



OBNOVA LUČKOGA MOSTA PREKO NERETVE U MOSTARU

Dobroslav Čabrilo, dipl. ing. građ.
GRADIS Biro za projektiranje Maribor

Sažetak: U prilogu su navedeni osnovni podaci o mostu s posebnim osvrtom na izradu konstrukcije luka po tehnologiji upotrebe montažnih lučnih nosača koji su naknadnim betoniranjem mokrih spojeva, odnosno prostora između njih, obrazovali monolitni uklješteni luk. Uz uporabu dva montažna stuba u obliku tornja i montažne čelične rešetkaste konstrukcije osigurana je potpuna sigurnost izvođenja radova, posebno u slučajevima iznenadne i česte promjene protoka i porasta nivoa rijeke Neretve. Upotreba četiri montažna lučna nosača, koji su dimenzionirani za preuzimanje vlastite težine luka, omogućili su primjenu klizne oplata za fazno betoniranje punog poprečnog presjeka.

Most raspona 72,0 m sa strijelom 7,8 m i karakterističnim detaljima konzolnih dijelova hodnika, ograde i nadlučne konstrukcije, sačuvao je arhitektonski oblik i statički sustav koji je uvjetovan projektnim zadatkom.

Ključne riječi: most, montažni lučni nosači, čelične rešetke, rijeka Neretva.

RECONSTRUCTION OF THE ARCH BRIDGE OVER NERETVA IN MOSTAR

Abstract: 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.

Key words: bridge, carrier, steel, the Neretva River.

Rad objavljen:

- "MEĐUNARODNI KONGRES KONSTRUKTERA SLOVENIJE", BLEĐ 2005 GODINE, SLOVENIJA

- "GRAĐEVINSKI VESNIK", April 2006 godine u izdanju Udruženja Inženjera i Tehničara Slovenije



1. POVIJEST MOSTA

Lučki most preko rijeke Neretve nalazi se u starom dijelu grada u neposrednoj blizini poznatog kamenog mosta. Most je izgrađen 1913. godine, investitor je bila Austro-Ugarska Monarhija, projektant i izvođač bio je ing. E.A.F. Huber. Glavni nosač je armiranobetonski luk punog poprečnog presjeka raspona $L=72,0$ m, poprečni presjek luka u tjemenu $8,2 \times 1,1$ m, odnosno $9,5 \times 1,6$ m na spoju sa temeljem. Gornja nadlučna konstrukcija sastoji se od šest produžnih nosača koji su poduprti sa stupovima i armiranobetonske kolovozne ploče. Visina strijele luka je 7,8 m. Karakteristični poprečni presjek mosta sastoji se od kolovoznog dijela širine $2 \times 3,6$ m i hodnika za pješake širine $2 \times 2,45$ m.

Po arhitektonskom izgledu, dimenzijama glavne lučne konstrukcije te širini kolovoza most se, za tadašnje prilike, nalazio u samom vrhu izgrađenih mostova u Europi. Most je na samom početku rata, 22.06.1992. godine potpuno srušen kao prvi od šest drumskih i dva željeznička mosta koji su također porušeni iste godine (slika 1).



Slika 1. U ratu porušen most

2. OSNOVNI PODATCI NOVOG OBNOVLJENOG MOSTA

Prilikom izrade projektne dokumentacije za obnovu porušenog mosta morali su se poštovati uvjeti koji su garantirali isti most u pogledu oblika i statičkog sustava glavne lučne konstrukcije, konstrukcije iznad luka, kolovozne konstrukcije te arhitektonskog izgleda i oblika konzola sa sigurnosnim ogradama.

Glavnu lučnu konstrukciju predstavlja ukliješten lučni nosač punog poprečnog presjeka statičkog raspona $L = 71,80$ m i visinom strijele 7,8 m. Položaj ose luka određen je po jednadžbi za kvadratnu parabolu $y = 4*f/L^2 + (L*X - X^2)$, dok se širina luka mijenja po jednadžbi $b_x = b_s * [1 + (k-1)*X'/L'_1]$.



