

SPOJEN POSLJEDNJI SEGMENT KONSTRUKCIJE PELJEŠKOGA MOSTA

PRIPREMILA:
Gordana Hrelja Kovačević

Hrvatski megaprojekt - Pelješki most

Podizanjem posljednjega segmenta čelične rasponske konstrukcije Pelješki most spojen je i proteže se od Komarne na kopnenoj strani do Brijeste na poluotoku Pelješcu, podsjećamo na vrijeme od ideje o gradnji mosta do realizacije

Uvod

Izgradnjom mosta kopno - Pelješac uspostaviti će se čvrsta cestovna veza između svih dijelova hrvatskog teritorija. Jugoistočni dio Dubrovačko-neretvanske županije povezat će se s glavninom hrvatskog teritorija što će bitno doprinijeti razvitku Dubrovnika, poluotoka Pelješca i cijele najjužnije hrvatske županije (slika 1.). Ideja o mostu Pelješac stara je koliko i suvremena Hrvatska država, a razrađivanje idejnih rješenja započelo je 2004. godine. Trasa ceste položena je na način da most bude na najužem dijelu zaljeva, kako bi se omogućilo najoptimalnije rješenje za sam most, a širina prijelaza na tom mjestu je približno 2400 m (slika 2.).

Od samog početka znalo se da su uvjeti temeljenja na lokaciji mosta nepovoljni, što su potvrdila i prva ispitivanja provedena u listopadu 2004., a zatim i detaljnija ispitivanja provedena 2009. Osim nepovoljnih uvjeta temeljenja, most je smješten u zoni izuzetne seizmičnosti i jakih vjetrova.

Izgradnjom mosta kopno - Pelješac uspostaviti će se čvrsta cestovna veza između svih dijelova hrvatskog teritorija, II dio Dubrovačko-neretvanske županije povezat će se s glavninom hrvatskog teritorija

Jedan od bitnih zahtjeva za budući most bio je i plovidbeni profil ispod mosta. U fazi idejnog rješenja definiran je od Hrvatskih cesta i trebao je biti širine 150,0 m i visine 30,0 m. Plovni profil je više puta mijenjan, da bi na kraju bio usvojen onaj širine 200 m i visine 55 m. Također, tijekom cijelog trajanja projektiranja mijenjala se i širina mosta.

Valja istaknuti da trenutačno nema nikakvih brodskih linija na tom području. Osim toga, područje Malostonskog zaljeva je ekološki vrlo osjetljivo i bilo kakav veći promet može ugroziti osjetljivu biološku ravnotežu jednog od posljednjih europskih prirodnih staništa školjaka.

Zbog svega nabrojenog, očigledno je bilo potrebno projektirati most sa što manjom vlastitom težinom, posebno rasponskog sklopa, a s druge strane most sa što manje oslonaca (veći rasponi), kako bi se smanjio broj temelja.

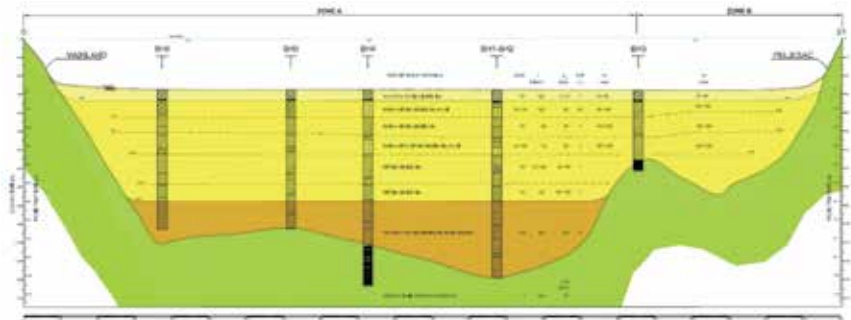


Slika 1. Položaj mosta Pelješac



Slika 2. Situacija mosta i pristupnih cesta

Kako je već spomenuto, prvi istražni radovi na lokaciji mosta provedeni su 2004., a detaljniji istražni radovi provedeni su 2009. i bili su podloga za projektiranje mosta. Temeljno tlo duž planirane lokacije mosta ispitano je geofizičkim postupcima, istražnim bušotinama s uzorkovanjem na mjestima mjerenjima (slika 3.). Dubina mora na cijeloj duljini mosta je između 27 i 28 metara.



Slika 3. Geološki profil temeljnog tla prema istražnim radovima 2004.

Debljina naslaga tla iznad vapnenačke stijene varira duž mosta u rasponu približno 40 - 100 m i čine ih pretežno prašnaste gline s mjestimično većim udjelom pjeskovitih ili šljunčanih frakcija. Slojevi glina do dubina 58 do 60 m od morskog dna pripadaju skupini "mekih glina", lakognečive do teškognečive konzistencije, sive do sivomaslinaste boje. Karakterizira ih pretežno niski indeks konzistencije, veliki poroziteti (pretežno preko 50 %) i relativno niske vrijednosti otpora prodiranju šiljka CPT, blago rastuće s dubinom. Ti slojevi su nastali u zadnjih 18.000 - 20.000 godina tijekom transgresije Jadranskog mora, a porijeklo im je pretežno iz naplavina rijeke Neretve i povoljnih biogenih uvjeta u regiji.

