

- Sanacija i ojačanje konstrukcija, uvod i definicije. Uzroci oštećenja, agresivnost sredine, preopterećenje, projektantske i izvođačke greške. Ocjena i snimak postojećeg stanja oštećene konstrukcije.
- Klasifikacija oštećenja. Opšti principi sanacije i ojačanja.
- Primjeri oštećenih objekata. Objašnjenje uzroka oštećenja i načina izbora metoda sanacije.

## Uvod i definicije

**Oštećenje** je smanjenje ili gubitak nosivosti, funkcionalnosti i/ili trajnosti konstrukcije ili njenih elemenata usljed dejstva spoljašnjih uticaja.

**Rekonstrukcija** je izvođenje građevinskih i drugih radova na objektu, kojima se: vrši dogradnja; utiče na stabilnost i sigurnost objekta; mijenjaju konstruktivni elementi; mijenja tehnološki proces; mijenja spoljni izgled objekta; povećava broj funkcionalnih jedinica; utiče na bezbijednost susjednih objekata, saobraćaja i životne sredine....

**Sanacija** je izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećem objektu kojima se vrši zamjena konstruktivnih elemenata objekta, kojima se ne mijenja spoljni izgled, odnosno ne utiče na bezbijednost susjednih objekata, saobraćaja i životne sredine, kojima se vrši popravka uređaja, postrojenja i opreme... Sanacijom se konstruktivni elementi vraćaju u stanje projektovane nosivosti, funkcionalnosti i/ili trajnosti koje su imali prije oštećenja.

**Ojačanja** su dovođenje konstrukcije (elemenata) u stanje povećane nosivosti, funkcionalnosti i/ili trajnosti u odnosu na projektovano (izvedeno) stanje.

Radovu na sanaciji mogu se podijeliti na:

- “Reparaturne” sanacije - radi produženja upotrebljivosti i trajnosti objekta
- “Konstrukcijske” sanacije – koje se odnose na nosivost konstrukcije

## **Reparaturne sanacije**

Reparaturnim sanacijama se otklanjaju oštećenja na elementima konstrukcije koja vremenom mogu dovesti do narušavanja njihove zahtijevane nosivosti.

Ova oštećenja su uglavnom vezana za:

- oštećenja zaštitnog sloja betona i sličnih površinskih defekata, kao što je, na primjer, segregacija betona;
- korozija armature;
- nastanak prslina širina većih od dozvoljenih graničnih vrijednost.

## **UZROCI OŠTEĆENJA ELEMENATA KONSTRUKCIJE, SU UGLAVNOM SLEDEĆI:**

1. dejstva atmosferskih uticaja,
2. dejstva različitih agresivnih agenasa,
3. greške pri izvođenju,
4. greške pri projektovanju.

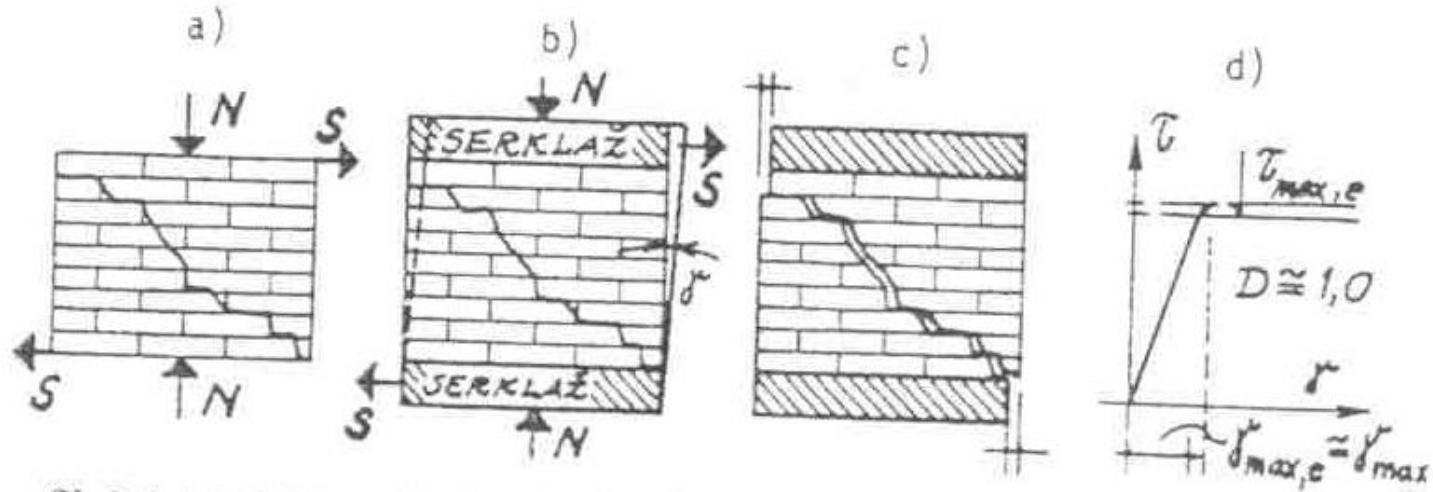
## OŠTEĆENJA ZAVISE OD:

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

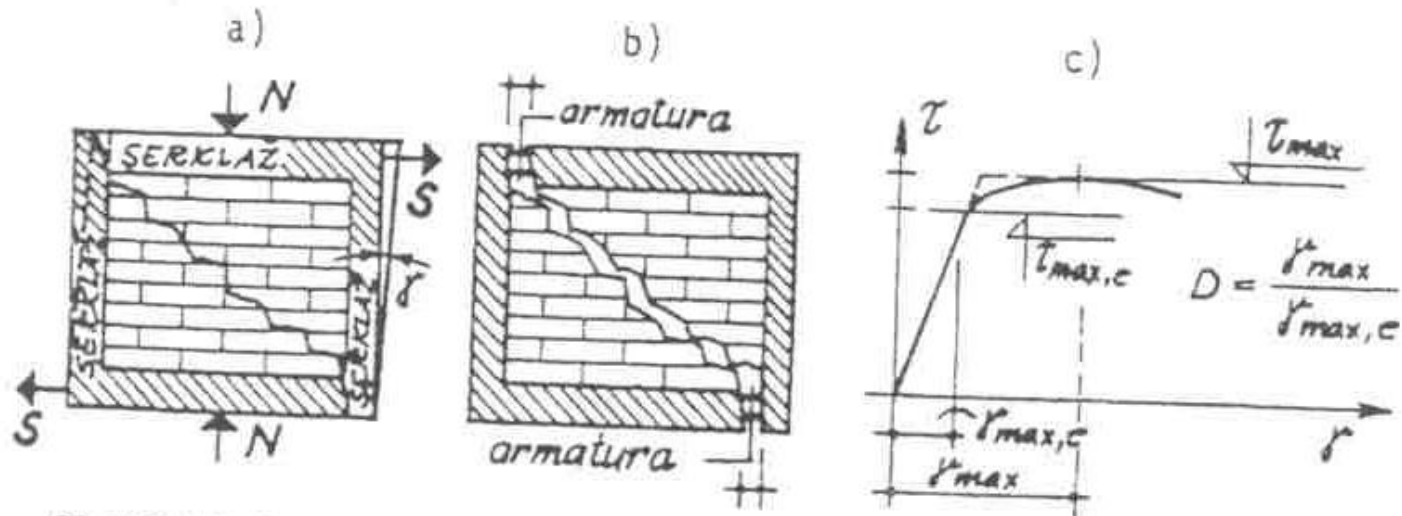
Zavisno od sistema koji se ojačava mogu se primjeniti tehnička rješenja kojima se:

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

# PONAŠANJE ZIDARIJE PRI OPTEREĆENJU



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

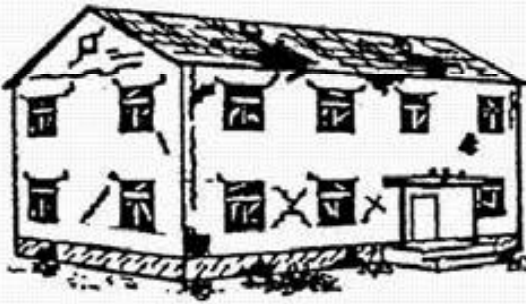
## Classification of damage to masonry buildings





**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.



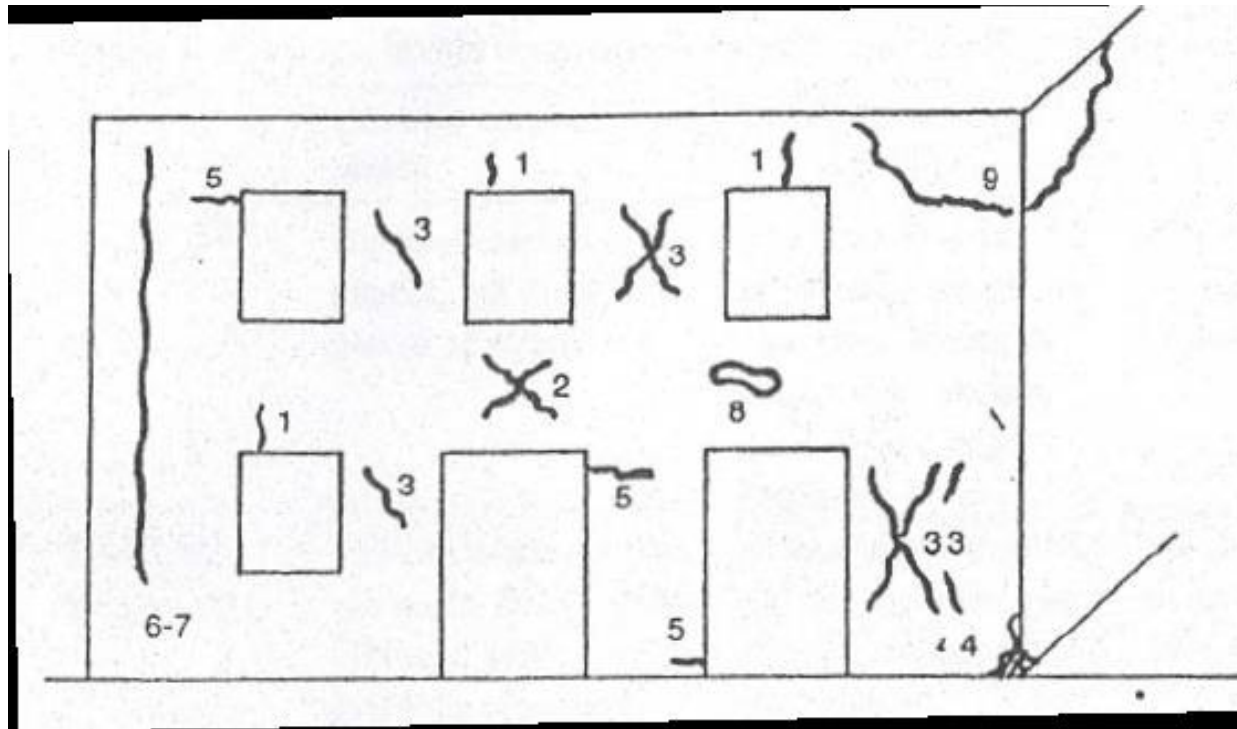
**Grade 3: Substantial to heavy damage**  
(moderate structural damage,  
heavy non-structural damage)  
Large and extensive cracks in most walls.  
Roof tiles detach. Chimneys fracture at the  
roof line; failure of individual non-structural  
elements (partitions, gable walls).

