

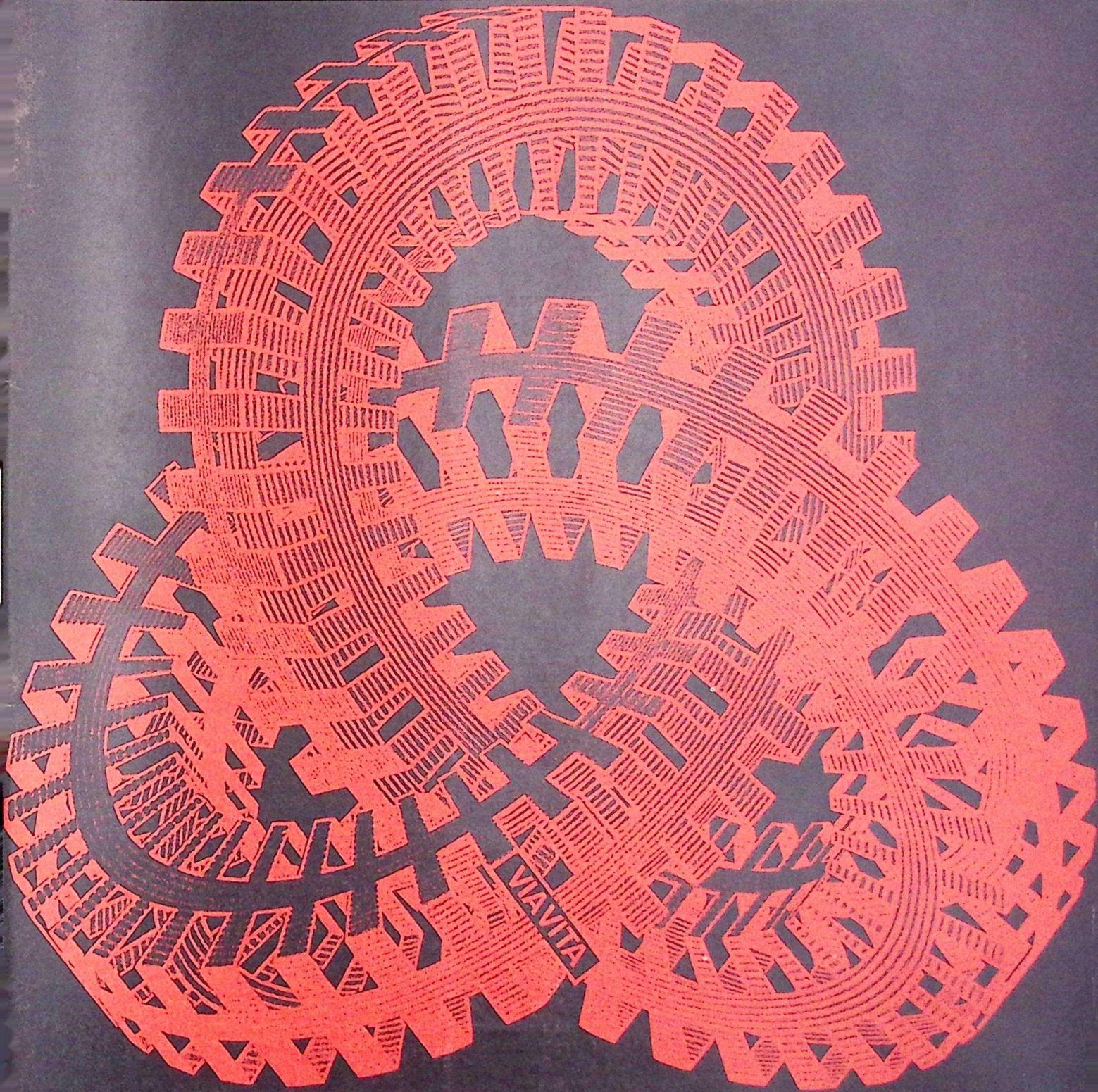
CESTE I MOSTOV

ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE
I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

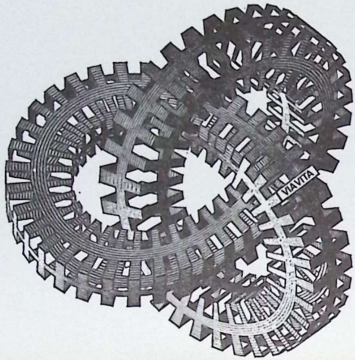
Vol. 26

Zagreb, 1980.

