hashimoto, K. (2018, 05 02) Building Seismic Code and Building Administration. predavanje. Zagreb
- [4.] Hepp, D. (2020). usmeno priopćenje.
- [5.] IFRC (2011). Record of the initial response to the East Japan Great Earthquake: https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=6ZJ3-tbkA4&
- [6.] Jahn, E. (2015). Japan Earthquake Holds Lessons For Oregon Coast. <https://www.opb.org/news/series/unprepared/unprepared-japanese-earthquake-holds-lessons-for-oregon-coast/kirakirayuji>. (2011, 03 11). 2011/3/11 Earthquake in Sendai. Retrieved 03 31, 2020, from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=j3fUqdGXLbM&>
- [7.] Ladović, V., & Premerl, N. (1981). Potres u Zagrebu 1880. godine i izgradnja nakon potresa. Muzej grada Zagreba: <http://www.mgz.hr/hr/izlozbe/potres-u-zagrebu-1880-i-izgradnja-nakon-potresa,301.html>
- [8.] Markušić, S. (2020, 03 28). Potresi u okolici Zagreba, povijesni pregled. Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geofizički odsjek, Seizmološka služba: http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmosloska_sluzba/opotresima?%40=1lpze&fbclid=IwAR3HrjVEbFzvejbefw5zUw3V3ntXtVVXYv9dQQQ5GJSok3lCfXZ2i7sUAeg#news_97576
- [9.] Markušić, S., Herak, D., Ivancic, I., Sović, I., Herak, M., & Prelogović, E. (1998). Seismicity of Croatia in the period 1993-1996 and the Ston-Slano earthquake of 1996. *Geofizika*, 15, 83-102.
- [10.] Martelli, A., Clemente, P., Stefano, A. D., Forni, M., & Salvatori, A. (2015). Recent Development and Application of Seismic Isolation and Energy Dissipation and Conditions for Their Correct Use. In A. A. ed., *Perspectives on European Earthquake Engineering and Seismology*.
- [11.] Northon, J. (n.d.). Earthquakes. The Humanity Development Library: <http://www.nzdl.org/gsdldmod?e=d-00000-00---off-0hdl--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH70c81f6386a2600bdfdd3fdd3f.5.4&gc=1>
- [12.] NTT Communications Corporation. (2019). Takamatsu No.2 Data Center Virtual Tour. NTT Communications: <https://www.ntt.com/en/services/data-center/nexcenter/virtual-tours/japan-takamatsu-2.html>
- [13.] Popadić, R. (2013). Dan kada su satovi u Stonu stali: 17 godina od katastrofalnog potresa. <https://www.crometeo.hr/dan-kada-su-satovi-u-stonu-stali-17-godina-od-katastrofalnog-potresa-foto/>
- [14.] The Japan society of seismic isolation. (2015). Seismic isolation system by Japan society of seismic isolation. https://www.youtube.com/watch?v=Fk_3zjTDKm4
- [15.] The Japan Society of Seismic Isolation. (2019). SI Devices. Retrieved 03 31, 2020, from The Japan Society of Seismic Isolation: <https://www.jssi.or.jp/english/si/devices.html>
- [16.] Tokyo Tech. (2018). Bi-directional dynamic loading test on steel damper for base isolated buildings. Retrieved 03 31, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=yBLhNte3x1k>
- [17.] Trojanović, I. (1996). STON JUTRO NAKON POTRESA - 06.09.1996. - . <https://www.facebook.com/151411624881004/photos/a.632303320125163/632303573458471/?type=3&th eater>

- [18.] USGS. (1996). USGS Response to an Urban Earthquake: Northridge '94. Open-File Report 96-263: <https://pubs.usgs.gov/of/1996/ofr-96-0263/freeway.jpg>
- [19.] USGS. (1996). USGS Response to an Urban Earthquake: Northridge '94. Open-File Report 96-263. Geologic Hazards: <https://pubs.usgs.gov/of/1996/ofr-96-0263/>
- [20.] USGS. (2011, 03 11). M 9.1 - 2011 Great Tohoku Earthquake, Japan, map. from The Earthquake Hazards Program: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20110311054624120_30/map
- [21.] Zavod za obnovu Dubrovnika. (n.d.). Crkva Sv. Đurđa. https://www.zod.hr/get/objekti/53290/crkva_sv_durda_u_pilama.html

AUTORI · AUTHORS



• Sonja Zlatović

Diplomirala je i magistrirala na Sveučilištu u Zagrebu građevinarstvo tj. geotehniku, te, nakon rada u projektiranju, potom istraživanju i nastavi, doktorirala na University of

Tokyo. Od 2003. godine radi na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, gdje je, kao prorektor tj. prodekan za nastavu do 2006. godine (i potom 2008. godine), vodila osnivanje specijalističkog diplomskog stručnog studija. Profesor je visoke škole, nositelj predmeta Mehanika tla, Geotehnika, Suvremene metode u geotehnici, kao i Upravljanje kvalitetom za specijalizaciju graditeljstvo. Vodi Ured za kvalitetu, sudjeluje u povjerenstvu za Erasmus. Aktivni je član Upravnog odbora Hrvatskog geotehničkog društva.

Korespondencija · Correspondence
szlatović@tvz.hr



• Igor Gukov

Diplomirao je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, gdje je i magistrirao i doktorirao. Prvo na Građevinskom fakultetu, a od 2005. godine radi na Tehničkom veleučilištu

u Zagrebu. Bavi se betonskim konstrukcijama, mostovima i programiranjem. Sudjelovao je u radu na velikom broju stručnih i znanstvenih projekata. Kao autor ili koautor objavio je 50 radova, objavljena u domaćim i međunarodnim publikacijama. Kao profesor visoke škole nositelj je predmeta Betonske konstrukcije I i II, Mostovi, Armiranobetonske inženjerske konstrukcije i Potresno inženjerstvo te voditelj brojnih završnih i diplomskih radova.

Korespondencija · Correspondence
igukov@tvz.hr