



Oštećenja nekonstruktivnih elemenata zgrada usled zemljotresa i tehnike ojačanja

Virtuelni seminar Srpskog udruženja za zemljotresno inženjerstvo

25.4.2024.

Srpsko udruženje za zemljotresno inženjerstvo (SUZI-SAEЕ)

- SUZI je nacionalno nevladino tehničko udruženje osnovano 2018. godine u Beogradu
- Više od 230 članova iz Srbije i drugih zemalja
- Članovi su inženjeri, geolozi, seizmolozi, arhitekta, i pripradnici ostalih struka koje zemljotresi dotiču i koji se bave uzrocima i posledicama zemljotresa
- Aktivnosti: predavanja, seminari, radionice, studijske posete i eGlasnik

Web sajt: www.suzi-saee.rs

Program

16:00-16:05 Predstavljanje učesnika - Prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev, predsednica SUZI

16:05-16:25 Uvod (vrste nekonstruktivnih elemenata, ponašanje u toku zemljotresa, metode ojačanja) - Prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev, dipl.građ.inž., Univerzitet Britanske Kolumbije, Kanada

16:25-16:35 Ponašanje dimnjaka u zemljotresima i metode popravke/ojačanja - Mario Todorić, dipl.ing.građ., Zagreb, Hrvatska

16:35-17:05 Zidovi ispune - ponašanje u toku zemljotresa i inovativna rešenja za povećanje sigurnosti - Doc. dr Marko Marinković, dipl.građ.inž., Gradjevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija

17:05 – 17:15 Diskusija



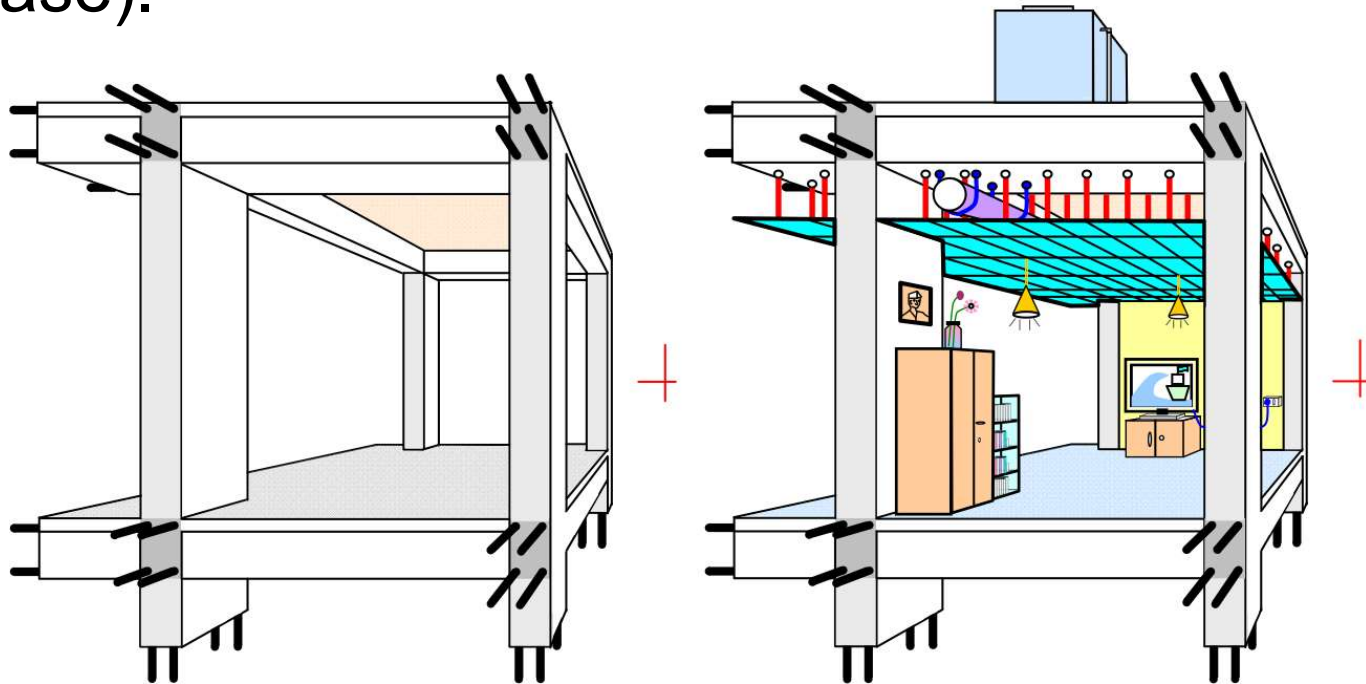
Uvod: vrste nekonstruktivnih elemenata, ponašanje u toku zemljotresa, metode ojačanja

Prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev, dipl.građ.inž., Univerzitet Britanske
Kolumbije, Kanada

Predsednica Srpskog udruženja za zemljotresno inženjerstvo (SUZI-SAEE)

Šta se podrazumeva pod terminom “nekonstruktivni elementi”?

- Nekonstruktivni = nenoseći
- Delovi objekta koji ne učestvuju u prihvatanju seizmičkih i gravitacionih sila (osim onih koje su posledica njihove mase).

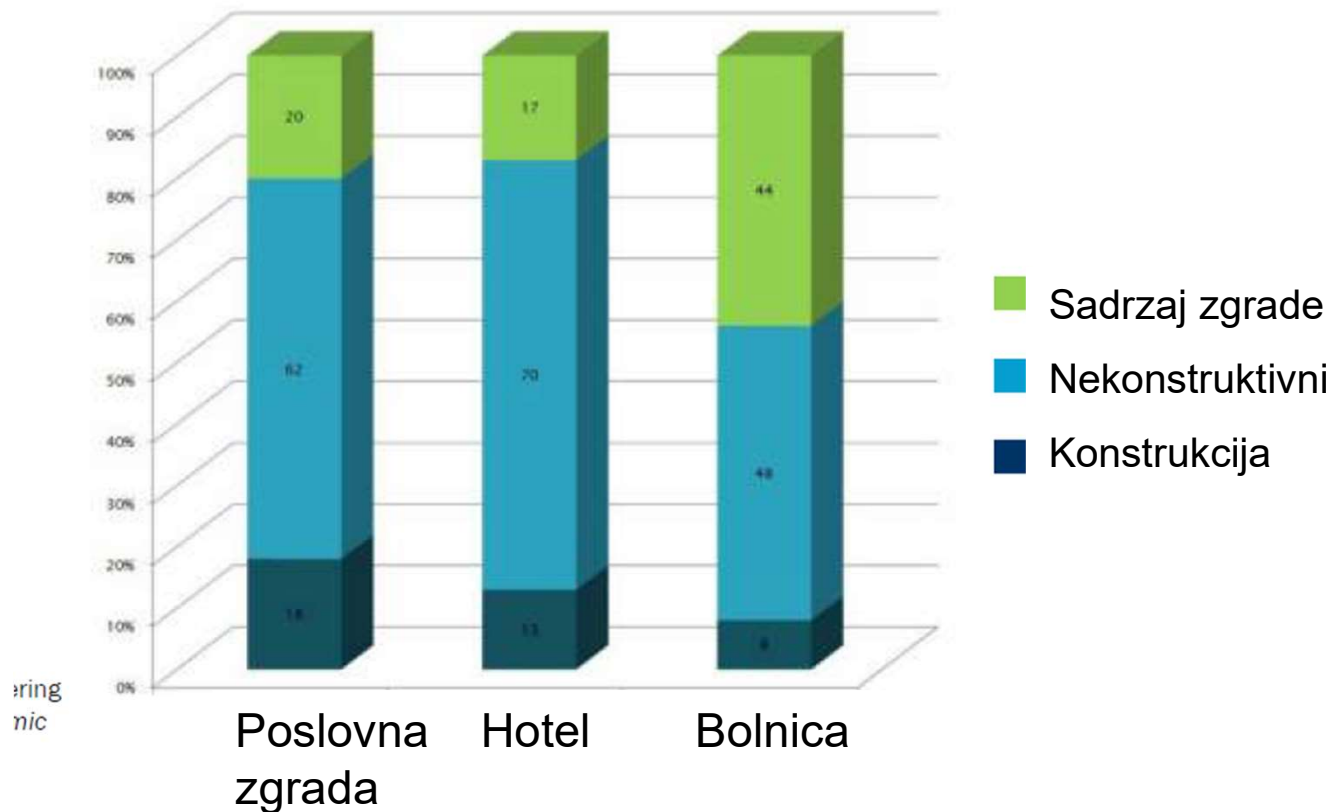


Vrste nekonstruktivnih elemenata

- **Arhitektonski:** fasadne obloge i paneli, fasadni zidovi, parapetni zidovi, pregradni zidovi, vrata i prozori, spuštene plafoni
- **Elektro i mašinska oprema i instalacije:** liftovi, kotlovi, oprema za klimatizaciju, cevi
- **Sadržaji u zgradi:** police za knjige, kancelarijska oprema, frižideri, kompjuteri

Značaj nekonstruktivnih elemenata

- Vrednost nekonstruktivnih elemenata predstavlja značajan deo ukupne vrednosti objekta (podaci iz SAD).



