

## MOST PELJEŠAC (4)

Odgovor projektanta temeljenja na reagiranja MOST PELJEŠAC (2) i (3)

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić, dipl. ing. građ.

1. U GRAĐEVINAR-u 61 (2009) 9 objavljen je prikaz projekta mosta Pelješac. U sklopu tog rada su autori-projektanti mosta (Radić, Šavor, Hrelja, Mujkanović) dali i osnovne podatke o temeljenju mosta, a cijeli rad je ilustriran pojednostavljenim prikazima mosta i njegovih dijelova, uključivo i temeljenje stupova i pilona.

Na takav prikaz mosta reagirao je u dva navrata čitatelj Ivo Kleiner, dipl. ing. građ (GRAĐEVINAR 62 (2010) 1 i 62 (2010) 6) dajući svoje komentare i ocjenu odabranog sustava temeljenja mosta.

2. Geotehnički projekt temeljenja mosta predstavlja opsežniju dokumentaciju u kojoj je izložena i argumentirana tehnička sigurnost projektnog rješenja, te su propisane i specificirane aktivnosti za njegovu izvedbu. U relativno šturom prikazu temeljenja mosta u navedenom izvornom članku svi razmatrani aspekti nisu navedeni (zbog ograničene duljine teksta), pa su upućeni čitatelji suočeni s mogućim nedoumicama.

3. U ovom kratkom odgovoru na reagiranje čitatelja iznose se neki naglasci iz Geotehničkog projekta s ciljem da rasvijetle bar neka od mogućih pitanja:

3.1 Geotehnički istražni radovi duž trase mosta koji su prethodili projektu provedeni su u dva navrata:

- u prvoj kampanji provedena su posredna geofizička ispitivanja -profiliranja s dna mora, koja su dala uvid u osnovni profil

temelnog tla i konture očekivanih geoloških formacija.

- nakon toga provedena su istražna bušenja s jezgrovanjem i uzorkovanjem, te *in situ* pokusi sa specijaliziranog broda. Izvedeno je pet dubokih bušotina, a njihove pozicije, zajedno s idealiziranim slojevima tla prikazane su u prognoznom geološkom profilu (slika 2. u izvornom članku). Samo dvije bušotine su ušle i jezgrovale formaciju karakteriziranu kao stijena. Bušotina na strani Pelješca pokazala je relativno tanku zonu rastrošene stijene od cca 1m, a nakon te dubine vapnenačku stijenu osjetno manjeg stupnja rastrošenosti i raspucalosti. Bušotina u središnjem dijelu pokazala je zonu jake rastrošenosti debljine 13m (praktički kršje s glinom), a tek na dubinama cca 100m od dna mora pojavila se raspucala stijena osjetno boljih svojstava. Ima indicija da je opisana rastrošena stijena posljedica (geološki) davnih osulina sa strmih vapnenačkih obronaka.

3.2 Pri projektiranju mosta ispitano je više varijanti temeljenja s njihovim prednostima i nedostacima. Projektirana varijanta izvedbe (poznata u offshore sektoru) izabrana je radi mogućnosti izvedbe s površine mora tj. bez podzemskih radova, kontrolirane izvedbe (čelična cijev, zabijanje, beton u cijevi), a takva izvedba praktički ne zagađuje okoliš. Ovom tehnologijom izvedeni su i drugi suvremeni svjetski mostovi u sličnim uvjetima.

3.3 Dominantno djelovanje koje je utjecalo na projekt temeljnog sklopa (s vertikalnim i kosim pilotima, te krutom naglavnicom) je seizmičko djelovanje sa znatnim horizontalnim silama i momentima od visoke konstrukcije mosta, pa je taj aspekt diktirao raspored i broj pilota.

U dijelovima mosta gdje je stijena na dohvatnoj dubini zabijanje čeličnih cijevi se provodi samo do kruće podloge, a zatim se kroz rastrošenu zonu stijene ulazi u "zdraviji" dio stijene bušenjem kroz cijev. U tim pilotima armirani beton je po cijeloj duljini pilota.

U središnjem dijelu mosta gdje je "zdravija" stijena na velikim dubinama, piloti su dugački i dominantan dio (preko 90%) njihovog otpora nakupljen je na plaštu umetanjem u glinovite slojeve čija čvrstoća postepeno raste s dubinom. Taj aspekt prijenosa sila s pilota na tlo karakteriziran je velikom krutošću, tj. u području radnih sila očekuju se razmjerno mali osni pomaci (sлом na plaštu doseže se pri pomacima od 1-2 % promjera pilota). Stoga slijeganja, ukupna ili diferencijalna, nisu smatrana primarnim problemom temeljenja, pogotovo uzevši u obzir i očekivane pomake u odnosu na duljinu rasponske konstrukcije.