Broj 7-8



GLASIO SAVEZA DRUŠTAVA
ZA CESTE HRVATSKE I
SAVEZA DRUŠTAVA ZA
PUTOVE JUGOSLAVIJE



ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,
GRADNJE, ODRŽAVANJE I
TEHNIČKO-EKONOMSKA
PITANJA CESTA, MOSTOVA
I AERODROMA

SADRŽAJ

prof. dr. Kruno Tonković, Zagreb	
Most slobode u Zagrebu (dvadeset godina poslije izgradnje)	201
Predrag Braunović, Beograd	
Analička metoda strukturnog projektiranja fleksibilnih kolnika	211
Zdravko Horvat, Zagreb	
Aerodrom Zagreb u prometnom sustavu grada s osvrtnom na nepovoljni utjecaj buke	219
Iz rada Saveza društava za putove Jugoslavije	223
Kongresi, savjetovanja, izložbe	231
Prikazi	237

POZIV NA KOLEKTIVNO UČLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovi« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za putove Jugoslavije.

Pozivamo sve kolektive čija je djelatnost vezana za područje cestogradnje, mostogradnje i cestovnog prometa općenito da se učlane u Savez društava za ceste Hrvatske.

Osnovna je svrha časopisa »Ceste i mostovi« da upoznaje članstvo s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, gradnji, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

Kolektivna članarina određuje se suzamereno veličini i značenju poduzeća — kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

Kolektivni članovi, uplatom članarine, besplatno primaju časopis. Godišnja preplata: za poduzeća — 600.— dinara; za ostale preplatnike — 120.— dinara; za inozemstvo — 60 US dolara.

Pojedini primjerci: za poduzeće — 50.— dinara; primjerci u prodaji 12.— dinara.

Članovi Saveza društava za ceste Hrvatske, uplatom članarine, stječu pravo na besplatno primanje časopisa. Godišnja članarina je od 120.— dinara.

Cijena oglasa: omočna stranica — 6.000.— dinara; unutarnja 1/1 — 5.000.— dinara, 1/2 — 3.600.— dinara, 1/4 — 2.500.— dinara; inozemni oglasi: 1/1 — 660 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 — 350 US dolara.

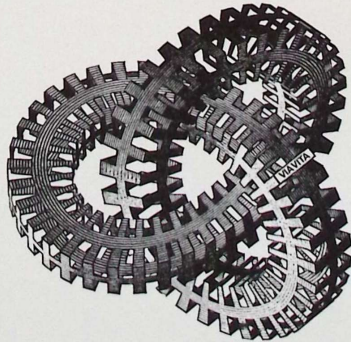
Urednički odbor:

mr Mladen Lamer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik, Darko Milnerić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik glavnog i odgovornog urednika, mr Branimir Babić, dipl. inž., Zagreb, mr Jovo Besić, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, inž., Rijeka, Krešimir Dugi, dipl. inž., Osijek, Endy Jakić, dipl. inž., Split, Stanko Kovač, dipl. inž., Zagreb, mr Ivan Liović, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Mogač, dipl. inž., Zagreb, Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perović, dipl. inž., Zagreb, Zvonko Pilko, dipl. inž., Zagreb, Franjo Pregorec, dipl. oec., Zagreb, dr Zdravko Ramljak, dipl. inž., Zagreb, Isip Sekopec, dipl. inž., Zagreb, Karlo Telen, inž., Zagreb, Vladimir Weber, dipl. inž., Zagreb. Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof. Grafička obrada: Branko Zlamalik

Časopis izlazi mjesečno.

Tiskao: NISKO »Vjesnik« — OOUR TMG — Pogon VŠ

Crtež na naslovnoj strani: M. C. Escher — Cvorovi (detalj) Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Yončinina ulica 3, tel. 445-422/63, Post. pret. 673, žiro-račun 30102-673-271



Sirenje grada Zagreba na jug uvjetovalo je produženje središnjeg gradskog prostora na kojem se nalaze najznačajniji sadržaji starog grada. To je prorod po liniji starog grada Griča i Kapiola, Trga Republike, Zrinjeva. Glavnog kolodvora; a dalje prema jugu su široki prostori rezervirani za najkvalitetnije građevine budućeg proširenog središta grada. U južnim predjelima sagrađen je novi dio grada s Brodarskim institutom, Zagrebačkim velešajmom i velikim stambenim naseljima.