Izvor: FEMA E-74 (2012)

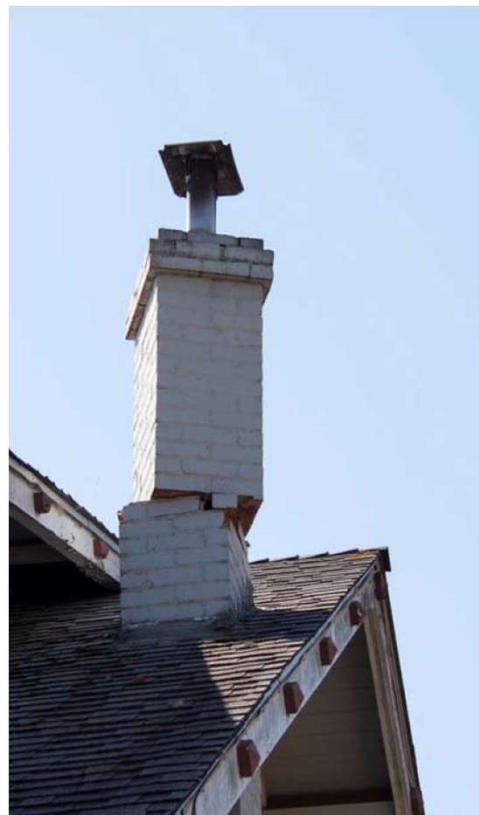
Aseizmičko projektovanje nekonstruktivnih elemenata

- Aseizmičkim projektovanjem nekonstruktivnih elemenata se najčešće ne bave građevinski inženjeri, nego arhitekta i mašinski i elektro inženjeri.
- U mnogim slučajevima nije jasno ko je odgovoran za seizmičku sigurnost pojedinih nekonstruktivnih elemenata.
- Aseizmičko projektovanje nekonstruktivnih elemenata u prošlosti nije bilo pokriveno tehničkim normativima a ni stručnom literaturom.
- Aseizmičko projektovanje ovih elemenata često nije dovoljno obrađeno u okviru programa arhitektonskih i drugih fakulteta.

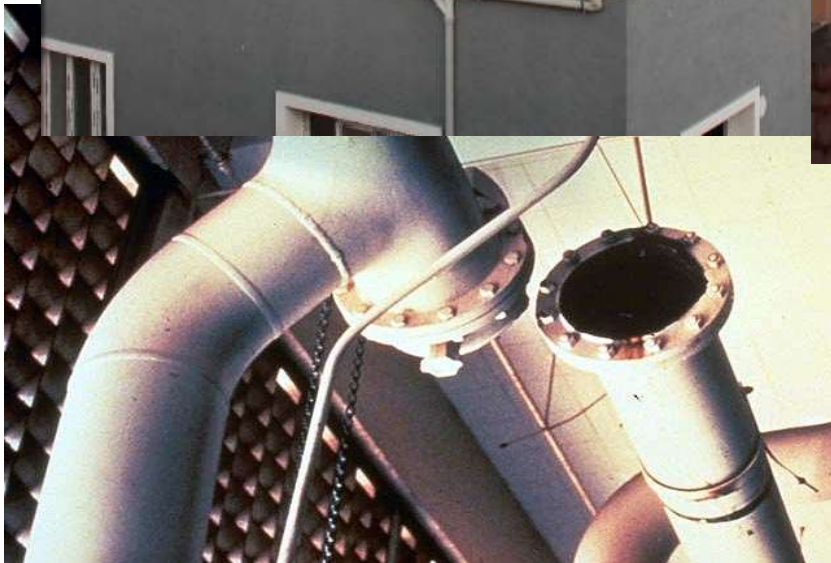
Tipična oštećenja nekonstruktivnih elemenata usled zemljotresa

- Većina nekonstruktivnih elemenata je povredljivo na dejstvo zemljotresa i često dolazi do njihovog oštećenja ili rušenja.
- Oštećenja nekih nekonstruktivnih elemenata , npr. padanje delova fasade (zidane ili armirano betonske), staklenih panela, fasadnih obloga (keramičke pločice, malter).
- Čest je i gubitak stabilnosti fasadnih i pregradnih zidova.
- Posebno je opasno ako dođe do pada delova zidova na stepenišni prostor što može da prouzrokuje njegovo zakrčenje, pa stanari zbog toga ne mogu da napuste objekat u toku zemljotresa.
- Može doći i do preturanja opreme unutar zgrada.

Oštećenja arhitektonskih nekonstruktivnih elemenata usled zemljotresa



Oštećenja elektro i mašinske opreme i instalacija usled zemljotresa



Oštećenja sadržaja u stambenim zgradama usled zemljotresa



Oštećenja nekonstruktivnih elemenata usled zemljotresa

Primer: Zemljotres u Kraljevu, 3.11.2010.

<https://www.google.com/gasearch?q=zemljotres%20u%20kraljevu%202010&tbm=&source=sh/x/gs/m2/5#fpstate=ive&vld=cid:ae8791d7,vid:gYde-Xp-ebi,st:0>



Gubitak funkcionalnosti objekta usled rušenja nekonstruktivnih elemenata

- Masivna oštećenja nekonstruktivnih elemenata usled zemljotresa mogu da dovedu do gubitka funkcionalnosti objekta, što ima za posledicu iseljavanje/napuštanje takvog objekta.
- Gubitak funkcionalnosti objekta (zgrade) predstavlja ozbiljan problem za sve vrste objekata, od stambenih do komercijalnih, i posebno je nepoželjan kada su u pitanju bolnice, policijske i vatrogasne stanice, centri za telekomunikaciju, itd.