Znatniji problem predstavljale su deformacije pri horizontalnim silama (valja napomenuti da je dio temeljnog sklopa u moru zapravo donji dio stupa), što je i

rezultiralo postizanjem potrebne krutosti sklopa debljim čeličnim cijevima spregnutim s armirano-betonskom ispunom, te odgovarajućim brojem kosih pilota. Horizontalna interakcija tla i pilota je dominantna u gornjem dijelu pilota (na duljini cca 10-12 promjera pilota), pa je prema tome odabrana i potrebna duljina (u moru i tlu) ukrute čeličnih cijevi sprežanjem s ispunom od armiranog betona.

Pri kratkotrajnim seizmičkim ekscentričnim opterećenjima u grupi pilota s krutom naglavnicom omogućena je preraspodjela sila, pa su za gornju konstrukciju mosta zapravo bitni rezultirajući pomaci na razini krute naglavne ploče (koja je "postolje" stupova i pilona).

3.4 Na osnovu spomenutih analiza i razmatranja određeni su projektni kriteriji dosizanja potrebnih duljina pilota, a u Geotehničkom projektu je provedena i preliminarna analiza izvodivosti pilota, čime su ocijenjene i minimalne karakteristike potrebne opreme (teški maljevi) koje potencijalni izvođač treba imati da bi dosegnoo propisane dubine.

3.5 Navedeni prognozni geološki profil nije dao dovoljno podataka za neposrednu izvedbu i točnije određivanje potrebnih duljina čeličnih cijevi na svakom stupnom mjestu (uvažavajući mogućnost lokalnih devijacija debljina slojeva, te posebice varijabilnu debljinu rastrošene stijene).

Zbog toga je projektom predviđeno da se, u sklopu pripremnih radova za izvedbu temelja, provedu kontrolna geotehnička istraživanja (bušotine s uzorcima i in-situ pokusi) na svakom stupnom mjestu kako bi se potvrdile ili ustanovile točnije pozicije predviđenog završetka pilota.

Budući da se grupom pilota uzdužno i poprečno na most zahvaća šire područje (u ekstremima više od 50-80m od središta stupnog mjesta) predviđen je na svakom stupnom mjestu veći broj istražnih mjesta (konkretno, po pet dubokih bušotina na mjestima pilona).

3.6 Također, uvažavajući neizvjesnosti koje donosi izvedba, kao i ograničenosti proračunskih modela, geotehničkim projektom je predviđena izvedba probnih pilota izvan trase mosta. Predviđena je izvedba dva para pilota (jedna pozicija je bliže Pelješcu, a druga bliže kopnenoj strani, čime se uzimaju u obzir moguće geotehničke različitosti pojedinih zona) sa sljedećim ciljevima:

- verifikacija tehnologije odabranog izvođača za postizanje projektnih ciljeva
- ispitivanje osne nosivosti pilota za verifikaciju projektnih pretpostavki
- ispitivanje pilota na horizontalne sile radi potvrde projektnih pretpostavki za ovaj bitni aspekt ponašanja cijelog temeljnog sklopa.

3.7 Geotehničkim projektom je također propisan i monitoring temeljnih sklopova, kako za vrijeme gradnje, tako i prilikom korištenja.

4. U ovoj recesijskoj situaciji radovi na mostu su znatno usporeni (ali ne i zaustavljeni). Navedeni terenski istražni radovi po stupnim mjestima dijelom su obavljani prošle 2009. godine, a dijelom nastavljeni ove godine. Konkretnim izvješćem dobit će se bolji uvid i prognoza očekivanih dubina mjerodavnih slojeva tla, te procjene potrebnih dubina temeljenja.

5. Izvedba probnih pilota uslijedit će u narednoj kampanji radova kad se očekuje intenzivniji rad na "morskom" dijelu mosta (dosadašnjim radovima, naime, obavljen je znatan dio posla na donjem ustroju "kopnenih" dijelova mosta, te pripremi za nastavak gradnje na moru).

6. Navedeni projektni aspekti temeljenja iznošeni su u nekoliko navrata na stručnim skupovima, pa je dio stručne javnosti o njima i detaljnije informiran. Očekuje se da će se cjeloviti prikaz problema i načina rješenja temeljenja mosta Pelješac objaviti kad se prikupe svi spomenuti mjerodavni podaci, kako bi stručna javnost i zainteresirani čitatelji imali potpun uvid.

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić,  
dipl. ing. građ.