

# SANACIJA I OJAČANJE ZGRADA

## OPŠTI PRINCIPI OJAČANJA – definicija

- **Popravka** su zahvati kojima nije obuhvaćena noseća konstrukcija. Služe poboljšanju konfora korišćenja objekta i popravci oštećenja na nenosećim elementima.
- **Rekonstrukcija** obuhvata obnovu nosećeg sistema zgrada do nivoa koji je postojao prije nastanka oštećenja.
- **Ojačanja** obuhvataju pojačanje noseće konstrukcije (oštećene ili neoštećene) do nivoa sigurnosti koji objektu želimo osigurati.

## OŠTEĆENJA ZAVISE OD:

- rasporeda nosećih zidova u osnovi
- povezanosti vertikalnih elemenata i tavanice
- duktilnosti

Zavisno od sistema koji se ojačava mogu se primjeniti tehnička rješenja kojima se:

- povećava nosivost konstrukcije
- povećava duktilnost
- povećava i nosivost i duktilnost

## Povredljivosti konstrukcije (vulnerability)

Definisanje parametra povredljivosti konstrukcije (vulnerability) predstavlja problem.

Jedna od mogućnosti je da se procijeni vrijednost rekonstrukcije objekta u odnosu na izgradnju slične ili iste konstrukcije, što predstavlja ekonomsku procjenu oštećenja. Ili kao što je to dato u EMS-98, koristi se indeks oštećenja, koji se dobija iz diskretnih stanja oštećenja koja se pripisuju različitim elementima konstrukcije.

Kod EMS-98 podjela konstrukcija u klase povredljivosti (vulnerability classes) data je u zavisnosti od tipa konstrukcije.

Osjetljivost-povredljivosti konstrukcija podijeljena je u klase, sa oznakama od A do F, a nosive konstrukcije su razvrstane prema vrsti nosivog sistema i vrsti materijala.

Najslabijim konstrukcijama dodijeljena je klasa osjetljivosti A, a konstrukcijama koje će pokazati najbolje ponašanje usljed djelovanja zemljotresa pridružuje se klasa F. (sljedeća tabela).

Type of Structure		Vulnerability Class					
		A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone						
	adobe (earth brick)						
	simple stone						
	massive stone						
	unreinforced, with manufactured stone units						
	unreinforced, with RC floors						
	reinforced or confined						
RC	frame without earthquake-resistant design (ERD)						

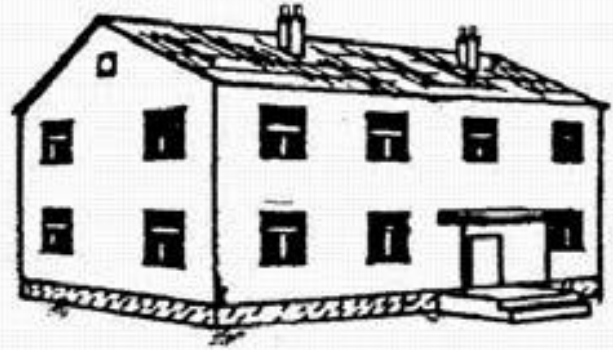
*Podjela konstrukcija u klase povredljivosti (vulnerability classes)*

REINFORCED CONCRETE	frame with moderate level of ERD	
	frame with high level of ERD	
	walls without ERD	
	walls with moderate level of ERD	
	walls with high level of ERD	
STEEL	steel structures	
WOOD	timber structures	

○ most likely vulnerability class; — probable range;  
 .....range of less probable, exceptional cases

*Podjela konstrukcija u klase povredljivosti (vulnerability classes)*

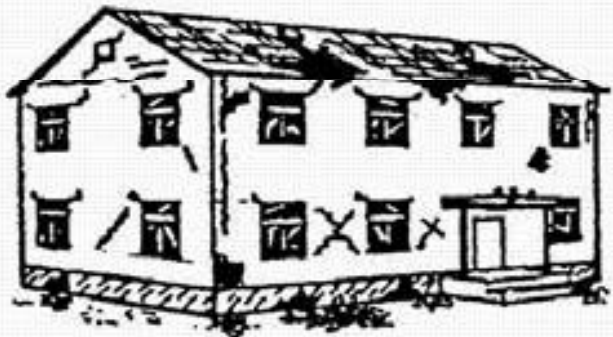
## Classification of damage to masonry buildings





**Grade 1: Negligible to slight damage**  
(no structural damage,  
slight non-structural damage)  
Hair-line cracks in very few walls.  
Fall of small pieces of plaster only.  
Fall of loose stones from upper parts of  
buildings in very few cases.



**Grade 2: Moderate damage**  
(slight structural damage, moderate  
non-structural damage)  
Cracks in many walls.  
Fall of fairly large pieces of plaster.  
Partial collapse of chimneys.



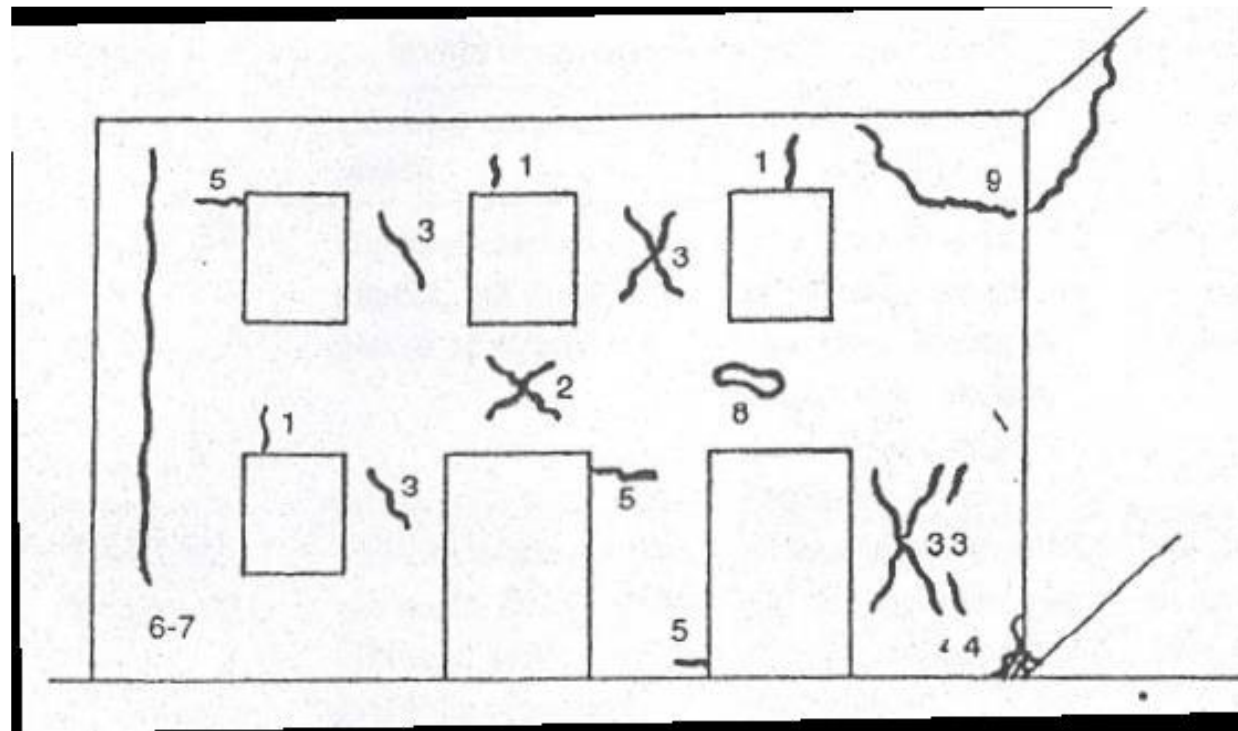
**Grade 3: Substantial to heavy damage**  
(moderate structural damage,  
heavy non-structural damage)  
Large and extensive cracks in most walls.  
Roof tiles detach. Chimneys fracture at the  
roof line; failure of individual non-struc-  
tural elements (partitions, gable walls).