Konstrukcija luka sastavljena je od sljedeća dva konstruktivna elementa: armiranobetonskih nosača širine 50 cm, promjenljive visine koji se izrađuju u betonskoj bazi izvođača i armiranobetonske ispune između nosača koja se betonira na licu mjesta.

Za izvođenje konstrukcije luka upotrijebljena je tehnologija kod koje izgrađeni i odloženi nosači luka preuzimaju i prenose vlastitu težinu luka i montažne klizne oplate na privremene oslonce i temelj luka.

3. PRIVREMENI OSLONCI

Primijenjena tehnologija izvođenja radova na glavnom lučnom nosaču zahtijevala je izradu dva privremena oslonca-stuba u koritu rijeke Neretve. Na lijevoj obali upotrijebljen je postojeći temelj iz 1912. godine uz dodatnu rekonstrukciju i ojačanje. Na desnoj obali izgrađen je novi temelj koji se sastojao iz dva armiranobetonska otvorena bunara dim. 3,0x4,0 m i krute armiranobetonske ploče debljine 1,0 m koja je povezala odvojene bunare. Bunari su spuštteni na dubinu od 5,0 m (slika 2).



Slika 2. Izrada temelja privremenih stupova

Na krutoj armiranobetonskoj ploči ugrađene su čelične ploče sa zavrtnjima na koje su priključeni armiranobetonski montažni stupovi dim 40 x 40 cm, dužine 2 x 8,0 m. Privremeni oslonci su izvedeni u obliku tornja koji se sastojao od 8 montažnih betonskih stupova međusobno povezanih čeličnim »L« profilima.



Krajnji privremeni oslonac na desnoj obali izgrađen je od montažne skele, na lijevoj obali iskorišten je temelj luka s dobetoniranom konzolom na koju su se odlagali montažni nosači luka.

4. KONSTRUKCIJA LUKA

Radovi na izgradnji glavne konstrukcije luka sastoje se od tri glavne faze:

- izrada temelja luka,
- izrada, transport i montaža nosača luka te betoniranje mokrih spojeva i prostora između nosača,
- izrada nadlučne konstrukcije.

4.1. Konstrukcija luka

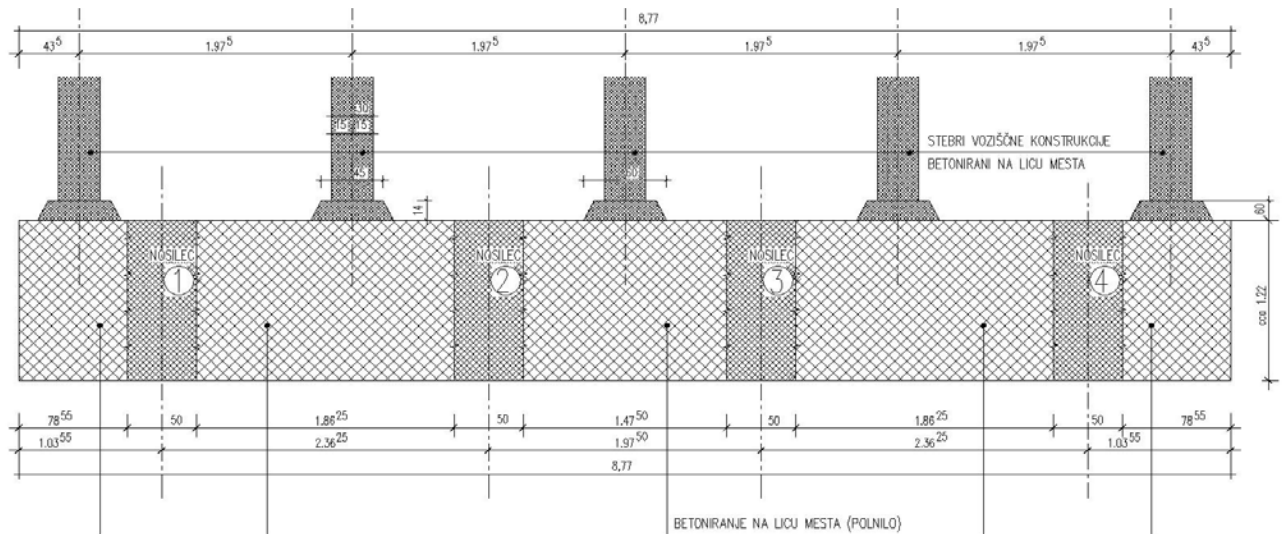
Zbog opasnosti od rušenja gornjih dijelova upornjaka, izrada temelja obavljena je u dvije faze. U prvoj je odstranjen beton postojećeg temelja u srednjem dijelu širine 3 x 1,5 m, ugrađena armatura temelja i priključna armatura luka, izvedeno bušenje i ugrađivanje geotehničkih sidara te izvedeno betoniranje. U drugoj fazi izvedeni su radovi na preostalom dijelu širine po postupku i redoslijedu iz prve faze (slika 3).



