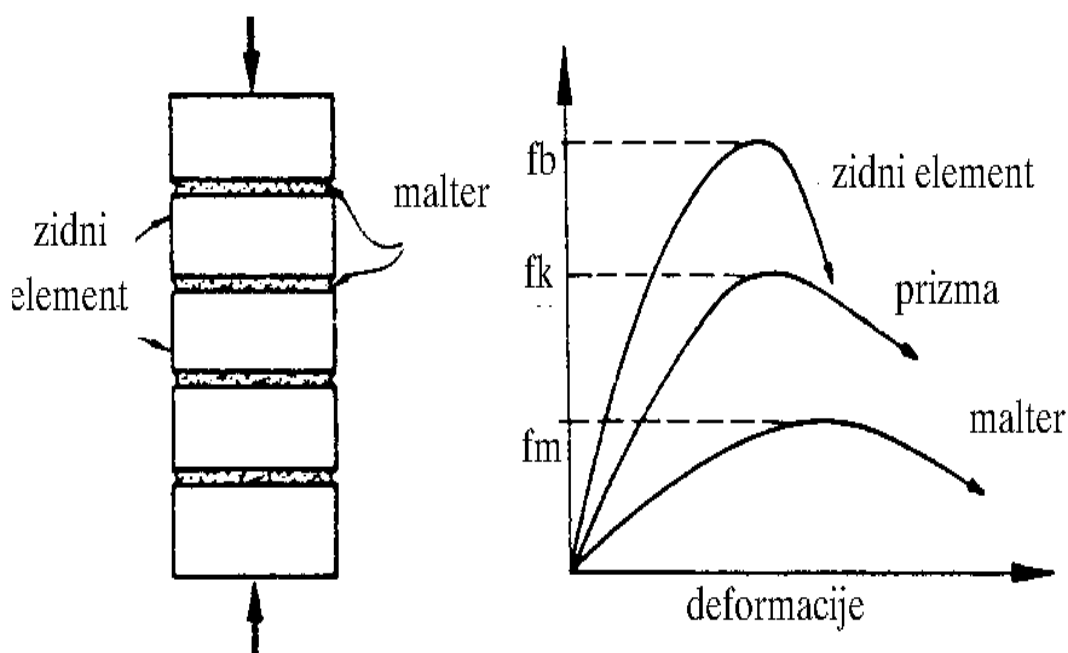


- Mehanizmi loma
- Osnove projektovanja zidanih zgrada
- Principi aseizmičkog projektovanja zidanih zgrada
- Ponašanje zidanih zgrada pri dejstvu zemljotresa
- Primjeri oštećenja

Veza malter-element i mehanizam loma prizmi od zidarije

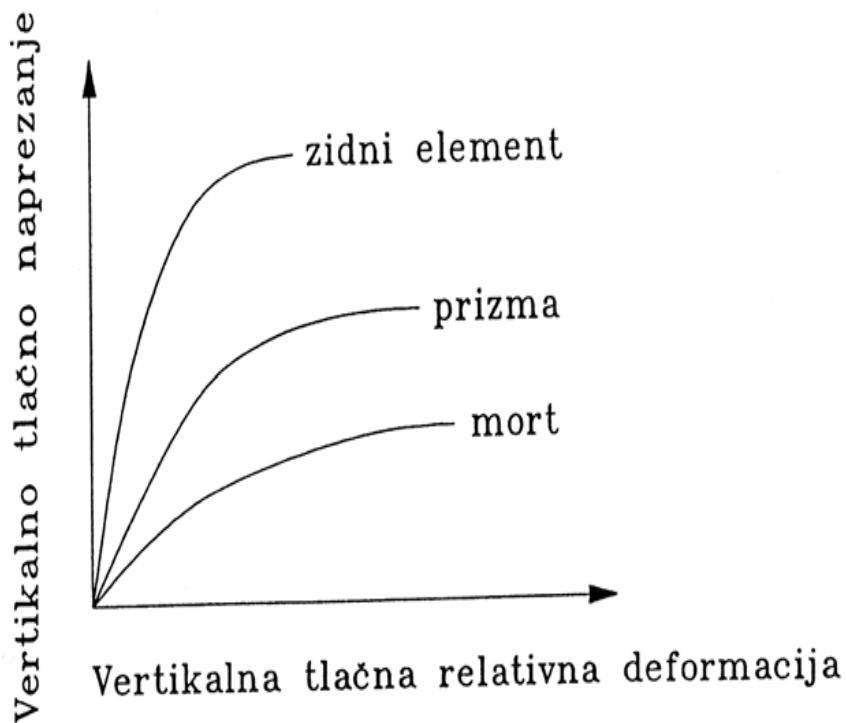
Čvrstoća na pritisak f_k prizmi od zidnih elemenata vezanih malterom znatno je veća od vrlo male čvrstoće na pritisak maltera f_m , a manja je od čvrstoće na pritisak zidnog elementa, kao što se vidi na slici (b).



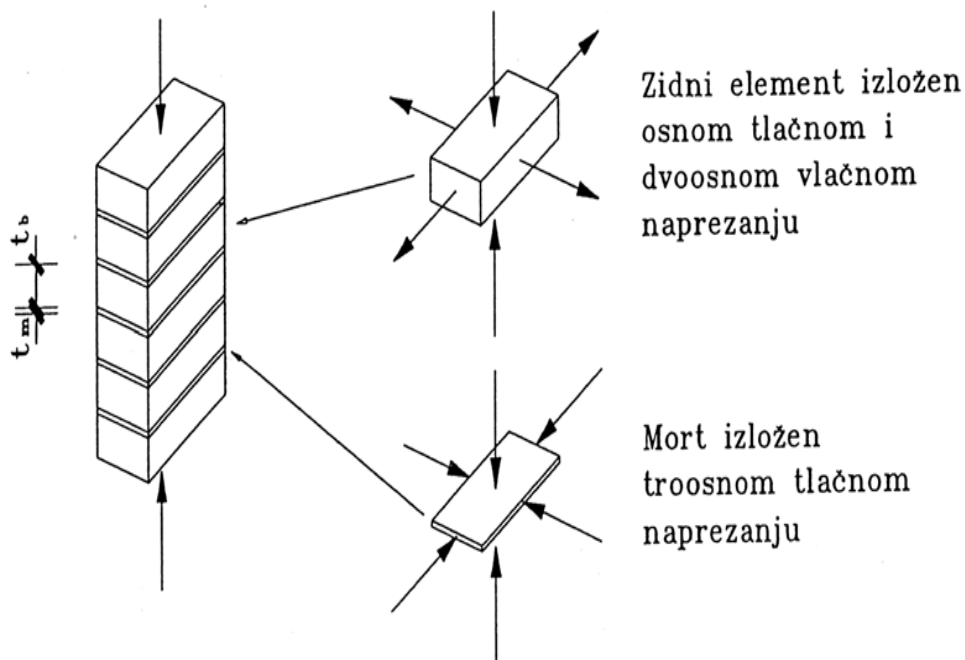
(a) Opterećena prizma (b) Naponsko-deformacijski dijagram

Naponsko-deformacijski dijagram prizme od zidarije

Lom prizme dešava se usljed cijepanja elemenata, a ne kako bi se očekivalo po malterskoj spojnici, koja obično ima od elementa desetostruko manju čvrstoću na pritisak. Ovakvo ponašanje je posljedica neusaglašenih karakteristika elementa i maltera.

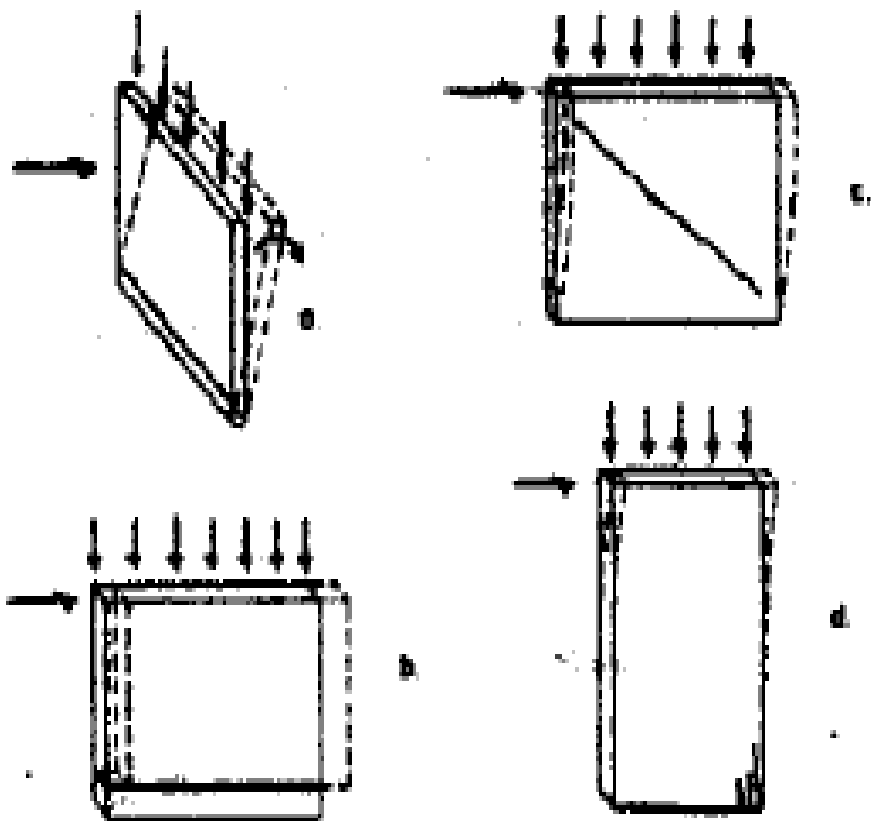


Dijagrami naprezanje-deformacija



Stanje naprezanja zidnih elemenata i maltera pri jednoosnom opterećenju na pritisak

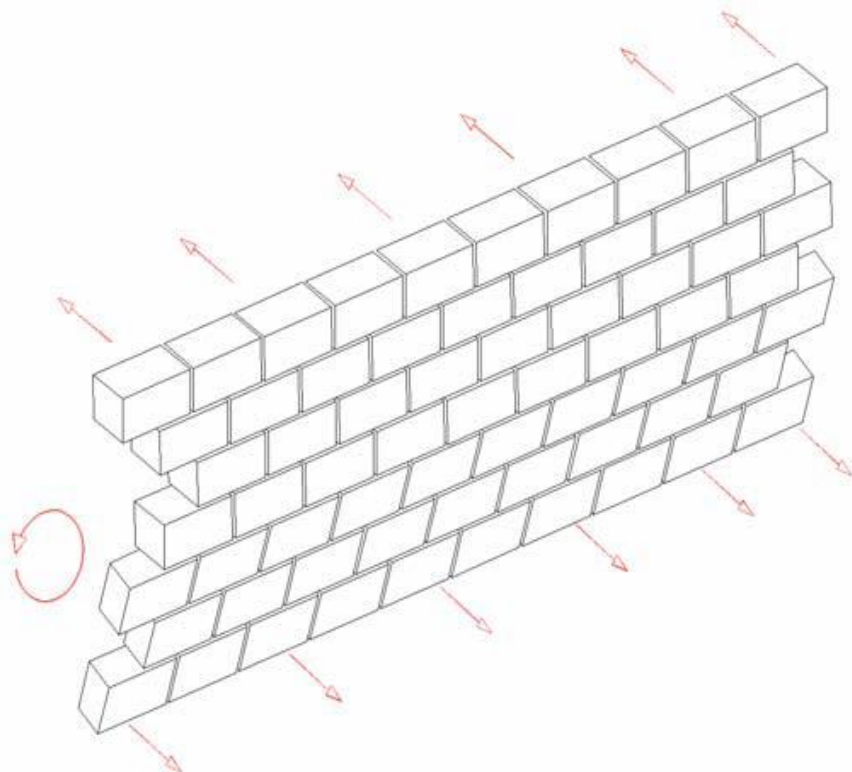
Mehanizam loma zidanih zidova



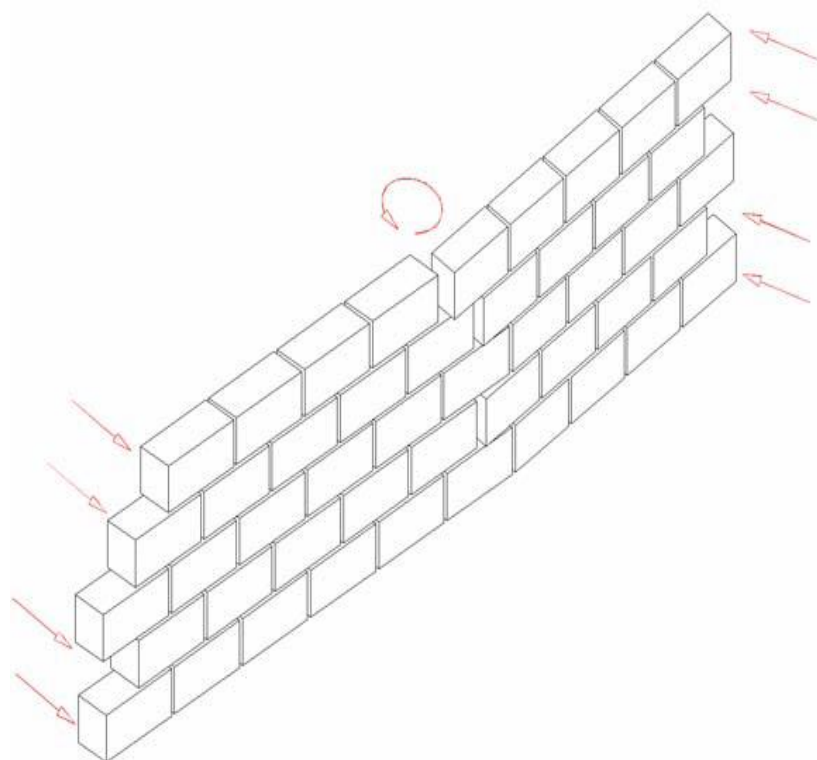
Mehanizam rušenja slobodnostojećeg zida usled dejstva horizontalnih seizmičkih sila