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

*Klasifikacija oštećenja na zidanim konstrukcijama*

Stepeni 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*



## POVREDLJIVOST OBJEKATA

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).

## Nosivi zidovi zidanih konstrukcija

	Stepen oštećenja	Opis	Nivo
	Nikakvo	Nema vidljivog oštećenja	
1	Neznatno	Bilo koje pukotine do 1mm	
2	Srednje	Pukotine do 4mm ukoliko pripadaju tipu pukotina 1, 5, 6, do 2mm ako pripadaju tipu pukotina 2, 3,7, do 1mm ako pripadaju tipu pukotina 4, 8,9	
3	Značajno	Pukotine do 10mm ukoliko pripadaju tipu pukotina 1, 5, 6, ili do 5mm ako pripadaju tipu pukotina 2, 3,7, do 2mm ako pripadaju tipu pukotina 4, 8,9	
4	Veoma značajno	Pukotine i oštećenja veća od D	
5	Rušenje (razoreno)		

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

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)*

# Campania 1980

Type of  
structure: field  
stone masonry  
(in very weak  
mortar) **A**

Grade of  
damage: 5



# Montenegro 1979



Type of structure: simple  
stone masonry **B**

Grade of  
damage: 4

# Swabian Alb 1978

Type of  
structure:  
unreinforced  
masonry **B**

Grade of  
damage: 2



# Friuli 1976



Grade of  
damage: 4

Type of structure: unreinforced masonry,  
with RC floors **C**



# Irpinia 1987



Type of structure:  
RC frame **C-E**?

Grade of  
damage: 4

# Kobe 1995

Type of  
structure:  
RC walls **C-E?**

Grade of  
damage: 5



# KONSTRUKCIJSKE SANACIJE I OJAČAVANJE

## Projekat sanacije

Svaka konstrukcijska sanacija treba da se izvodi na osnovu posebne tehničke dokumentacije, Glavnog projekta sanacije koji, u opštem slučaju, mora da bude zasnovan na ulaznim podacima - podlogama, kao što su:

- Projektni zadatak,
- Projekat postojeće konstrukcije,
- Izveštaj o pregledu i procjeni stanja konstrukcije,
- Geodetski snimak konstrukcije (eventualno),
- Geotehničke podloge (eventualno - zavisno od vrste konstrukcije i prirode njenih oštećenja),
- Ostale podloge (odnosi se najčešće na slučajeve kada se osim sanacije konstrukcija, iz funkcionalnih ili iz razloga vezanih za izmijenjene eksploatacione uslove, objekat preuređuje).

Za izradu projekta sanacije od posebnog značaja je **Izveštaj o pregledu i proceni stanja konstrukcije**, koji u opštem slučaju treba da sadrži:

- obim, intenzitet i uzroke nastalih oštećenja,
- ispitivanje mehaničkih karakteristika materijala (beton, čelik, opeka,...),
- snimak izvedene geometrije elemenata konstrukcije,
- stanje, kvalitet i stepen korozije čelika u betonu
- tehnički snimak svih oštećenja konstrukcije, uključujući i njihovu klasifikaciju i kvantifikaciju (raspored i širine prslina, površinska oštećenja betona),
- stanje deformacija konstrukcije (ugibi, pomjeranja oslonačkih tačaka i dr.),
- generalni zaključak o stanju konstrukcije,
- predlog načina sanacije.

## Projekat sanacije treba da sadrži:

- **sve neophodne tekstualne priloge** (tehnički izvještaj, tehničke specifikacije za materijale i izvođenje radova, predmjer i predračun radova),
- **računske priloge** (proračun konstrukcije kao cjeline, proračun pojedinih detalja,..)
- **grafičke priloge** (dispozicioni crteži, planovi armature, rešenja detalja, ...).

U slučaju kada ne postoji projekat postojeće konstrukcije, potrebno je izvršiti:

- detaljno snimanje geometrije postojećih elemenata konstrukcije,
- "štemovanje" – otkrivanje armature radi utvrđivanja broja i prečnika,
- izradu istražnih jama za utvrđivanje dimenzija i kote fundiranja temelja.



*Pogrešno shvaćeno "štemovanje" radi  
otkrivanja armature*

## **U praksi imaju najširu primjenu sledeće metode sanacije:**

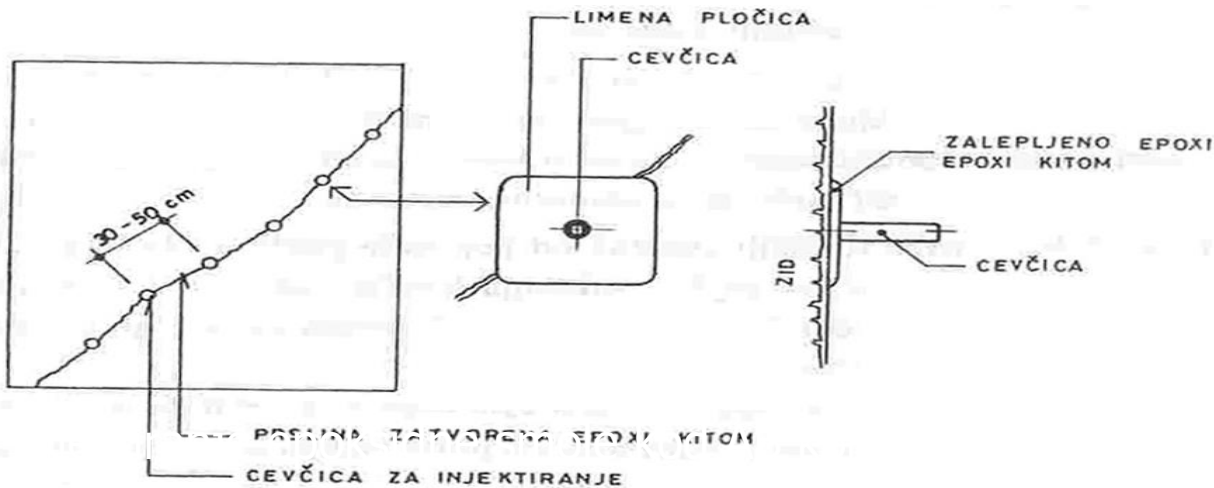
- Smanjivanje opterećenja konstrukcijskih elemenata,
- Prenošnje opterećenja na susjedne konstrukcijske elemente dovoljnih nosivosti,
- Smanjivanje raspona konstrukcija, koje nemaju zadovoljavajuću nosivost,
- Promjena sistema konstrukcija, koje nemaju zadovoljavajuću nosivost,
- Ojačanje konstrukcija postupcima prednaprezanja,
- Ojačanje putem povećanja presjeka dodatnim površinama betona i/ili armature
- Ojačanje poprečnih presjeka lijepljenjem dodatnih lamela od čelika, staklenih vlakana, karbonskih vlakana i sl.

## **PRIMJER smanjenja opterećenja**

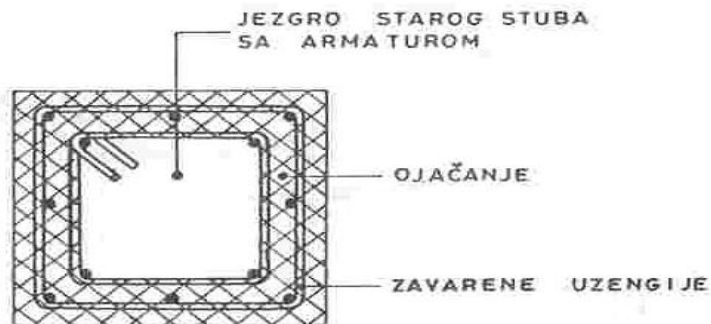
**Nadogradnja zgrada** - smanjivanjem intenziteta opterećenja na postojećim etažama (smanjenjem težine slojeva ravnog krova, eventualnom zamjenom teških podova i pregradnih zidova na nižim etažama objekta savremenim lakim materijalima) i izborom konstrukcijskog sistema nadogradnje (za novu krovnu konstrukciju koristiti "lake" nosače - sisteme od drveta ili čelika).

# OJAČANJE ARMIRANOBETONSKIH ZGRADA

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

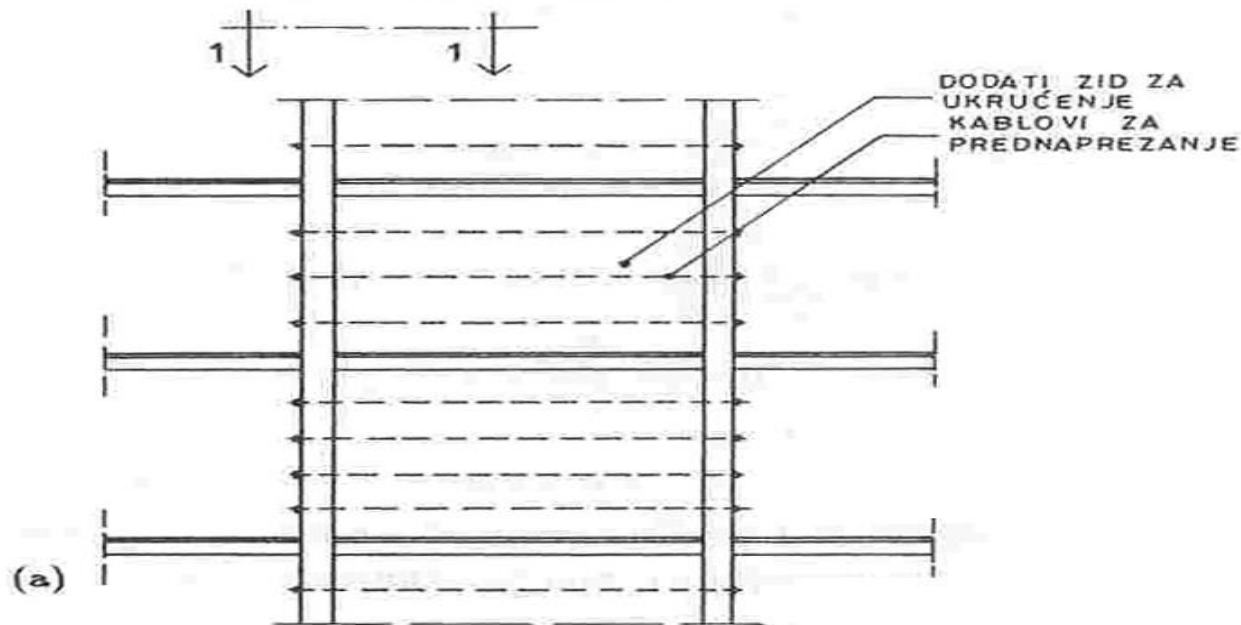


Injektiranje epoksidne smole kod AB konstrukcije

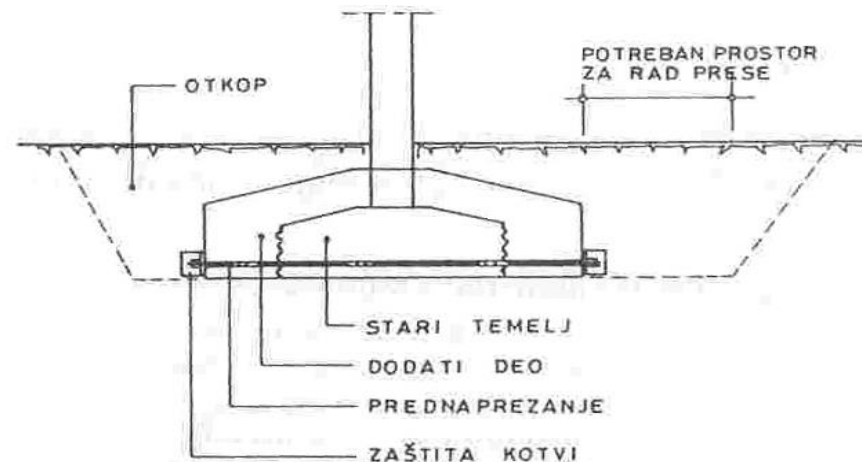


Slika 7.9 Ojačanje stubova

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



Ojačanje AB skeleta  
dodavanjem novih  
elemenata za ukrućenje



Ojačanje temelja AB zgrada



# Pukotine u zidanim konstrukcijama

## Uzroci pukotina u zidanim građevinama

Uzroci pojavi pukotina u zidanim objektima mogu biti vrlo različiti. Neki su od njih bezopasni, drugi dovode do rušenja. Kako svaki objekat posmatamo sa stanovišta nosivosti i upotrebljivosti, potrebno je utvrditi kojoj grupi opažene pukotine pripadaju.

