

D. KRSMANOVIĆ — H. DOLAROVIĆ — Z. LANGOF

## SANACIJA STAROG MOSTA U MOSTARU

SEPARAT IZ GODIŠNJAKA  
•NAŠE STARINE• XI 1967.

SARAJEVO  
1967

# *Spomenici kulture*

D. KRRSMANOVIĆ — H. DOLAROVIĆ — Z. LANGOF

## SANACIJA STAROG MOSTA U MOSTARU

### UVOD

Uviđajući potrebu da se izvrši sanacija Starog mosta u Mostaru, Uprava za čuvanje i održavanje spomenika kulture i prirodnih rijetkosti grada i sreza Mostar, obrazovala je krajem 1954. godine komisiju »koja će detaljno ispitati stanje Starog mosta i dati uputstva za njegovu konzervaciju i ujedno otvoriti put za naučnu obradu ovog izvanrednog i velelepног spomenika kulture.«

Komisija bila je sačinjena od izvjesnog broja naših istaknutih naučnika i stručnih radnika raznih struka kako bi mogla meritorno da diskutuje i daje predloge u vezi sa svim problemima koji, se, u toku rada mogu da pojave.\* U početku je komisija imala širi sastav da bi se mogli bolje razmatrati i sagledati raznovrsni problemi kako u odnosu na stanje samoga mosta tako i u odnosu na mere koje treba preduzimati. Kasnije je, međutim, komisija radila u užem sastavu pošto je tada već i problematika konzervacije i sanacije dobila i određeniju sadržinu i bila usmerena pretežno na način sanacije i konzervacije svoda mosta i prostora iznad njega.

Komisija je zasedala više puta, a poslednji njen sastanak odžan je u jesen 1963. godine, kad su bili radovi na sanaciji i konzervaciji uglavnom završeni.

U zajednici sa Upravom za čuvanje i održavanje spomenika kulture i prirodnih rijetkosti grada i sreza Mostar, komisija je počela da radi prvo na prikupljanju podataka, snimanju mosta i izvođenju istražnih radova. Izvršeni su prvo detaljni pregledi pojedinih elemenata konstrukcije, geome-

\* Komisiju su u početku sačinjavali prof. dr. Luka Marić, prof. ing. Mijat Trojanović, prof. arh. Đurđe Bošković, prof. arh. Boris Kobe, prof. dr. ing. Julije Hahamović, prof. ing. Vlasta Tufegdžić, prof. ing. Dušan Kršmanović, dir. Šefik Bešlagić. Kasnije su u komisiji ostali prof. Marić Trojanović, Bošković Kršmanović i dir. Bešlagić. Osim navedenih stalnih članova komisije, na izvesne sastanke pozivani su i drugi stručnjaci i naučni radnici za koje se smatralo da bi mogli u datom momentu doprineti uspehu postavljenog zadatka.

trijsko snimanje mosta u celini i u detaljima, a zatim je pristupljeno petrografskim snimanjima stanja svakog pojedinog kamena u važnijim elemenata konstrukcije mosta, kao i ispitivanjima svojstava kamena krečnjaka od koga je most izgrađen. Nađen je i majdan iz koga je vađen kamen za izgradnju mosta, te je izvršeno uporedno ispitivanje svojstava kamena iz konstrukcije i kamena iz majdana. Posle toga usledili su dalji istražni radovi u okviru kojih je prvo izvršeno uklanjanje naknadno nanetog šljunčanog zastora sa kolovoza mosta, a zatim je pristupljeno i bušenju izvesnog broja bušotina u konstrukciji mosta, temeljima i tlu kako bi se dobili potrebni podaci o dimenzijama konstrukcija, načinu izrade mosta te podaci o načinu i uslovima njegovog oslanjanja na teren.

Tom prilikom je konstatovano da u mostu iznad svoda postoje šupljine izrađene radi smanjenja težine mosta. Te šupljine su kasnije otvorene i snimljene (vidi sl. 12). Geološki profil terena na kome je most izgrađen, kao i dubina fundamenata mosta dobijeni su pregledom okolnog terena i bušenjem dveju sondi do samog geološkog supstrata.

Nekoliko puta su vršena i snimanja korita reke Neretve ispod i oko mosta, zajedno sa kavernama u nanosu u blizini oslonaca. Pored pomenutih bušotina, radi dobijanja još daljih podataka o konstrukciji mosta i dimenzijama njegovih glavnih elemenata, izbušene su u mostu na raznim mestima još četiri bušotine. Tim bušotinama i još kasnije izvršenim raskopavanjima na dva mesta radi pristupa u šupljine ostavljene u samoj konstrukciji mosta, dobijeni su bili svi potrebni podaci o konstrukciji mosta, stanju u kome se most nalazi te podaci potrebni za sagledanje vrste, načina i obima radova koje je potrebno izvršiti u okviru sanacije i konzervacije mosta.

Na osnovu svih tih radova i dobijenih podataka izrađeni su prvi načrti konstrukcije mosta, određeni uslovi i način fundiranja i izvršena analiza napona u svodu mosta.



Sl. 1 Stari most sa skelom za pregled stanja svoda

Sva spomenuta i druga ispitivanja, koja su izvršena u toku od nekoliko godina, dala su mnogo podataka o načinu građenja mostova i neimarskoj veštini u doba kad je Stari most građen. Ti pret-hodni radovi pružili su i jasnu sliku o sistemu konstrukcije, njezinom statičkom delovanju, stepenu sigurnosti i granicama mogućnosti njezinog daljeg korištenja. Na kraju, prikupljeni podaci su pružili Komisiji mogućnost da pravilno oceni koje radove na sanaciji i konzervaciji treba izvršiti i

na koji način, da bi se sačuvao prvobitni oblik, izgled i funkcija, a produžio vek trajanja ovog starog i lepog spomenika kulture.

Imajući u vidu stanje objekta, potrebne rade na sanaciji i konzervaciji, kao i mogućnost njihovog realizovanja, Komisija je predložila, — što je i prihvaćeno — da se radovi podele u dve etape: rade na sanaciji i konzervaciji fundamentala i rade na sanaciji i konzervaciji gornje konstrukcije mosta.

## I. SANACIJA I KONZERVACIJA FUNDAMENTA

### 1. Uslovi fundiranja i stanje fundamentala

Podaci o dubini fundiranja oporaca mosta, sastavu i osobinama materijala na kojima oporci počivaju dobijeni su bušenjem tri sondažne bušotine, i to dveju na levoj i jedne na desnoj obali.

Tim istražnim radovima ustanovljeno je da su oba oporca mosta postavljena direktno na površinu priobalnog terena koga sačinjavaju slojevi nevezanih, slabo ili čvrsto vezanih šljunkova sa sočivima peskova. Ovi sedimenti pripadaju nanosu Neretve, a protkani su ponegde nevezanim ili slabo vezanim sočivima peskova. U geotehničkom smislu slabo i čvrsto vezani šljunkovi predstavljaju ekvivalente slabo vezanim ili čvrstim konglomeratima, koji pod normalnim uslovima predstavljaju dobro tlo. Međutim, duboko eroziono zasecanje današnjega korita reke Neretve u prvobitni nanos izazvalo je mestimična podlokavanja slojeva slabo vezanih šljunkova i peskova, tako da su se u bližini i ispod oporaca mosta stvorile kaverne otvorene

prema rečnom koritu, koje imaju dubinu i visinu i do nekoliko metara.

Ispod ovih šljunkova i peskova konstatovani su bušenjem ispod oba oslonca relativno jako zdrobljeni tercijerni laporci. Oni su na levoj obali znatno dublji (kota oko 28.00) nego na desnoj (kota oko 35.00). U koritu reke konstatovano je da postoji nevezani šljunkoviti nanos debljine i do nekoliko metara, koji je delom i pokretan. Usled toga se često menja profil korita reke (vidi sl. 2).

Pomoću detaljnih snimanja i istražnih radova utvrđeno je dalje da mestimično postoje ispod samih oporaca mosta (desna obala) šupljine nastale podlokovanjem i odnošenjem dela nevezanih ili slabo vezanih horizonata šljunkova. Osim toga utvrđeno je i da su slabo vezani i nevezani šljunkovi mestimično slabo vodopropustljivi, a mestimično jako propustljivi.

Na osnovu rezultata istražnih radova konstatovano je da ispod levog oporca uopšte nema debljeg sloja čvrsto vezanih šljunkova (ekvivalent

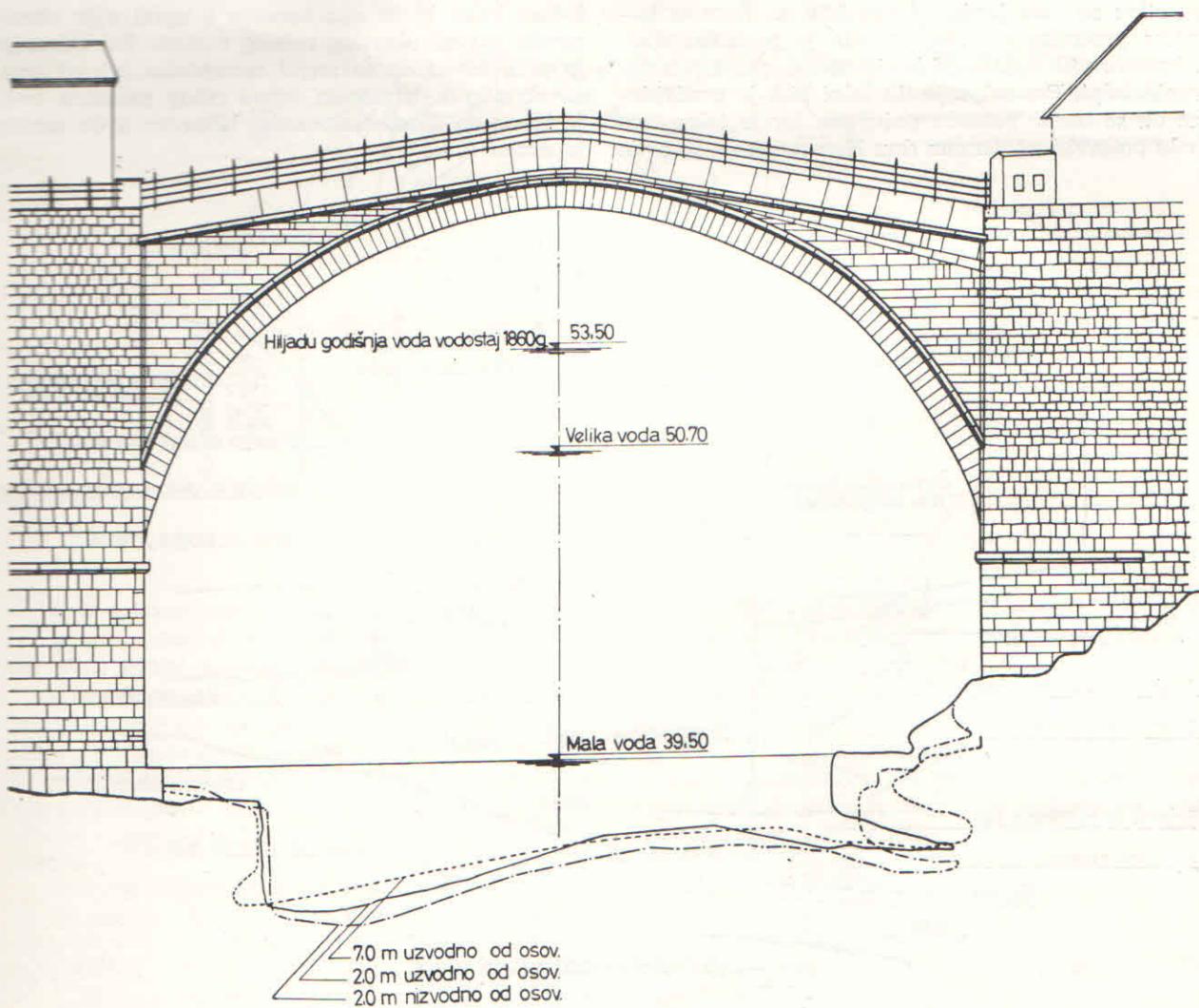
čvrstih konglomerata), nego je stub mosta položen direktno na slabo vezani šljunak (ekvivalent slabo vezani konglomerati), koji se prilikom bušenja mehaničkim bušilicama drobi i daje rastresiti materijal jezgra. Pošto fundament mosta na tom sloju leži visoko (oko kote 39,00) iznad današnjeg korita Neretve, koja se na tom mestu usekla vertikalno u te slabo vezane šljunkove, morale su biti predviđene mere sanacije i obezbeđenja ovog oporca.