Usljed horizontalnog dejstva seizmičkih sila mogu nastati sljedeći mehanizmi loma zidanih zidova:

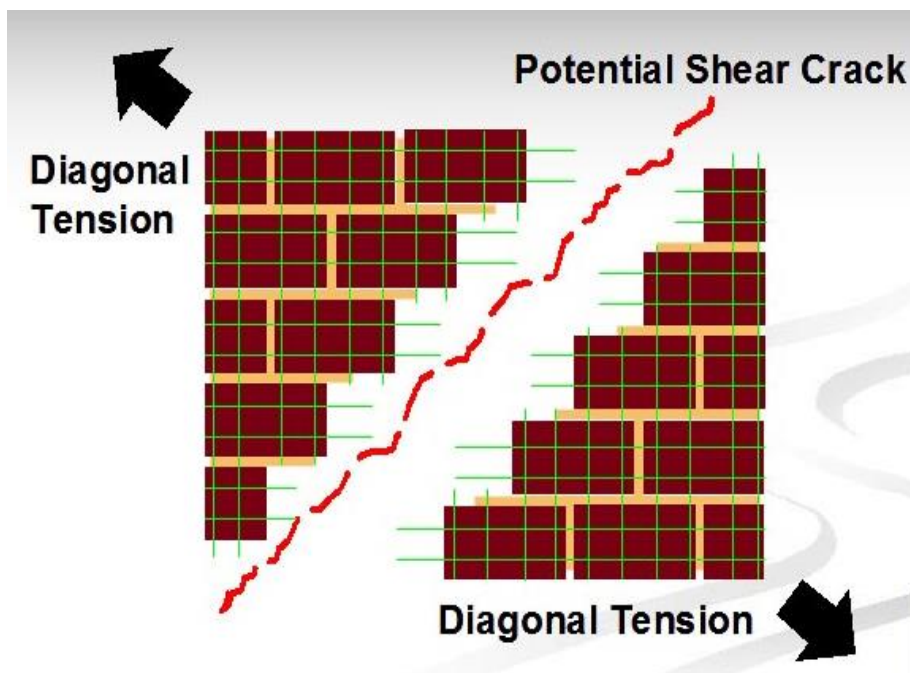
- a) lom van ravni zida,
- b) od klizanja po horizontalnoj malterskoj spojnici,
- c) od otvaranja dijagonalnih pukotina u vertikalnim i horizontalnim materskim spojnica ili raspucavanja zida po zidnim elementima,
- d) od savijanja



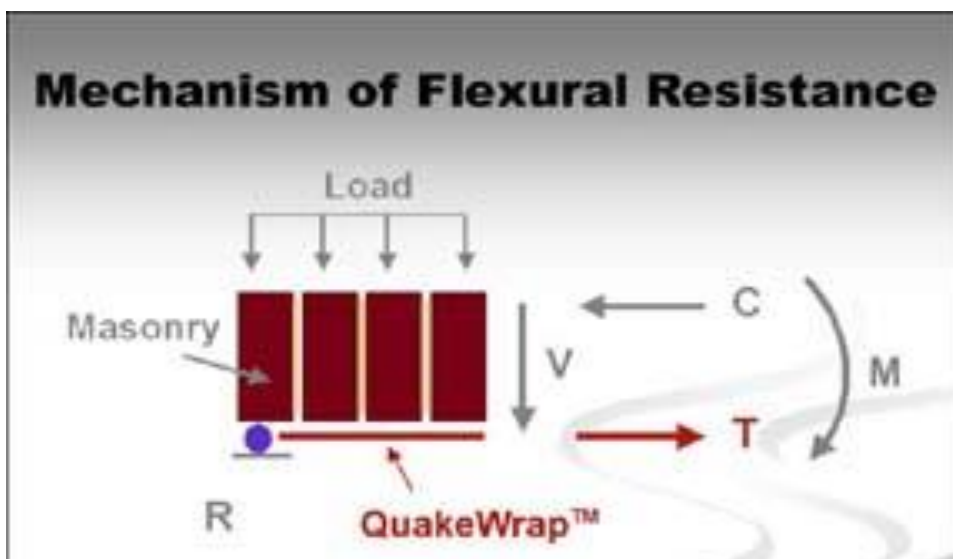
Lom zida izazvan savijanjem van ravni zida – ravan loma je paralelna horizontalnim malterskim spojnicama



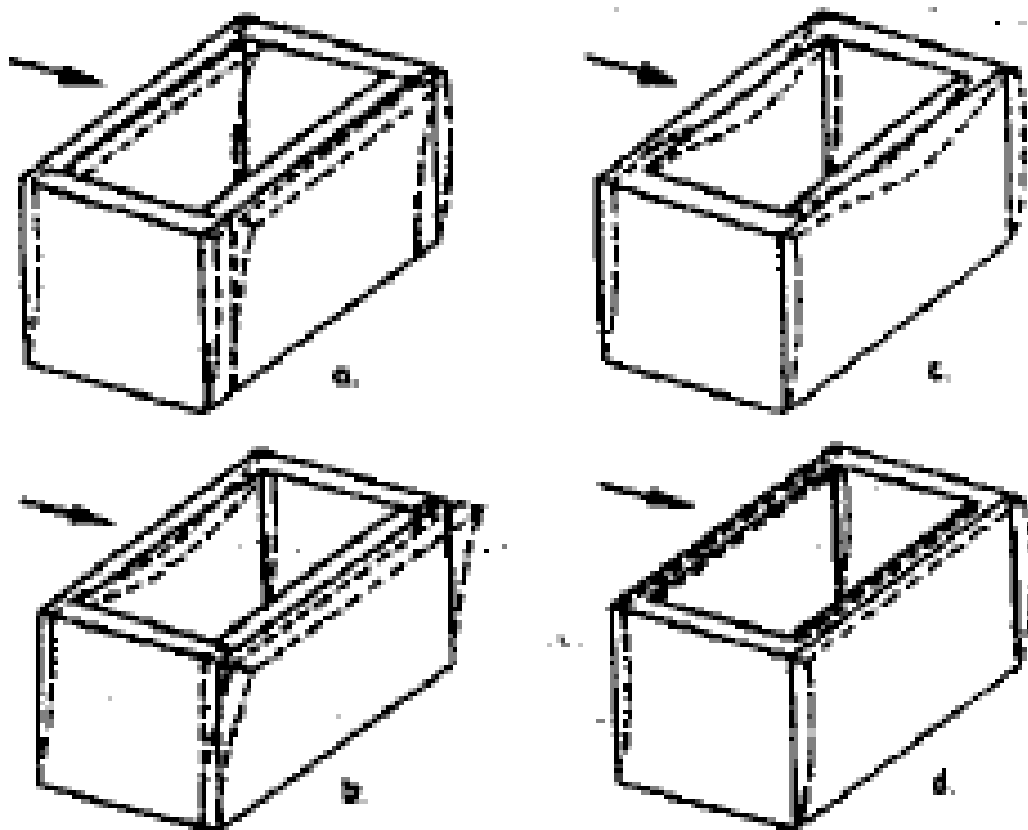
Lom zida izazvan savijanjem van ravni zida – ravan loma je upravan na horizontalne malterske spojnice



Lom na smicanje - otvaranje dijagonalnih pukotina u zidu usljed prekoračenja glavnih napona

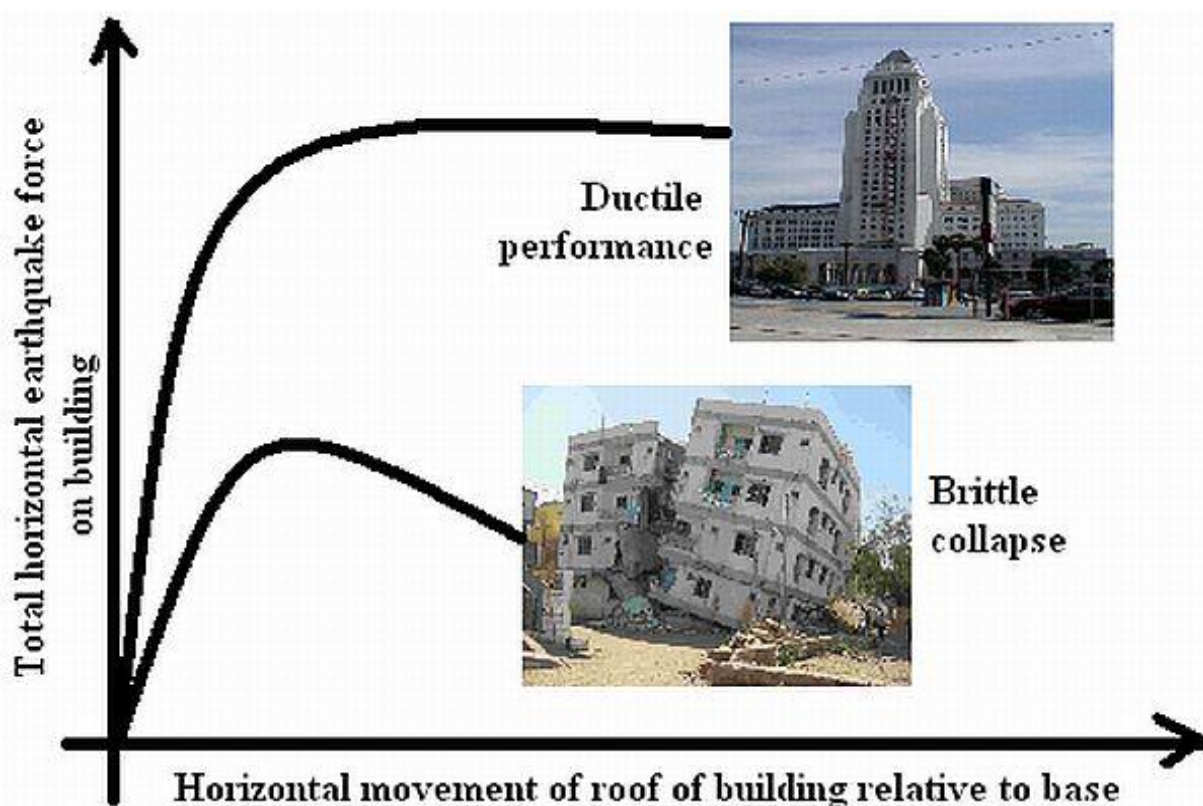


Lom na savijanje - lijeva ivica se zateže, a desna pritiska. Sile mogu biti prihvaćene armaturom u vertikalnim serklažima