Slika 3. Izrada temelja luka na lijevom upornjaku

4.2. Izrada, transport i montaža nosača

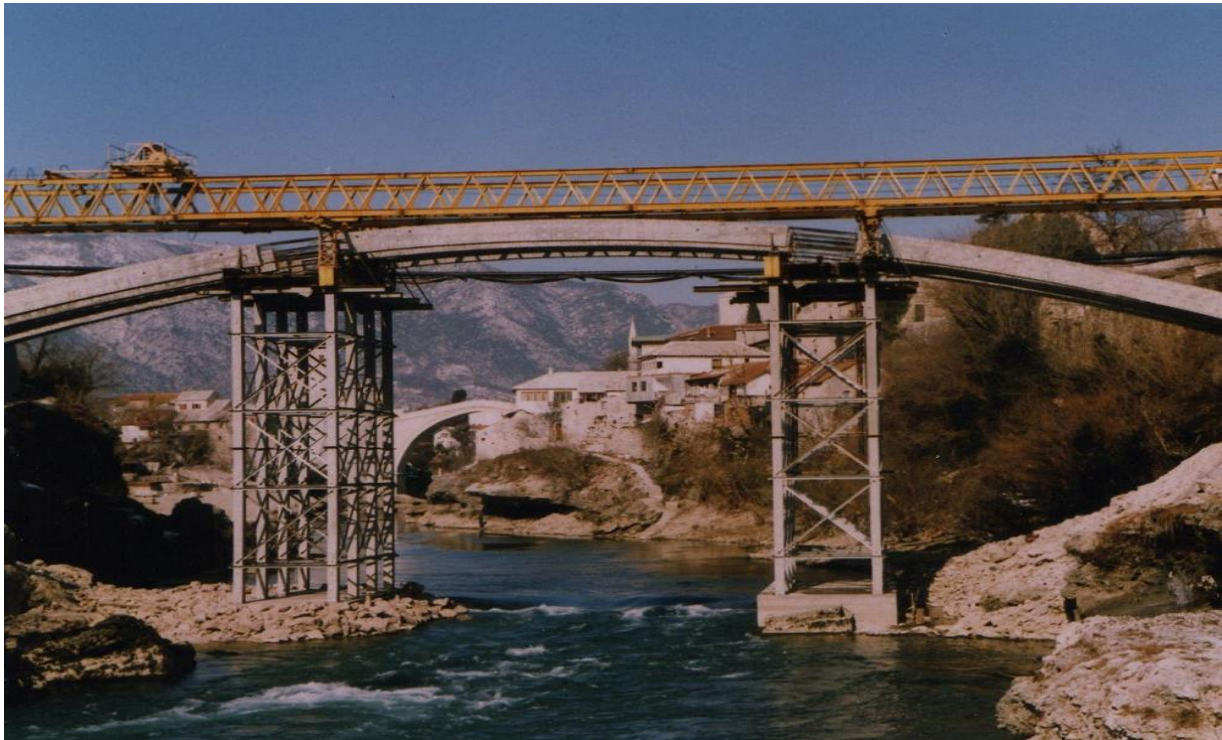
U prvoj fazi izrade luka betoniraju se nosači u betonskoj bazi izvođača radova koja je udaljena od gradilišta ca. 30 km. U poprečnom presjeku izvedena su četiri nosača, dok je po dužini svaki nosač sastavljen od tri dijela (slika 4).