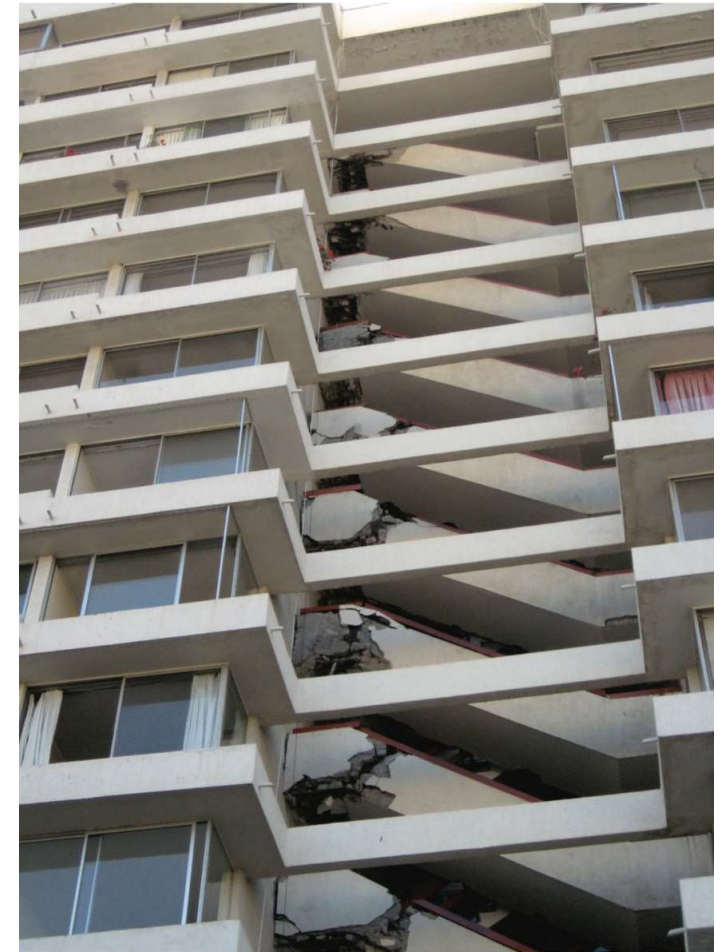
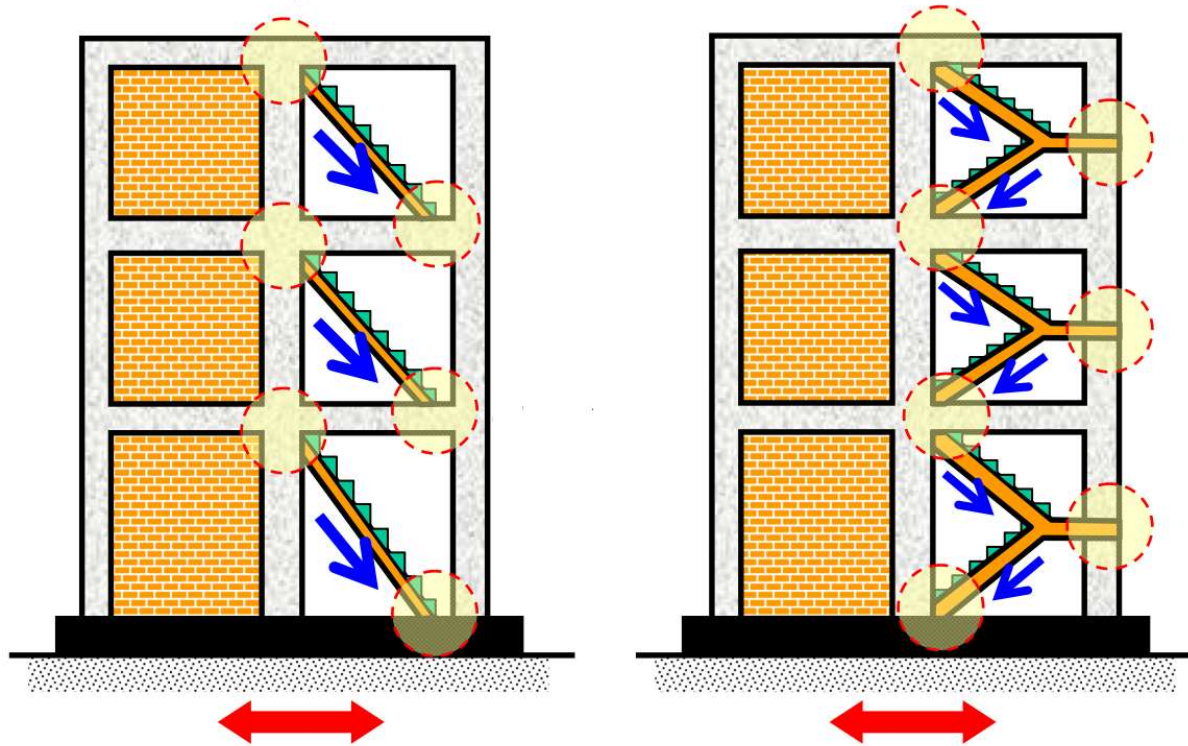
Gubitak funkcionalnosti objekta usled rušenja nekonstruktivnih elemenata

Bolnica u gradu Nurdagi, Turska oštećena usled zemljotresa 2023. godine – uglavnom nekonstruktivna oštećenja...



Nekonstruktivni elementi koji utiču na seizmičko ponašanje konstrukcije

- Zidovi ispune – tema današnjeg predavanja (Marko Marinković)
- Stepenišni kraci mogu da prouzrokuju torzione uticaje, ili rušenje elemenata na koje se oslanjaju stepeništa.



Oštećenja stepeništa usled zemljotresa u Čileu 2010. godine

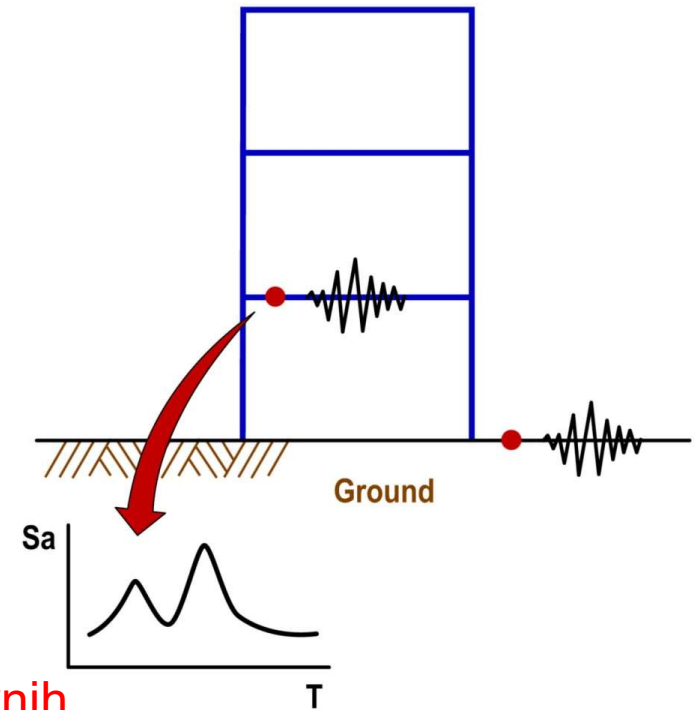
Izvor: FEMA E-74 (2012)

Uzroci oštećenja nekonstruktivnih elemenata usled zemljotresa

Osnovni uzroci oštećenja:

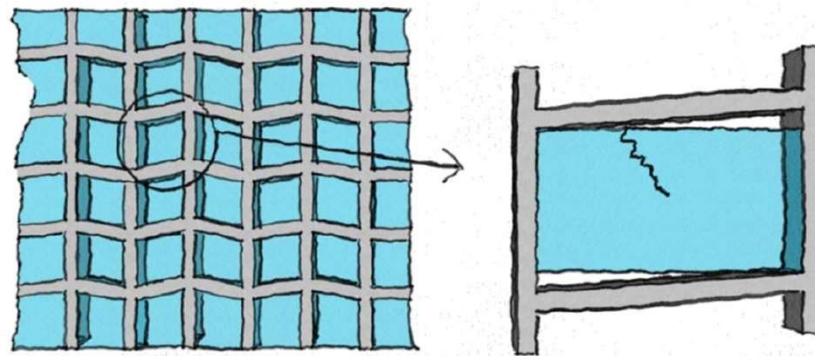
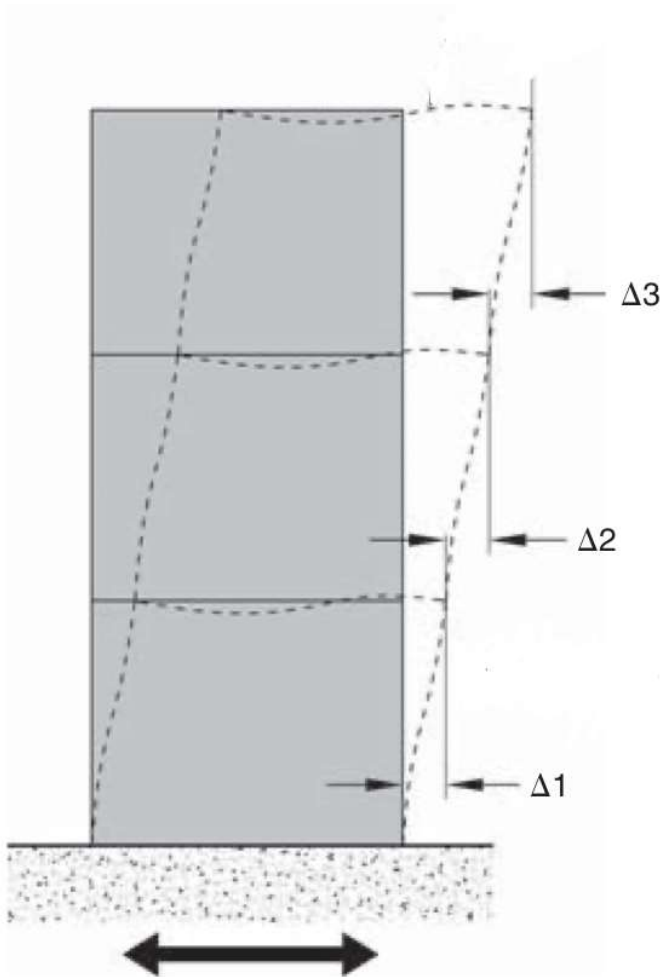
- Relativna međuspratna pomeranja
- Ubrzanja