Za vezu tih predjela bilo je potrebno prijeći rijeku Savu, te sagrađiti novi most preko nje. Studije su započete 1950. godine, a most je predan prometu 1959. godine.

Zbog toga, što se most nalazi u centralnom gradskom području, bilo ga je potrebno što uspješnije oblikovati te kvalitetno izvesti, tako da se može dolično uključiti u buduće uređenje okoline i u gradske sadržaje.

Priklonili smo se gledištu da će se taj središnji prostor grada vremenom čistiti od raznolikog automobilskog prometa, pa smo smatrali da to nije predjel u kojem se mogu formirati danas uobičajene cestovne petlje na prijazima mostu, jer takva rješenja stvaraju razbijene ne-kvalitetne prostore koje nije moguće prikladno iskoristiti za životne prostore grada. Smatrali smo ispravnim sagrađiti gradski most u kojemu su izostavljeni oni rekviziti cesta koji navode na brzu vožnju. Na Savi će biti sagrađeni i mnogi drugi mostovi izvan središnjeg prostora, pa se na njima mogu dobiti takvi uvjeti koji su potrebni suvremenom automobilskom prometu velike pro-pusnosti uz bezobzirnost prema pješacima. Prema tome, na mostu su izostavljeni odbojnici, dugi jednolični pravac ceste prekinut je promjenom poprečnog presjeka mosta i vijadukata, te umetanjem upornjaka, a na baznoj cesti mosta predviđeni su gradski tipovi čvorišta i trgovi koji omeđuju prijelaz preko Save.

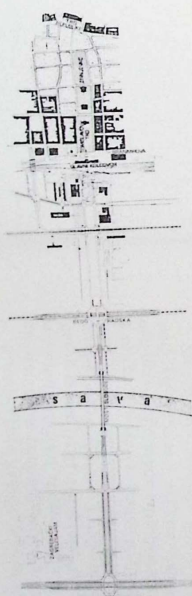
Težili smo, dakle, za time da se dojam poteza preko rijeke, koja razdvaja grad, smanji, a da se koridor Save promatra kao prostor koji će svojom kvalitetom u budućnosti spajdavati sjeverni i južni predjel grada.

U tom smislu je zadatak projektiranja mosta različit od čistog projektiranja nekog mosta na otvorenoj cesti izvan naselja, pa iz toga proizlaze i osobitosti u rješavanju čitavog zahvata.

Da bismo na obalama rijeke dobili mirne prostore i prolaze uzduž vodotoka, podignuta je niveleta mosta toliko da su ispod mosta i njegovih prilaza dobiveni široki spojevi uzvodnih i nizvodnih četvrti grada. Nad krunom glavnih nasipa su otvoreni prostori i na njima široki upornjaci mosta s četiri stubišta po kojima je gornja razina mosta spojena s donjom. Na prilazima su sagrađeni 135 metara dugi vijadukti, ispod kojih su ostali predviđeni prostori za neke lokalne sadržaje grada, na primjer, igrališta, zabavišta i zelene površine. Time je protav vozila i pješaka ostvaren bez sukoba tokova na čitavom potezu prijelaza između velikih cestovnih čvorišta, uz jedinstveno donjeg prostora.

Uz to smatramo da na Savi u Zagrebu valja sagrađiti što više manjih mostova i ne usmjeriti se na riječke, većlike i široke mostove koji trebaju na obalama goleme cestovna čvorišta. Za grad je svakako pogodnije da dobije gustu mrežu ulica preko rijeke, koje će omogućiti izravnanu i intimnu vezu predjela grada te skratiti obilaznja.

Takvo je gledište ispravno i s obzirom na činjenicu da je korito široko tek 300 metara, pa se radi o relativno kratkim prijelazima; pri dobrom tlu za temeljenje i ma-



Slika 1 — Položajni nacrt prodora sjever-jug u kojem se nalazi Most slobode u Zagrebu

lim visinskim razlikama izgradnja mosta je tehnički jednostavan zadatak.

Lz toga proizlazi da je za most bila dovoljna širina kolnika od 14,0 metara, zapravo izvedeno je točno 13,6 m, s hodnicima širokim po 3,0 metra, točno izvedeno 2,9 metara.

U urbanističkim planovima nije ni danas — nakon tri deset godina — obrađeno široko područje što ga čini dvadeset kilometara dugi koridor rijeke Save u gradu, a rijeka imađe izraženo, regulirano korito za srednju vodu, široko 100 metara, desnu inundaciju široku 125, a lijevu 75 metara. Prostori za prolaz vode su jasno ograničeni glavnim nasipima, ali nije određeno što će se dogoditi s njima i na stotine metara širokim neizgrađenim obalnim prostorima. Ti stari savski vrbici čekaju svoja rješenja koja vjerojatno neće biti jednaka uzduž čitavog toka toka Save. Predviđamo da će to u budućnosti biti uređeni, privlačni obalni prostori grada, te da će se tu — uz visoko drveće i drugo rashnje — mjestimično pojaviti različite platforme, igrališta, zgrade na obali, nad inundacijama i nad vodom, bazeni, šetališta, izletišta i drugi sadržaji.

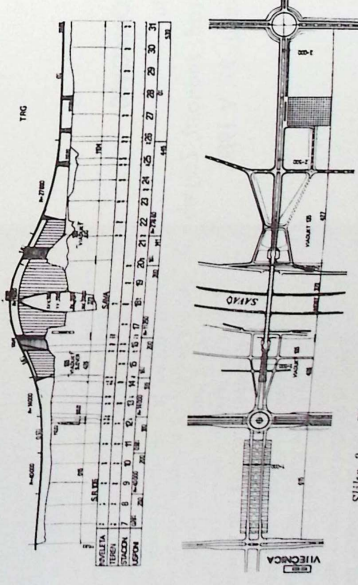
Pri tome znademo da je za protjecanje vode dovoljno ostaviti slobodno samo nisko prizemlje u kojem se mogu nalaziti i mnogi stupovi. Pri najvišim vodostajima voda je nad inundacijama duboka tek 3 do 4 metra, a led ovdje nailazi s niskim vodama kad u inundacijama uop-

će nema vode. Uz to nam je vrlo lako sagraditi tako jake stupove da im ne mogu nauditi vode ni led pa niti udarci vozila. Opasnost od podliokavanja izbjegava se dakako dovoljno dubokim i pouzdanim temeljima, a ne velikim otvorima. Veličinu uspora jednostavno je proračunati.

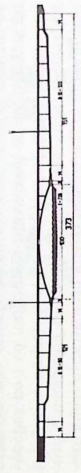
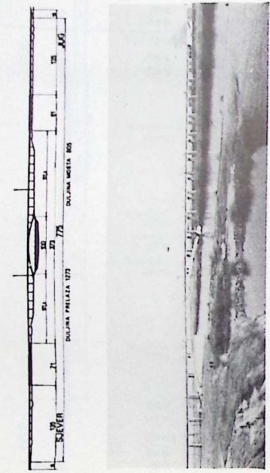
Prema tome, nije bilo razloga nad inundacijama rijeke predviđati velike otvore.

Tlo na mjestu mosta sastoji se od kojih 10 do 12 metara debelih naslaga, šljunka pomiješanog s pjeskom, a ispod toga su slojevi diluvijalne gline do nedohvatne dubine, stoga je bilo pogodno predvidjeti i neki lučni sistem glavnog nosivog sklopa te ga temeljiti bilo na masivnom bloku klasično bilo uz primjenu pojačavanja tla injektiranjem.

Za ostvarenje slobodnih tokova prometa na obali bilo je poželjno prevesti most preko razine glavnih nasipa. To je bilo predviđeno stoga što smatramo da će se u budućnosti na tom predjelu grada pojaviti neka višekatna rješenja i vrijedni objekti središnjeg gradskog prostora. Duljina sektora prijelaza između obalnih čvorišta bila je dovoljno duga da se moglo ostvariti dizanje nivele mosta preko glavnih nasipa i prostora na obalama s vrlo blagim nagibima; najveći je uspon na prilazima 1,6% koji je za pjesake neprimjetan, a zaobljenja su dana na radijusima od 11.000 odnosno 27.000 metara. Pri takvim odnosima perspektivno se vizualno gube dojmovi visinskih razlika, a tako položena niveleta, koja je bit-



Slika 2 — Tlocrt i niveleta prijelaza Save u centralnom prodoru grada Zagreba



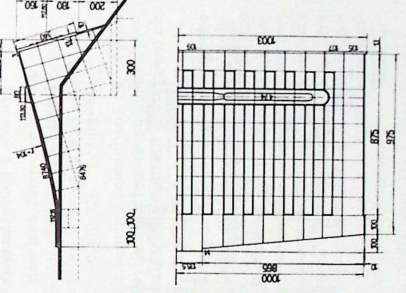
Slika 3 — Pogledi na Most slobode u Zagrebu

na za osnovnu koncepciju mosta i prijelaza, omogućila je projektriranje lučnog nosivog sklopa mosta. Uz to smo tako otvorili izvannedan vidik s mosta na središnji predjel grada i njegovu pozadinu s Medvednicom.

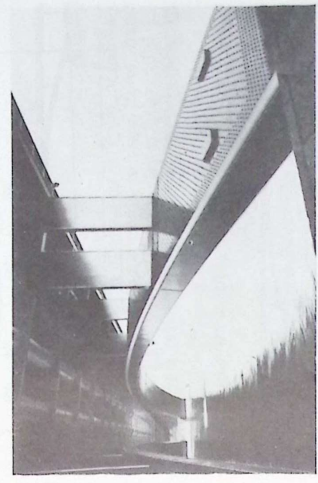
To su bila razmišljanja koja su dovela do originalnog rješenja mosta na Savi, jer su prikazani odnosi nametali predviđanje jednog velikog otvora preko glavnog korita i mnogo malih otvora nad inundacijama. Spojeno u celovitu koncepciju, dobili smo veliki lučni nosač raspona sto metara i niz manjih otvora po 15 metara; tako smo ih izabrali. U tome je strelica luka određena sa 736 cm, pa sploštenost i smjelost luka iznosi:

$$f : L = 1 : 13,6 \quad L^2 : f = 1360$$

Pri takvim osnovnim razmjerima, odlučili smo se na projekt čeličnog nosivog sklopa koji pruža mogućnost vr-

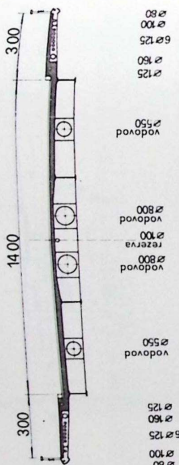


Slika 5 — Oblici konstrukcije pri petama stoda



Slika 4 — Poprečni presjek mosta u velikom otvoru i pogled ispod mosta kao njegovo očitovanje u naravi

lo kvalitetnog izgleda, a vidljive plohe možemo obojiti prikladnim kombinacijama boja te tako povećati njegovu oblikovnu vrijednost. Da bi se postigla što veća vri-



Slika 7 — Vodovi u poprečnom presjeku mosta

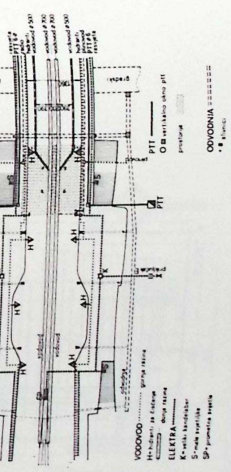
Izabrani oblik poprečnog presjeka svoda dao je mogućnost da se po unutrašnjoj i vanjskoj plohi svoda dobiju oblikovni efekti pomoću glava zakovica. Bočne strane presjeka su ostale glatke i na njima su dodana samo uzdužna ukrućenja, dok su vertikalna smještena u unutrašnjost svoda. Odnos visine i duljina presjeka svoda je 1 : 4.

Pri tjemenu je konstrukcija pomosta provedena neprekinuta, ali je njezin donji dio s jedinstvom u oblikovnu cjelinu. Tako je u tjemenu sektoru formiran klasični završni kamen, koji smo naglasili i različitim bojama. Opcenito je iskorisćena mogućnost izbora raznih boja za nalik metalnih konstrukcija pa su za to kombinirane dvije boje. Osnovna je boja modrocruvenkasta „kobalt boja“, određeni su dijelovi i plohe svijetle aluminij-ske boje. Takve su kombinacije provedene i u ogradama.

Zanimljivo je da se precizno provedenom kontrolom položaja temelja nije nakon predaje opterećenja ustianovio nikakav zamjetan pomak temelja, a proračunski pritisak od svoda iznosi do 28.500 KN.

U inundaaciji su mali temelji postavljeni na drvene šipove zabijene do u diluvijalnu glinu, da su sigurni protiv podokavanja. Ostali su temelji plitki i postavljeni na gornje slojeve šljunka s pijeskom.

Za rješenje pomosta bitan je bio zahtjev da se preko mosta mora prevesti prilično mnogo vodova među kojima su značajne cijevi vodovoda, koji do mosta dolazi s dvije cijevi profila 100 cm. Preko mosta su položene, namontirane na vodovod, četiri cijevi profila 70, odnosno 55 cm; učinjeno je to zbog pogodnosti smještanja u konstrukciju, održavanja i popravaka. Za raspljtanje svih vodova bilo je potrebno predvidjeti na obalama prilično široke plohe i prostorije, koje smo smjestili u upornjake. Prostorije su u tlocrtu velike 16 × 18 metara.

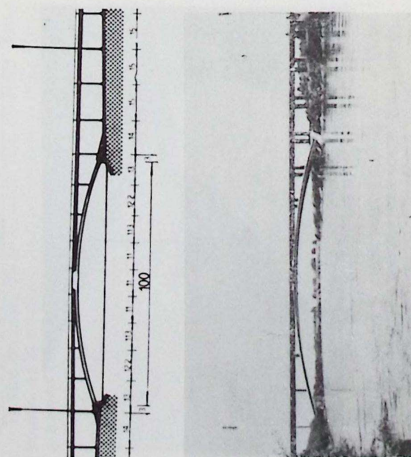


Slika 8 — Razmještaj vodova u tlocrtu sjevernog upornjaka

jednost u tom središnjem gradskom mostu, odlučili smo se na kombinaciju čelika i kamena, pa su sve vidljive plohe ostalih dijelova, izuzev pločastih konstrukcija pomoćna, izrađene od vrlo lijepog prirodnog kamena.

Pri izabiranju nosivog sklopa i tipa konstrukcije mosta preko rijeke nad profilom korita bili smo, uz opisane okolnosti, pred dilemom da li je bolje prikoniti se povijesno uvriježenim i provjerenim rješenjima ili potražiti neke nove možda i neobične forme i strukture tih dijelova mosta.

Odlučili smo se na mirna cjelovita rješenja mosta koja mogu stvoriti ugodaj reprezentativnog izgleda toga predjela grada. U tom središnjem dijelu još nema guste i visoke izgradnje, a čitav grad je po svojim mostovima bezličan, te ne postoji, u tom smislu, nikakav element ograničenja. Zato je bilo privlačno sagraditi klasičan



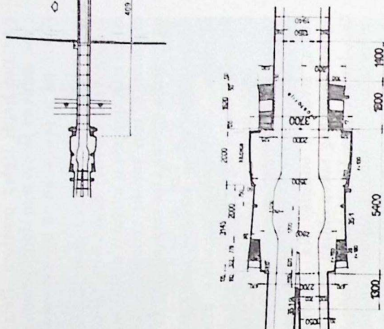
Slika 6 — Glavni otvar Mosta slobode u pogledu na crteži i na fotografiji

most u njegovom osnovnom obilježju, a pri tome mu dati suvremeni izgled.

U tom je smislu predviđena konstrukcija po izgledu pločastog tipa, lukovi su projektirani kao dvojni svod, uz odnos širina svodova prema svjetlom njihovom razmaku ... 1,0 : 1,3 : 1,0. Debljina svoda je 100 cm u tjemenu i u petama 130 cm; uz os oblika kružnog segmenta i upeti sistem svoda osnovno je rješenje, dakle, klasičan nosivi svodeni sklop, no ovdje u interpretaciji metalnog nosača.

Svodeni tip konstrukcije omogućio je malu debljinu luka, uz odnos prosječne debljine prema rasponu od 1/87. Ta je dimenzija još uvijek manja od visine uzdužnih nosača kolnika, koji su zbog provođenja vodovodnih cijevi visoki 85 odnosno 92 cm i konstantne su visine uzatuz čitavog mosta. Metalne vertikale sklopa velikog otvora i takvi vertikalni stupovi u inundaacijama jednako su profila, a također su šupji, samo su ispunjeni betonom. Na određenim mjestima je kroz te vertikale provedena odvodnja mosta.

Zanimljivo je da čelične konstrukcije ulaze ispod razine visokih vodostaja. To nije uobičajeno, ali konstruk-



Slika 9 — Tlocrt mosta i njegovih upornjaka

Po jedinici površine mosta to iznosi ... 218 kg/m², to je dakle vrlo ekonomično rješenje postignuto time što je na pretežnoj duljini mosta veličina raspona malena.

Interesantno je spomenuti da je pri tome površina za liječenje čelične konstrukcije 17.300 m².

Lukovi su, rekostmo, upeti u temelje koji imaju prikladan masivni kljun od armiranog betona obloženog velikim granitnim pločama. Te ploče, debele 10 do 13 cm, složene su u pravilne i posebne oblike. Slično su tako oblikovani i vrhovi temelja malih stupova u inundaacijama. Kameni su dijelovi brižljivo obrađeni grubo špicami granit, uz zaista oštre i pravilne bridove te pomno zaliveno reške nešto uvučeno.

Temelji svodova su masivni blokovi izvedeni pomoću kesona, tako da su ušli u slojeve diluvijalne gline. Učinjeno je to prema traženju revidenata projektne dokumentacije (prof. Savitz-Nossan, prof. Pavković, prof. Horvat). Blokovi imaju tlocrt veličine 2 × 30 metara, a visoki su 12 odnosno 13 metara.

Zanimljivo je da se precizno provedenom kontrolom položaja temelja nije nakon predaje opterećenja ustianovio nikakav zamjetan pomak temelja, a proračunski pritisak od svoda iznosi do 28.500 KN.

U inundaaciji su mali temelji postavljeni na drvene šipove zabijene do u diluvijalnu glinu, da su sigurni protiv podokavanja. Ostali su temelji plitki i postavljeni na gornje slojeve šljunka s pijeskom.

Za rješenje pomosta bitan je bio zahtjev da se preko mosta mora prevesti prilično mnogo vodova među kojima su značajne cijevi vodovoda, koji do mosta dolazi s dvije cijevi profila 100 cm. Preko mosta su položene, namontirane na vodovod, četiri cijevi profila 70, odnosno 55 cm; učinjeno je to zbog pogodnosti smještanja u konstrukciju, održavanja i popravaka. Za raspljtanje svih vodova bilo je potrebno predvidjeti na obalama prilično široke plohe i prostorije, koje smo smjestili u upornjake. Prostorije su u tlocrtu velike 16 × 18 metara.

Fovrh čelične konstrukcije pomosta nalazi se unakršno armirana betonska ploča prosječno debela 20 cm,

koja je s moždanicima spojena u čeličnim nosačima i uključena u prijenos opterećenja za stalni teret. Beton ploče je kvalitete M-450. U taj je dio utrošeno 1510 kubika betona i 284 tone obične armature.

Za konzole i vijence na mostu bilo je potrebno 134 tone čeličnih konstrukcija.

Markantian dio mosta su upornjaci koji se nalaze između glavnog mosta i vijadukata na obalama. Iznime, ukupna duljina prijelaza, koji je proveden po mostovima, iznosi oko 1300 metara. Da bismo dojam tako dugog prijelaza smanjili, ta je duljina razdijeljena na nekoliko različitih dimenzija. Tako je kolnik na mostu proveden u cijelovitj širini, a na vijaduktima je podijeljen na dva kolnika, svaki širok po 700 centimetara.

Na mjestima prijelaza s glavnog mosta na vijadukte projektirana su velika proširenja, upornjaci. Na njima su formirane velike plohe za zadržavanje i zadržavanje vozila i pješaka. S tih proširenja vode, na svaki kom upornjaku, po četiri stubišta, pa je time povezana gornja razina mosta s prostorima ispod mosta i oko njega. Pri tome su stubišta koja vode prema rijeci reprezentativna i široka toliko da se s vanjske strane mogu zadržati i bez posebnih ograda, a kasnije je predviđeno na rubu postaviti kamene posude s raslinjem.

Upornjaci, u koje su uključene i spomenute prostorije za vodove i mjesta za rasplet vodova obrubljeni su zidovima. Svi su vidljivi dijelovi upornjaka izvedeni od kamena. Da bismo dojam visine tih zidova smanjili, vanjske njihove plohe su skošene prema unutra i nazubljene. Tako su — uz osnovno slojasti vez kamenova i profila — dobiveni osobiti dojmovi za prolaznike. Izvedba je tih radova uzorna, a obrada ploha različita, negdje filigran, negdje diletom obradena, uz brižljivu obradu rešaka. Bridovi svih kamenova su potpuno pravilni i oštri, a osnovna je vidljiva ploha kamenova ravna.

Tlocrtni oblici upornjaka razvedeni su da bi se i time ublažilo izgled zidova, a sjeverni je upornjak tlocrtno