	<p><b>Grade 4: Very heavy damage</b>  <b>(heavy structural damage,  very heavy non-structural damage)</b>  Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.</p>
	<p><b>Grade 5: Destruction</b>  <b>(very heavy structural damage)</b>  Total or near total collapse.</p>

*Klasifikacija oštećenja na zidanim konstrukcijama*

Stepeni (Grades) oštećenja prikazani na gornjim skicama dati su na osnovu preporuka za zidane konstrukcije, GNDT National Group for Earthquake Loss Reduction Italy.

Veličina stepena oštećenja kreće se od 1 (Grade 1) neznatna - jedva primjetna oštećenja do 5 (Grade 5) koji predstavlja rušenje objekta.



1) vertikalne pukotine uz otvore; 2) dijagonalne pukotine na parapetima i na nadprozornicima i nadvratnicima; 3) dijagonalne pukotine na međuprozorskim stupcima; 4) lokalno drobljenje zida sa ili bez ljuštenja maltera; 5) horizontalne pukotine nastale usljed savijanja na vrhu ili dnu vertikalnih „stubaca“ zida između otvora; 6) vertikalne pukotine koje prolaze kroz zide na mjestu ukrštanja zidova; 7) vertikalne pukotine na mjestima kontakta zidova; 8) otpadanje materijala na mjestima greda usljed udara; 9) odvajanje i isključenje zone ukrštanja dva ugaona zida

*Vrste pukotina kod konstruktivnih zidova zidanih konstrukcija*

Nosivi zidovi zidanih konstrukcija		
Nivo - stepen	Intenzitet oštećenja	Opis
A	Nikakvo	Nema vidljivog oštećenja
B - 1	Neznatno	Bilo koje pukotine do 1mm
C - 2	Srednje	Pukotine do 4mm ukoliko pripadaju tipu pukotina 1, 5 do 2mm ako pripadaju tipu pukotina 2, 3,7, do 1mm ako pripadaju tipu pukotina 4, 8,9
D - 3	Značajno	Pukotine do 10mm ukoliko pripadaju tipu pukotina 1, 5 ili do 5mm ako pripadaju tipu pukotina 2, 3,7, do 2mm ako pripadaju tipu pukotina 4, 8,9
E - 4	Veoma značajno	Pukotine i oštećenja veća od D
F - 5	Rušenje (razoreno)	

*Oštećenja na nosivim zidovima datim od strane National Group for Earthquake Loss Reduction -GNDT ,*





Italija, Campania 1980

Tip konstrukcije: od kamena u vrlo slabom malteru **A**

**Stepen oštećenja: 5**



Crna Gora, Crnogorsko primorje 1979

Tip konstrukcije: od kamena, (simple stone) **B**

**Stepen oštećenja: 4**



Italija, Friuli 1976

Tip konstrukcije:  
nearnirana zidana  
konstrukcija od opeke, sa  
AB međuspratnom  
tavanicom, **C**

Stepen oštećenja: **4**



Irpinia 1987

Tip konstrukcije: AB ramovska  
konstrukcija C-E?

Stepen oštećenja: **4**



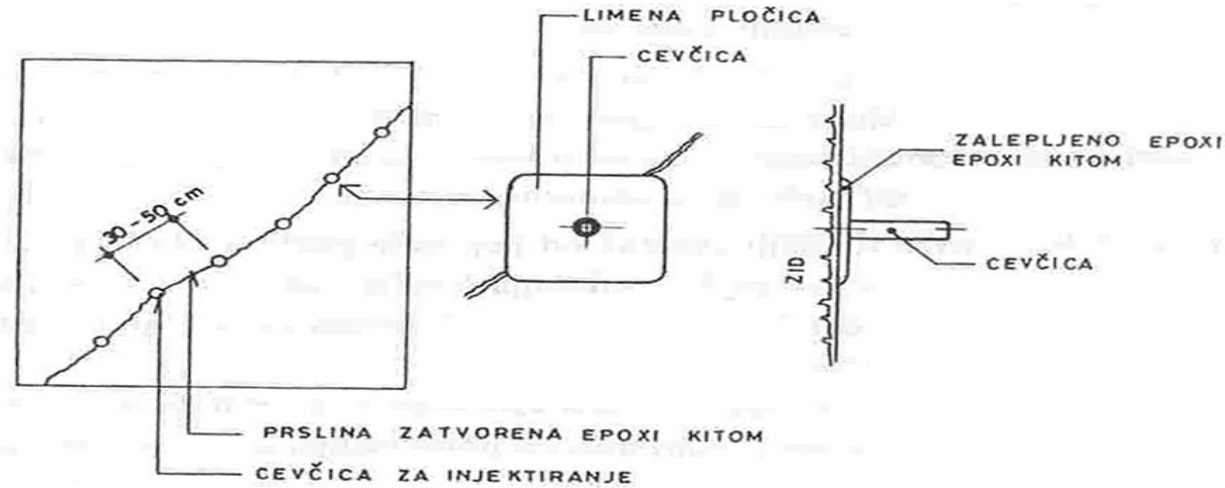
Japan, Kobe 1995

Tip konstrukcije: AB zidovi,  
C-E?

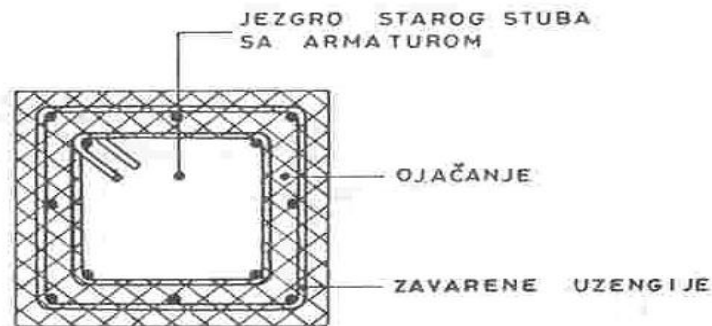
Stepen oštećenja: **5**

## OJAČANJE ARMIRANOBETONSKIH ZGRADA

Kod oštećenja sa malim i umjerenim prslinama bez drobljenja betona i izbočavanja armature vrši se injektiranje.

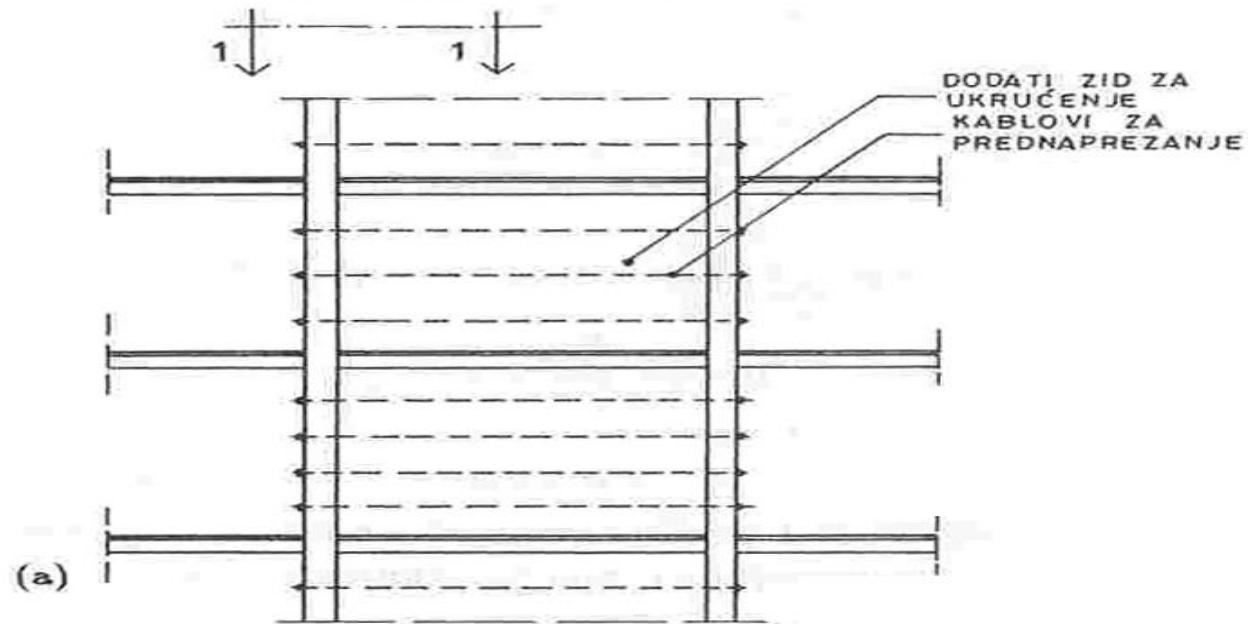


Injektiranje epoksidne smole kod AB konstrukcije



Slika 7.9 Ojačanje stubova

Kod oštećenja sa većim prslinama i sa drobljenjem betona i izbočavanjem armature vrši se žaketiranje - oblaganje.