Proračun projektnih ubrzanja i pomeranja nekonstruktivnih elemenata = tema jednog od predstojećih SUZI predavanja (Prof. Vladimir Vukobratović)



Nekonstruktivni elementi povredljivi usled pomeranja

Zidovi ispune i stakleni paneli u AB konstrukcijama su tipičan primer nekonstruktivnih elemenata koji su povredljivi usled relativnih međuspratnih pomeranja.



Izvor: Charleson (2008)

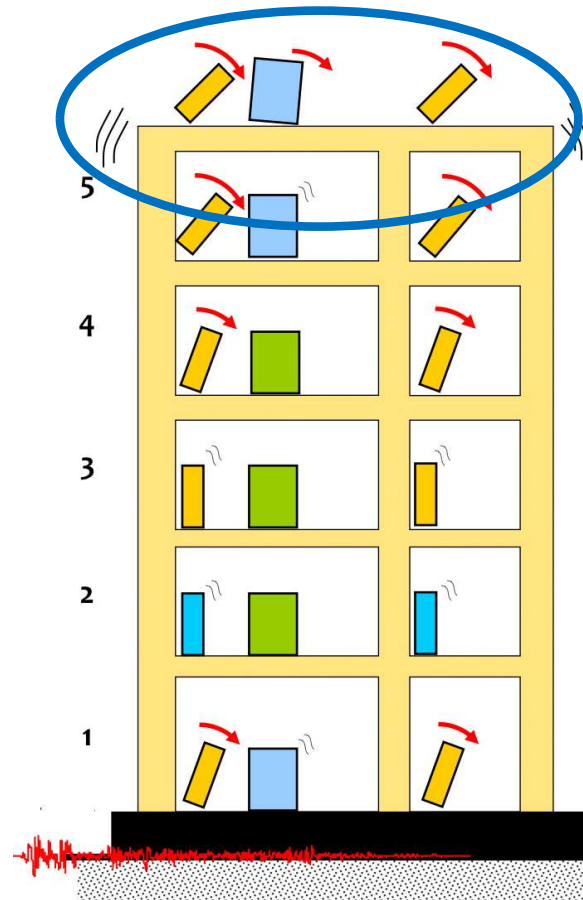
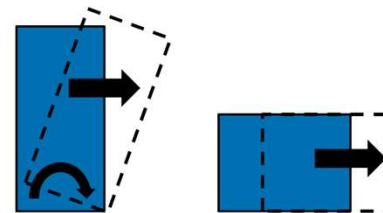
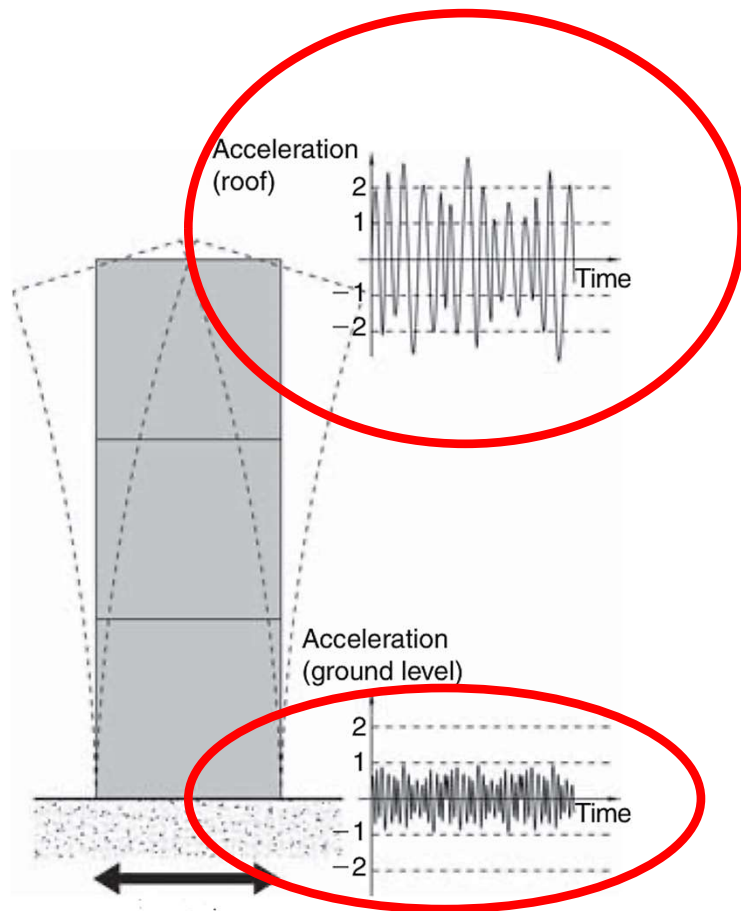
FEMA E-74 (2012)

Nekonstruktivni elementi povredljivi usled ubrzanja

- Kod većine zgrada ubrzanja na višim etažama (spektralna ubrzanja) su znatno veća od ubrzanja na nivou osnove objekta.
- Horizontalna ubrzanja prouzrokuju inercijalne sile u nekonstruktivnim elementima.
- Usled dejstva inercijalnih sila dolazi do proklizavanja ili preturanja nekonstruktivnih elemenata.
- Kod nekih konstruktivnih elemenata koji su povezani sa konstrukcijom dolazi do gubitka veze sa konstrukcijom.

Nekonstruktivni elementi od interesa: nenoseći zidovi, police za knjige

Uzroci oštećenja nekonstruktivnih elemenata: ubrzanja



Izvor: Charleson (2008)
FEMA E-74 (2012)

Nenoseći zidovi

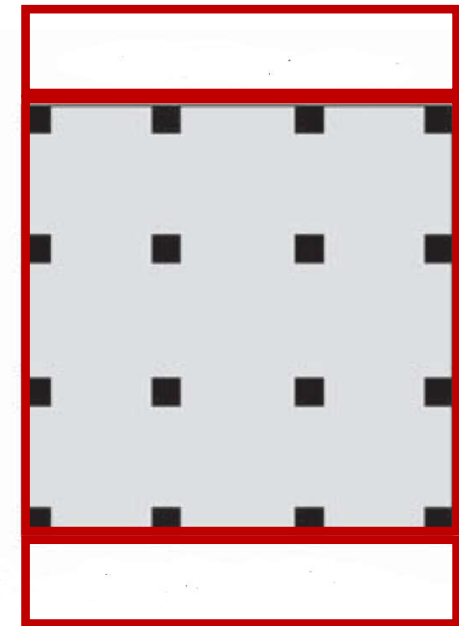
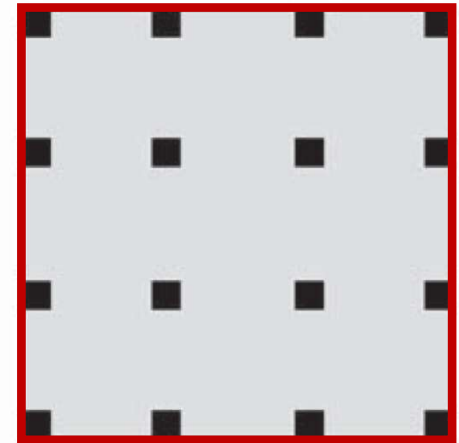
Dve vrste (u zavisnosti od položaja u zgradi):

- Fasadni (spoljašnji)
- Pregradni (unutrašnji)

Od interesa za ovo predavanje su zidovi od opeke koji su najčešći u Srbiji i regionu.

Razmatramo dva slučaja fasadnih zidova - u zavisnosti od arhitektonskog projekta:

- fasada u ravni
- fasada sa erkerima (overhangs)



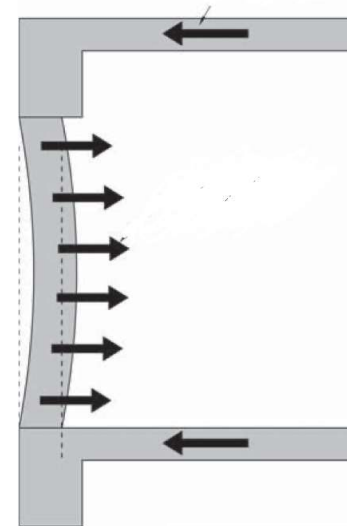
Fasadni zidovi - ponašanje u toku zemljotresa

Lom i padanje fasadnih zidova usled zemljotresa može da prouzrokuje ljudske žrtve.

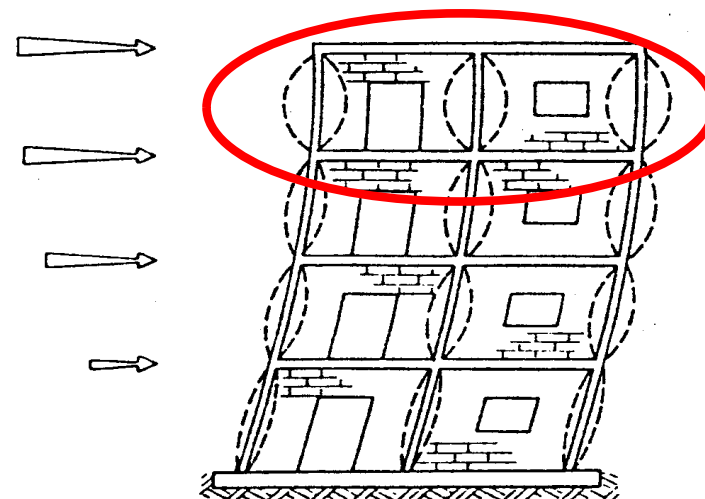
Zbog toga je aseizmičko projektovanje fasadnih zidova veoma važno i zahteva posebnu pažnju i kod projektovanja a i kod izvodjenja objekata.

Najčešći uzrok oštećenja i rušenja fasadnih zidova su inercijalne sile koje nastaju usled dejstva zemljotresa upravno na ravan zida.

Fasadni zidovi su povredljivi usled ubrzanja, pa se najčešće dešava da se ruše zidovi na višim spratovima, jer su ubrzanja najveća na vrhu zgrade.



Izvor: Charleson (2008)

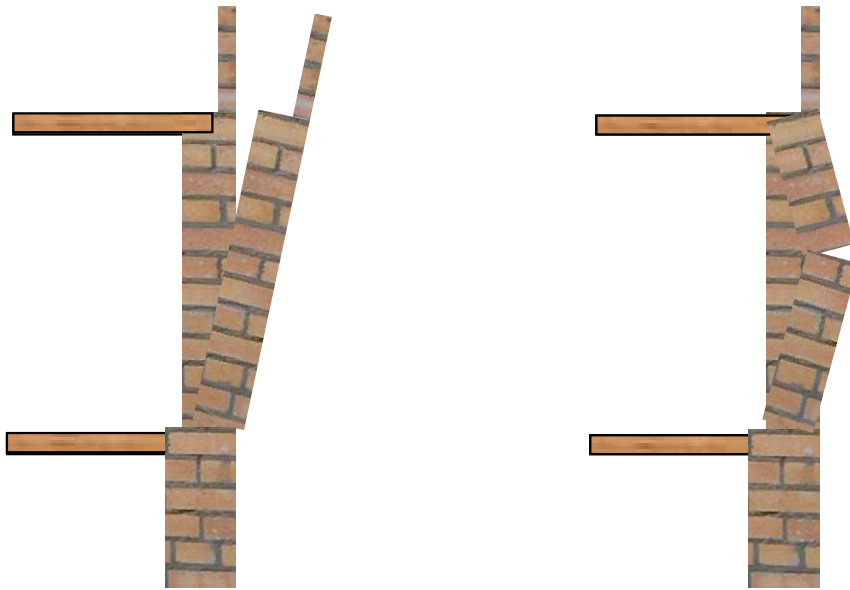


Izvor: Tomažević (1999)

Fasadni zidovi - ponašanje u toku zemljotresa

Mehanizam rušenja fasadnih zidova zavisi od nekoliko faktora:

- vrsta međuspratne konstrukcije (drvena/AB),
- povezanost zida sa susednim zidovima,
- kvalitet (čvrstoća) zidarije, i
- debljina zida.



Zemljotres na Novom Zelandu 2011. godine

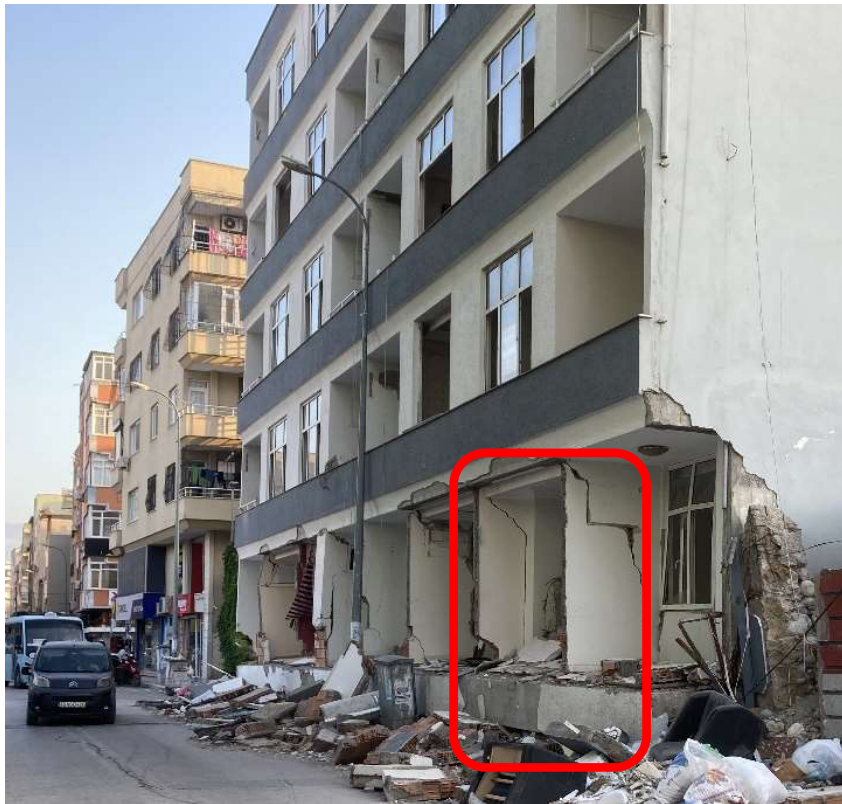
Izvor: Ken Elwood



Fasadni zidovi - ponašanje u toku zemljotresa

Mehanizam rušenja fasadnih zidova zavisi od nekoliko faktora:

- vrsta međuspratne konstrukcije (drvena/AB),
- povezanost zida sa susednim zidovima,
- kvalitet (čvrstoća) zidarije, i
- debljina zida.

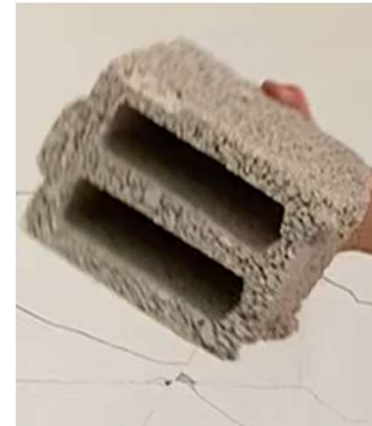


Zemljotresi u Turskoj 2023. godine

Fasadni zidovi - ponašanje u toku zemljotresa

Mehanizam rušenja fasadnih zidova zavisi od nekoliko faktora:

- vrsta međuspratne konstrukcije (drvena/AB),
- povezanost zida sa susednim zidovima,
- kvalitet (čvrstoća) zidarije, i
- debljina zida.