Desni oporac svoda mosta, međutim, leži na sloju čvrsto vezanih šljunkova promjenljive debeline (do preko 2,00 m). Ispod tog sloja se naizmjenično javljaju nevezani ili slabo vezani šljunkovi koji su više ili manje erodovani, te su se stvorile ispod konglomerata šupljine (kaverne) dubine i do nekoliko metara i to ispod samog oporca mosta.

Snimanje poprečnih profila neposredno ispod mosta i po nekoliko metara nizvodno i uzvodno, konstatovan je, na obe strane u blizini oslonaca

obim podlokavanja. Tako su na desnoj obali ta podlokavanja došla do pod sam oporac i iznosila su mereno u horizontalnom pravcu i do 4,00 m. Duž korita reke ona su bila u području desnog oslonca gotovo neprekidna. Na levoj obali podlokavanja su bila znatno manja (vidi sl. 3). Merenjem profila korita reke u februaru 1956. godine ustanovljeno je da je posle velikih voda došla do sruštanja dna korita u neposrednoj blizini desnog oporca za oko 0,50 m. Zbog svega toga Komisija je ocenila da je stanje u kome se most nalazi — u pogledu fundamenata — veoma nepovoljno, te da je potrebno izvršiti što pre saniranje tla ispod i oko fundamenata.

Zbog hitnosti spravođenja te sanacije donet je zaključak da se u prvoj fazi izvrši saniranje fundamenata s tim da se prethodno izradi projekt sanacije koji će biti podnet Komisiji na ocenu i davanje saglasnosti.



Sl. 2 Izgled mosta sa koritom reke Neretve i vodostajima

## 2. Projekat sanacije fundamenata

Imajući u vidu stanje fundamenata koje je ranije opisano, projekat sanacije trebao je da reši sledeće:

- način zatvaranja i ispunjavanja podlokanih prostora (obe obale);
- pitanje očvršćivanja slabu vezanih šljunkova (leva obala);
- način stabilizovanja rečnog nanosa oko oporaca (obe obale).

Zbog različitih uslova rada biće posebno opisani predviđeni radovi na pojedinim obalama.

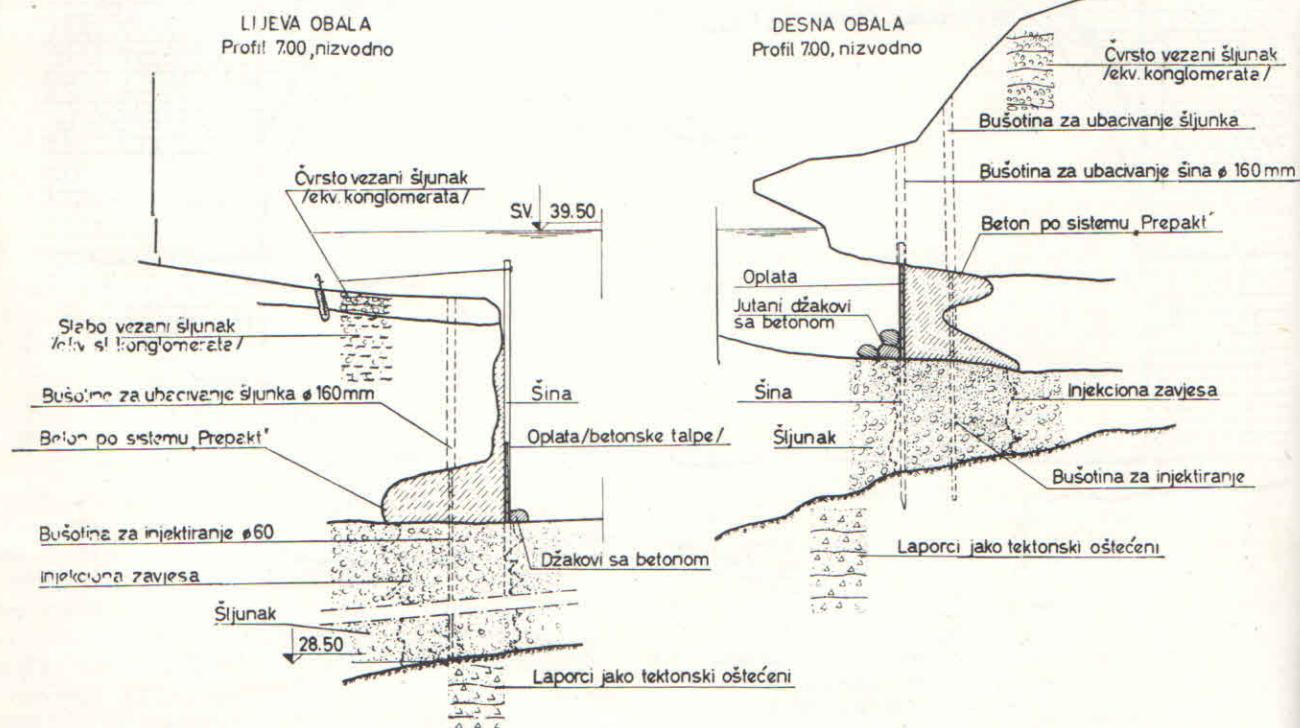
**Desna obala.** Ispunjavanje polokanih prostora predviđeno je da se izvrši prepakt betonom (diskontinuirani injektirani beton), uz prethodno zatvaranje tih prostora sa rečne strane oplatom, izrađenom uglavnom pod vodom. Da bi ta oplata mogla da se postavi kroz čvrsto vezane šljunkove, koji natkriljuju ove prostore sa strane reke, izbušen je niz bušotina na rastojanju od oko 1,50 m. Kroz te bušotine prečnika 160 mm trebalo je postaviti šine, a između njih oplatu od horizontalno položenih drvenih talpi. Postavljanje tih talpi bilo je predviđeno da se izvrši pomoću gnjuraca, jer je talpe trebalo postaviti na samom dnu Neretve, koja je ovde

duboka i do nekoliko metara. U podlokani prostor, koji je na taj način zatvoren, trebalo je usuti — kroz druge bušotine, koje su išle samo kroz gornji sloj vezanih šljunkova, do kaverni — šljunak prečnika zrna 60 do 120 mm i njime zapuniti ovo prostore. Da bi se ti prostori što bolje zapunili predviđeno je bilo da se izbuši 19 bušotina kroz gornji sloj očvrslih šljunkova.

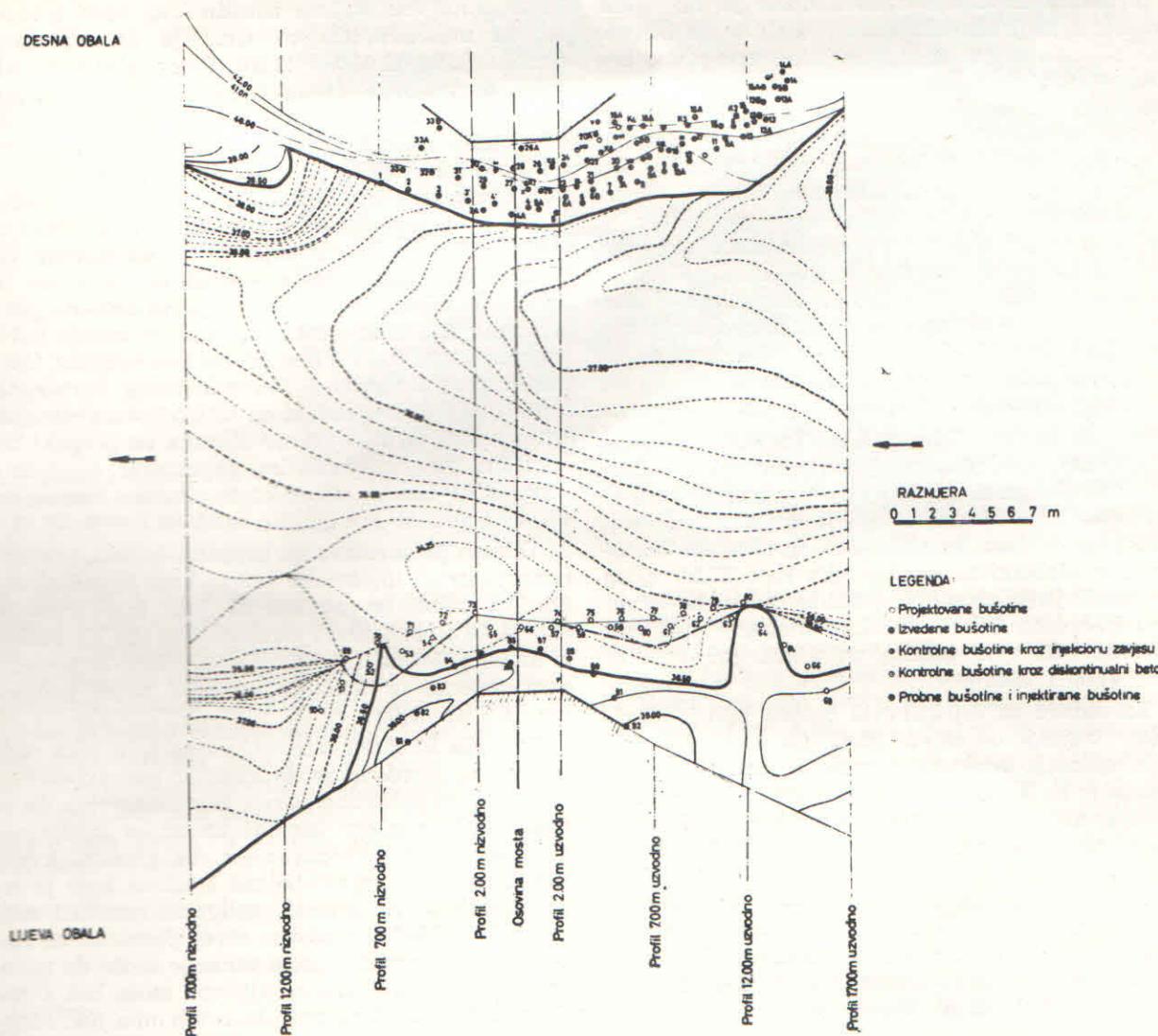
Da bi se izvršilo što bolje zaptivanje ovog prostora na kontaktu sa rečnim pokretnim nanosom, bile su predviđene uz oplatu naslage vreća ispunjenih cementom i peskom (vidi sl. 3).

Projekat je dalje predviđeo da se, pri povoljnim uslovima vodostaja u Neretvi, izvrši injektiranje zatvorenih prostora kaverni sa emulzijom cementnog maltera. Na taj način trebalo je da se dobije diskontinuirani beton u ovim prostorima (vidi sl. 3).

Posle završenih radova naizradi prepakt-betona predviđeno je injektiranje rečnog nanosa u neposrednoj blizini oslonca mosta bušenjem novih bušotine kako bi se oko temelja i ispod njih obrazovala zavesa očvrslog rečnog nanosa. Injektiranje je predviđeno da se izvrši cementnim injekcijama sa dodatkom bentonita ispod celog prostora koji je ispunjen diskontinuiranim betonom a do samih laporaca.



Sl. 3 Karakteristični poprečni preseci na levoj i desnoj obali sa predloženim načinom sanacije fundamenata



Sl. 4 Situacioni plan oporaca mosta sa koritom Neretve i rasporedom bušotina za sanaciju fundamenata

Ovo injektiranje je trebalo da se izvrši kroz 14 bušotina putem kojih je imala da se obrazuju rečne strane zavesa očvrslih šljunkova.

**Leva obala.** Na ovoj obali kaverne su zalazile znatno manje pod obalu, te je predviđeno da se sa rečne strane pričvrsti oplata koja će se priljubiti uz gotovo vertikalnu površinu prirodne stene slabo vezanog šljunka. Zatim je na sličan način predviđeno zapunjavanje ovih prostora prepakt-betonom.

Radi očvršćavanja slabo vezanih šljunkova bilo je predviđeno da se izrade dve injekcione zavese kroz slabo vezani šljenak (gornja zavesa bliže rečnom koritu). Prilikom ispitivanja sastava šljunkovitog materijala, konstatovano je da postoji u slabo vezanom šljunku prilično veliki procenat krupnijih zrna šljunka krečnjaka, koji su iznutra delomično izjedeni, te sadrže u sebi šupljine. Stoga, a i zbog

krupne granulacije tog materijala očekivalo se da će gutanja injekcione smese biti velika.

Gornja zavesa bila je predviđena da se radi do dubine 1,0 do 2,0 m ispod korita reke, a donja do samog geološkog supstrata.

Sa podnetim projektom saglasila se Komisija za sanaciju Starog mosta, te je u proleće 1956. godine raspisana licitacija za izvođenje radova na sanaciji fundamenata.

### 3. Realizacija projekta

Izvođenje radova ustupljeno je preduzeću »Elektrosond« iz Zagreba kao najpovoljnijem ponuđaču, a u isto vreme i kao ponuđaču koji je pružao najbolje garancije za kvalitet i uspeh radova. Ugovor o izvođenju radova potpisani je u jesen 1956. godine.

Prilikom izvođenja radova došlo je do nekih izmena u projektu. Na desnoj obali te su izmene bile beznačajne (usvajanje talpi od armiranog betona umesto od drveta radi lakšeg rada gnjurca; povećan je broj bušotina za izradu injektiranog betona, promjenjena je i granulacija šljunka za preparat-beton i sl.). Na levoj obali, međutim, izmene su bile znatnije. Pošto investitor nije imao sredstava da se izvrše svi radovi predviđeni u projektu, to je odlučeno (od strane Komisije, a na predlog nadzornog organa i projektanata) da se izvede samo unutrašnja injekciona zavesa (bušotine 81—92) i to do laporaca, a da se spoljašnja zavesa (bušotine 53—80) izvede kasnije kad za to budu obezbeđena materijalna sredstva.

Sa radovima na terenu otpočeto je sa zakašnjnjem, tek krajem 1956. godine. To zakašnjnjenje je imalo teških posledica za radove, naročito na desnoj obali, jer su sa zakašnjnjenjem od nekoliko meseci propušteni idealni uslovi za izvođenje radova, kada je nivo voda Neretve, — zbog remonta hidrocentrale »Jablanica«, — bio oko kote 37,50. Zbog tog zakašnjnjenja morali su kasnije radovi na izradi prepakt-betona čekati nekoliko meseci i opet biti izvršeni pod vrlo teškim uslovima, pri kotama vode 41,00 i više.

Za radove na injektiranju betona bilo je predviđeno trajanje od oko 10 dana. Da ne bi došlo do jačih ispiranja injektirane smese u ubaćeni šljunak trebalo je da se to injektiranje izvrši pri što nižim vodostajima. Projektom je bilo predviđeno da se ti radovi obave pri radnoj vodi na koti 38,50. Međutim, zbog velikih padavina u početku 1957. godine i pojačanog rada HE »Jablanica«, — posle remonta, — vode u Neretvi su bile jako visoke i u marta mesecu 1957, kada su mogli da budu završeni radovi na izradi preparat-betona, vodostaji su bili na kotama 41,00 do 42,00. I april je protekao u isče-

kivanju na vodostajima između kota 41,50 i 43,50. Ni sa mesecom majem situacija se nije promenila (kote 41,00 do 42,90). Stoga nije preostalo ništa drugo nego da se izvrši injektiranje i pod uslovima visokih vodostaja oko kote 41,00 i više. Pod tim uslovima otpočeto je injektiranje betona 14. juna i završeno uglavnom do 25. juna.

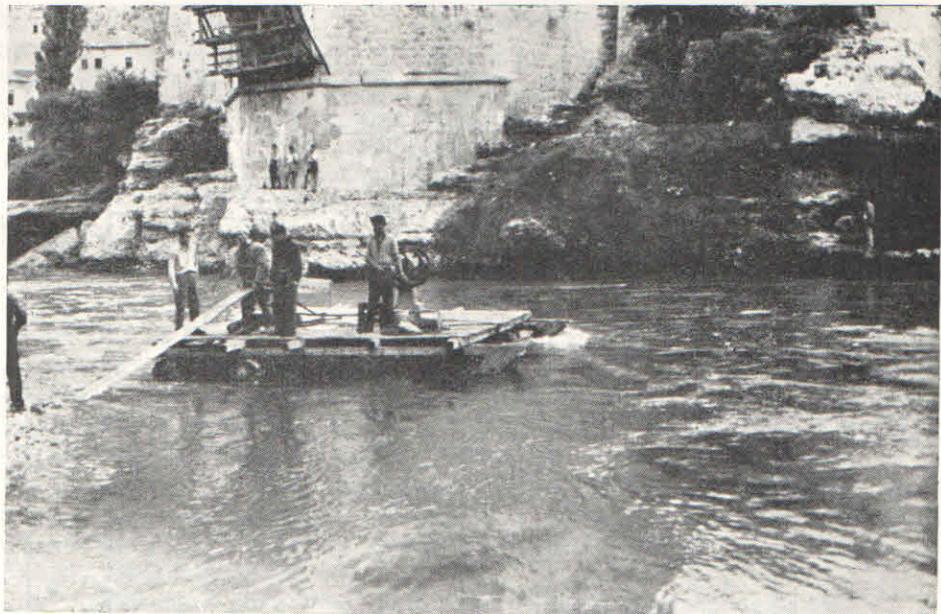
Prema specijalnim uslovima projekta, izvođač je imao određene ruke u pogledu izbora smese za injektiranje šljunka betona, s tim da kasnije vađenjem uzoraka dokaže postignute čvrstoće. Iz straha da usled visokih vodostaja ne dođe do jačeg ispiranja injekcione smese betona, izvođač je usvojio smesu sa velikim procentom betonita (14% aktiviranog betonita i 1% natrijevog karbonata) kako bi dobio mogućnost da sa što konsistentnijom smesom izvrši injektiranje šljunka za prepakt-beton. Pri tom je, međutim, zapostavio čvrstoću i mogućnost dobijanja intaktnih uzoraka betona radi dokazivanja postignute čvrstoće.

Odmah po završavanju preparat-betona, pristupljeno je izradi injekcione zavese kroz šljunčani nanos i ti radovi su završeni 25. jula. Injektirano je oko 74,00 m<sup>3</sup> bušotine i utrošeno oko 650 kg cementa na m<sup>3</sup> bušotine. Injektiranje je vršeno sa cementnom smesom uz dodatak betonita, a pri pritiscima do 6 atmosfera.

Kontrola kvaliteta radova vršena je u toku rada i kasnije. Utvrđeno je da kvalitet prepakt-betona ne odgovara uslovima, jer je bio toliko slab da se nisu mogli iz njega izvaditi uzorci za ispitivanje ni bušenjem ni otkopavanjem. Sa gledišta kvaliteta dobijenog prepakt-betona i uslova koje je taj beton trebalo da ispunji, postignuti rezultati nisu zadovoljili. Međutim ako se stvar posmatra sa stanovišta da li ovakav način sanacije može da zadovolji sa tehničke strane, odgovor može biti i pozitivan. Jer, izrađeni prepakt-beton ima podjedna-



Sl. 5 Skela na desnoj obali sa koje je vršeno bušenje i injektiranje



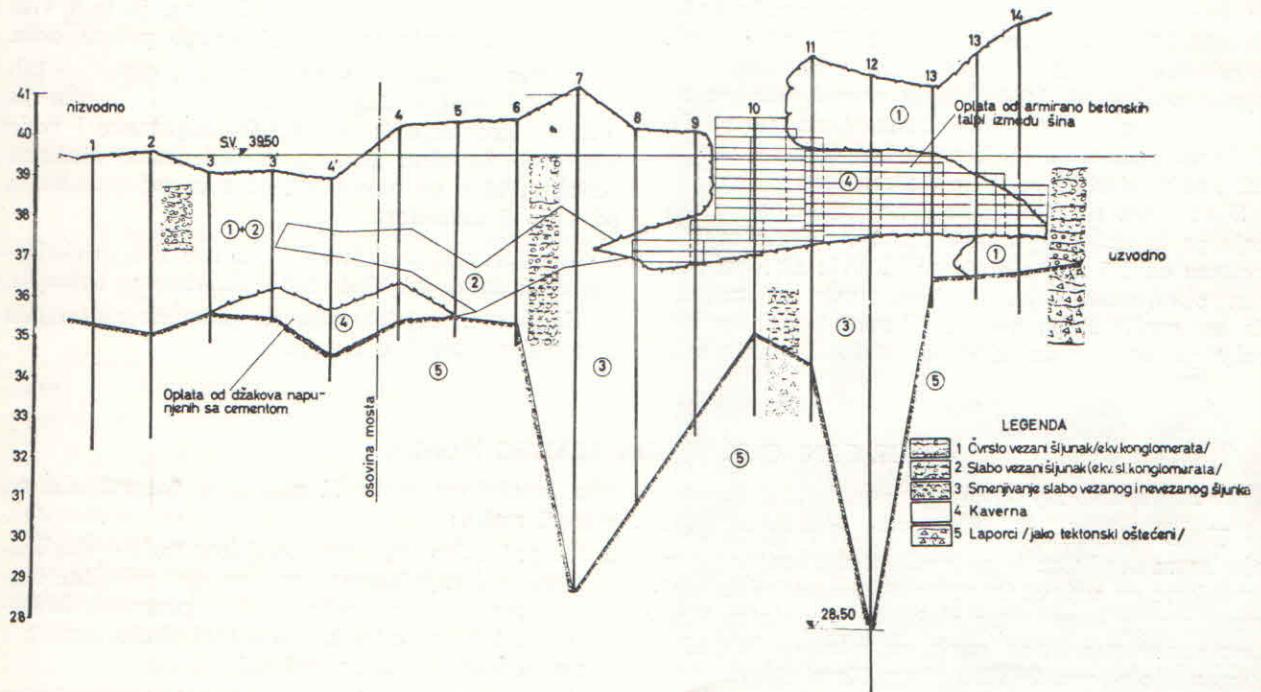
Sl. 6 Rad s gnjurcem na polaganju betonskih talpi na desnoj obali

ke, ako ne i bolje mehaničke karakteristike od slabo vezanih šljunkova, a on je osim toga zaštićen i sa betonskom oplatom sa strane reke, te je erodovanje tog materijala onemogućeno. Isto tako, injektirani šljunak ispod ovog betona sigurno je da ima približno jednake karakteristike. Od njega bolje karakteristike nisu ni zahtevane, jer bi takav zahtev znatno povisio troškove sanacije.

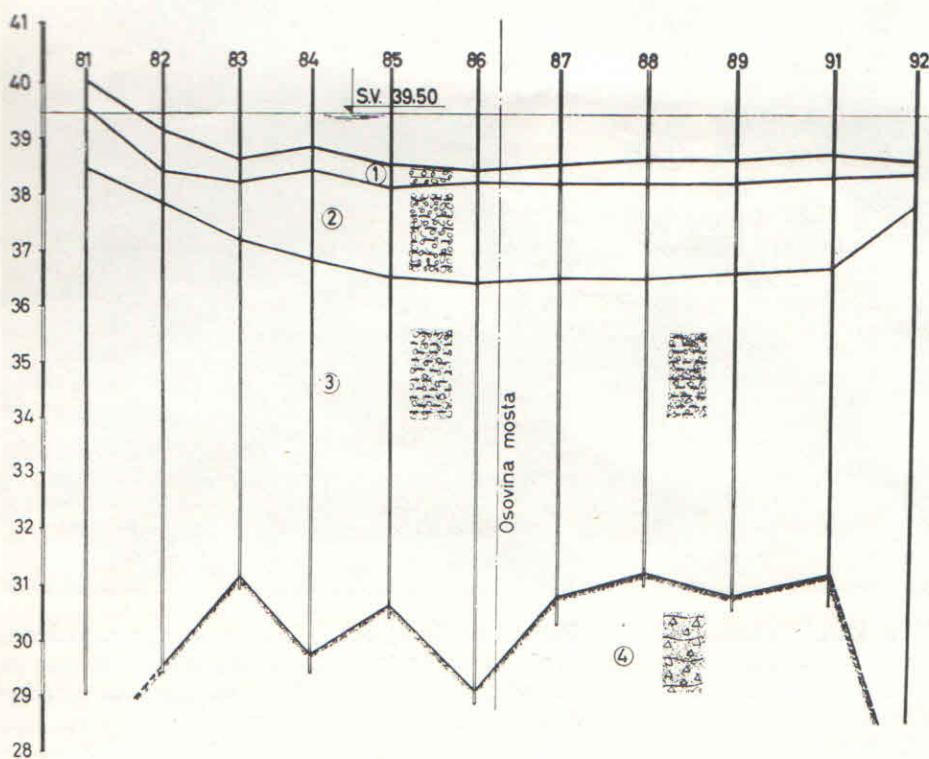
Stoga, iako nije postignut onaj kvalitet pre-pakt-betona kakav je tražen, valjanost i trajanost sanacije time nije znatnije smanjena.

Radovi na levoj obali, kako je ranije navedeno, svedeni su samo na izradu injekcione zavese u šljunkovitom materijalu, i to sa zavesom izrađenom do laporca geološkog supstrata.

Radovi su obavljeni u jesen 1957. godine injektiranjem na isti način kao i radovi na desnoj obali. Izbušeno je 11 bušotina (vidi sliku 8) dubine 8,00 do 11,00 m. Gutanja injekcione smese bila su vrlo velika na pojedinim bušotinama te su dostigla i do oko 11.000 kg suhe supstance na bušotini 86 čija je dubina bila svega 9,50 m. Bušotina 92 du-



Sl. 7 Producni profil sa predviđenim i izvedenim radovima na desnoj obali



Sl. 8 Producni profil kroz razvijenu zavesu na levoj obali

#### LEGENDA:

- 1 Čvrsto vezani šljunak /ekv konglomerata /
- 2 Slabu vezani šljunak /ekv s konglomerata /
- 3 Smješljivanje slabu vezanog i nevezanog šljunka
- 4 Laporcijsko tektonski ošteceni /

bine 5,00 m primila je 5.700 kg suhe supstance. Te dve bušotine su ujedno bile i prve bušotine koje su injektirane na levoj obali. One koje su injektirane kasnije primale su nešto manje količine. Osim toga, komuniciranja između pojedinih bušotina bila su česta u početku radova. Tako su konstatovana komuniciranja injekcione smese između bušotina 81 i 86 kao i između 86 i 92. Pri injektiranju u početku pritisci u buštinama nisu mogli biti uopšte postignuti. Međutim, sa napredovanjem radova na pojedinim buštinama, i na pojedinim etažama pritisci su postizani i bušotine su završavane sa pritiscima od 4 do 6 atmosfera.

S obzirom na velike količine injekcione smese koja je injektirana u bušotine leve obale sa razmakom od 1,5 m i s obzirom na vrlo skućeni prostor obuhvaćen injektiranjem, može se smatrati da su raniji slabo vezani šljunkovi sada mnogo bolje povezani i da teren ispod fundamenta sada

sačinjava jednu zatvorenu i mnogo bolje povezanu zonu, koja ima mnogo veću otpornost protiv erođovanja.

Radovi na injektiranju vršeni su na obe obale u etažama raznih visina, prema debljini i rasporedu slojeva. Maksimalna visina etaža bila je 5,00 m. U buštinama veće dubine, u kojima je bilo više etaža, injektiranje je vršeno odozgo prema dole.

Završni pritisci — kako je ranije rečeno — bili su od 4,0 do 6,0 atm. Bušotine su završavane sa smesom kod koje je odnos suhe supstance i vode bio 1 : 3. Završna gutanja u pojedinim etažama bušotina bila su manja od 11/min pri pritiscima od 4 do 6 atmosfera.

Injektiranje je vršeno sa cementnim injekcijama uz dodatak od 10 do 20% aktiviranog betonita.

Radovi na injektiranju šljunkovitih materijala izvedeni su uspešno i stručno.

## II. SANACIJA SVODA STAROG MOSTA

### 1. Prethodna ispitivanja

U toku dugotrajnog postojanja Starog mosta, u njegovom svodu su se pojavile mnogobrojne pukotine, koje su uglavnom nastale kao posledica ispiranja starog vapnovitog maltera iz spojnica i neravnomernog rasprostiranja pritiska na kontaktu kamenih blokova. Iz tih razloga Komisija za sanaciju Starog mosta predviđela je da se spojnice i pukotine ispune novim veznim sredstvima i to putem injektiranja. Svoje zahteve u pogledu kvali-

teta injekcione mase Komisija je formulisala na sledeći način:

- da pod uslovima laboratorijskog rada treba izazvati prskanje kamena na modelu, približno stajaju kao pravom svodu, i takve prskotine injektovati i to odozdo, kao što bi trebalo izvršiti i na samom objektu u prirodi ;
- da se osim navedenih injekcionih masa ispitaju mogućnost primene poznatih plastifikatora s priznatom reputacijom u svetu, kao i sa manjom

količinom primene kreča (oko 5—10%). Ovo se preporučuje da bi se postigla veća fluidnost i injekcione mase, bolje prodiranje njeno u pukotine i fine prskotine i omogućilo injektiranje sa manjim pritiscima. Vrednost modula elastičnosti injekcione mase ne bi trebalo da se mnogo razlikuje od modula elastičnosti maltera u svodu danas, znači, treba težiti što nižoj vrednosti modula elastičnosti injekcione mase iz dva razloga: da bi se stvorila što mekša posteljica, da se vremenom ne bi preneo veći deo te sile preko tvrdih novoinjektovanih mesta.

Da bi se sa što većim uspehom obavila sanacija, izvršena su opsežna laboratorijska ispitivanja u Institutu za ispitivanje materijala NRS i u Zavodu za geotehniku i fundiranje Građevinskog fakulteta u Sarajevu.

Ovi radovi obuhvatili su ispitivanje najpovoljnijih injekcionih smesa za injektiranje spojnica i pukotina u svodu i laboratorijska probna injektiranja kamenih blokova. Naime, trebalo je da se ispitaju uslovi rada na injektiranju i da se dobije odgovor na sledeća pitanja:

- da li injekciona smesa, s obzirom na veliku poroznost kamena prodire iz pukotina i u sam kamen. Jer ukoliko bi se to desilo, moglo bi doći do promene izgleda na čeonim površinama svoda što ne bi moglo biti dozvoljeno sa gledišta principa konzervacije;
- koja injekciona smesa ima relativno mali modul elastičnosti i minimalno skupljanje, a da pri tome i dobro prodire u spojnice i pukotine;
- da se ustanovi do koje se debljine spojnica i pukotina može smatrati da će prodreti injekciona smesa;
- da se ispitaju uslovi i načini pod kojima je potrebno vršiti injektiranje.

#### Laboratorijska ispitivanja injekcionih smesa

Komisija za sanaciju Starog mosta postavila je zahtev da se pronađe injekciona smesa čiji će modul elastičnosti biti približno jednak modulu elastičnosti starog maltera u svodu.

Drugim rečima, trebalo je težiti što nižoj vrednosti modula elastičnosti injekcione smese da se dobije što mekša posteljica za blokove svoda.

Rukovodeći se stavom Komisije i ovim zahtevima izvršena su u Zavodu za geotehniku i fundiranje u Sarajevu detaljna ispitivanja sa šest različitih smesa koje su bile sastavljene u raznim kombinacijama od cementa, bentonita, kamenog brašna i vode.

Rezultati ovih ispitivanja su pokazali da se modul elastičnosti injekcionih smesa može smanjiti dodavanjem bentonita i kamenog brašna dobijenog mlevenjem istovrsnog kamena od kojeg je napravljen i Stari most (tenelije iz majdana na Ortiješu).

#### Ispitivanje vodopropusnosti kamena

Da bi se dobila što potpunija slika o vodopropusnosti oolitskog krečnjaka koji je upotrebljen za gradu Starog mosta, izvršeno je ispitivanje vodopropusnosti na cilindričnim uzorcima visine 27 cm i prečnika 16 cm.

Mjerenje je vršeno pri raznim hidrostatičkim pritiscima, te su se dobijeni rezultati koeficijenta filtracije kretali u granicama od  $2,5 \cdot 10^{-4}$  do  $1,9 \cdot 10^{-4}$  cm/seks za pritiske od 0,5—2,0 atmosfere.

#### Laboratorijsko injektiranje kamenih blokova

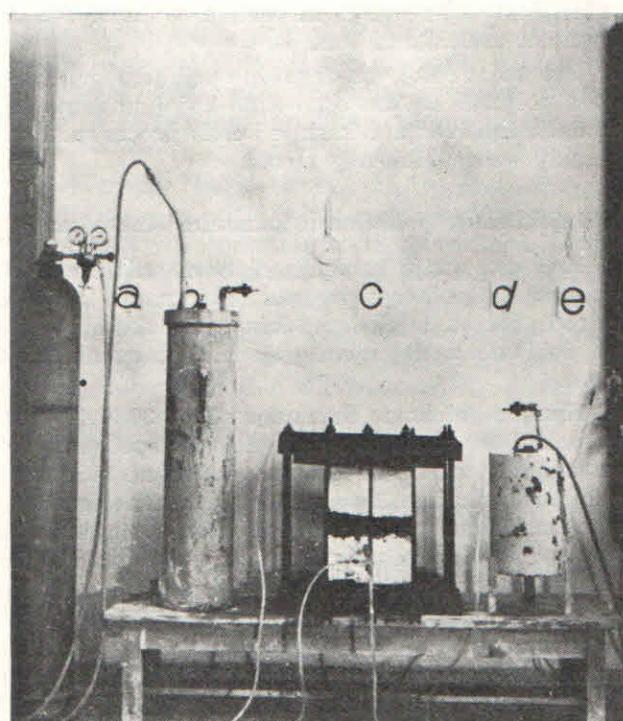
Za laboratorijska injektiranja bio je upotrebljen kamen tzv. »tenelija« iz majdana na Ortriješu od koga je izgrađen i svod Starog mosta.

Ispitivanja su vršena na dva načina, i to:  
— sa blokovima prekrivenim pločom pleksiglasa,  
— sa raspucalim blokovima.

#### Injektiranje pukotina prekrivenih pločom pleksiglasa

Kod ove vrste ispitivanja prostor za injektiranje ostvaren je na taj način što je na izravnatu kamenu površinu postavljena prozirna ploča pleksiglasa i to tako da je jedan kraj ploče ležao na uskoj metalnoj traci debljine 0,5—1,0 mm, a drugi kraj se oslanjao direktno na kamen. Time se dobila jedna uska klinasta pukotina.

U kamenom bloku izbušena je rupa  $\varnothing 15$  mm u obliku slova L tako da je injekciona smesa ulazi-



Sl. 9 Dispozicija uređaja za ispitivanje prodiranja injekcione smese u pukotine

la u širi deo pukotine i popunjavala je prema užem delu.

Ploča je bila pritegnuta specijalnim uređajem, da ne bi isticala injekciona smesa iz pukotine, po obodu kamena bilo je izvršeno zaptivanje cementnim maletom (vidi sl. 9).

Uređaj za injektiranje bio je tako podešen da je bilo moguće vršiti ubrizgavanje vode u pukotinu, a odmah zatim, bez prekidanja toka vode i smanjivanja pritiska, nastaviti sa ubrizgavanjem injekcione smese. Takav način rada je usvojen pošto je konstantovano da je to neprekidanje toka od prvorazrednog značaja za injektiranje jako pro-pusnog kamena.

Prvobitni uređaj koji nije omogućavao ovakav kontinualan tok kvašenja pukotine vodom i prelaz bez smanjenja pritiska na injektiranje pokazao se nepodesan jer su popunjavanja pukotine bila vrlo slaba.

Do ove pojave dolazilo je iz razloga što je injekciona smesa nailazeći preko poroznih površina već na vrlo kratkom putu izgubila veću količinu vode, tako da je njen kretanje odmah postalo veoma otežano i ograničeno. Osim toga prekidanje postupaka dovodi do ponovnog stvaranja vazdušnih mjeđurića u pukotinama, koji onda sprečavaju proticanje injekcione smese. Iz tih razloga sam kamen je morao biti prethodno dobro zasićen vodom i odmah, dok je još zasićen, injektiran što redim smesama, jer su se one pokazale bolje kod zapunjavanja pukotine.

U toku rada izvršen je čitav niz ovakvih laboratorijskih injektiranja sa raznim vrstama smesa i raznim količinama vode.

Sve pojave koje su zapažene prilikom ovih radova poslužile su kao osnova na kojoj su zasnovana dalja ispitivanja, a kasnije i čitav proces rada na sanaciji svoda kamenog mosta.

#### Injektiranje pukotine u kamenim blokovima

Kod ove serije kamenih blokova postignuti su potpuno isti uslovi u pogledu injektiranja kao i u prirodi, jer su injektirane hraptave pukotine koje su dobijene razbijanjem pojedinih kamenih blokova.

Kameni blokovi dimenzija  $30 \times 30 \times 40$  cm preplovili su na dva dela, a zatim opet pažljivo sastavljeni i stavljeni u stegu. Da se ne bi smesa gubila iz pukotine, i ovdje je to sprečeno cementnim malterom po obodu pukotine, a injekciona smesa dolazila je u pukotinu kroz buštinu koja je bila u obliku slova L.

Laboratorijsko injektiranje pukotine vršeno je sa malim injekcionim pritiscima od 0,5 do 2,0 atmosfere, odnosno pod istim uslovima sa kojima se pretpostavljalo da će se vršiti injektiranje pri izvođenju radova.

Na osnovu svih laboratorijskih radova moglo se konstatovati sledeće:

— Ispitivanja su pokazala da se izvođenju injekcionih radova kamenog mosta u Mostaru mora pristupiti sa mnogo više pažnje i na drugi način nego kod uobičajenih injektiranja hidrotehničkih objekata.

