

GRADBENI VESTNIK

VSEBINA:

Janko Vogrinec, predsednik Obč. LO Ptuj: UVODNA BESEDA — Urednišтво »Dravskih bobrov«: OB DOVRŠITVI DEL PRI MOSTU ČEZ DRAVO V PTUJU — Ing. Jože Starič: OD ŠTUDIJ DO ODDAJE DEL — Ing. Boris Pipan, ing. Boltežar Hvastja, ing. Franc Runove, ing. Peter Oman: PROJEKT IN IZVEDBA NOVEGA MOSTU ČEZ DRAVO V PTUJU — Ing. Franc Krajnčič in Filip Kerec: PODATKI O PREISKAVI MATERIALA IN KONSTRUKCIJ — Ing. Danilo Jejčič in ing. Franc Čačovič: OBTEŽILNA PREIZKUŠNJA — Dr. ing. Srdan Turk: NEKAJ MISLI OB DOGRADITVI NOVEGA PTUJSKEGA MOSTU — NAJVEČJI GREDNI IN OKVIRNI MOSTOVI NA SVETU

Št. 58 – 59

Uvodna beseda

Od nekdanjega že je Ptujsko polje pomenilo praprebivalcem teh področij važen prehod pri njih potovanjih z Dravskega polja proti Medjimurju in naprej v Panonsko nižino. Tako se je na primernem prehodu čez reko Dravo razvilo naselje in že za časa Rimljanov slišimo o trgovsko in predvsem strateško važni Petovii, predhodnici današnjega Ptuja, ki je ležala ob važni cesti, prihajajoči iz smeri Celja, ki je povezovala domovino rimskega cesarstva z obrobno provinco Panonijo, katera naj bi ščitila imperij pred vpadi s severovzhoda.

Tako nastalo naselje, ki se je porajalo predvsem iz strateških ozirov, se je v naslednjih zgodovinskih obdobjih fevdalizma in kapitalizma razvijalo naprej in vprašanje dobre povezave levega in desnega brega Drave je postajalo vedno bolj aktualno tudi v gospodarskem pogledu. Možnost dobre izmenjave kmetijskih in ostalih dobrin obeh bregov nedvomno vpliva na dober gospodarski razvoj vsega tega področja.

Že v prejšnjem stoletju je vedno večji promet, kot posledica gospodarskega razvoja, narekoval potrebo, da se obstoječi leseni most nadomesti s solidnejšim in trajnejšim objektom iz železa ali betona. Pa tudi deroča Drava je predvsem ob visokih vodostajih ogrožala varnost prometa čez obstoječi most. Toda niti Avstro-Ogrska niti stara Jugoslavija nista mogli v tem smislu uresničiti gradbenih načrtov tega tako potrebnega objekta.

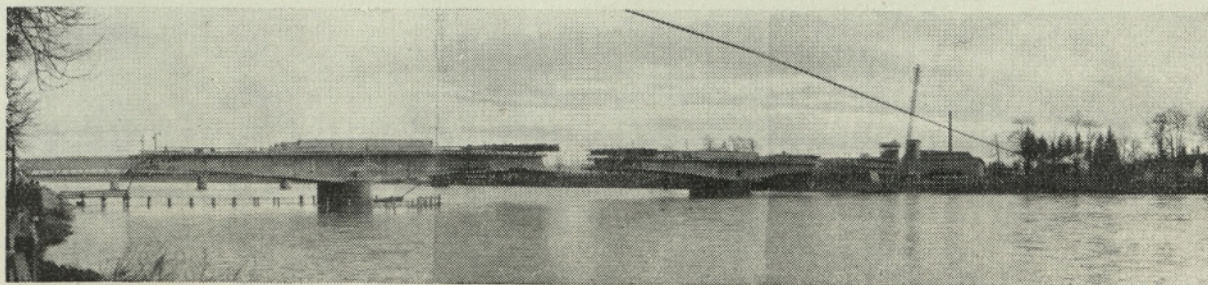
V drugi svetovni vojni je bil ptujski most dvakrat porušen. Po osvoboditvi je bilo potrebno hitro omogočiti promet preko Drave. V perspektivi izgradnje sodobnega objekta

smo začasno postavili zaradi nujnosti provizorni leseni most, ki naj bi v obdobju do izgradnje stalnega objekta prevzel nase breme prometa čez reko Dravo na tem mestu. Važnost te prometne točke se je po osvoboditvi še povečala. Vedno hitrejši gospodarski razvoj naše domovine po osvoboditvi zahteva ustrezno tudi vedno večji promet. Enemu najmočnejših jugoslovanskih industrijskih centrov — Mariboru — se odpira skozi ta vrata pot proti Zagrebu in dalje na jugovzhod, na jugoslovansko potrošno področje. Pa tudi v mednarodnem pogledu je ta prehod za tranzit iz Avstrije preko Maribora proti Zagrebu in dalje na jug vedno večjega pomena.

Vse to je narekovalo potrebo, da se nujno prične s študijem in rešitvijo tega problema, pri katerem je tudi Občinski ljudski odbor mesta Ptuja pokazal veliko zainteresiranost in aktivnost. Pričeli smo z določitvijo lokacije za novi most, nakar smo prešli k izdelavi načrtov in končno h gradnji samega mostu in cestnih priključkov na obeh bregovih reke Drave.

Novi arhitektonsko dovršeni most čez reko Dravo pri Ptujju ni važen samo zavoljo povezave obeh obrežnih področij v političnem in gospodarskem smislu, temveč je z njim pridobilo tudi mesto Ptuj kot tako gradbeni objekt, ki mu je v okras in na katerega so Ptujčani lahko ponosni. Velikost novega objekta in dopustna obtežba na njem bosta omogočila nemoten razvoj prometa, ki ga zahteva hitri razvoj našega gospodarstva.

Mimo tega pa je to nov uspeh v naši izgradnji, nov objekt, ki se bo postavil v dolgo vrsto v povojnem času doseženih uspehov.



Ob dovrstitvi del pri mostu čez Dravo v Ptuj

Ob zaključku del na ptujskem mostu je zanimalo uredništvo tudi mnenje investitorja tega objekta — Uprave za ceste LRS. Odgovore na nekatera vprašanja nam je posredoval direktor Uprave za ceste LRS ing. Rudolf Cimolini, ki jih tu priobčujemo. Uredništvo

1. Kakšno mesto zavzema ptujski most med nalogami Uprave za ceste LRS?

Med stalne naloge Uprave za ceste LRS prištevamo zlasti usposobitev cest in posebej mostov na cestah I. in II. reda v LRS za vedno zahtevnejši promet. Znano je, da cestni promet pri nas izredno in nenehno narašča, in to s številom in s težo vozil. Mnogi mostovi so v slabem stanju, zlasti leseni provizoriji in nekateri mostovi, zgrajeni pred desetletji, ne ustrezajo več zaradi neprimernih elementov in skromne nosilnosti. Zato so resna ovira, če ne celo nevarnost za cestni promet. Ptujski most, ki je odpravil eno izmed takih perečih in večjih ovir oziroma nevarnosti, štejemo med največje mostove na cestah I. in II. reda, zgrajene v Sloveniji po vojni.

2. Kaj zasleduje predvsem Uprava za ceste LRS pri zasnovi in oddaji v izvedbo tovrstnih objektov?

Spričo izredno velikih potreb pri ureditvi cest ter objektov zaradi že omenjenega naraščajočega prometa domačih in tujih vozil na eni strani ter omejenih finančnih sredstev na drugi strani, pa čeprav jih dodeljujejo pristojni organi s posebnim razumevanjem, je umljiva težnja, doseči najbolj ekonomične rešitve objektov. No, mimo tega pa spremlja investitor zasnovo in oddajo del še s tiho željo, zlasti pri večjih objektih, da se izkoristijo tudi pozitivni izsledki sodobne tehnične znanosti v gradbeništvu. Togo pridržavanje »klasičnih« načinov bi se nujno odražalo v stagnaciji gradbeništvu, nivoja kadrov v gradbeništvu in običajno tudi vplivalo na ekonomičnost. Trdimo lahko, da je oboje pri pravkar dovršenem objektu v dobri meri izpolnjeno!

3. Kaj menite o svojevrstnem načinu priprave projektov za ta most in o oddaji del podjetju-projektantu?

Če opustimo naštevane podrobnosti (te bodo prikazane na drugem mestu), mislimo, da je bil zanimiv in tudi uspešen sam postopek pri zasnovi projektov in pri izbiri glavnega projekta, čeprav so ga nekateri strokovnjaki grajali. Za tovrstne, zahtevnejše objekte je povsem primeren razpis natečaja, ker daje več idejnih projektov možnost izbire. Ta način je bil uporabljen tudi za ptujski most in je po odzivu uspel.

Zaradi posebnosti objekta so bili oddani v nadaljnjo projektno obdelavo trije osnutki konstrukcij pri nas že osvojenih načinov (železobetona, prednapeti beton, jeklo). Ob razpravi o teh projektih je predložilo podjetje »Tehnogradnje« projekt s svojstveno konstrukcijo. Menimo, da je tako poostreite konkurence med projektantskimi zasnovami (način je poznan v svetu, a pri nas doslej malo uporabljan) samo pozdraviti. Pri naša, sodeč po tem objektu, ekonomične rešitve in ne hote dviga tehnično raven.

Priznati moramo, da je bil postopek projektiranja sorazmerno dolgotrajen in zvezan z določenimi stroški. Kljub temu pa kaže, da ni bil zaman, saj je gotovo prispeval mnogo ustrežnejšo rešitev od one, ki bi jo pridobili z naročilom enega samega projekta. Kasnejša licitacija je pritegnila projektanta tudi k izvedbi. Mimogrede pa smo ob dovolj široki primerjavi ugotovili, da jeklene konstrukcije za cestne mostove s podobnimi razpetinami pri sedaj veljavnih načelih obračunavanja ne morejo uspešno poseči v finančno konkurenco.

Še odgovor na vprašanje, ali so se pojavile morebitne težave zaradi združitve projektiranja in izvajanja del v istem podjetju. Nasprotno, kaže, da je to pri tem

objektu pomenilo celo prednost. Čeprav vemo, da opravlja projektant vrhovni nadzor pri izvedbi del, se čisto dogodi, da tak nadzor projektanta iz različnih vzrokov ni vedno pravočasen, rast gradbišča pa zahteva naglih navodil in odločitev. Ta povezava je brez dvoma uspešnejša, kadar izvaja dela podjetje, ki je hkrati projektant. Mislimo celo, da je razširjena strokovna in materialna odgovornost iste gospodarske organizacije preko projekta na samo izgradnjo pozitivna, med drugim pa odpadejo tudi prevalitve problemov med projektantom in izvajalcem, kar tu ostane v »isti hiši«. Lahko bi se očitalo, da bi se pri takem načinu utegnila pojaviti nekje tudi negativna hotenja, ki bi jih omogočila prav združitve vlog projektanta in izvajalca. Smatramo, da tako podjetje ne spada v vrste socialističnih organizacij.

V danem primeru tega nismo zaznali in trdimo, da je bila izgradnja kljub zahtevnosti samega objekta uspešna prav zaradi te združitve nalog.

4. Kako je potekalo sodelovanje med investitorjem in izvajalcem?

Tu ne bi bilo pripomb, saj je bil odnos vseskozi korekten. Še več! Poleg običajnega nadzora, ki ga je dolžan opravljati investitor, je sodeloval za Upravo za ceste LRS še univ. prof. dr. ing. Srdan Turk, ki je s stalnim spremljanjem gradnje, proučevanjem navodil in zahtev ter z nasveti investitorju in izvajalcu nudil dobro pomoč pri reševanju raznih problemov, ki se ob prvencu po tehnični zasnovi pri nas neizbežno pojavijo. Obdelani izsledki tega sodelovanja bodo dragoceno napotilo za bodoče podobne objekte.

5. In kritične pripombe ob dovrstitvi objekta?

Dosedanje preiskave in pregledi kažejo, da sta zasnova in izvedba mostu ustrezni. Tudi finančni zaključek, kot kaže, ne bo »presenetil« investitorja, ker bo izvajalec ostal v mejah pogojenih stroškov. Objektu ni kaj oporekati. Ker so bila podrobna tehnična vprašanja reševana sproti, niso vplivala na kakovost del, končno mnenje pa podaja itak tehnični pregled objekta. Ostaja potemtakem edina važnejša pripomba, to je rok izvršitve. Izvajalec je pogojeni rok za dograditev samega mostu prekoračil, s tem pa pomaknil dela v manj ugodni letni čas. Čeprav bo izgledalo neobičajno, da investitor išče objektivne vzroke zakasnitve, menimo, da bo pri tem treba upoštevati dejstvo, da so bila kasneje oddana nova dela, ki presegajo polovico prvotnega obsega, dalje nekatere težkoče s kvaliteto materialov in posebej tudi vpliv zahtevnosti konstrukcije, pri nas prvič uporabljene, na samo trajanje del. Kljub temu je škoda, da ni izvajalec uspel opraviti dela v primernem roku, ker bi odpadle vse nevrščnosti dela pozimi.

Brez posebnega vprašanja želimo tu izreči vse priznanje mnogim sodelavcem ob zasnovi in izvedbi mostu čez Dravo v Ptuj.

Številni udeleženci natečaja za idejne projekte so omogočili primerjavo raznih načinov izvedbe, s pojavom podjetja za inženirsko tehnične gradnje »Tehnogradnje« z direktorjem in avtorjem projekta ing. Borisom Pipanom na čelu pa je bila, sodeč po analizi ob oddaji del, dosežena tudi najugodnejša rešitev.

Pri odločitvah ob presoji došlih osnutkov, dalje projektov in ob oddaji del so nudili Upravi za ceste LRS dragoceno pomoč mnogi udeleženci pristojnih strokovnih komisij. Kaže pri tem posebej omeniti dejavnost

komisije za oddajo del, ki se je odločila za kasneje uporabljeno rešitev, kljub temu da ni bilo izkušenj s tovrstnimi konstrukcijami in za objekte s takimi izmerami.

Pri izgradnji so uspešno pomagali tudi sodelavci znanstvenih zavodov, Geološkega, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij, Vodogradbenega inštituta itd. Izgradnji je nudil pomoč tudi Občinski ljudski odbor Ptuj, ki je prevzel zlasti ureditev področja vzdolž trase prelozene ceste.

Dovolite, da izrečem vsem sodelavcem, posebej pa še kolektivom podjetja »Tehnogradnje«, ostalih podjetij, ki so sodelovala, in članom, ki so opravljali nadzor, priznanje v imenu Uprave za ceste LRS za vložene napore pri zasnovi in uspešni izgradnji mosta preko Drave v Ptuj.

6. Končno, kaj menite o nadaljnji uporabi načina gradnje po vzoru ptujskega mosta?

Temeljito analizo pričakujemo s strani strokovnjakov, tako izvajalca kot tudi ostalih spremljevalcev gradnje, zlasti nadzora. Kljub temu menimo, da bo kazalo v bodoče izkoristiti vsak uspešen predlog, med take prištevamo tudi pravkar dograjeni most, če zadovoljuje osnovnima pogojema, to je varnosti objekta in ekonomičnosti gradnje! Vsekakor si bo Uprava za ceste LRS pri vseh večjih objektih prizadevala pridobiti temeljito proučeno zasnovo, pa čeprav zahteva to določen čas in stroške. Izkušnje pri ptujskem mostu še poudarjajo to namero.

SUMMARY

ON COMPLETION OF WORKS AT BRIDGE OVER DRAVA RIVER AT PTUJ

Opinion of the customer — Road Administration of People's Republic of Slovenia — given by its director, ing. Rudolf Cimolini.

One of the constant tasks of the road service is to make roads and bridges fit for the ever increasing traffic. The new bridge, which is one of the largest in the People's Republic of Slovenia, has replaced the old worn out provisional bridge that was hampering the traffic in the road network.

The Road Administration of the People's Republic of Slovenia wishes to have the works built the most economical as possible and of modern design, both of which are achieved with the new bridge at Ptuj. The author states further the preparation work, the setting up of three main projects (reinforced concrete, prestressed concrete, steel); the most favourable offer was given by the firm »Tehnogradnje« by their own project which was the fourth one. From experience gained on this work such a competition is successful, the design is more economical, the technical level is raised and the collaboration of the designer and contractor is positive. The relations between the customer and the contractor were correct. Prof. Dr. Turk gave great help with the supervision work.

The structure is faultless, the only deficiency was that the completion was delayed to the inconvenient winter time. Acknowledgement is given to all collaborators to this work. Also in the future the Road Administration of the People's Republic of Slovenia will try on basis of this experience to get successful designs made out, though it may require time and expenses.

Dograditev ptujskega mostu je nov uspeh v naši izgradnji, nov objekt, ki se bo postavil v dolgo vrsto v povojnem času doseženih uspehov!

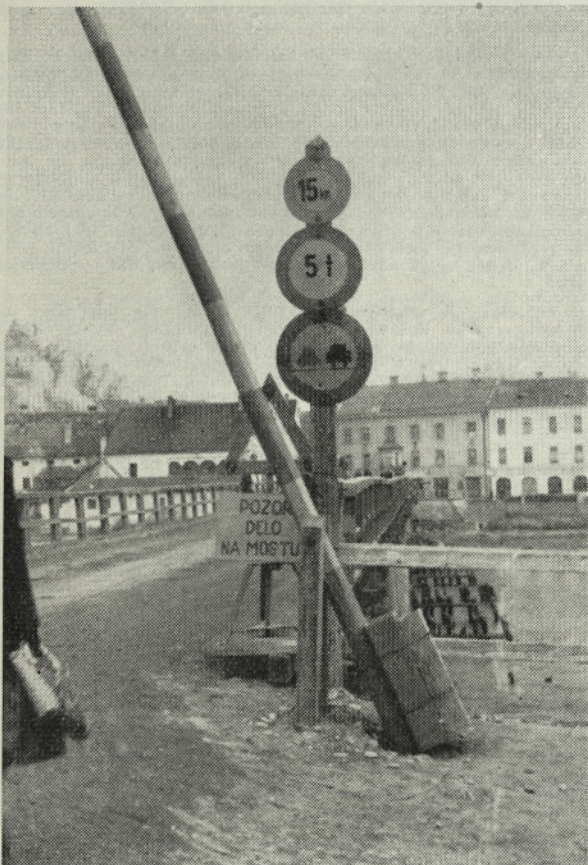


PO MONTAZI NOSILCEV

Od študij do oddaje del

I. Splošno

Med številnimi provizornimi mostovi na cestah I. in II. reda v Sloveniji je vedno bolj izstopal ptujski leseni most. Zgrajen je bil leta 1945 z neustreznim prečnim profilom in prenizko nosilnostjo. Prometna obreme-



Slika 1

(Enosmerni promet, znižana nosilnost in omejitev brzine)

nitev je znatna, saj znaša preko 6000 bruto ton na dan, od česar odpade ca. 1/3 na tranzitni, ca. 2/3 pa na lokalni promet. Širina lesenega provizorija med ograjama znaša 6 metrov, kar nikakor ni dovolj za neoviran in varen promet, če upoštevamo dejstvo, da prehaja poleg motornih vozil čez most dnevno skoraj 3000 kolesarjev, da je vprežni promet zelo močan in da končno služi most tudi vsem pešcem. Premala širina in nosilnost sta zahtevali prometne omejitve (sl. 1). Tudi v hidravličnem pogledu je predstavljal leseni most le zasilni provizorij. V primeru visoke vode bi utegnili številni jarmi zapreti pot plavajočim predmetom, kar bi lahko povzročilo porušitev mostu (sl. 2). Nadaljnje neugodno dejstvo je, da je naglo propadanje lesa zahtevalo skoraj vsakoletna draga popravila. Vsi razlogi so diktirali čimprejšnjo izgradnjo stalnega mostu z zadostno širino in nosilnostjo.

II. Problem lokacije

Določitev najugodnejše lokacije je zahtevala obširne študije in številne ankete, kjer so bili podani razni predlogi. Lokacija na mestu sedanjega lesenega mostu ne ustreza že zaradi tega, ker ima neprimeren priključek na levem bregu. Zaradi nižjega terena in goste

zazidave je priključek na tem mestu izveden v obliki nepregledne in strme rampe. Izbrati je bilo treba torej novo lokacijo, pri kateri bi most ležal tako, da bi čimbolj služil lokalnemu in tranzitnemu prometu hkrati. Generalni študij lokacije je pokazal, da so v glavnem možne štiri lokacije (sl. 3).

Varianta 1 se odcepi na Hajdini desno od Mariborske ceste, prečka Zagrebško cesto, potok Studenčnico, preko Drave poteka na sredini med železniškim in lesenim cestnim mostom, teče skozi park, zavije za minoritskim samostanom zahodno ob železniški progi, križa Ormoško cesto pri železniškem prelazu v nivoju, poteka dalje ob progi, pri Rogoznici prečka v nadvozu železnico, nato se pa v Spuhlji priključi na Ormoško cesto. Nedostatek te variante je, da odreže mesto od postaje, za smeri proti Borlu in Ormožu pa bi bilo potrebno napraviti precej daljšo pot.

Varianta 2 se odcepi od Mariborske ceste približno na istem mestu kot varianta 1, se pomakne proti jugu, prečka cesto II/346, ki vodi proti Rogatcu, na Bregu križa v podvozu železniško progo, gre dalje preko Studenčnice, seka Dravo 550 m vzhodno od železniškega mosta ter se v Budini priključi na Ormoško cesto. Ta varianta je za tranzitni promet ugodna, za lokalni promet bi pa bilo potrebno zgraditi še en most, ki bi omogočil krajšo povezavo Ptuja z Bregom. Nadaljnji nedostatek je ta, da poteka v območju Drave preko zamočvirjenega terena, kar bi gradbene stroške znatno povečalo.

Varianta 3 se odcepi v Zgornjem Bregu od Mariborske ceste in poteka proti severu preko Studenčnice, prečka Dravo 350 metrov nad lesenim mostom, gre čez Muzej-ski trg, seka potok Grajeno, teče za bolnico in se pri Rogoznici spoji z varianto 1.

Ta varianta je prav tako preveč odmaknjena in bi zahtevala precej drag visok most preko Drave ter precejšnja zemeljska dela.

Varianta 4 je do Zagrebške ceste identična z varianto 1, nato pa poteka nekoliko bolj zahodno od nje, prečka Dravo 165 metrov nad železniškim mostom, v parku zavije proti železniški progi, ki jo križa v podvozu, pred Budino se pa priključi na Ormoško cesto.



Slika 2

(Na gosto postavljeni jarmi zožujejo pretok)

Ta varianta dobro ustreza lokalnemu in tranzitnemu prometu, ker se dotika mesta, kamor je namenjen večji del prometa. Zahteva pa podvoz, ki bi moral biti na najnižjem delu zgrajen v obliki betonskega korita, da ga talna voda ne bi zalila.

Po temeljitih študijah vseh prednosti in pomanjklivosti posameznih variant ter raznih kombinacij, pri čemer se je primerjalo tudi aproksimativno ocenjene stroške, je bila sprejeta varianta 4, ki omogoča izgradnjo v fazah. V prvi fazi se gradnja podvoza opusti in se uredi nova cesta zahodno ob železniški progi do prelaza v nivoju na Ormoški cesti.