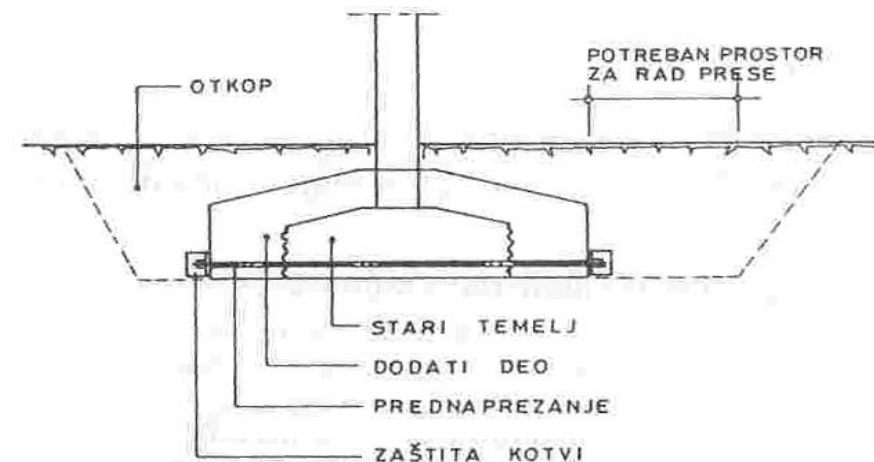
(a)



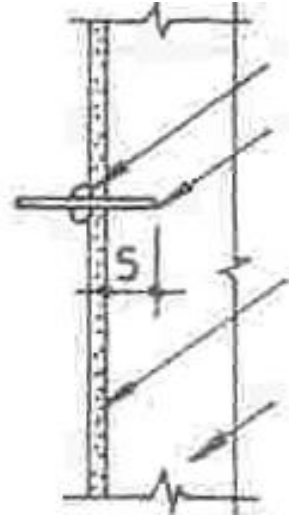
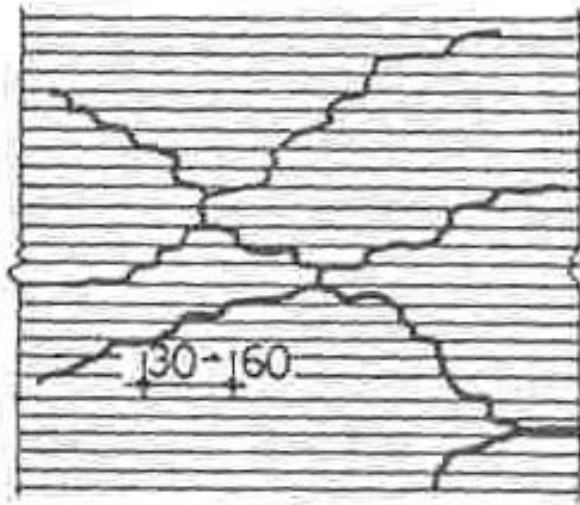
(b)

Ojačanje temelja AB zgrada

Ojačanje AB skeleta  
dodavanjem novih  
elemenata za ukrućenje



## OJAČANJE ZIDANIH ZGRADA

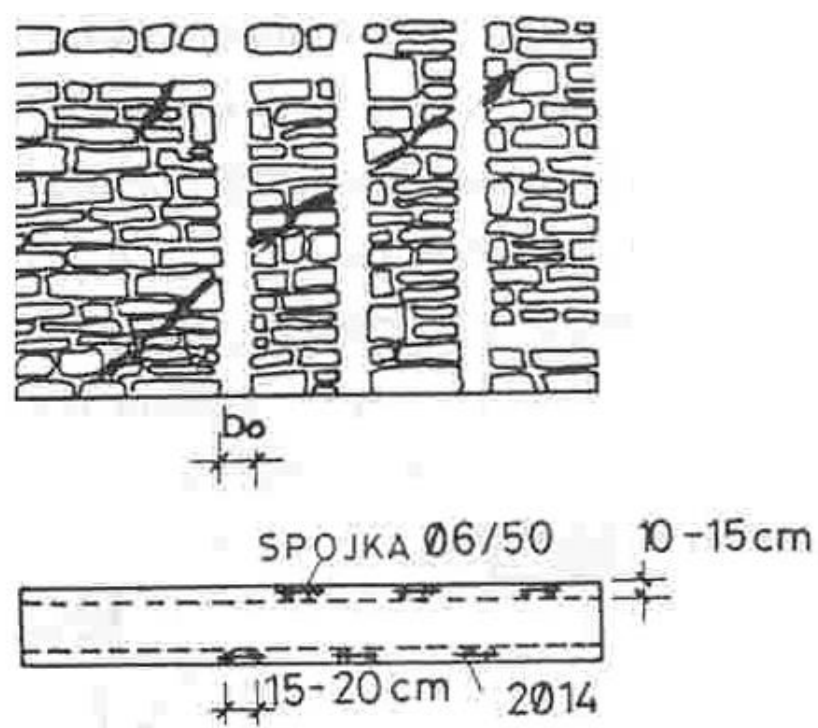
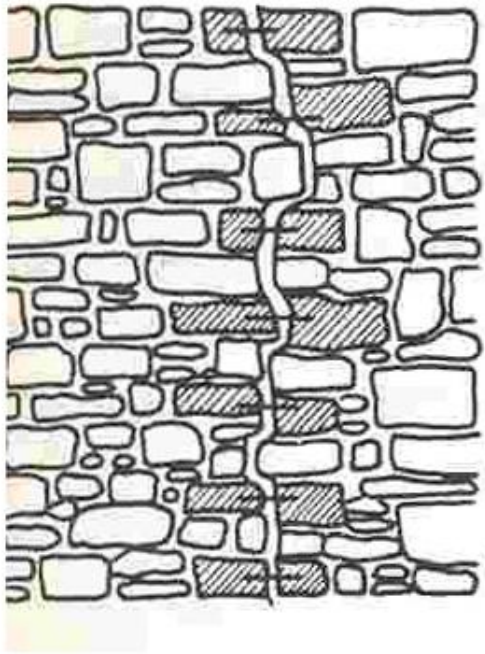


Pukotine šire od 0.3 mm mogu se ispuniti injektiranjem tekućeg cementnog maltera. Samo se u posebnim slučajevima koriste epoksidni materijali. Injektiranje pukotina može se izostaviti ako je predviđeno ojačanje zida torkretiranjem. Injektiranje se može koristiti i kod većih pukotina sve do veličine od 10 mm.

*Injektiranje pukotina u zidu*

Postupak injektiranja je sljedeći:

- odstrani se malter i nevezani materijal u okolini pukotine, a nečistoća iz pukotine ukloni se vazduhom ili vodom pod pritiskom;
- uzduž pukotine na 300 do 600 mm izbuše se rupe u koje se postave plastične cijevčice na 50 mm dubine fiksirane cementnim malterom;
- pukotine se zatvore cementnim malterom po cijeloj dužini;
- cijevčice se začepi a zatim se, otvaranjem čepova u parovima po dva, pukotina između susjednih cijevčica ispere ili izduva;
- vrši se injektiranje, pod malim pritiskom, odozdo na gore, pa kad je pukotina ispunjena, emulzija počinje da teče na prvu gornju cijevčicu.