Slojevi glina ispod 60 m su starijeg porijekla, sivosmeđe do žutosmeđe boje, polučvrstog do čvrstog konzistentnog stanja, mjestimično cementirane ili s vapnenačkim konkrecijama, poroziteta nižih od 50 % te blago prekonsolidirane. Nedrenirane čvrstoće izmjerene na uzorcima ili indirektno ocijenjene iz rezultata CPT imaju osjetno veće vrijednosti od gornjih slojeva. U ovim slojevima se češće pojavljuju krupnozrne frakcije.

Vapnenačka stijena u podlozi dosegnuta je u većini bušotina. Na zapadnoj strani, otprilike 700 m od poluotoka Pelješca površinska, rastrošena stijenska zona nalazi se na dubini od oko 38 m od dna mora (podvodni greben), a na ostalim bušotinama prema kopnu stijena je pronađena na dubinama od oko 75 - 102 m, što se uglavnom podudara s rezultatima prethodnih geofizičkih ispitivanja.

Izrada projektne dokumentacije

Idejna rješenja (2004.)

U početku projektiranja razrađivano je preko 10 različitih idejnih rješenja, uključujući grede, rešetke, lukove i ovješene mostove. Vrednovanje različitih inačica provedeno je temeljem kriterija estetike, izvodljivosti i ekonomije, koji je uključivao ukupne količine pojedinih materijala, cijenu tehnologije izvedbe i predviđene troškove održavanja mosta. Idejna rješenja razrađivana su za dvije širine mosta: 12,5 m i 15,0 m. Gredni most ocijenjen je kao najjednostavniji za izvedbu, dok je sa estetskog stajališta njegova prednost u jednostavnosti i čistoći linija. Nešto atraktivnijim ocijenjen je ovješeni most, ali je on i skuplji i za izvedbu i za održavanje. Na kraju je za daljnju razradu u idejnom projektu odabran gredni most.

Idejna rješenja razrađivala su dvije širine mosta: 12,5 m i 15,0 m, govorilo se o grednom i ovješnom mostu, na kraju je za daljnju razradu u idejnom projektu odabran gredni most



Slika 4. Gradilište mosta Pelješac 2009. godine

Idejni projekt (2005.)

U idejnom projektu usvojena je širina od 15,0 m: prometna širina mosta s dva kolnička traka širine po 3,5 m i obostranim servisnim trakovima od 2,50 m. Kontinuirani punostijeni sandučasti čelični rasponski sklop preko 15 raspona, ukupne je duljine $L = 94,0 + 122,0 + 142,0 + 3 \times 170,0 + 178,0 + 7 \times 170,0 + 138,0 = 2374,0$ m i nepromjenjive visine od 6,5 m. Na krajevima mosta predviđeni su jednaki, klasični masivni betonski upornjaci, izvodi se ukupno 14 stupova, jedan na kopnu i ostalih 13 u moru. Odabrano je temeljenje na zabijenim čeličnim pilotima sa naglavnom pločom na razini mora.

Za odabrano rješenje napravljen je idejni projekt te je ishoda načelna dozvola. Prethodno je za cijeli zahvat koji uključuje most i pristupne ceste ishoda lokacijska dozvola.

Nakon idejnog projekta postavljeni su novi zahtjevi za slobodni plovni profil ispod mosta, najprije je povećana visina na 51 m, a konačni usvojeni slobodni profil iznosi 200 m širina i 55 m visine. S obzirom na nove uvjete, razrađuju se nove verzije mosta, najprije za povećanu visinu od 51 m, a zatim i za konačno usvojeni slobodni profil.

Glavni projekt (2007. - 2009.)

Za razradu u glavnom projektu odabran je ovješeni most s dva pilona i glavnim rasponom od 568 m. Glavni projekt mosta napravljen je 2007., a iste je godine ishoda i građevinska dozvola za most. Za to rješenje raspisan je natječaj za gradnju i odabran izvođač. Nakon toga, u dogovoru s izvođačima mosta, pristupilo se optimizaciji glavnog projekta. U međuvremenu su promijenjeni i elementi



trase koja je prije imale elemente državne ceste, a sada je promijenjena u brzu cestu s četiri vozna traka i razdjelnim pojasom. Novi glavni projekt dovršen je 2009. te je za njega ishođena izmjena i dopuna građevinske dozvole.

Cjelokupnu projektnu dokumentaciju, idejni projekt, obje verzije glavnog projekta izradio je projektni tim s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom dr. Zlatka Šavora i prof. Jure Radića.

Gradnja mosta prema tom projektu započela je 2007. godine. Gradnja je povjerenjena hrvatskim izvođačima i u to vrijeme bio je to najveći most koji se gradi u Europi. Zbog ekonomske krize, gradnja mosta prekinuta je 2010. godine.

Idejni projekti (2013.)

Krajem 2012. godine, investitor *Hrvatske ceste* ponovo pokreće proceduru za izradu idejnog projekta u dvije verzije. Posao je povjeren konzorciju koji čine Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Ponting* d.o.o. Maribor i *Pipenbaher Inženirji* d.o.o. Izrađene su dvije verzije idejnog projekta: gredni most (Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) i "extradosed" most (*Ponting* i *Pipenbaher Inženirji*). U *Studiji o prometnom povezivanju Republike Hrvatske* za daljnju je razradu odabran "extradosed" most za koji je napravljen i glavni projekt.

Autori odabranog rješenja su prof. Jure Radić i M. Pipenbaher, projektant je M. Pipenbaher.

Glavni projekt (2013.-2017.)

"Ekstradosed" most koncipiran je kao poluintegralni most. Integralno koncipirana mostovna konstrukcija s hibridnim ovješanim rasponskim sklopom i centralno postavljenim armiranobetonskim pilonima, koji su elastično upeti u stupove osigurava seizmičku stabilnost mosta bez ugradnje velikih ležajeva i seizmičkih prigušivača.

Opći podaci o mostu

Most kopno-Pelješac prelazi preko morskog tjesnaca. Širina prepreke na razini mora približno je 2.140 m. Ukupna je du-



Slika 5. Kompjutorske vizualizacije mosta

ljina mosta od osi do osi upornjaka 2.404 m, a ukupna duljina mosta s upornjacima 2.440 m.

Most kopno-Pelješac prelazi preko morskog tjesnaca, širina prepreke na razini mora približno je 2.140 m, ukupna je duljina mosta od osi do osi upornjaka 2.404 m, a ukupna duljina mosta s upornjacima 2.440 m

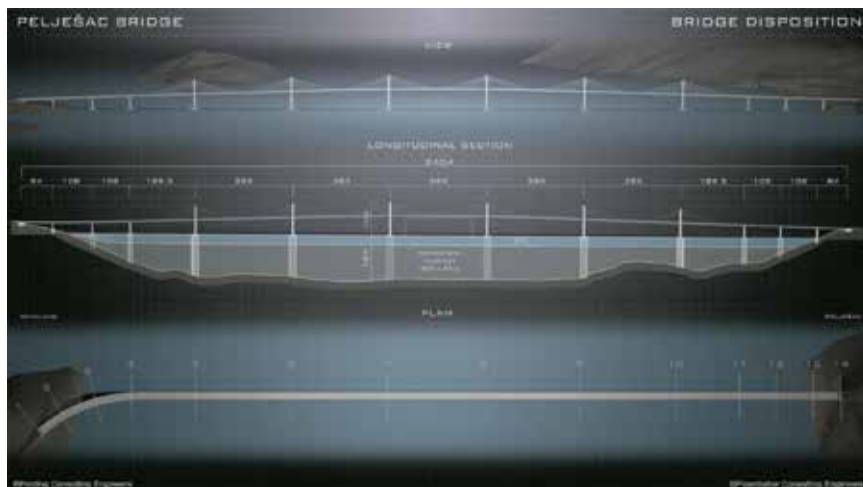
Na najvećem dijelu prijelaza dubina mora je stalna, oko 27,0 m. Minimalni zahtjevani plovidbeni profil ispod budućeg mosta, usuglašen s Bosnom i Hercegovinom, iznosi 200 x 55 m. Most je smješten u zoni izuzetno visoke seizmičke aktivnosti s proračunskim ubrzanjem tla na razini čvrste stijene od $a_g = 0,34 g$, s faktorom važnosti $\gamma_f = 1,6$. Lokacija mo-

sta podložna je i jakim vjetrovima sa referentnom brzinom vjetra koja prelazi 30 m/s (na visini 10 m).

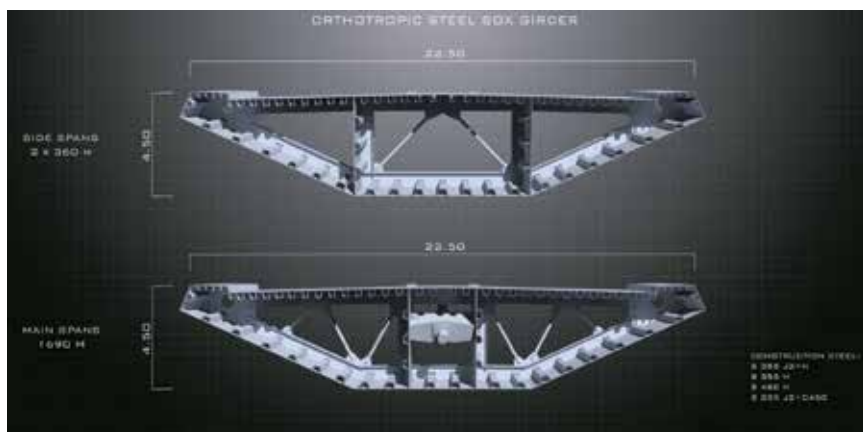
Prometnu plohu na mostu čine dva kolnika. Svaki kolnik obuhvaća vožnu traku širine 3,5 m i zaustavnu traku širine 3,0 m i dvije rubne trake po 0,50 m. Između kolnika je predviđen razdjelni pojas sa sigurnosnom ogradom, koja osigurava sigurnost prometa u uvjetima jakog i mahovitog vjetra. Na mostu je predviđena i zaštita od vjetra koja omogućava korištenje mosta u svim vremenskim uvjetima, tako da se promet neće prekidati ni u slučaju jakih vjetrova.

Opis konstrukcije mosta

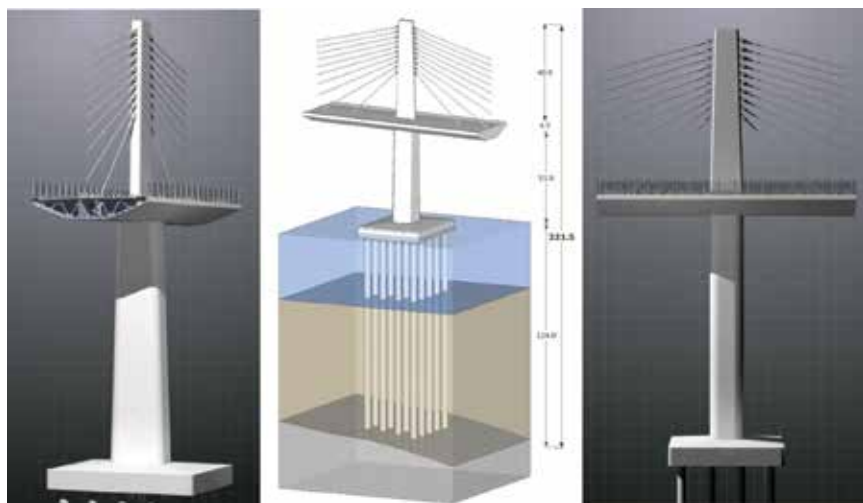
Most je koncipiran konstrukcijski inventivno – kao integralna hibridna konstrukcija s pet glavnih (centralnih) raspona duljine 285 m. Integralno koncipirana mostovska konstrukcija s hibridnom ras-



Slika 6. "Extradosed most" – pogled, uzdužni presjek i tlocrt



Slika 7. "Extradosed most" – poprečni presjek pristupnih raspona (gore) i "extradosed" raspona (dolje)



Slika 8. "Extradosed most" – stupovi i piloni S5 – S10

ponskom konstrukcijom osigurava seizmičku stabilnost mosta bez ugradnje velikih ležajeva i seizmičkih prigušivača.

Ležajevi su predviđeni samo na krajnjim dijelovima mosta - na upornjacima i na stupovima 2 – 4 i 11 – 13.

Ovješena rasponska konstrukcija i 40 m visoki centralno postavljeni armiranobetonski piloni su elastično upeti u stupove tako da je most u centralnom dijelu u duljini 1804,0 m (75 % ukupne duljine mosta) integralna - okvirna konstrukcija bez ležajeva što osigurava dodatnu stabilnost mosta u slučaju potresa i udara mahovitog vjetrova.

Rasponski sklop predstavlja kontinuirana čelična sandučasta konstrukcija koja je u centralnom dijelu ovješena preko kosih zatega na 6 centralno postavljenih armiranobetonskih pilona (eng. *multi-span cable-stayed bridge*). Visina je pilona 40,0 m, tako da je omjer visine pilona prema rasponu $40,0 / 285,0 = 0,14$, što most svrstava na granicu između ovješениh i ekstradosed mostova (mostovi prednapeti po ekstradosu). Kontinuirana sandučasta rasponska konstrukcija je duljine 2.404,0 m tako rasponi iznose:

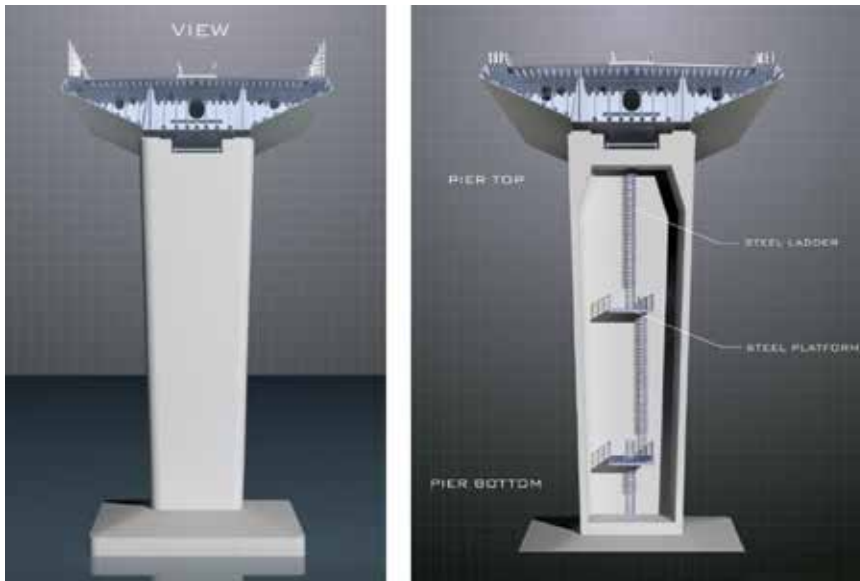
$$L = 84,0 + 108,0 + 108,0 + 189,5 + 5 \times 285,0 + 189,5 + 108,0 + 108,0 + 84,0 = 2404,0 \text{ m}$$

Čeličnu rasponsku konstrukciju ovješenu i pristupnih dijelova mosta čini tročelijski sanduk. Središnji sustav duljine 1804 m je ovješeni most s šest niskih pilona i pet otvora po 285 m, tako da je postignuta potpuna simetrija mosta u prostoru. Ortotropna ploča kolnika ukupne je širine 22,5 m. Donji pojas sanduka je horizontalan, širine 8,1 m. Ukupna visina sanduka u osi mosta iznosi 4,5 m. Središnja čelija u kojoj su predviđena sidrišta kosih zatega je širine 3,0 m. Donju plohu zatvaraju dva bočna, kosa hrpta koji su nagnuti 24° prema horizontali.