Vibracije zidane zgrade u zavisnosti od stepena povezanosti zidova

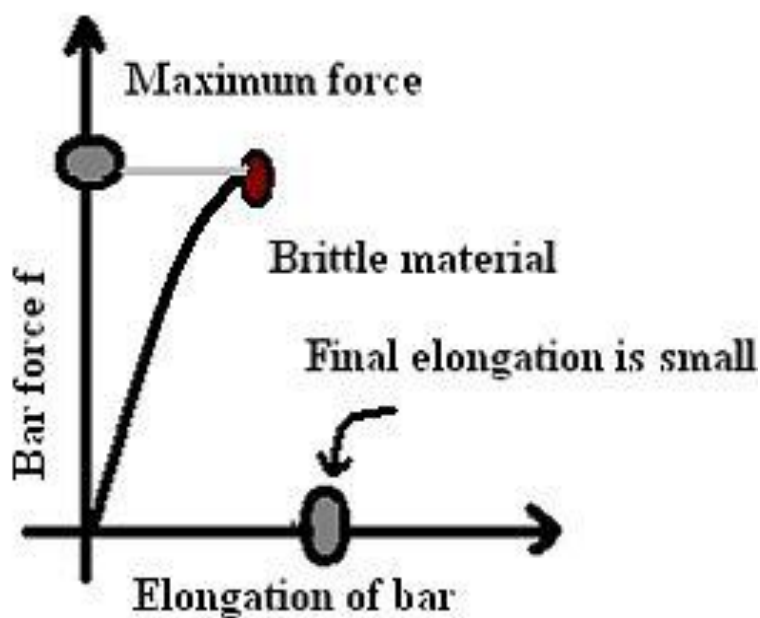
Duktilni i kruti materijali



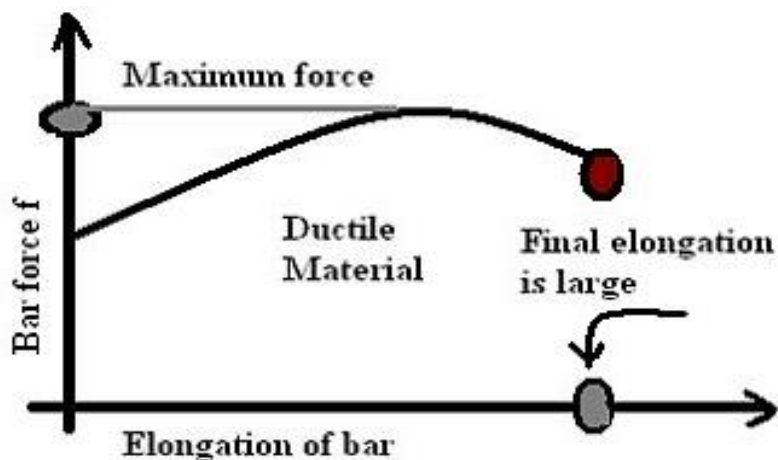
Ponašanje na dejstvo zemljotresa zgrade od duktilnog materijala i krtoeg materijala

Opeka je kruti materijal. Objekti koji nisu dimenzionisani u skladu sa propisima imaju iznenadni kolaps.

Kolaps nastaje kada uticaji prekorače graničnu nosivost u više presjeka u konstrukciji, koji su od značaja za njenu stabilnost.



σ - ε dijagram krto^g materijala



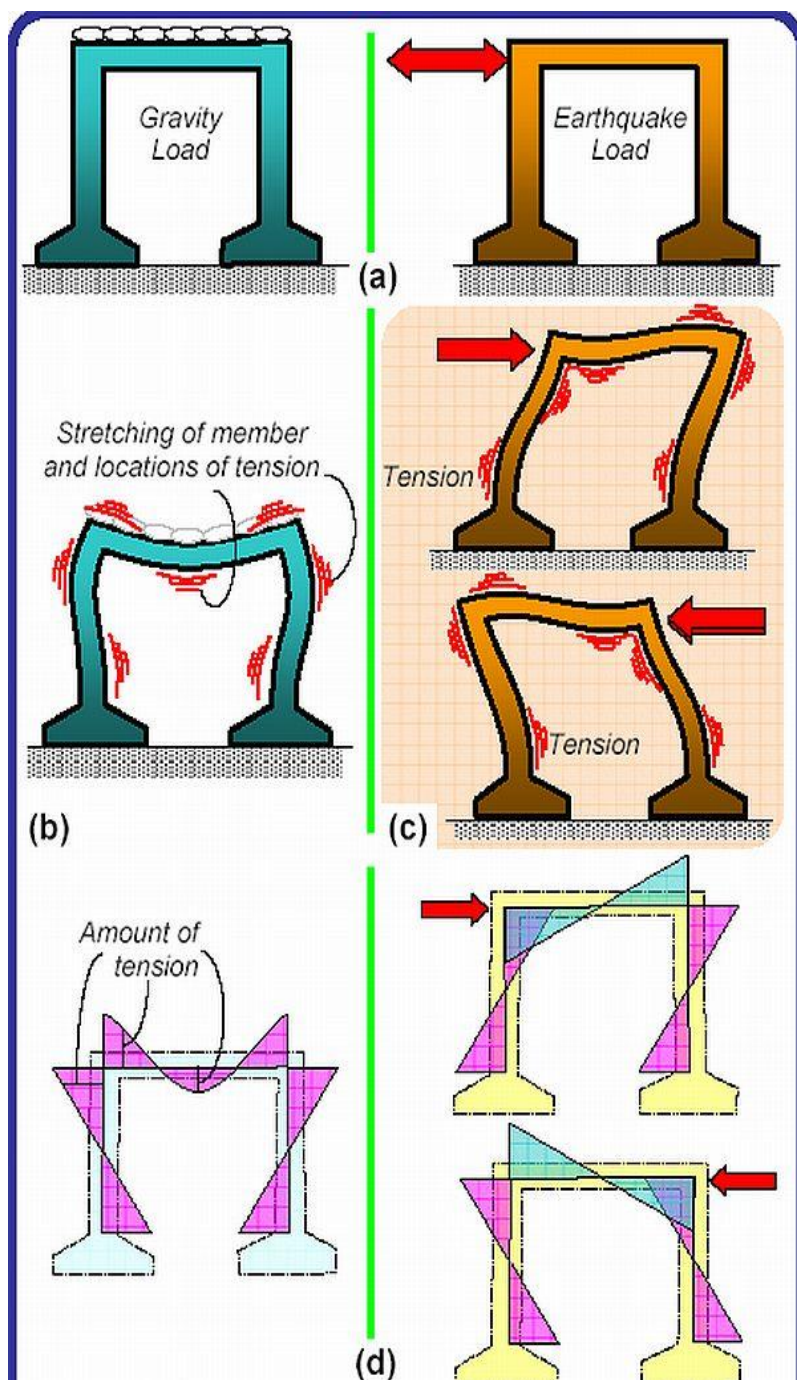
σ - ε dijagram duktilnog materijala

Armiranobetonski elementi u zidanim objektima popravljaju duktilnost zidanih objekata.

Osnovni nosivi element u zidanim objektima sa vertikalnim serklažima je zid.

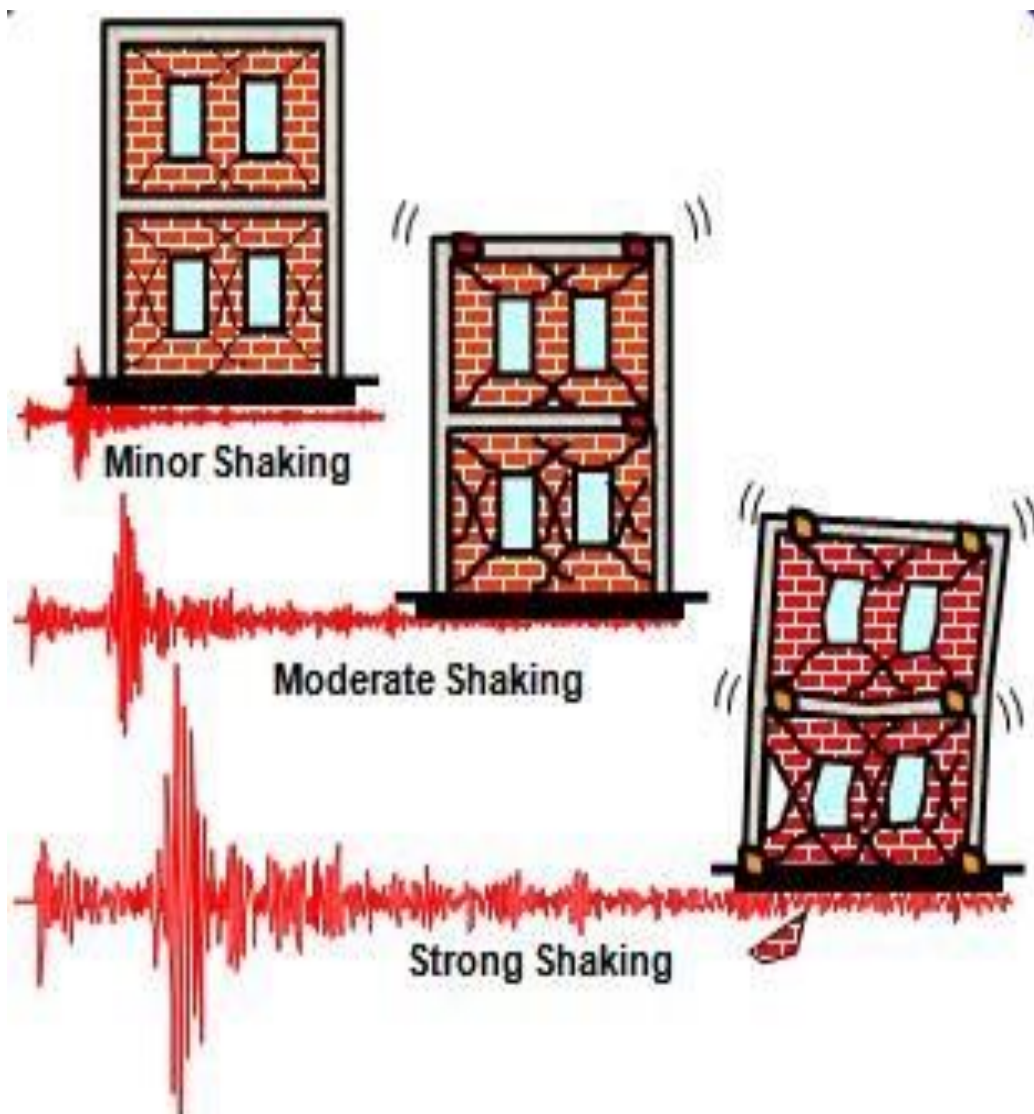
Od rasporeda zidova, kvaliteta zida i zidanja u najvećem stepenu zavisi nosivost zidanih objekata.

Vertikalni serklaži popravljaju neznatno nosivost, ali značajno duktilnost.



Ram: dejstvo gravitacionog opterećenja i dejstvo zemljotresa. Sile zatezanja usljed ovih opterećenja i položaj armature

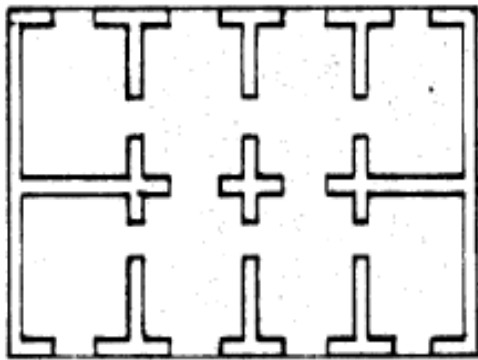
U armirano betonskom ramu, prikazanom na slici, usljed dejstva gravitacionog opterećenja i zemljotresa u zonama označenim crvenom bojom javlja se zatezanje koje mora biti prihvaćeno armaturom.



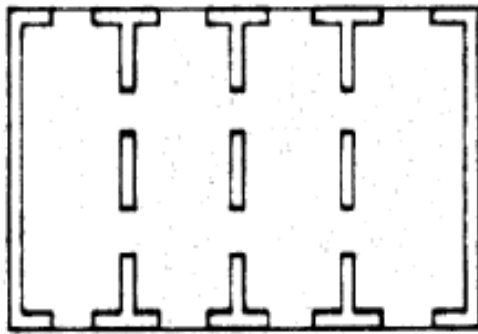
Odgovor zidanog objekta na dejstva: slabog, umjerenog i jakog zemljotresa

Zatezanje prima materijal u zidu, te kvalitet materijala presudno utiče na nosivost zida. AB elementi u zidanim zidovima se aktiviraju pri dejstvu snažnih zemljotresa.