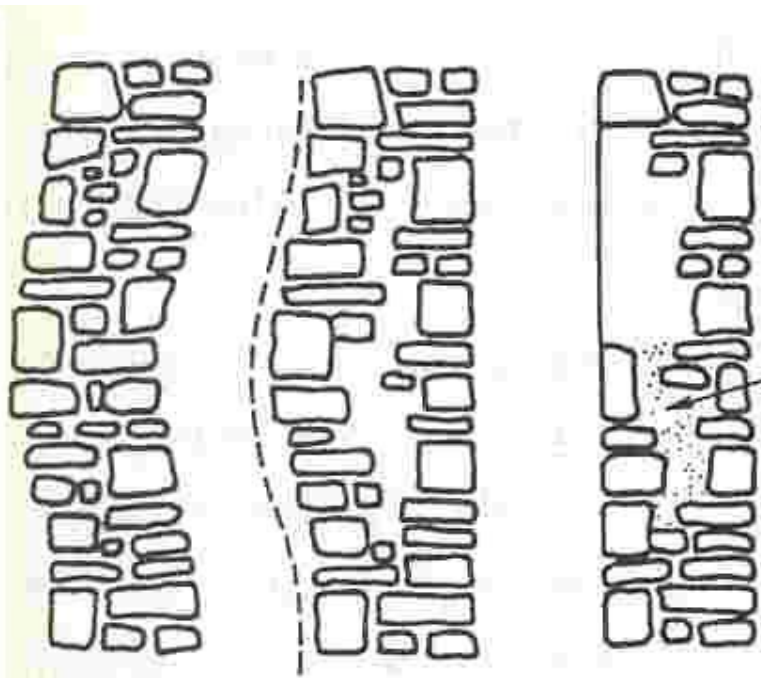


### *Ojačanje jače raspucalih zidova*

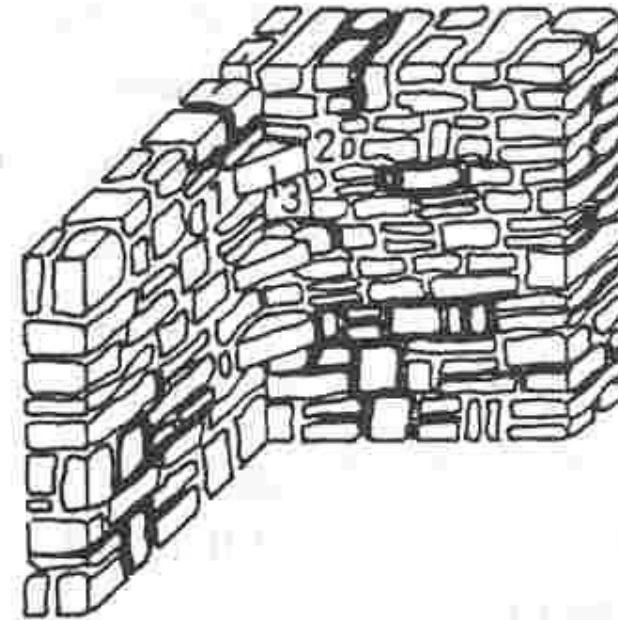
Ako su pukotine približno vertikalne ojačanje se izvodi uklanjanjem oštećenih komada iz pukotinu i ugrađivanjem novih zidnih elemenata u malteru.

Upravno na pukotine mogu se ugraditi čelične klamfe, armatura ili armiranobetonski moždanici. Jedna od mogućnosti je i popunjavanje šupljina betonom koji presijeca pukotinu i tako ojačava cijeli zid.

Kod znatno oštećenih zidova često je neophodno zamijeniti čitave djelove zidne mase. Zato je potrebno prvo izvesti privremeno podupiranje konstrukcije koja se nalazi iznad oštećenog zida. Kod vidljivih dislokacija dijela zida izvan sopsptvene ravni treba ukloniti postojeći zid i prezidati od istog materijala novi.



*Zamjena raspucalih djelova zidova*

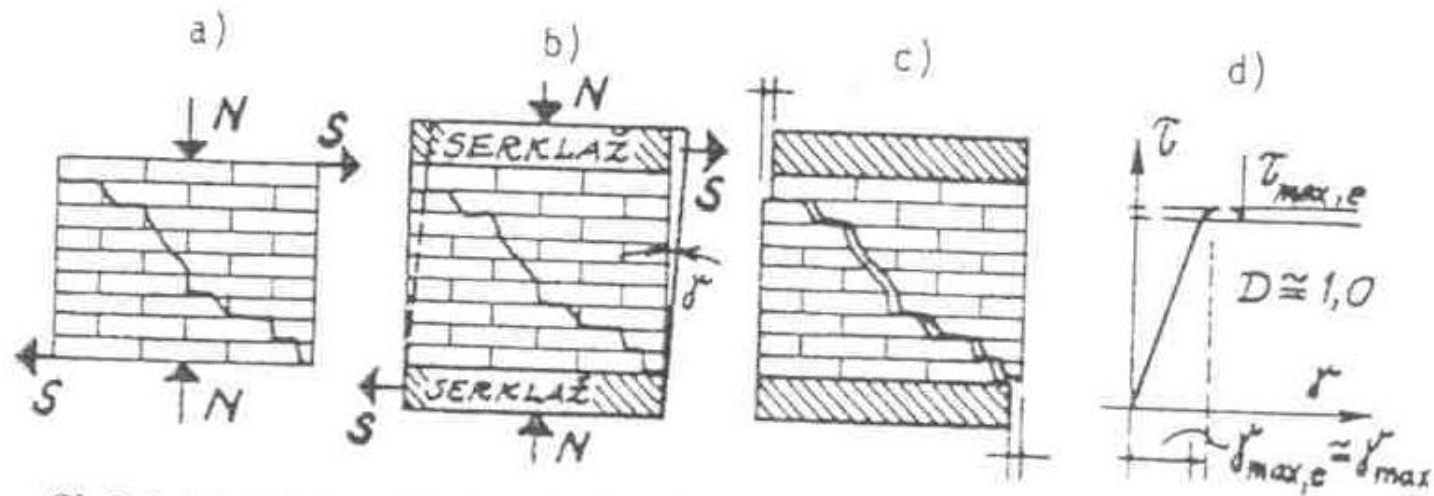


*Ojačanje uglova*

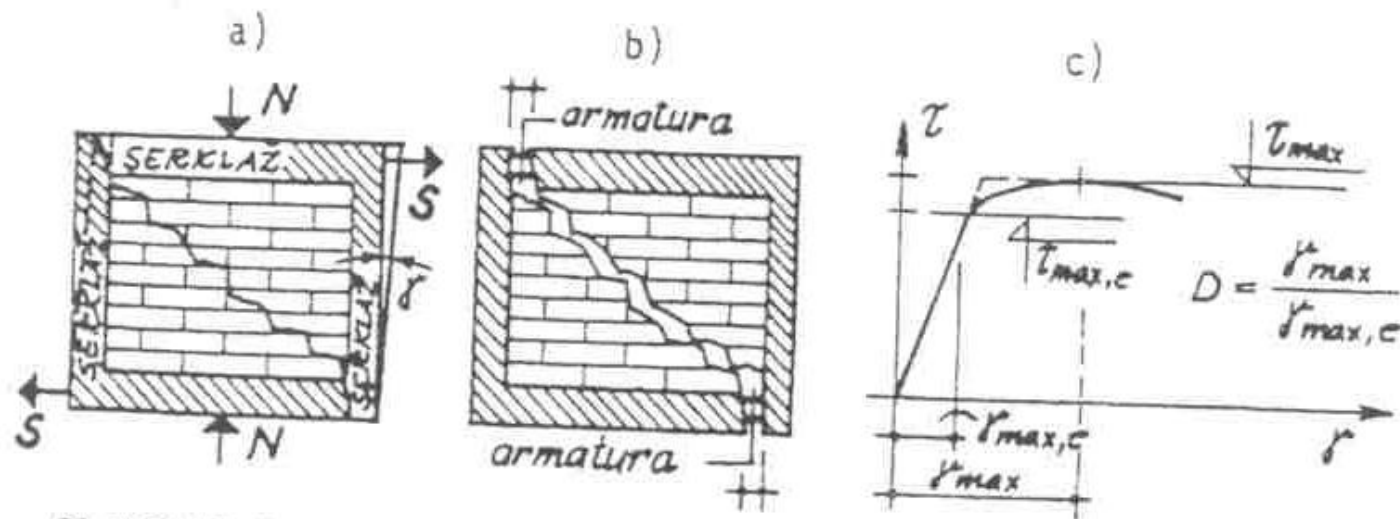
Ako je dislocirano samo jedno lice zida, suprotna strane se zadržava i koristi kao oplata. Sazidaće se novo lice zida uz ispunjavanje srednjeg dijela betonom ili cementnim malterom.