Zidani elementi od porobetona (Siporeks)



Ošupljeni modularni blokovi sa horizontalnim šupljinama



Zemljotresi u Turskoj 2023. godine (magnituda 7.8 i 7.5)

Fasadni zidovi - ponašanje u toku zemljotresa

Mehanizam rušenja fasadnih zidova zavisi od nekoliko faktora:

- vrsta međuspratne konstrukcije (drvena/AB),
- povezanost zida sa susednim zidovima,
- kvalitet (čvrstoća) zidarije,
- debljina zida.

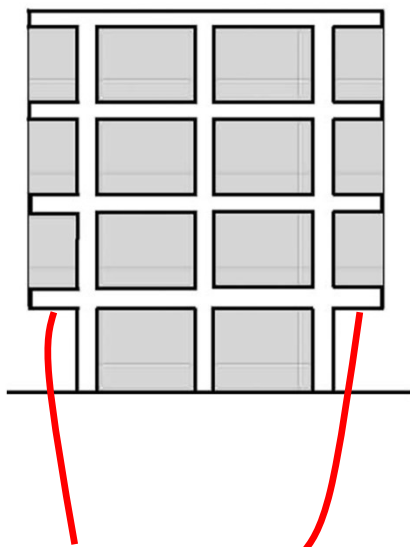


Debljina zidova 10 cm !

Zemljotres u Alžiru 2003. godine (magnituda 6.8)

Fasadni zidovi: koja su moguća tehnička rešenja sa ciljem povećanja nivoa sigurnosti od oštećenja ili rušenja usled zemljotresa?

- Od interesa za ovo predavanje su fasade sa erkerima.



Erkeri
(overhangs)



**Primer iz Srbije
(pre zemljotresa)**



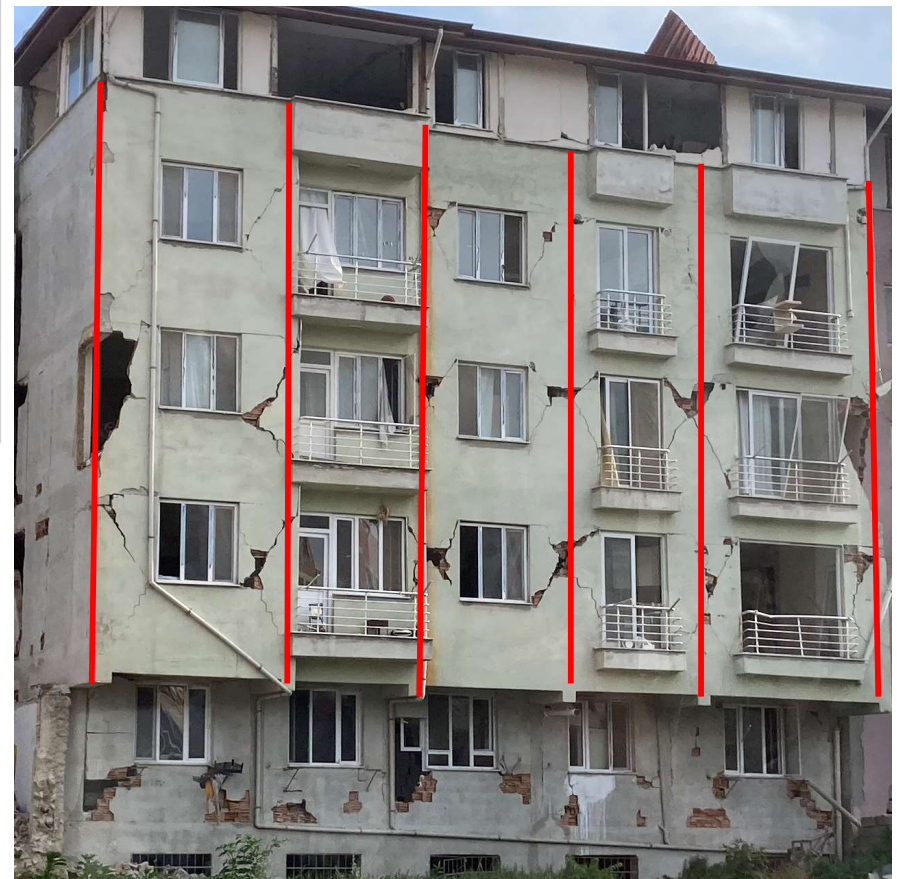
**Primer iz Turske
(posle zemljotresa)**

Fasadni zidovi: koja su moguća tehnička rešenja sa ciljem sprečavanja oštećenja ili rušenja fasadnih zidova usled zemljotresa?

Oštećena zgrada

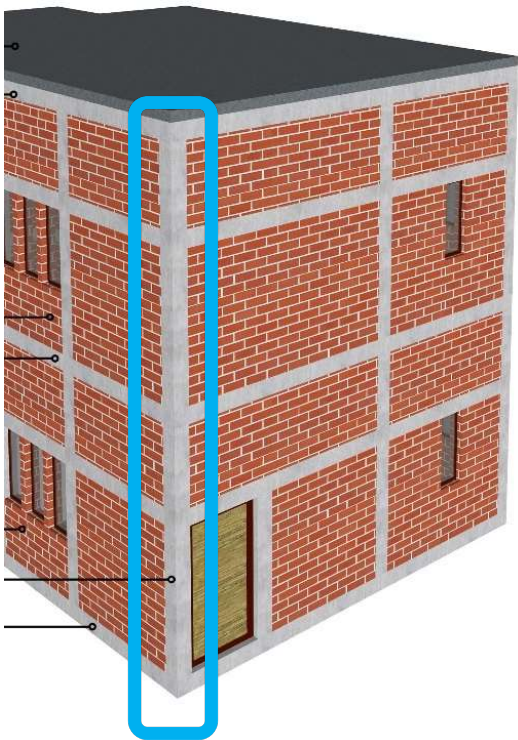


Moguća tehničko rešenje: vertikalni AB serklaži



Fasadni zidovi: koja su moguća tehnička rešenja sa ciljem povećanja nivoa sigurnosti od oštećenja ili rušenja usled zemljotresa?

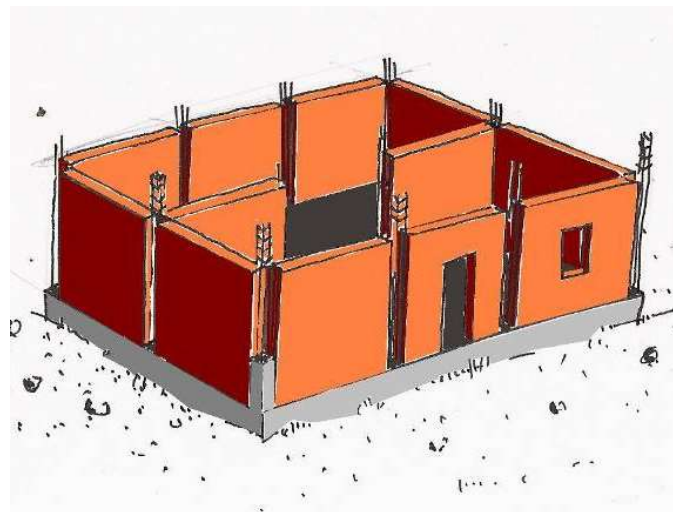
Vertikalni AB serklaži se primenjuju kod zidanih konstrukcija sa serklažima koje se koriste za gradnju stambenih zgrada u Srbiji i mnogim drugim zemljama.



Zidana zgrada sa horizontalnim i vertikalnim AB serklažima



AB serklaž sa prefabrikovanom armaturom – Meksiko



Beton se ugradjuje posle zavrsetka gradnje zidova na nivou sprata

Fasadni zidovi: koja su moguća tehnička rešenja sa ciljem povećanja nivoa sigurnosti od oštećenja ili rušenja usled zemljotresa?