Značaj konstruktivnog koncepta konstrukcije



dobro

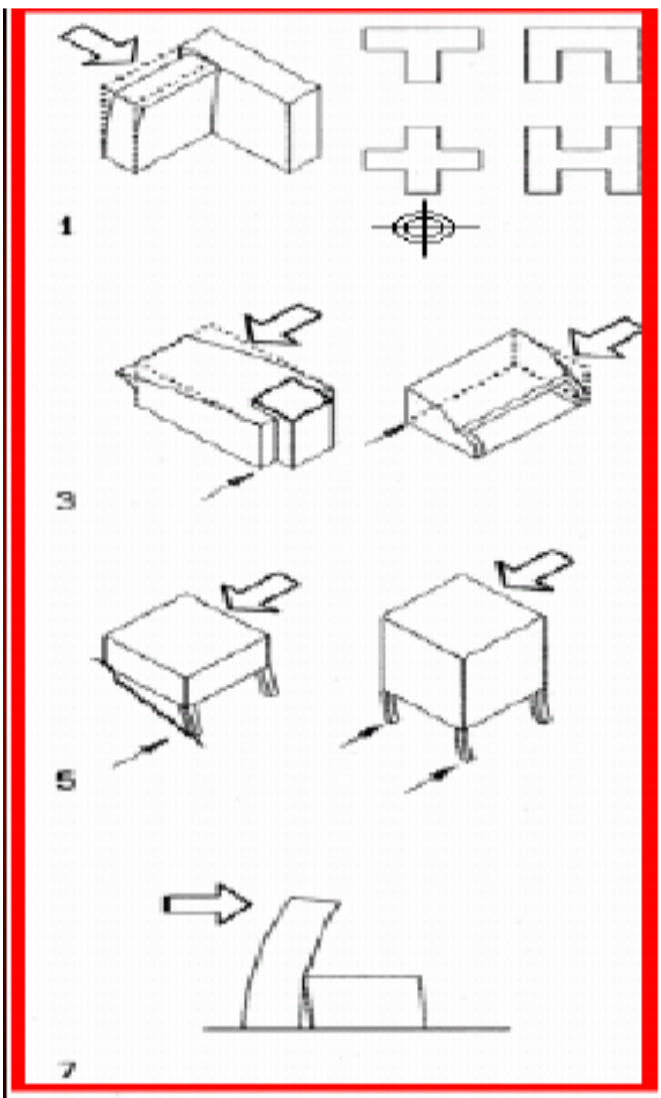


nije dobro

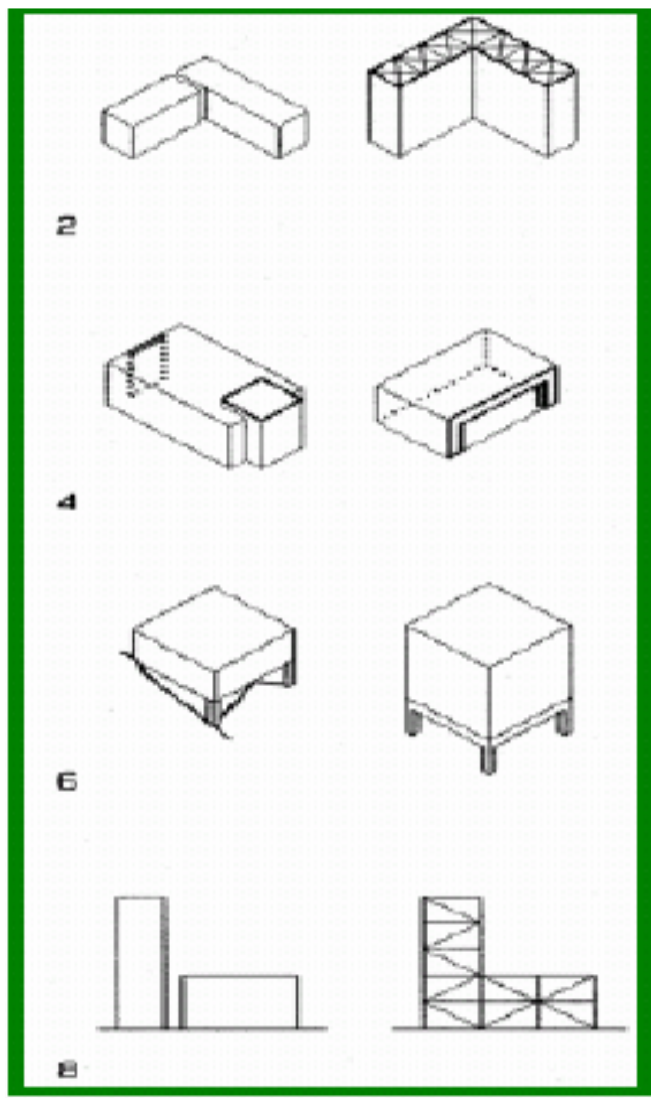
Raspored konstruktivnih zidova u ravni

Pri projektovanju zidanih konstrukcija treba težiti ravnomjernom rasporedu zidova u oba ortogonalna pravca objekta. I kod zidanih objekata kod kojih se tereti tavanica prenose u jednom pravcu, moraju postojati zidovi u drugom pravcu. Oni će se angažovati u prijemu horizontalnih sila.

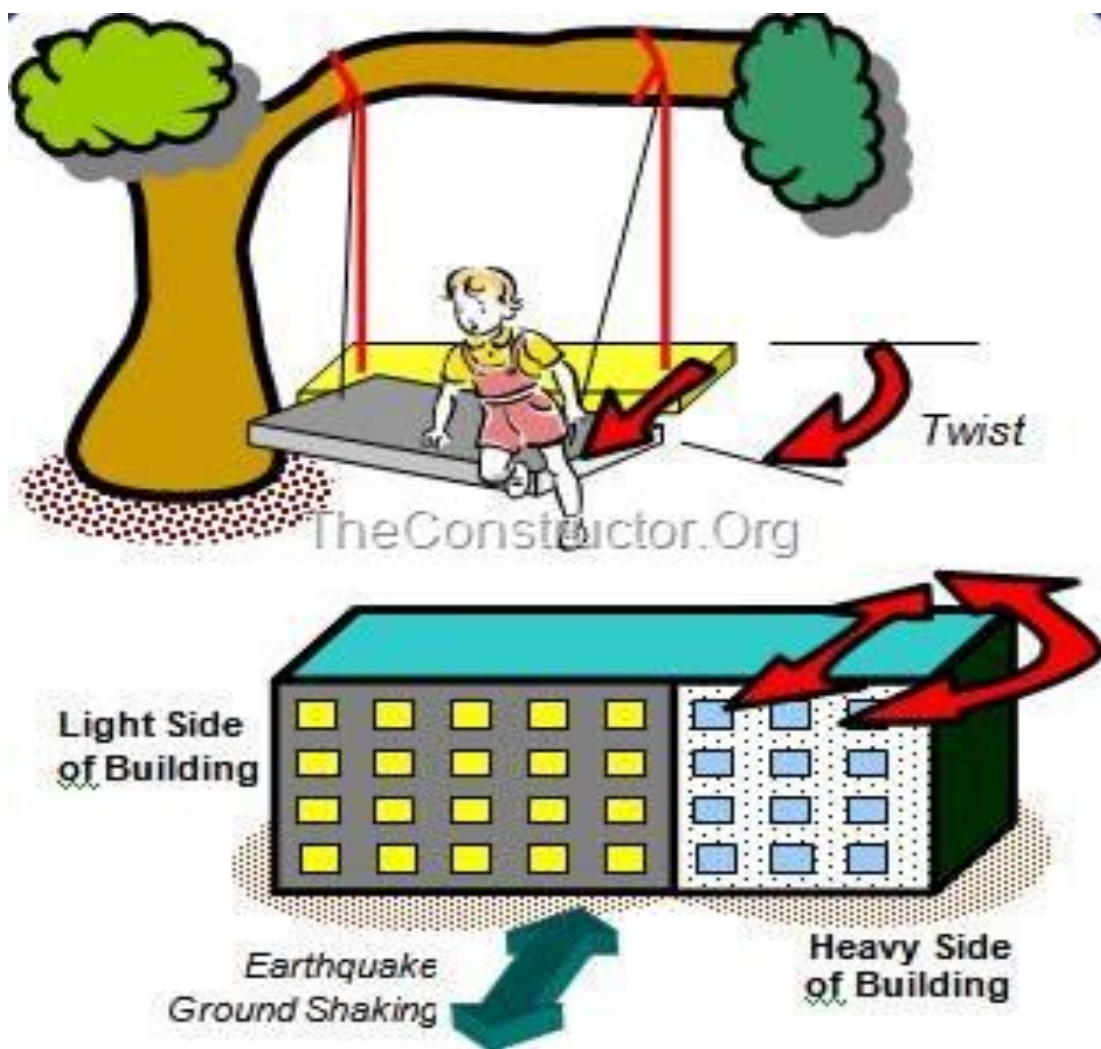
Treba težiti simetričnom rasporedu zidova u osnovi i kontinuitetu zidova po visini objekta. Pravilnim konstruktivnim konceptom konstrukcije izbjegavaju se efekti torzije.



**Loš konstruktivni
koncept konstrukcije**

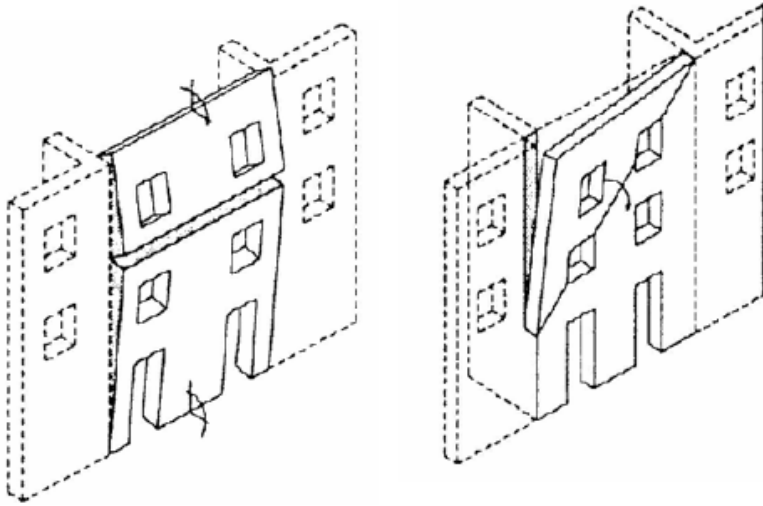


**Dobar konstruktivni
koncept konstrukcije**



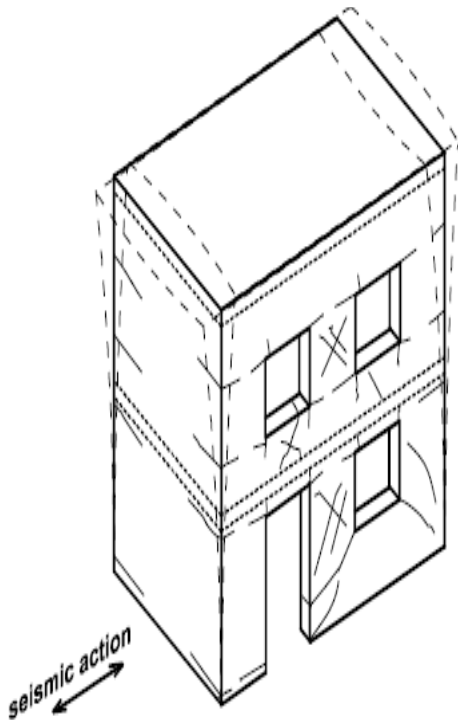
Dejstvo zemljotresa na zgrade sa nepravilnim rasporedom zidova u osnovi

Značaj stepena povezanosti zidova



Zidane zgrade su konstrukcije prostornog, kutijastog tipa. Ponašanje zidanih objekata pri dejstvu zemljotresa u mnogočemu zavisi od načina i stepena povezanosti zidova.