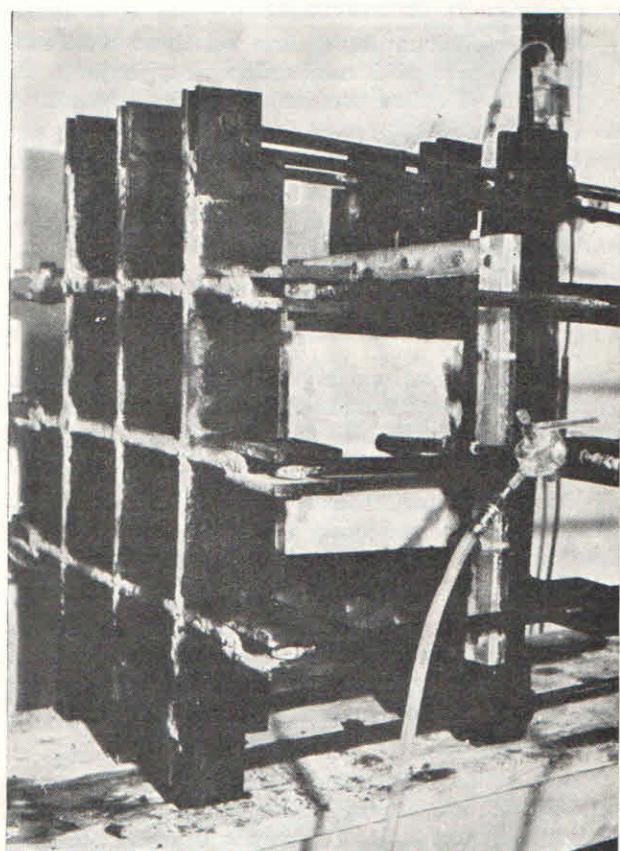
— I pored relativno velike vodopropusnosti kamena »tenelije«, ispitivanjima je ustanovljeno da injekciona smesa ne prodire u unutrašnjost samog kamena, tako da ne postoji nikakva bojazan u pogledu promene vidljivih strana svoda posle injektiranja.

— Ustanovljeno je da je za injektiranje svoda Starog mosta najpovoljnija smesa sledećeg sastava:

82,5% cement  
2,5% bentonit  
15% kameni brašno oolitskog krečnjaka  
(»tenelija«)

Kod ove smese najbolje su zadovoljeni traženi uslovi, jer je stabilnost smese povećana dodavanjem bentonita, a fino kameni brašno u datom procentu ne otežava prodiranje smese. S druge strane, kameni brašno znatno smanjuje modul elastičnosti, što je u ovom slučaju bilo poželjno.

— Konstatovano je također da je veoma važno da se kamen prethodno zasiti vodom i da se onda bez prekidanja procesa izvrši injektiranje.



Sl. 10 Injektiranje pukotine u kamenom bloku (sa pločom pleksiglasa)

— Injektiranja pojedinih delova svoda treba izvršiti u što kraćem vremenu, sa istovremenim ubrizgavanjem smese na više mesta, a instalacije moraju biti zato dovoljno dimenzionirane.

— Prilikom rada treba primeniti ređe injekcione smese sa odnosom suha supstanca : voda 1 : 4 do 1 : 2, a samo kod većih gubljenja smesu sa odnosom 1 : 1.

— Da ne bi došlo do velikih teškoća i prekida u radu, uređaj za injektiranje mora biti izrađen tako da u svakoj situaciji ima dovoljnu sigurnost za kontinualan rad.

Rukovodeći se tim konstatacijama izrađena je šema uređaja za injektiranje i određeni njegovi kapaciteti saglasno kasnije usvojenom načinu injektiranja svoda po fazama.

## 2. Projekat za injektiranje svoda

Projektom je izvođenje radova na sanaciji podjeljeno u tri faze, koje su proizašle iz konstruktivnih osobina samog svoda:

I faza obuhvata deo svoda od početka olakšavajućih otvora (šupljina u konstrukciji svoda) do temena.

Radovi na injektiranju na ovom delu mosta podjeljeni su na 14 delova pri čemu je jedan deo obuhvatao uglavnom istovremeni rad na injektiranju kroz 5 poprečnih spojnica.

U II fazi predviđeno je injektiranje donjih delova svoda sa obe strane, pri čemu su radovi na injektiranju podeljeni na 6 delova.

U poslednjoj, III fazi, predviđeno je injektiranje završca u temenu svoda. Ovaj završac trebalo je da odigra za vreme radova ulogu izvesnog zgloba, tj. da umanji promene napona u svodu, za vreme injektiranja.

Predviđeno je da se injektiranje svoda vrši simetrično kako bi se izbegle veće deformacije svoda mosta.

Jednovremeno je predviđeno da se injektiranje vrši samo na jednom, a odmah zatim da se pređe na injektiranje drugog dela, koji se nalazi približno simetrično u odnosu na teme mosta.

Veličina pojedinih delova bila je uslovljena brojem stega i kapacitetima injekcionih uređaja.

### Raspored izvođenja radova na injektiranju svoda

Redosled izvođenja pripremних radova i injektiranje predviđeni su da se obavi po sledećem programu:

1. bušenje rupa,
2. postavljanje stega,
3. ispiranje pukotina i spojnica vodom pod pritiskom do 3 atm.,
4. zatvaranje spojnica i pukotina malterom,
5. stavljanje dela svoda pod pritisak vode u cilju kontrole zatvaranja spojnica,



Sl. 11 Razdvojeni blokovi posle injektiranja

6. naknadno, dopunsko, zatvaranje spojnica malterom,
7. stavljanje dela svoda pod pritisak vode,
8. injektiranje dela kamenog svoda.

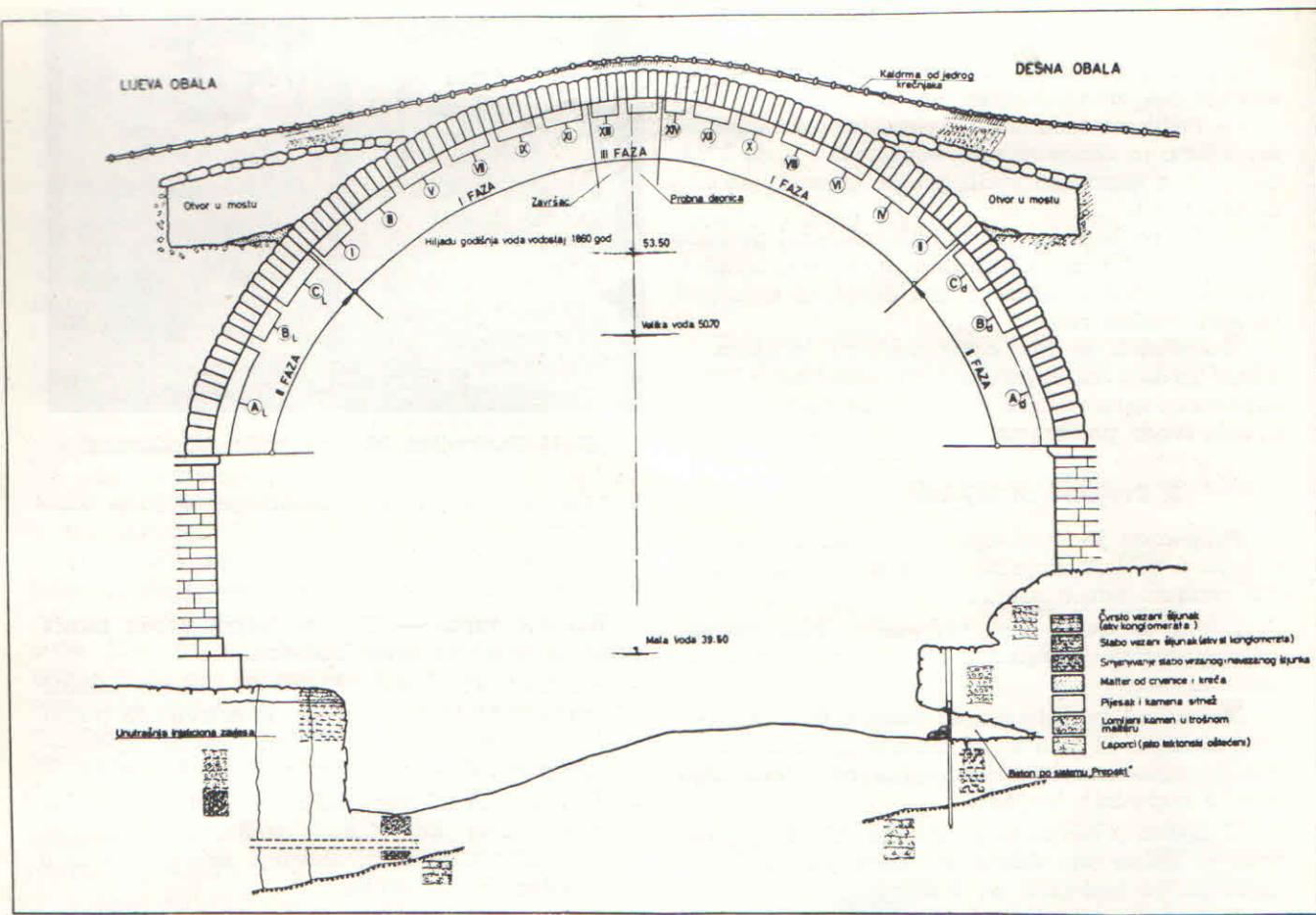
**Bušenje rupa.** — U konstrukciji svoda mosta predviđene su tri vrste bušotine, i to:

- Bušotine Ø 20 mm, dužine 70—80 cm, bušene upravno na intrados svoda, koje treba da posluže za injektiranje. U jednom delu za injektiranje predviđeno je ovakvih 8—15 komada.
- Bušotine Ø 20 mm, dužine 40—50 cm u većim pukotinama, koje takođe treba da posluže za injektiranje ili za sprečavanje odlaska smese u susedne delove svoda.
- Bušotine Ø 20 mm, dužine 75—85 cm, bušene duž ravni spojnica, paralelnih sa čelom svoda, koje služe za postavljanje gumenih pakera za zapitivanje, radi ograničavanja prostora injektiranja i sprečavanja odlaska smese u susedne delove svoda.

**Postavljanje stega.** — Kao što je ranije napomenuto stege su imale zadatak da spreče bočna širenja svoda pri injektiranju. Iz tih razloga svaka je kampada bila utegnutu sa po 4 montažne stege. bočnu silu od 10,00 tona koja bi se mogla javiti Svaka stega dimenzionirana je na maksimalnu kod pritiska od 3 atmosfere u jednom poprečnom redu blokova. Stege su dimenzionirane u odnosu na dozvoljene deformacije, a ne na napone zatezanja, jer se zahtevalo da deformacije pri stavljanju stega u rad budu što manje.

**Ispiranje pukotina i spojnica vodom pod pritiskom.** — Voda je u toku vremena — zbog propustljivosti gornje površine mosta — malter iz spojnica ispirala i rastvarala a u spojnice i pukotine unosiла i taložila nove materijale (crvenicu, pesak, kamene otpatke). Stoga je bilo potrebno spojnice i pukotine što je moguće bolje isprati kako bi bilo lakše prodiranje injekcione smese.

Ispiranje vodom je predviđeno na taj način da se uključi jedan deo bušotine, a da se kroz drugi deo pusti da voda ističe. Zatim da se postupak po-



Sl. 12 Podela svoda na grupe kamenova za istovremeno injektiranje

novi na taj način da se kroz druge bušotine voda ubrizgava, a kroz prve da ističe.

**Zatvaranje spojnica i pukotina malterom.** — Radi uspešnijeg injektiranja predviđeno je prethodno zatvaranje svih spojnica i pukotina u delovima svoda koji se injektiraju cementnim malterom u dubini od 2—3 cm.

Ovo je bilo potrebno da ne bi injekciona smeša isticala iz delova koji se injektiraju. Ukoliko bi se to desilo, ne bi se mogli postići predviđeni injekcioni pritisci, što bi na kraju imalo rđave posledice, tj. slabo, odnosno delimično ispunjavanje spojnica i pukotina.

Na čeonim vidnim površinama predviđeno je zatvaranje spojnica u dve etape, i to u prvoj etapi zatvorio bi se dublji deo spojnica cementnim malterom, a u drugoj, površinski deo spojnica koji je vidljiv ispunio bi se malterom čija bi boja odgovarala boji kamenog svoda.

**Stavljanje dela svoda pod pritisak vode u cilju kontrole zatvaranja spojnica i pukotina.** — Po izvršenom zatvaranju pukotina i spojnica malterom predviđeno je da se čitav odsek svoda drži neko vreme pod pritiskom vode od 2—3 atmosfere da bi

se na svodu videla i obeležila ona mesta koja nisu dobro zatvorena.

**Naknadno zatvaranje spojnica malterom.** — Pošto su obeležena sva mesta na odseku koja propuštaju vodu trebalo je pristupiti dopunskom zatvaranju spojnica i pukotina cementnim malterom, a na čeonim površinama veće pukotine zatvoriti gipsom i kudeljom.