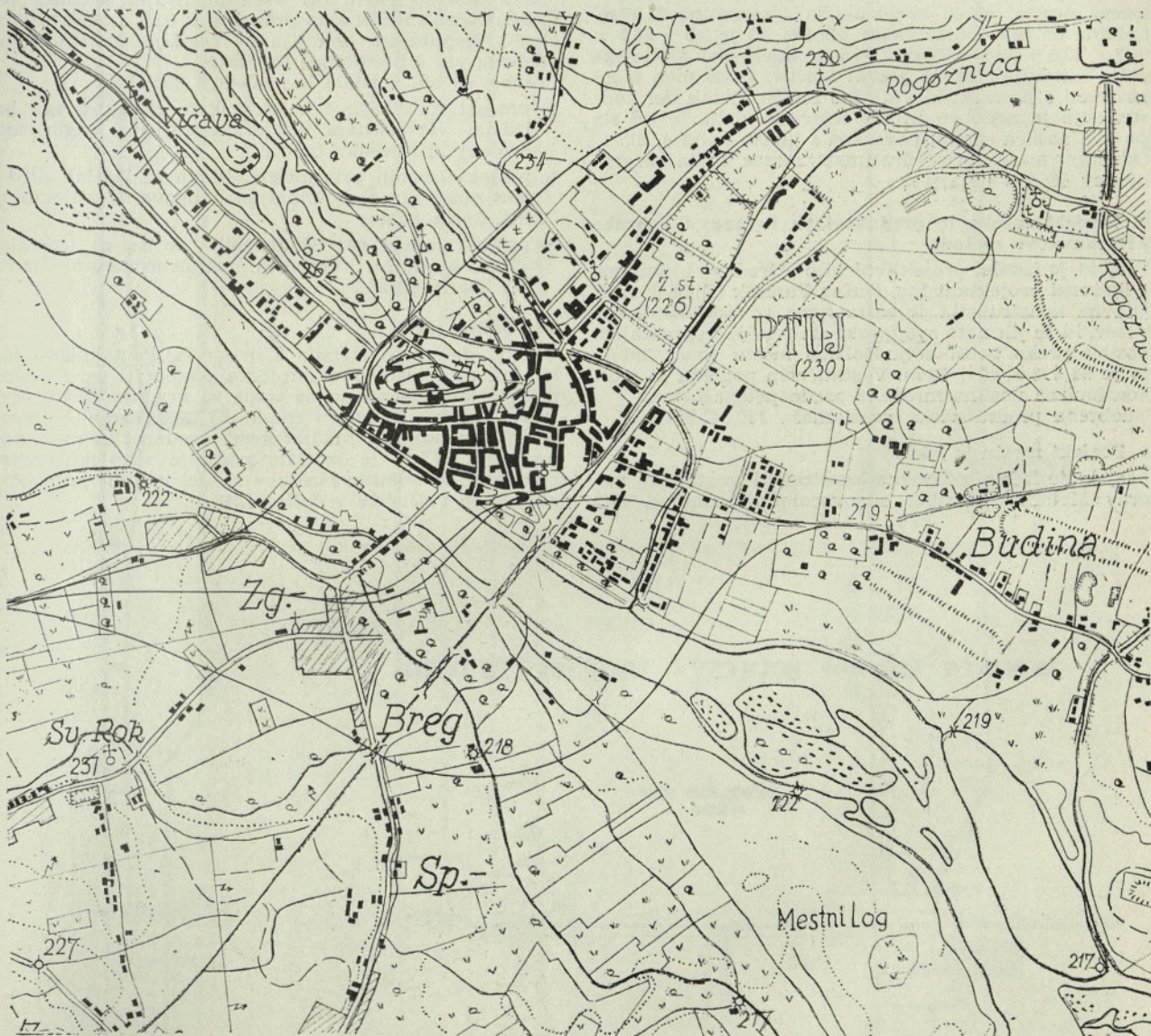
III. Investicijski program

Po končanih predhodnih študijah je izdelala Uprava za ceste LRS investicijski program, s katerim so bili fiksirani tudi vsi elementi za preloženi del ceste in za mostova preko Drave in Studenčnice, Republiška komisija za revizijo investicijskih programov pri Izvršnem svetu Ljudske skupščine LRS je odobrila prvo etapo, kakor je zgoraj opisano, in sicer od Zagrebške do Ormoške ceste v dolžini 980 metrov. Za cestišče so

bili določeni naslednji elementi: vozišče 7 m, obojestranska robna pasova po 0,50 m, obojestranski kolezarski poti po 1 m in obojestranska dvignjena hodnika po 1,60 m širine. Nosilnost mostov mora dopuščati prevoz najtežjih vozil. Skupni investicijski stroški so bili predvideni na 242,5 milijonov dinarjev.

IV. Idejni projekt

Uprava za ceste LRS je smatrala, da je za tako važen in velik objekt treba dobiti idejne projekte po splošnem anonimnem natečaju, k čemer je dal soglasje Sekretariat Izvršnega sveta za urbanizem, stanovanjsko izgradnjo in komunalne zadeve LRS. Razpisu natečaja za izdelavo idejnih projektov se je odzvalo deset projektantov, od tega pet izven LRS. Štirje natečajniki so predložili projekte mostov iz železobetona, trije iz prednapetega betona, trije pa iz jekla. Podroben opis izida natečaja je bil objavljen v glasilu društva gradbenih inženirjev in tehnikov LRS »Gradbeni vestnik« 1956/57 št. 47—50. Prvo nagrado je prejel ing. Krešimir Šavor iz Zagreba za idejni projekt mostu iz železobetona, ki predvideva premostitev s petimi polji. Drugo nagrado je prejel ing. Dušan Farčnik in sodelavci



Slika 3
(Variante tranzitne ceste)

ing. Lenard Treppo, Marjan Tras in ing. Marko Bleiweis od gradbeno industrijskega podjetja »Gradis« iz Ljubljane za idejni projekt mostu iz prednapetega betona.

V. Glavni projekt

Na priporočilo natečajne ocenjevalne komisije je naročila Uprava za ceste LRS glavna projekta za dravski most po idejnih projektih prvega in drugega nagrajenca. S posebno odobritvijo je bil nato naročen še glavni projekt za most iz jekla. Na lastno pobudo je pristopilo k projektiranju tudi Podjetje za inženirsko tehnične gradnje »Tehnogradnje« Vuzenica. V odrejenem roku so bili predloženi Republiški komisiji za revizijo projektov v odobritev štirje glavni projekti.

1. Projekt mostu iz železobetona

Ker projektant, ki je dobil prvo nagrado pri natečaju idejnih projektov, ni mogel prevzeti izdelave glavnega projekta, je Uprava za ceste LRS oddala to delo podjetju »Projekt nizke zgradbe«, Ljubljana. Projekt je izdelal ing. Miloš Miklič.

Konstrukcija je neprekinjeni železobetonski nosilec preko petih polj z dvema členkoma v srednjem polju. Srednje polje sestavljata dve konzoli, na kateri je položena prosto ležeča konstrukcija z razpetino 21,40 m. Celotna dolžina mostu znaša 209,4 m, to je $2,5 + 36,5 + 3 \times 43,8 + 36,5 + 2,5$ m. Prosto ležeči del srednjega polja sestavljajo štirje glavni nosilci, ki so med seboj povezani s prečniki in voziščno ploščo. Ostali del konstrukcije je podoben prosto ležečemu delu, le da sta po dva nosilca spodaj povezana s ploščo (sliki 4, 5). Odobreni projektni predračunski znesek znaša 124 milijonov 483.179 dinarjev.

2. Projekt mostu iz prednapetega betona z uporabo Freyssinetove metode

Projekt je izdelal projektivni biro »Gradis«, Ljubljana, odgovorni projektant ing. Dušan Farčnik (slike 6, 7, 8). Glavna konstrukcija je sestavljena iz montažnih nosilcev, ki se jih nato spoji, tako da tvorijo neprekinjeni nosilec preko petih polj. Dolžina mostu znaša 201 m, to je $33 + 3 \times 45 + 33$ m. V statičnem pogledu je most kontinuirna nosilna mreža iz prednapetega betona. Odobrena predračunska cena znaša 130.941.863 din.

3. Projekt mostu iz jekla

Projekt je izdelala tovarna konstrukcij in strojnih naprav »Metalna«, Maribor, odgovorni projektant ing. Egid

Milavec, sodelavci dr. ing. Miloš Marinček, ing. Boris Vedlin od Inštituta za metalne konstrukcije in ing. Nikola Veljković ter ing. Nenadov Jovan od podjetja »Mostogradnja«, Beograd. Premostitev Drave je predvidena z zvarjeno jekleno polnostensko konstrukcijo preko treh polj skupne dolžine 189,15 m, to je $56,47 + 76,21 + 56,47$ m. Na desnem bregu je most zaključen z železobetonskim podvozom razpetine 8 m, na levem bregu pa s podvozom razpetin 2×8 m. Glavna mostna konstrukcija sestoji iz 2 neprekinjenih nosilcev z ortotropno voziščno ploščo in se montira s prosto montažo. Odobreni predračunski znesek znaša 180.320.363 din.

4. Projekt mostu iz prednapetega betona, ki se zgradi po načinu proste konzolne gradnje.

Projekt je izdelalo Podjetje za inženirsko tehnične gradnje »Tehnogradnje«, Vuhred, odgovorni projektant ing. Boris Pipan, sodelavec ing. Boltežar Hvastja. Projekt je podrobno opisan na drugem mestu. Odobrena predračunska cena znaša 125.802.553 din.

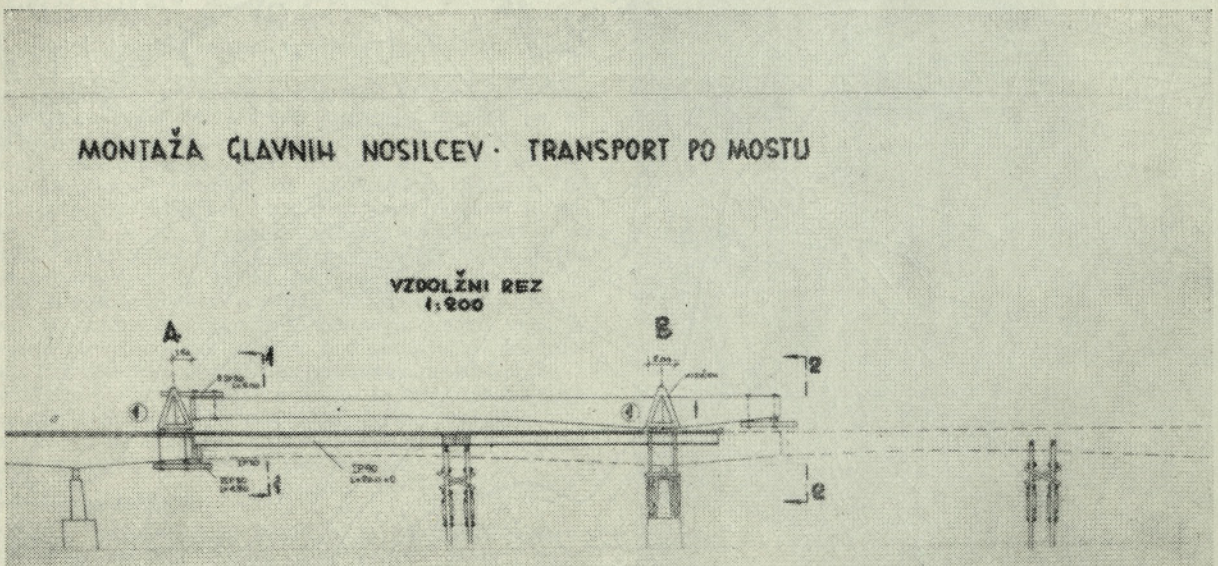
Ker so dolžine premostitev posameznih variant različne, je v vseh gornjih predračunskih cenah zajet tudi del cestnih priključkov, tako da se cene nanašajo na enako dolžino 248 m pri vseh projektih, s čimer je možna točna medsebojna primerjava tudi z ekonomske strani. Republiška komisija za revizijo projektov je odobrila vse 4 predložene projekte.

Posebej so bili izdelani še naslednji projekti:

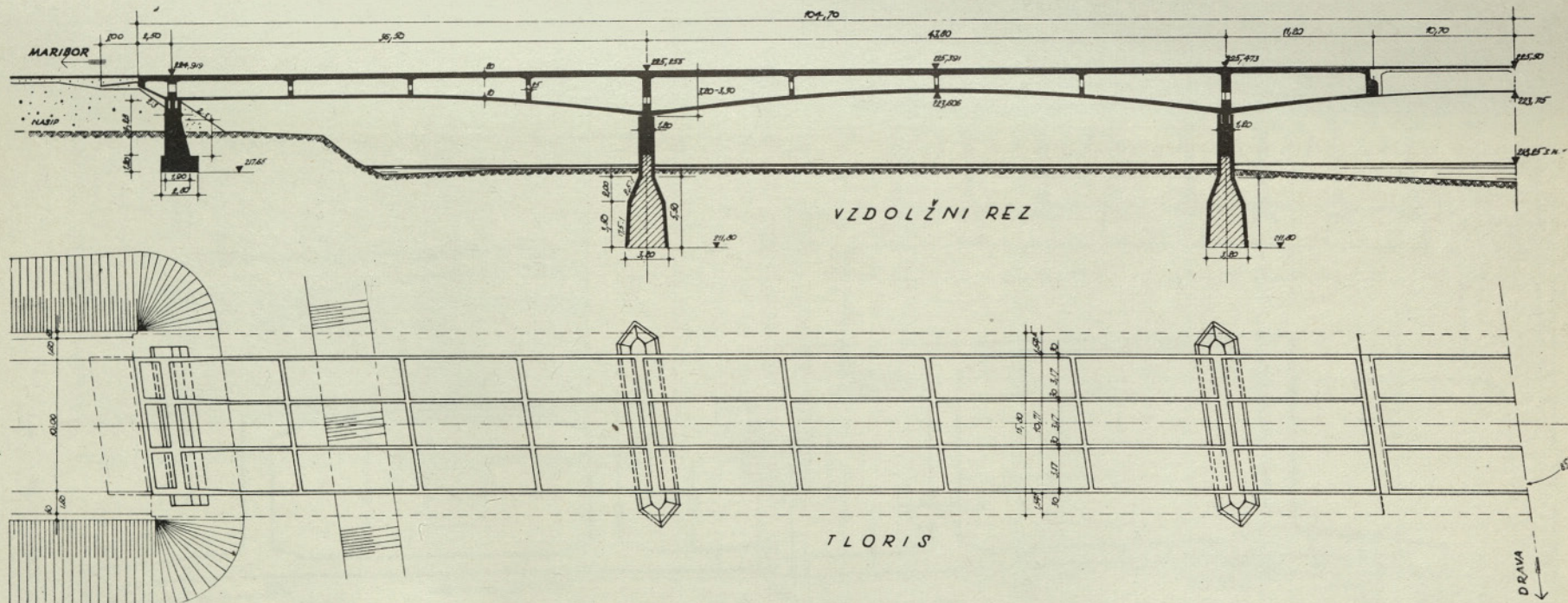
- projekt razsvetljave na dravskem mostu, ki ga je izdelal »Projektivni atelje«, Ljubljana, odgovorni projektant Berislav Lovrič;
- projekt cestnih priključkov, ki ga je izdelal »Projekt nizke zgradbe«, Ljubljana, odgovorni projektant ing. Jerin Albin;
- projekt mostu čez Studenčnico, ki so ga izdelale »Tehnogradnje«, Vuzenica, odgovorni projektant ing. Boris Pipan.

VI. Oddaja del

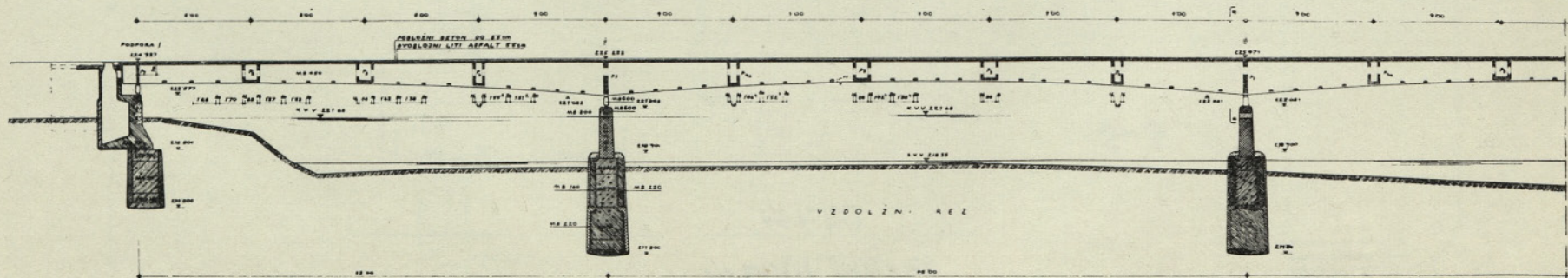
Oddaja del se je izvršila z licitacijo. Ponudnikom so bili na razpolago vsi 4 projektni elaborati za dravski most, s tem, da ponudena vsota za gradnjo mostu čez Dravo ne sme presežati zneska 121.996.179 din, kolikor je znašala najnižja predračunska vrednost za most po projektu, ki ga je izdelalo podjetje »Projekt nizke zgradbe«, po odbitku stroškov za del cestnih priključkov, ki so vključeni v dolžino 248 m.



Slika 8
Montaža glavnih nosilcev



Slika 4
(Podolžni prerez in tloris)



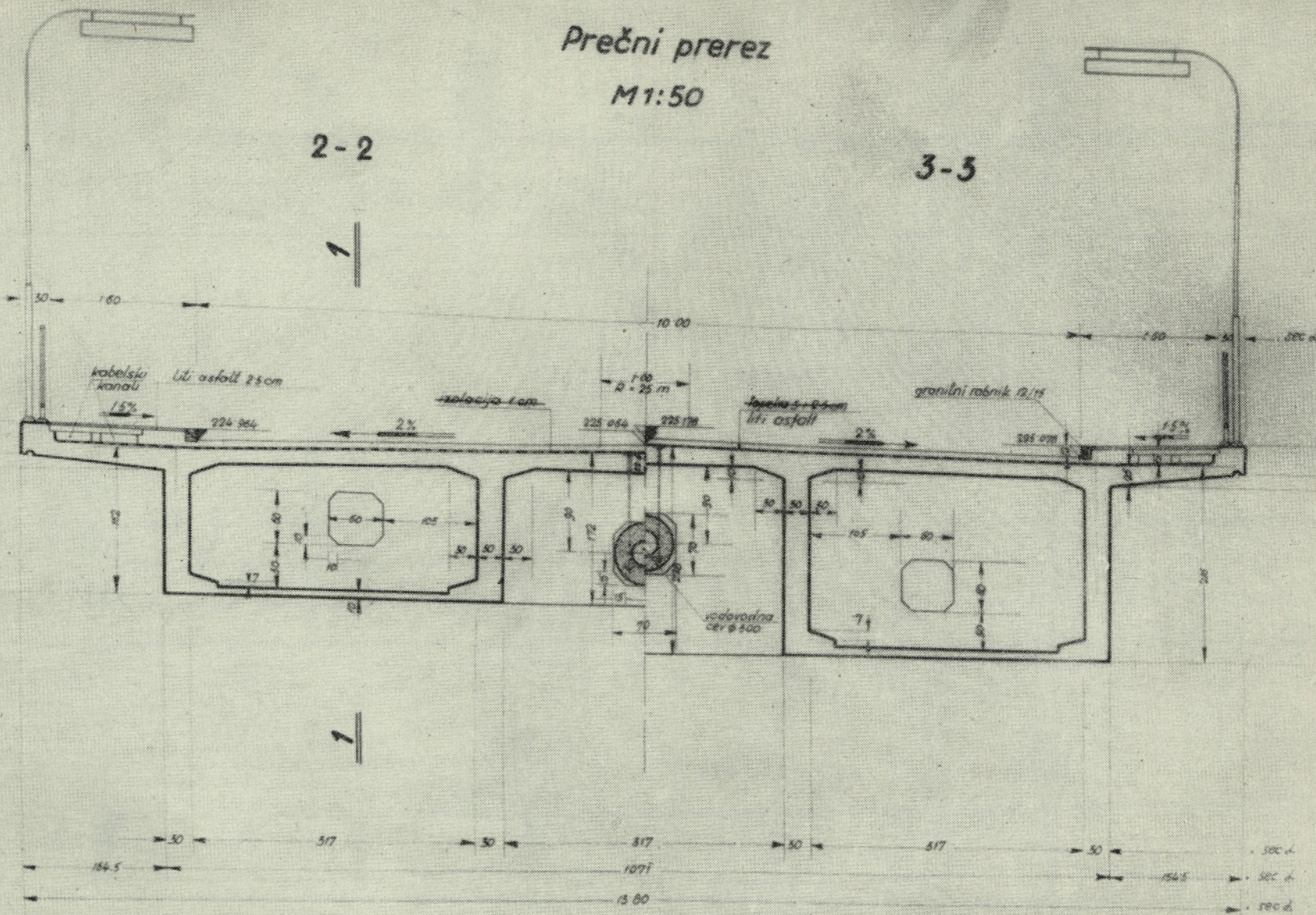
Slika 6
(Podolžni prerez)

Prečni prerez

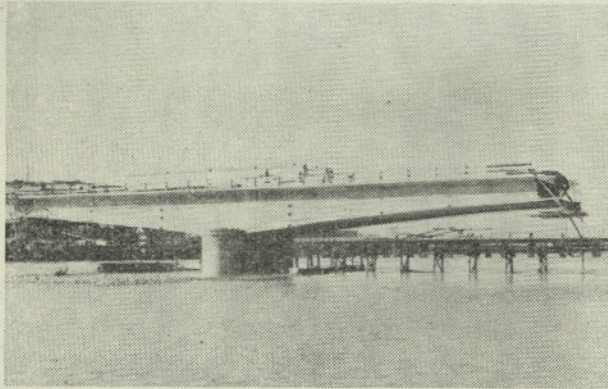
M1:50

2-2

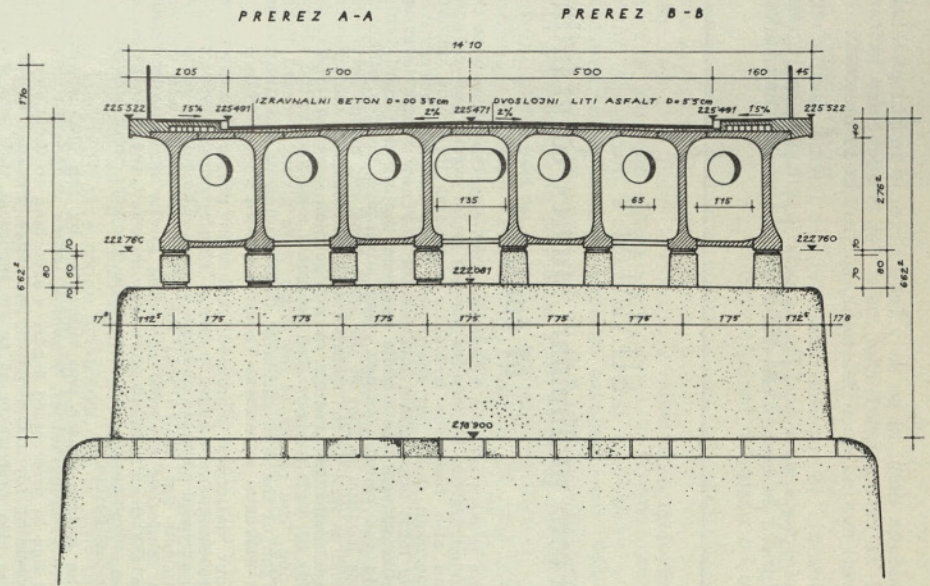
3-3



Slika 5
(Prečni prerez)

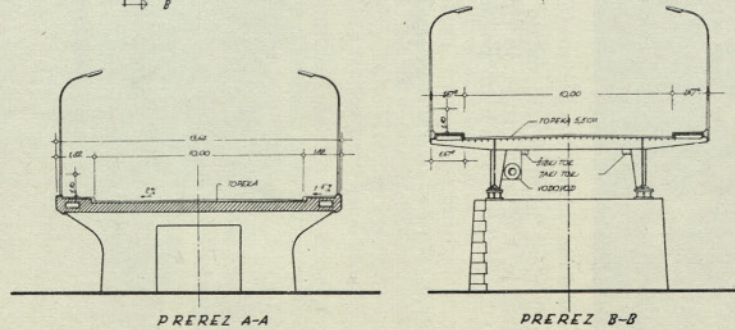
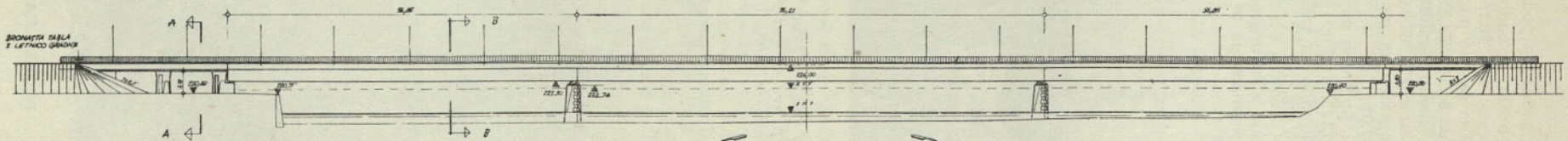


DOGRAJENE KONZOLE LEVEGA REČNEGA OPORNIKA



Slika 7
(Prerez)

POGLED



Slika 9
(Pogled in prerez)

Licitacije so se udeležila naslednja gradbena podjetja:

1. »Tehnogradnje« Vuzenica je vložilo ponudbo za most po projektu števil. 1 za znesek 116,728.759 din.
2. »Tehnogradnje« Vuzenica je vložilo še eno ponudbo za most po projektu števil. 4 za znesek 113,224.858 din.
3. »Slovenija ceste« Ljubljana je vložilo ponudbo za most po projektu števil. 1 za znesek 120,783.840 din.
4. »Metalna« Maribor je vložila ponudbo za most po projektu števil. 3 za znesek 148,747.073 din.
5. »Konstruktor« Maribor je vložil ponudbo za most po projektu števil. 1 za znesek 120,133.051 din.
6. »Gradis« Ljubljana je vložil ponudbo za most po projektu števil. 1 za znesek 118,714.426 din.