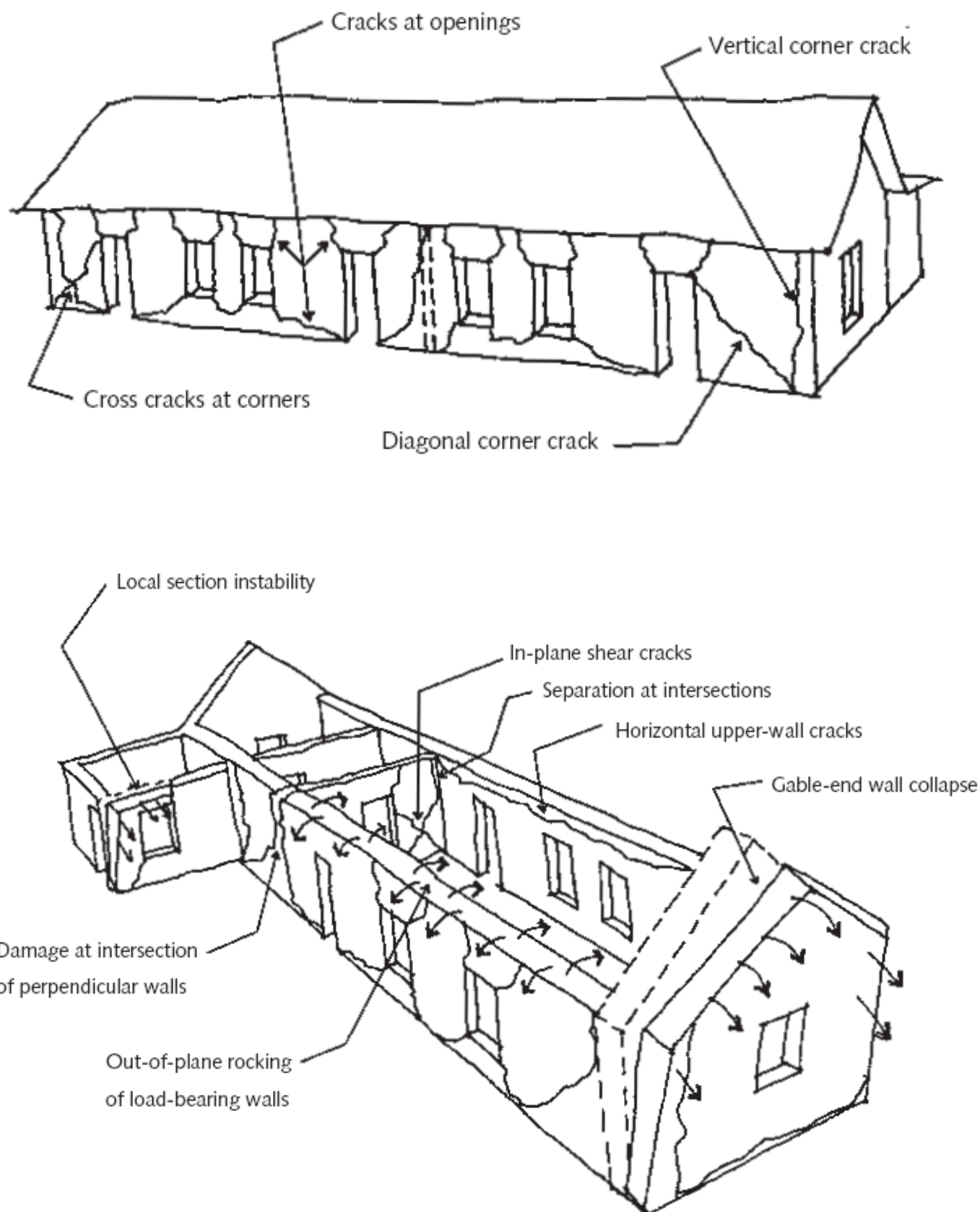
Rušenja zida van svoje ravni usled slabe povezanosti zidova



Dijagonalne prsline u zidu donje etaže i ispadanje zida gornje etaže

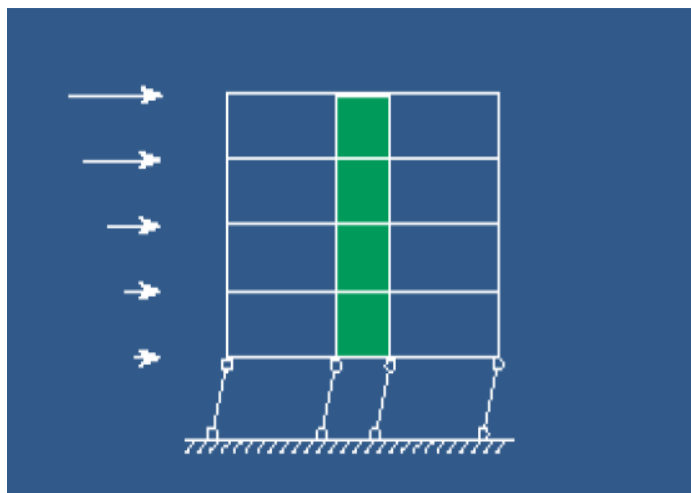
Kod zgrada sa drvenim tavanicama pojedini zidovi teže da se odvoje za vrijeme zemljotresa, na crtežu vidimo kako se zidovi gornje etaže deformišu usljed slabe povezanosti i dejstva horizontalne sile upravno na ravan zida.

Zidovi donje etaže su povezani krutom horizontalnom tavanicom, te imaju mehanizam loma na smicanje. Javljaju se karakteristične dijagonalne prsline.