Slika 4. Poprečni presjek luka

Širina nosača je usvojena 50 cm, dok se visina mijenja od 1,13 m u tjemenu do 1,59 m pri temelju. Dužine pojedinih dijelova nosača (2 krajnja i 1 srednji) određene su tako da omogućavaju izradu mokrog spoja između pojedinih dijelova nosača te nosača i temelja sa čime se ukupna konstrukcija monolitizira u jednu cjelinu.

Razmak između krajnjih dijelova nosača i temelja je 1,5 m, dok je razmak između dijelova nosača 3,0 m. Veličina razmaka osigurava propisane dužine preklapanja – nastavljanja armature. Dužina krajnjih dijelova nosača je 22,40 m, a srednjeg dijela 19,70 m. Dijelovi nosača se transportiraju do gradilišta i odlažu na predviđeno mjesto pomoću čelične rešetkaste konstrukcije. Nakon izvedene montaže u prvoj fazi se izvede betoniranje mokrih spojeva između nosača te nosača i temelja, nakon čega se betonira prazan prostor između nosača u fazama dužine 4,0 i 5,0 m (slika 5).



Slika 5. Montirani nosači s razmakom za mokri spoj

4.3. Izrada nadlučne konstrukcije

Po završetku pojedinih faza konstrukcije luka pristupilo se izradi nadlučne konstrukcije koja se sastoji od pojedinačnih stupova u poprečnom smjeru međusobno povezanih s armiranobetonskim gredama, produžnih nosača te armiranobetonske ploče u koju su sidrani montažni konzolni dijelovi hodnika (slika 6).

5. STATIČKI PRORAČUN

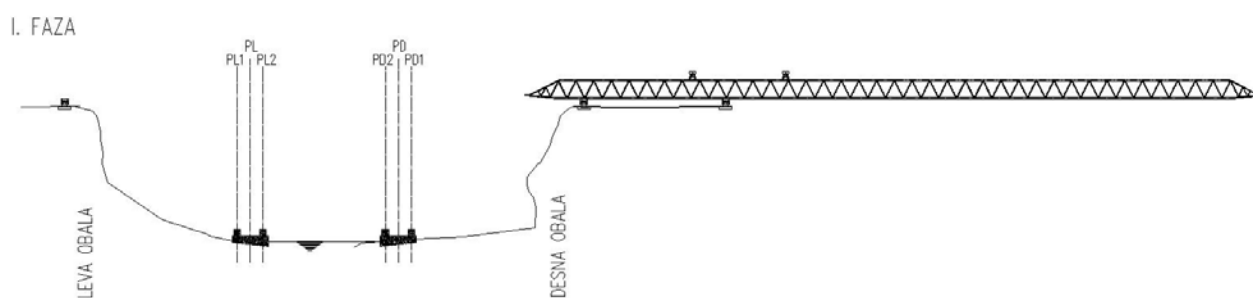
Za proračun statičke stabilnosti glavne konstrukcije luka upotrijebljeni su različiti programi. Za izračun unutrašnjih statičkih koločina u nosačima luka i dobetoniranom monolitnom dijelu do punog spregnutog poprečnog presjeka upotrijebljen je program RM7. Dimenzioniranje poprečnih presjeka izvedeno je po programu DIMEN, izračun armature po programu FAGUS-3. Statička analiza izvedena po programu RM7 napravljena je na prostornom linijskom modelu konstrukcije mosta. Program omogućava analizu konstrukcije po pojedinim fazama. Statički proračun privremenih oslonaca izveden je po programu FRAP-4H po metodi konačnih elemenata.