- Primer rešenja sa vertikalnim AB serklažima – zgrada iz Turske oštećena usled zemljotresa 2023. godine.



Fasada (pogled spreda)

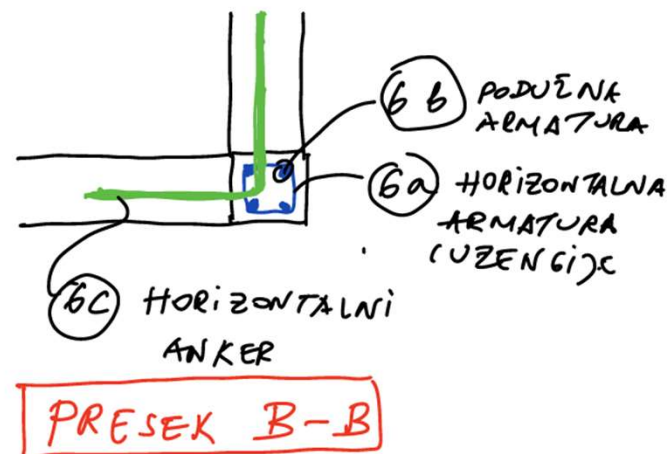
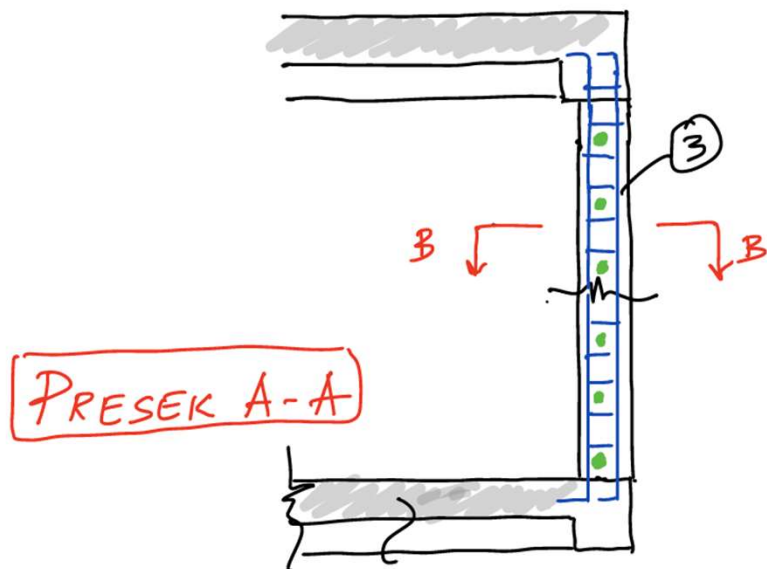
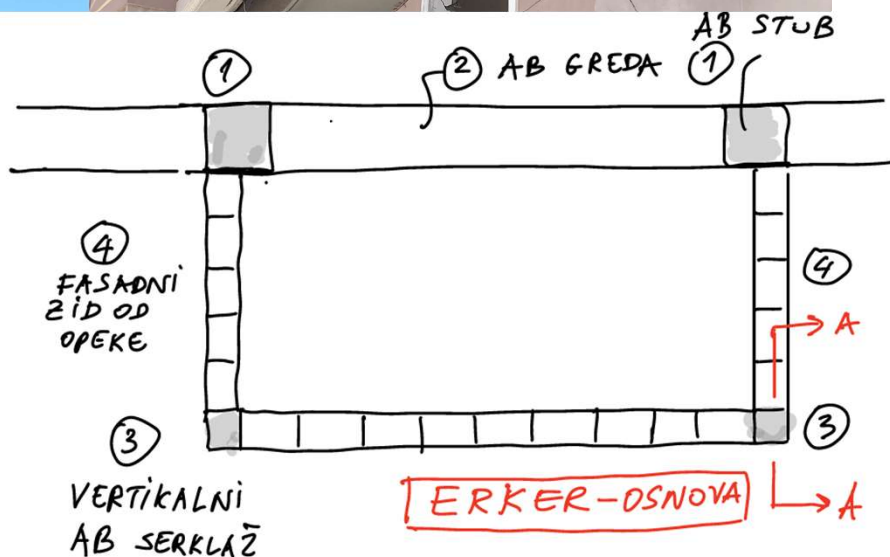
Postojeće AB grede



Fasada (pogled sa strane)

Fasadni zidovi: koja su moguća tehnička rešenja sa ciljem povećanja nivoa sigurnosti od oštećenja ili rušenja usled zemljotresa?

- Primer rešenja sa vertikalnim AB serklažima – zgrada iz Turske oštećena usled zemljotresa 2023. godine.



Kako sprečiti oštećenja nekonstruktivnih elemenata koji su povredljivi usled ubrzanja prouzrokovanih zemljotresom?

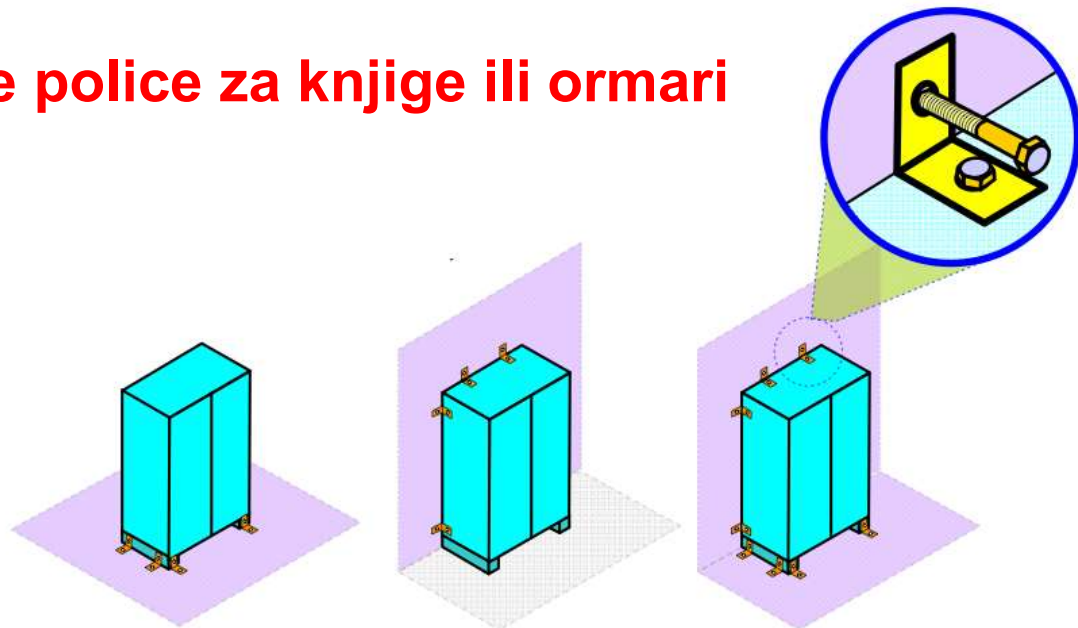
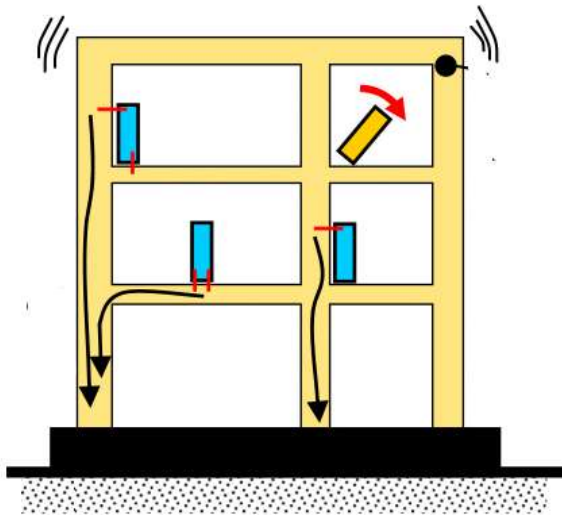
Dva rešenja:

1) obezbediti dovoljnu nosivost tako da mogu da prime inercijalne sile bez oštećenja

