

DOBROSLAV ČABRILO¹

OBNOVA LUČKEGA MOSTU ČEZ NERETVO V MOSTARJU

REZIME

V tem prispevku so podani osnovni podatki mostu s poudarkom na izvedbi konstrukcije loka s tehnologijo izvajanja z montažnimi ločnimi nosilci, kjer se z naknadnim betoniranjem mokrih stikov ter prostora med nosilci doseže konstrukcija monolitnega, obojestransko vpetega loka. Z uporabo dveh montažnih stebrov v obliki stolpa in montažne jeklene palične konstrukcije je zagotovljena popolna varnost izvajanja del s stališča nevarne in pogoste spremembe pretoka oz. povečanja nivoja reke Neretve. Uporaba štirih montažnih ločnih nosilcev, ki so dimenzionirani za prevzem lastne teže loka, je omogočila uporabo drsnega opaža za fazno betoniranje polnega prečnega prereza.

Most z razpetino 72,0 m in puščico 7,8 m ter karakterističnimi detajli konzolnih delov hodnika, ograje in voziščem konstrukcije nad lokom, je ohranil arhitektonsko obliko in statično zasnovo, ki sta pogojeni s projektno nalogo.

Restoration of bridge over Neretva river in Mostar

Summary

The present paper presents basic information on the bridge emphasizing the execution of the arch by introducing a technology using prefabricated arched girders. By subsequent casting of joints as well as of voids between the girders, a monolithic arch structure fixed on both sides is achieved. By two prefabricated piers in a form of a tower, as well as of prefabricated steel truss structure, perfect safety against hazardous and frequent change of the flow respectively of the water level of the Neretva River is ensured. Four prefabricated arched girders designed to take the arch dead weight have allowed the use of sliding formwork for casting of the solid cross-section in stages.

The bridge with a span of 72.0 m, an arch camber of 7.8 m, and characteristic details of cantilevered footway, as well as of railing and carriageway structure above the arch has preserved an architectural shape and static scheme as specified by the terms of reference.

1. ZGODOVINA MOSTU

Lučki most čez Neretvo v Mostarju je cestni most v centru mesta, ki se nahaja v neposredni bližini znanega kamnitega starega mostu. Most je zgrajen 1913. leta, investitor je bila Avstro-ogrška kraljevina, projektant in izvajalec pa je bil ing. E. A. F. Huber. Glavni ločni nosilec je armiranobetonski polni lok razpetine $l = 72,0$ m, prečni prerez loka $8,2 \times 1,1$ m, v temenu oz. $9,5 \times 1,6$ m pri temelju. Zgornja nadločna konstrukcija je sestavljena iz 6 vzdolžnih nosilcev, ki so podprti s stebroma ter armiranobetonske voziščne konstrukcije. Višina puščice loka je 7,8 m. Prečni prerez mostu se sestoji iz voziščnega dela širine $2 \times 3,6$ m in hodnikov za pešce $2 \times 2,45$ m.

Po arhitektonskem oblikovanju, dimenzijah glavne ločne konstrukcije ter širini prečnega prereza vozišča je most za takratni čas uvrščen med večje objekte v Evropi. Na samem začetku vojne, je bil 22.5.1992 porušen kot prvi od šestih cestnih in dveh železniških mostov, ki so bili vsi porušeni leta 1992.

¹ Dobroslav Čabrilo, univ. dipl. inž. gr., GRADIS Biro za projektiranje Maribor



Slika 1: V vojni porušeni most

2. OSNOVNI PODATKI O NOVEM MOSTU

Pri izdelavi projekta za obnovo porušenega mostu so se morali spoštovati pogoji, ki so zagotavljali popolnoma enak most glede oblike in statičnega sistema glavne ločne konstrukcije, konstrukcije med lokom, voziščne konstrukcije ter arhitektonskega videza in oblike konzol z varnostnimi ograjami.