Kod kamenih zidova pod uglom efikasno je umetanje uglovnih kamenova, po 3 komada na 2 m visine zida povezane sa zidnom masom jakim cementnim malterom.

Velike pukotine na uglovima mogu se premostiti umetanjem čeličnih šipki i injektiranjem cementnom emulzijom ili epoksidnom smolom.



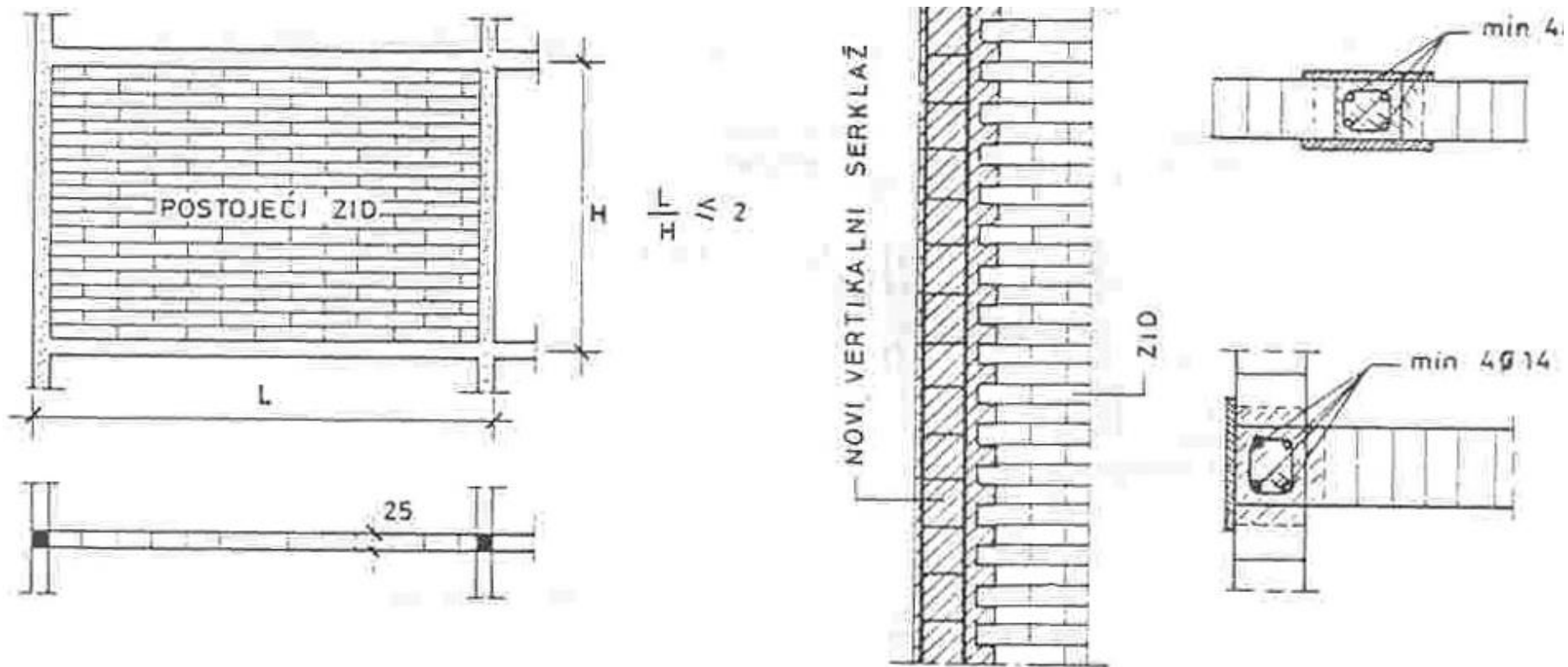
Sl. 2.1. Model ponašanja običih zidanih konstrukcija pod dejstvom seizmičkih (horizontalnih) sila



Sl. 2.2. Model ponašanja zidova uokvirenih armiranobetonskim serklažima pod dejstvom seizmičkih sila

Dijagram ukazuje da vertikalni serklaži značajno uvećavaju duktilnost zidanog zida, ali ne i njegovu nosivost zatezanja, na glavne napone zatezanja. Mjera sanacije ZK može biti umetanje vertikalnih serklaža

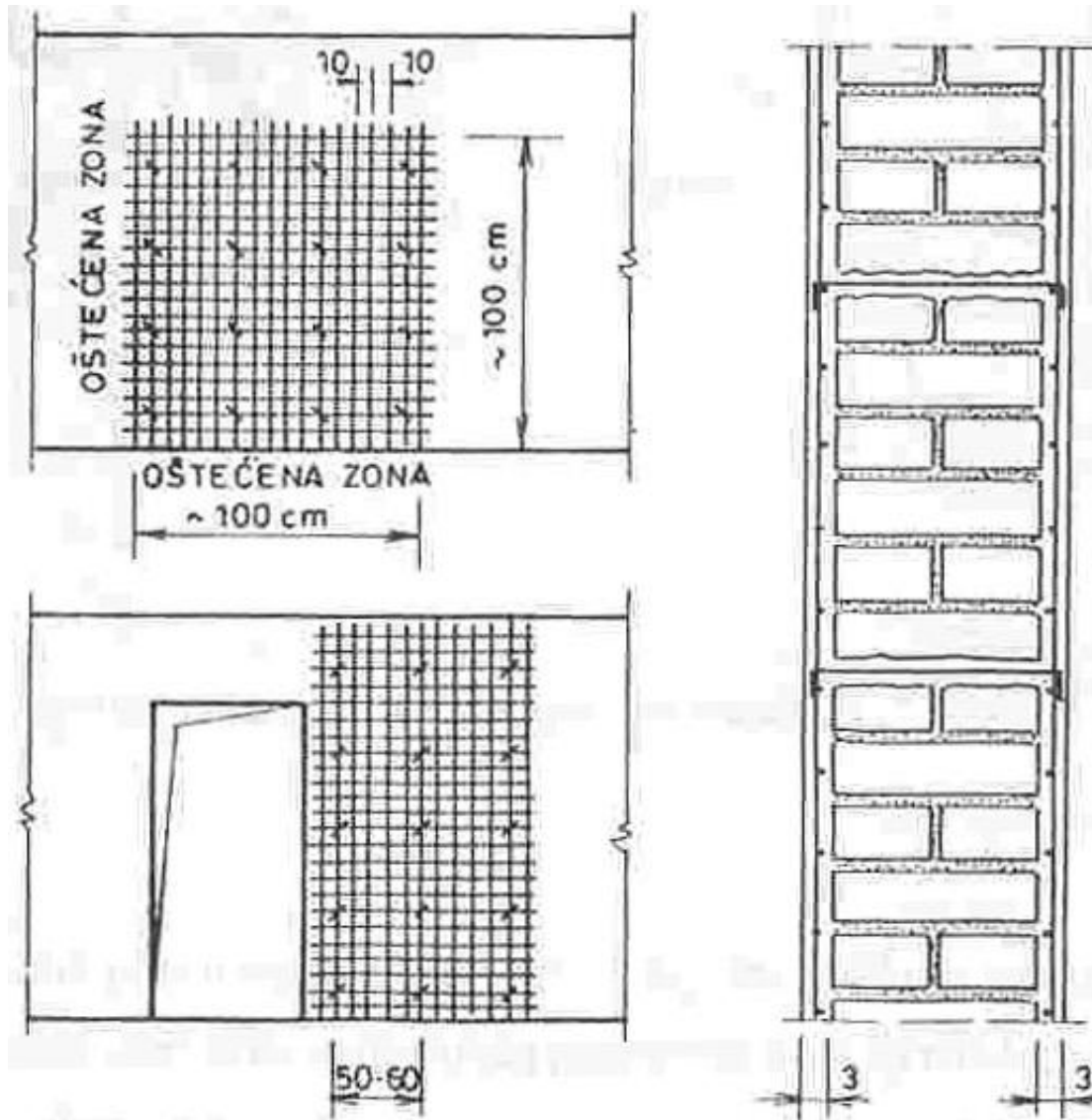




*Ojačanje zgrade vertikalnim serklažima*

Kod zgrada koje imaju monolitne međuspratne tavanice i horizontalne serklaže, a oštećene su u zemljotresu, nakon saniranja zidova preziđivanjem, injektiranjem ili torkretiranjem može se pristupiti izradi vertikalnih serklaža. Vertikalni serklaži povećavaju nešto nosivost zida, ali bitno povećavaju duktilnost. Vertikalni serklaži se izvode prosojecanje zidova i horizontalnih serklaža, a armatura (najmanje 4f14) se ankeriše u temelje i provlači kontinualno do međuspratne konstrukcije na vrhu zgrade.