**Stavljanje dela svoda pod pritisak vode.** — Po završenim dopunskim radovima deo svoda je trebalo ponovo da bude stavljen pod pritisak vode kako bi se kameni blokovi potpuno zasitili vodom. Ovo stoga da bi prilikom injektiranja ovakav porozni kamen što manje i što sporije oduzimao vodu injekcione smesi.

Za vreme ubrizgavanja vode u svod predviđeno je da se meri, pri raznim pritiscima, količina vode pomoću preciznog vodomera da bi se na taj način dobila slika o relativnom odnosu vodopropusnosti, odnosno da bi se utvrdilo da li je deo svoda dobro zaptiven i da nema slučajno nekih većih nevidljivih isticanja vode u samoj unutrašnjosti konstrukcije mosta.

**Injektiranje kamenog svoda.** — Tek posle isprobano rada uređaja za injektiranje i zasićavanja dela svoda vodom, predviđeno je da se izvrši injektiranje pojedinog dela. Injektiranje je moralo da usledi kontinuirano kao nastavak zasićavanja vodom i to bez smanjivanja pritiska vode, kako se ne bi dala mogućnost vodi da kroz kamen delom oteče i da izazove odmah po ulasku smese u svod mogućnost većeg gubitka vode iz smese.

### 3. Projekat skele za podupiranje svoda mosta

Za vreme rada ni injektiranju svoda i zameni pojedinih kamenova, bilo je potrebno da se svod podupre skelom. Pošto se zahtevalo delimično rasterećenje svoda mosta za vreme injektiranja, a pošto se predviđalo i da se izvrše zamene pojedinih kamenova svoda, skela je sračunata tako da može da preuzme celokupnu težinu svoda mosta i konstrukcije iznad njega.

Skela je projektovana\* sa presvođenjem Nerate u jednom otvoru, a za skelu su upotrebljena 4 rešetkasta mostovska nosača čelične konstrukcije, paraboličnog oblika, posuđena od preduzeća »Mostogradnja« iz Beograda. Preko montiranih čeličnih rešetkastih nosača projektovana je drvena skela i sa njom predviđeno podupiranje svoda mosta.

Statički sistem skele bio je luk sa tri zgloba, s tim da je konstrukcija predviđena tako da su u temenu mogle biti postavljene hidraulične prese za izazivanje određene horizontalne sile za rasterećenje svoda mosta od vlastite težine konstrukcije.

Podupiranje svoda mosta predviđeno je pomoću drvenih klinova, koji su pobijeni tako da je svaki kamen svoda bio podprt.

Projektom je predviđeno da se pre početka injektiranja izazove u temenu svoda sila koja će delimično rasteretiti svod (sila oko 40 tona, što predstavlja oko 1/3 horizontalne sile od vlastite težine konstrukcije mosta).

Pošto je postojala opasnost da prilikom injektiranja usled hidrauličkih pritisaka dođe do bočnog istiskivanja pojedinih kamenih blokova, predviđene su i specijalne montažne stope koje su imale zadatku da spreče bočno širenje svoda za vreme injektiranja.

Ispod samog svoda mosta predviđene su platforme i staze na skeli kako bi se sa svake strane i na svakom mestu moglo pristupiti svodu.

Izgled mosta sa skelom za vreme radova na injektiranju vidi na slikama 14. i 16.

### 4. Projekat uređaja za injektiranje

Zbog specifičnih uslova pod kojima je trebalo predvideti način injektiranja pojedinih delova svoda, prostudiran je proces injektiranja do de-

talja i izrađene šeme uređaja za kontinualno ispiranje, zasićivanje i injektiranje istovremeno sa 15 priključaka. U tom delu projekta sračunat je i kapacitet uređaja za injektiranje, jer se zahtevalo da se bez prekida injektira ceo predviđeni deo svoda i to u relativno kratkom periodu vremena.

Uređaj je bio predviđen za radne pritiske do 3 atm. i to sa mogućnosti da se u toku injektiranja, bez smanjenja pritiska, promeni gustoća injekcione smese i izvrši prelaz sa injektiranja smese na injektiranje sa vodom i obratno.

Da bi se to ostvarilo, bilo je potrebno predvideti instalaciju sa dva nezavisna strujna kola, za vodu i injekcivnu smesu, koja su mogla na jednom mestu da se povežu ili razdvoje jednostavnim okretanjem ventila.

Pošto se zahtevalo da se injektiranje izvrši kontinuirano i sa stavljanjem dela svoda pod pritisak vode i to u što je moguće kraćem vremenu, projektovan je uređaj za injektiranje većeg kapaciteta od dva puta po dve mešalice ukupnog kapaciteta 1.200 do 2.000 litara.

### 5. Realizacija projekta saniranja i konzervacije

Izvođenje radova na sanaciji i konzervaciji svoda mosta povereno je preduzeću »Mostogradnja« iz Beograda, koje je prnstupilo izvođenju radova u proleće 1963. godine.

Izvršenje radova obavljeno je po projektu sa nekim malim izmenama koje su se pokazale celishodne za vreme izvođenja radova.

Preduzeće je izradilo po projektovanoj šemi uređaj za injektiranje koji je omogućivao istovremeno injektiranje na 18 mesta. Od centralnog razvodnika vodile su prozirne plastične cevi do izbušenih bušotina i svaki priključak je mogao da bude pojedinačno uključen i isključen. To je omogućilo poseban tretman pri injektiranju kod svake bušotine.

Prema dispozicionom planu preduzeća, centralni razvodnik je smešten na samom mostu, dok je uređaj za pripremu injekcione smese bio postavljen na platou mosta na desnoj strani. Potrebna voda za injektiranje uzimana je iz vodovodne mreže.

Prilikom injektiranja prvog dela svoda (probne deonice) konstatovano je da bi bilo celishodno da se izvrše izmene u dispoziciji bušotina. Stoga je odlučeno da se injektiranje vrši delom i kroz bušotine izbušene horizontalno, upravno na čelo svoda i smeštene oko 15 cm ispod arhivolta. Te bušotine bile su duge 150 cm. Na ovakvo rešenje se došlo pošto je konstatovano da bušotina 20 mm prečnika u čelu svoda neće uticati na sam izgled čela, pošto se tako male bušotine neće ni videti. Sa stanovišta injektiranja, taj način pružao je prednosti, jer je takav sistem bušotina bolje pržimao deo svoda koji je injektiran. Osim toga — što je još vrlo važno, — takvim načinom injektiranja moglo je biti izbegnuto privremeno uklanjanje sa mosta kaldrme i ostalih slojeva iznad

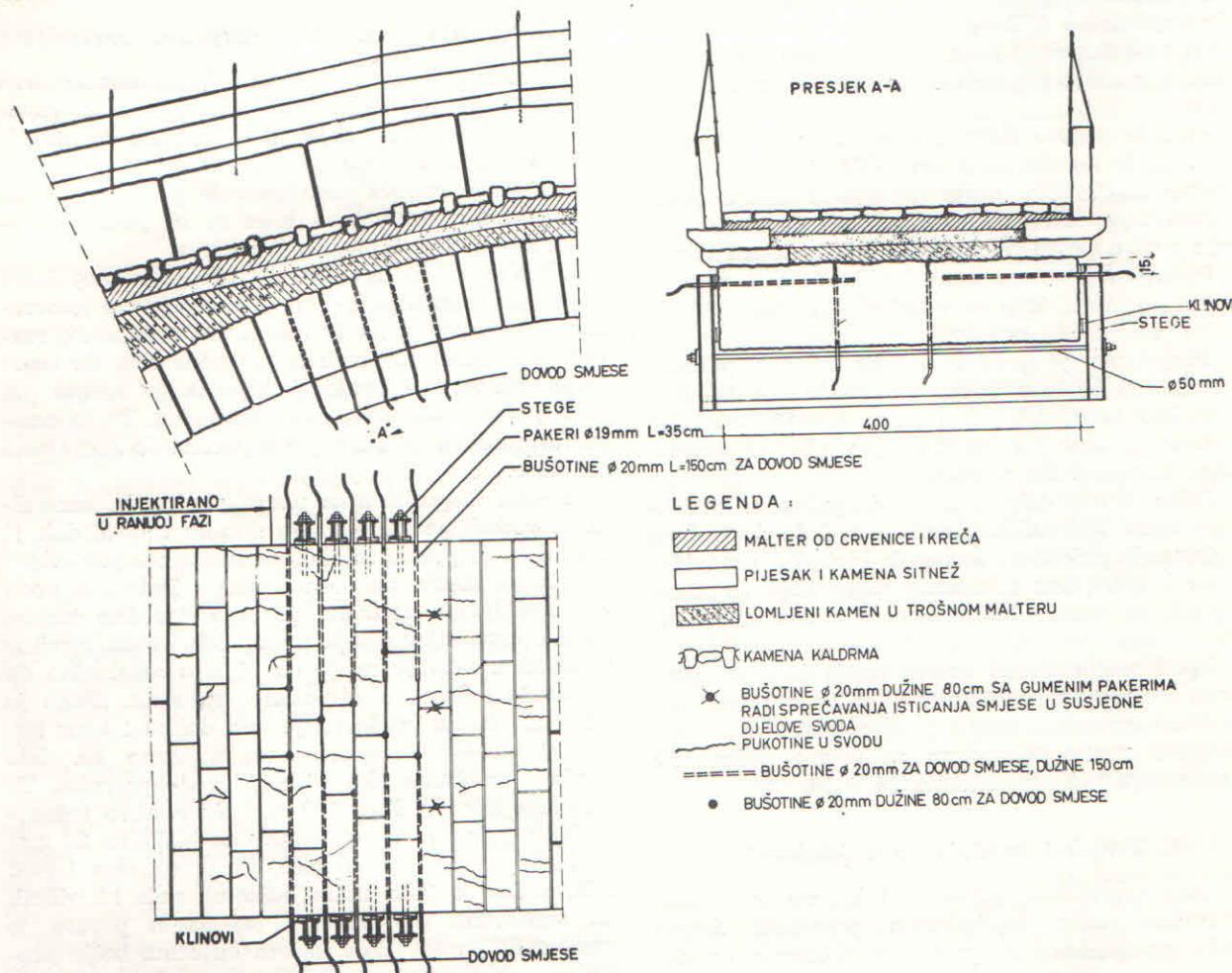
\* Projektovanje skele izvršio je prof. ing. Dušan Simić u zajednici sa saradnicima Zavoda za geotehniku i fundiranje u Sarajevu.

srednjeg dela svoda koji su po prvobitnoj zamisli morali da budu privremeno za vreme injektiranja uklanjeni.

Interesantno je da se napomene da se odmah u početku bušenja bušotina u svodu naišlo ponegde u spojnicama na olovne listove. Ova pojava nije bila očekivana, jer su ranija ispitivanja pokazala da olovne folije nisu stavljenе u spojnice. Prilikom daljih bušenja, međutim, konstatovano je da te »folije« potiču od zalianja željeznih čepova, koji su postavljeni između spojница tesanika svoda.\*

Koliko se moglo konstatovati, čepovi su postavljeni između svih čeonih kamenova svoda i to približno na oko 30 cm daleko od čela svoda. Ovi

\* Stari graditelji su, naime, vezali blokove sponama i čepovima od kovanog gvožđa, pri čemu su čep jednog bloka mogli da zaliju pre njegovog postavljanja, a susedni, gornji blok je imao odgovarajuće udubljenje u koje je ulazio deo klinova iz donjeg bloka. To udubljenje je posle postavljanja gornjeg kamenog bloka zaliveno vrućim olovom, kroz prethodno isklesani kanal. Prilikom tog zalianja, moglo je doći do isticanja olova u spojnice i do mestimičnog »folija« olova.