Pristupni dijelovi rasponskog sklopa na strani kopna i na Pelješcu su gredni mostovi jednakih značajki. Razlika je samo tlocrtnoj geometriji i vitoperenju presjeka. Nazivni rasponi su 84,0 + 108,0 + 108,0 m.

Svi vanjski geometrijski oblici pristupnih dijelova mosta ostaju isti kao kod središnjeg sklopa, s tim da je širina središnje čelije 8,0 m.

Duljina kosih vješaljki, preko kojih je rasponska konstrukcija ovješena na pilone, iznosi od najmanje 33 m do najviše 137 m. Pojedina vješaljka sastoji se od najmanje 55 do najviše 109 strukova.



Slika 9. "Extradosed most" – stupovi i piloni S5 – S10

Stupovi pilona S5 – S10 su elastično upeti u masivnu naglavnicu pilota na donjoj strani i u rasponsku konstrukciju i pilon na vrhu. Visine stupova iznose od 37,9 m do 53,4 m.

Stupovi su sandučastog poprečnog presjeka i konstantnih vanjskih izmjera u poprečnom pravcu, a u uzdužnom pravcu se šire od vrha prema dnu stupa. U uzdužnom smjeru mosta, stupovi su konstantne

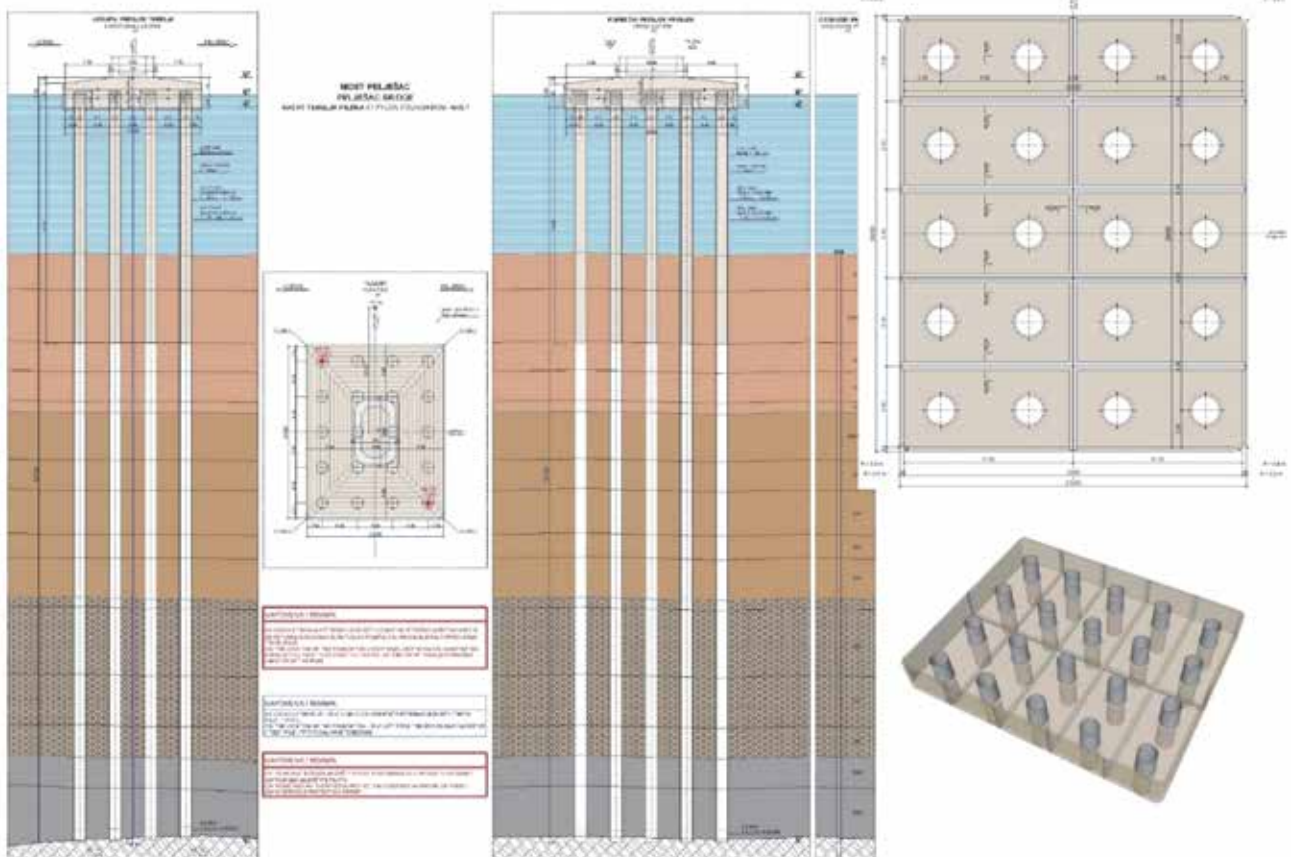
širine od 7,0 m, dok u poprečnom smjeru mosta širina na vrhu stupova iznosi 8,10 m, a na dnu 11,00 m.

Stjenke u poprečnom smjeru mosta su debljine 0,80 m dok su stjenke u uzdužnom smjeru mosta debljine 0,70 m. Zbog zaštite od udara broda, debljina stijenki stupova S7 i S8 povećana je u donjem dijelu, u visini od 11,35 m, na 1,20 m i to u uzdužnom i u poprečnom smjeru.

Armiranobetonski piloni S5 – S10 su elastično upeti u betonski dio rasponske konstrukcije. Centralno postavljene vertikalni piloni su betonski, visine 40 m i punog presjeka. Izmjere pilona na vrhu iznose 2,20 x 5,0 m, na nivou rasponske konstrukcije 2,20 x 7,0 m.

Za izvedbu pilona predviđen je beton visoke čvrstoće C70/85 koji uz višu nosivost osigurava i visoku trajnost betonskih elementa koji su izloženi agresivnom morskom okolišu.

Stupovi S2 – S4 i S11 – S13, sa ležajevima, nalaze se na pristupnim djelovima mosta. Stup S2 nalazi se na kopnu, stup



Slika 10. Temeljenje stupa S7

S13 na granici između kopna i mora, a svi ostali stupovi nalaze se u moru. Stupovi visine 19,4 – 32,0 m su sandučastog poprečnog presjeka, konstantnih vanjskih izmjera u uzdužnom smjeru, a u poprečnom smjeru se šire od dna prema vrhu. Stupovi su pravokutnog oblika sa zaobljenim rubovima i izmjerama od 4,25 m uzduž mosta i promjenljivom širinom 8 – 10 m poprečno na most. Debljina stjenki je konstantna i iznosi 0,60 m u uzdužnom i poprečnom smjeru.

Upornjaci U1, U14 i stupovi S2 i S13 temeljeni su na stijeni. Stupovi S3 – S12, locirani su u moru i temeljeni su na čeličnim pilotima promjera 1800 i 2000 mm. Piloti na stupaštima S3, S4, S10, S11 i S12 produljeni su betonskom stopom u stijenu i u potpunosti su ispunjeni betonom. Stupovi pristočnih raspona temeljeni su na po 9 pilota. Piloti na preostalim stupaštima ispunjeni su betonom do dubine 40 m. Piloti su na razini mora usidreni u masivnu betonsku naglavnicu, tako da je osigurana potrebna nosivost i horizontalna krutost temelja. Naglavnica pilota na stupovima S3, S4, S11 i S12 s izmjerama 17,00 x 17,00 je debljine 4,50 m, a naglavnica pilota na pilonima s izmjerama 23,00 x 29,0 m.

Prema glavnom projektu predviđene duljine pilota bile su 36 – 124 m. Prije početka gradnje mosta, izvoditelj je imao obvezu napraviti dodatne istražne bušotine na svakom stupnom mjestu te su utvrđene točne duljine pilota. Najdulji pilot na mostu je duljine 130,9 m, a to je ujedno i najveća duljina pilota koji je zabijen u jednom komadu na svijetu. Uobičajeno se piloti ovakvih duljina izvode u nastavcima. Na mostu je predviđena zaštitna ograda od vjetra koja će osiguravati neprekinuto prometovanje svih vozila u svim vremenskim uvjetima do brzine vjetra 180 km/h (50 m/s). Za procjenu efikasnosti zaštite vjetrobrana i analize objekta u pogledu prometne sigurnosti analiziran je karakteristični presjek mosta. U analizama efikasnosti zaštite vjetrobrana uzeta je brzina vjetra 180 km/h (50 m/s), za koju se smatra da je gornja granica brzine pri kojoj se još može odvijati reducirani promet osobnih vozila na otvorenoj trasi brze ceste.

Provedeno je ispitivanje mosta u zračnom tunelu, na dva modela: model odsječka mosta i model cijelog mosta uključujući i faze gradnje. Na mostu je predviđena, cestovna i dekorativna rasvjeta. Također, predviđena je katodna zaštita pilota. Osnovne količine materijala:

- Čelik rasponskog sklopa: 34.727,00 t
- Čelik piloti: 31.000,00 t
- Beton: 70.000,00 m³
- Armatura: 19.500,00 t

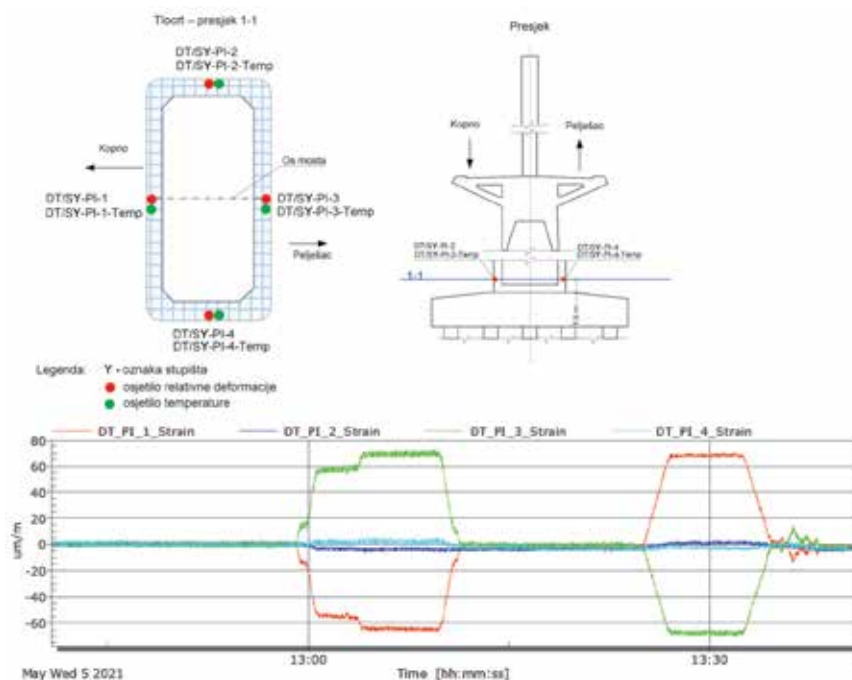
Monitoring i održavanje mosta

S obzirom na značaj građevine i okolinu u kojoj se nalazi, na mostu Pelješac projektom je predviđena ugradnja opreme za kontinuirano motrenje mosta – monitoring. Sustavom monitoringa kontinuirano se prikupljaju podaci na temelju kojih se u realnom vremenu prate parametri ponašanja mosta na temelju kojih je moguće utvrditi ponaša li se most u skladu s pretpostavkama iz projekta i osigurava li osnovne zahtjeve nosivosti i stabilnosti koji su preduvjet za sigurno odvijanje prometa. Na temelju rezultata monitoringa moguće je u svakom trenutku pratiti stanje mosta i pravovremeno

reagirati. Instalacija monitoringa vršila se kontinuirano tijekom gradnje, a neposredno nakon ugradnje pojedinog osjetila i odgovarajućeg sustava za prikupljanje podataka njegovi rezultati su se počeli prikupljati. Monitoring mosta Pelješac dijeli se na monitoring u fazi gradnje i monitoring u fazi uporabe. Prikupljanje podataka u obje faze predviđeno je u realnom vremenu, a rezultatima do sada ugrađenih osjetila moguće je pristupiti putem weba.

S obzirom na značaj građevine i okolinu u kojoj se nalazi, na mostu Pelješac projektom je predviđena ugradnja opreme za kontinuirano motrenje mosta

U sklopu monitoringa do sada je ugrađeno ukupno 362 optičko-vlaknasta osjetila za mjerenje relativnih deformacija (na temelju kojih se određuju naprezanja) i to u pilotima, stupovima, pilonima te čeličnoj rasponskoj konstrukciji. Za praćenje temperature i temperaturnu kompenzaciju osjetila za



Slika 11. Prikaz mjernih mjesta za mjerenje relativnih deformacija u dnu stupaštima S5 (gore) i rezultati mjerenja relativnih deformacija u dnu stupaštima S5 tijekom nesimetričnog podizanja elemenata rasponske konstrukcije (dolje)

mjerjenje relativnih deformacija ugrađeno je ukupno 143 temperaturna osjetila. Za praćenje pomaka pilona na njihove vrhove ugrađeni su GPS uređaji, ukupno njih 6. Za praćenje vibracija na stupištima, pilonima, rasponskoj konstrukciji i kosim zategama ugrađeno je ukupno 153 akcelerometra, a za kontrolu sila u kosim zategama ugrađeno je 60 osjetila. S obzirom da se most nalazi u visokoj potresnoj zoni u blizini upornjaka na kopnenom i pelješkoj strani postavljeni su seizmografi. Ugrađeno je i 248 trajnih geodetskih repera koji služe za praćenje i kontrolu pomaka tijekom gradnje, a isti reperi će služiti i za kontrolu pomaka mosta tijekom uporabe. Na stupištima S5 i S8 ugrađena su osjetila za praćenje korodiranosti betona i ugroženosti armature od korozije.

U narednom razdoblju na most će se ugraditi dva anemometra za mjerenje smjera i brzine vjetrova, meteorološka stanica te sustav za praćenje broja vozila koja prometuju mostom koji će imati mogućnost i određivanja mase vozila. Predviđeno je i dodatno praćenje trajnosti betona pomoću žrtvenog zida.

Žrtveni zid - zbog kemijskog napada morske vode, korozije izazvane kloridima i CO₂ predviđeno je obavljanje dodatnog nadzora trajnosti betona na uzorcima uzetim iz žrtvenog zida izgrađenog po istim postupcima i sa materijalima u zoni prskanja vode (naglavnice pilota i stupovi).

U fazi gradnje mosta Laboratorij za ispitivanje konstrukcija Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu provodio je praćenje i interpretaciju rezultata monitoringa. U sklopu praćenja izrađivana su mjesečna izvješća s rezultatima mjerenja ugrađenih osjetila, s naglaskom na rezultate mjerenja relativnih deformacija na temelju kojih su određivana naprezanja u pojedinim konstrukcijskim elementima. Navedeni rezultati korišteni su za usporedbe s proračunskim vrijednostima pomaka i naprezanja u pojedinim fazama gradnje te u konačnici za ocjenu kvalitete izvedenih radova.

Gradnja mosta

Gradnja mosta započela je izvedbom testnih pilota kako bi se pokazalo da projektirani piloti i predviđeni način izgradnje zadovoljavaju sve uvjete iz projekta. Izvođač je predvidio pilote

proizvoditi u Kini i to u punoj duljini, dopremiti ih na gradilište brodom te pomoću specijalne dizalice postaviti na mjesto ugradnje i "čekićem" zabiti do potrebne dubine. To je vrlo zahtjevno i moguće samo zahvaljujući (moćnoj) tehnologiji koji je izvođač dopremio na gradilište. Najveća duljina pilota bila je 130,6 m, i to je najdulji pilot na svijetu, koji je na taj način zabijen. Nakon pobijanja pilota slijedila je izvedba naglavnice pilota, što je također bilo vrlo zahtjevno obzirom da dno naglavnice nije iznad morske površine, nego je uronjeno u more u dubini 1,0 m. Naglavnice su izvedene u čeličnoj oplati koja je fiksirana na prethodno pobijene pilote. Nakon naglavnice slijedili su stupovi koji su izvedeni pomoću podizne skele u segmentima duljine 4,5 m.

Gradnja mosta započela je izvedbom testnih pilota, svi su piloti proizvedeni u Kini i to u punoj duljini, dopremljeni na gradilište brodom te pomoću specijalne dizalice postavljeni na mjesto ugradnje



Slika 12. Montaža elemenata pristupnih raspona



Slika 13. Gradnja mosta



Slika 14. Montaža rasponskog sklopa – pilon S10



Slika 15. Montaža rasponskog sklopa – zadnji spojni segment

S obzirom da su piloni, rasponski sklop i stupovi integralno spojeni, sam vrh stupa i spoj sa rasponskom konstrukcijom također je bio poseban izazov. Vrh stupa, takozvana "kapa" stupa, izveden je kao armirano betonski, a spoj sa rasponskim sklopom je dodatno ojačan prednapetim kabelima. Izvedba vrha stupa bila je na privremenoj skeli koja je bila oslonjena na naglavnice pilota.

Piloni su opet bili izazov zbog visokog razreda čvrstoće betona, C70/85. Također su izvedeni u podiznoj oplati. Na vrhu pilona ugrađena su tzv "sedla", to su čelični elementi na koje se sidre vješaljke za pridržanje grede.

Svi elementi čelične rasponske konstrukcije (grede) proizvedeni su u Kini i brodovima su dopremljeni na gradilište. Montaža pristupnih raspona, koji su bili mase i do 800 tona, izvedena je pomoću posebne plovne dizalice. Također, posebno je impresivna bila montaža čeličnih segmenata na ovješenoj dijelu mosta. Ti elementi montirani su na način da su na rasponski sklop postavljene dizalice, tzv "derrick" kranovi pomoću kojih su elementi podizani sa barže. Ono što posebno impresionira je to da su istovremeno na svih šest pilona postavljena po

dva "derrick" kрана, što je na kraju omogućilo montiranje cijelog ovješenoj dijela mosta za šest mjeseci.

Nakon što se čelični element (duljine 12 m) podigne i pozicionira slijedilo je zavarivanje za prethodno već postavljene elemente. Novi element se najprije pomoćnim elementima pričvrsti za postojeći i nakon toga slijedi zavarivanje hrptova, zatim donje ploče, kosih bočnih ploča i na kraju kolničke ploče.

S obzirom na količinu zavarivanja i iznimno visoke temperature, ovo je također vrlo zahtjevno. Nakon zavarivanja slijedi montiranje vješaljke, zatim pomicanje "derrick" kрана na novi položaj i podizanje slijedećeg segmenta.

Specifični su i spojni komadi, u sredini raspona između dva pilona. Geometrija izvedenog dijela mosta mora se dobro snimiti, kako bi se spojni segment (koji je duljine 18 m) mogao pripremiti u točno potrebnoj duljini. Spojni segment podiže se sa dva "derrick" kрана, nakon podizanja slijedi pričvršćivanje na obje strane koje se postiže navarivanjem pomoćnih spojnih nosača na gornju i donju ploču grede, te još 300 komada spojnih pločica na svakom kraju segmenta. Ovakav način spajanja omogućuje otpornost elementa

na djelovanje promjene temperature i može se pristupiti zavarivanju elemenata poprečnog presjeka.

Ono što je iznimno bitno kod ovakvih mostova i ovakvog načina gradnje je praćenje geometrije grede prilikom izvedbe. Sve faze se moraju geodetski mjeriti i rezultati mjerenja uspoređivati sa projektiranim vrijednostima. S obzirom na velike promjene temperature, koje utječu značajno na geometriju mosta, sve ključne faze gradnje odvijale su se po noći, kako bi se mjerenja provodila uvijek pri sličnim temperaturama.

Iako je za gradnju mosta odabran kineski konzorcij, u gradnji sudjeluju i hrvatski inženjeri, kao zaposlenici kineskog konzorcija i kao podizvoditelji. Nadzor nad gradnjom mosta provodi hrvatski konzorcij IGH, COG i Investinženjering, uključujući i kontrolna ispitivanja. Projektantski nadzor provodi konzorcij koji čine Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Ponting d.o.o. Maribor i Pipenbaher Inženjiri d.o.o. Djelatnici katedre za mostove s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, sudjeluju u pregledavanju, provjerama i odobravanju izvedbenih projekata, u suradnji s projektantom mosta.