Kod kamenih zidova izvođenje vertikalnih serklaža se smatra neracionalnim.

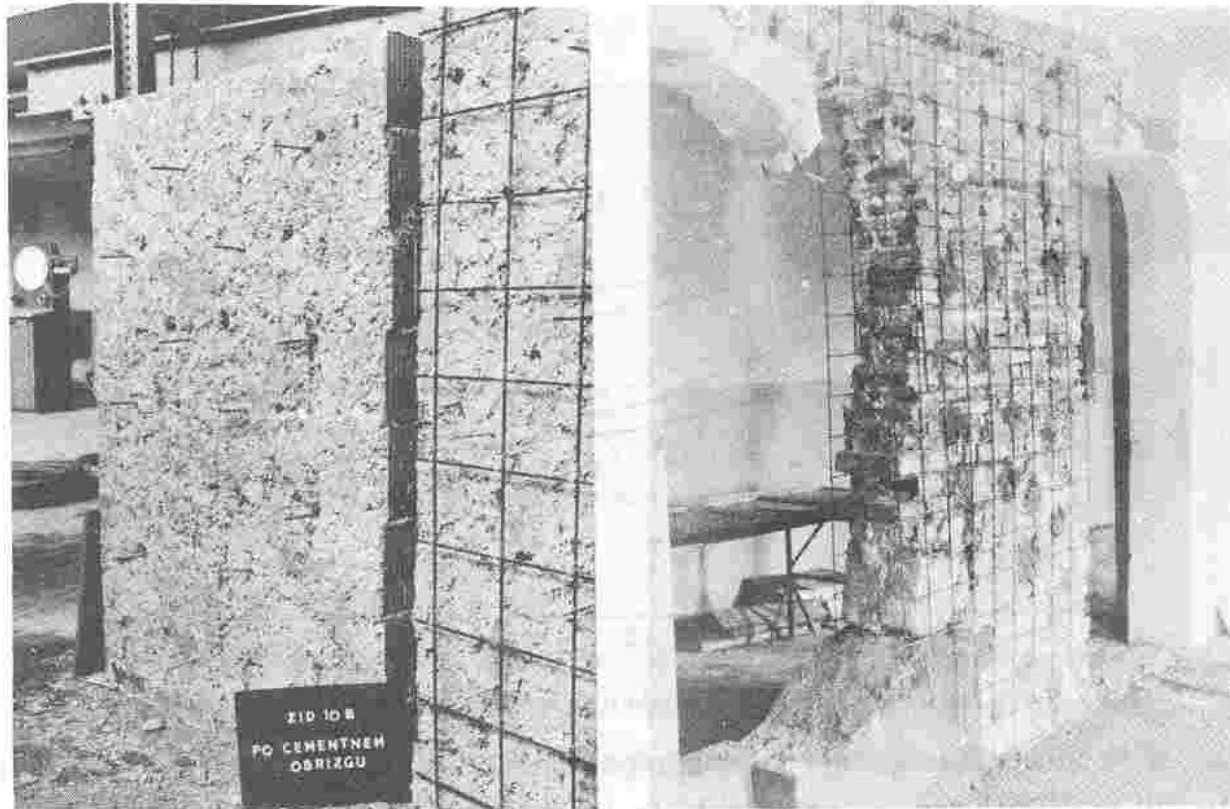


*Ojačanje zgrade torkretiranjem*

Kod zgrada kod kojih je nosivost zidanog zida za preuzimanje seizmičkih sila nedovoljna, ojačanje se često vrši torkretiranjem zidova. Torkret može biti jednostran ili obostran, a dva sloja se međusobno povezuju ankerima provučenim kroz zid (4 kom/m<sup>2</sup> zidne površine).

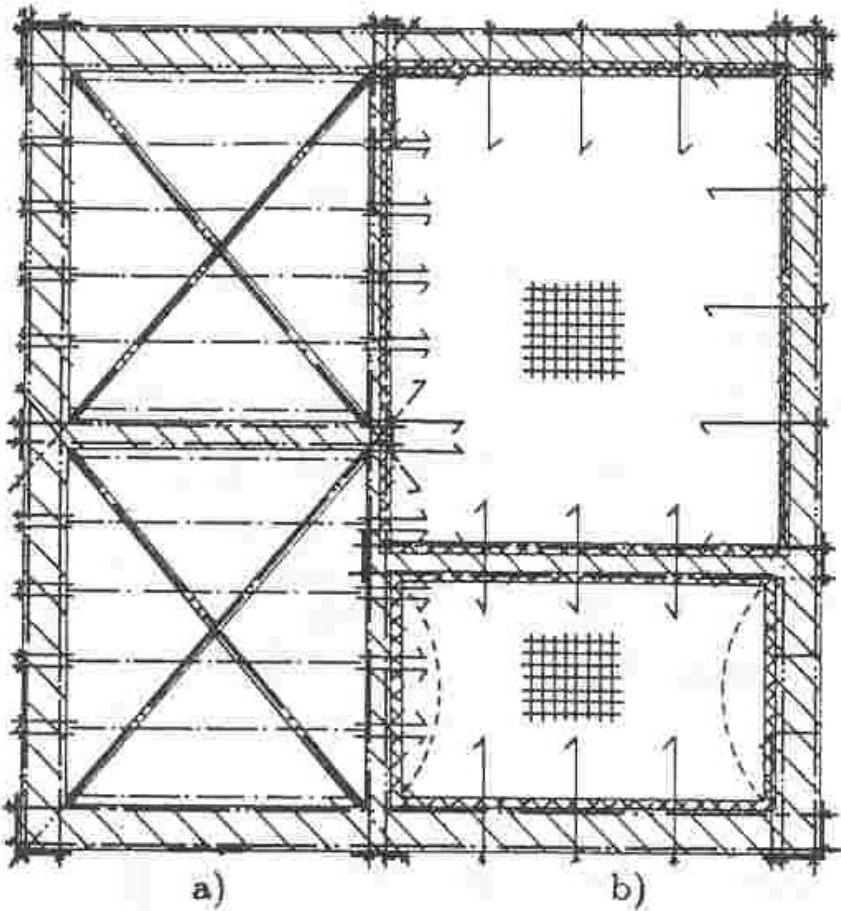
Ankeri mogu biti izostavljeni ako se može dokazati da će ostvarena veza zida i torkreta biti kvalitetna, što se može postići kod kamanih zidova.

Armatura u torkretnoj oblozi je najčešće mrežasta. Debljina torkreta je 30-80mm, a uobičajeni kvalitet je MB 30.