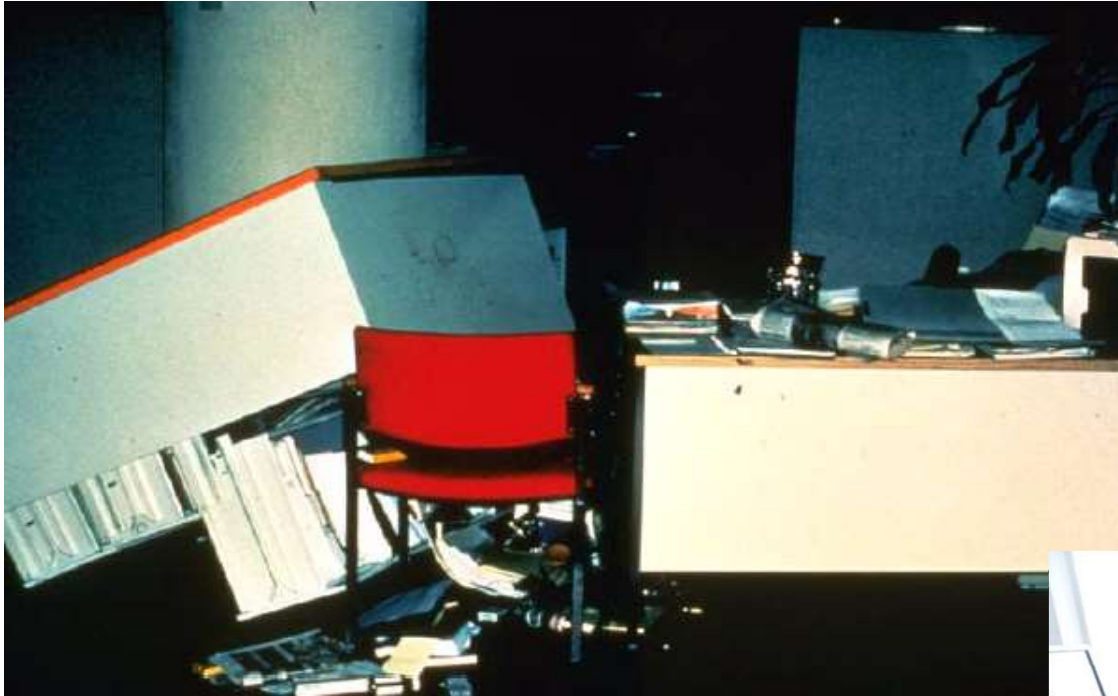
i/ili

2) fizički ih povezati sa konstrukcijom

Primer: slobodnostojeće police za knjige ili ormari



Padanje polica/ormara usled zemljotresa: **veoma opasno!**

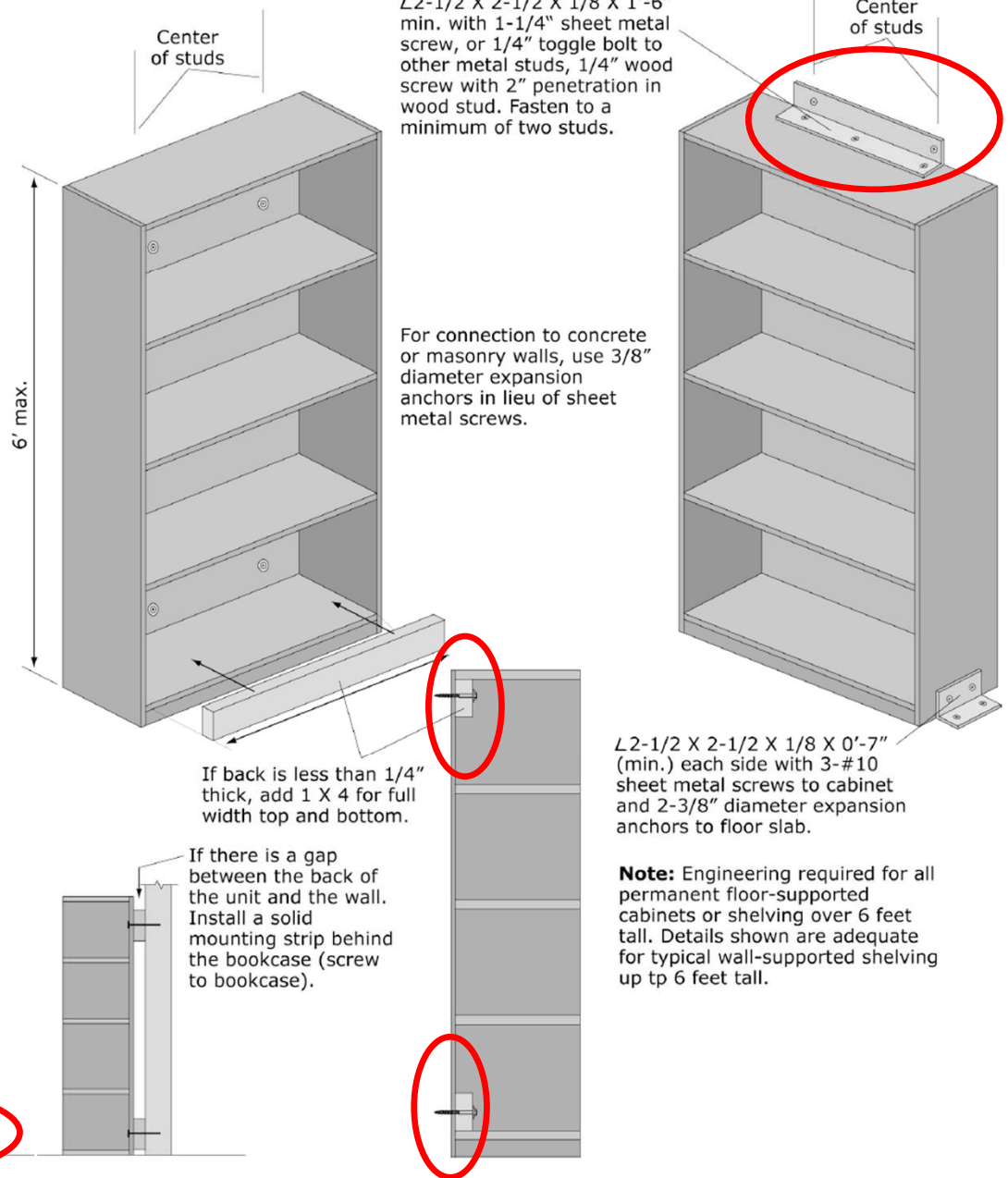


Kako povezati nekonstruktivne elemente sa konstrukcijom

MITIGATION DETAILS

Where rear wall of bookcase is wood or metal with mechanical connection to bookcase framing, unit may be fastened directly to wall studs with 1/4" sheet metal screw and washer, 2 minimum, top and bottom.

2 X 4 min. wood stud or 20 ga. min. metal stud @ 24" oc max. Verify that studs run full height to floor above or are adequately braced to structural framing



Izvor: FEMA E-74 (2012)

Figure 6.5.2.1-4 Bookshelves against wall (NE, ER).

Hvala!

Pitanja?



Prof. dr. Svetlana Brzev
Department of Civil Engineering
University of British Columbia
Vancouver, Canada
Email: sbrzev@mail.ubc.ca

Preporučena literatura

FEMA E-74 (2012). Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, USA.

https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_reducing-the-risks-of-nonstructural-earthquake-damage-a-practical-guide-fema-e-74.pdf

Urgentni program potresne obnove UPPO - Građevinska tehnička rješenja, Hrvatska komora inženjera građevinarstva i Sveučilište u Zagrebu

https://www.grad.unizg.hr/download/repository/UPPO_Prirucnik_GF_HKIG.pdf

C.V.R. Murty (2012). Introduction to Earthquake Protection of Non-Structural Elements in Buildings. Gujarat State Disaster Management Authority, Indija

https://www.iitk.ac.in/nicee/IITK-GSDMA/NSE_002_31May2013.pdf

Srđan Jankovic (2014). Osnove seizmičkog planiranja i projektovanja za inženjere arhitekture i građevine, Građevinski Fakultet Univerziteta Crne Gore, AGM Knjiga.

Andrew Charleson (2008). Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake. Architectural Press, Elsevier, USA.