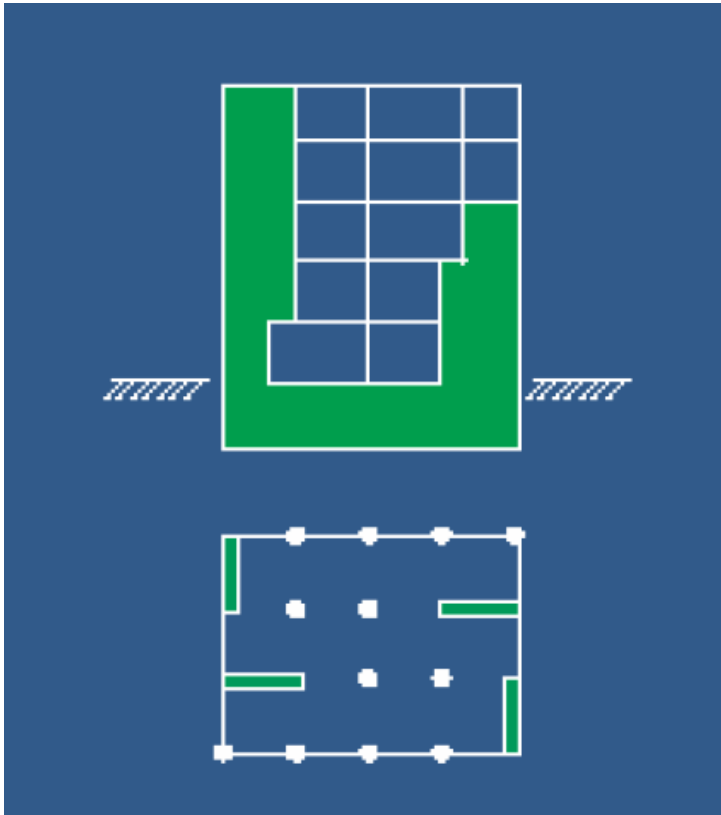


Tipična oštećenja registrovana nakon zemljotresa u Northrigu 1994. god

Izbjegavati meko prizemlje

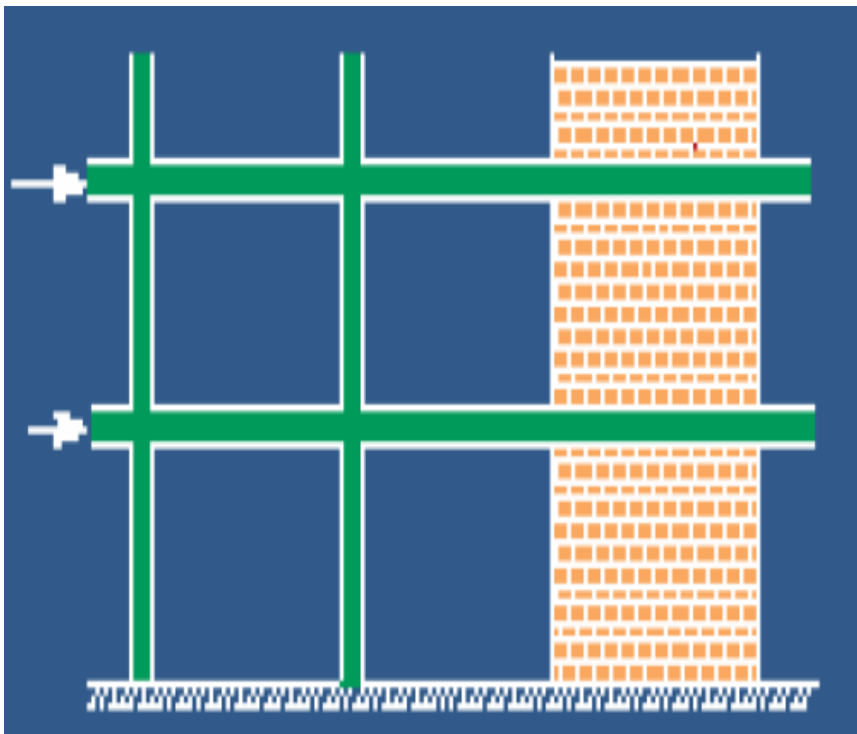


Posljedice mekog prizemlja

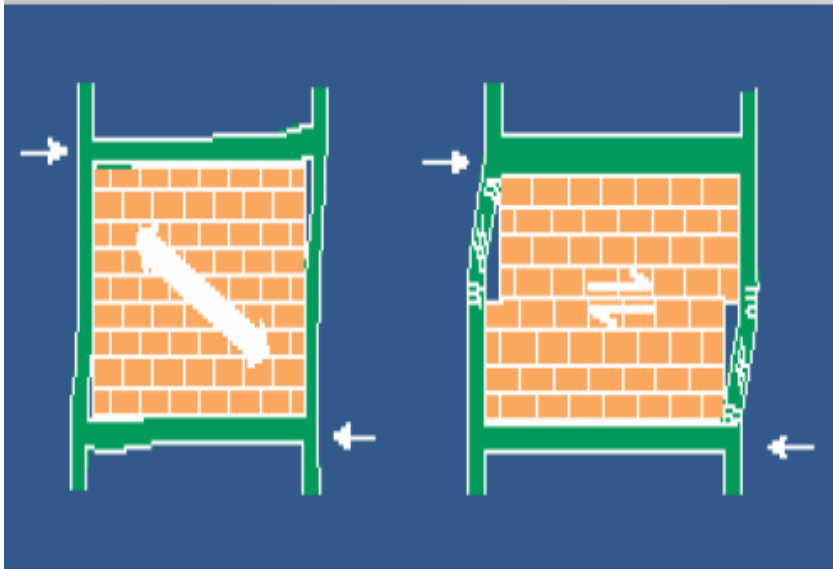


**Izbjegavati
diskontinuitet
krutosti**

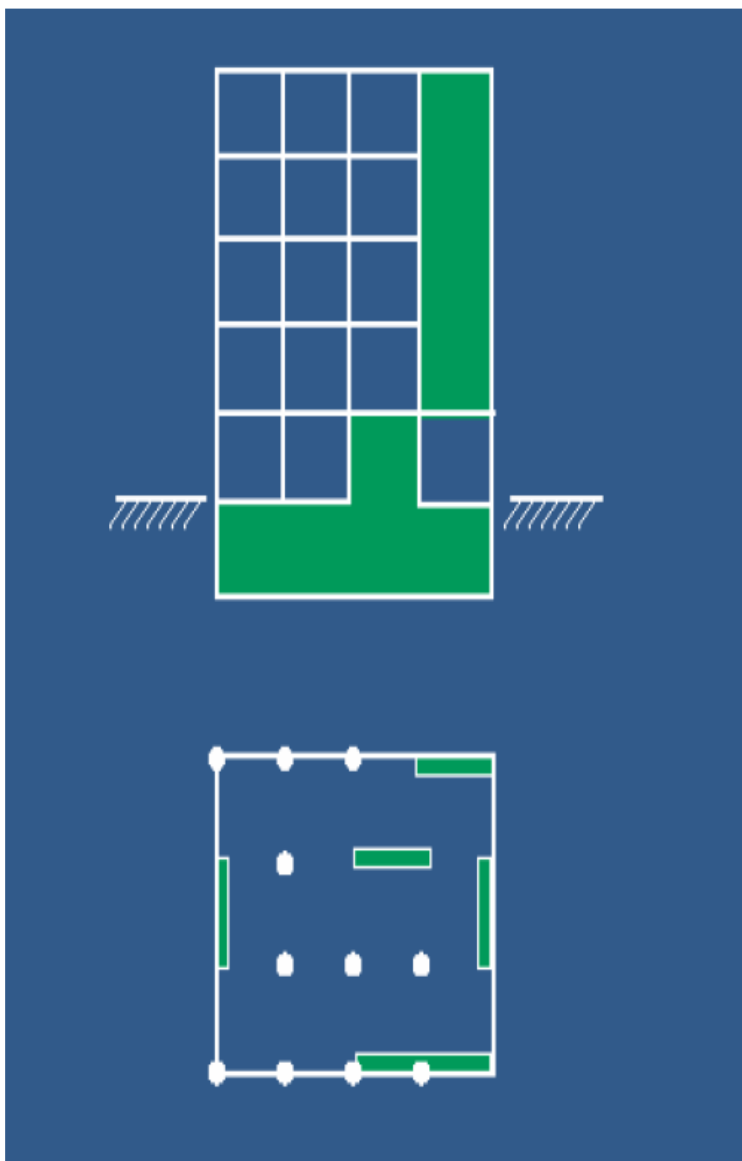
Zabranjeno je mješanje sistema



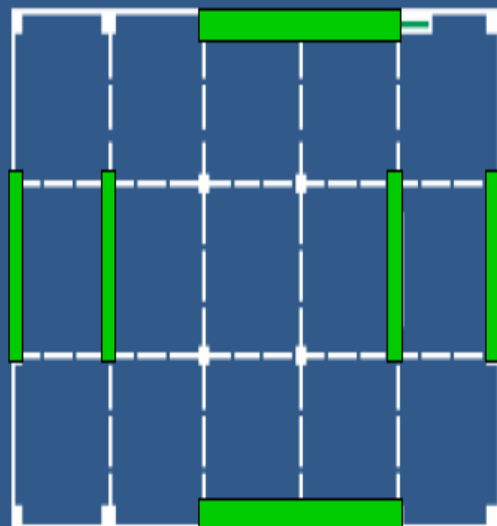
Izbjeći krutu vezu fleksibilnog zida i ispune od opeke



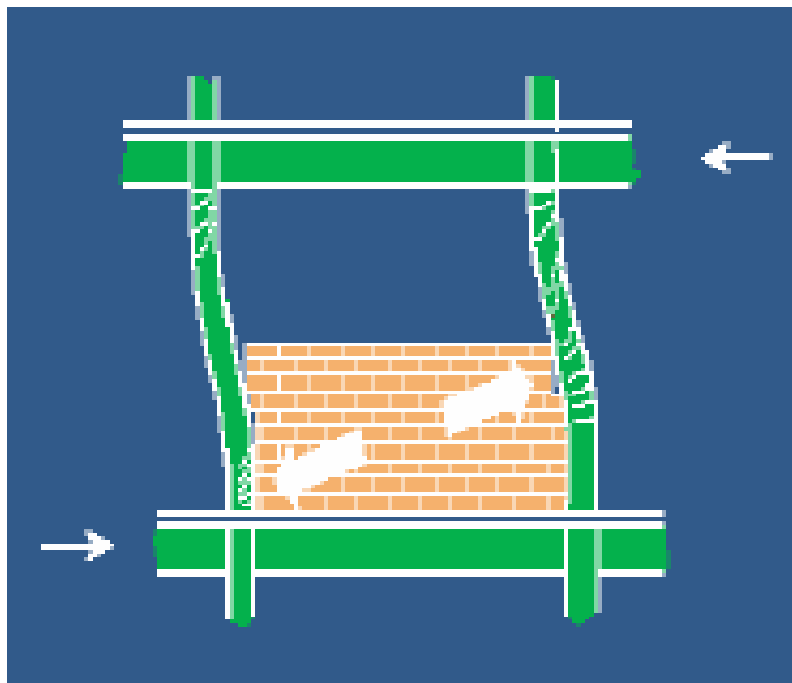
Izbjeći diskontinuitet nosivih zidova i zidova za ukrućenje po visini



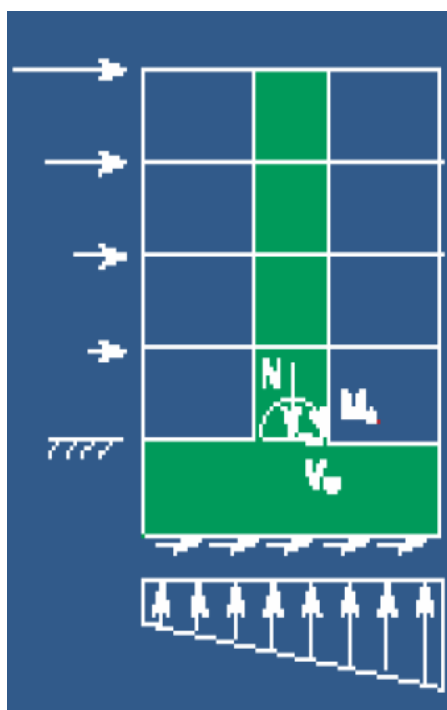
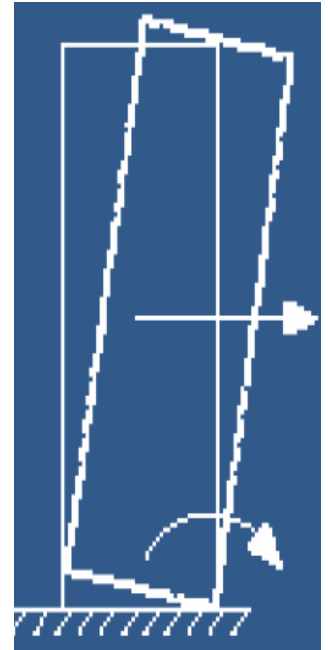
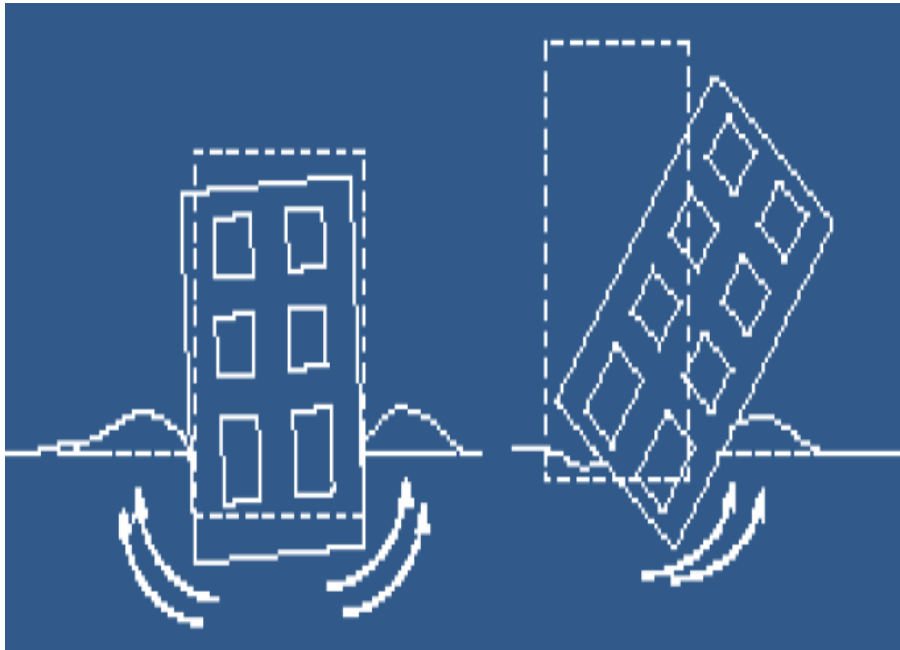
Postići pravilan raspored zidova u osnovi i po visini



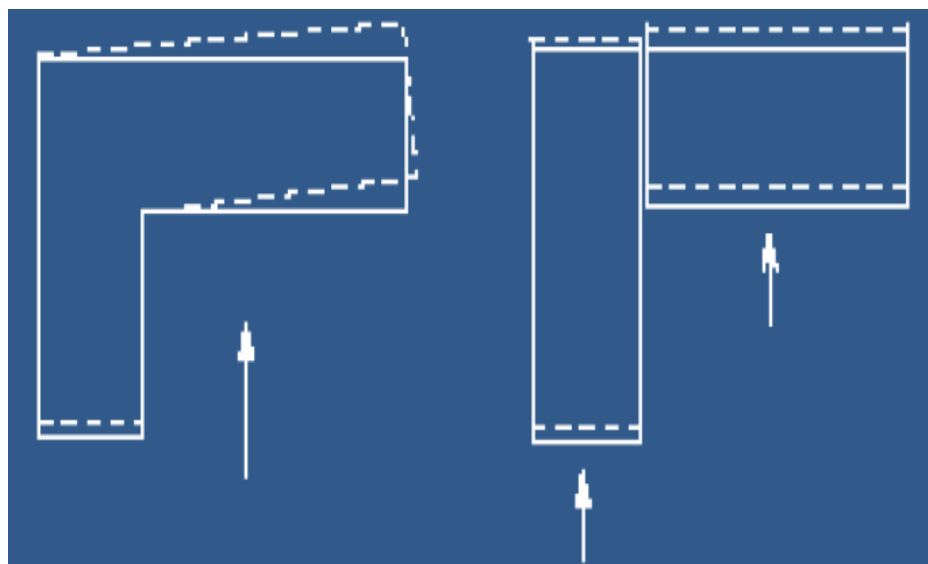
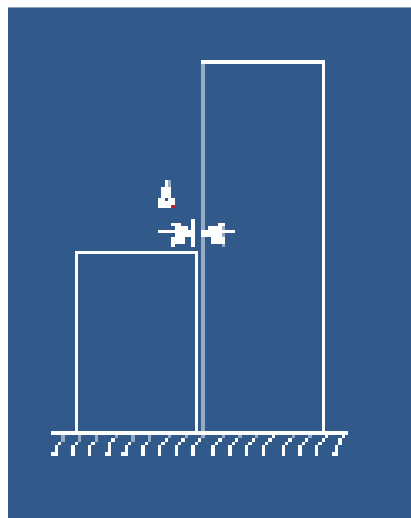
Izbjegavati djelimično ispunjena polja ramovskih konstrukcija