Glavna ločna konstrukcija je vpeti ločni nosilec polnega prečnega prereza s statično razpetino $l = 71,80$ m in višino puščice 7,8 m. Os loka sledi kvadratni paraboli $y=4*f/L^2+(L*X - X^2)$, širina loka pa se spreminja po enačbi $b_x = b_s*[1+(k-1)*X'/L']$.

Konstrukcija loka je sestavljena iz dveh konstrukcijskih elementov in sicer:

- armiranobetonskih nosilcev širine 50 cm, spremenljive višine, ki se betonirajo v obratu
- armiranega polnilnega betona med nosilci, ki se betonira na mestu samem.

Za izvajanje konstrukcije loka je uporabljena tehnologija, pri kateri betonirani in vgrajeni nosilci loka prevzemajo in prenašajo lastno težo loka in premočnega opaža na začasne podpore in temelje loka.

3. ZAČASNE PODPORE

Uporabljena tehnologija izvajanja del na glavnem lociranem nosilcu je zahteva izvedbe dveh začasnih podpor v soteski reke Neretve. Na levi obali reke je uporabljen obstoječi temelj iz leta 1912 z dodatnimi ojačitvami. Na desni obali je izgrajen novi temelj, ki se sestoji iz dveh a..b. vodnjakov dim. 3,0 x 4,0 m in toge armiranobetonske plošče debeline 1,0 m, ki je povezovala ločene vodnjake. Vodnjaki so spuščeni na globino 5,0 m.



Slika 2: Izdelava temeljev začasnih stebrov

Na betonski plošči temeljev so vgrajene jeklene plošče z vijaki, na katere so pritrjeni začasni armiranobetonski montažni stebri dim. 40 x 40 cm, dolžine 2 x 8,0 m. Vmesnečasne podpore so narejene v obliki stolpa iz 8 montažnih stebrov, ki so med seboj povezani z jeklenimi »L« profili. Krajnečasne podpore na desnem bregu so narejene iz montažnega odra, na levem bregu pa je oblika temelja loka prilagojena tako, da istočasno opravi vlogo podpiranja nosilcev loka.

4. KONSTRUKCIJA LOKA

Dela pri gradnji glavne konstrukcije loka so razporejena v tri glavne faze:

- izdelava temeljev loka,
- izdelava transport in montaža nosilcev loka in betoniranje loka med nosilci in
- izdelava nadločne konstrukcije

4.1 Izdelava temeljev loka

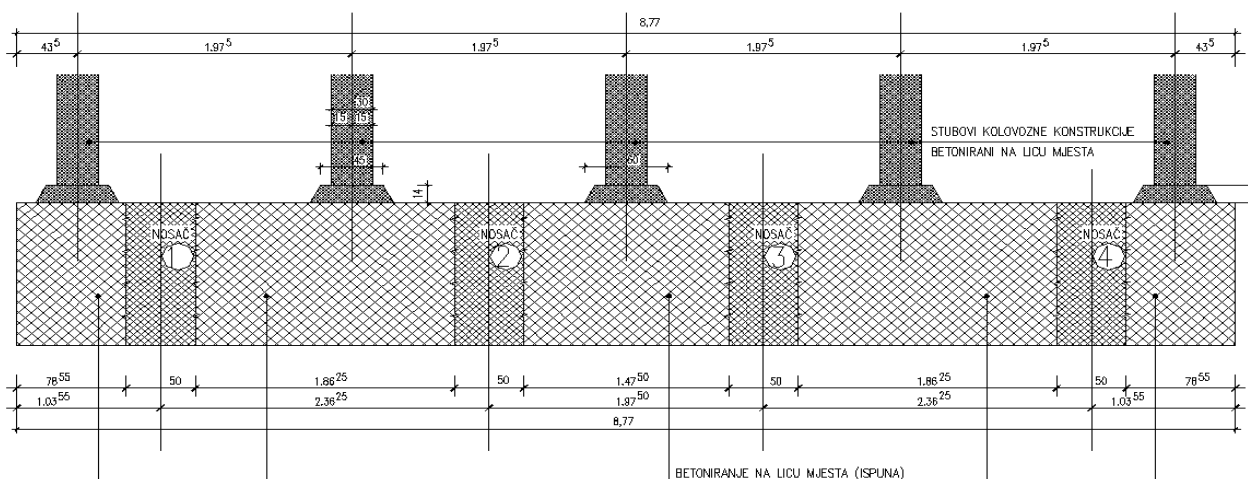
Zaradi nevarnosti rušenja zgornjih delov opornikov in kril je izdelava temeljev potekala v dveh fazah. V prvi fazi je odstranjen beton obstoječega temelja v srednjem delu na širini 3 x 1,5 m, vgrajena priključna armatura in geotehnična sidra ter izvedeno betoniranje. V drugi fazi so izvedena dela na preostalem delu širine, po istem vrstnem redu iz prve faze.