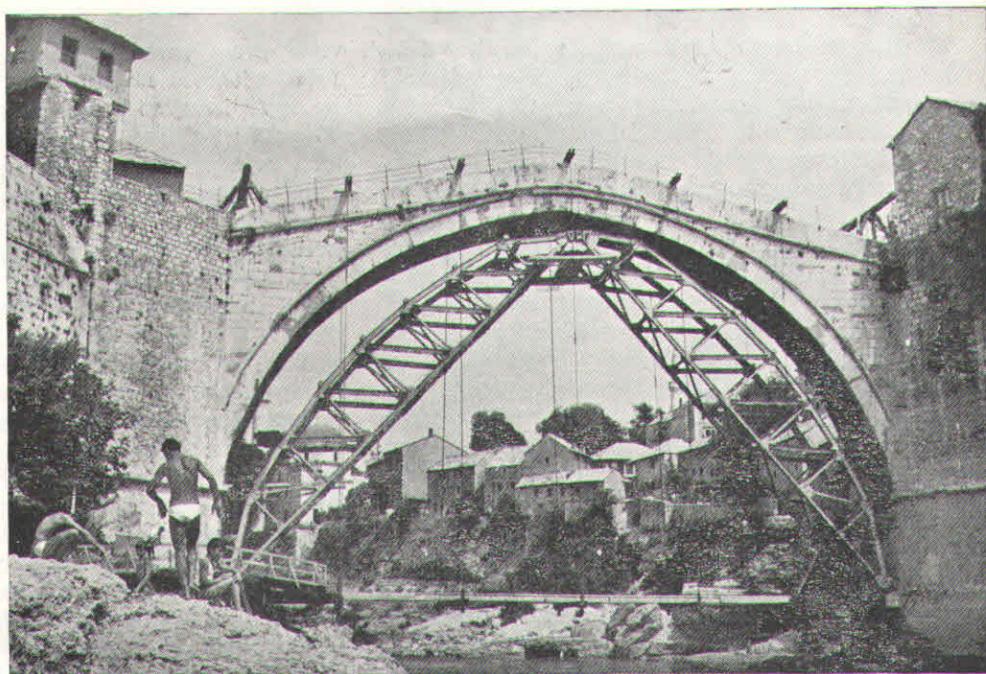
Sl. 13 Detalji rasporeda bušotina za injektiranje i zaptivanje

klinovi, koji su postavljeni u blizini čela svoda nepovoljno su uticali i njihovo prisustvo je sa vremenom sve više oštećavalo svod. Jer, ispiranjem maltera iz spojnice vršila se preraspodela pritisaka, te je došlo do prenošenja veće koncentrisane sile preko čepova, a to je onda izazivalo pojave pukotina na čeonim kamenovima i češća oštećenja na samom čelu svoda.

Pošto je proces ovakvog injektiranja i njegovog uspeha bio nedovoljno poznat, a sadržavao je posred toga još i mnoge specifičnosti, prvi deo koji je injektiran smatran je probnom deonicom. Na toj probnoj deonici trebalo je da se definitivno ustanovi način rada i način kontrole uspeha injektiranja. Osim toga, kako je ranije spomenuto, trebalo je videti da li se može izbeći privremeno uklanjanje kaldrme sa svoda radi zatvaranja spojnice svoda na ekstradosu cementnim malterom.

Naime, pretpostavljeno je da bi porozna ispuna iznad samog svoda (koja je ranije konstatovana) mogla da onemogući postizanje pritisaka pri injektiranju pojedinih delova na srednjoj polovini svoda

Sl. 14 Postavljanje montažne čelične skele



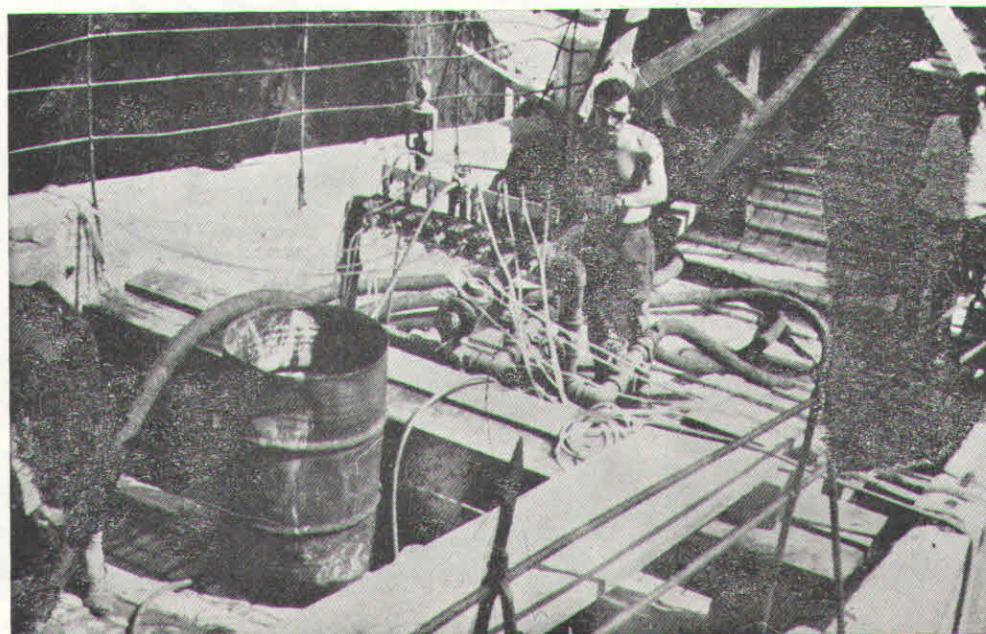
da. Stoga je bilo predviđano od strane Komisije da se u krajnjem slučaju na srednjem delu svoda (između olakšavajućih komora) izvrši privremeno uklanjanje kaldrme, ako bi to bilo neophodno potrebno. Radovi na injektiranju probne deonice trebalo je da pokažu i da li je to uklanjanje kaldrme potrebno, ili se injektiranje može uspešno da izvrši i bez toga.

Prethodno je na probnoj deonici izvršeno ispitivanje vodopropustnosti svoda sa bušotinama položenim horizontalno kroz spojnice i to izbušenim na rastojanju od 50 i 5 cm ispod arhivolta. Te bu-

šotine su bile dužine 150 cm. Rezultati su pokazali da je vodopropustnost u oba reda bušotina istog reda veličine, odnosno da blizina poroznog pokrova na svodu mosta ne igra presudnu ulogu. Pošto je to konstatovano i dobijena saglasnost konzervatora za bušenje injekcionih bušotina na čelu svoda, odlučeno je da se ne uklanja kaldrma, nego da se samo izmeni raspored bušotina utoliko da se injektiranje vrši pretežno sa čela (vidi sl. 13).

Probna deonica injektirana je kontinualno směsama razne gustoće (odnosi suha supstanca voda 1 : 3, 1 : 1, 1 : 3) sa količinom smese tri puta po 800 litara.

Sl. 15 Centralni razvodnik za injektiranje



Pri tom probnom injektiranju se uvidelo i šta treba dalje preduzimati. Te mere su se odnosile, uglavnom, na bolje zaptivanje spojnica i pukotina cementnim malterom i drugim sredstvima. Osim toga, konstatovano je da se svako mesto za injektiranje mora pojedinačno tretirati prilikom injektiranja.

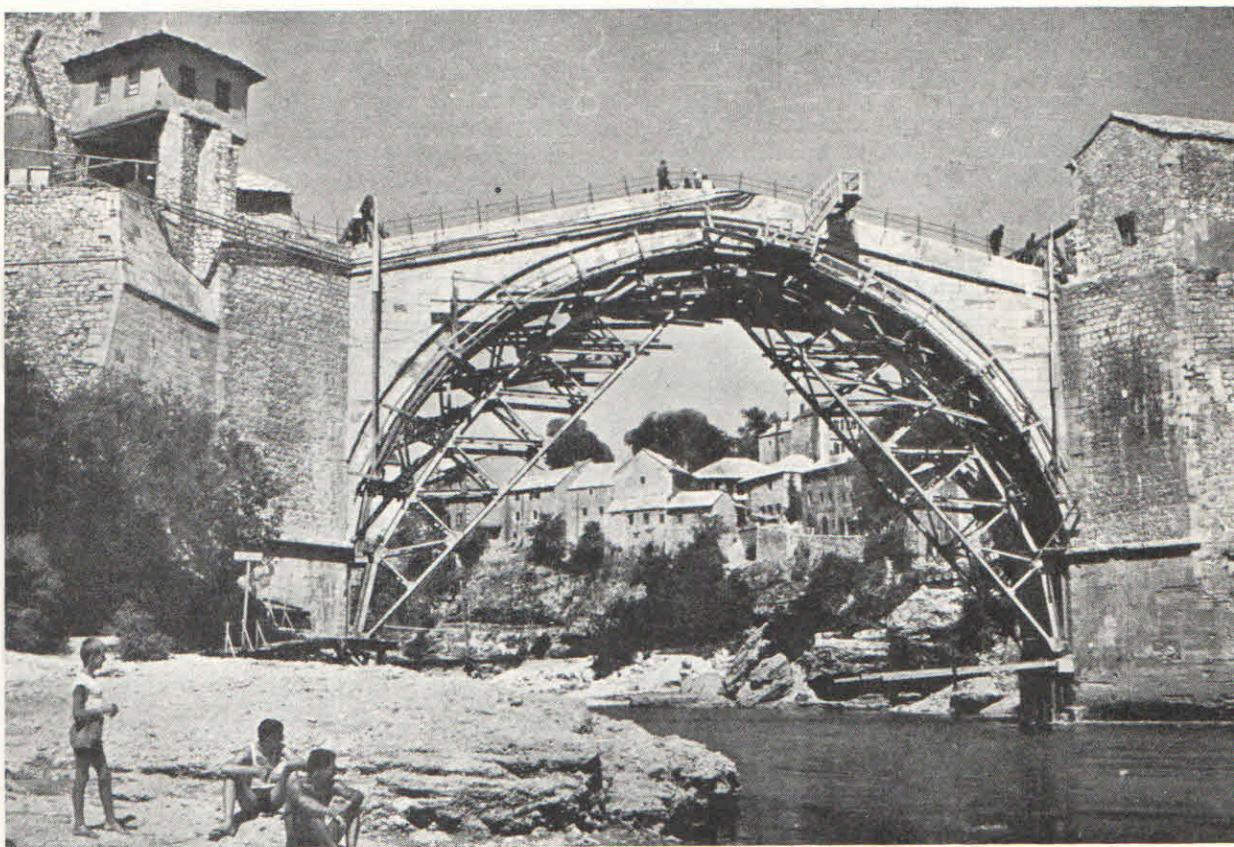
Kod injektiranja (deo II, vidi sliku 12) stečena iskustva na probnoj deonici omogućila su i određivanje kriterija za završetak injektiranja na pojedinim bušotinama, tj. da li pojedina bušotina još prima injekcionu smesu ili ne. Ukoliko bušotina ne prima više smesu, dolazi do sedimentacije smese i njezinog filtriranja u plastičnoj cevi na ulazu u bušotinu, te plastična cev postaje tvrda. Pipanjem prstima može se u svakom momentu ustavoviti da li je taj proces u pojedinoj bušotini otpočeo ili nije. Taj je kriterij usvojen i kasnije primenjen kod svih radova injektiranja i na osnovu njega su pojedina mesta injektiranja isključivana iz procesa sukcesivno u toku samog injektiranja. Injektiranje je, međutim, moralo da bude vršeno sve dok i poslednja bušotina nije prestala da prima smesu.

Kao kontrola izvršenih radova poslužio je još jedan kriterij koji je primenjen kod svih delova svoda u svim fazama. Pri određenim pritiscima od 0,5, 1,0, 2,0, i 3,0 atm. merene su protoke

vode pre i posle injektiranja jednog dela svoda (vidi dijagram na slici 18). Te protoke su smanjene injektiranjem za približno od oko 12 do preko 30 puta i svedene su približno na red veličine protoka koje pri tim pritiscima imaju kamen i injekciona smesa. Rezultati tih kontrola dati su po fazama za svaki pojedini deo svoda u tabeli I (za konačni pritisak od 3,00 atm.).

Gotovo svi delovi svoda injektirani su odjednom. Usled nedovoljno jakog zaptivanja na nekoliko delova je moralo biti prekinuto injektiranje radi velikih procurivanja pri povećanju pritisaka. Zahvaljujući dobro organizovanom radu i pripremnim merama sprovedenim do u detalje, ponavljanje postupka nije moralo biti zahtevano više puta. Osim toga, probna deonica, kako je kasnije konstatovano, nije zadovoljila kasnije usvojene kriterije, te je naknadno još jedanput injektirana.

Pri razradi projekta bilo je predviđeno da se radovi injektiranja u blizini oporaca izvrše posle prethodnih ispitivanja na drugi način (prethodno injektiranje u dubljim zonama). Na početku radova II faze pokazalo se, međutim, da nije potrebno vršiti injektiranja u dva maha, nego da se može ono uspešno sprovesti na isti način kao i radovi I faze. U toku radova se pokazalo da su gutanja na ovim delovima bila manja od gutanja na radovima I faze.



Slika 16. Stari most sa skelom za vreme injektiranja i konzervacije

Kako se vidi iz crteža na slici 12, posljednji deo, završac, ostavljen je uz probnu deonicu i injektiran je kao posljednji posle ponovnog injektiranja probne deonice (faza III).

Petnaest dana posle završenog injektiranja poslednjeg dela svoda (19. 10. 63) popuštena je skela (5. 10. 63) i zatim odmah uklonjena da bi se izbegle eventualne štetne posledice od velikih jesenjih voda.

