

## PRILOG IZVOĐENJU MONTAŽNIH BETONSKIH GREDNIH MOSTOVA

Kovač Lj.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geotehnika - inženjering d.o.o., Zagreb, Hrvatska

### Sažetak:

U radu se prikazuje način izvedbe montažnih betonskih grednih mostova kao jednog od najčešćih i najisplativijih rješenja na hrvatskim autocestama, posebno na jadranskom dijelu. Raščlanjeni su bitni dijelovi mosta, a posebno se naglašava nosiva konstrukcija, tj donji ustroj mosta. Spomenuti su uvjeti na kojima se temelji budući izvedeni most, tako da prijenos sile u temeljno tlo kasnije bude zadovoljavajući.

**Ključne riječi:** donji ustroj, glavni nosač, montaža, most, skela

### Abstract:

The paper shows the performance of prefabricated concrete bridges as one of the most common and profitable solutions on Croatian highways, especially in the Adriatic area. The essential parts of the bridge are dismembered and emphasis is given to the portable structure, ie, below structure of the bridge. The highlight is given on the conditions that made bridge must satisfy, especially the conditions in which it is based, so that the transfer of force in the fundamental ground later will be satisfying.

**Key words:** below structure, main girder, montage, bridge, scaffolding

## 1. UVOD

Montažni betonski gredni mostovi danas su postali najčešće izvedivo rješenje za premošćivanje zapreka većih raspona, osobito na pojedinim trasama autocesta. Prednosti ovakvih mostova su višestruke:

- veća granična nosivost i sigurnost rasponskog sklopa (rezerve u statički neodređenom sustavu)
- veća trajnost (zbog osjetljivosti tankih kontinuitetnih ploča na raspucavanje)
- manji pregibi (trenutni i dugotrajni)
- veća krutost (sigurnost) rasponskog sklopa na savijanja u ravnini
- ravnomjerniji prijenos horizontalnih sila s rasponske konstrukcije na donji ustroj - veću globalnu sigurnost građevine
- manji broj (većih) ležajeva
- manji broj (glomaznijih) poprečnih nosača
- obično manji broj ukupnih dilatacijskih prekida (naprava) u građevini
- povoljniji vizualni izgled građevine

Jedan od osnovnih faktora pri projektiranju, a koji utječe na konačnu stabilnost, sigurnost i izgled mosta, jest raspon i nizanje otvora. Na to najviše utječu:

- zahtijevana veličina i raspored slobodnih profila
- uvjeti temeljenja
- raspoloživa visina za smještaj konstrukcije
- planirani način građenja
- bolja prihvatljivost i raspoloživost određenoga građiva
- uvjeti okoline i ambijenta
- estetski zahtjevi
- potreba i mogućnosti održavanja
- gospodarski optimum

## 2. OSNOVNI STATIČKI ELEMENTI MOSTA

Donjem ustroju pripadaju dijelovi mosta ispod ležišta glavne rasponske konstrukcije, tj. temeljnu konstrukciju čine stupovi, naglavna greda (naglavnica) i upornjaci. Osnovni zadaci donjeg ustroja su: sile koje djeluju na konstrukciju treba prenijeti u tlo, omogućiti predviđene pomake i deformacije strukture te ostvariti jednostavan i neprimjetan prijelaz prometnice s mosta na tlo.

Oblik i dimenzije ovih elemenata najviše ovise o:

- strukturi, dimenzijama (poprečno i uzdužno) i tipu rasponske konstrukcije
- načinu njena oslanjanja na dotični dio donjeg ustroja
- gradivu od kojeg su sagrađeni
- osobinama tla i o načinu temeljenja
- visini nivelete nad terenom, osobito s obzirom na visinu dijelova donjeg ustroja
- broju glavnih nosača, odnosno o tipu poprečnog presjeka strukture
- postojanju i osobinama vodotoka u odnosu na horizontalna i vertikalna opterećenja
- planiranom načinu građenja