Slika 6. Izrada nadlučne konstrukcije

6. TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA RADOVA KONSTRUKCIJE LUKA

Kratak rok izgradnje zahtijevao je istovremeno izvođenje pripremnih radova na gradilištu te izradu pojedinih elemenata konstrukcije luka i privremenih oslonaca. Predviđeni radovi raspoređeni su na sljedeće faze:

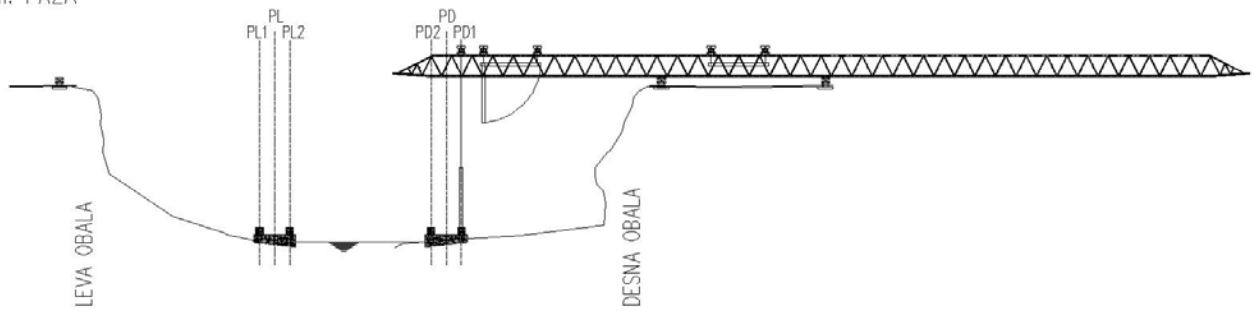


Slika 7. I. faza

Izrada temelja privremenih oslonaca te temelja luka na lijevoj i desnoj obali rijeke, transport i montaža čelične rešetkaste konstrukcije nosivosti 100 tona, dužine cca 100 m,



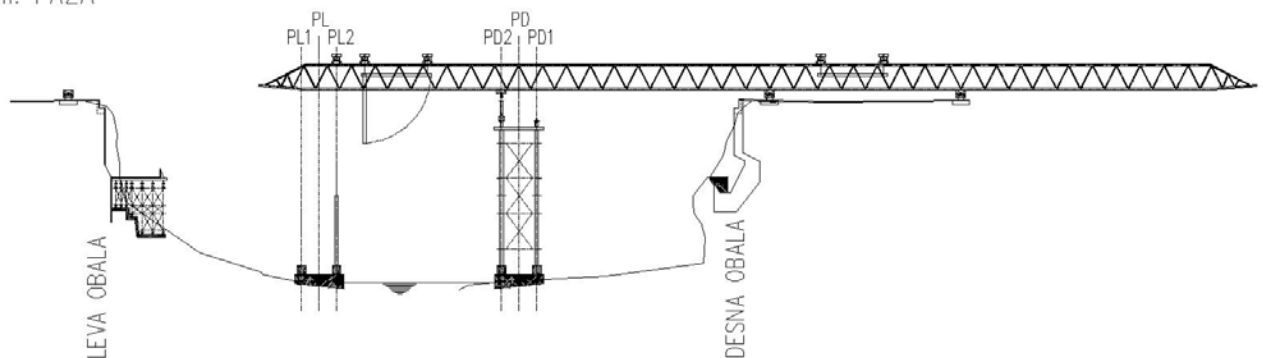
II. FAZA



Slika 8. II. Faza

transport i montaža betonskog privremenog oslonca u osi PD. Montaža betonskih stupova izvodi se sa konzolnim pomjeranjem konstrukcije do ose PD1 odnosno PD2 u dužini ca. 30 m, montaža i spajanje pojedinih stupova čeličnim »L« profilima, čime se obrazuje oslonac u vidu tornja, montaža konstrukcije na koju se odlažu montažni nosači luka, montaža konstrukcije u osi PD2 za podupiranje montažne čelične rešetkaste konstrukcije,