Slika 3: Izdelava temelja loka na desnem oporniku

4.2 Izdelava, transport in montaža nosilcev

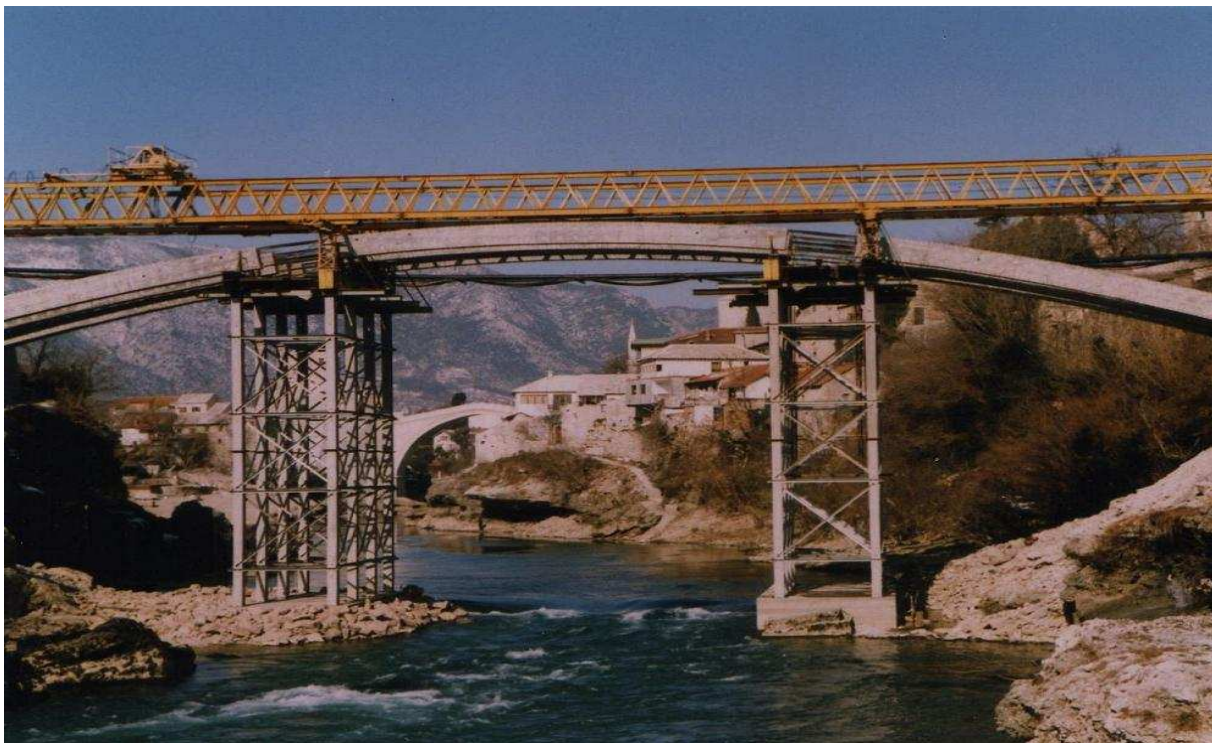
V prvi fazi izdelave loka se betonirajo nosilci v obratu izvajalca oddaljen od gradbišča cca 30 km. V prečnem prerezu so izvedeni štiri nosilci, v vzdolžni smeri pa je vsak nosilec sestavljen iz treh delov.



Slika 4: Prečni prerez loka

Širina nosilcev je konstantna 50 cm, višina se spreminja od 1,13 m v temenu do 1,59 m pri temelju. Dolžine posameznih nosilcev (2 krajna in 1 srednji) so določene tako, da omogočajo izvedbo mokrega stika med nosilci ter nosilcev s temelji, s čemer se celotna konstrukcija monolitizira v eno celovito enoto. Odmik krajnih delov nosilcev od temelja je 1,5 m, razmak med nosilci 3,0 m. Velikost odmikov omogoča predpisane dolžine preklapov posameznih palic armature. Dolžina betonskega dela krajnih nosilcev je 22,40, srednjega dela pa 19,70 m. Nosilci se

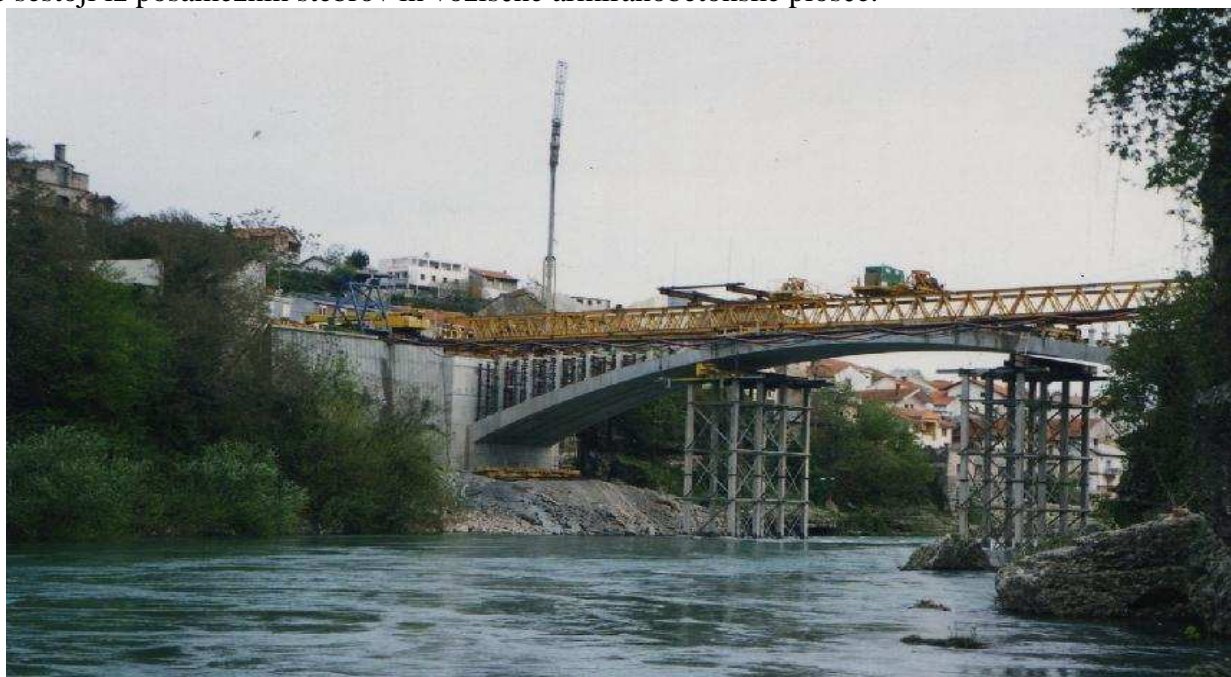
transportirajo do gradbišča ter s pomočjo jeklene palične konstrukcije postavijo na določena mesta. Po izvedeni montaži se v prvi fazi betonirajo mokri stiki med nosilci ter med nosilci in temelji ter prazen prostor med nosilci v odsekih dolžine 4,0 – 5,0 m.



Slika 5: Montirani nosilci z razmakom za mokri stik

4.3 Izdelava nadločne konstrukcije

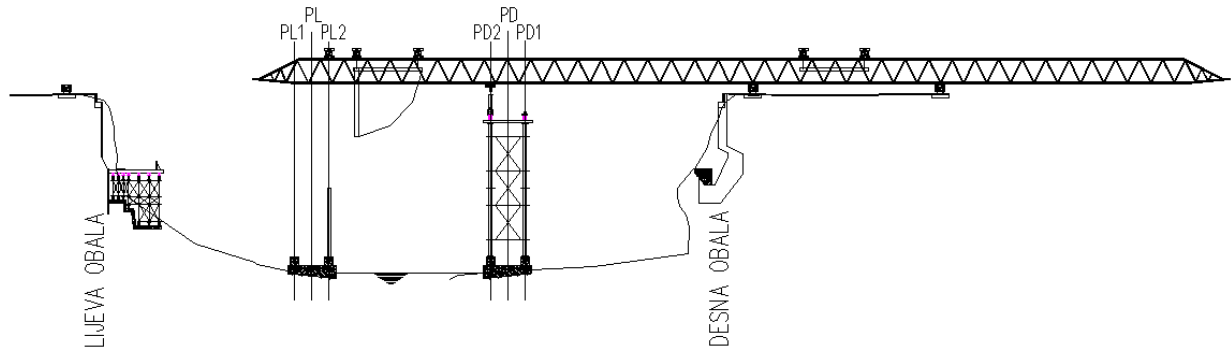
S končanjem posamezne faze konstrukcije loka se je pristopilo k izdelavi nadločne konstrukcije, ki se sestoji iz posameznih stebrov in voziščne armiranobetonske plošče.



Slika 6: Izdelava nadločne konstrukcije

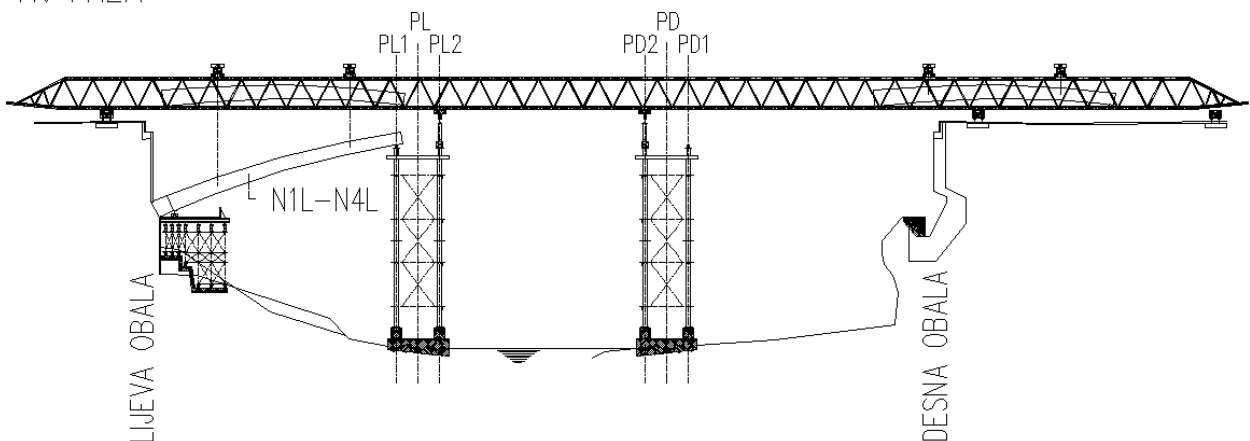
Montaža betonskih stebrov začasne podpore se izvede s pomočjo konzolnega premika konstrukcije do osi PD1 oz. PD2 v dolžini cca 30,0 m.

III. FAZA



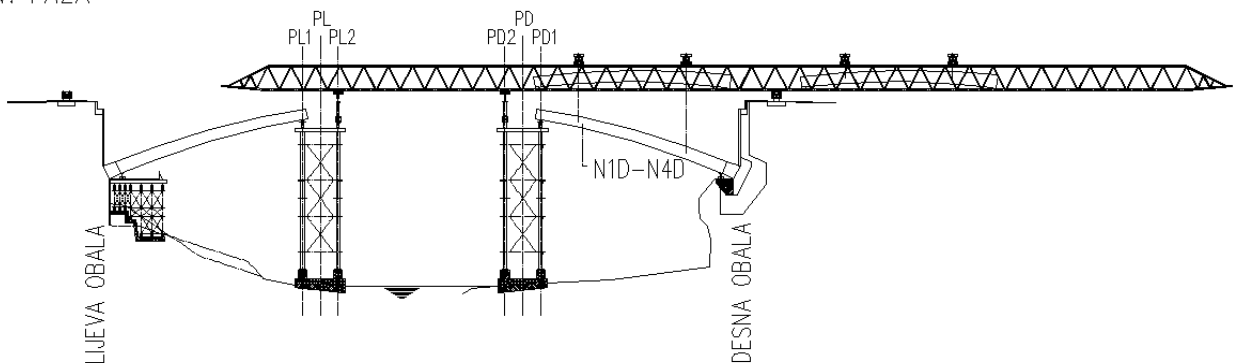
- transport in montaža betonskih stebrov začasne podpore v osi PL. Montaža se izvaja s pomočjo konzolnega premika konstrukcije od podpore v osi PD2 do podpor v oseh PL2 oz. PL1.
- montaža in povezovanje posameznih stebrov z jeklenimi L profili
- montaža konstrukcije za podpiranje nosilcev loka ter konstrukcije za podpiranje montažne jeklene konstrukcije
- izdelava pomožnih podpor za podpiranje nosilcev loka pri levem in desnem oporniku

IV. FAZA



- transport, montaža in zavarovanje nosilcev na levem delu loka

V. FAZA



- transport, montaža in zavarovanje nosilcev na desnem delu loka

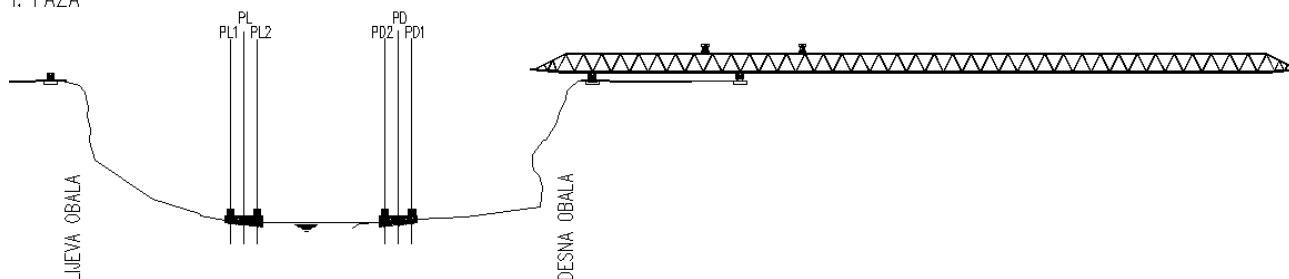
5. STATIČNI RAČUN

Pri statičnem računu glavne konstrukcije loka so uporabljeni različni programi. Za izračun notranjih statičnih količin v nosilcih loka in dobetoniranem monolitnem delu do polnega sovprežnega prečnega prereza, je uporabljen program RM7. Dimenzioniranje prečnih prerezov je opravljeno po programu DIMEN, izračun armature pa po programu FAGUS-3. Statična analiza izvedena po programu RM7, je narejena na prostorskem linijskem modelu konstrukcije mostu. Program omogoča analizo konstrukcije po posameznih fazah. Statični račun začasnih podpor je narejen z uporabo programa FRAP-4H po metodi končnih elementov.

6. TEHNOLOGIJA IZVAJANJA DEL KONSTRUKCIJE LOKA

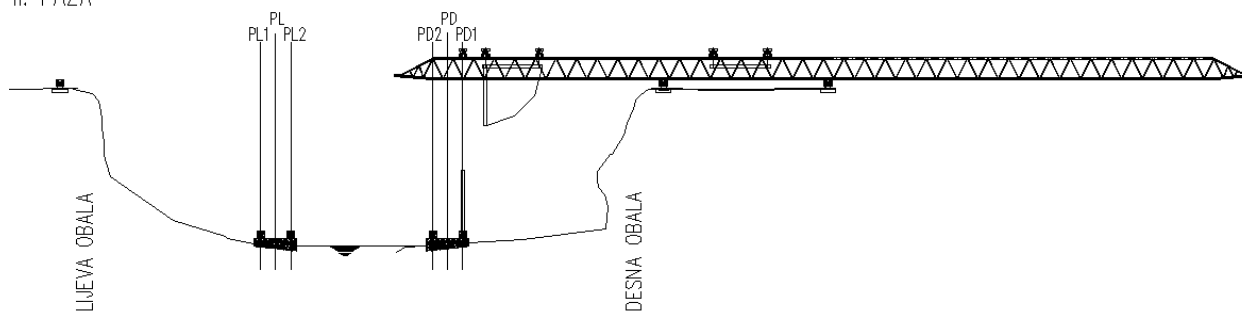
Zelo kratek rok je zahteval istočasno izvajanje pripravljalnih del na gradbišču ter izdelavo posameznih elementov konstrukcije loka in začasnih podpor v obratu. Vsa delu so razporejena v naslednje faze:

I. FAZA



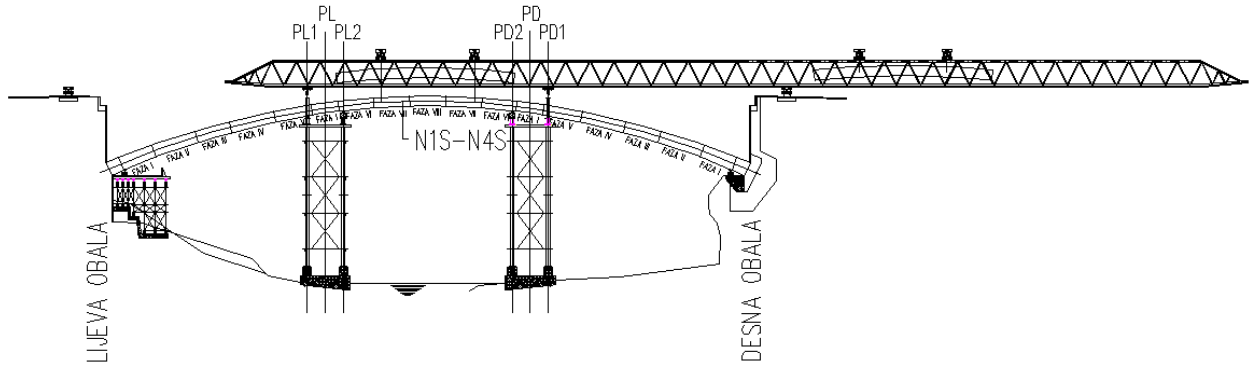
- izdelava temeljev začasnih podpor ter temeljev loka na levi in desni obali reke
- transport in montaža palične jeklene konstrukcije nosilnosti 100 ton, dolžine cca 100 m

II. FAZA



- transport in montaža betonske začasne podpore v osi PD
- montaža in povezava posameznih stebrov z jeklenimi L profili
- montaža konstrukcije za podpiranje nosilcev loka
- montaža konstrukcije v osi PD2 za podpiranje montažne jeklene konstrukcije

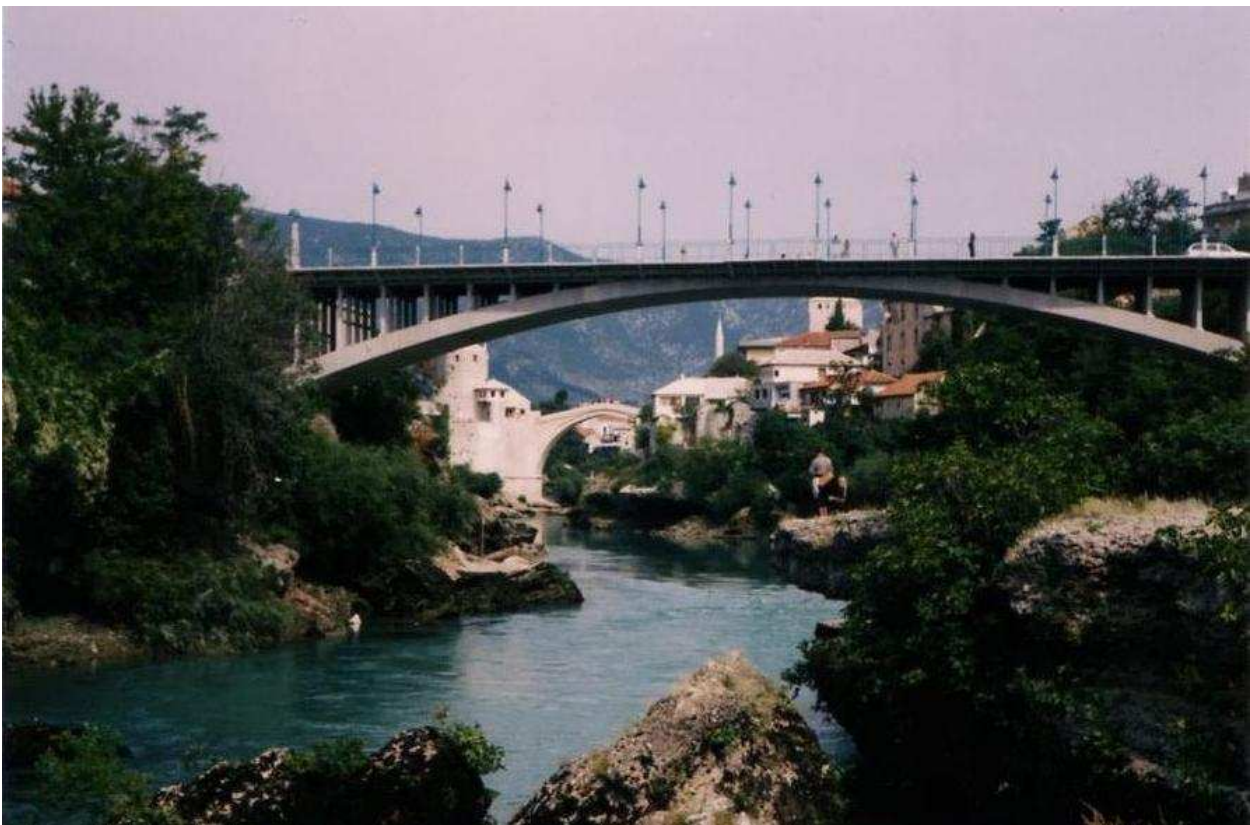
VI. FAZA



- prestavitev podpiranja jeklene konstrukcije iz PL2 v PL1 ter PD2 v PD1
- transport, montaža in zavarovanje nosilcev v srednjem delu loka
- betoniranje mokrih stikov med nosilci nad podporami PL in PD ter pri levem in desnem oporniku – temelju
- betoniranje posameznih faz polnega prečnega prereza po vrstnem redu iz projekta

7. ZAKLJUČNA DELA

Po končanju del na izdelavi glavne konstrukcije loka ter konstrukcije nad lokom so izvedena zaključna dela, ki se sestoje iz: montaže varnostne ograje z betonskimi stebri, izvedba hidroizolacije, asfaltnih dilatacij, komunalnih vodov, izlivnikov ter zaščitne in obrabne plasti asfaltbetona.



Slika 7: Izgled končanega mostu