Pukotine su dokaz početnoga oštećenja zidanog objekta i predstavljaju nedostatak bilo sa stanovišta nosivosti bilo sa stanovišta upotrebljivosti ili s oba stanovišta istovremeno. Važno je razlikovanje pukotina koje umanjuju (ili ugrožavaju) nosivost, a time i sigurnost od pukotina koje umanjuju upotrebljivost, ali sigurnost ne ugrožavaju. Od vrste pukotina zavise i postupci popravka (sanacije).

**Pukotine u zidanoj građevini mogu nastati već u toku gradnje i to usljed skupljanja.** Tek izvedeni zid svoj konačni oblik poprima nakon dužeg vremena. Tokom vremena dolazi do otpuštanja suvišne vode iz maltera i njegovog skupljanja (smanjenja dimenzija) a pod opterećenjem od sopstvene težine i do deformisanja (skraćanja). Ako je zid slobodan tj. nepovezan s drugim zidovima pukotina neće nastati, jedino će zid na kraju biti nešto niži u odnosu na svoju početnu visinu. Ako je zid povezan s drugim zidovima, posebno sa starijim, ili s novim, ali različito opterećenim, zbog različitih deformacija na spojnici, doći će do naprezanja koja mogu prouzrokovati pukotinu. Takva pukotina nakon što se deformisanje zidova završi više "ne radi" pa se može zatvoriti malterisanjem.

Čest su uzrok pojave pukotina **promjene temperature**.

Svaki materijal pa i zidarija pri promjeni temperature mijenja svoje dimenzije - pri povećanju temperature se širi, a pri sniženju temperatura se skuplja. Ako je produženje ili skraćenje zida spriječeno, npr. drugim konstrukcijskim elementima ili trenjem javit će se u materijalu naprezanje koje može dovesti do stvaranja pukotine. Takve pukotine neprekidno "dišu", tj. povećavaju se i smanjuju, zavisno od temperaturnih promjenama.

Ako je širenje zida spriječeno ono će se kompenzirati ili unutrašnjim naprezanjem u zidu ili opterećenjem susjednih elemenata uz koje je zid priljubljen. Kad naprezanja premaše čvrstoću materijala javit će se pukotine. Jednom stvorena pukotina mjesto je na kojem se događaju pomjeranja pri sljedećim temperaturnim promjenama. Ove pukotine su reda nekoliko milimetara.

Svaki se materijal pri promjeni temperature različito širi. Zbog toga **spoj dva različita materijala** predstavlja mjesto potencijalne pukotine. To je npr. uzrok pojave pukotina na spoju neizolovane betonske međusprtane ploče izložene suncu i zida na koji se ona oslanja. Isti je uzrok pukotina koje se javljaju na spojevima nosivih i pregradnih zidova izvedenih od različitih materijala. I na spojevima čelične konstrukcije i zidarije će takođe pri promjeni temperature nastati pukotine.

**Promjena stepena vlage u materijalu** uzrok je zapeminskih promjena. Zapreminske promjene mogu dovesti do pojave pukotina. Količina vlage u materijalu zavisi od okruženja u kojem se materijal (objekat) nalazi.

Načelno govoreći, upijanje vode dovodi do bubrenja, gubitak vode do skupljanja. Pukotine prouzrokovane vlagom naročito se uočavaju na nepravilno izvedenim ili njegovanim malterima.

**Pukotine nastale u toku gradnje, one prouzrokovane promjenama temperature ili vlage, spadaju u grupu pukotina koje umanjuju upotrebljivost, a od mišljenja i podnošljivosti korisnika zavisi hoće li preduzeti mjere za njihovu eliminaciju.**

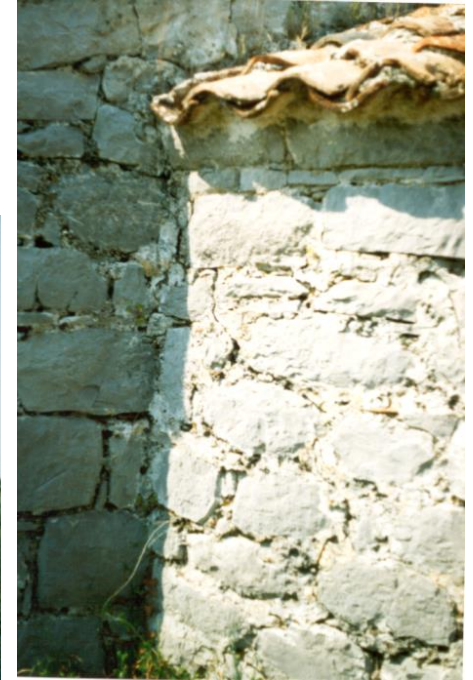
**Opterećenja su glavni uzrok konstrukcijskim pukotinama.** To su pukotine u nosivim zidanim zidovima prouzrokovane opterećenjima koja su premašila čvrstoću materijala.

Vrlo rijetko zidarija je preopterećena tako velikim vertikalnim opterećenjem da ono uzrokuje vertikalno raspucavanje. Takav se slučaj ipak ponekad može dogoditi na pojedinim uskim zidnim stupcima starijih građevina. Ako se takva pojava dogodi hitno je potrebno izvesti podupiranje tog dijela objekta.

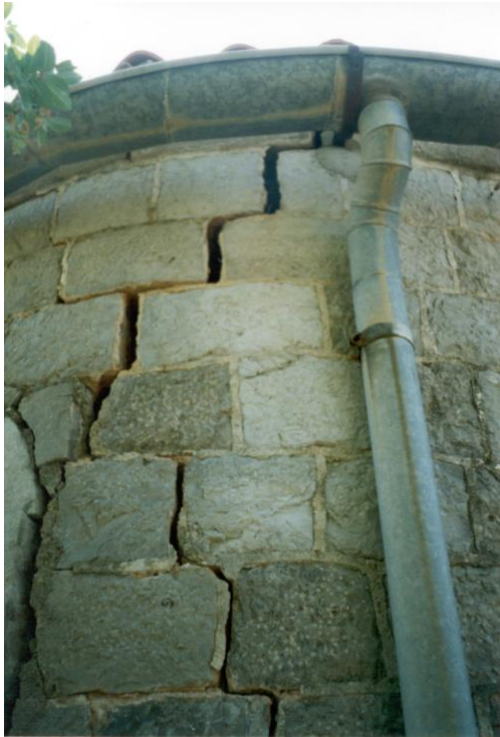
Horizontalna opterećenja mogu nastati ne samo od zemljotresa i vjetra nego i od potiska lučnih konstrukcija i svodova koji često postoje u starijim sakralnim i reprezentativnim zidanim građevinama. Pukotina u zidariji je u tom slučaju kosa, pri čemu je smjer pukotine normalan na smjer djelovanja sile zatezanja. **Ove pukotine treba smatrati ozbiljnima, jer ugrožavaju nosivost i stabilnost objekta.**

Vrlo je važno utvrditi da li je došlo do stabilizacije stanja ili se ono pogoršava. To se može utvrditi posmatranjem odnosno mjerenjem širine pukotina tokom vremena. Najjednostavniji je postupak postavljanje gipsom pričvršćenog stakla preko pukotine. U složenijim slučajevima za mjerenje postoje posebni instrumenti koji mjere deformacije s tačnošću i do 1/1000 mm. Ako se tokom vremena pukotine povećavaju (šire) nužni su ozbiljni zahvati za ojačanje konstrukcije.

U starijim sakralnim objektima česte su pukotine u zidariji oko otvora (prozora i vrata), na mjestima nagle promjene debljine zida, na priključcima naknadno prigradenih kapela ili apside. Na lukovima može se uočiti jedna ili nekoliko pukotina. Takve su pukotine "mirne" tj. ne povećavaju se s vremenom, no ipak "rade" pri temperaturnim promjenama. Stoga ih nije moguće sanirati premazivanjem bojom ili slojem maltera, jer će se pukotina opet otvoriti. **Svodovi i kupole sakralnih građevina rijetko su raspucali, a ako jesu, to je upozorenje ozbiljnih problema na objektu.**



Crkva je lakše oštećena. Oštećenja su vidljiva na poprečnim zidovima: na zabatnom zidu iznad i oko apside i na zidu iznad ulaznih vrata;



- Zapadni zid crkve sa zvonikom ima izražene dijagonalne pukotine, po malterskim spojnicama, oko vrata na ulazu u crkvu. Zvonik je u gornjem dijelu teže oštećen;
- Na apsidi velike pukotine uočavaju se iznad prozora. Pukotine su se javile u punoj širini zida. Oštećenja su vidna i na zabatnom zidu iznad apside;
- Na svodu crkve izražene su podužne pukotine..

Temeljno tlo, u kojem je došlo do promjene režima podzemne vode, do stvaranja klizišta, do ispiranja finih čestica tla te kao posljedica toga do slijeganja tla ispod građevine, predstavlja ozbiljan problem za stabilnost građevine. Proces u tlu su dugotrajni i spori.

**U slučaju klizišta ili novog režima nivoa podzemne vode obično treba rješavati stabilnost tla na širem području oko objekta.** Tek kad se stabiliziraju i zaustave deformacije u tlu razumno je pristupiti sanaciji. I za te radove nužan je stručni pristup i izrada projekta.

**Ipak, glavni razlog oštećenjima građevine do kojih dolazi bez promjena u nosivoj konstrukciji jeste neriješena odvodnja krovne vode sa objekta.** Vertikalne odvodne cijevi koje krovnu vodu iz oluka dovode do tla završavaju gotovo uvijek uz nosivi zid, jer atmosferska kanalizacija ne postoji. Voda ulazi u tla i razmekšava ga. Plitko izvedeni temelji "tonu" u razmekšano tlo, a na objektu se opažaju pukotine.





## Sanacija pukotina

Jedno od stanovišta može biti da pukotine ne treba sanirati zbog toga što:

- su neznatne širine, npr. 0,1 - 0,2 mm,
- nikoga ne ugrožavaju i nikome ne smetaju,
- ne predstavljaju nedostatak s obzirom na upotrebljivost objekta,
- stabilizovane su, ne povećavaju se tokom vremena,
- sanacija bi imala ograničeni učinak, a pukotine bi se ponovno pojavile na istim ili drugim mjestima.

### **Ako vlasnik odluči pukotine sanirati ima na raspolaganju sljedeće postupke:**

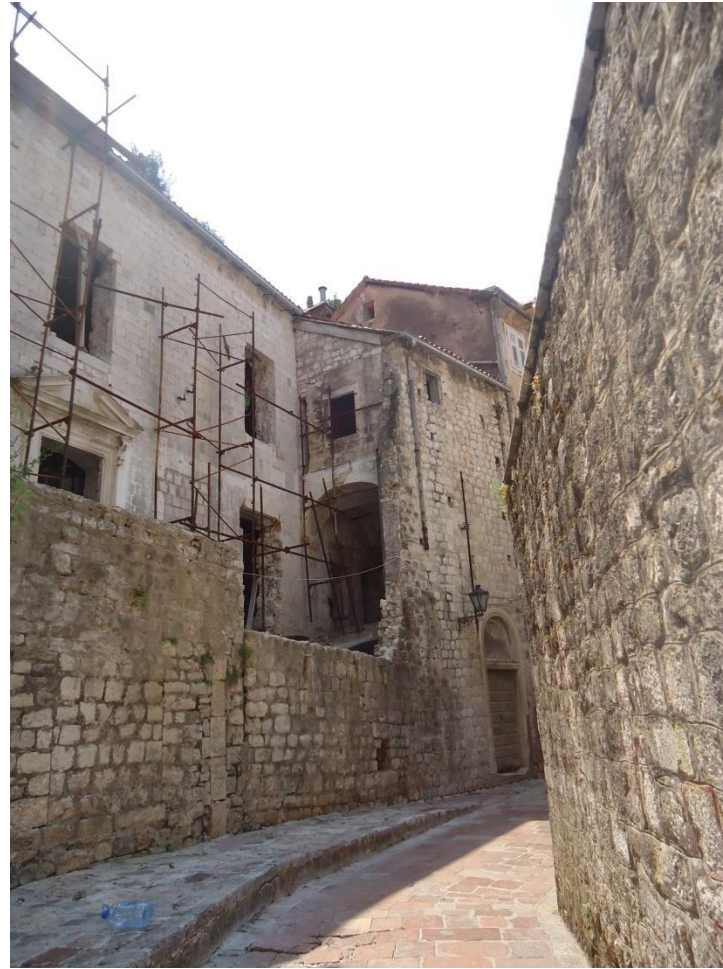
Ako se saniraju pukotine koje i dalje "rade", npr. one prouzrokovane temperaturnim promjenama:

- Postavljanje maske. Maska čini pukotinu nevidljivom u prostoriji, ali pukotina i dalje postoji i "radi". Maska se izrađuje u obliku drvene, rjeđe metalne letvice ili ugaone letvice.
- Premoštenje pukotine elastičnim materijalom. Pukotina i dalje postoji i "radi", ali se to ne primjećuje, jer je premoštena trajnoelastičnim kitom, mrežicom i sl. Može se izvesti na pukotinama proizvoljnog, nepravilnog smjera, ali ne ako im je širina veća od razmaka koji kit podnosi (10 - 20 mm).

**Ako se saniraju pukotine koje su smirene i više "ne rade", npr. nakon zemljotresa, nakon djelovanja eksplozivnih sredstava, ili požara, mogu se preduzeti sljedeće mjere:**

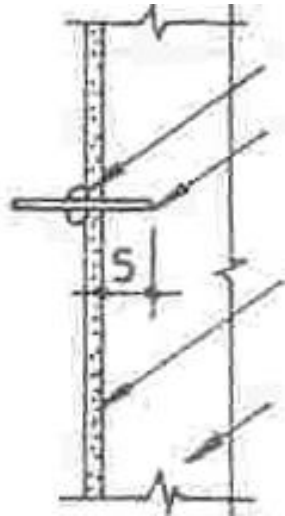
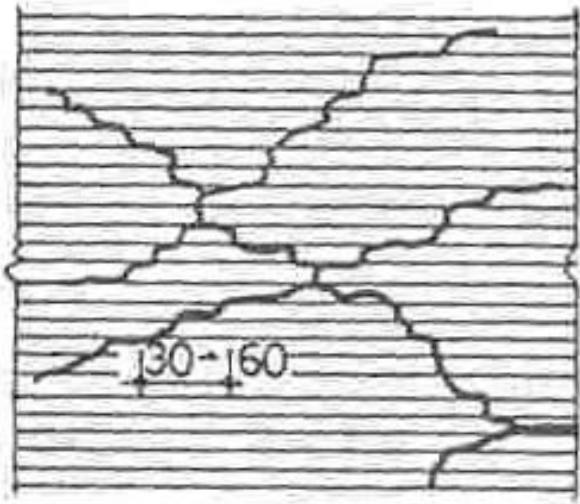
- **Zatvaranje pukotine novom bojom i/ili novim malterom** postavljenom na mjestu uklonjenog maltera u okolini pukotine;
- **Injektiranje pukotine cementnom emulzijom** (mješavinom cementa i vode) s naročitim dodacima (za postizanje čvrstoće, za bubrenje) - što je primjenjivo za slučaj kad se želi uspostaviti približno slična nosivost zida kakva je bila prije oštećenja. Pukotine uže od 0,3 mm ne mogu se injektirati;
- **Oblaganje raspucaloga zida slojem prskanoga betona (torkretbeton)** - postupak kojim se zid jednostrano ili obostrano oblaže slojem 2 – 4 cm debelog betona koji se na površinu zida (prethodno objeni malter) nanosi mašinski. Postupak je primjenjiv kada vrlo oštećeni zid treba ojačati i zaštititi od dalje degradacije. Metoda je upotrebljiva kod većih zahvata i nije ekonomična za pojedinačne elemente. Po potrebi sloj betona može se armirati lakom čeličnom mrežom.

- **Prednaprezanje čeličnim žicama ili užadima.** Taj postupak može imati povoljan učinak na ponašanje zida, jer se zidno tijelo dovodi u stanje pritiska čime se prevladavaju učinci budućih sila zatezanja. Postupak je upotrebljiv za sanaciju i pojačanje oštećenih crkvenih zvonika.
- **Armiranje.** Postavljanjem čeličnih šipki uz pukotinu i preko nje, sile koje su uzrokovale "rad" pukotine bit će preuzete postavljenom armaturom. Armiranje u obliku čeličnih sidara koja spajaju razdvojene dijelove zida naročito je djelotvorno za ponovno povezivanje raspucalih zidova koji se spajaju pod uglom.
- **Ugradnja novih dijelova zidanih zidova.** Ako su pukotine vrlo široke obnova oštećenog zida izvest će se ugradnjom novih dijelova zida. Dijelovi zida od opeke ili kamena, kao i malter u okolini pukotine će se ukloniti, a na njihovo mjesto ugradit će se novi komadi i tako ponovno povezati dva razdvojena dijela zida.



*Zid aneksa koji ima vidne deformacije i u prethodnoj sanaciji je "vezan" za objekat*

## Injektiranje pukotina u zidu

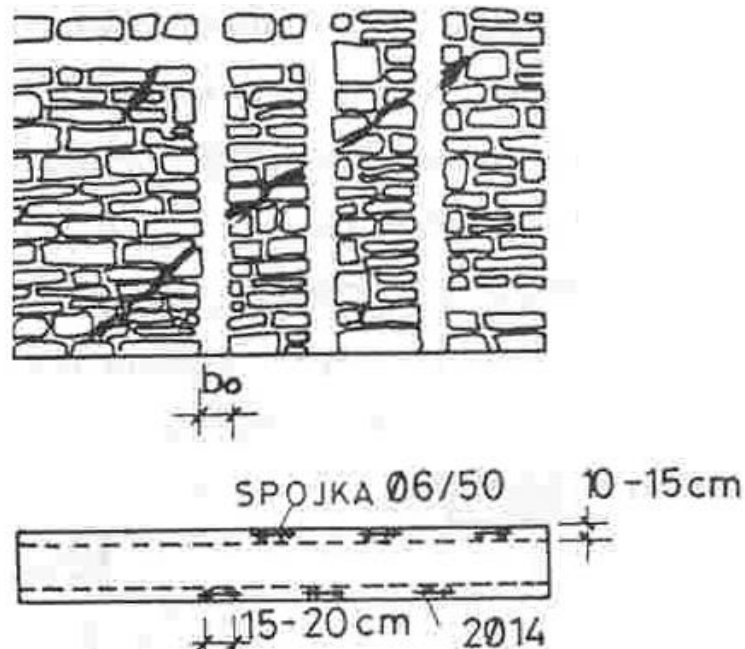
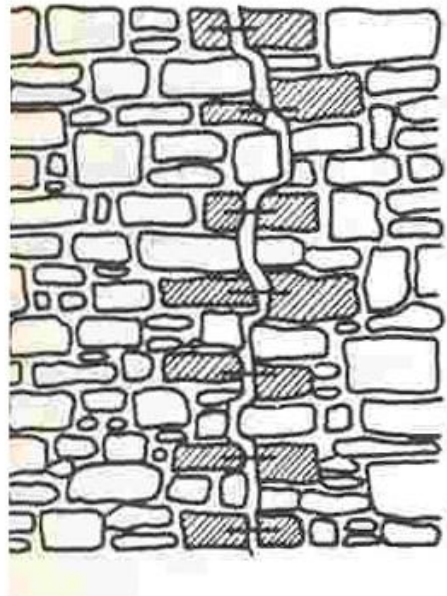


Pukotine šire od 0.3 mm mogu se ispuniti injektiranjem tekućeg cementnog maltera. Samo se u posebnim slučajevima koriste epoksidni materijali. Injektiranje pukotina može se izostaviti ako je predviđeno ojačanje zida torkretiranjem. Injektiranje se može koristiti i kod većih pukotina sve do veličine od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

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 postavje 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 cjevčica ispere ili izduva;
- vrši se injektiranje, pod malim pritiskom, odozdo na gore, pa kad je pukotina ispunjena, emulzija počinje da teče na prvu gornju cjevčicu.

## Spajanje zidova čeličnim klanfama ili armiranobetonskim moždanicima



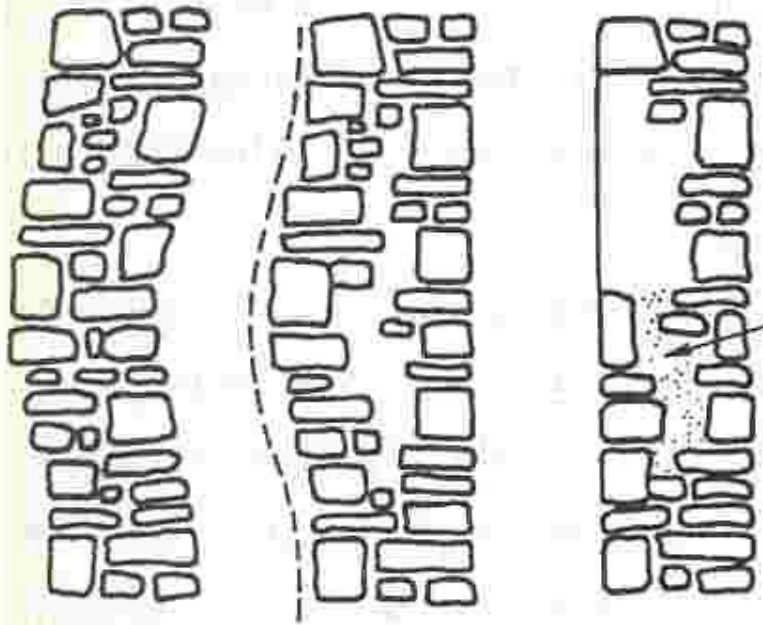
*Ojačanje jače raspucalih zidova*

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

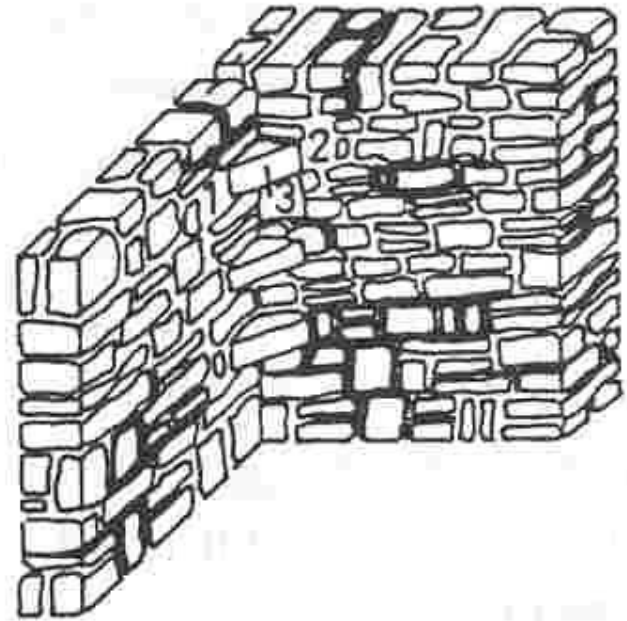
Upravno na pukotine mogu se ugraditi čelične klamfe, armatura ili armiranobetonski moždanci. Jedna od mogućnosti je i popunjavanje šupljina betonom koji presijeca pukotinu i tako ojačava cijeli zid.

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

## Preziđivanje oštećenih zidova



*Zamjena raspucalih djelova zidova*



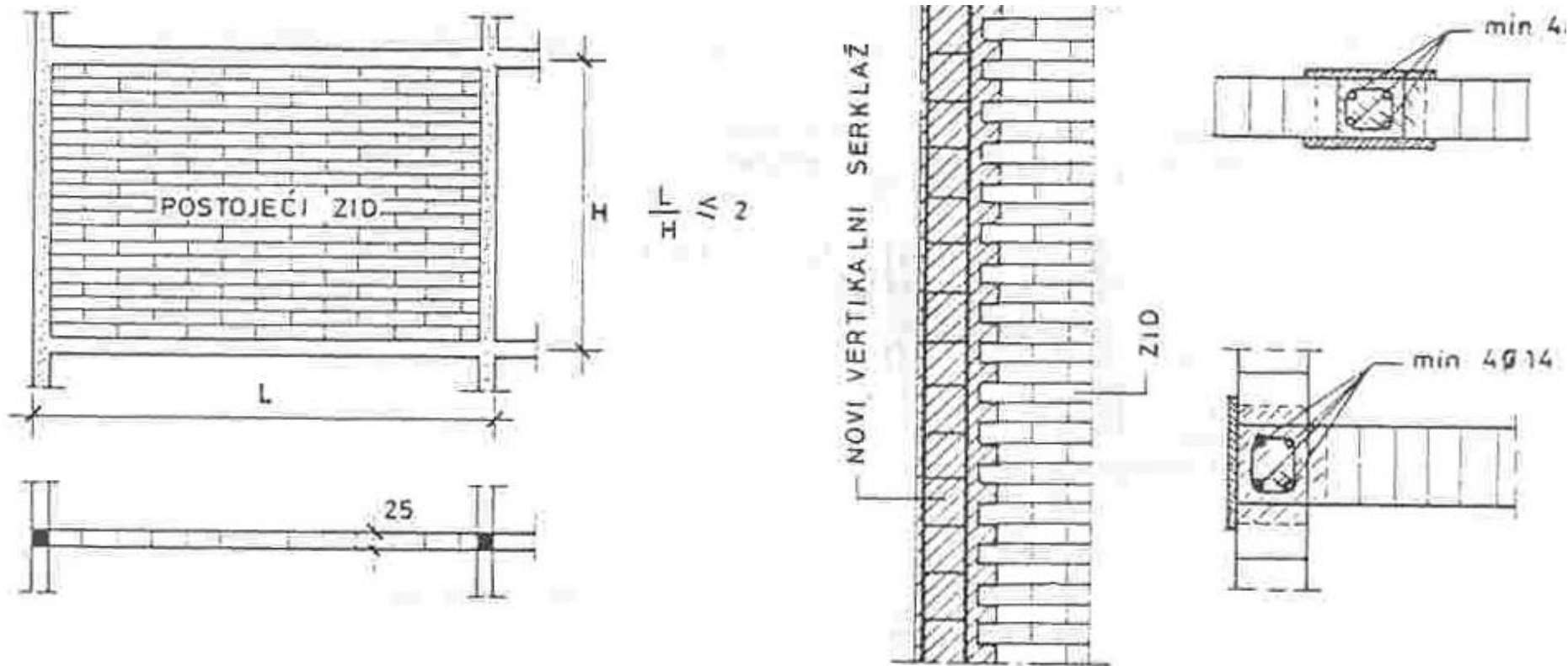
*Ojačanje uglova*

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.

## Ojačanje zgrade umetanjem vertikalnih serklaža

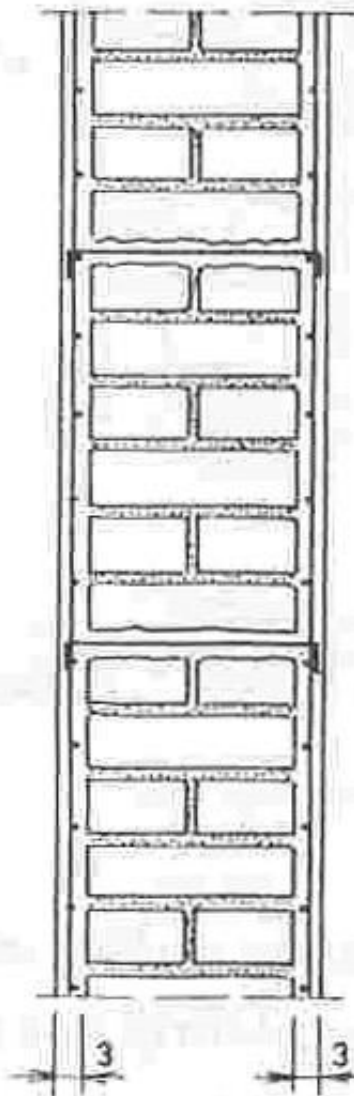
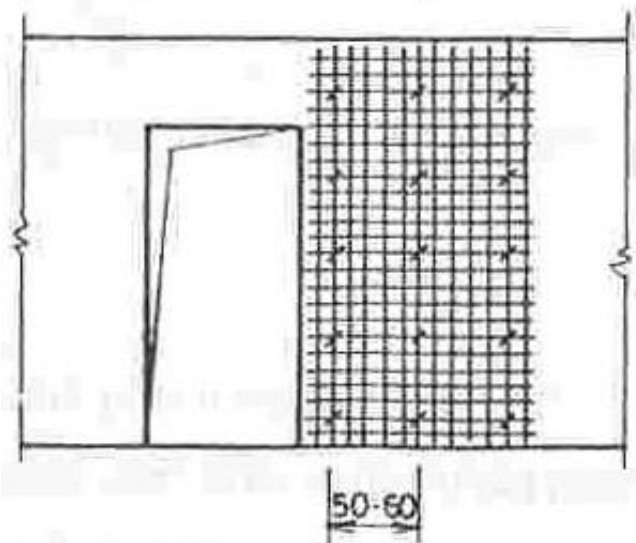
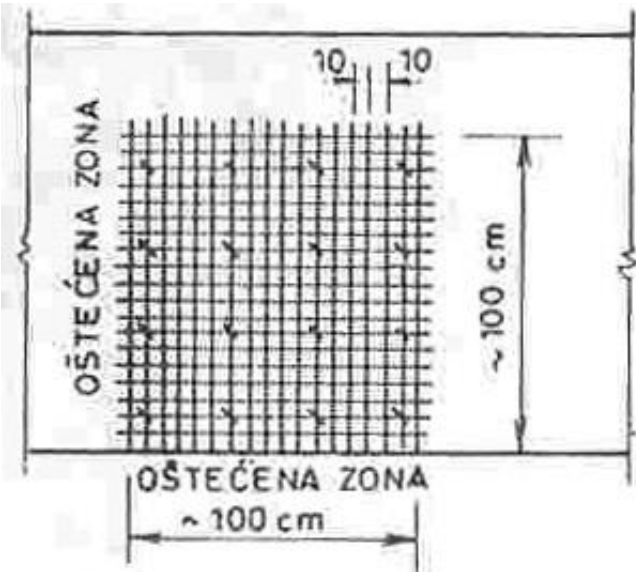


Kod zgrada koje imaju monolitne međuspratne tavanice i horizontalne serklaže, a oštećene su u zemljotresu, nakon saniranja zidova preziđivanjem, injektiranjem ili torkretiranjem može se pristupiti izradi vertikalnih serklaža. Vertikalni serklaži se izvode prosjecanjem zidova i horizontalnih serklaža, a armatura (najmanje  $4\phi 14$ ) 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