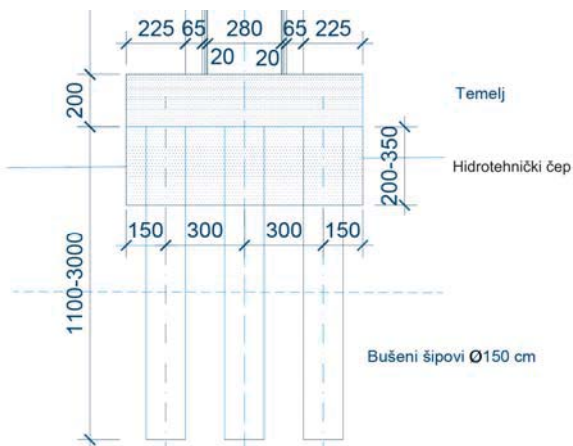


Slika 1. Montaža stupova i upornjaka

## 2.1. Temelji

Ovakvi tipovi mostova grade se na masivnim temeljima, pravokutnog ili kvadratičnog tlocrtnog oblika. Debljine temelja najčešće su 1,5 ili 2 m. Na primjeru mosta Dabar temelj dimenzija je  $12 \times 9 \times 2$  m i  $8 \times 6 \times 1,5$  m. Ovisno o vrsti temeljnog tla, o geomehanici, a nadalje o prepreci koja se premošćuje, potrebno je temeljenje na pilotima. Bušeni piloti mogu biti izvedeni do dubine 30 m (most preko Jablaničkog jezera). U takvim primjerima vrlo su važna prethodna geotehnička istraživanja i proračuni jer o tome ovise duljina i nosivost pilota. Dodatna otežavajuća okolnost je ako se most izvodi preko vodene prepreke. U tom slučaju za betoniranje temelja i stupova mosta predvide se zaštitne temeljne jame sa zagatnom konstrukcijom od čeličnih elemenata potrebne visine (do nekoliko desetaka metara).

Dodatni problem predstavljaju sile uzgona koje se preuzimaju betoniranjem čepova i njihovim povezivanjem s vrhom pilota te se tako omogućuje crpenje vode iz građevinske jame. Kada je dubina vode u jezeru velika i varira od 10 do 20 metara i kada je dubina nosivog tla za temeljenje 5-25 m, izvodljivo je temeljenje mosta na bušenim pilotima s plovne platforme. Naglavna ploča – temelj stupa iznad pilota vrlo je krut tako da ravnomjerno opterećuje pilote i omogućuje pravilno sidrenje armature za stupove.



Slika 2. Shema pilota ispod temelja stupova

## 2.1. Stupovi

Stupovi su visoki elementi koji se ponavljaju više desetaka ili stotina puta. Poprečni presjek može biti puni ili šuplji, što najviše ovisi o dimenzijama projektiranog mosta i o opterećenju koje će trebati prenositi na temeljno tlo. Šuplji stupovi se češće koriste kod visokih mostova jer se dobiva veća krutost za istu ugrađenu količinu materijala.

Dalje će biti riječi o montažnim betonskim grednim mostovima izvedenim posljednjih godina na hrvatskim autocestama, posebno na jadranskom području. Najčešće su se koristili stupovi sandučastoga poprečnog presjeka, vanjskih izmjera oko 5 m (poprečno na most)  $\times$  cca 3 m (u smjeru mosta), sa stijenkama debljine 30 cm po čitavoj visini. Visina stupova kreće se otprilike 10 m do približno 70 m (ovisi o terenu).