III. FAZA

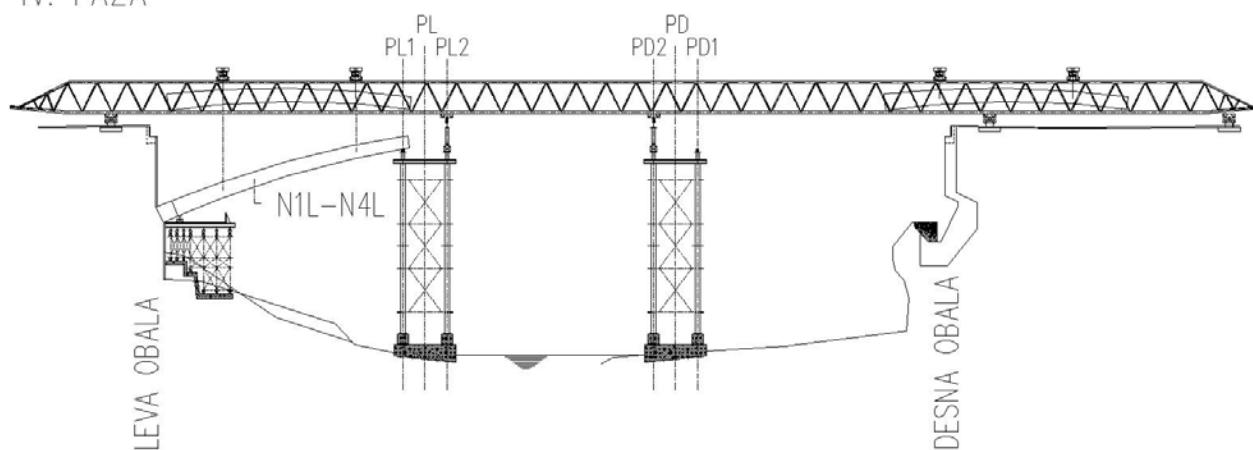


Slika 9. III. faza

transport i montaža betonskog privremenog oslonca u osi PL. Montaža betonskih stupova izvodi se sa konzolnim pomjeranjem konstrukcije od oslonca u osi PD2 do oslonca u osi PL2 odnosno PL1, montaža i povezivanje pojedinih stupova s čeličnim »L« profilima, čime se obrazuje oslonac u vidu tornja, montaža konstrukcije na koju se odlažu montažni nosači luka, montaža konstrukcije u osi PL2 za podupiranje montažne čelične rešetkaste konstrukcije, izrada privremenih oslonaca za podupiranje nosača luka na lijevom i desnom upornjaku,



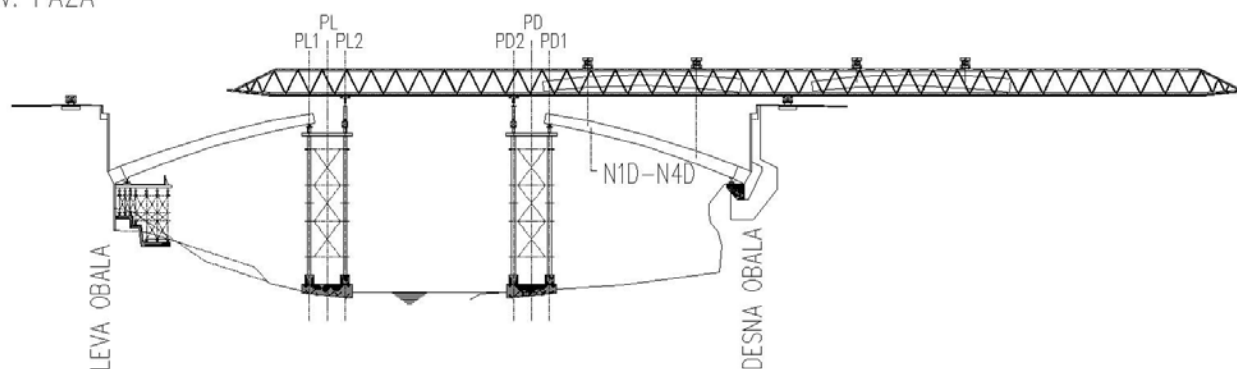
IV. FAZA



Slika 10. IV. faza

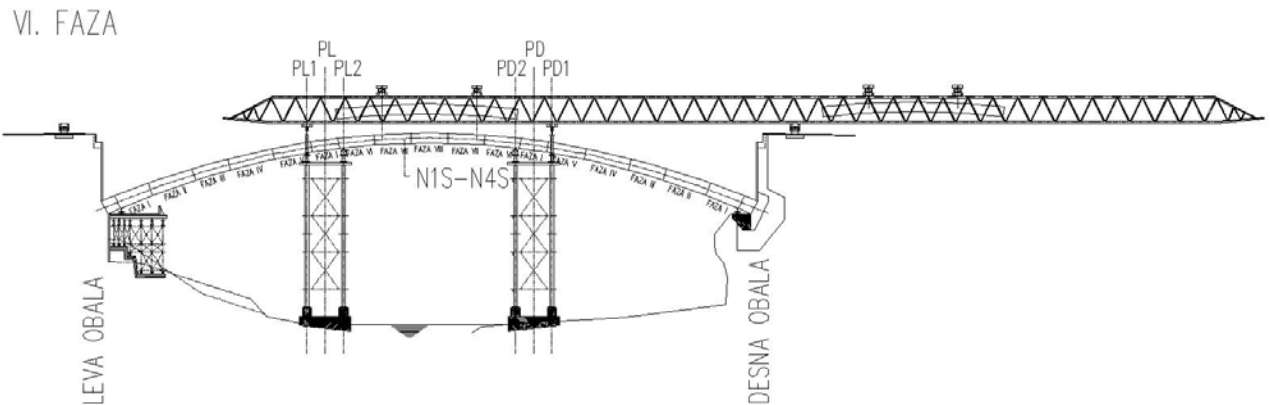
transport, montaža i osiguranje nosača na lijevom dijelu luka,

V. FAZA



Slika 11. V. faza

transport, montaža i osiguranje nosača na desnom dijelu luka,



Slika 12. VI. faza

prijenos čelične potporne konstrukcije iz položaja PL2 u PL1 te PD2 u PD1 radi osiguranja dovoljnog prostora za odlaganje nosača srednjeg dijela luka, transport, montaža i osiguranje nosača srednjeg dijela luka, betoniranje mokrih spojeva između nosača iznad oslonaca PL i PD te na lijevom i desnom upornjaku-temelju, betoniranje pojedinih faza punog poprečnog presjeka po fazama iz projekta.

7. ZAVRŠNI RADOVI

Po završetku radova na izradi glavne konstrukcije luka te nadlučne konstrukcije stvorili su se uvjeti za izvođenje završnih radova koji se sastoje od:

- izrada hidroizolacije kolovozne ploče,
- ugrađivanje granitnih ivičnjaka,
- ugrađivanje komunalnih instalacija (ptt, vodovod, električna i dr.),
- ugrađivanje slivnika sa sustavom kontroliranog odvodnjavanja oborinske vode s kolovoza,
- ugrađivanje zaštitne ograde,
- ugrađivanje zaštitnog i habajućeg asfaltnog sloja na kolovozu,
- izrada i ugrađivanje horizontalne i vertikalne signalizacije,
- probno opterećenje nosivosti mosta sa izradom elaborata o rezultatima ispitivanja,

Po izvedenim završnim radovima, obavljen je tehnički pregled, izvedene popravke po primjedbama komisije i objekt predan u promet (slika 13).



Slika 13. Izgled mosta po završetku radova