

Gradnja mosta Dabar

Snježana Tešović, Josip Forko, Ljubo Kovač

Ključne riječi

most,
Jadranska autocesta,
potok Dabar,
projekt mosta,
prednapeti nosač,
gradnja mosta

Key words

bridge,
Adriatic Motorway,
Dabar Creek,
bridge design,
prestressed girder,
bridge construction

Mots clés

pont,
Autoroute d'Adriatique,
ruisseau de Dabar,
étude du pont,
poutre précontrainte,
construction du pont

Ключевые слова

мост, Адриатическая
автострада,
поток Дабар,
проект моста,
предварительно
напряжённая балка,
строительство моста

Schlüsselworte

Brücke,
Adria-Autobahn,
Bach Dabar,
Brückenentwurf,
Vorspannträger,
Brückenbau

S. Tešović, J. Forko, Lj. Kovač

Stručni rad

Gradnja mosta Dabar

Most Dabar nalazi se na dionici Šibenik-Vrpolje Jadranske autoceste Zagreb-Split. Opisana je gradnja mosta koji premošćuje bujični potok Dabar. Dani su osnovni podaci o projektu mosta i opisana je nosiva konstrukcija. Detaljnije je prikazana tehnologija građenja po pojedinim dijelovima mosta od temelja i stupova do kolnika i njegovog završnog sloja. Istaknuta je činjenica da je to drugi most u Hrvatskoj (prvi je most Kličevica) čiji su uzdužni prednapeti nosači duljine 50,00 m.

S. Tešović, J. Forko, Lj. Kovač

Professional paper

Dabar Bridge Construction

The Dabar Bridge is situated at the Šibenik - Vrpolje section of the Adriatic Motorway from Zagreb to Split. The construction of the bridge over the torrential creek of Dabar is described. The construction technology by individual bridge sections, from foundations and piers, to the deck slab and the final top layer, is presented in more detail. It is emphasized that this is the second bridge in Croatia (first is the Kličevica Bridge) with longitudinal prestressed girders of 50.00 m in length.

S. Tešović, J. Forko, Lj. Kovač

Ouvrage professionnel

Construction du pont de Dabar

Le pont de Dabar se trouve sur la section Šibenik - Vrpolje de l'Autoroute Adriatique Zagreb - Split. La construction du pont franchissant le ruisseau torrentiel de Dabar est décrite. Les données de base sur les études du pont sont présentées, et la construction portante est décrite. La technologie de construction est présentée en détail par sections individuelles du pont, en partant des fondations et des piliers, jusqu'à la chaussée et sa couche finale. Les auteurs soulignent que c'est le deuxième pont en Croatie (le pont de Kličevica est le premier) avec les poutres précontraintes de 50,00 m de longueur.

С. Тешович, Й. Форко, Л. Ковач

Отраслевая работа

Строительство моста Дабар

Мост Дабар находится на участке Шибеник-Врполье Адриатической автострады Загреб-Сплит. В работе описано строительство моста, проходящего через ливневой поток Дабар. В статье описаны основные данные о проекте моста и описана несущая конструкция. Детальнее показана технология строительства по отдельным частям моста от основания и колонн до проезжей части дороги и его завершительного слоя. Подчёркнут факт, что это второй мост в Хорватии (первый мост Кличевца), чьи продольные предварительно напряжённые балки имеют длину 50,00 м.

S. Tešović, J. Forko, Lj. Kovač

Fachbericht

Bau der Brücke Dabar

Die Brücke Dabar befindet sich an der Teilstrecke Šibenik-Vrpolje der Adria-Autobahn Zagreb-Split. Beschrieben ist der Bau der Brücke über den Wildbach Dabar. Es sind die Grundangaben über den Entwurf der Brücke präsentiert und die tragende Konstruktion beschrieben. Mehr detailliert ist die Bautechnologie dargestellt, und zwar nach den einzelnen Brückenteilen, von den Fundamenten und Stützen bis zur Fahrbahn und deren Abschlusschicht. Hervorgehoben ist die Tatsache dass das die zweite Brücke in Kroatien ist (die erste ist die Brücke Kličevica) deren vorgespannte Längsträger eine Länge von 50,00 m aufweisen.