Izbjegavati dinamički nestabilne terene



Dilatacije

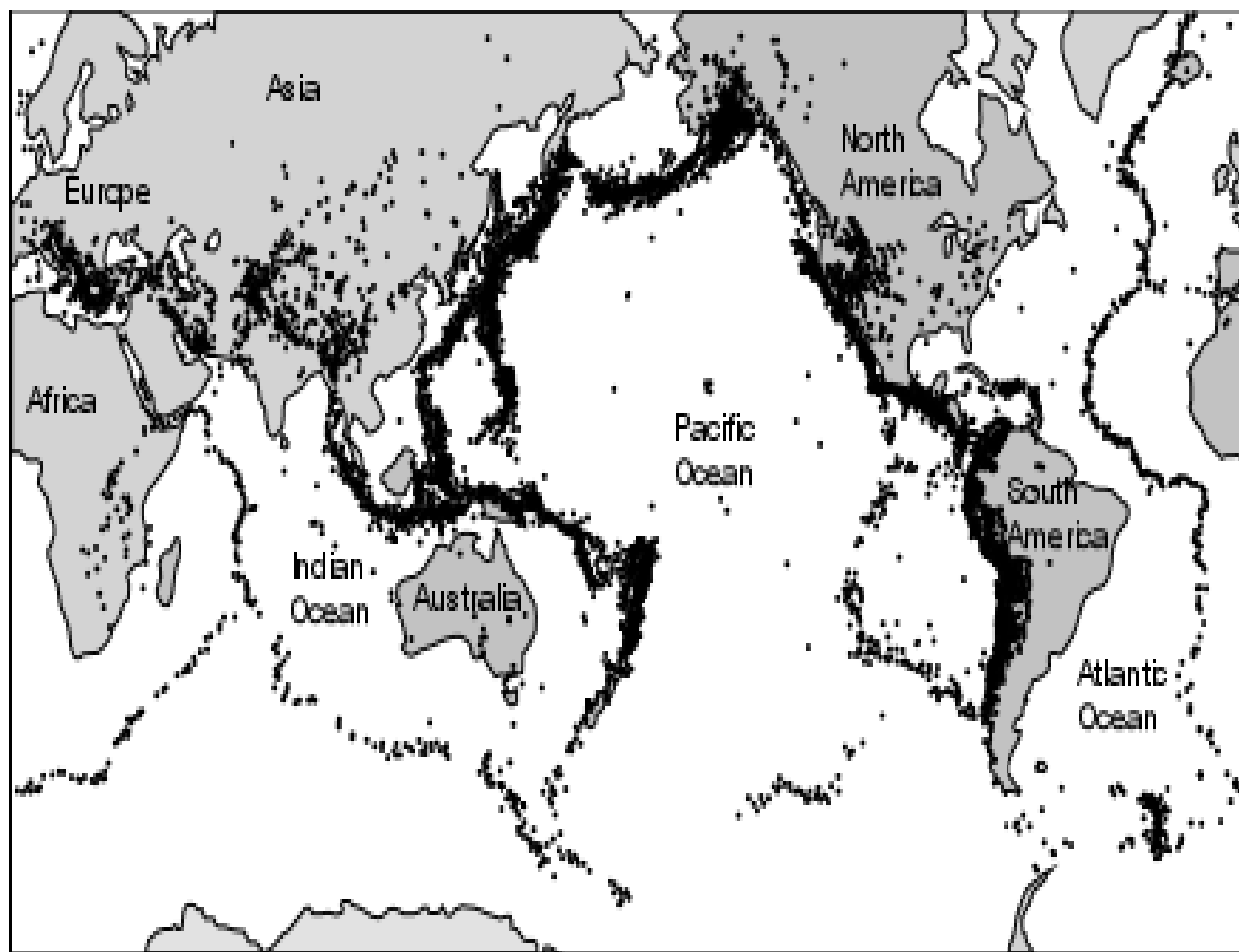


OPŠTA PRAVILA ASEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA

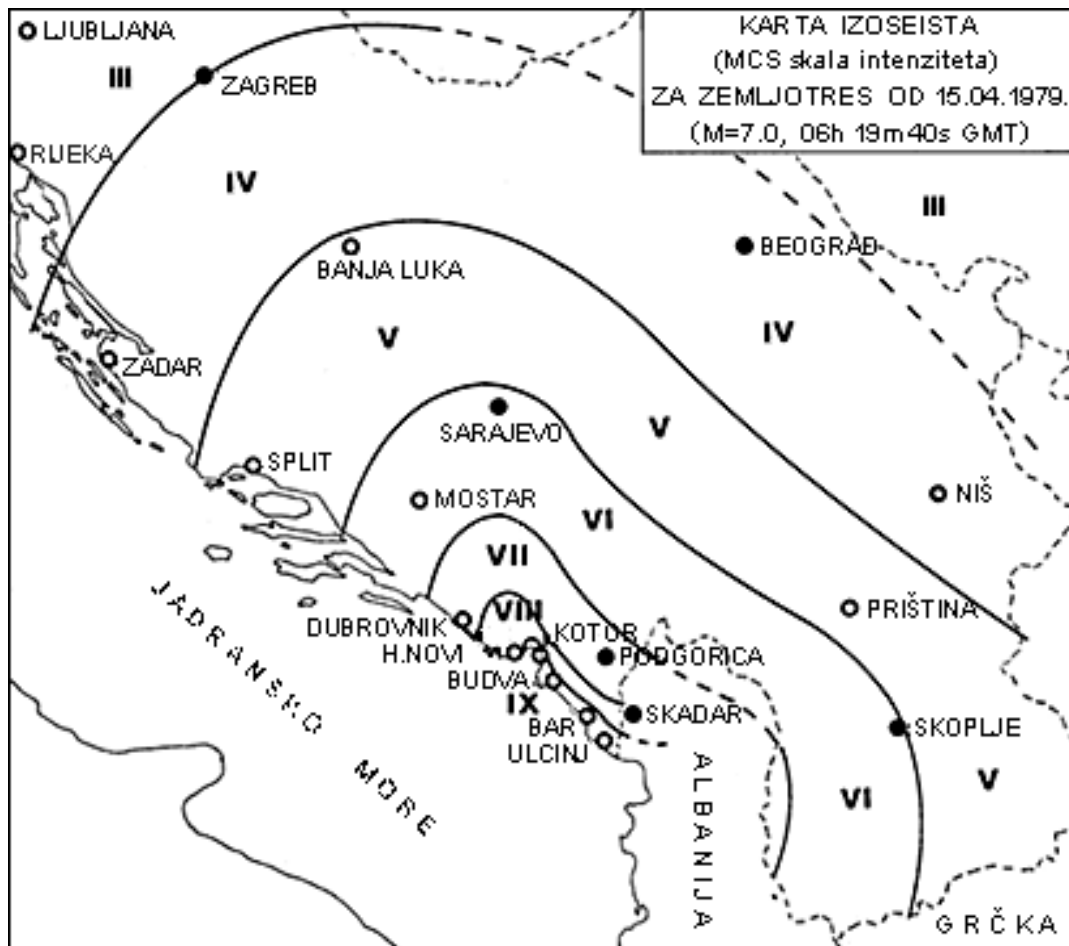
- **Djelovanje zemljotresa se mora uvažavati već u fazi idejnog rješenje objekta, arhitekta-konstrukter;**
- **Nosiva konstrukcija mora biti jednostavna;**
- **Prenos sila uslijed djelovanja zemljotresa mora biti jasan;**
- **Konstrukcija treba biti statički neodređena;**
- **Potrebno je osigurati otpornost objekta na zemljotres u oba glavna pravca;**
- **Nastojati izbjeći efekete torzije ili ih umanjiti;**
- **Pravilno vezati elemente konstrukcije osiguravajući im stabilnost;**
- **Osigurati odgovarajuće temeljenje (kruti i povezani temelji);**
- **Položaj nosivih zidova treba biti simetričan u odnosu na dvije ortogonalne ose;**

- **Položaj nosivih zidova treba biti simetričan u odnosu na dvije ortogonalne ose;**
- **Oblici konstrukcije u osnovi treba da budu kompaktni. Dužina otvora u jednom smjeru ne smije prelaziti 25% cijele dužine;**
- **Zidove povezati krutim tavanicama koje su u stanju da prenesu dejstvo zemljotresa ravnomjerno na zidove oba pravca;**
- **Glavni vertikalni nosivi elementi moraju biti neprekinuti od temelja do vrha objekta;**
- **Krutost poprečnih zidova na horizontalna djelovanja, kao i mase pojedinih spratova se ne smiju naglo mijenjati po visini.**

Položaj Crne Gore na seizmološkoj karti svijeta



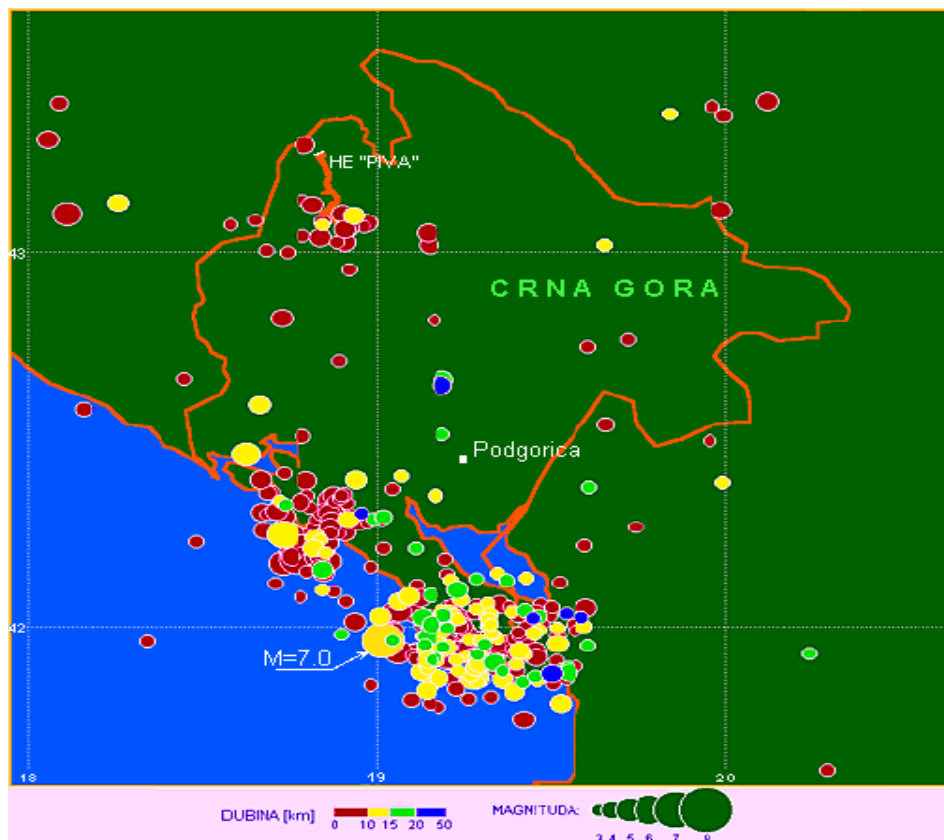
Zemljotres u Crnoj Gori od 1979.



Karta izoseista za zemljotres u Crnoj Gori 15.04.1979.

Zemljotres od 15. aprila 1979. godine sa magnitudom 7.0. Epicentar ovog zemljotresa se nalazilo u Jadranskom moru, između Ulcinja i Bara, na udaljenosti od 15 km od obale, na dubini od 12 km.

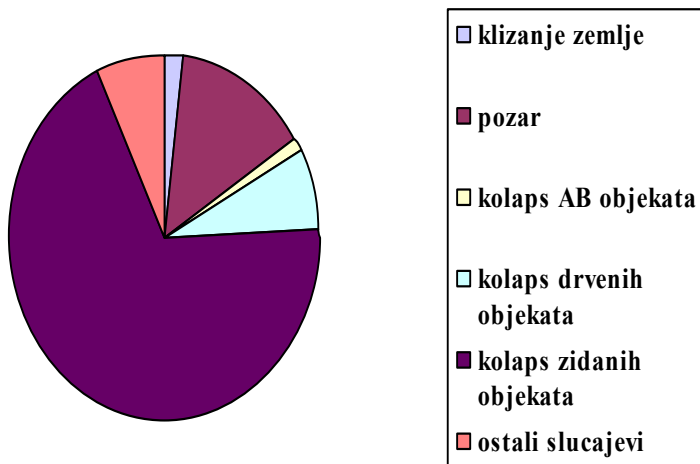
Prema izvještaju UNESCO-a iz 1984. ukupno 1.487 objekata je oštećeno, od kojih su 49.6% stambeni objekti i 38% crkava i spomenika kulture.



Najsnažniji zemljotresi u poslednjih 20 godina

Zemljotres	Magnituda	Umrli	Štete
<u>1989 Loma Prieta</u>	7.0	62	\$6 milijardi
<u>1994 Northridge</u>	6.7	72	\$20 milijardi
<u>1995 Kobe</u>	7.2	5,000	\$100 milijardi
<u>2010 Haiti</u>	7.0	220,000	\$14 milijardi
<u>2010 Chile</u>	8.8	486	\$8 milijardi
<u>2011 Japan</u>	8.9	28.000	\$310 milijardi

Oštećenja zidanih konstrukcija u odnosu na konstrukcije od drugih materijala

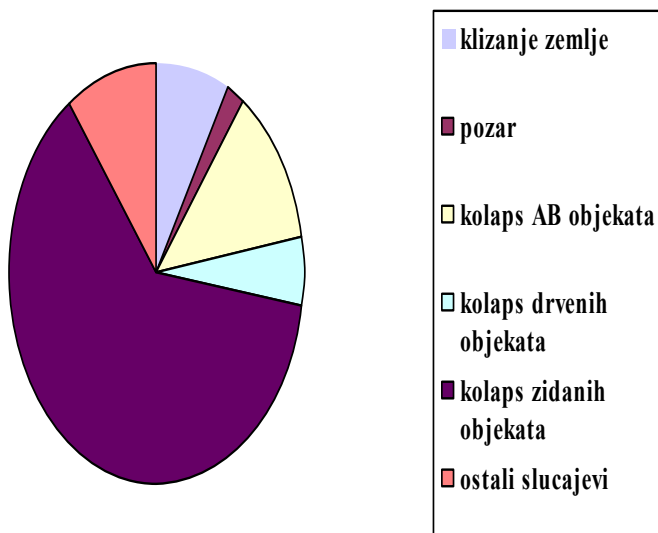


U zidanim objektima, prema podacima UNDP-a živi 85-90% stanovnika Zemlje. U gotovo svim snažnim zemljotresima zidani objekti čine više od 50% oštećenih objekata.

*Poginuli u zemljotresima u periodu 1900 - 1949.
Ukupan broj poginulih u ovom periodu je 795 000*

Zašto su štete ovog obima?

- Zidarija je krt materijal
- Ima malu čvrstoću pri zatezanju i skromnu čvrstoću na smicanje
- Veliku težinu
- Velika krutost, koja kao posledicu ima osnovni period konstrukcije u opsegu dominantnih frekvencija snažnih zemljotresa



*Poginuli u zemljotresima u periodu 1950 - 1989
Ukupan broj poginulih u ovom periodu je 583 000*

Primjeri oštećenja



*Loš kvalitet građenja –
Rušenje stare kamena
kuće u starom gradu
Ulcinj 1979*



Slika 2.14 Poslije katastrofalnog zemljotresa u Kini

*Poslije
katastrofalnog
zemljotresa u
Tangshan, Kina
1976, u kojem je
stradalo 250.000
ljudi ova
kvalitetno zidana
zgrada ostala je
praktično
neoštećena*



*Masovne štete na objektima usljed lošeg
kvaliteta građenja, Haiti, 2010. god*

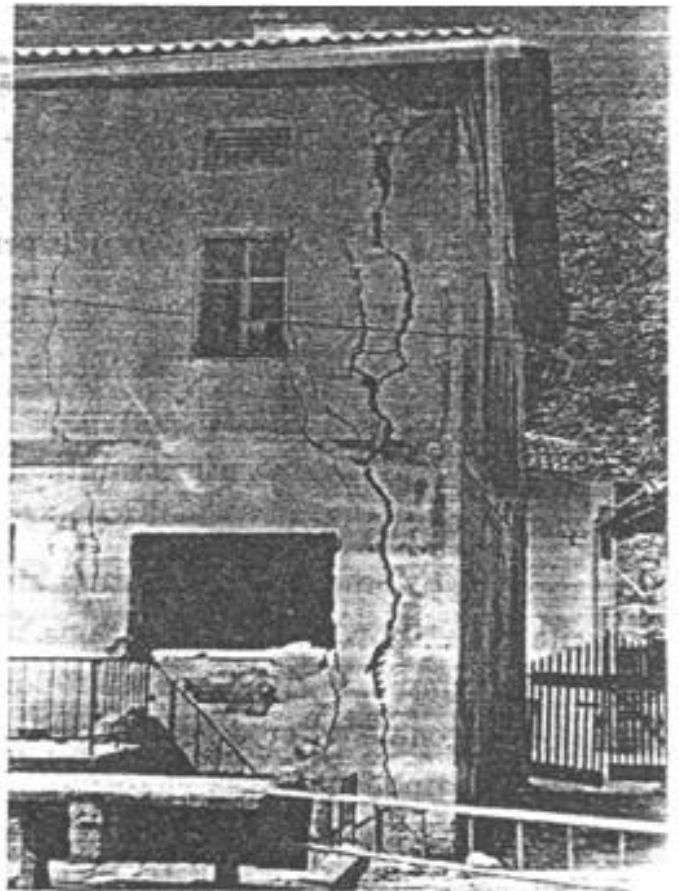


Čile, 2010. god

Nedostatak tavanica i serklaža



Slika 2.20 Pukotine na spoju zid - tavanica,
Kozjansko, 1974

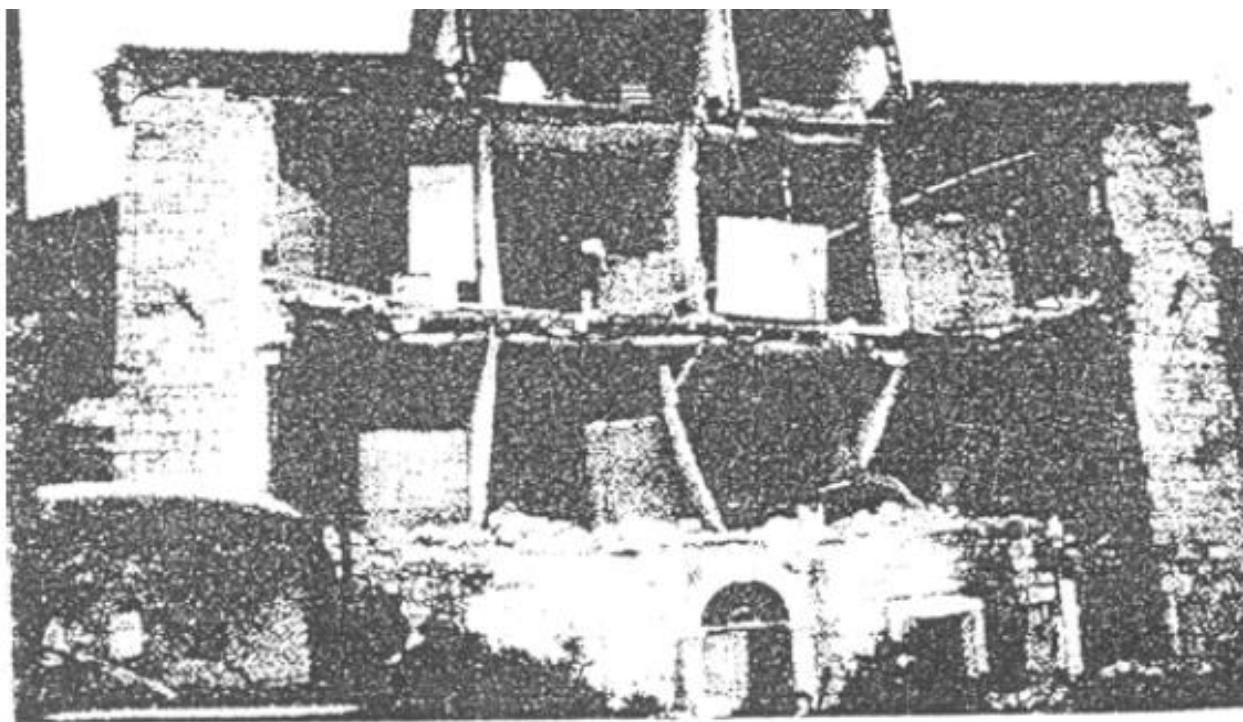


Slika 2.21 Razdvajanje nosećih zidova po
vertikalnoj spojnici, Posočje, 1976

Nedostatak veznih zidova



Slika 2.16 Nepridržani zabatni zidovi ruše se i kod slabijeg zemljotresa. Sl. Brod, 1964

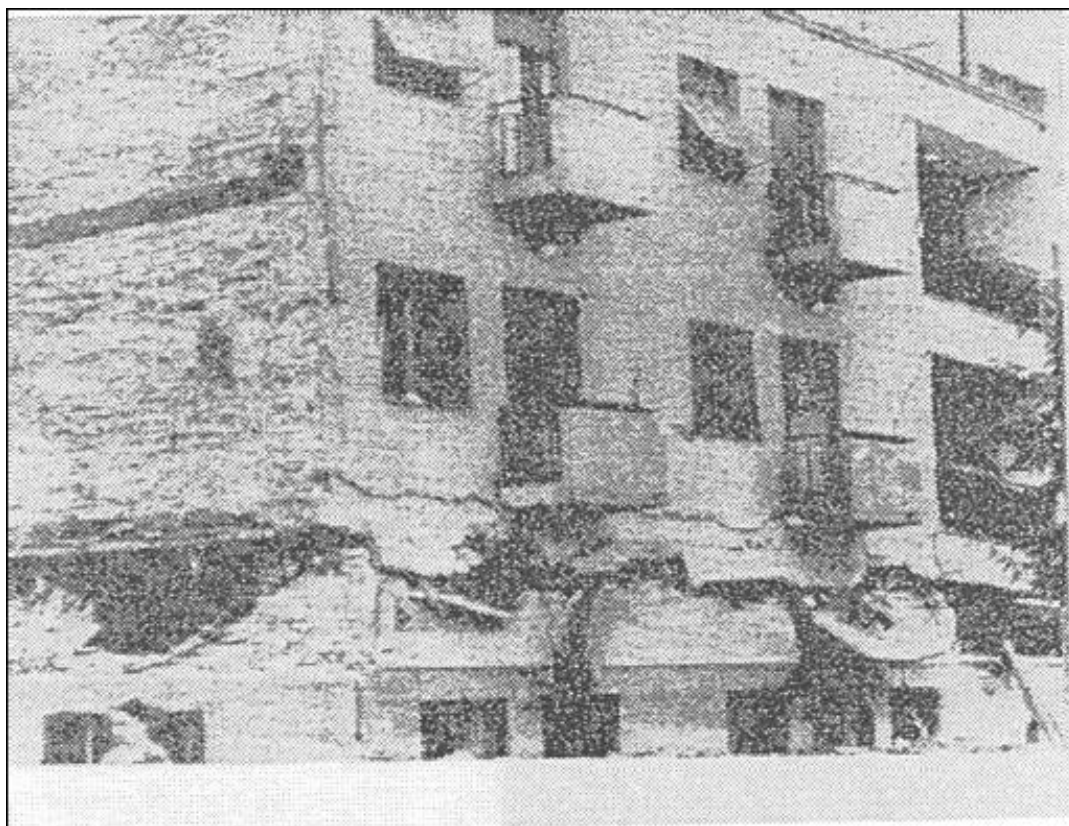


Ispadanje fasadnih zidova Crna Gora '79.

Nedovoljna otpornost zidova sa otvorima



Slika 2.23 Karakteristična "X" pukotina kod zidane zgrade s monolitnim tavanicama, Budva, 1979



Skoplje 1963. Kolaps usled loma transverzalnih konstruktivnih zidova

Pogrešno odabran konstrukcijski sistem - fleksibilno prizemlje

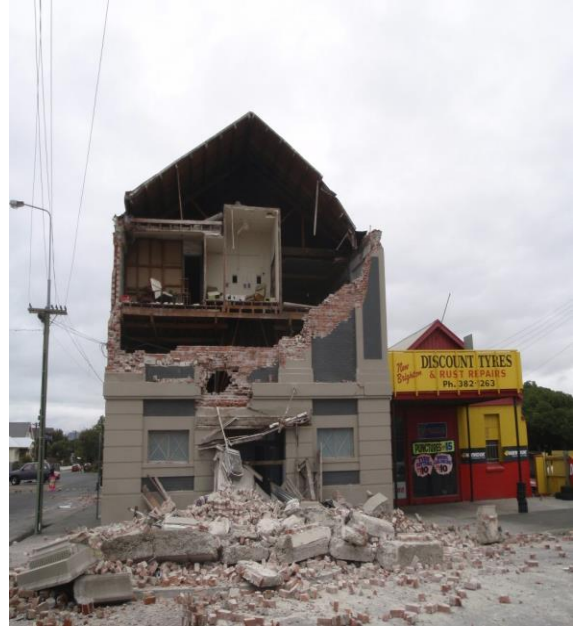




Oštećenja na crkvi Sv. "Ilija" u Lastvi Grbalskoj, crnogorski zemljotres 1979.



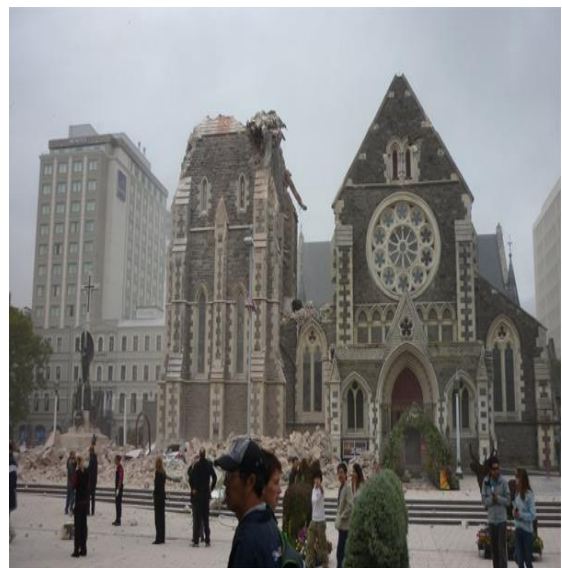
Loše odabran konstruktivni sistem, zemljotres Northridge, Los Angeles, 1994, skeletna konstrukcija, opeka ispuna



Loša povezanost zida gornje etaže, Christchurch, New Zealand, februar 2011.



Loše odabran konstrukcijski sistem, Christchurch, New Zealand, februar 2011.



Zvonik crkve je teško oštećen, Christchurch, New Zealand, februar 2011.