*Sanacija zida od opeke armiranocementnom oblogom*

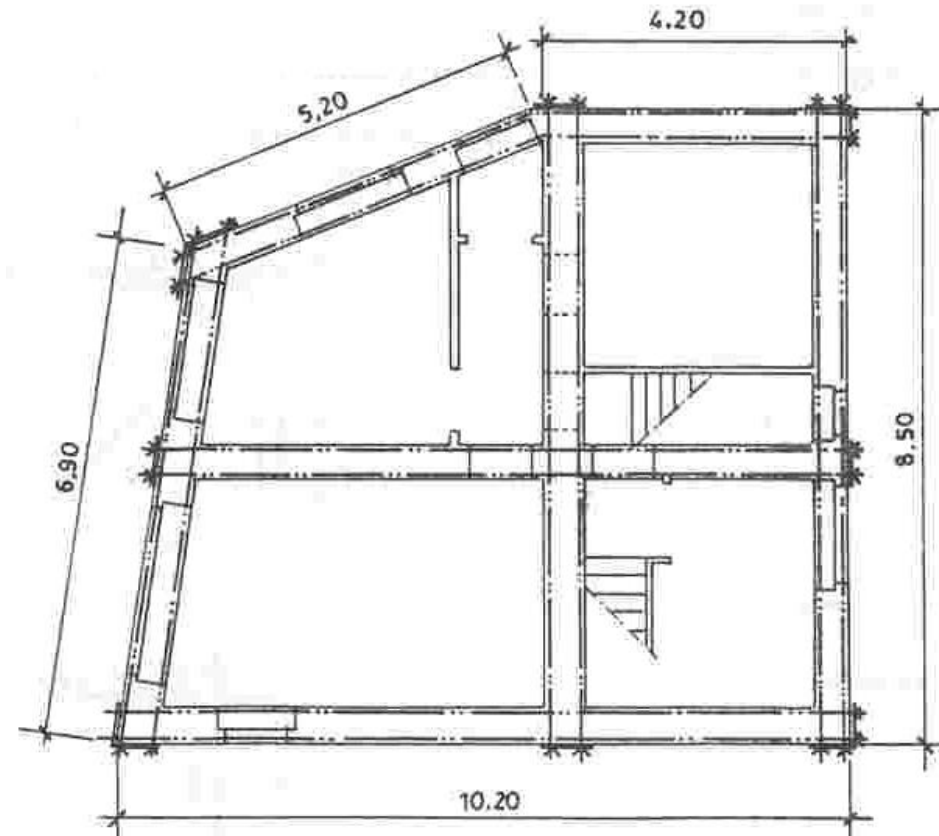
Postupak oblaganja zidova armiranom cementnom oblogom je sljedeći: sa površine zida predviđene za ojačanje ostrani se malter, a spojnice do dubine od 10-15 mm se očiste. Ako u zidu postoje pukotine one se injektiraju. Zid se dobro očisti, ovlaži vodom, omalteriše cementnim mlijekom, nanese se prvi sloj cementnog maltera (MM20) debljine oko 10 mm, postave armaturne mreže međusobno povezane ankerima izbušenim kroz zid (6 kom na m<sup>2</sup> površine zida), a onda se nanosi drugi sloj cementnog maltera (MM20) takođe debljine oko 10 mm. Debljina cementne obloge izonosi od 25-30 mm.



*Tipičan detalj ukrućivanja i povezivanja tavanica:*

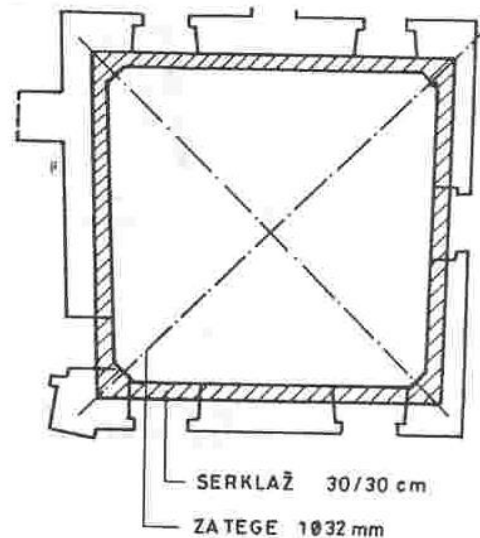
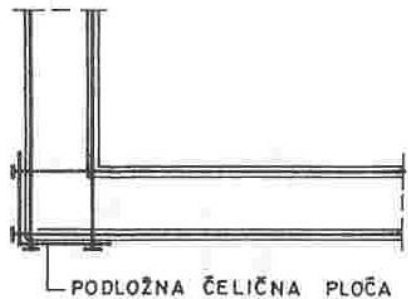
*a) drvene*

*b) masivne*



*Način povezivanja zidova i ukrućivanja tavanica*

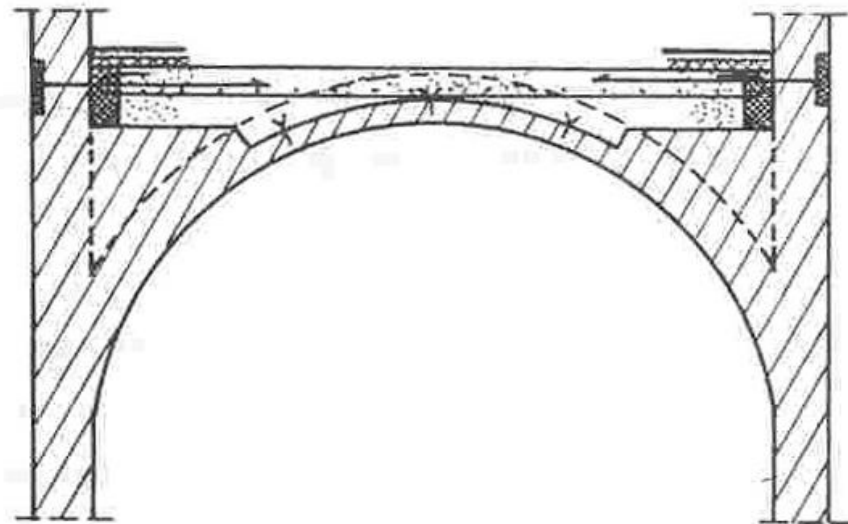
Da bi se ukrutile drvene međuspratne konstrukcije grede se ankerišu u zidove čeličnim vijcima ili ankernim pločama dok se sama tavanica povezuje čeličnim dijagonalnim sponama.



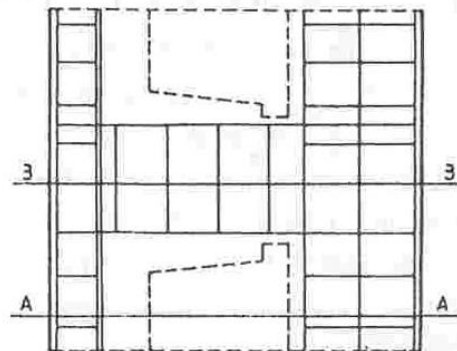
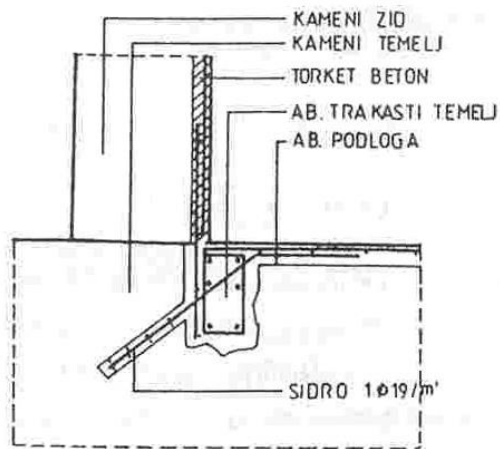
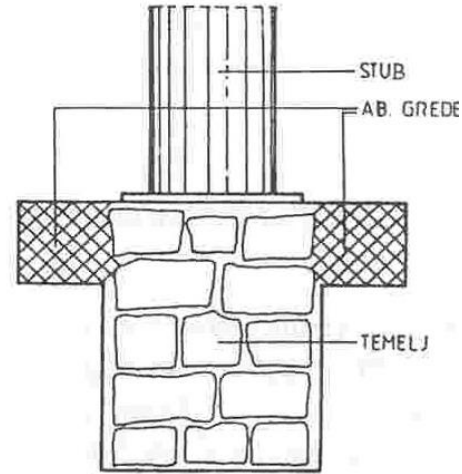
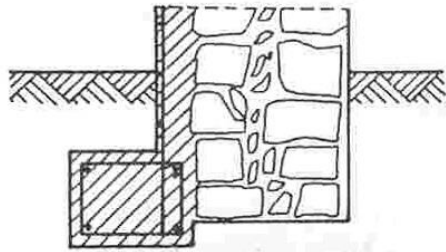
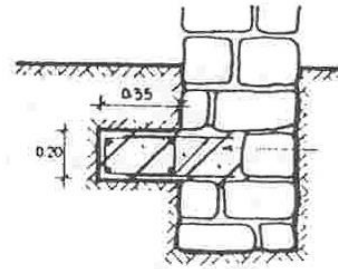
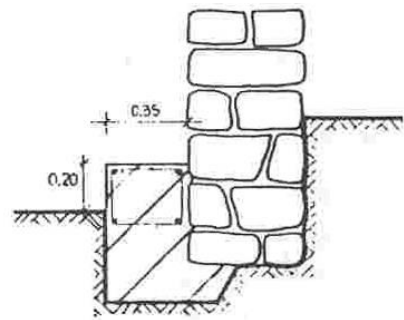
Ako konzervatorski zahtjevi nisu strogi spone-zatege se ugrađuju odmah ispod međuspratne konstrukcije. Spone se nakon postavljanja zategnu ključem nakon čega se matice zavare na čelične ankerne ploče.

### *Tipičan detalj postavljanja čeličnih zatega*

Zidani svodovi obično pretstavljaju dragocjen dio zgrade pa se najčešće moraju po svaku cijenu sačuvati. U tom slučaju najprije se popravljaju oštećeni dijelovi prezidivanjem i injektiranjem, odstrane se teški nasipi, zamijene se lakšim materijalom, pa se preko njega izvede armiranobetonska tavanica. Ako su potrebne spone one se ugrađuju prije betoniranja ploče.



*Ojačanje svoda pločom od lakog betona*



Svrha ojačanja temelja je da se u nivou temelja stvori monolitni roštilj koji će osigurati sinhronu oscilaciju svih zidova zgrade. Zato se novi i postojeći temelji povezuju ankerima ili čepovima. Armatura novih temelja određuje se konstruktivno (npr. 0.5-1%).

Ako je zbog povećanog vertikalnog opterećenja ili nedovoljne nosivosti tla potrebno ojačanje ono se izvodi prema podacima datim u geomehaničkom elaboratu.

Ozbiljne mjere osiguranja temelja su neophodne tamo gdje je moguće klizanje terena. Međutim temelji se najčešće saniraju zbog lokalnog slijeganja tla, koje je posljedica lokalnog preopterećenja tla ili, što je još češće, zbog ispiranja tla ispod temelja.

Ojačanje temelja

**Reparaturni malteri.** Pod reparaturnim malterskim smješama podrazumevaju se materijali kojima se u postupku sanacije nadoknađuju, lokalno ili površinski, oštećeni djelovi betonskih ili zidanih konstrukcija.

U nekim slučajevima reparaturne malterske smješe mogu se i preventivno primjeniti u cilju zaštite, odnosno poboljšanja svojstava postojećih konstrukcija.

Osnovna svojstva reparaturnih maltera obezbenuju njihovu primarnu funkciju, tj. moraju da obezbijede:

- dobru prionljivost za podlogu,
- zapreminsku stabilnost za vrijeme i nakon očvršćavanja (da budu ekspanzivni, da nemaju ili da imaju vrlo malo skupljanje),
- termičku kompatibilnost sa materijalom koji se sanira,
- lako pripremanje, ugrađivanje i obradu,
- jednaka ili veća mehanička svojstva od materijala koji se sanira,
- visoku vrednost pH faktora i
- što manju otvorenu poroznost, odnosno što manje upijanje vode.

Kao reparaturni malteri mogu se koristiti:

- cementni malteri,
- cementni malteri sa aditivima,
- mineralno modifikovani cementni malteri,
- polimerima modifikovani cementni malteri,
- polimerni (epoksidni) malteri.

**Injekcioni malteri.** Injekcioni malteri se prema svojoj namjeni mogu klasifikovati na:

- malteri za injektiranje prslina i pukotina u elementima armiranobetonskih i zidanih konstrukcija (slika),
- malteri za injektiranje kablova za prednaprezanje i za zaštitu užadi od visokovrijednog čelika.

Sastav injekcionih maltera zavisi od dimenzija prslina i pukotina, odnosno od dimenzija otvora koji se popunjava injekcionom masom.

Za injektiranje se generalno mogu koristiti: epoksidne smole, cementne suspenzije, cementni malteri, polimer-cementni malteri i epoksidni malteri.

U navedenim malterima se kao punioc najčešće koristi kvarcno brašno. Kao dodaci za izradu injekcionih mješavina koriste se fino usitnjeni mineralni materijali (bentonit, prirodni i vještački pucolani), a kao hemijski dodaci plastifikatori i aeranti.



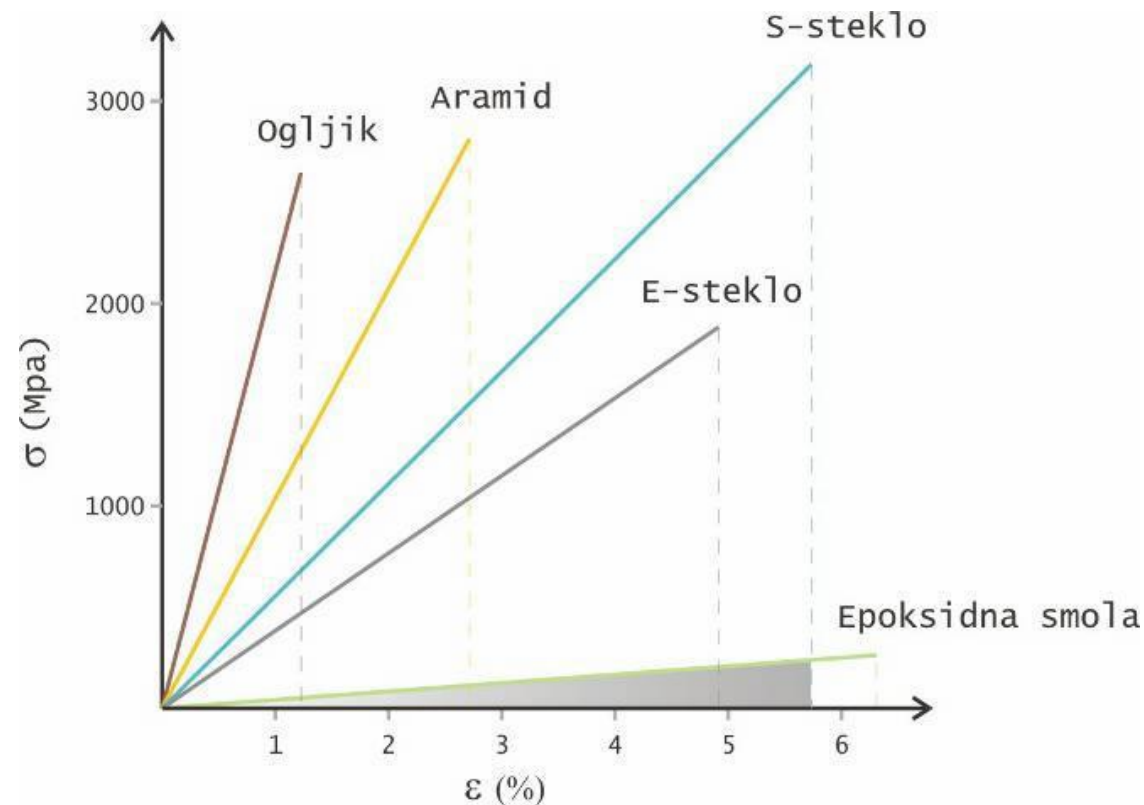
Epoksidne smole se koriste za injektiranje prslina širine do 0.3mm. Ostale vrste injekcionih maltera se primenjuju za injektiranje prslina širih od 0.3mm, šupljina, injektiranje kablova za prednaprezanje itd.

*Način injektiranja zidanog zida*



## Sanacija kompozitnim materijalima

Kompozitni materijali su materijali sastavljeni od dvije ili više komponenti. Mehaničke karakteristike materijala zavise od mehaničkih karakteristika komponenti. U praksi većina kompozitnih materijala sastavljena je od osnovnog materijala (matrice) i armature (materijala koji daje čvrstoću). U građevinskoj praksi se epoksidne smole najčešće koriste kao matrica, a staklena, aramidna ili karbonska vlakna kao armatura, mehaničke karakteristike date su u tabeli.



*Dijagram s-e osnovnog materijala i "armature" pri dejstvu zatezanja*



Ojačanje zida od blok opeke FRP trakama – karbonske trake

Ojačanje zida od blok opeke „FRCM“ sistemom-glas mrežicom armiran malter