Autori: Mr. sc. **Snježana Tešović**, dipl. ing. građ.; **Josip Forko**, ing. građ.; **Ljubo Kovač**, dipl. ing. geot.,
Hidroelektra niskogradnja d.d., Zagreb, Zeleni trg 6a

1 Uvod

Most Dabar nalazi se na Jadranskoj autocesti (dionica Šibenik-Vrpolje), a premošćuje bujični potok Dabar.

Početak je građevine (vanjski rub krila prema Zadru) na ST 88 + 993,92, a završetak (vanjski rub krila prema Splitu) na ST 89 + 348,04. Ukupna je duljina mosta 354,12 m. Rasponska konstrukcija ima 7 raspona, s osnim razmakom stupova $40,0 + 5 \times 50,0 + 40,0 = 330,0$ m i čini jednu dilatacijsku cjelinu.

Os mosta tlocrtno je u kružnoj krivini polumjera $R = 2400$ m. Poprečni je nagib kolnika konstantan na čitavoj duljini mosta i iznosi 2,9 %. Niveleta mosta je u konstantnom uzdužnom nagibu od 1,857 %.

U poprečnoj dispoziciji most ima dva odvojena (dilatirana) kolnika – lijevi i desni. Svaki kolnik ima dva vozna traka širine po 3,75 m i jedan zaustavni trak širine 2,50 m. Sa širinama zaštitnih trakova od 50 i 20 cm, širina svakog kolnika ceste na mostu jest 10,70 m. Zajedno sa širinama uzdignutog hodnika na vanjskim rubovima od 1,75 m te hodnika razdjelnog pojasa od 1,50 m, ukupna je širina svakog kolnika 13,95 m, a čitavog mosta 27,90 m.

Most ima zatvoreni sustav odvodnje i to svaki kolnik posebno. Voda s kolnika odvodi se slivnicima u odvodne cijevi. Preko mosta se prevode također elektroinstalacije i TK instalacije.