Ker je bil ponudeni znesek podjetja »Tehnogradnje« za most po projektu števil. 4 najnižji in ker je to pod-

oddana dela, ki so se v teku gradnje mostu povečala še za cestne priključke, most čez Studenčnico in razsvetljavo na obeh mostovih, so trajala 19 mesecev.

Gradnja je uspešno zaključena z izjemo zaključnega asfaltne sloja cestišča na priključkih, kar bo izvršila Uprava za ceste LRS, Tehnična sekcija Maribor, takoj, ko bo nastopilo toplejše vreme.

Ing. Jože Starič

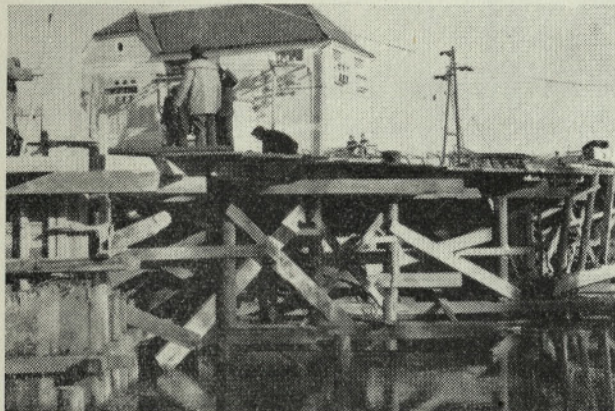
SUMMARY

From preliminar studies to granting of contract

The present wooden bridge does not cope anymore with the varied traffic, because of its too small width and capacity and also from the hydraulic viewpoint it is not suitable. Thorough study has shown that from the four alternatives, the most appropriate location for the new bridge is at approximately the middle between the wooden road bridge and the railway bridge. One advantage besides others of this location is that at the same time the bridge serves for local as well as for transit traffic. On basis of the approved investment programme, a competition was advertised for bids of draft projects. Ten designers took part to the competition. The results of the latter were given in detail in the organ of the Association of Civil Engineers and Technicians of Slovenia: »Gradbeni Vestnik« 1956-57, Nos. 47-50.

Four designers submitted the main projects, namely one providing the bridge to be in reinforced concrete, two in prestressed concrete and one in steel. The survey of the main projects has shown that the cheapest bridge was the one in reinforced concrete according to the main project based on the draft project that was awarded the first prize. At the adjudication the four main projects were available to the tenderers.

The lowest tender was submitted by the civil engineering firm »Tehnogradnje«, Vuzenica, which proposed to build the bridge in prestressed concrete according to their own project providing for a cantilever type bridge. Because this tenderer was also favourable as to its technical staff and mechanization, it was granted the contract.



jetje tudi sicer izpolnjevalo ostale pogoje tako glede mehanizacije, kadra in drugo, je Uprava za ceste LRS sklenila 21. junija 1957 z njim pogodbo za oddajo dela.



POGLED NA KONZOLE MED GRADNJO

Projekt in izvedba novega mostu čez Dravo v Ptuj

Naše podjetje, ki ima v svojem sklopu tudi projektivni biro, želi razvijati tudi sodobne konstrukcije ter tako prispevati svoj delež k razvoju gradbeništva pri nas. Ze pred leti smo zgradili prvi most v prednapetem betonu čez Dravo v Vuhredu. Takrat smo prišli do spoznanja, da je mogoče uspešno osvajati razne konstrukcije v prednapetem betonu le s tesnim sodelovanjem projektanta in izvajalca. Tako je dobil naš projektivni biro posebno nalogo v podjetju, da skupaj z gradbeno operativo pripravlja projekte, ki naj jih potem izvaja naše podjetje. Most čez Dravo v Vuzenici in konstrukcije hal Mariborskega tedna v Mariboru so prvi rezultati takega dela.

Razumljivo je, da je bila gradnja mostu čez Dravo v Ptuj sila privlačna za tako našo notranjo organizacijo. Zato smo se, sicer malo pozno, ko so bili ostali konkurenčni projekti že v izdelavi, odločili, da posežemo tudi mi z našim načinom dela v konkurenco. Nismo se zadovoljili z dotodanjimi uspehi in izkušnjami, temveč smo si izbrali način gradnje, ki omogoča uporabo večjih razponov in predvsem izvedbeno nove prijeme, ki do tedaj pri nas še niso bili uporabljeni. Zavedali smo se, da bomo z izbranim sistemom naleteli na marsikateri, predvsem operativni problem, vendar smo se zavedali, da moramo računati s premagovanjem težav, če hočemo nadaljevati začrtano pot. Zeleli smo na ta način napraviti velik korak naprej ter izkoristiti tako redko priložnost, saj je gradnja tako velikih mostov le malokdaj na programu.

Izbrali smo konstrukcijo, ki jo sestavljajo naslednji elementi: dva rečna opornika z obojestranskimi konzolami z razpetinami po 29,5 m. Stebra sta votla. Vpeta sta v masivne betonske temelje. Na koncih konzol rečnih stebrov in manjših konzol obrežnih delov mostu so položena tri prostoležeča polja razpetin po 20 m. Obrežna dela mostu sta napravljena iz armiranega betona, z razpetinami po $5 + 14,5 + 2 = 21,5$ m. (5,0 m notranja konzola, 14,5 m srednji del in 2,0 m zunanja konzola.) Notranji obrežni opornik je sestavljen iz šestih okroglih stebričev, vpetih v skupni temelj, in prekladno konstrukcijo. Zaradi velike vitkosti delujejo stebrički kot nihalna podpora. Zunanji obrežni opornik je v masivni betonski izvedbi. Za tak sistem mostu smo se odločili, ker je bila s tem omogočena gradnja mostu brez nosilnega odra, deloma pa tudi montažna gradnja. Izvedbo mostu pri takem sistemu gradnje bi seveda lahko prevzelo samo podjetje, ki bi razpolagalo z zadostno in primerno mehanizacijo tako za transport materialov na mesto vgraditve kakor tudi za montažo prostoležečih delov mostu.

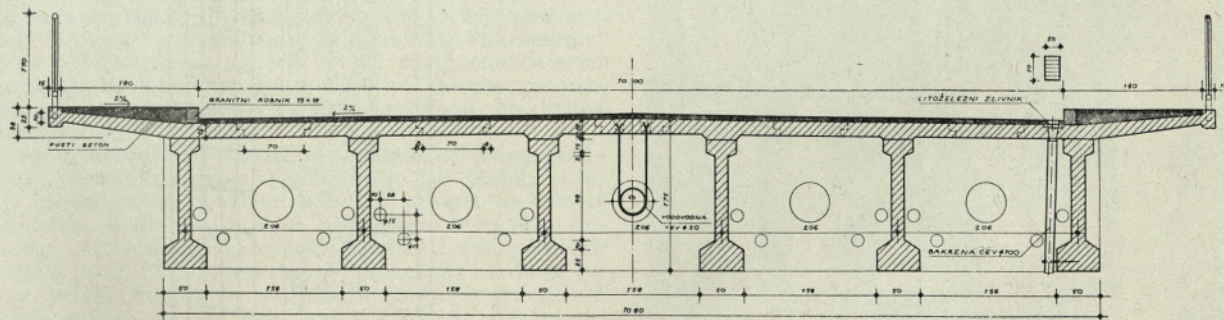
Konstruktivno izoblikovanje konstrukcije je narekovala razmeroma velika širina mostu, 10 m vozišča in $2 \times 1,6$ m hodnika. Za konzolni del mostu je bil izbran škatlast prerez s šestimi prekatnimi stenami, zgornjo ploščo kot ploščo vozišča in razmeroma debelo spodnjo tlačno ploščo. Debelina zgornje plošče se v prečni smeri spreminja s prečnim sklonom mostu. Prekatne stene so konstantne debeline 30 cm, spodnja plošča pa se tanjša od opornika proti koncu konzole. Konstruktivna višina konzol znaša ob oporniku 4,20 m, na koncu konzole pa 1,92 m. Vozišče je usločeno z vertikalnim radijem $R = 8.800$ m, spodnji lok konstrukcije pa je v radiju $R = 280$ m. Tri prostoležeča polja mostu tvorijo nosilni sistemi rešetk. Vsako polje sestavlja 6 nosilcev, povezanih v polovici, četrtinah in na koncih s prečniki. Nosilci so montažni, dvojnega T prereza, debelina stojine 15 cm. Višina je nekonstantna zaradi spodnjega loka konstrukcije in znaša ob podpori 1,67 m, v sredini razpetine 1,50 m. Preko nosilcev je položena armirano-betonska voziščna plošča konstantne debeline 16 cm, ki je z nosilci povezana z armaturo v enoten nosilni sistem (slike 1, 2, 3).

Obrežna dela mostu sta škatlastega prereza, z isto razporeditvijo prekatov kot konzolni del mostu, debelina stojin 30 cm, zgornje plošče 16 cm, spodnje plošče 15 cm. Višina konstrukcije je konstantna po celi dolžini: $h = 1,75$ m.

Podporno konstrukcijo tvorijo armirano betonski stebri, in sicer dva rečna stebra, ki prenašata obtežbo konzol in sta vpeta v masivne betonske temelje. Stebri so votli, debeline sten 60 cm, dolžina stebra 15,4 m, vzvodna stena je hidravlično izoblikovana in konica obložena z granitno oblogo, nizvodna stran pa je zaključena s polkrogom. Temelj stebra je betonski blok širine 9 m in dolžine 19 m. Na vzvodni in nizvodni strani je zaključen s polkrogom. Tako tlorisno rešitev je v glavnem narekovala lažja izvedba temelja (slika 4).

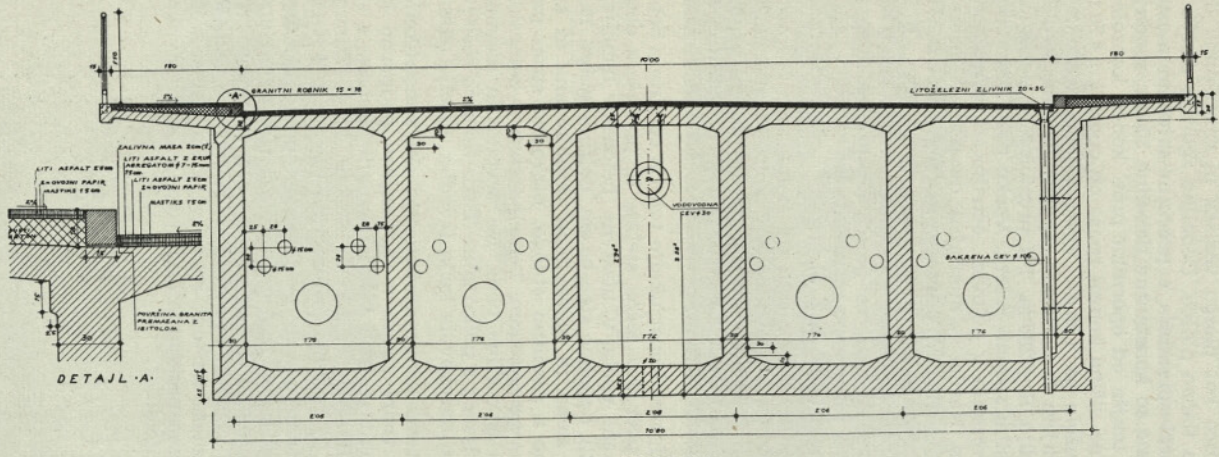
Obrežni armirano betonski del konstrukcije je podprt na vodni strani z razčlenjeno podporno konstrukcijo v obliki šestih vitkih okroglih stebrov s skupnim temeljem širine 2 m in dolžine 12 m. Zunanja podpora pa je masivna, s temeljno ploskvijo 4×11 m.

Obtežba mostu je računana po jugoslovanskih predpisih za obtežbo mostov. Pri tem je bil upoštevan goseničar 60 ton in vozilo M 25. Zaradi razmeroma velikih razpetin je merodajna obtežba s kamioni in gnečo; ta znaša 5,3 tone na tekoči meter mostu. Statična preiskava prekladne konstrukcije je v glavnem ločena na tri dele:

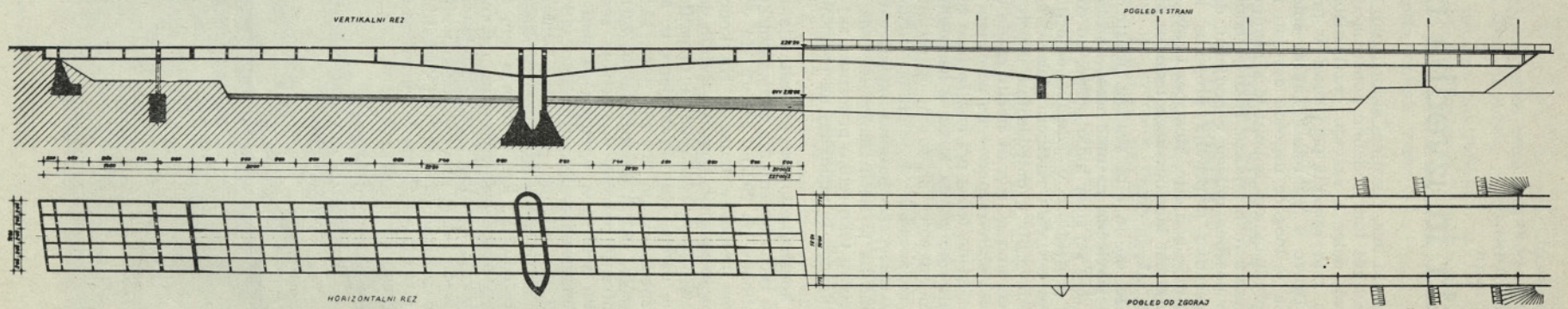


PREZ IV-IV

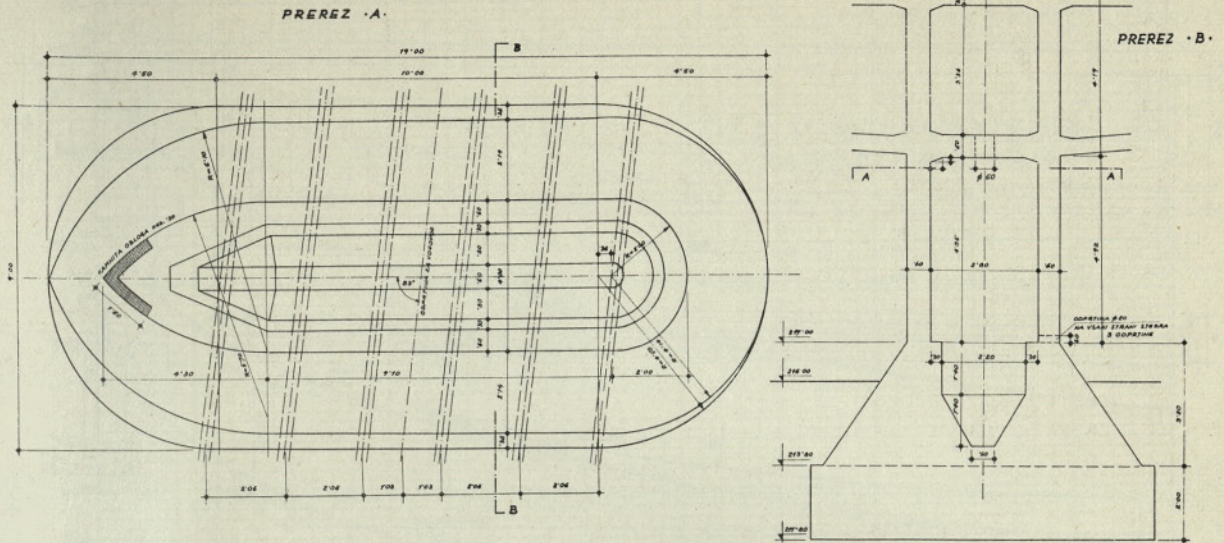
Slika 3 (prečni prerez)



Slika 1 (vzdolžni prerez)



Slika 2 (prečni prerez)



Slika 4 (temelji)

1. prostoležeča polja naslonjena na konzole in na obrežni del mostu,
2. konzolni del mostu,
3. obrežni del mostu.

Prostoležeča polja sestavlja po šest prednapetih nosilcev dvojnega T prereza. Nosilci so v razdaljah po 5 m povezani z razmeroma togimi prečnimi nosilci, tako da tvorijo z njimi nosilni sistem rešetke. Preko nosilcev je položena armirana betonska plošča, ki pri obtežbi s prometno obtežbo sodeluje z nosilci. Teoretično leže prostoležeča polja na podajnih podporah — konzolah, vendar to računsko ni upoštevano zaradi velike torzijske odpornosti škatlastega prereza konzol. Sodelovanje voziščne plošče z nosilci je doseženo s poševnimi sidrnimi železi, s katerimi so prevzete celotne strižne napetosti med nosilci in ploščo. Nosilci so napaeti s po osmimi 18-žilnimi kablji (žica ϕ 5, Je 150/120), ki so vsi sidrani v čelno steno nosilca. Po montaži vseh šestih nosilcev enega polja se napravi opaž prečnikov in se jih zabetonira. Prečniki so prednapeti s po šestimi kablji. Po napetju kablov v prečnikih se prične z napravo voziščne plošče.

Konzolni del mostu je škatlastega prereza, prednapet v prerezu ob oporniku z 282 kablji (po 18 žic ϕ 5 mm). Število kablov se odsekoma po 3 m manjša in je prilagojeno po teku momentne črte in spremljivemu vztrajnostnemu momentu (slika 5).

Statična preiskava je bila napravljena s predpostavko, da prevzema konzola ekscentrično obtežbo enakomerno v celi širini mostu. Enakomerno razdelitev obtežbe po celi širini omogoča velik torzijski odpor prereza, razmeroma togi prečniki in obe plošči. Ker so konci konzol iz konstruktivnih razlogov močno predimenzionirani, lahko prevzamejo tudi večjo lokalno obremenitev, če se obtežba že na koncih konzol ne bi enakomerno razdelila. K enakomernejši razdelitvi obtežbe pa prispevajo tudi prostoležeča polja, položena na konce konzol.

Gradnja konzol je predvidena s prosto konzolno gradnjo s pomičnim odrom, razen prvih 5 m lamel, ki se jih izbetonira na opažnem odru, ki je oprt na temelj opornika. S tem se pridobi $2 \times 5 + 4 = 14$ m dolg del mostu, na katerem je mogoče montirati oba pomična opažna odra. Gradnja konzolnih lamel, ki so dolge po 3 m, poteka potem na naslednji način: postavijo se opaži, položi armatura in kablji, ki bodo sidrani na koncu zadevne lamele, položi rebraste cevi za ostale kable ter vse skupaj zabetonira. Po šestih do sedmih dneh se lahko prične z napanjanjem kablov.

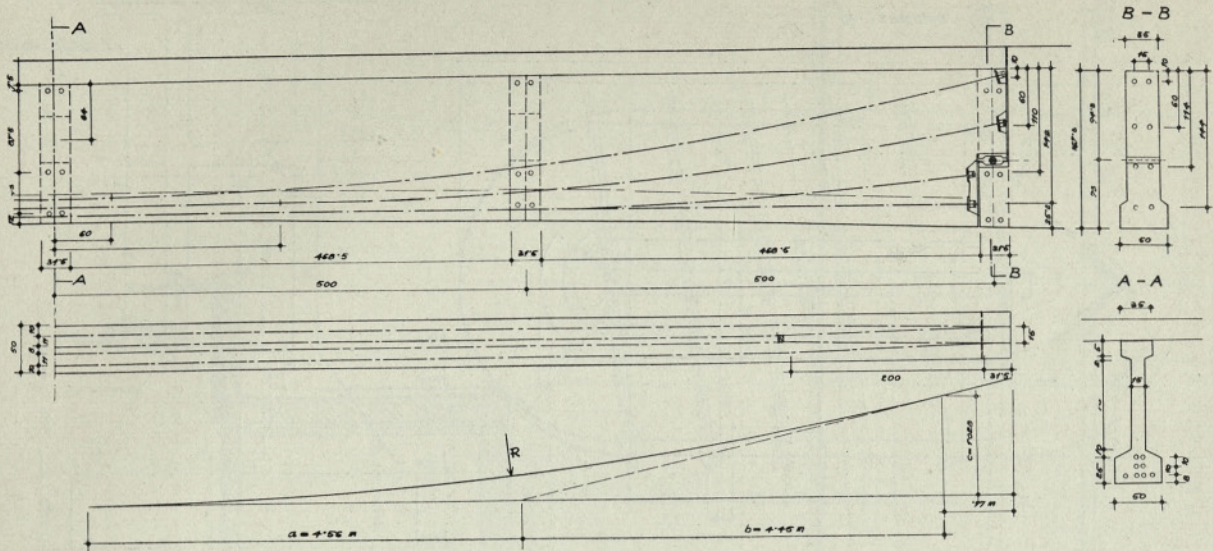
Podporna konstrukcija konzol je votel steber. Zaradi velike vertikalne obtežbe sta tudi pri največji ekscentrični prometni obtežbi obe steni stebra tlačeni. Steber je fundiran na gramoznem materialu. Po približnem izračunu napetosti tal je izbrana temeljna ploskev zadoščala. Ker pa je temelj bistveno važen del konstrukcije, ki prispeva k stabilnosti konstrukcije, je na našo prošnjo napravil statično preiskavo temeljev z izračunom posedov in zasukov prof. dr. ing. Lujo Suklje.

Obrežni del mostu je v običajni izvedbi iz ojačenega betona škatlastega prereza. Statično je raziskan kot prostoležeč nosilec s previsnimi polji s predpostavko, da se ekscentrična obtežba enakomerno razdeli po celi širini mostu. Da bi bil izključen vsak večji vpliv temperaturnih izprememb na konstrukcijo, so izbrana na koncih konzol jeklena ležišča, pomična v obliki valjev, nepomična pa v obliki dveh jeklenih plošč. Nameščena so lokalno pod vsakim nosilcem prostoležečega dela. Ležišče obrežnega dela mostu na zunanjem oporniku pa je svinčeno.