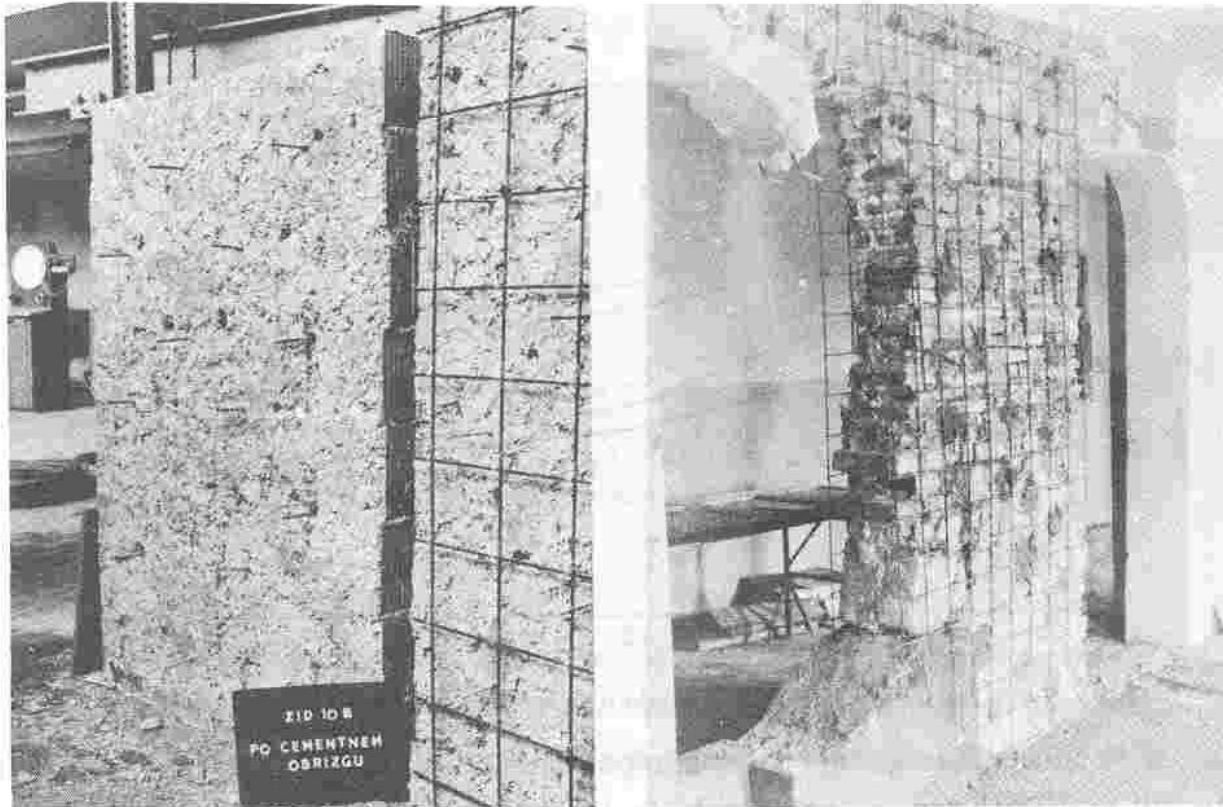


Kod zgrada kod kojih je nosivost zidanog zida za preuzimanje seizmičkih sila nedovoljna, ojačanje se često vrši torkretiranjem zidova. Torkret može biti jednostran ili obostran, a dva sloja se međusobno povezuju ankerima provučenim kroz zid (0.5 do 4 komada/m<sup>2</sup> zidne površine).

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

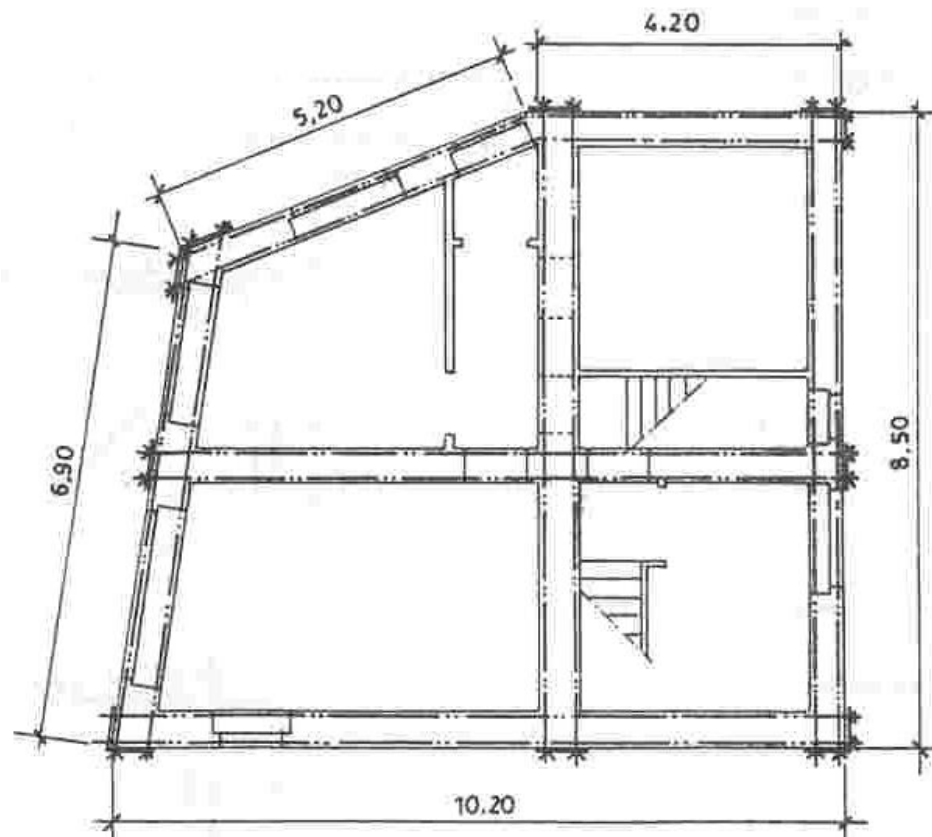
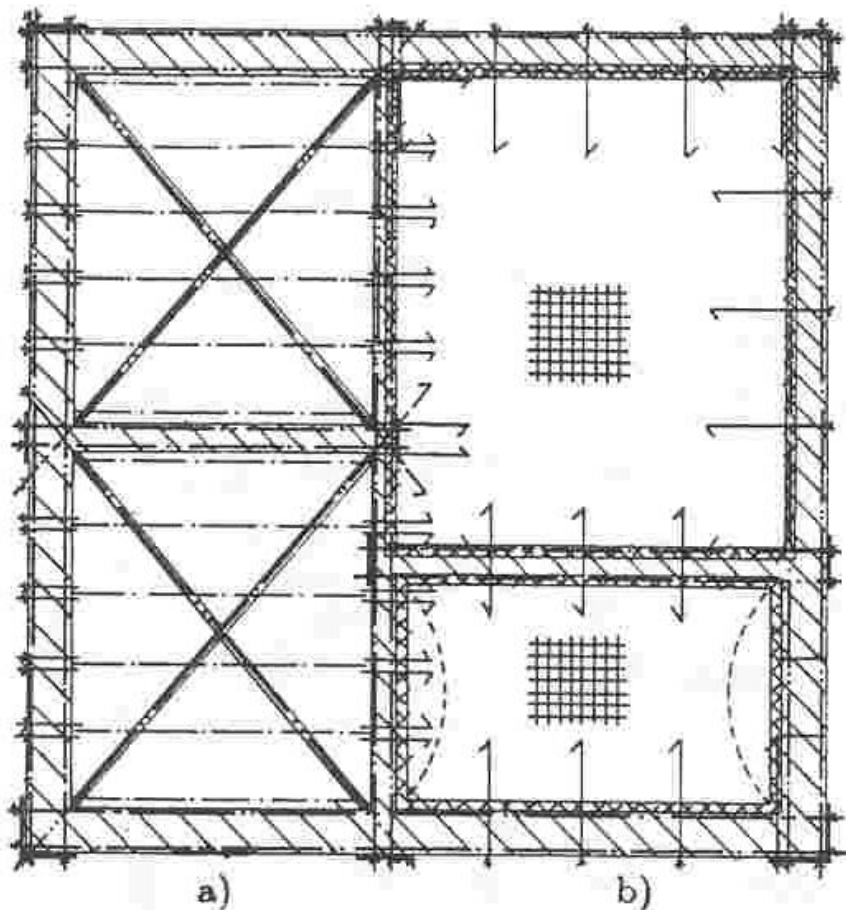
Armatura u torkretnoj oblozi je najčešće mrežasta. Debljina torkreta je oko 30-80mm, a uobičajeni kvalitet je MB 30.

## 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, postavje 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.

## Način povezivanja zidova i ukrućivanja tavanica

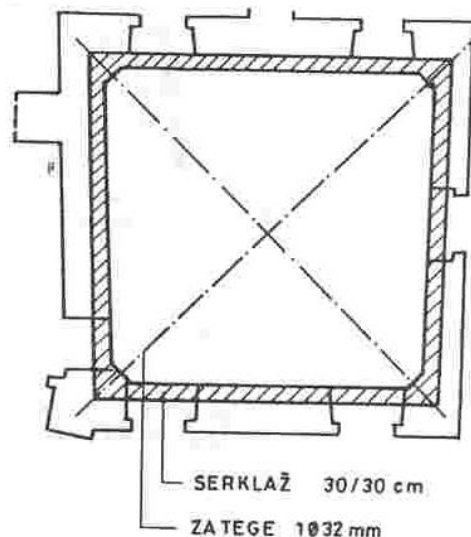
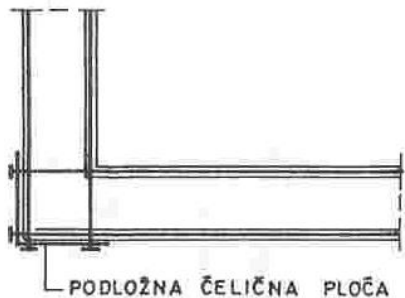


*Tipičan detalj ukrućivanja i povezivanja tavanica:*

*a) drvene*

*b) masivne*

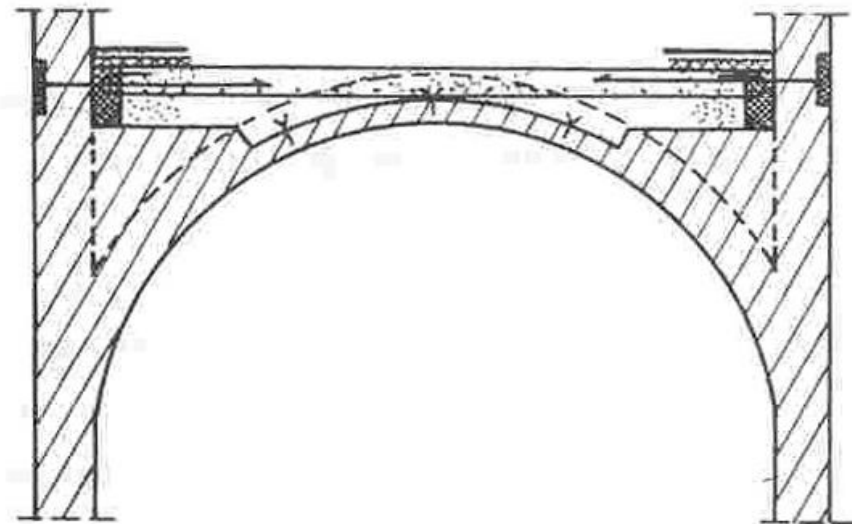
Da bi se ukrutile drvene međuspratne konstrukcije grede se ankerišu u zidove čeličnim vijcima ili ankernim pločama dok se sama tavanica povezuje čeličnim dijagonalnim sponama.



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.