Za injektiranje svoda mosta utrošeno je:

13.548 kg cementa  
2.186 kg kamenog brašna  
375 kg bentonita  
28.950 litara vode

Kada se na osnovu ovih količina sračuna zamenjiva šupljina koja je sa ovim materijalom ispunjena dobivamo vrednost od oko  $7,0 \text{ m}^3$ , što dokazuje da je u svodu Starog mosta bilo mnogo pukotina i otvorenih spojnica, odnosno da je svod uspešno injektiran i da je to doprinelo postizanju njegove monolitnosti.

Osim injekcionih radova koji su ovom prilikom izvedeni, izvršeno je i zamjenjivanje kamenih blokova na čeonim površinama svoda koji su bili jače izlomljeni ili oštećeni.

Pored toga skinute su sve zakrpe od cementnog maltera izrađene za vreme ranijih sanacija svoda, koje su svojom sivom bojom kvarile izgled mosta.

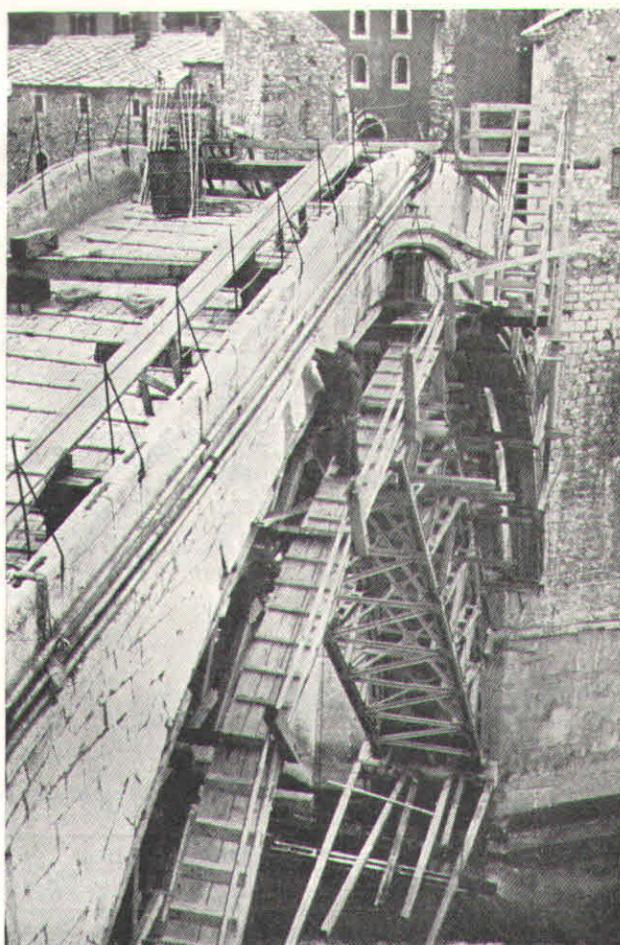
Na svim ovakvim mestima pričvršćene su ploče debljine oko 10—15 cm od kamena »tenelije«, koji će nakon kraćeg vremena dobiti patinu iste boje kao i svod.

Isto tako izvršen je još niz konzervatorskih radova za vreme sanacije svoda. Autori ovog rada, međutim, ograničili su se samo na opis onih radova u kojima su oni direktno učestvovali i bili projekti.

Preduzeće »Mostogradnja« u zajednici sa nadzornom službom izvršilo je povereni posao stručno i solidno, sa zalaganjem na koje se retko nailazi. Uspešnom izvršenju ovog posla svakako su najviše doprineli rukovodilac izvođenja radova preduzeća »Mostogradnja« ing. Jug. Mitović i nadzorni organ ing. Milan Gojković, koji su savesnim radom i nesebičnim zalaganjem obezbedili stručno i solidno izvršenje radova.

Na kraju možemo da konstatujemo da je sanacija svoda Starog mosta uspešno sprovedena zahvaljujući pravilnom stavu onih koji su u tom rađu učestvovali.

U prvom redu to je Komisija koja je prethodno detaljno osvetila ceo problem i usvojila pravilan put za sanaciju i konzervaciju ovog našeg starog i lepog spomenika kulture. Pravilan stav



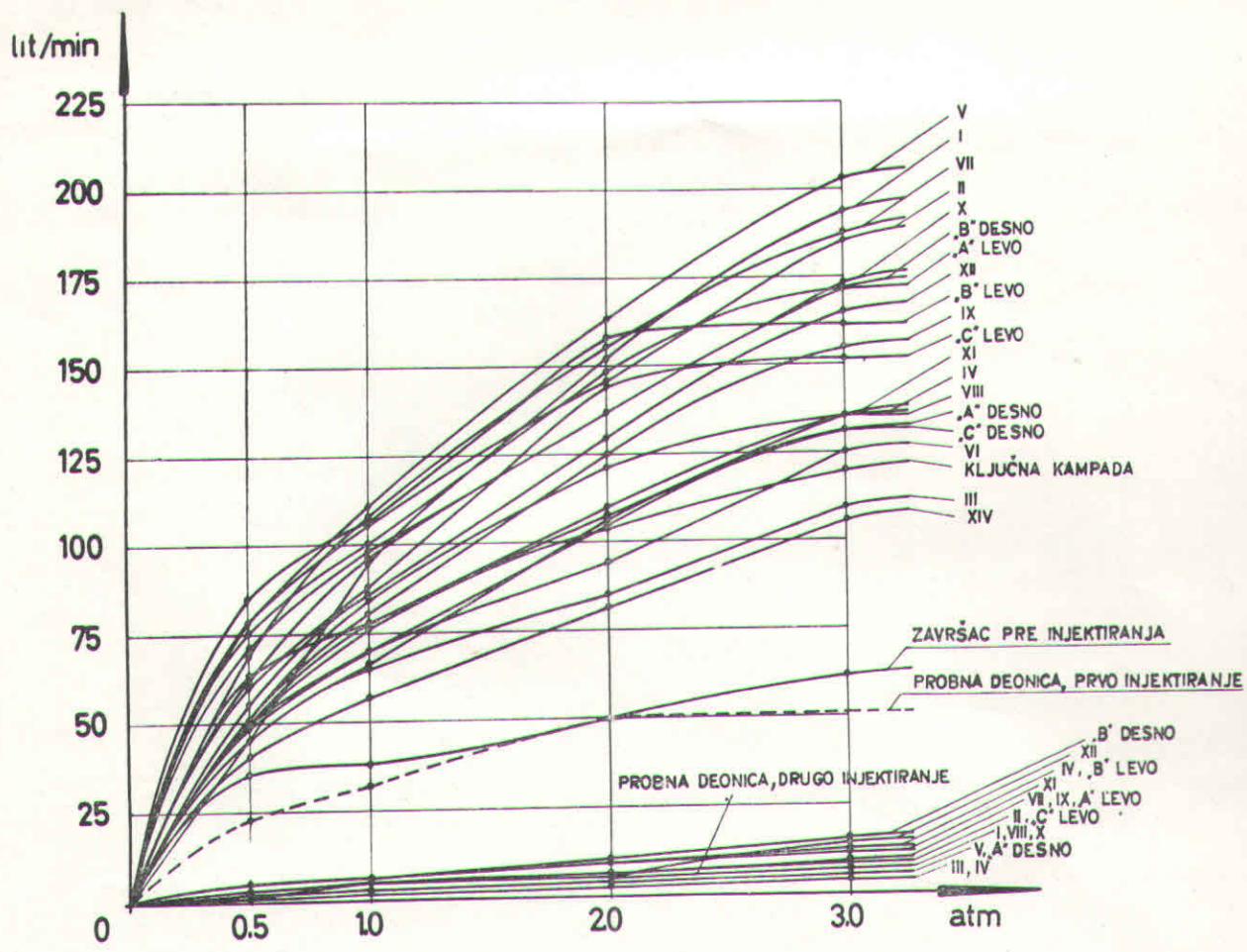
Sl. 17 Pomoćna skela za zamenu blokova na čelu svoda. U temenu postavljene stege; na mostu gore centralni razvodnik

te Komisije da se svaki detalj prethodno mora da prostudira da u tančine, a po mogućnosti i da se ispita, doprineo je da su i svi ostali učesnici u ovom radu pravilno shvatili ozbiljnost poduhvata i njegove mnoge specifičnosti, te su usvajajući taj stil rada rešavali pojedine probleme na zadovoljavajući način.

Na ovom mestu treba dati priznanje i Upravi za čuvanje i održavanje spomenika kulutre i prirodnih rijetkosti grada i sreza Mostar (sada Zavod za zaštitu spomenika kulture, Mostar), koja je uočila aktuelnost problema i preuzeila krajem 1954. godine potrebne korake da se pristupi studiranju problema sanacije i konzervacije Starog mosta i koja se kroz celo vreme u toku radova svesrdno zalagala za sprovođenje svih potrebnih mera.

Tabela I — Podaci o primanju injekcione smese i o vodopropusnosti na pojedinim delovima svoda pre i posle injektiranja

Delovi svoda po fa-zama	Utrošak		Utrošak po 1. spojnicici svoda	Protoka pre i posle injekti- ranja			
	suhe supstance	vode		pre	posle		
Probna deonica I.	kg	1	kg	1/min	1/min		
	857	2.200	171	192	8	10. IX. 1963.	
	II.	1.000	2.300	200	8	14. IX. 1963.	
	III.	664	1.300	133	4	21. IX. 1963.	
	IV.	951	2.000	190	12	18. IX. 1963.	
	V.	650	1.250	130	5	24. IX. 1963.	
	VI.	1.000	1.700	200	4	20. IX. 1963.	
	VII.	700	1.250	140	9	25. IX. 1963.	
	VIII.	550	1.150	136	7	27. IX. 1963.	
	IX.	800	1.300	160	9	1. X. 1963.	
	X.	750	1.350	150	7	28. IX. 1963.	
	XI.	750	1.250	150	12	5. X. 1963.	
	XII.	950	1.450	190	14	2. X. 1963.	
	XIV.	1.000	1.650	333	—	3. X. 1963.	
Sume	10.622	20.150	2.257	2.029	99		
Proseci	817	1.540	174	156	8,2		
II.	A <sub>1</sub>	700	1.200	87	172	10	9. X. 1963.
	B <sub>1</sub>	500	850	100	162	12	11. X. 1963.
	C <sub>1</sub>	734	1.200	122	152	8	12. X. 1963.
	Sume	1.934	3.250	309	486	30	
	Proseci	645	1.080	103	162	10	
	A <sub>d</sub>	641	1.050	64	132	5	15. X. 1963.
	B <sub>d</sub>	801	950	160	172	15	17. X. 1963.
	C <sub>d</sub>	650	950	130	132	—	18. X. 1963.
Sume	2.092	2.950	354	436	20		
Proseci	698	985	118	145	10		
III. Završac XIII.	1.461	2.600	182	62	—	19. X. 1963.	
Ukupna potrošnja	16.109	28.950		151	8,8		



Sl. 18 Dijagram protoke vode kroz grupe kamenova pre i posle injektiranja pri raznim pritiscima

#### SONATION AND CONSERVATION OF THE OLD BRIDGE AT MOSTAR

During the period from 1954 to 1963, upon the request of the Office for conservation and maintenance of cultural monuments and natural rarities of the town and district of Mostar, the work on sonation and conservation of the Old Bridge at Mostar, the quarter-centennial of which is being celebrated these days, has been completed.

Through exploration and the preliminary work done on the bridge, it appeared necessary to complete the work on the sonation of foundations, and preservation and conservation of the stone arch of the bridge, the span of which is 27,00 m.

As from the earlier days no technical data about the construction of the bridge existed, the construction as well as its technical characteristics had to be discovered and examined.

The technical supervision of the job was entrusted to a Board under the instructions of which the preliminary works as well as the works on preservation and conservation were performed. All the work was designed of the basis of the careful research and then carried out with great care, in order not to break the accepted principles of conservation of such objects on one hand, and on the other hand, to carry out the technical measures of sonation as fully and well as possible.

The aim of the work on the sonation of foundations was to fill in the damaged caverns under the abutment of the bridge, with corresponding material and to ensure the abutments from further erosion of the waters of the river Neretva. The work was mostly by filling of caverns with prepactconcrete and grouting of gravel deposit under the river bed.

The work on conservation and sonation of the arch was reduced mostly to filling of joints and fissures of the stone arch, and the substitution of a certain number of the damaged pieces of stone in the arch. In the course of time, mortar from the joints of the arch was mostly washed off, so that the numerous fissures appeared in the arch, as a result of the concentrated pressure on the certain surfaces of the stones of the arch.

The work was performed by grouting of the certain parts of the arch, but undertaking special measures, so that the grouting would give the best results. Extensive laboratory research preceded the grouting.

The description of the project and the way in which the work was carried out, as well as the problems encountered in the course of the study of this particular problem, and during the completion of the project is given in the paper.

Tisak: Grafički zavod Hrvatske, Zagreb