Slika 3. Izgradnja stupova za most Dabar na Jadranskoj autocesti

Temelji su masivni, različitih tlocrtnih izmjera. Visina temelja iznosi oko  $2 \times 1,5 = 3,0$  m. Stupovi se izvode u penjajućoj oplati (NOE) u kampadama određene visine (4, 5 m). Na vrhu stupova uzdužno su pomični lončasti ležaji, dok su stupovi većinom kruto spojeni s rasponskom konstrukcijom s kojom čine okvirni nosivi sustav. Na vrhu stupa izvodi se masivna naglavnica, armirana samo čelikom. Često se u takvim situacijama odabire široka naglavnica radi privremenog oslanjanja uzdužnih nosača u fazi montaže. Otvor stupa u vrhu zatvara se omnia pločom debljine oko 15 cm koja se spreže s monolitnim dijelom naglavnice. Na vrhu naglavnice stupova izvode se "radne" klupice za ispravno oslanjanje rasponskih nosača u montaži.

## 2.2. Upornjaci

To su rubni dijelovi mosta na kojima se ostvaruje prometni prijelaz ili predaja sila s mosta na nasip ili na sraslo tlo. Kod grednih mostova rasponska konstrukcija na njih predaje vertikalne i horizontalne sile, dok na njih istodobno djeluje i pritisak nasipa.

Tip upornjaka najviše ovisi o:

- tipu rasponske konstrukcije – gredni, svodeni, viseći, ovješeni..
- konfiguraciji terena
- visini nivelete nad tlom
- dimenzijama mosta
- veličini i vrsti sile koju preuzimaju
- vrsti tla i nasipu iza njih

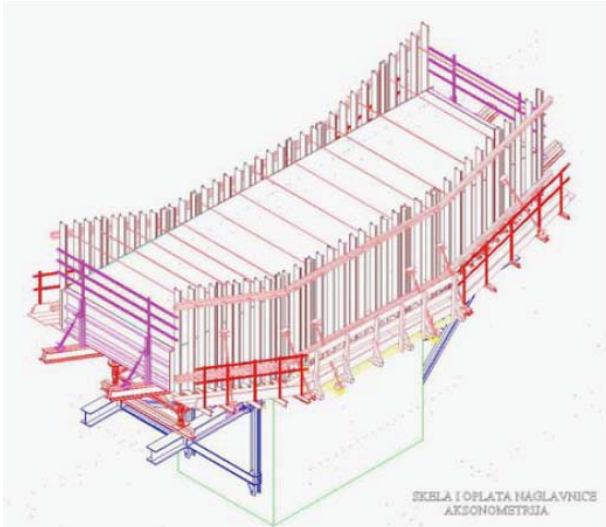
Tipovi upornjaka:

- masivni: upornjaci s masivnim punim zidom i i masivnim punim krilima s obje strane
- minimalni: imaju najmanje moguće dimenzije zida i krila koje su situacijom dopuštene
- olakšani (šuplji).

U našim primjerima upornjaci su puni s kruto vezanim paralelnim krilima. Visina stupa i krila upornjaka prilagode se nagibima terena na tome mjestu kako bi se izbjegli preveliki iskopi tla. Na vrhu naglavnice upornjaka nalaze se klupice za oslanjanje ležaja. Tlocrtno dimenzije klupica i njihov visinski položaj usklade se s izmjerama specijalnih lončastih ležaja.

### 2.3. Naglavnica

Pri projektiranju skele i oplata naglavnice montaža i demontaža svedeni su na najmanju mjeru. Stezanjem vijaka, skela i oplata automatski zauzimaju projektom predviđeni položaj i mjere te se stvoreni sustav može lako prilagoditi drugim oblicima naglavnica.



Slika 4. Skela i oplata naglavnice

Sastavni elementi skele i oplata naglavnice:

- bočna oplata naglavnice iznad stupa koju čini nekoliko ploča
- bočna oplata konzolnog dijela naglavnice koju čini nekoliko ploča
- kosa podnica konzolnog dijela naglavnice s čeonom oplatom
- horizontalna podnica
- trokutasta konzolna skela