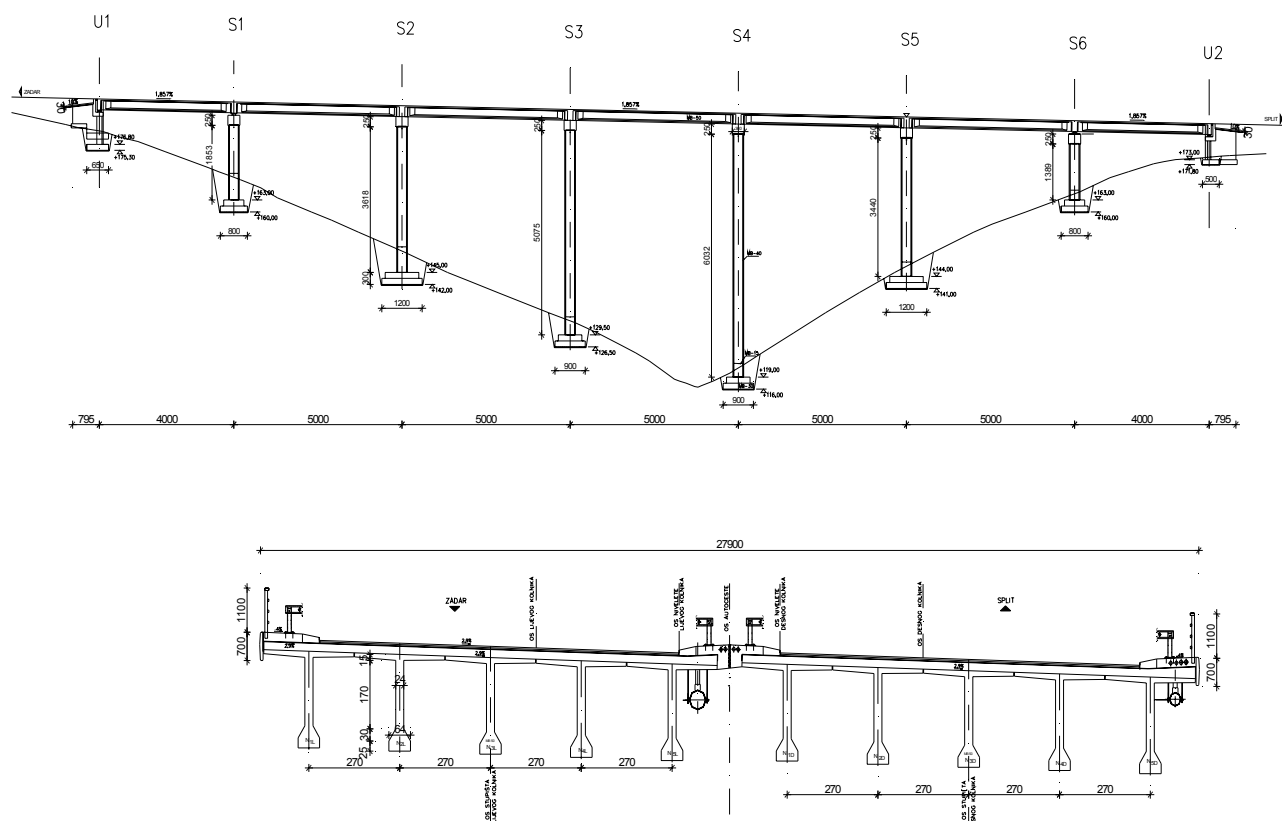
Prema geotehničkom je elaboratu most temeljen na kvalitetnom temeljnom tlu. Dopustivo centrično naprezanje tla za osnovna opterećenja jest $q_{dop} = 0,6$ MPa.

2 Nosiva konstrukcija

2.1 Rasponski sklop

Rasponski se sklop sastoji od uzdužnih rasponskih nosača, poprečnih nosača iznad oslonaca i kolničke ploče. Na oba upornjaka (U1 i U2) i rubne stupove S1 i S6 rasponski se sklop oslanja preko uzdužno pomičnih lončastih ležajeva. Stupovi S2, S3, S4 i S5 kruto su spojeni s rasponskim sklopom.

Uzdužni nosači izvedeni su kao predgotovljeni prednapeti nosači. Usvojeno je 5 glavnih nosača u poprečnoj dispoziciji svakog kolnika na osnom razmaku od 2,7 m. Zbog tlocrtnosti su zakrivljenosti mosta nosači promjenljive duljine. Za opterećenje vlastitom težinom i težinom kolničke ploče, nosači su slobodno položene grede. Nakon toga se betonira nastavak nosača nad ležajem, pa su za ostala opterećenja i djelovanja uzdužni nosači sustava kontinuirane grede odnosno okvirni sustav. Sprezanje nosača s kolničkom pločom i njihova kontinuiteta na ležaju osigurava se običnom armaturom. Sva armatura za preuzimanje negativnih momenata na ležaju smještena je u monolitnom dijelu kolničke ploče.



Slika 1. Uzdužna i poprečna dispozicija mosta

Duljina predgotovljenih nosača krajnjih polja varira od 38,6 do 39,0 m, a duljina nosača srednjih polja od 48,24 m do 48,66 m. Visina predgotovljenih nosača jest 240 cm (oko 1/16 raspona krajnjih polja, odnosno 1/21 raspona srednjih polja). Poprečni presjek nosača je I oblika, širine donjeg pojasa 64 cm i gornjeg 268 cm. Širina hrpta je 24 cm. Radi sidrenja natega, ostvarenog kontinuiteta (povećana tlačna naprezanja na donjem rubu) i preuzimanja poprečnih sila, hrbat se uz ležaj postupno proširuje na 64 cm. Donji pojas i hrbat su vertikalni, dok gornji pojas prati poprečni nagib kolnika od 2,9 %. Kod rubnih rasponskih nosača, gornja pojasnica prema rubovima kolnika prati tlocrtnu zakrivljenost mosta.

Sudionici u izgradnji

Investitor:	HRVATSKE AUTOCESTE - Zagreb
Izvršitelj:	INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE d.d. Poslovni centar Split
Projektant:	prof. dr. sc. Jure Radnić, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu
Izvođač:	HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA d.d., Zagreb
Podizvođač:	HIDROGRADNJA, Sarajevo
Nadzor:	Stipe Kristić, dipl. ing. građ., IGH-Split
Priprema:	HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA građenja d.d., Zagreb

Nakon montaže nosača treba što prije izbetonirati kolničku ploču i osigurati kontinuitet nosača na ležaju (zajedno s poprečnim nosačem).

Kolnička je ploča izvedena kao spregnuti presjek ukupne debljine 30 do 35 cm. Donji dio presjeka ploče debljine 10 do 15 cm tvori gornja pojasnica montažnoga rasponskog nosača. Gornji dio, debljine 20 cm, betonira se na licu mjesta.

Poprečni nosači omogućavaju prijenos vertikalnih i horizontalnih sila rasponskog sklopa na ležaje. Oni također povezuju i ukružuju rasponske nosače. Visina je poprečnih nosača 270 cm, širina nosača iznad upornjaka U1 i U2 120 cm, a onih iznad stupova S1 i S6 200 cm. Ti su nosači oslonjeni na donji ustroj lončastim ležajevima. Širina poprečnih nosača iznad stupova S2, S3, S4 i S5 je 320 cm (kao i širina stupova). Ti su poprečni nosači druga faza betoniranja naglavnice stupova. Naime, iznad tih stupova poprečni su nosači spregnuti s naglavnicom. Poprečni nosači betoniraju se zajedno s kolničkom pločom.

2.2 Stupovi

Predviđeni su stupovi sandučastoga poprečnog presjeka, vanjskih izmjera 5,0 m (poprečno na most) x 3,2 m (u smjeru mosta), sa stijenkama debljine 30 cm po čitavoj

visini. Visina stupova kreće se od otprilike 15,6 m do približno 62,8 m. Temelji su masivni, različitih tlocrtnih izmjera, ovisno o potrebama. Visina svih temelja iznosi $2 \times 1,5 = 3,0$ m. Na vrhu stupova su masivne naglavnice duljine (poprečno na most) 12,0 m i širine 3,6 m. Visina naglavnice na čelu je 200 cm, a uza stup 250 cm.

Na vrhu stupova S1 i S6 uzdužno su pomični lončasti ležaji, dok su stupovi S2, S3, S4 i S5 kruto spojeni s rasponskom konstrukcijom s kojom čine okvirni nosivi sustav.

Na vrhu stupa izvodi se masivna naglavnica, armirana samo čelikom za armiranje. Odabrana je relativno široka naglavnica radi mogućnosti privremenog oslanjanja uzdužnih nosača u fazi montaže. Otvor stupa u vrhu zatvara se *Omnia* pločom debljine 15 cm koja se spreže s monolitnim dijelom naglavnice.

Na vrhu naglavnice stupova S1 i S6 izvode se po 2 betonske klupice. Tlocrtne dimenzije i visinski položaj klupica usklađeni su s izmjerama specijalnih lončastih ležaja.

Na vrhu naglavnice stupova S2, S3, S4 i S5 izvedene su "radne" klupice za ispravno oslanjanje rasponskih nosača u montaži.

2.3 Upornjaci

Upornjaci su puni s kruto vezanim paralelnim krilima. Usvojen je jedinstveni upornjak za oba kolnika mosta. Visina stupa i krila upornjaka prilagođeni su nagibima terena na tome mjestu, da bi se izbjegli preveliki iskopi tla. Na vrhu naglavnice upornjaka nalaze se klupice za oslanjanje ležaja. Tlocrtne dimenzije klupica i njihov visinski položaj u izvedbenom su projektu usklađeni s izmjerama specijalnih lončastih ležaja. [1] i [2].

3 Izvođenje radova

3.1 Temelji i stupovi

Temelji stupova i upornjaci izvedeni su u oplati PERITRIO na uobičajeni način.



Slika 2 Skela i oplata stupova



Slika 3. Skela i oplata naglavnice

Stupovi mosta izvedeni su u penjačkoj oplati NOE, u kampadama visine 4,0 m (slika 2.). Na vrhu stupa montirana je odgovarajuća skela i oplata za izvođenje naglavnice (slika 3.). Uz svaki stup montiran je pristupni toranj za radnike. Horizontalni i vertikalni transport materijala za stup i naglavnicu izvedeni su toranjskim dizalicama.

3.2 Naglavnica

Pri projektiranju skele i oplata naglavnice [4] montaža i demontaža svedeni su na najmanju mjeru, tako da stezanjem *dywidag* vijaka skela i oplata automatski zauzima ju projektom predviđeni položaj i mjere te se stvoreni sustav može lako prilagoditi drugim oblicima naglavnica.

Sastavni elementi skele i oplata naglavnice jesu:

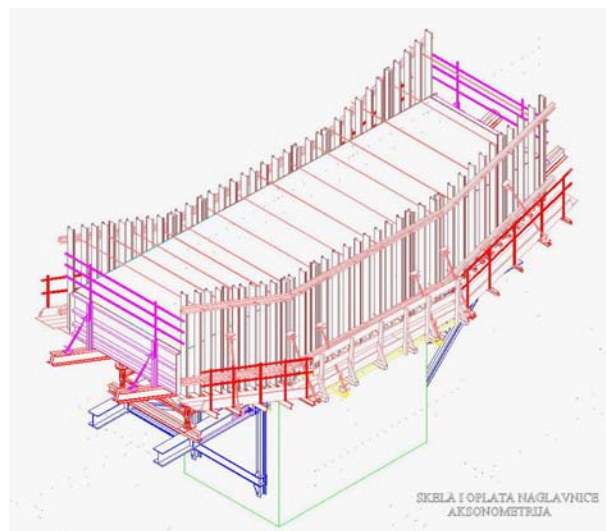
1. bočna oplata naglavnice iznad stupa koju čine 2 ploče
2. bočna oplata konzolnog dijela naglavnice koju čine 4 ploče
3. kosa podnica konzolnog dijela naglavnice s čeonom oplatom
4. horizontalna podnica $l = 5,0$ m - komada 2
5. trokutasta konzolna skela - 2 komada.

Za uspješnu i brzu montažu trebalo je prije svega paziti da izvođenje završnih dijelova stupova visine 4,0 metra bude točno prema projektu. Nakon završene montaže armature, a prije betoniranja, stegnuti su svi *dywidag* vijci s pomoću momentnog ključa. Brzina betoniranja nije bila veća od 0,5 m/h, na što je dimenzionirana oplata.

Betoniranje se obavljalo u slojevima. Idući se sloj nije počeo betonirati dok prethodni nije završen na cjelokupnoj površini. Svaki je sloj betoniran od sredine naglavnice s istodobnim i jednakomjernim napredovanjem do oba kraja naglavnice.

Bočna se oplata skidala dan nakon betoniranja, osim za hladnijeg vremena, kad se čekalo 2 dana. Radi planiranja građenja grubo se može pretpostaviti da je demontaža moguća nakon potignuća 50 % projektirane čvrstoće betona. Skidanje oplata počelo je s bočnom i čeonom oplatom.

Svi čelični dijelovi morali su se zaštititi antikorozivnim premazom.



Slika 4. Prikaz skele i oplata naglavnice

Pristup na skelu za naglavnicu, a nakon demontaže nad naglavnicom, osiguran je istim pristupnim tornjem koji je služio pri betoniranju stupa.

3.3 Montažni nosači

Glavni nosači izrađeni su na posebnom pogonu iza upornjaka mosta Dabar.



Slika 5. Kalup

Na posebnom platou montirani su koševi armature s nategama i sidrima pričvršćenim na čeonu oplatu. Ovako montirani koševi toranjским dizalicama se umeću u kalup. Kalup je čelični (slika 5.) sa hidrauličnim otvaranjem i zatvaranjem odgovarajućim oplatnim vibratorima i sa sustavom kontinuirane raspodjele pare duž cijelog kalupa. Kalup je prekriven segmentima tunela. Kapacitet proizvodnje nosača je jedan komad na jedan radni dan, pa se u tu svrhu sva proizvodnja zaparivala radi postizanja radnih čvrstoća.



Slika 6. Nosači na odlagalištu

Nosači se na mostu Dabar montiraju s pomoću navlačne skele ASPEM 250t/65m [3].

3.4 Rad s postrojenjem za navlačenje nosača navlačnom skelom ASPEM 250t/65 m [5]

U prvoj fazi betoniranja naglavnice ugrađivali su se armatura za temelje i sidra *kavaleta*. Pošto je izbetonirana naglavnica, u drugoj su se fazi betonirali temelji *kavaleta*.

Zbog malog uzdužnog pada (1,857 %) mosta poprečni prag lijevog i desnog kolnika vijčano je spojen pa je time i vrijeme montaže znatno smanjeno.

Nakon uzimanja nosača iz radionice, dalji radni proces tekao je u dvjema fazama-A i B.

U fazi A nosač se prenosio sredinom naglavnice lijevog kolnika, a u fazi B za montaže se skela postavlja uzdužno na dva ležaja (simetrično):

- uzdužni pomak odvijao se samo lijevom stranom kolnika
- poprečni pomak odvija se lijevom i desnom stranom kolnika (umetak praga).

Radi očuvanja stabilnosti navlačne skele, mosta u izgradnji, te konstrukcije pragova u svim fazama rada s navlačnom skelom, nužno je pridržavati se sljedećih uputa:

- pri montaži nosača u bilo koje polje mosta u izgradnji montira se srednji nosač, nakon toga preostala dva rubna nosača i na kraju preostala dva nosača polja lijevog kolnika
 - nakon uzdužnog transporta lijevom kolnikom montaža u poprečnom smjeru desnog kolnika ponavlja se kao i za montažu u poprečnom smjeru lijevog kolnika;
- rad s navlačnom skelom bilo na mostu ili u radionici dopušten je dok je brzina vjetra manja od 40 km/h. Čim se brzina vjetra približi brzini od 40 km/h, prekida se svaki rad s navlačnom skelom te se odmah dovodi iza upornjaka gdje se sidrima osigurava njezin stabilitet. Na gradilištu treba imati mjerač brzine vjetra (anemometar) i mora postojati stalna veza s najbližom meteorološkom stanicom.
- na poprečni prag postavljaju se pokretni graničnici;
- trasverzalno (bočno) kretanje navlačne skele može se izvoditi samo uz sljedeća ograničenja:
 - navlačna je skela oslonjena samo na 2 ležaja
 - sredina duljine navlačne skele, sredina duljine nosača koji ona nosi i sredina raspona između poprečnih pragova (preko kojih se vrši translacija) moraju se poklapati;



Slika 7. Postrojenje za navlačenje nosača (ASPEM) - uzdužni presjek

- longitudinalno kretanje skele je putovanje u smjeru osi mosta, a pri tome kretanju uvijek je jedan od dvaju elemenata (navlačna skela ili montažni nosač s vitlima) blokirao, odnosno sidren za kolica, a drugi će se po kolicima kako slijedi:

- montažni se nosač s vitlima kreće po navlačnoj skeli, dok je ona sidrena za kolica u poziciji kad se oslanja na 3 ležaja (6 kolica)
- navlačna se skela kreće kad je montažni nosač s vitlima usidren za kolica u poziciji da se sredina duljine nosača poklapa sa sredinom raspona poprečnih pragova;



Slika 8. Postrojenje za navlačenje nosača (ASPEM) - poprečni presjek

- f) poprečni prag mora biti montiran u horizontalnoj ravni;
- g) budući da su nosači duži od svijetlog razmaka poprečnih pragova, montiraju se u građevinu podvlačenjem ispod poprečnih pragova u kosom položaju;
- h) rubni se nosači montiraju tako da se nakon dopreme nosača po «transportnom putu», navlačna skela bočnim kretanjem dovede do pozicije s koje će se nosač kosim podvlačenjem najprije podvući pod poprečne pragove;
- i) bilo kakav rad s navlačnom skelom izvodi se pri potpunju dnevnoj svjetlosti;
- j) u svim fazama rada s navlačnom skelom treba se pridržavati:
 - uputa proizvođača skele 250t/65 m
 - svih mjera iz elaborata o zaštiti na radu.

3.5 Poprečni nosač i ostali dijelovi mosta

Poprečna rebra, kolnička ploča i ostali elementi rasponskih konstrukcija izvode se na uobičajen način.

Izrada poprečnog nosača [6] počinje pošto su montirani svi nosači koji su uključeni u taj poprečni nosač. Stabil-

nost svih nosača osigurana je u smjeru osi mosta i okomito na tu os.

Prije betoniranja poprečnih nosača mora se izbetonirati veći dio kolničke ploče u susjednim poljima sa po dvije reške u svakom polju. Nakon toga se demontiraju *kavalete* i poprečni pragovi te se betonira poprečni nosač u punoj visini zajedno s ostatkom kolničke ploče. Zajedno s pragom i kolničkom pločom betoniraju se i privremeni ležaji za prag navlačne skele, na koje se montira prag. Time je omogućen dalji rad navlačne skele ASPEM 250t/65 m. Za svako se polje jednom premješta prag. Ovaj redoslijed betoniranja poprečnih nosača i kolničke ploče odnosi se samo na lijevi most. Na desnom mostu, po kojem ne prometuje ASPEM 250t/65 m, može se betonirati poprečni nosač u punoj visini zajedno s kolničkom pločom, i to u punoj duljini, tj. samo s jednom radnom reškom u kolničkoj ploči u svakom rasponu.



Slika 9. Uzdužni presjek mosta u izgradnji



Slika 10. Most Dabar nakon završene montaže rasponskog sklopa

Pošto se rasponska konstrukcija oslonila na svoje stalne ležaje, presijeca se veza između nosača u rubnim poljima i sidara iz naglavnice upornjaka. Tada se betonira prsni zid na upornjaku i dovršava se izgradnja mosta.

IZVORI

- | | |
|--|---|
| <p>[1] IGH - Split: Jadranska autocesta; Sektor Maslenica - Split; dionica: Šibenik - Vrpolje (II. poddionica); most Dabar - glavni projekt; Projekt 1-310148/A.6.3.-ŠV</p> <p>[2] IGH - Split: Jadranska autocesta; sektor Maslenica - Split; dionica: Šibenik – Vrpolje (II.poddionica); most Dabar - izvedbeni projekt; Projekt 1-310184/A.6.3.-ŠV</p> <p>[3] Attrezzature speciali S. R. L., Milano: Priručnik za uporabu i održavanje opreme za navlačenje elemenata za montažu – ASPM 250 t/65 m</p> | <p>[4] HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA d.d. - Zagreb: Skela i oplata naglavnice za most Dabar - izvedbeni projekt; Projekt 83/04</p> <p>[5] HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA d.d. - Zagreb: Montaža glavnih nosača ASPM rešetkom 250 t/65 m - za most Dabar - Izvedbeni projekt; Projekt 101/04</p> <p>[6] HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA d.d. - Zagreb: Oplata poprečnog nosača za most Dabar - izvedbeni projekt; Projekt 16/05</p> |
|--|---|
-