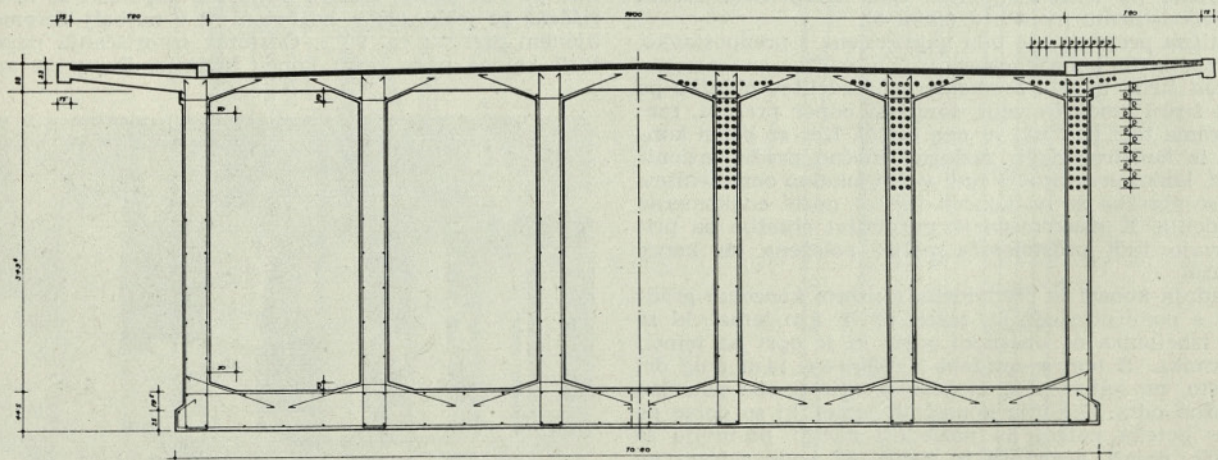
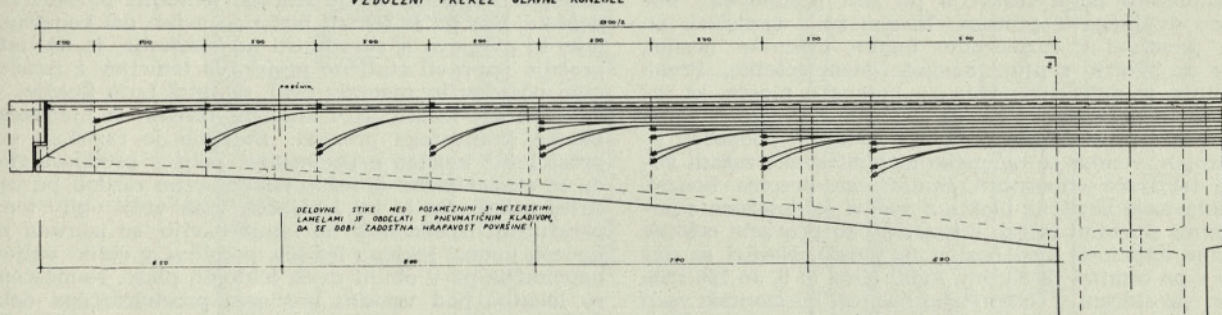
V prostoležečem delu mostu je napravljen dokaz napetosti pri določenem poteku kablov po Guyonu. Računski izkoristek dopustnih napetosti tako za jeklo kot za beton znaša v najbolj obremenjenem prerezu 100%. V konzolnem delu mostu so preiskani prerezi v razdaljah po 3 m (konci lamel). Dopustne napetosti so izkoriščene za jeklo 100%, za beton pa v najbolj obremenjenem prerezu ca. 90%. Odstotek izkoriščanja napetosti betona pada proti koncu konzole. Dopustne na-



OBREŽNA PODPORA

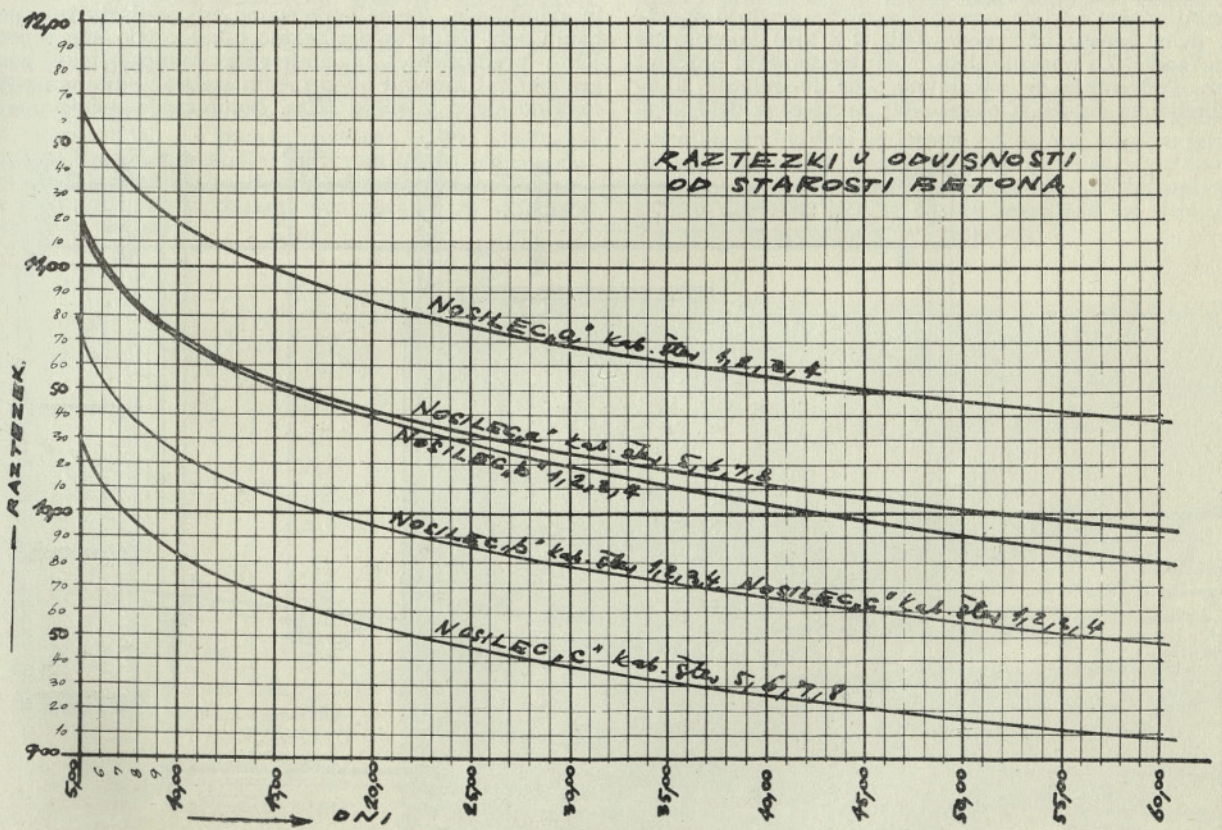
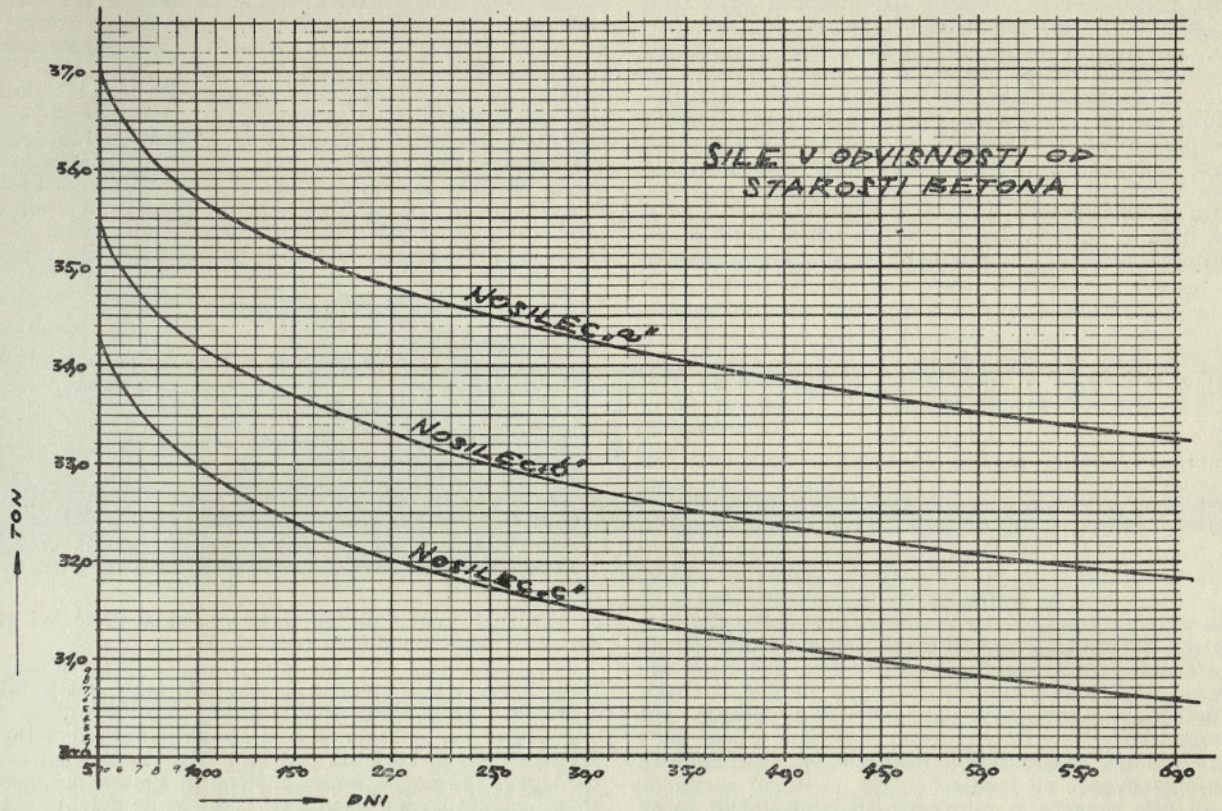


VZDOLŽNI PREREZ GLAVNE KONZOLE



PREREZ 1a

Slika 5



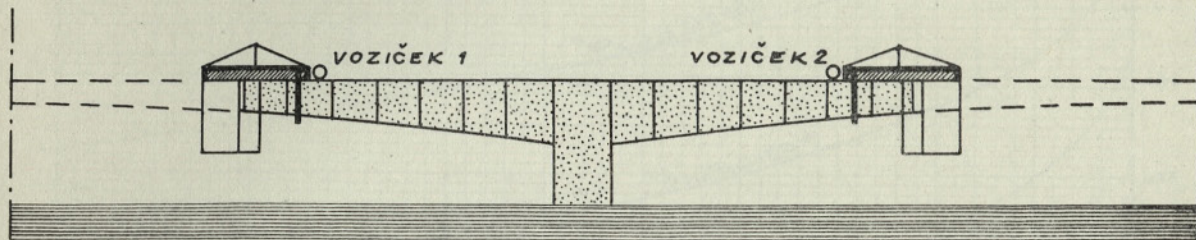
Slika 6

petosti materialov so vzete po DIN normah. Prav tako so podani tudi potrebni dokazi napetosti po DIN normah. Dodatno je napravljen dokaz proti razpokanju pri povečanju celotne stalne in prometne obtežbe za 15 %. Na podlagi zahtevanih končnih računskih napenjalnih sil je napravljen račun potrebnih začetnih napenjalnih sil v kablji ob upoštevanju vseh izgub zaradi krčenja in lezenja betona ter lezenja jekla (slika 6).

Račun izgub napetosti v žicah je napravljen po študiji prof. dr. ing. Srdana Turka »Račun napenjalnih sil in izvlečnih dolžin pri prednapetih betonskih konstruk-

zol je montažni. Postavi se ga na temelj opornika, tako da je izključeno vsako posedanje. Da se prepreči še posedanje zaradi stikov v lesenih zvezah, se oder pred pričetkom betoniranja še obteži.

Pomični opažni oder je sestavljen v glavnem iz samih jeklenih I nosilcev. Glavno nosilno konstrukcijo tvorijo štirje sestavljeni nosilci I 74. Preko njih so položeni trije nosilci IP 24 oziroma IP 30, na katerih je z vijaki obešana spodnja opažna plošča. V času betoniranja je oder podprt s členkastimi jeklenimi podporami, ki se jih pred premikanjem odstrani in na njih mesto namesti kolesa, ki v času premikanja odra tečejo



Slika 7

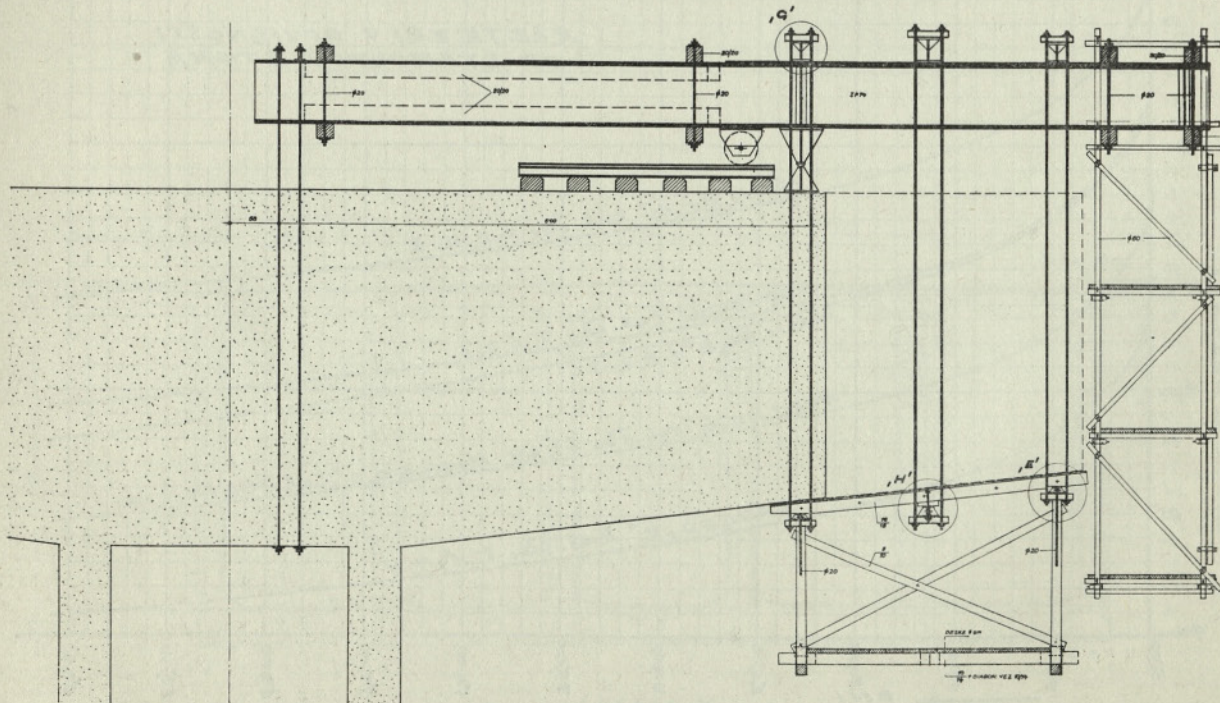
cijah«. Račun izgub se za vsako serijo kablov (lamela, nosilec) prekontrolira pred napenjanjem, tako da je upoštevana vedno stvarna starost betona. Potrebno povečanje napenjalnih sil zaradi trenja kablov v ceveh se določi pri napenjanju za vsak kabel posebej. Pri računu kablov je puščena rezerva v iznosu ca. 20 % dopustnih napenjalnih napetosti kablov, kar zadošča za premagovanje sil trenja.

Da bi bilo mogoče z gotovostjo in brez večjih težav doseči zahtevano kvaliteto betona, je za vse prednapete dele mostne konstrukcije izbrana marka betona MB 300. Za armirano-betonske dele konstrukcije je izbrana marka betona MB 220.

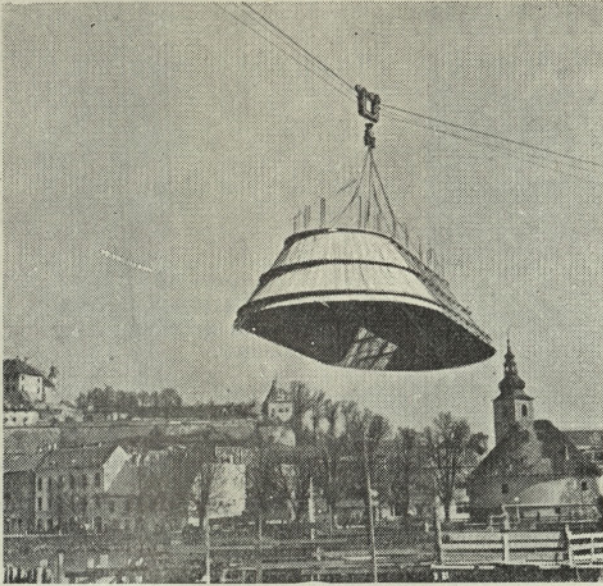
Nosilni opažni odri so potrebni samo za gradnjo obrežnih delov mostu in prvega dela (2×5 m) konzolnega dela mostu. Za obrežne dele mostu se napravi običajni oder. Podpiranje je enostavno, ker je celotna konstrukcija na suhem. Opažni oder za začetne dele kon-

po tirnicah, pritrjenih na pragove, ki so položeni na betonsko voziščno ploščo (sliki 7, 8).

Temeljenje rečnih stebrov se je vršilo tako, kot je bilo v projektu predvideno med lesenimi zagatnicami, ki so bile zabite ca. pol metra pod spodnjo koto temeljev. Pri tem delu je koristno pomagal žični žerjav, saj smo z njegovo pomočjo lahko namestili klešče po vsem obodu zagatnih sten naenkrat. Izkop se je deloma vršil v odprti strugi (predvsem velja to za levo-obrežni stebri), deloma med zagatnimi stenami pod vodo s pomočjo grabeža, obešenega na žični žerjav. Le v končni fazi izkopa smo uporabili tudi mamut črpalko in potapljače. Temeljenje samo ni predstavljalo nobenih ovir ter je delo potekalo tako, kot je bilo v projektu predvideno. Za umirjenje vodnega toka pred gradbenimi jamami obeh rečnih stebrov smo namestili zagatno steno v obliki ščita. Betoniranje rečnih opor-



Slika 8



Slika 9

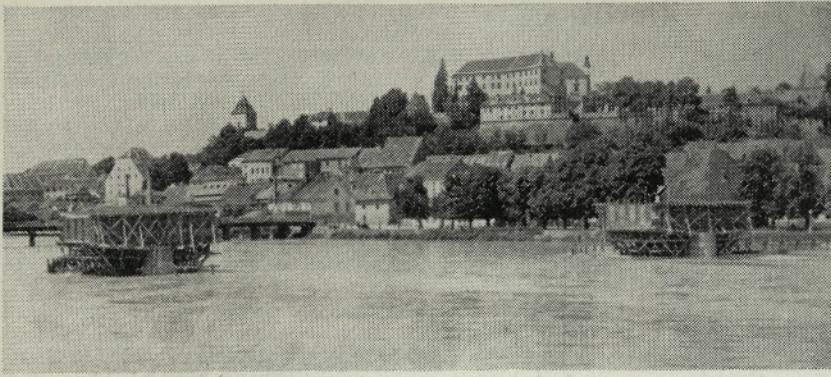
nikov je bilo izvršeno pod vodo s pomočjo žičnega žerjava ter železnih vijakov (sistem Contractor). Spodnji del temeljev obsega celo površino obdana z zagatnicami, zgornji del temeljev koničaste oblike pa je bil zabetoniran deloma tudi pod vodo v lesenem opažu, sestavljenem na tesališču ter v celoti prenesenem in postavljenem v gradbeno jamo z žičnim žerjavom, s čimer smo se izognili opaževanju pod vodo (slika 9). Temelji desno-obrežnih okroglih stebrov so morali biti zaradi slabih zgornjih slojev tal fundirani globlje, kot je bilo v projektu predvideno, tako da smo prišli v območje talne vode ter je bilo zaradi tega potrebno v večji meri črpati vodo iz temeljne jame, ki je bila prav tako obdana z lesenimi zagatnimi stenami. Vzporedno z ureditvijo gradbišča v času visokih jesenskih voda smo pričeli z gradnjo obrežnih delov mostu. Po dovršitvi teh del nam je voziščna plošča služila na desnem bregu za tesališče, na levem bregu pa za montažo večjih opažnih konstrukcij. Prostor pod obrežnimi in mostnimi konstrukcijami smo porabili za skladišča, garaže in deponije.

Med gradnjo rečnih opornikov so se pričele priprave za zgraditev razpanske konstrukcije, to je konzolnih in prostoležečih delov mostu — vse v prednapetem betonu. Prvih pet metrov konzol nad rečnimi oporniki smo betonirali v opažu, ki je bil podprt z opažnim odrom, tik ob oporniku. Opažni oder je bil sestavljen iz lesenih montažnih koz, ki so bile naslonjene na temelje rečnih opornikov, nekaj metrov pod vodno gladino in sidrane zgoraj v opornik. Leseni ščit, ki je služil pri gradnji temeljev opornika, je tudi preprečeval, da bi deroča voda v matici struge in plavajoči predmeti, ki jih nosi visoka voda, ogrozili lesene montažne kozе. Ščit je tako služil dvojnemu namenu. Pri premostitvi cele konstrukcije so nam služile omenjene montažne kozе kot edini opažni oder v vodi. S tem smo se izognili vsaki nevarnosti visokih voda. Prvi del konzole nad rečnim opornikom v dolžini 14 m (4 m širina opornika + 2×5 m dolžina konzol) smo zabetonirali v celoti.

Po končanem napenjanju prvega dela konzole smo demontirali opažni oder in od tega trenutka dalje so se vršila vsa dela nad vodo, to je s pomičnim opažnim odrom, s katerim smo si prihranili običajni opažni oder v strugi, ki bi zahteval za razpetine, kakršne smo premostili na mostu čez Dravo v Ptuj, ogromne količine lesa. Posebej ni potrebno omenjati še nevarno delo na vodi in riziko visokih voda. Pomični opažni oder se je namestil na prvi del izdelane konzole (14 m). Nameščen je bil tako, da je segal preko konzole za dolžino ene lamele (ca. 3 m). Na omenjeni oder smo obesili opaž za naslednjo delovno lamelo konzole. Ko je dobil beton zaželeno trdnost, smo pričeli z napenjanjem kablov. Po končanem napenjanju smo pričeli s pomikom pomičnih opažnih odrov in pripravili viseče opaže za naslednjo lamelo. To delo se je ponavljalo do konca konzole. Premik pomičnega opažnega odra je bil teoretično obdelan v vse detajle. Tudi pri premiku samem ni bilo nobenih težkoč, potrebna je bila le določena previdnost in izvežbanost tesarjev. Premik se je vršil s pomočjo žičnega žerjava, ki je držal ves oder v ravnotežju, in s pomočjo vitla, nameščenega na sosednjem delu mostu, s katerim smo potegnili oder naprej. Kolesa pomičnega odra so ležala na tirnicah, položenih direktno na voziščni plošči. Po končanem premiku smo kolesa in tirnice odstranili, na njih mesta pa smo namestili členkaste podpore. Čas premikanja je trajal v začetku osem ur z vsemi pripravami, pri zadnjih lamelah smo ta čas že zmanjšali na štiri ure. Vse delo je opravilo deset tesarjev.



GRADNJA DESNEGA
REČNEGA OPORNIKA
POD ZAŠČITO
LESENEGA ŠČITA;
REČNI OPORNIK PRED
RAZOPAŽENJEM



PRVE LAMELE KONZOL NA REČ-
NIH OPORNIKIH SO GRAJENE NA
OPAŽNEM ODRU

Ko je bil opažni oder nameščen v svojo pravo lego, ni bilo več nobenih posebnih težkoč. Sledilo je opaženje, polaganje armature, namestitvev kablov in rebrastih cevi, nato pa betoniranje. Potek betoniranja je bil otežkočen, posebej še betoniranje nosilcev (prekatnih sten) in plošče tik nad nosilci, kjer je bilo precej občutljivih rebrastih cevi za kable. Tu je bilo vgrajevanje betona precej zamudno. Beton, ki se je transportiral v posebni posodi s pomočjo žičnega žerjava, se ni mogel vgrajevati direktno. Betonsko maso smo morali najprej vsuti na poseben prostor, nato šele previdno ročno vgrajevati v nosilce. Rebraste cevi za kable so potekale v zgornjem delu konstrukcije, zato smo ves beton do višine cevi vgrajevali z vibratorsko iglo, beton med cevmi pa smo morali vgrajevati z vibratorji, ki so bili nameščeni na opažu.

Takoj po betoniranju smo kontrolirali, če so rebraste cevi čiste. Omenjeno kontrolo smo v začetku vršili z izpiranjem z vodo in zrakom, kasneje pa z lesenimi vložki.

Vlečenje kablov v rebraste cevi ni delalo nobenih težav, le pri zadnjih kablilih (zadnjih lamelah), ki so potekali skozi celo konzolo, dolgo ca. 50 m, smo opazili že znatno trenje. To trenje je povzročila največ jeseniška žica, in to zaradi tega, ker je zvita v premajhne kolobarje ter je ni bilo mogoče naknadno popolnoma izravnati.

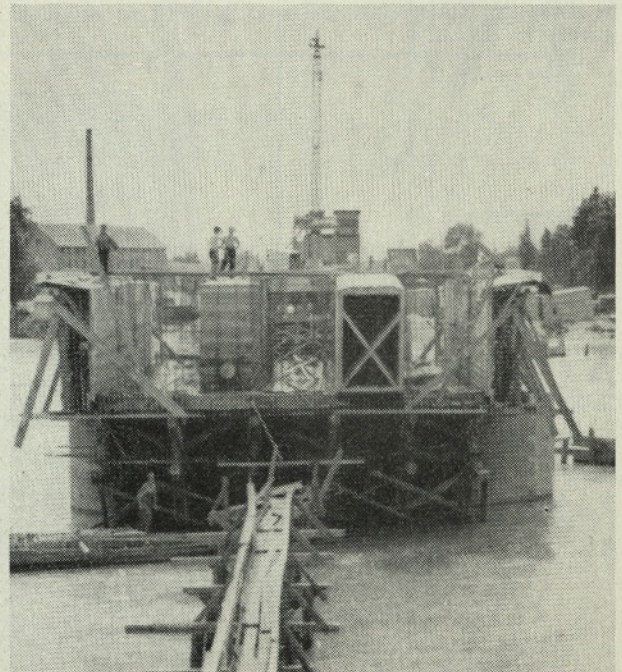
Delovne stike smo vedno izdelali v zobati obliki, stike med lamelami pa smo nasekali s pnevmatičnim kladivom. Ves delovni proces ene lamele je trajal v začetku 16 dni, kasneje pa smo ta čas z različnimi izboljšavami zmanjšali celo na 8 dni.

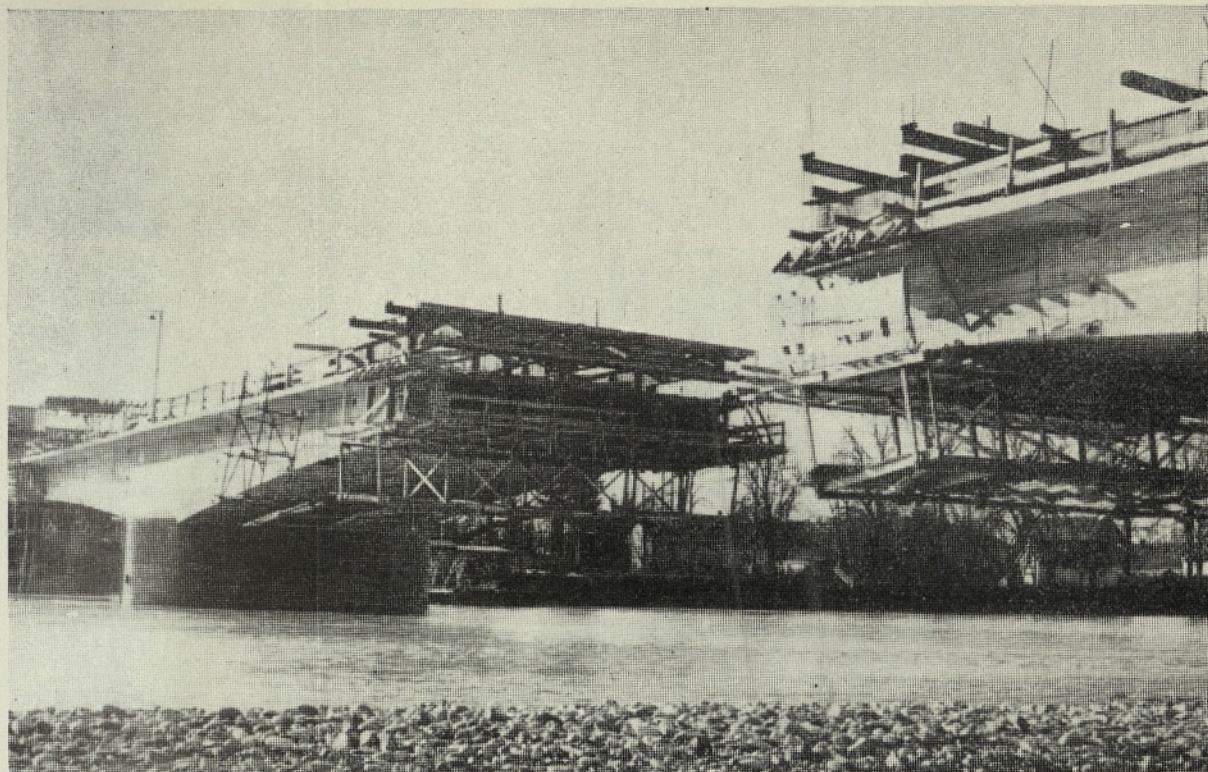
Posebno pozornost smo posvetili nameščanju in betoniranju rebrastih cevi, skozi katere smo pozneje sproti za vsako lamelo posebej vstavljali kable. Teh pa ni bilo malo, tudi do 48 v eni lameli. Rebraste cevi so bile premera 30 mm, snop žic (kabel) pa je znašal ϕ 28 mm. Že iz teh dveh podatkov je razvidno, da je bila pri izvedbi potrebna precejšnja preciznost in pazljivost pri nameščanju, še posebej pa pri stičenju rebrastih cevi. Za prostoležeča polja smo pripravili nosilce na gotovih delih voziščne plošče. Za krajna prostoležeča polja na obrežnih delih mostu, za srednje polje pa na konzolah. Nosilce smo zastavili že v svojih oseh polaganja. Opaži so bili montažni, tako da je bila dana možnost betoniranja vsak tretji dan po en nosilec. Napenjanje in injiciranje je bilo izvršeno na mestih, kjer so bili nosilci betonirani. Tik pred montažo nosilcev smo na krajne nosilce montirali opaž za hodnike mostu. Takoj po dovrstitvi konzolnih delov mostu so bili vsi nosilci pripravljene za montažo v prostoležeča polja. Montaža se je vršila s pomočjo žičnega žerjava, vitla in vozička na tiru. Čeprav je bil žični žerjav prvotno grajen le za 5 ton nosilnosti, smo ga s pomočjo dodatnih kolutov (škripčevja) in s povečanjem povesa glavne nosilne vrvi predelali tako, da je imel nosilnosti 12 ton. Ta nosilnost pa je zadostovala za polovično težo nosilca. Teža krajnega nosilca je namreč znašala ca. 22 ton. Vsa predelava kabskega žerjava

(brez predpriprav) je trajala 8 ur (2 uri spuščanje nosilne vrvi, 4 ure montaža škripčevja, 2 uri dvig nosilne vrvi žerjava).

Postopek pri montaži nosilcev je bil naslednji: nosilec smo na enem koncu dvignili s pomočjo škripčevja, narkar smo pod nosilec namestili tir z vozičkom. Na drugem koncu smo dvignili nosilec z žičnim žerjavom. S pomočjo vitla, ki je služil za horizontalni pomik, smo nosilec počasi premikali proti ležiščem. Spuščanje nosilca na ležišča smo izvršili na enem koncu direktno s predelanim žičnim žerjavom, na drugem koncu pa s škripčevjem, ki smo ga montirali na posebno kozo. Nosilci so bili točno izdelani in so tako brezhibno in brez težav legli na eni strani na pomično, na drugi strani pa na nepomično ležišče.

Montaža nosilcev nas je v teku vse gradnje najbolj skrbel. Ko smo že vse priprave do potankosti in dosledno obdelali, nam te skrbi še vedno niso splahnele. Brž ko je bil prvi nosilec položen, se je pokazalo, da so bile skrbi odveč, saj smo odslej montirali kar šest nosilcev v enem dnevu (10 urah). Po namestitvi nosilcev smo pričeli z opaženjem in betoniranjem prečnih in plošč prostoležečih polj. S tem je bila razponska konstrukcija končana, čakala so nas le še manjša dovršitvena dela: polaganje robnikov, asfaltni tlak, ograja, razsvetljava itd. Pri omenjenih delih ni bilo posebnih težav. Pazili smo le na točnost in solidnost izvedbe.





Iz estetskih razlogov sta venca hodnika obložena z montažnimi betonskimi ploščami.

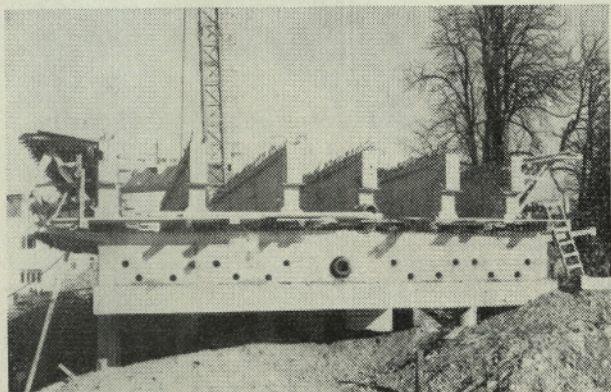
Dela, ki so bila v zvezi s prednapenjanjem, so se izvajala na naslednji način: kabli, kakršne smo uporabljali, so bili sistema, ki si ga je osvojilo naše podjetje za izvedbo svojih prednapetih konstrukcij. Ti kabli so imeli po 18 žic premera 5 mm, na enem koncu napenjalo, na drugem pa sidrno glavo (skica 1).

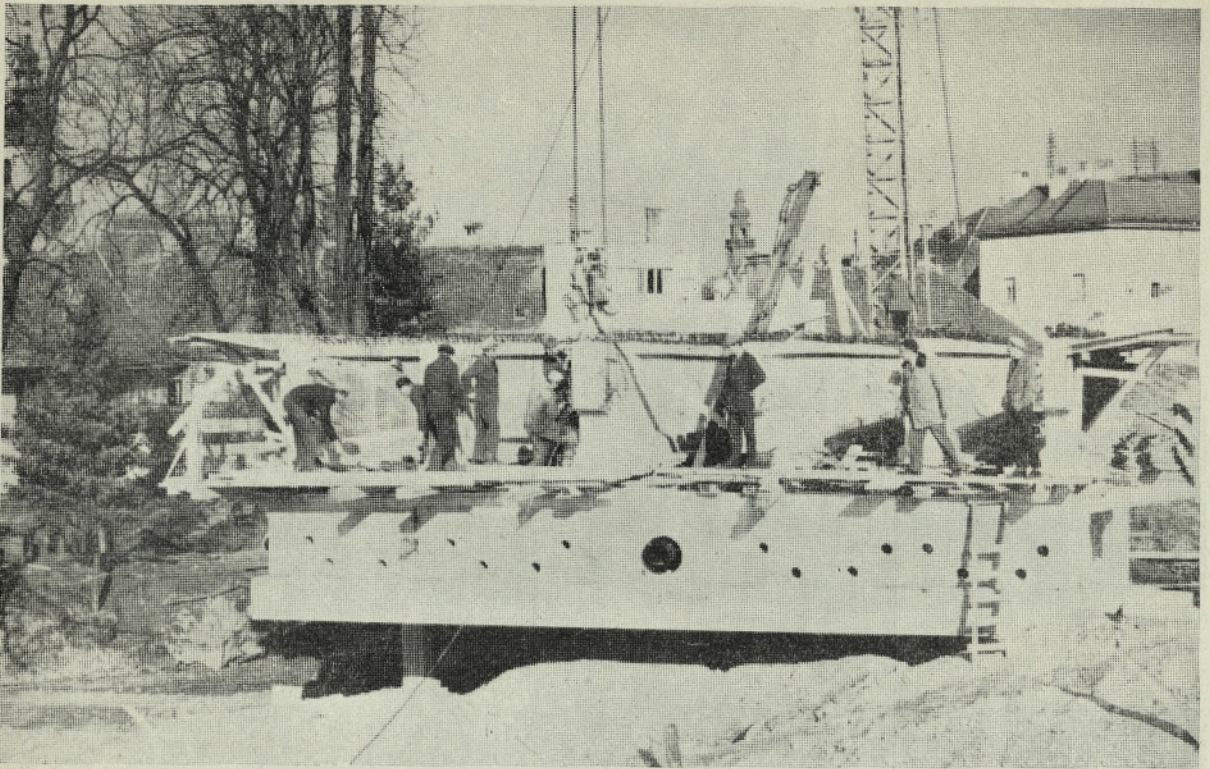
Žica, iz katere smo izdelovali kable, je bila deloma uvožena, deloma pa kvalitetno skoraj popolnoma enakovredna domača, izdelana v Železarni na Jesenicah. Jeklo za žice je bilo visokokvalitetno s porušno trdnostjo ca. 160 kg/mm^2 . Elasticitetni modul jekla je znašal pri uvoženi žici povprečno $E = 1,85 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, pri domači pa $E = 1,9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Povprečna meja plastičnosti pri specifičnem raztežku $0,2 \%$ je znašala za obe kvaliteti jekla povprečno 125 kg/mm^2 .

Kable so izdelovali na naslednji način: najprej je bilo treba žico zravnati, ker je bila dobavljena žica zvita v kolobarje s premerom 0,5 m. Za ravnanje žic smo uporabljali poseben strojček, ki smo ga izdelali v naših delavnicah. Skozi ta strojček je motorni vitel vlekel žico, tako da se je pri vključitvi motorja na vitlu vključil tudi motor na ravnalnem stroju. Ko je vitel

vlekel žico, se je rotor strojčka vrtel okoli žice in jo obdelal tako, da je bila dovolj ravna. Preiskave žic pred ravnanjem in po ravnanju so pokazale, da se je med ravnanjem deformabilnost jekla izboljšala. Ta faza dela je bila potrebna samo pri jeseniški žici. Uvožena žica je bila elastično zvita v kolobarje premera 2 m in se je sama izravnala, takoj ko smo kolobar razvili.

Tako pripravljeno žico je bilo treba nato razrezati na zahtevane dolžine. Prosti konec žice se je ravno izbrusil, na njem se je napravilo glavico, ki je potrebna, da se pozneje z njo pritrdi žica na glavo kabla. Glavica se je izdelala tako, da se je konec žice vtisnil v hladnem stanju v stožčasto izdelan kalup, izrezan v čeljustih, katerih naloga je bila, da so žico med stiskanjem fiksirale. Stiskanje glavice se je vršilo s pomočjo velikega ekscentričnega kolesa, katerega je poganjal preko močnih prenosov elektromotor. Ko je bila žica pritrjena v čeljustih, se je med čeljusti in vrteče se ekscentrično kolo vstavil jeklen vložek v trenutku, ko je bila razdalja med kolesom in čeljustmi največja. Ko se je zaradi ekscentričnosti kolesa ta razdalja začela zmanjševati, je kolo porinilo jekleni vložek proti čeljustim tako daleč, da je konec žice, ki je gledal iz čeljusti, vtisnil v omenjeni kalup. Konec žice s tako izdelano glavico smo nato vložili v posebne čeljusti, nameščene na podstavku, ki je bil privarjen na poljski tir. Na drugi strani tega tira pa je bila privarjena naprava, s katero smo drugi konec žice prijeli in napeli tako močno, da je bila žica popolnoma ravna. Na tej napravi je bila nameščena vzmet kot merilo, da je bila v tako napetih žicah vedno popolnoma enaka sila. Vmes med obema napravama so bile nameščene in pritrjene železokrivske škarje na mestu, kjer smo dobili pravilno dolžino žice, ko smo jo z njimi prerežali. Ker so bile vse žice enako napete, so bile tudi dolžine žic za kable iste dolžine, relativno enake. Pri tem je bila namreč upoštevana tudi eventualna različna deformabilnost žice. Če je imelo jeklo ene žice n. pr. večji elasticitetni modul oziroma manjšo raztegljivost kot jeklo druge žice, je bila taka žica primerno daljše odrezana, tako da so bile napetosti v vseh žicah v



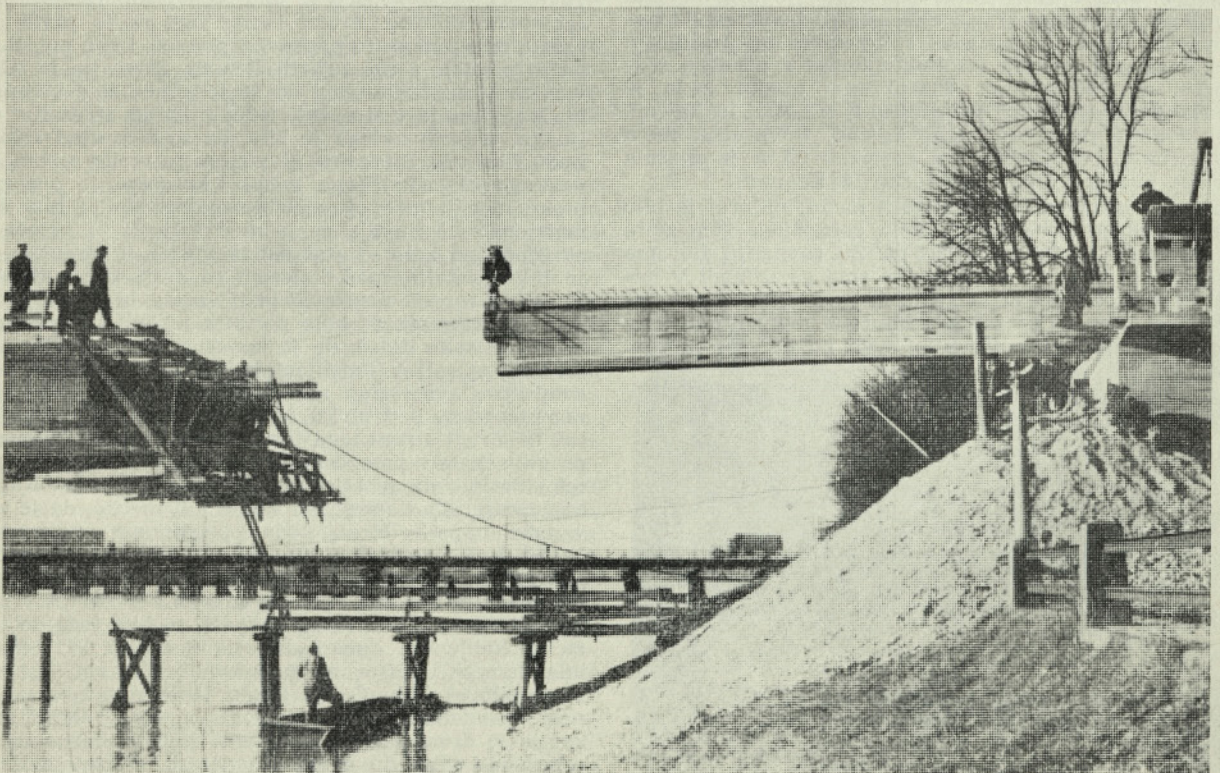


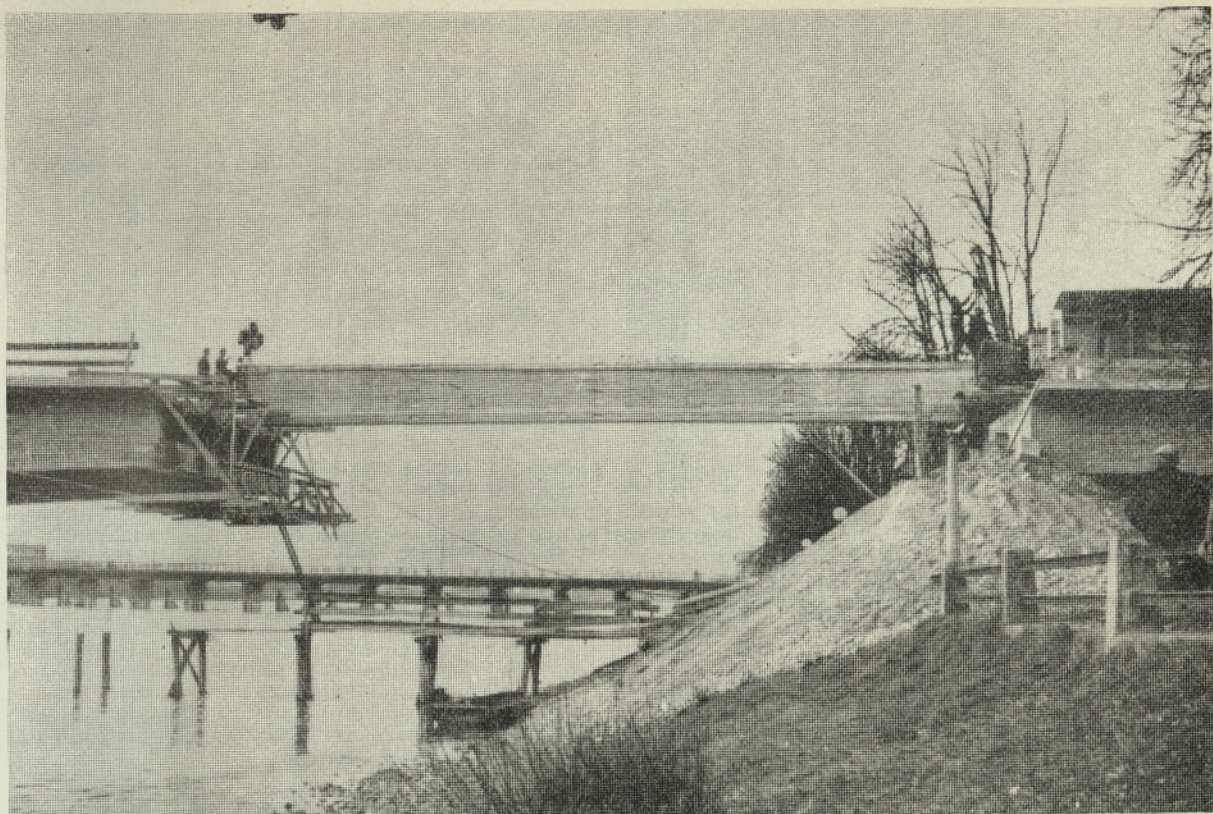
kablu, ko je bil le-ta napet, še bolj izenačene, kot če bi bila dolžina vseh žic popolnoma enaka. To se je prav tako izenačevalo tudi v primeru različnega prereza žic.

Ko je bilo na ta način odrezanih 18 žic enake dolžine, smo jih eno za drugo vtaknili skozi luknjice v napenjalni glavi in jih ročno potegnili do kraja v glavo, kjer so se že narejene glavice na koncu vsake žice

namestile v stožčaste izvrtine v napenjalni glavi (skica 2). Na ta način je bila napenjalna glava že montirana na vseh 18 žicah.

Od tu naprej smo izdelovali kable na dva različna načina. Prvi način smo uporabili za kable, katere smo kompletne namestili v opaž in nato napolnili opaž z betonom. Ta način je bil uporabljen pri izdelavi prostoležečih montažnih nosilcev pri vseh prečnikih in v prvem



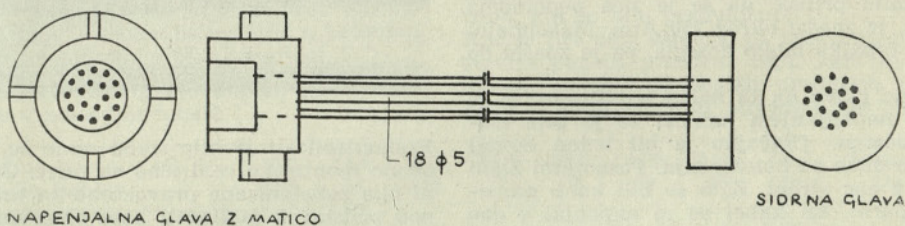


delu konzol, tik nad rečnim upornikom. Na tak kabel smo natakneli veliki tulec z ležiščno pločevino, nato smo kabel po vsej dolžini oblekli v rebrasto cev in natakneli nanj še majhen tulec, tako da so žice iz majh-

smo to lahko storili šele, ko je bil kabel točno nameščen.

Brž ko so bili nameščeni vsi kabli, ki so bili predvideni, da se bodo končali v zadnji lameli in ko so bile

SKICA 1



NAPENJALNA GLAVA Z MATICO

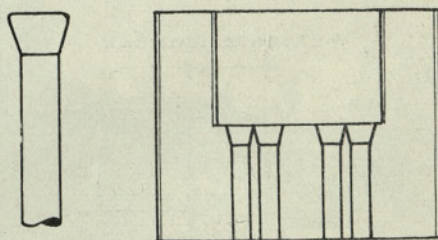
SIDRNA GLAVA

nega tulca gledale še za ca. 25 cm. Na te žice smo natakneli sidrno glavo in na isti način kot prej vtisnili na koncu vsake žice stožčasto glavico. Tako je bil kabel pripravljen in se ga je že lahko namestilo v opaž (skica 3).

Drugi način izdelave smo uporabljali pri kablji, namenjenih za konzolne nosilce. Zabetonirale so se rebraste cevi, ki so se podaljševale v vsaki lameli. Ko je bil opažni voziček prestavljen in pripravljen za naslednjo lamelo, smo v določene že zabetonirane cevi namestili kabla. Postopek je bil v tem primeru naslednji: ko je bila napenjalna glava montirana na žice, smo na kabel natakneli veliki tulec in ca. 3,0 m dolgo rebrasto cev, kolikor je pač znašala dolžina ene lamele. Ostalo dolžino kabla smo z žico povezali v snop. Na drugem koncu kabla smo nato z belo kovino zalili konce žic v glavo aerodinamične oblike, da se je kabel lažje premikal skozi cev. Kabel smo namestili tako, da je na vsaki strani gledal iz betona za dolžino nove lamele, to je za ca. 3 m. Konec kabla na oni strani konzole, s katere smo kabel potiskali skozi cev, je bil že oblečen v rebrasto cev, na nasprotnem koncu pa

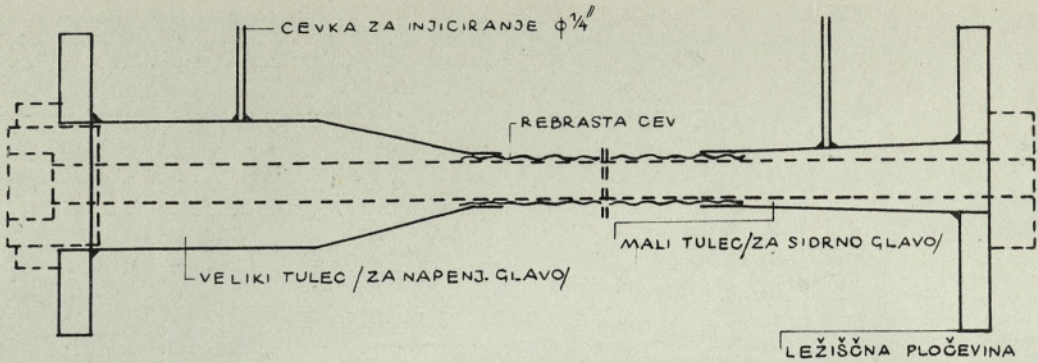
za vse naslednje kabla položene rebraste cevi, se je lahko pričelo z betoniranjem lamele. Pred tem pa je bilo treba zalepiti vse stike in poškodbe rebrastih cevi,

SKICA 2



da ne bi med betoniranjem vdrlo cementno mleko v cev in v njej zabetoniralo kabla. Kabel, ki se po rebrasti cevi ne bi mogel prosto gibati, ne bi bilo mogoče napeti. Ko je imel beton omenjene lamele zadostno

SKICA 3

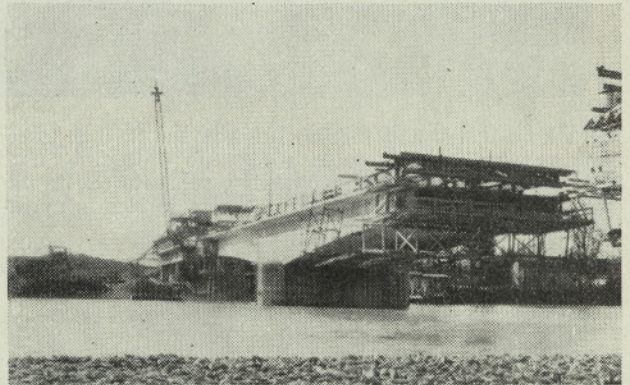


trdnost, da smo ga lahko razopažili, smo pričeli z montažo sidrnih glav na kable. Veliki tulci pri napenjalnih glavah so bili tako dolgi, da smo kabel lahko porinili tako daleč na ono stran, da so gledale žice iz malega tulca vsaj za 25 cm. Kontrolirali smo dolžino kabla in nato nataknili na žice sidrno glavo ter vtisnili glavice na vsako žico. V ta namen smo imeli še en strojček za stiskanje glavic, ki je bil mnogo pripravnejši za delo na visečem odru, ker je bil mnogo lažji od že omenjenega. Strojček je deloval na hidravličnem principu in smo ga ravno tako kot vse ostale naprave izdelali v naših delavnicah. Sestavni del tega strojčka je bila močna motorna črpalka kapacitete do 60 l olja v minuti. Ta črpalka je črpala olje v cilindri z batom. Olje je pritisnila na bat, ki je pri tem, ko se je premikal naprej, v prvi fazi stisnil preko posebnega prenosa čeljusti in tako fiksiral žico; v drugi fazi pa je vtisnil tisti del žice, ki je gledal iz čeljusti v stožčast kalup, izrezan v čeljustih. Tako vtisnjena glavica je dobila obliko po tem kalupu. Ko se je z enostavnim potegom krmilne ročice na črpalki preklupil dotok olja v zgornji del cilindra, se je začel bat pomikati nazaj v prvotno lego in pri tem so se čeljusti sprostile. Pritisk olja se je poleg varnostnega ventila reguliral lahko še s posebnim ventilom. Količino olja, od katere je bila odvisna brzina stiskanja glavic, pa se je lahko reguliralo s posebnim regulatorjem, nameščenim na črpalki. Potrebni minimalni pritisk, da se je žica popolnoma vtisnila v kalup, je znašal okrog 250 Atm. Maksimalni pritisk, ki ga je črpalka lahko dosegla, pa je znašal do 500 Atm.

Ko so bile sidrne glave na ta način montirane, se je lahko pričelo z napenjanjem kablov, če je bila trdnost betona zadostna. Običajno je bil beton dovolj trden že po petih dneh po betoniranju. Posamezni kabli so se napenjali z ene strani. Zato so bili kabli nameščeni vedno v parih. En kabel se je napenjal z ene strani, drugi pa z druge. Tako smo dosegli vzdolž enega para kablov po vsej dolžini zahtevano napenjalno silo kljub trenju v kabljih.

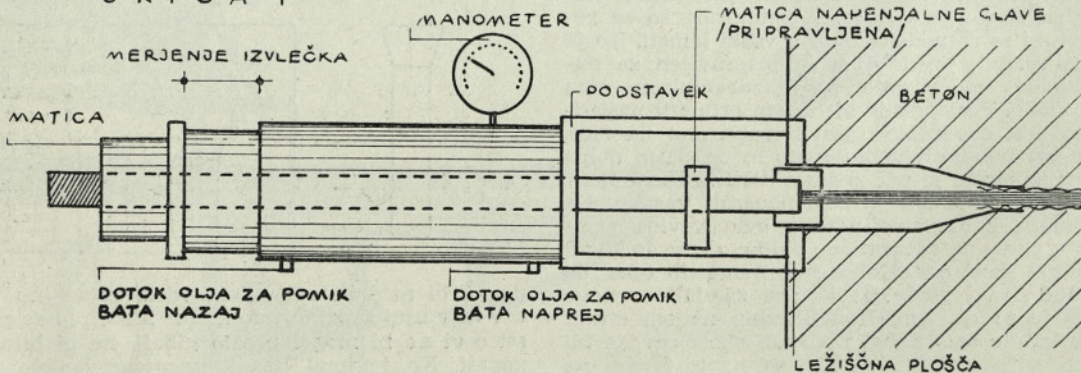
Napenjanje kabla se je vršilo po naslednjem vrstnem redu: najprej se je očistila notranjost velikega tulca in površina ležiščne plošče. Če je bilo potrebno, smo zabili

žice do konca v napenjalno glavo. Ko je bilo vse to pripravljeno, smo v napenjalno glavo privili os, na os pa smo nataknili najprej matico napenjalne glave, nato posebni ključ za privijanje matice, nato pa podstavek, ki je bil potreben, da smo imeli dovolj prostora ob ležiščni pločevini pri navijanju matice na napenjalno glavo in da je napenjalna glava lahko izlezla iz tulca. Podstavek je prenašal silo v kابلu med napenjanjem na ležiščno ploščo. Na podstavek smo namestili napenjalno, prav tako nataknjeno na os. Nato smo privili na os še matico, ki je vse priprave na osi fiksirala na ležiščno ploščo in na kabel. V tako montirano napenjalno (glej sliko) smo že lahko začeli črpati olje.



Prekontrolirati je bilo treba samo še, če je os in vse ostalo montirano centrično na tulec. Če ležiščna plošča ni bila zabetonirana pravokotno na tulec, je bilo treba pod podstavek podlagati kose pločevine, s čimer se je doseglo, da je os ležala v osi tulca. Če to ni bilo precizno doseženo, je vleklo kabel v stran in je napenjalna glava drsala ob steno tulca. S tem pa se je ustvarjalo dodatno trenje, poleg tega pa so se navoji na glavi lahko tudi zelo poškodovali. Take poškodbe je bilo zelo težko popravljati. Na napenjalni je bil nameščen

SKICA 4



manometer, ki je kazal pritisk olja na napenjalki. Iz pritiska olja smo točno vedeli, kakšna je sila v kablju. Med črpanjem olja v napenjalko, to je med napenjanjem kabla, smo merili izvlečke kabla pri vsakih 5 tonah porasta sile (slika 8).

Izvlačke smo vpisovali v poseben formular, v katerem so bili vpisani že vsi potrebni podatki, kot n. pr. potrebna računska sila v kablju $N_{rač}$, računski izvleček kabla $I_{rač}$, izvleček kabla za silo 5 ton Δl_0 , starost betona itd. Izračunali smo doseženi povpreček za silo 5 ton, $\Delta l_{pov p}$ in s pomočjo teh vrednosti je koeficient trenja $t_p = \Delta l_{pov p}$. Ta koeficient trenja smo potrebovali, da smo lahko izračunali potrebno napenjalno silo $N_{potr.} = N_{rač} \cdot t_p$, tako da je bila sila v sredini kabla še vedno enaka potrebni računski sili. Ko je bila v napenjalki dosežena potrebna napenjalna sila, smo izračunali še doseženi izvleček I_d , ki se je navadno zelo točno ujemal z izračunanim. Na skici 5 je prikazan primer zapisnika za en kabl. Ko smo ugotovili, da je kabl v redu napet, smo pričeli s privijanjem matice v napenjalno glavo (slika 9).

Ko je bila matica privita popolnoma do ležiščne pločevine in dobro zategnjena, smo odprli ventil na črpalki, zaradi česar je olje izteklo iz napenjalki in pritisk v njej je padel do ničle. Sila v kablju se je med padanjem pritiska v napenjalki začela prenašati preko matice na napenjalni glavi na ležiščno ploščo. Paziti smo morali, da je ležala matica po vsem svojem obodu na ležiščni plošči. Če plošča ni bila zabetonirana pravokotno na os kabla, je ležala matica samo deloma na njej in smo jo morali primerno podložiti s pločevino.

Ko smo demontirali vse naprave z napenjalne glave, je bilo treba kabl samo še zainjicirati. V rebrasto cev, po kateri so potekale napete žice kabla, smo vbrizgavali s pritiskom 6 Atm. mešanico cementa apnenčeve moke in vode tako dolgo, da je bila cev s kablom popolnoma zapolnjena. Razmerje cement : apnenčeva moka : voda smo izbrali 7 : 3 : 4. S to mešanico smo dosegli dovolj dobre rezultate, saj je znašala porušna strižna trdnost 14 dni stare mešanice okrog 30 kg/cm². S tem smo kabl tudi solidno zavarovali pred oksidacijo. Vse glave kablov pa smo nato zalili z betonom, da smo tudi le-te zavarovali pred rjavenjem.

Skupno število kablov, ki smo jih napeli, ter njihove dolžine so podane v naslednji tabeli:

Dolžina kabla v m:	10,0	14,0	20,0	32,0	38,0	44,0	51,5	59,0	Skupaj
Število kablov:	162	72	216	72	60	60	60	96	870

Za izvedbo vseh gradbenih del smo porabili: okoli 4000 m³ betona, 160 ton navadne armature, 69 ton jeklenih kablov oziroma 450 km patentirane jeklene žice premera 5 mm, 25 km rebrastih pločevinastih cevi pre-



mera 30 mm za kable, 15 ton apnenčeve moke za injekcijsko maso.

Pri gradnji mostu samega je sodelovalo povprečno po 60 delavcev (tesarjev, železokrivcev, betonarjev in nekvalificiranih delavcev) ter 5 inženirjev, tehnikov, delovodij.

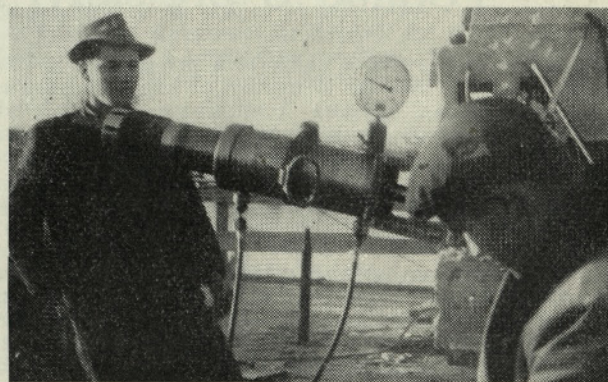
Na podlagi izkustev, ki smo jih dobili pri gradnji ptujskega mostu, lahko podamo nekaj zaključnih misli:

Izvedba ptujskega mostu po lastnem projektu je potrdila naša pričakovanja. V primerjavi s klasičnimi konstrukcijami in metodami dela nudi predvsem ekonomske prednosti, konstrukcija sama pa je dokaj vitka ter tako pri dejanskih konstruktivnih višinah dopušča znatno večje razpone. Sodelovanje projektanta in izvajalca že pri projektiranju pa je v takih primerih nujno, ker mora že projekt sam vsebovati vse glavne prijeme in načine dela, potrebno mehanizacijo, njeno razporeditev itd.

Uporaba premičnega odra in montaža razmeroma težkih 20-tonskih nosilcev ni povzročala nobenih težav, obratno, ta dela so potekala proti pričakovanju hitreje, kot je bilo predvideno.

Kar se tiče dela samega, pa lahko ugotovimo, da predstavlja popoln preobrat tega, kar smo bili do sedaj vajeni. Delavci so postali predvsem monterji in pri delih s kablji pa prej strojniki kot železokrivci. Na-

tačnost pri delu je morala biti mnogo večja, saj smo morali tu računati bolj z milimetri kot s centimetri. Ravno zaradi tega so bile pri delu v začetku največje težave. Šele ko so se delavci privadili vsem novim pri-



jemom, je delo potekalo bolj varno. Lahko trdimo, da je bil ptujski most šola teh naših kadrov, usposobljenih za gradnjo sodobnih konstrukcij iz prednapetega betona.

SUMMARY

Ing. B. Pipan, ing. B. Hvastja,
ing. F. Runovc and ing. Oman

ABOUT DESIGN AND CONSTRUCTION OF NEW BRIDGE OVER DRAVA RIVER AT PTUJ

The new bridge over Drava river was built in such a way as to enable the use of greater spans and particularly the application of new approaches of construction. The method used for building the bridge by the utilization of movable forms and prestressed concrete was applied for the first time in this country and has confirmed our expectations. The construction of this work is a great step forward in our constructional activities. It is also a manifestation of the internal organisation of our enterprise, which was at the same time the designer and the contractor for the construction of this bridge.

The components of the new bridge are the following:

Two hollow piers 4 m wide having ends fixed in solid concrete foundations, with a bearing area of $19 \times 9 = 171$ sq. m., support a cantilever structure of span $2 \times 29.5 = 59$ m.

The two abutments of the bridge are of standard reinforced concrete. Each abutment is on two supports. The entire cantilever structure at each end of the bridge is borne by the outer support, which is of solid construction and is provided with a lead knuckle bearing, and by the inner one consisting of six slim posts fixed at both ends and acting as hinged supports. The spans of this part are $2 + 14.5 + 5 = 21.5$ m. Between the abutments on the pier cantilevers are three simply supported sections, each consisting of six prefabricated prestressed beams, each weighing 22 tons, braced together by five cross beams, so that the entire section makes a simply supported trussing of prestressed concrete MB 300, laid at one side on a fixed and on the other side on an expansion steel bearing. The span of each of the simply supported sections is 20 m so that the spans between the abutments and piers amount to: $2 + 14.5 + 54.5 + 79 + 54.5 + 14.5 + 2 = 221$ m. The prestressed concrete cantilevers were built by means of movable forms. The cantilevers are of the box type and are fitted with six diaphragm walls braced together by cross beams.

The prefabricated beams were made on the abutments and piers and mounted by means of a cable-way.

The cables used for the prestressed parts of the structure were of the system TG, and consisted of 18 wires of 5 mm dia made of high-tensile steel ST 160. All cables were laid in ribbed plate pipes and after being stressed they were injected with a mixture of cement, lime dust and water at a ratio of 7:5:4 respectively. In total 5500 cu. m. of concrete, 160 ton of reinforcing steel, 69 tons of patented wire and 25,000 m of ribbed plate pipes for cables were laid and 15 tons of lime dust were injected.

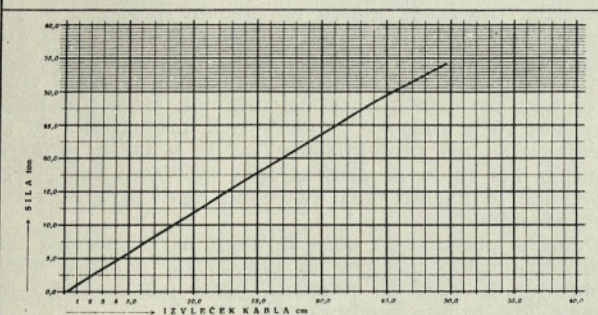
The building was carried out without greater difficulties. The work was mechanized to the utmost, so that only about 60 workmen at a time were employed at the building. The economical success of the construction of this work would have been much greater if the construction method and the design had not been applied for the first time and thus only during the building itself we were gaining the experience required for the quick construction of such a work.

Stev. projekta:		TEHNOGRADNJE		Sveč. inštit.	
Objekt: Most Ptuj		Elementi: Dravni ožarnik: nosilec B		Kabel št.: 2	
PODATKI	Dobrena sila v kablu	: $N_{nat} = 32,345$	kg	Stran napenjanja: Ptuj	
	Ilačinski raztezek kabla	: $\epsilon_{nat} = 23,77$	cm	Marka betona: MB 300	
	Raztezek ravnega kabla za silo 5 ton	: $\Delta l_5 = 4,35$	cm	Starost betona: 7	
	Izredna šica $\varnothing 5 \text{ cm}^2$: je 180/50		Čas napenjanja: dan 25-11-53 ura 22:30	

REZULTATI NAPENJANJA

Zap. št.	SILA (ton)	Odstitek razteza (cm)	Δl (cm)	OPOMBA	RAČUNI
1	0,00	(0,30)	4,19		$\Delta l_{loosr} = \frac{16,77}{4} = 4,19$ cm
2	5,00	4,47	4,23		
3	10,00	5,77	3,73		$N_{nat} = \frac{4,35 \times 32,345}{4,19} = 33,700$ kg
4	15,00	12,75	4,37		
5	20,00	17,14	4,12		$l_s = \frac{29,40 - 0,30}{2} = 14,55$ cm
6	25,00	21,25	4,42		
7	30,00	25,28	3,72		
8	33,70	27,40			
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

DIAGRAM IZVLEČKA



Investitor	Podoba	DATUM
izvajalec: Ing. Franč Krajncič in Filip Kerec	Podoba: F. Hvastja	3-1-1957

Popolnoma jasno je, da ne moremo že na prvem objektu tovrstnih konstrukcij pričakovati popoln ekonomski in tehnični efekt. Šele ponavljanje takih in podobnih konstrukcij na podlagi bogatih izkušenj in pridobitev, predvsem v pogledu kadrov, nam bo dalo to, za čemer težimo: graditi varne, ekonomske in estetske konstrukcije.

Ing. Franc Krajncič in Filip Kerec

Podatki o preiskavi materiala in konstrukcij

Naloga investitorjevega nadzorstva pri gradnji je bila med drugim v tem, da je ugotavljal kvaliteto vgrajenega materiala. Uporaba kvalitetnega materiala in predpisanega načina vgradnje sta dala pri skrbnem delu glede trajnosti in solidnosti konstrukcije dobre rezultate.

V naslednjem navajam glavne preiskave pri gradnji:

Preiskava tal glede nosilnosti

Že pred razpisom idejnih projektov je bila izvršena preiskava terena v osi mostu, da se ugotovi sestava tal in dopustna obremenitev. Geološka vrtnja je izvršil Geološki zavod iz Ljubljane. Vrtnja so bila izvršena po prvotno določeni osi, ki je bila 20 m niže mostu.

Pri dodatnem vrtnju v novi osi mostu se je v teku gradnje pokazalo, da je sestava tal enaka kot že prvotno preiskana — le na enem mestu so naleteli na tanko plast konglomerata v globini 3,85 m pod dnom struge pri levem rečnem stebru. Globina vrtnin je znašala povprečno 16 m.

Pri izkopu za desni obrežni steber se je pokazala plast nehomogenega nasipanega materiala. Vrtina na tem mestu pa je v nižjih legah naletela na enako sestavo tal kot pri prvotnem vrtnju.

Rezultat vseh preiskav tal je pokazal, da je teren v strugi sestavljen iz napolnjen prodca in peska v debelih slojih ter da v globini 16 m še ni skalnatih tal. Zato je bilo odločeno, da se fundiranje izvrši na plasti prodca z dopustno obremenitvijo tal 4 kg/cm^2 .

Preiskave gramoza za beton

Gramozni material za betonske konstrukcije je bil na razpolago v dravski strugi in v gramozni jami pri Hajdini. Preiskava prodca iz dravske struge je pokazala, da vsebuje drobce premoga, zato so uporabljali prodec iz jame pri Hajdini. Zaradi ugodne sestave zrn in male količine odplakljivih sestavin so za temelje uporabljali naravno mešanico, za železobetonske konstrukcije pa so gramoz prali. Granulometrijska sestava naravne mešanice prodca se je gibala med normalnimi krivuljami po EMPI in po Fullerju.

Preiskava cementa in betona

Pri gradnji se je uporabljal Portland cement PC 250 in PC 350 iz Trbovelj. Rezultati preiskave cementa PC 250 so naslednji:

trdnost po 28 dneh na upogib 47,6 kg/cm²
trdnost po 28 dneh na tlak 307 kg/cm²
Pc 350: trdnost po 28 dneh na upogib 49 kg/cm²
trdnost po 28 dneh na tlak 319 kg/cm²

Za določitev pravilne doze cementa in vode v betonski

mešanici je bila napravljena in preizkušena pred pričetkom betoniranja predhodna serija preizkusnih kock. Rezultati preiskave, ki jo je opravil Zavod za preiskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani, so pokazali sledeče:

MB 160, vodocementni faktor 0,538, cementa 242 kg/m³ betona

popovprečna trdnost po 28 dneh 235 kg/cm²

MB 220, vodocementni faktor 0,483, cementa 286 kg/m³ betona

popovprečna trdnost po 28 dneh 281 kg/cm²

Pri betoniranju temeljev, stebrov in železobetonskih konstrukcijah so bile odvzete poizkusne kocke. Odvzem poizkusnih kock je bil izvršen na vsakih 200 m³ betona. Skupno je bilo preizkušeno 120 serij kock. Od teh je približno polovico preizkusil Zavod za preiskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani, ostalo pa lasten laboratorij izvajalca v Vuhredu. Skupna količina vgrajenega betona je znašala 4000 m³.

Po preiskavi so bili doseženi rezultati, kot so razvidni iz tabele:

Iz naravne mešanice gramoza in cementa PC 250				Iz pranege gramoza in cementa PC 350			
zahtevana marka betona	starost betona dni	prost. teža	dosežena trdnost kg/cm ²	zahtevana marka betona	starost betona dni	prost. teža	dosežena trdnost kg/cm ²
160	4	2470	96	300	4	2460	167
160	7	2460	130	300	4	2420	145
160	7	2470	121	300	4	2440	154
220	7	2470	197	300	28	2450	308
220	7	2480	219	300	28	2460	308
220	7	2500	198	300	28	2440	311
160	28	2460	226	300	8	2500	250
160	28	2460	234	300	8	2500	250
160	28	2460	244	300	8	2500	236
220	28	2490	316	300	28	2460	304
220	28	2490	242	300	28	2460	386
220	28	2490	286	300	28	2460	388
160	29	2490	292	300	28	2500	466
160	29	2500	274	300	28	2470	480
160	29	2500	319	300	28	2500	455
160	28	2480	241	300	28	2460	412
160	28	2480	231	300	28	2460	380
160	28	2410	193	300	28	2450	406
220	28	2450	343	300	46	2490	408
220	28	2450	342	300	46	2490	388
220	28	2450	368	300	46	2470	365
220	28	2420	416	300	38	2460	404
220	28	2420	372	300	38	2480	401
220	28	2420	392	300	38	2440	396
220	28	2430	355				
220	28	2400	288				
220	28	2430	370				

Trdnost vgrajenega betona smo preizkusno ugotavljali tudi po računskem postopku, ki ga je predlagal dr. ing. Turk. Na podlagi podatkov o uporabljenem gramozu, cementu in količini naravne vlage ter dodatka vode smo mogli že vnaprej izračunati približno trdnost. Dejanska trdnost se je od računske razlikovala največ za 10%, kar potrjuje uporabnost te metode. Čim bolj je bil točen podatek o lastnostih cementa, tem zanesljivejši je bil izračun trdnosti betona.

Preiskava jeklenih delov prednapete konstrukcije

Pri prednapeti konstrukciji betona so uporabljali jeklene žice debeline 5 mm, in sicer deloma iz uvoza, deloma iz naše železarne v Jesenicah.

Uvožena žica je imela atest tujega zavoda ter je pri preiskavi prisostvoval jugoslovanski zastopnik. Žica izkazuje naslednje lastnosti:

min. trdnost 150—170 kg/mm²
meja elastičnosti (0,2 % meja) 125 kg/mm²
min. raztezki 2 % l = 200 mm
upogibi za 180 7 pri R = 30 mm

Žica je bila dobavljena v kolobarjih s premerom 2 m. Domača žica z Jesenic je bila dobavljena v kolobarjih s premerom 0,50 m, kar ne ustreza jugoslovanskim predpisom, ki zahtevajo premer 1,50 m. Posledica take dobave je bila, da se žica ni dala ročno zravnati, marveč jo je bilo treba ravnati strojno. Pri strojnem ravnanju utrpi žica utisnjenje površine. Žice je preiskal Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani.

Rezultat preiskave izkazuje naslednje lastnosti:

min. trdnost 161,50—175,50 kg/mm²
min. raztezki 1,80—2,50 l = 200 mm
upogibi 6—10 pri R = 10 mm

Tudi strojno ravnane žice so pri preiskavi dale zadovoljive rezultate.

Nadalje so preiskali glavice na žicah, s katerimi sidramo žico na sidrno glavo. Rezultat izkazuje nosilnost na 1 žico ca. 3000 kg in od vseh žic je 11,1 % bilo izvlečenih.

Preizkusili so tudi sidrne in napenjalne glave, ki izkazujejo zadovoljive rezultate.

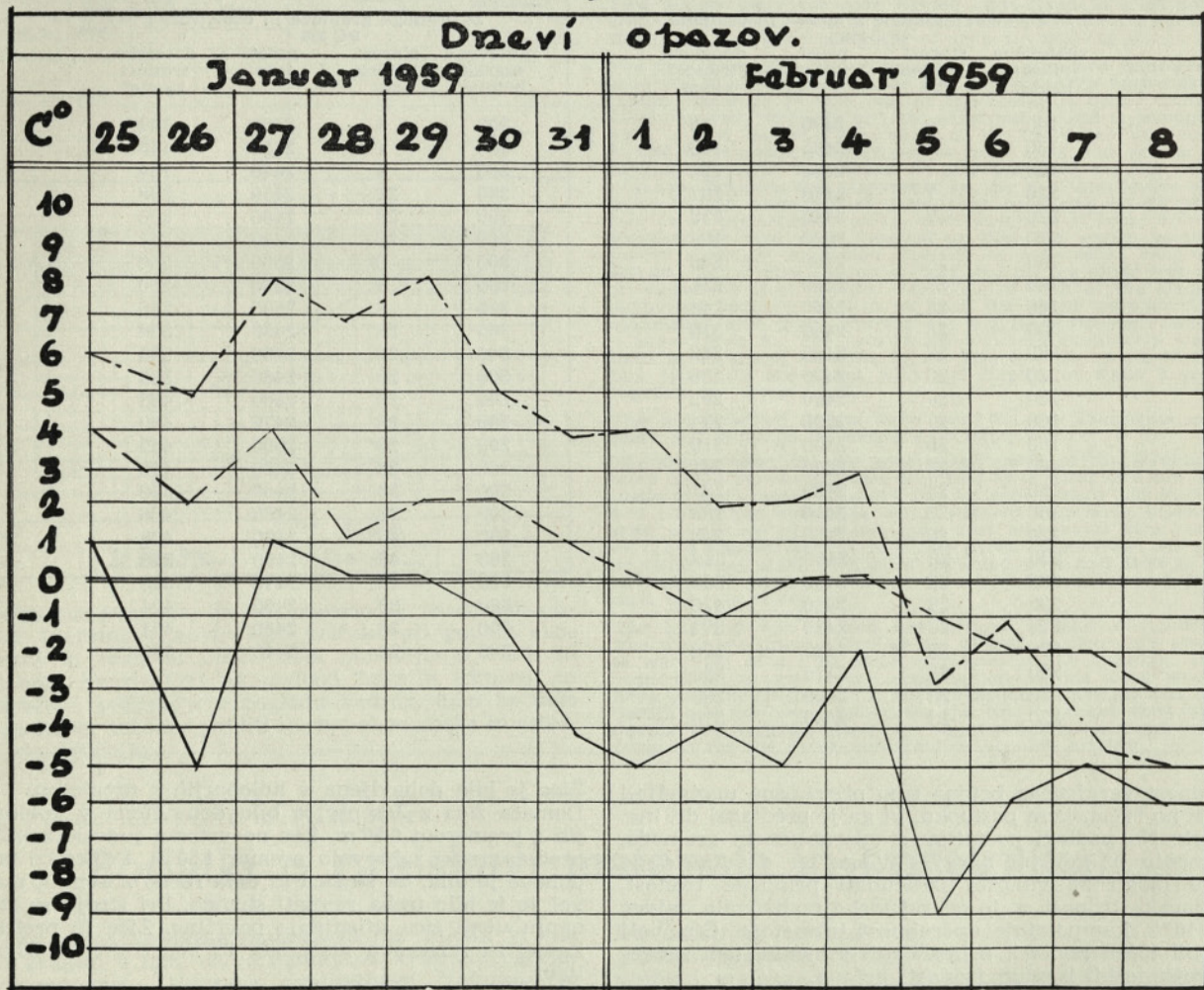
Na gradbišču smo opravili preiskavo sprijemnosti injicirne cementne malte v kabelskih ceveh. Ugotovili smo sprijemno trdnost 30 kg/cm^2 , kar je zadovoljivo. Da bi ugotovili, kako prenesejo rebraste kabelske cevi upogibanje, smo na gradbišču opravili poizkusni upogib cevi. Pokazalo se je, da je najneugodnejša lega šiva ob strani cevi in da znaša porušni polmer krivine ca. 2,50 m.

Za ugotavljanje napetosti v žicah po preteku daljše dobe — več let, so v konstrukciji predvidene 3 odprtine, ki so dostopne iz jaškov na mostu. Na teh mestih bodo lahko merili napetost v žicah in ugotovili eventualno popuščanje. Vzidani so tudi reperji, kjer se meri skrčenje betona v teku daljše dobe.

Ostale preiskave

Zaradi poglobljanja struge ob desnem rečnem stebri je Vodna uprava v Ptujju opravila 5 meritev dna struge. Pokazalo se je, da je pri srednji vodi ščit stavbne jame povzročal večje odnašanje proda ob stebri. Po odstranitvi ščita so se razmere izboljšale in je visoka voda (nad $600 \text{ m}^3/\text{sek}$ delno zapisala poglobitev. Za večjo varnost je okoli stebra napravljen lahek kamnomet. Zimsko betoniranje je zahtevalo posebno previdnost ter smo na gradbišču opravljali poskuse z dodatkom soli in sode k betonski mešanici. Poskusi so pokazali, da je dodatek soli v količini 5 % preprečil zmrzovanje betona pri temperaturi -5°C . Dodatek sode se ni obnesel. Nihanje temperature je bilo naslednje:

Grafikon temperatur zraka in betona na gradbišču mostu v Ptujju v fazi zaključnih del



Legenda :

temperatura zraka ob 7^h —————
 povprečna temper. v betonu - - - - -
 povpreč. dnev. temper. zraka - · - · - ·

Obtežilna preizkušnja

Podrobno izdelani elaborat o obtežilni preizkušnji pred izidom tega članka še ni bil končan, zaradi česar so v nadaljnjem navedeni le glavni rezultati.

Obtežilna preizkušnja se je precej razlikovala od običajnih, ki jih Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij LRS pogosto vrši. Razlikovala se je tako po bremenih, ki so bila potrebna, kakor tudi po številu opazovanih mest. Tako je bilo pri obremenitvi srednjega polja na mostu 20 kamionov s skupno težo 280 ton, a opazovanje je bilo izvršeno na 44 mestih.

Naslednja skica kaže zaporedne faze obtežitve in položaj opazovanih mest. Od naslednjih je zaradi preglednosti izpuščeno 12 opazovanj s tenzometri, ki so bili nameščeni na konzoli levega rečnega stebra na ptujski strani. (Skica 1.)

Po do sedaj izvršenih študijah meritev lahko izvedemo sledeče zaključke:

1. Izmerjeni pomiki so blizu, vendar manjši od izračunanih. Povesi koncev konzol zaradi deformacije konzol samih so n. pr. v II. in IV. fazi znašali 0,52 cm, medtem ko so izračunani povesi znašali pri prevzetem položaju vozil za prvi primer 0,61 cm, za drugi pa 0,65 cm, pri upoštevanju modula elastičnosti $E = 300.000 \text{ kg/cm}^2$. Isto sliko kaže tudi primerjava ostalih opazovanih mest. Iz tega lahko izvedemo zaključek, da se konstrukcija statično obnaša zelo podobno, kot je to predvideval projektant.
2. Preostali pomiki in deformacije po razbremenitvi so bili majhni. Spodnja tabela daje kot primer rezultate meritev v II. in VII. fazi. V teh rezultatih so navedene skupne deformacije konstrukcije z zasuki temeljev s posesti temeljev vred. Preostale vrednosti po razbremenitvi redko presežejo 10 % merjenih. Podrobna analiza bo pokazala, da so preostale deformacije same konstrukcije še znatno manjše.

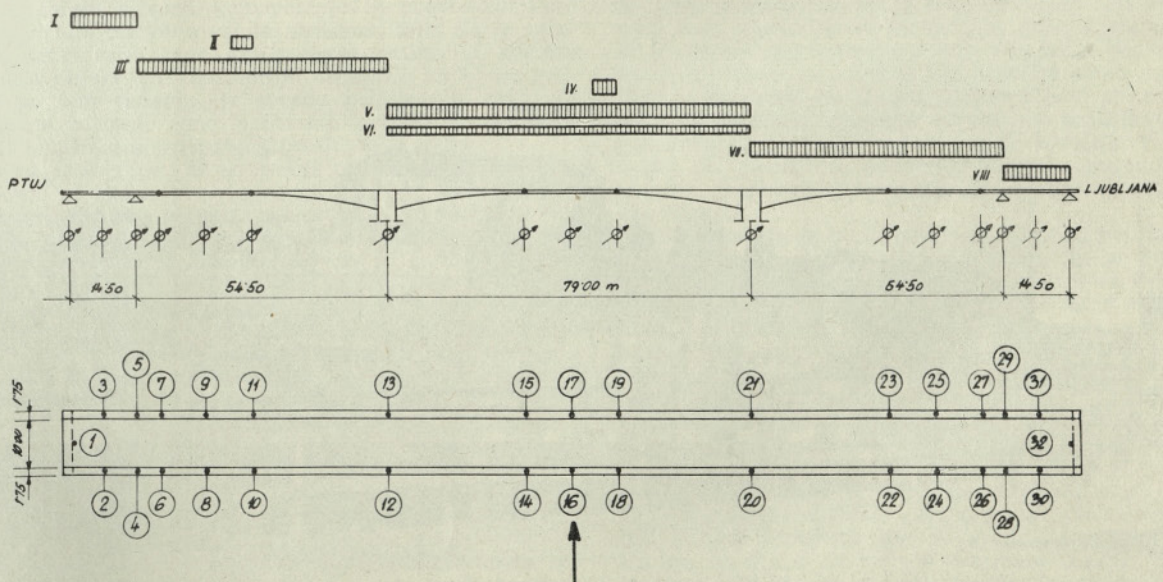
Faza obremenitve	Opazovano mesto	Pomik (mm)	Preostali pomik (mm)	Odnos (4)/(3)
1.	2.	3.	4.	5.
II.	10	— 7,62	— 0,75	0,098
	11	— 8,54	— 0,66	0,077
	14	+ 2,96	0,08	0,027
	15	+ 2,80	0,01	0,004
	8	— 9,56	— 0,82	0,086
	9	— 10,43	— 0,80	0,077
VII.	22	— 16,07	— 0,31	0,019
	23	— 15,39	— 0,28	0,018
	18	+ 8,35	+ 1,65	0,198
	19	+ 7,58	+ 0,82	0,108
	24	— 10,05	— 0,13	0,013
	25	— 9,35	— 0,15	0,016

3. Posedanje temeljev je bilo zelo majhno. Za desni prečni steber je znašalo n. pr. v V. fazi (največja obremenitev) 0,015 cm. Približno isto kažejo tudi ostali oporniki.

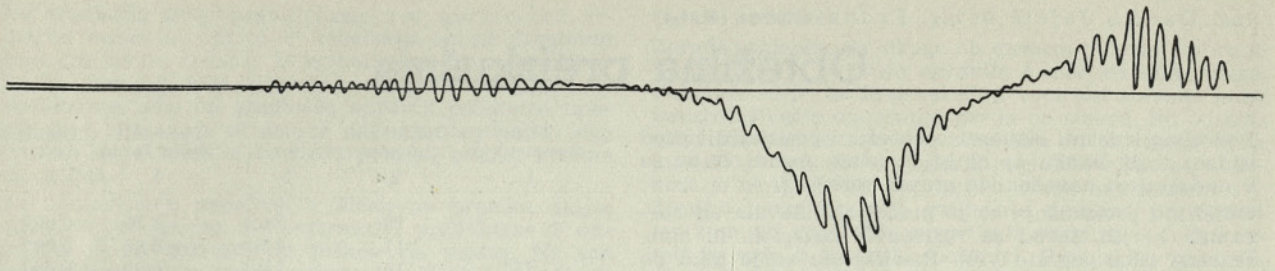
4. Kakor kaže spodnja tabela, so bili zasuki temeljev znatno manjši od predvidenih. Spodnja tabela kaže to primerjavo:

Faza obremenitve	Maks. vrtilni M max (tm) moment	Račun. poves f rač (cm) zaradi M max	Dejanski poves f dej (cm) zaradi M max	f dej / f rač
II.	1442	1,93	0,29	0,150
IV.	1529	2,05	0,40	0,195
III.	3150	4,21	0,61	0,145
VII.	2840	3,80	0,80	0,210
V.	2590	3,47	0,54 levi opor.	0,145
V.	2590	3,47	0,44 desni opor.	0,118

MOST ČEZ DRAVO V PTUJU SHEMATIČNI PRIKAZ OBTEŽNIH SLUČAJEV IN SITUACIJA MERILNIH MEST

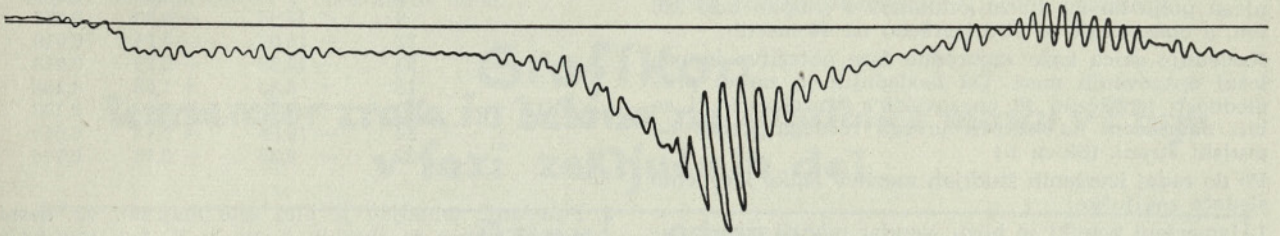


Skica 1.



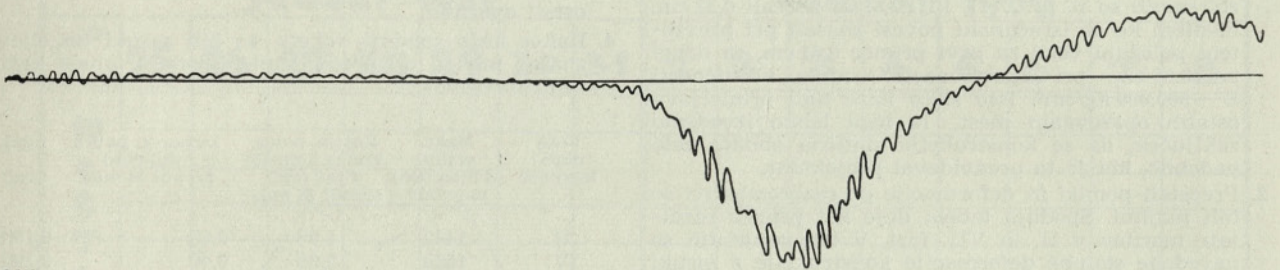
Slika 2.

Merilo 15:1



Slika 3.

Merilo 15:1



Slika 4.

Merilo 5:1

Za oceno stvarnega dinamičnega koeficienta so bili posneti vibrogrami na koncu ene konzole ob robu vozišča. Slike 2 do 4 kažejo:

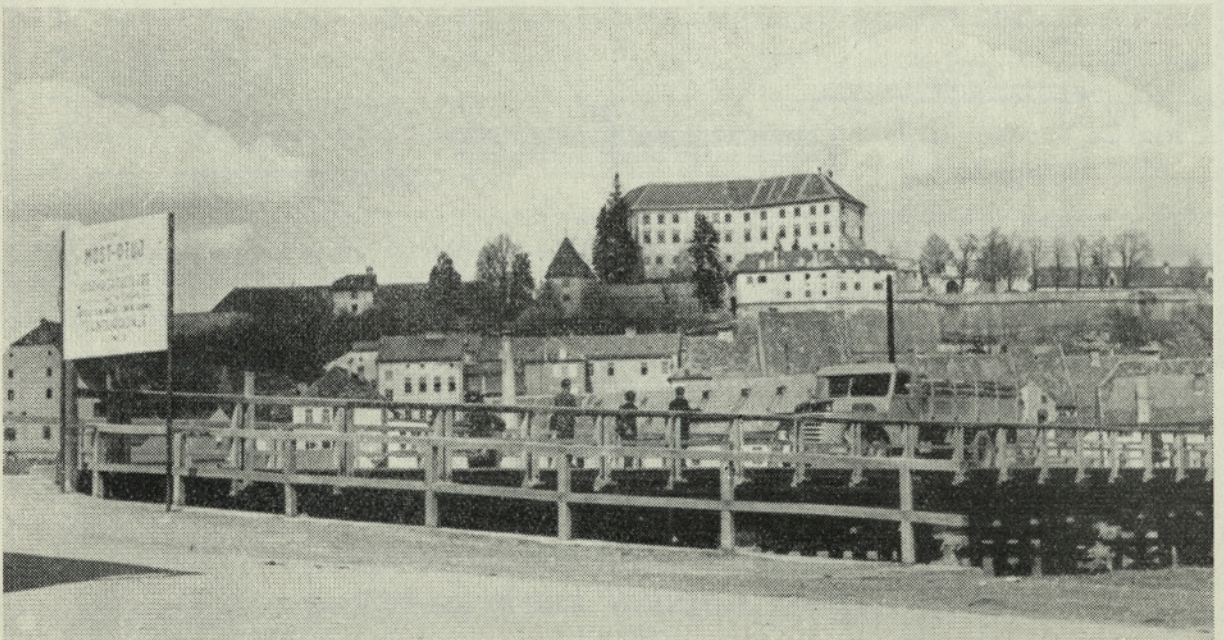
Slika 2: vibrogram pri prevozu enega kamiona preko mostu.

Slika 3: vibrogram pri prevozu istega kamiona, pri čemer je pri opazovanem mestu prevozil preko ploha debeline 4 cm.

Slika 4: vibrogram pri prevozu treh kamionov, vozečih vstřic.

Vibrogram na sliki 3 kaže velik vpliv, ki ga imajo slučajni sunki na obremenitev konstrukcije. Iz vibrograma na sliki 2 je razvidno, da znaša dinamični koeficient 1,27. Zanimivo pa je na drugi strani, da so vibracije pri vožnji treh kamionov vstřic celo manjše kot pri vožnji enega samega kamiona. To je razumljivo, če pomislimo, da vibracije, ki jih povzročajo posamezni kamioni, med seboj interferirajo.

Navedeni rezultati kažejo, da je mostna konstrukcija izvršena kvalitetno in se lahko preda prometu.



Nekaj misli ob dograditvi novega ptujskega mostu

Novi ptujski most predstavlja eno največjih mostnih konstrukcij v Sloveniji, kar pa se tiče betonskih izvedb, pa je med prvimi v Jugoslaviji. V pogledu same konstruktivne izvedbe, ki je upoštevala naj sodobnejše in hkrati najgospodarnejše principe, kot so uporaba prednapetega betona, montažnega vgrajevanja posameznih delov in predvsem brezodrne načina gradnje, pa je treba ta most šteti med pomembne stvaritve s tega področja tudi v mednarodnem merilu.

Poleg vsega tega pa je za novi most značilno, da predstavlja z ozirom na pravkar navedene sodobne posebnosti tudi naš prvi mostni objekt take vrste in da za gradnjo pri nas zato ni bilo nobenih znatnih izkušenj niti za projektiranje niti za gradbeno izvedbo.

Dograditev tega objekta predstavlja torej viden uspeh projektanta in vseh njegovih sodelavcev, ki so, ne glede na znaten trud, pristopili h komplicirani nalogi, kakršne v naši državi še niso reševali. Prav tako pa pomeni uspešna dovršitev tega mostu viden uspeh vseh izvajalcev, in to od vodstva do poslednjega delavca na gradbišču, ker so uspeli usvojiti si sodoben delovni postopek, ki je bil za nas vse nov in je zahteval zato znatno več prizadevnosti in vestnosti.

To so v glavnih potezih bistvene značilnosti uspeha projektanta in izvajalcev, kar pa še ni celotni uspeh te gradnje. Izkustva, ki smo jih pri tej gradnji pridobili, predstavljajo namreč ugodne možnosti, da v bodoče gradimo tako ali pa še bolj uspešno, in je to dodatni uspeh dovršitve novega ptujskega mostu. In o koristih, ki nam jih nudijo izkušnje na novozgrajenem mostu, nameravam podati nekaj misli.

Če pogledamo most kot celoto, predvsem ocenimo uspeh po **stroških izvedbe**, posebno v zvezi s tem, da so vsi bistveni deli bili izdelani iz prednapetega betona. Izkušnje so v tem pogledu zelo ugodne. Že če primerjamo med seboj posamezne variante, ki so prišle v poštev za licitiranje, vidimo, da je bila izvedena varianta med najcenejšimi. Sam uspeh licitacije pa je pokazal, da je bila z ozirom na ponudbe najcenejša ravno izvedena varianta, kar nam s praktične strani potrди ekonomsko prednost izbrane variante. Tudi med izvajanjem del samih se ni nikjer pojavila kaka vidnejša potreba po izpremembi načrtov in eventualni podražitvi objekta, tako da je izlicitirana cena praktično ostala docela v veljavi. Tudi podjetje samo ni imelo zaradi novosti konstrukcije in posebnosti operativnih del bistveno večjih stroškov, tako da je smatrati izlicitirano ceno kot povsem realno za solidno izdelan objekt. Pri naslednjih objektih, ki bi se gradili po tem sistemu, je seveda pričakovati samo še ustrezno znižanje cene, predvsem v zvezi s pridobljenimi izkušnjami pri projektiranju in izvedbi.

Glavni razlogi pa, ki so vodili do tega ekonomskega uspeha, so delno projektivnega značaja, delno pa so pogojeni z dobro rešitvijo operativnih problemov.

Nova mostna konstrukcija je bila predvsem **projektivno** tako ugodno zasnovana, da je nudila izredno ugoden način premostitve reke Drave. Most ima v cellem samo dva rečna opornika, tako da le malo zapira pretočni profil, po drugi strani pa je s kombinacijo konzolnih in vmesnih montažnih konstrukcij dobljena statično določena konstrukcija, neobčutljiva z ozirom na toplotne razlike, male poseдке temeljev in krčenje betona. Poleg tega je konstrukcija sama na sebi preprosta in gradljiva brez odra, tako da izvedba ni otežkočena. In taki tipi so primerni povsod, kjer gre za premostitev širokih rek, kjer bi odranje povzročilo znatne stroške in bi oder bil ogrožen eventualno še od ledu ali pa od plovnihi objektov (na plovnihi rekah). Posebno na reki Dravi, v območju gradnje novih hidrocentral, kjer bo treba zgraditi nekaj novih mostov, bi bilo izvajanje takih oblik zelo primerno. Pa tudi

za spodnji tok Drave in za premostitev ostalih naših večjih rek pride ta tip konstrukcije v poštev. In z mostom v Ptujju smo dobili osnovni vzorec, ki se ga more z izpremembami, kot jih narekujejo razmere nove lokacije, tako prikrojiti, da v najvišji meri ustreza.

Tudi **operativni problemi** so bili pri gradnji ptujskega mostu odlično rešeni in nam lahko služi ta most kot vzorec za nadaljnje podobne konstrukcije. Ureditvev pomičnega opaža za izvedbo brezodrne gradnje more služiti kot vzorec za izvedbo takega načina dela ne samo pri mostnih, ampak eventualno tudi pri nekaterih visokih gradnjah. Montažna faza gradnje je potekala vseskozi brez težav in more služiti prav tako kot vzgled za razne analogne konstrukcije. Posebno pa je opozoriti na izredno korist, ki jo je nudil pri gradnji kabelski žerjav, ki je, razpet preko celega gradbišča, neverjetno poenostavil transport vsakovrstnega materiala, v zadnji fazi dela pa celo omogočil prenos 20-tonskih montažnih nosilcev. Na izkušnje s kabelskim žerjavom ne smemo pozabiti in uporabo te mehanizacije na mostnih gradbiščih je treba kar najbolj priporočiti.

Pri tem splošnem obravnavanju izkustev, pridobljenih na novem ptujskem mostu, je poleg ekonomskih prednosti omeniti tudi **estetske prednosti**, ki jih je konstrukcija pokazala. Ze sama uporaba prednapetega betona je omogočila sorazmerno majhno višino konstrukcije, ki daje celotnemu objektu dokaj vitek videz. Vitkost konstrukcije se je povečala še posebno potem, ko so bili načrti spremenjeni tako, da so odpadla prvotno predvidena vertikalna rebra na fasadnih površinah vzdolžnih nosilcev. Na ta način je dobila mostna konstrukcija v vzdolžni smeri gladek, eleganten potek, ki je tako uspel, da je treba na osnovi teh izkustev priporočiti, da se za takim potekom splošno teži pri projektiranju mostov.

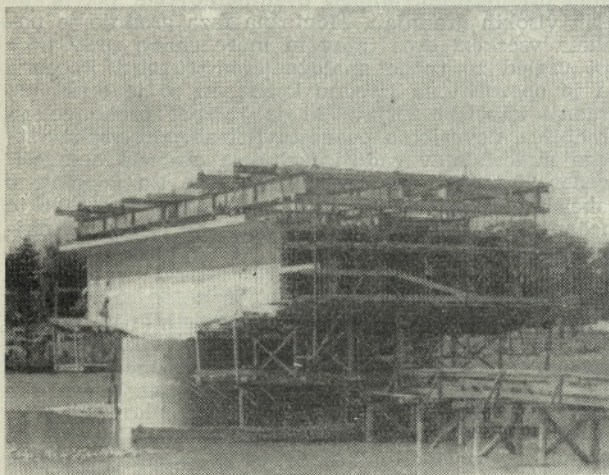
S tem sem skušal v kratkih obrisih nanizati koristne izkušnje, ki nam jih nudi novi ptujski most v pogledu **splošnih** karakteristik objekta, t. j. ekonomičnosti, statične in izvedbene ustreznosti ter v pogledu estetskih kvalitet. V naslednjem pa bi dodal še nekatera izkustva, pridobljena v pogledu posameznih podrobnosti, ki so bistvene za varno in solidno izvedbo.

S stališča varne in solidne izvedbe je predvsem treba že načelno poudariti, da je bila opravljena stalna kontrola nad uporabljenim materialom in izvršenimi deli, ki je vedno pokazala pozitivne rezultate. Tudi obtežilna preiskava je kvalitetnost izvedbe samo potrdila. Zato je umestno, da izkušnje, pridobljene pri tem objektu, v pogledu kvalitete izvedbe v kratkih obrisih povzamemo, ker morejo biti vse te izkušnje v veliko korist pri nadaljnjih podobnih objektih, pa tudi sicer za naše gradbeništvo, posebno pri gradnji prednapetih konstrukcij.

Posebna pažnja je bila posvečena kontroli **betona** in je bilo tu samo potrjeno staro izkustvo, da se z vestno sestavo mešanice zanesljivo dosega potrebna kvaliteta. Kvaliteta betona zato na tem gradbišču ni bila problem, ker je bila dotacija sestavin strojno regulirana, kar je priporočiti za vsa večja gradbišča. Pač pa smo bili navezani glede elastičnih lastnosti betona (krčenje, popuščanje, časovni potek pridobivanja na trdnosti) v veliki meri na podatke iz literature, ker za naše cimente in naše okoliščine pri gradnji še nimamo zadostnih podatkov. Tu se je pokazalo, da je za uspešen razvoj gradbeništva nujno potrebno, da se prične naše posamezne raziskovalne ustanove podrobneje pečati s temi problemi, ker se gradbišča s takimi obširnimi študijami ne morejo ukvarjati. Važna izkušnja je torej bila, da bi za bolj ekonomsko gradnjo prednapetih konstrukcij potrebovali od naših raziskoval-

nih zavodov točneje podatke o posameznih lastnostih betona, s čimer bi se moglo zmanjševati varnostno stopnjo pri rezervah, ki se potrebujejo v prednapetosti zaradi krčenja in popuščanja betona. S tem bi se moglo shčediti s količino kablov in vzporedno s tem z delom na napenjanju itd., kar bi omogočilo vidno varčevanje z materialom in delom. Da pripomoremo k temu študiju v okviru danih možnosti, so v ptujski most vgrajeni reperji, na bazi katerih bo mogoče zasledovati krčenje in popuščanje betona v tem konkretnem primeru.

Tudi kvaliteta **jeklenih žic za kable** je bila vedno kontrolirana, kar je veljalo tako za uvoženo kot za domačo žico. Dobljeni podatki so zadostovali za izračun



posameznih napenjalnih količin. Žal pa smo se glede vpliva popuščanja (relaksacije) žic morali spet opreti na podatke v literaturi in bi bilo želeli, da bi čimprej imeli vsaj o domači žici ustrezne podatke iz domačih raziskovalnih zavodov. Ker bi dobili s tem zanesljivejše podatke, je jasno, da bi mogli potem zmanjšati varnostno rezervo v kabelskih žicah, kar bi omogočilo pocenitev konstrukcij. Da pripomoremo, kolikor okoliščine dopuščajo, k tozadevnim raziskavam, so v mostu pripravljena posamezna mesta, na katerih bo možno meriti popuščanje žic. Ob tej priložnosti pa naj bo še omenjeno, da je domača žica povzročala znatno dodatno delo, ker je bila zvita v kolobarje s premajhnim polmerom in jo je bilo treba še sproti s posebnim strojem ravnati. Za nadaljnji napredek v gradnji prednapetih konstrukcij je nujno, da domača industrija kabelskih žic čimprej prične z izdelavo kabelskih žic v kolobarjih z ustreznjšim premerom, kar ni nerešljiva naloga.

Pri gradnji prednapetih konstrukcij često povzročata težave propustnost **kabelskih cevi**. Cementno mleko namreč pri neustreznih ceveh prodre v notranjost in zabetonira kabel tako, da ga ni mogoče več napeti. Na ptujskem gradbišču imamo glede tega najugodnejše izkušnje tako iz predhodnih eksperimentalnih preiskav na stavbišču kakor tudi iz gradnje same. To je važno izkustvo in je torej uporaba kabelskih cevi, kot so bile uporabljene v Ptujju, vsesplošno priporočiti. Tudi **ostali kabelski konstrukcijski deli** (napenjalne in sidrne matice, podložene plošče, kabelske sidrne glavnice itd.) so dobro ustrezali, in je način napenjanja, uporabljen v Ptujju, možno samo priporočiti za široko uporabo. Posebno pozornost smo v Ptujju posvetili tudi **kvalitetnemu injiciranju** kabelskih cevi. Injekcijsko maso smo zato predhodno preskusili v posameznih poizkusnih kabljih. Rezultati so bili zelo ugodni in se je ista masa uporabljala tudi v konstrukciji. Zaradi zelo ugodnih rezultatov iz predhodnih preiskav je to maso možno tudi na splošno priporočiti za prednapete konstrukcije.

Jasno je, da so bile pridobljene pri gradnji ptujskega mostu še najrazličnejše druge izkušnje, ki se bodo mogle koristno uporabiti pri kakih nadaljnjih konstrukcijah, kjer bo uporabljen prednapeti beton, brezodna gradnja ali pa montažni sistem. Seveda pa vsega v okviru tega članka ni mogoče obravnavati in sem navedel le glavne značilnosti. Zaključno bi le še omenil, da je bil opravljen znaten obseg del na ptujskem mostu tudi v zimskem času ter so bile pridobljene znatne izkušnje, kako graditi tako konstrukcijo v času mraza.

Iz vsega navedenega se jasno vidi, da gradnja mostu v Ptujju ne predstavlja samo posameznega uspeha v enem primeru, ampak da uspešne rešitve posameznih problemov omogočajo, da te izkušnje uporabljamo s pridom tudi v bodočih projektih ter s tem dosežemo tudi pri teh bodočih konstrukcijah take ali podobne ekonomske in estetske uspehe pri običajni varnosti in solidnosti.

In s tem v zvezi je potrebno v največji meri pozitivno oceniti odločitev investitorja, t. j. Uprave za ceste LRS, da se zgradi ptujski most v sedaj izvedeni sodobni obliki, saj bodo tu dobljene izkušnje omogočile bolj kvalitetno projektiranje in gradnjo bodočih konstrukcij, kar je vse v korist naše socialistične skupnosti.

Vendar bi bilo nepravilno, če bi zaradi obilice izkušenj, ki nam jih nudi gradnja novega ptujskega mostu, smatrali, da gre v tem primeru samo za uspešen eksperiment. Nasprotno, objekt je bil že od vsega začetka grajen dosledno po načrtu, vse majhne korekture so nebitnega značaja, tako da je treba smatrati, da gre tu sicer za pri nas doslej še ne grajen sodobni objekt, ki pa je bil predhodno vsestransko premišljen, je bil torej že v projektu docela ustrezen in realen ter je bilo torej uspeh že od vsega začetka pričakovati.

In v tem smislu moramo ugotoviti, da novi ptujski most ne predstavlja samo sam na sebi pomembne stvaritve v mednarodnem merilu, ampak dokumentira celotni strokovni nivo našega gradbeništva tako v pogledu projektiranja kot v pogledu izvedbe ter s tem dokazuje, da je tudi našemu gradbeništvu kot takemu mogoče brez nadaljnega priznati, da dosega sodobni mednarodni nivo tudi na najnaprednejših področjih, ki jih označujejo prednapeti beton, brezodna konzolna gradnja ter montažni postopek.

SUMMARY

Dr. Ing. Srdan Turk

Some thoughts on completion of new bridge at Ptuj

By its size as well as by the modern principles applied to its construction, the new bridge at Ptuj is one of the most interesting bridges in Yugoslavia and also from the international viewpoint it can be considered as an important achievement in the construction of similar works.

The bridge represents a significant success of designing and erection underlined by its aesthetic appearance and its sound high-quality workmanship, which was achieved with relatively low expenses. The experience gained with the building of the bridge can be utilized for the construction of further similar structures, which will be a further success from the economical standpoint.

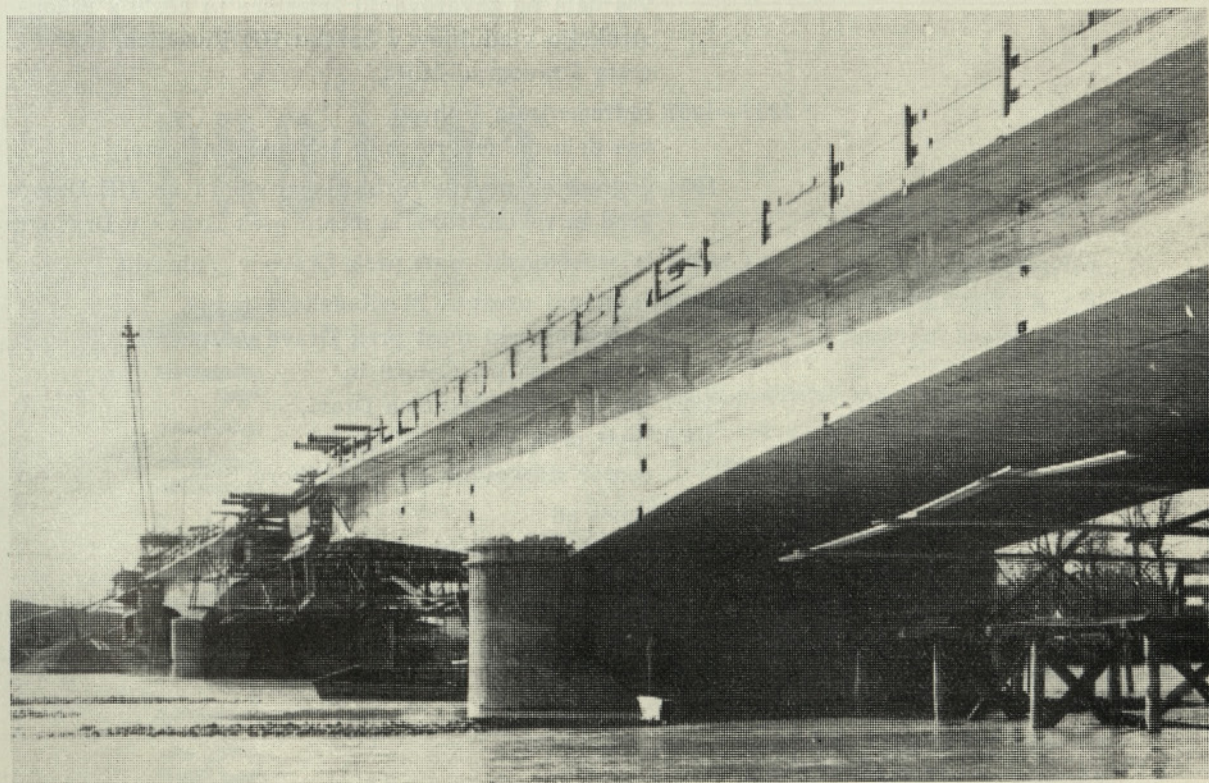
The bridge was designed and built on basis of relatively small experience in the field of prestressed structures and therefore various experiments were carried out during the construction. To improve our experience, particularly regarding the contraction and creeping of concrete, periodic measurements on the bridge are to be made and will give useful information for the future designing and construction of such works.

The new bridge represents a high-quality structure which documents the technical level of our civil engineering from the design as well as from the constructional viewpoint and it proves that our civil engineering can at any rate be acknowledged to reach the international level.

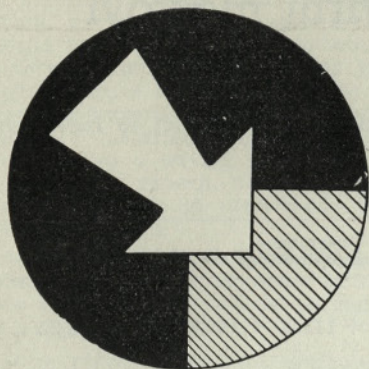
Največji prednapeti gredni in okvirni mostovi na svetu

Podatki za inozemske mostove so vzeti iz knjige: Herberg, Spannbetonbau (Teubner, Leipzig 1957, II. del), podatki za most v Ptuj pa po glavnem projektu (Tehnogradnje, Vuzenica 1957). Mostovi so razvrščeni po največjem razponu.

Zap. štev.	Ime in kraj mostu	Statični sistem	Posamezne razpetine (m)	Dolžina mostu (m)
1.	Moselbrücke, Koblenz (Nemčija)	konzolne konstrukcije	101,47 + 113,90 + 122,85	338,22
2.	Nibelungenbrücke, Worms (Nemčija)	konzolne konstrukcije	101,65 + 114,20 + 104,20	320,05
3.	Böckingerbrücke, Heilbronn (Nemčija)	kontinuirni nosilec	19,00 + 96,00 + 19,00	134,00
4.	Dischingerbrücke, Berlin (Nemčija)	okvirni nosilec	94,00	94,00
5.	Gänstorbrücke, Ulm (Nemčija)	okvirni nosilec	82,40	82,40
6.	Dravski most, Ptuj (Jugoslavija)	konzolne konstrukcije	14,5 + 54,5 + 79,0 + 54,5 + 14,5	217,00
7.	Pont de Ville neuve (Francija)	konzolna konstrukcija	41,00 + 78,20 + 41,00	160,20
8.	Pont d'Esblly sur la Marne (Francija)	okvirna konstrukcija	78,00	78,00
9.	Lechbrücke, Augsburg (Nemčija)	okvirna konstrukcija	73,60	73,60
10.	Rohrdammbrücke, Berlin	okvirna konstrukcija	72,80	72,80



PRED MONTAŽO NOSILCEV



Podjetje za inženirsko
tehnične gradnje

Tehnogradnje

izvršuje in projektira gradbena dela vseh vrst

Uspehi delovnega kolektiva podjetja:

1945—1947 hidrocentrala Mariborski otok,

1948—1953 hidrocentrala Vuzenica,

vsa dela na zavarovanju železnice in ceste z rekonstrukcijo viaduktov v bazenu HE Vuzenica, cesta Dravograd-Muta,

1953—1957 hidrocentrala Vuhred,

vsa dela na zavarovanju železnice in ceste,

1954 dograditev prvega turbinskega stebra na HE Dravograd in rekonstrukcija mostu prek Drave v Dravogradu

1956 železobetonski most prek Drave v Vuhredu

1957 razstavni prostori Mariborskega tedna, železobetonski most prek Drave v Vuzenici, avtna cesta pri Čatežu in

1957 gradnja HE Ožbalt na Dravi,

1958 most prek Drave v Ptuju, center strokovnih šol v Mariboru.

Vmes od

1953—1957 stanovanjski bloki v Mariboru.

Delovni kolektiv podjetja je prejel v letih 1947, 1949 in 1951 zvezno prehodno zastavo kot najboljši kolektiv gradbene stroke v Jugoslaviji.

SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE

SGP Slovenija ceste

LJUBLJANA, Titova c. 44

tel. 30-817, p. p. 240

Prevzema in izvršuje

večja gradbena dela na objektih visoke in nizke gradnje.

Specializirano podjetje za gradnjo cest z različnimi sistemi vozišč, predorov ter za asfaltna dela.

Lastna mehanizacija z obrati za popravilo in izdelavo gradbenih strojev, lastni projektivni biro.

Dobava kamenih agregatov iz lastnih kamnolomov.

Solidnost in kvaliteta garancijsko zajamčeni.

Priporoča se in čestita

ob 40-letnici ZKJ delovnim ljudem, investitorjem in poslovnim prijateljem.

PROJEKT

SLOVENIJA

PODJETJE ZA PROJEKTIRANJE
LJUBLJANA — CANKARJEVA 1/V
TELEFON 21-569, 20-847

Izdeluje vse vrste projektov industrijskih zgradb in objektov predelovalne industrije, nudi pomoč pri sestavi investicijskih programov, projektira večje stanovanjske in upravne zgradbe, manjše stanovanjske bloke in celotna naselja, urbanistične zazidalne načrte, turistične objekte, šole, bolnišnice, kulturne domove, telesno-vzgojne objekte, gospodarsko kmetijske objekte, skladišča, notranjo opremo, ceste, kanalizacijska in vodovodna omrežja, električne instalacije, centralno kurjavo, statiko, kalkulacije, predračune, pomoč investitorjem pri obračunih zaključnih del itd.

Zavod za raziskavo materiala

in konstrukcij LRS

Ljubljana, Dimičeva ul. 12

IZVRŠUJE

V LASTNIH LABORATORIJIH IN NA TERENU
VSE PREISKAVE S PODROČJA GEOMEHANIKE, ELASTO-
MEHANIKE, KEMIJE MATERIALOV, KERAMIKE,
TOPLOVODNOSTI, PREISKAVE GRADBENIH STROJEV,
MODELNE PREISKAVE, PREISKAVE STATIČNE
IN NIHALNE TRDNOSTI MATERIALOV IN KONSTRUKCIJ
IN IZDELUJE EKONOMSKE EKSPERTIZE.