Slika 5. Izvedena skela i oplata naglavnice

Za uspješnu i brzu montažu potrebno je prije svega paziti da izvođenje završnih dijelova stupova (određene kampadne visine) bude prema projektu. Nakon montaže armature, a prije betoniranja, stegnu se svi vijci pomoću momentnog ključa. Brzinu betoniranja potrebno je uskladiti s mogućnostima i dimenzijama oplata. Betoniranje se obavlja u slojevima. Idući se sloj ne počinje betonirati dok prethodni nije dovršen na cijeloj

površini. Svaki se sloj betonira od sredine naglavnice s istodobnim i jednakomjernim napredovanjem do oba kraja naglavnice. Radi planiranja građenja, grubo se može pretpostaviti da je demontaža oplata moguća nakon potignuća 50% projektirane čvrstoće betona. Svi čelični dijelovi mosta moraju se zaštititi antikorozivnim sredstvom.

### 2.4. Nosači

Najbolje i najisplativije je da se nosači izrađuju na licu mjesta, tj. na samom gradilištu. To pojeftinjuje i olakšava posao jer nema nikakvog zahtjevnog transporta koji poskupljuje, otežava i usporava gradnju. Mjesto za proizvodnju (poligon) treba odrediti tamo gdje je potrošnja najveća. Za izradu elemenata predviđaju se standardni kalupi za višekratnu upotrebu. Građevinske (toranjske) dizalice obavljaju montažu lako i vrlo ekonomično, najčešće zbog toga jer ih građevinska operativa već posjeduje i ima stručni kadar za rukovanje.



Slika 6. Izbetonirani nosač u kalupu

Na posebnom platou montiraju se koševi armature s nategama i sidrima pričvršćenim na čeonu oplatu. Ovako montirani koševi toranjskim dizalicama se umeću u kalup. Kalup je čelični (slika 6.) s hidrauličnim otvaranjem i zatvaranjem odgovarajućim oplatnim vibratorima i sa sustavom raspodjele pare duž cijelog kalupa.

## 3. MONTAŽA GLAVNIH NOSAČA

Vrlo je važno da montaža nosača teče kako je planirano, određenim redom i da se pritom pridržava određenih uvjeta. Svrha toga je očuvanje stabilnosti navlačne skele, mosta u izgradnji te očuvanje konstrukcije pragova u svim fazama rada s navlačnom skelom.

Pri montaži nosača u bilo koje polje mosta u izgradnji prvo se montira srednji nosač, nakon toga dva rubna nosača i na kraju dva nosača polja lijevog kolnika (primjer mosta Dabar). Nosač je moguće montirati auto dizalicom ili navlačnom skelom. Pri radu s navlačnom skelom potrebno je pridržavati se ograničenja u radu s obzirom na brzinu vjetra.