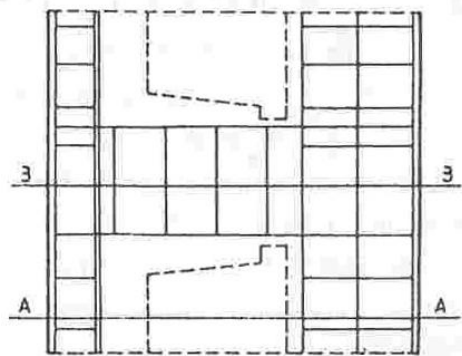
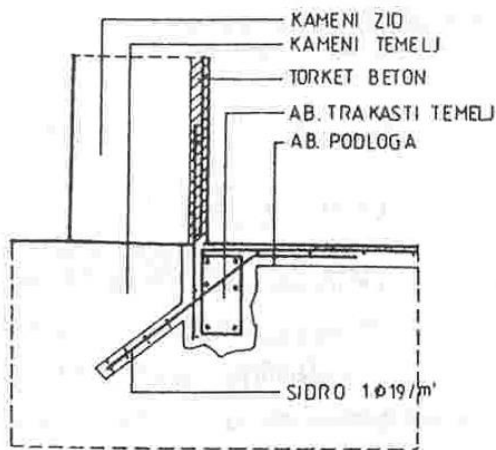
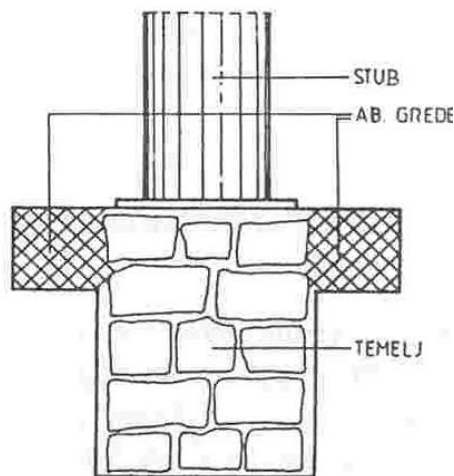
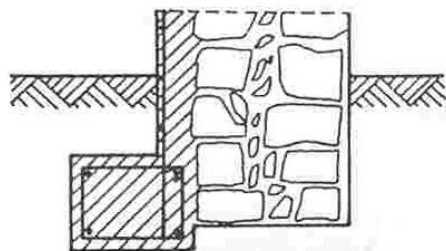
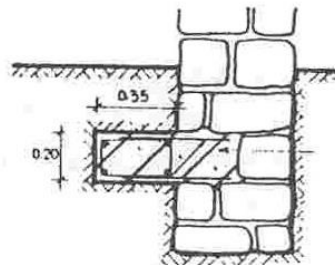
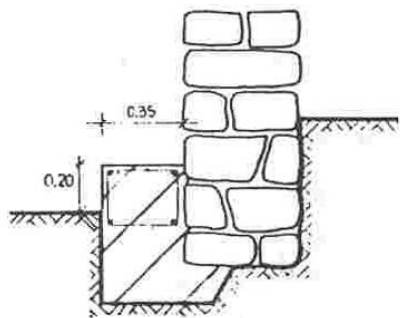
*Tipičan detalj postavljanja čeličnih zatega*

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*

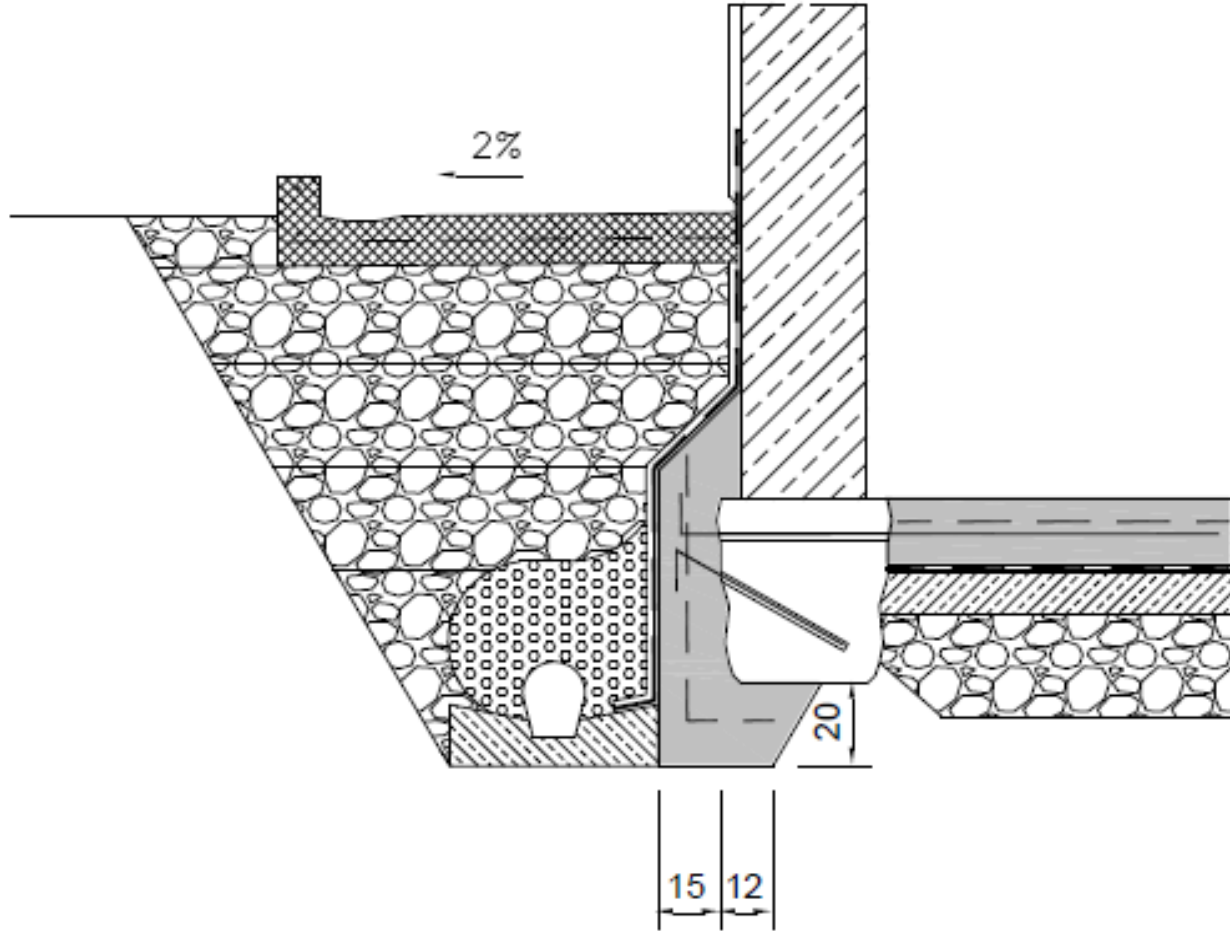
# Ojačanje temelja

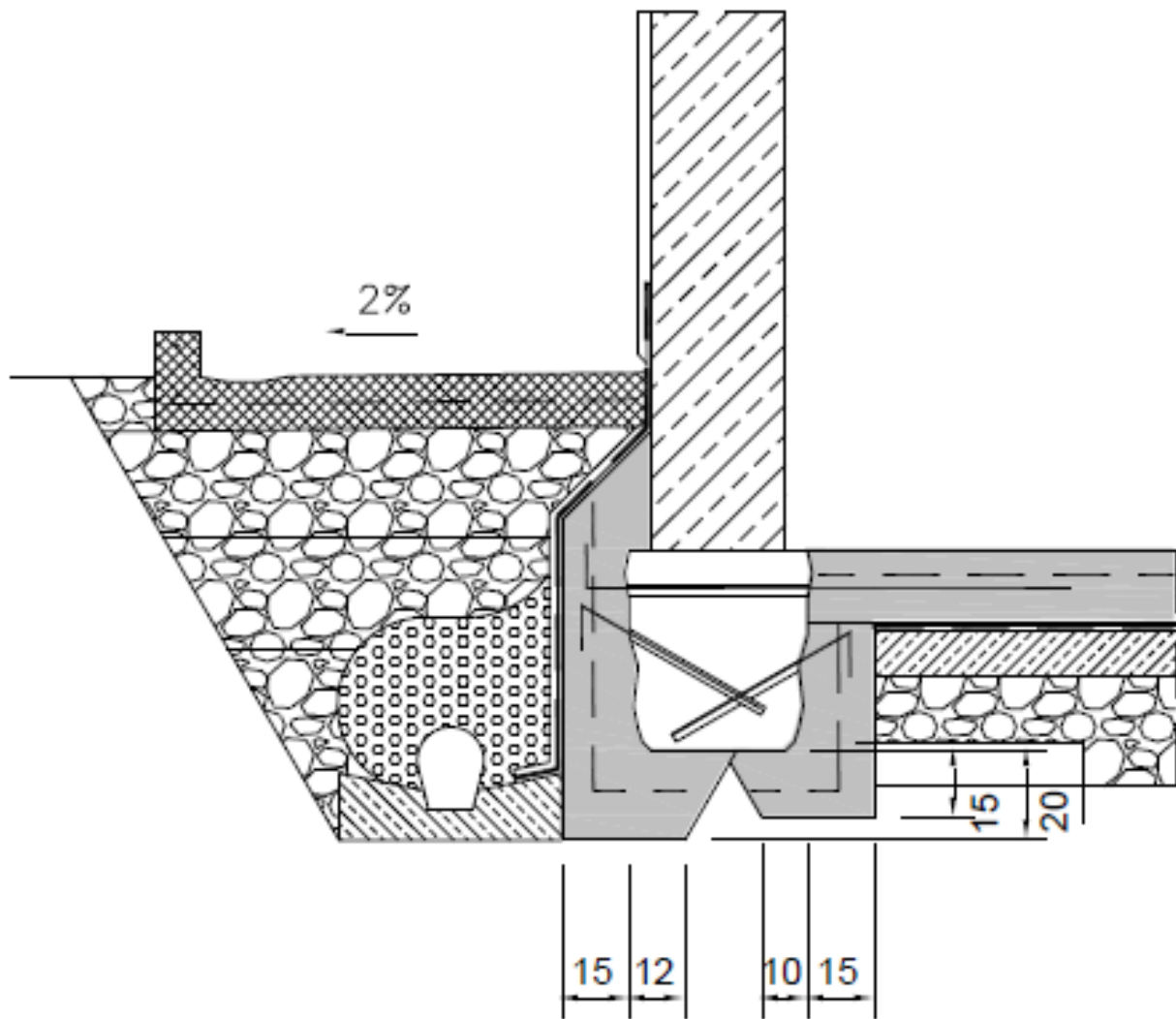


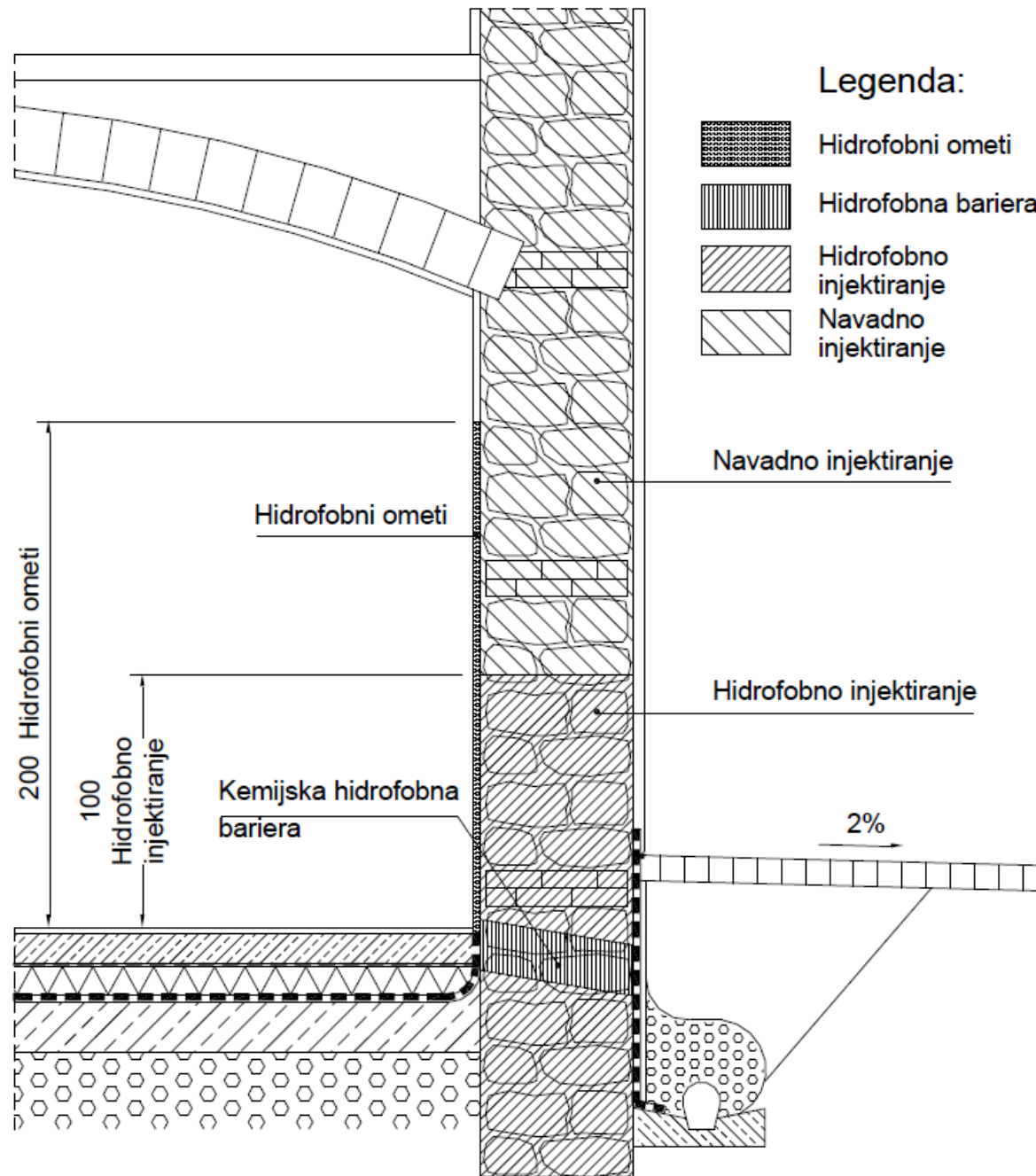
Svrha ojačanja temelja je da se u nivou temelja stvori monolitni roštilj koji će osigurati sinhronu oscilaciju svih zidova zgrade. Zato se novi i postojeći temelji povezuju ankerima ili čepovima. Armatura novih temelja određuje se konstruktivno (npr. 0.5-1%).

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.















*Slika 10: Izvedba hidrofobne bariere z raztopino silikonov*

# Ojačanje zida od blok opeke FRP trakama





Ojačanje zida od blok opeke „FRCM“ sistemom

Oznake uzoraka zida	Napon $\tau$ – čvrstoća na smicanje (MPa)
IM1-1	0.69
IM1-1 B 1.5	<b>1.09</b>
IM1-3	0.63
IM1-3 B 2	<b>1.87</b>
IM3-2	0.64
IM3-2 SM 2	<b>1.26</b>

Oznake uzoraka zida	Napon $\tau$ – čvrstoća na smicanje (MPa)
BM1-3	0.82
BM1-3 B 1.5	<b>1.72</b>
BM1-2	0.76
BM1-2 B 2	<b>2.03</b>
BM3-3	0.80
BM3-3 SM 2	<b>2.25</b>

**Primjer sanacije: OJAČANJE I PROŠIRENJE MOSTA PREKO RIJEKE RUJELE NA  
PUTU TUZI – BOŽAJ**





## STANJE MOSTA PRIJE SANACIJE



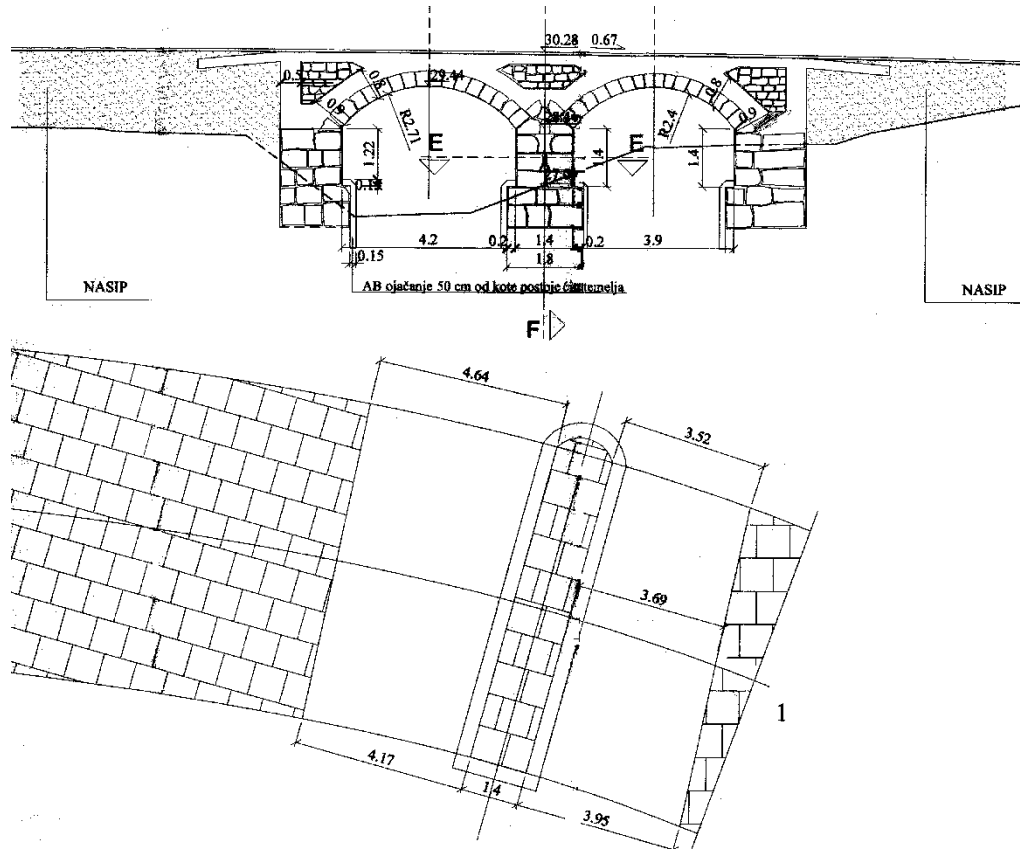
- Širina mosta prije proširenja bila je 4.0 m i pratila je širinu kamenih svodova. - Most je izveden od tesanih kamenih blokova sa unutrašnjom ispunom od kamenog nabačaja.
- Na gornjem stroju konstrukcije nijesu uočena bitnija oštećenja, tipa uočljivih prslina ili popuštanja svodova u tjemenu.
- Sa donje strane svodova, pogled iz korita, na kamenu su uočeni tragovi ispiranja kreča, iz malterskih spojnica i ispune mosta.





- U dijelu temelja srednjeg stuba došlo je do podlokavnaja. Temelji srednjeg stuba bili su potpuno otkriveni, a malter u spojnicama kamena bio je potpuno ispran. Slična situacija zatečena je kod oba obalna stuba, ali u nešto manjem obimu;
- Položaj mosta u odnosu na prepreku bio je izrazito loš, što se jasno vidi i u situacionom planu. Po tragovima nivoa vode koji su bili jasno uočljivi na kamenu mostu, zaključili smo da se nivo vode penje do same pete svoda, odnosno mjesta oslanjanja svodova na stubove

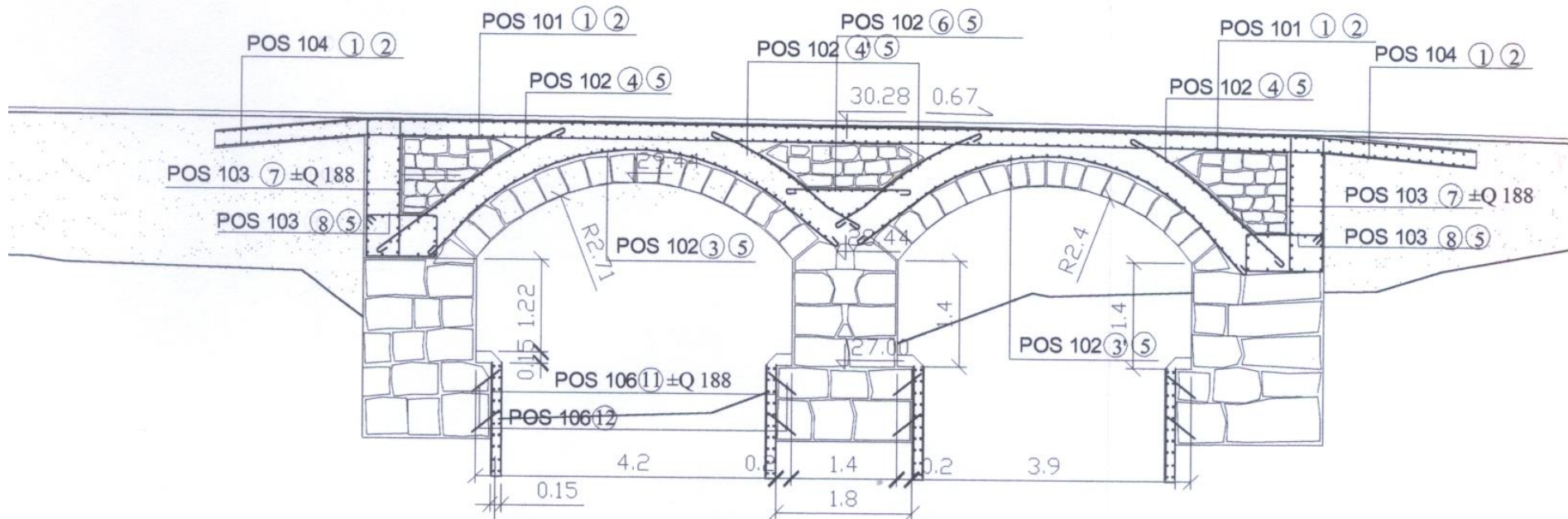
# SANACIJA I PROŠIRENJE MOSTA



- Potreba za proširenjem i ojačanjem postojećeg mosta nastala je usljed povećanja gustine saobraćaja koji se odvija putnim pravcem Tuzi – Božaj;
- Proširenje mosta projektovano je sa uzvodne strane;
- Glavnim projektom mosta planirano je da se ukupna širina mosta sa 4 m poveća na 7.7 m;
- Ukupnu širinu proširenog mosta čine: dvije saobraćajne trake po 2.75 m, dvije pješačke staze po 0.8 m i obostrana kamena ograda širine 0.3 m i visine 60 cm.



- Proširenje kamenog svoda otpočelo je postavljanjem fiksne skele u koritu rijeke, sa zasvedenom oplatom;
- Kameni svodovi, proširenje, ozidano je od jedrog tesanog kamena u produžnom malteru (1:2:6), koji je po izgledu i kvalitetu odgovarao postojećem svodu;
- Kljun srednjeg stuba je razidan, označen i složen u krugu gradilišta;
- Ozidana su proširenja srednjeg i obalnih stubova tesanim kamenom u cementnom malteru, sa pravilnim prevezom, na prethodno izbetoniranim temeljima;



AB ojačanje 50 cm od kote postojećih temelja