Slika 7. Montiranje glavnog nosača auto dizalicom

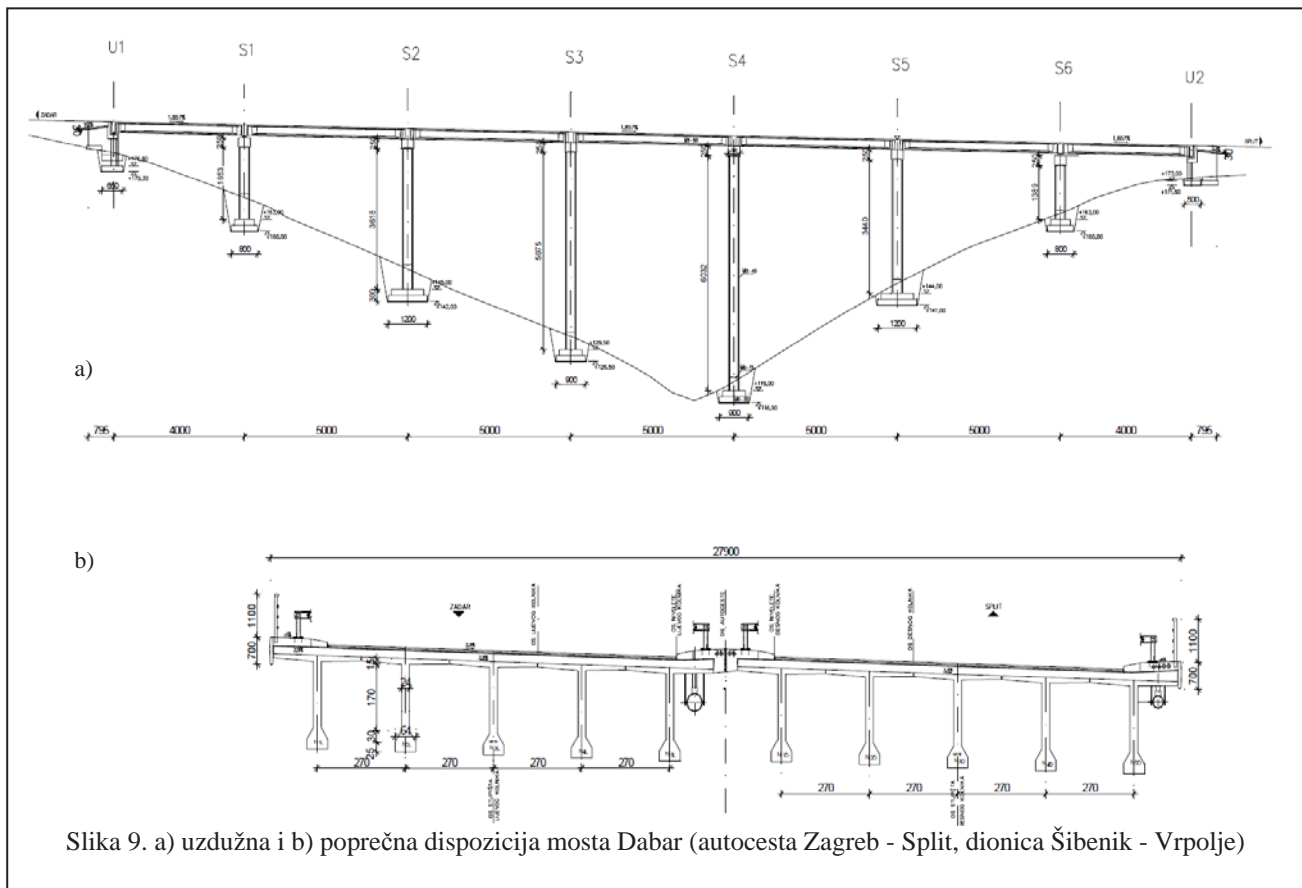
Rad je dopušten pri brzini vjetra do 40 km/h. U slučaju veće brzine vjetra, prekida se rad s navlačnom skelom, a stabilnost skele se osigurava. (npr. sidrima). Kretanje skele u smjeru osi mosta izvodi se na način da je uvijek jedan od elemenata (skela ili nosač) blokiran, dok se drugi kreće po kolicima.

Pošto su svi montirani nosači uključeni u određeni poprečni nosač, pristupa se izvedbi tog nosača. Kako se



Slika 8. Montiranje glavnog nosača navlačnom skelom

Na ovdje opisan način izvedena je većina mostova na jadranskom dijelu autoceste Zagreb - Split. Osim mosta Dabar (dionica Šibenik - Vrpolje) može se još navesti most Kličarica (dionica Benkovac - Pirovac), most Radovići (dionica Dugopolje - Šestanovac) i drugi.



Slika 9. a) uzdužna i b) poprečna dispozicija mosta Dabar (autocesta Zagreb - Split, dionica Šibenik - Vrpolje)

#### 4. LITERATURA

- [1]Snježana Tešović, Josip Forko, Ljubo Kovač: Gradnja mosta Dabar, GRAĐEVINAR 59 (2007) 1, 13-19  
 [2]Snježana Tešović, Božana Ojvan: Proizvodnja i ugradnja glavnih nosača na objektima cestovnih prometnica, GRAĐEVINAR 56 (2004) 2, 87-90

#### Kontakt:

Ljubo Kovač, dipl.ing.  
 Geotecnika - inženjering d.o.o.  
 Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb