

SANACIJA MOSTA OD PILA

Povijest

Non bene pro toto libertas venditur auro – Sloboda se ne prodaje ni za svo blago svijeta, uklesano je već u danima Dubrovačke Republike nad vratima Lovrijenca, neosvojive dubrovačke tvrđave. Dubrovnik je grad jedinstvene političke i kulturne povijesti te svjetski poznate spomeničke baštine i ljepote (upisan u UNESCO-ov registar svjetske kulturne baštine). Tijekom svoje burne povijesti Dubrovnik je svojom političkom umješnošću uspio izboriti potpuni oblik samouprave pa je stoljećima

djelovao kao neutralna, samostalna država – Dubrovačka Republika. Vrata od Pila ulaz su u Dubrovnik sa zapadne strane (slika 1.).

Na Pilama se između dva gotička svoda nalazi kameni most, djelo slavnog Paskoja Miličevića iz 1471. godine. Riječ Pile (pilai) na grčkom znači vrata, pa sam naziv zapadnog dubrovačkog predgrađa svjedoči kako su Vrata od Pila stoljećima bila glavni ulaz u grad. Ulaz se sastoji od vanjskih i unutarnjih vrata te dvaju mostova, a na njima su radili brojni kipari i graditelji, među kojima se

ističu Ivan iz Siene (koji je oko 1397. godine izgradio prvi dio kamenog mosta) te domaći graditelj Paskoje Miličević (koji je djelovao u drugoj polovini 15. stoljeća). Na most se nastavlja i drveni podizni most, koji se u prošlosti dizao lancima, protutezima i vitlom te zatvarao gradska vrata, štiteći grad od nepoželjnih posjetitelja i zvijeri. Za Dubrovačke Republike Pile su imale važan geostrateški položaj pa je shodno tome na hridi podno Pila izgrađena drvena utvrda Lovrijenac, jedina utvrda koja je bila izdvojena iz zidina koje su opasavale tadašnji Dubrovnik. U



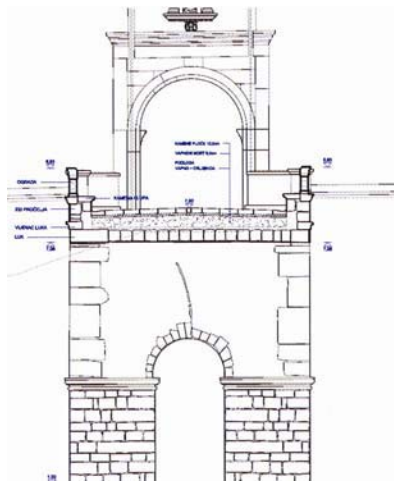
Slika 1. Vrata od Pila

19. stoljeću zatrpani su dijelovi stupova, vijenaca i dio luka, dok je u 20. stoljeću most dobio kamenu ogradu koja je do tada bila željezna.

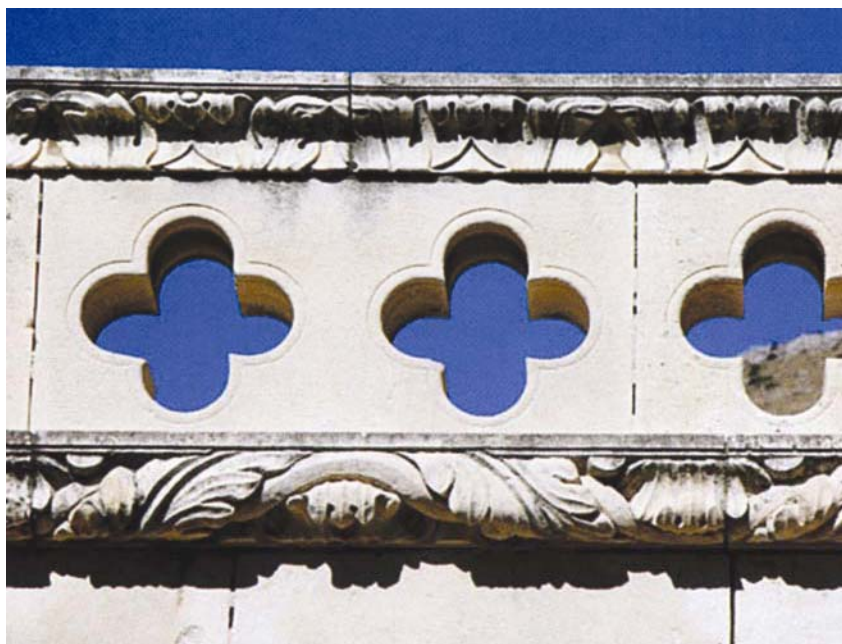
Početak sanacije

Osnovni zahtjev konzervatora bio je da se most obnovi u skladu s izvornim izgledom i u izboru materijala i u načinu njihove obrade i ugradnje. Strukturna je građa terena na koju su oslonjeni temelji mosta od čvrstoga dolomitnog vapnenca, dovoljne nosivosti da preuzme sva opterećenja koja se preko temeljne konstrukcije prenose s mosta. Ideja je bila vratiti ambijentalni izgled mosta u izvornom obliku, pa je proračunom ispitana stabilnost i nosivost mosta prema stanju koje će se dobiti nakon izvršene sanacije. Naprezanja za pojedine slučajeve opterećenja i njihove realne kombinacije nalazila su se u

odgovaraju realnom djelovanju na most (slika 3.), dok su se dobiveni rezultati, maksimalno poštujući nepravilnosti u geometriji, odnosili na pretpostavljenu dubinu temeljne spojnice pojedinih stupova.



Slika 3. Poprečni presjek mosta



Slika 2. Detalj kamene ograde mosta s rozetom

okviru dopuštenih vrijednosti, a stabilnost mosta je, unatoč geometrijskoj nepravilnosti, bila relativno povoljna.

Tvrtka Omega Engineering d.o.o. najprije je provela proračun prostorne konstrukcije s opterećenjima koja

Postupak konstruktivne sanacije

Izvođač radova konstruktivne sanacije *Spegra Inženjering d.o.o.* pod vodstvom Miljenka Vučića, dip. ing. građ., izvršila je ojačanje gornjeg ustroja mosta složenim inovativnim postupkom. Klasični radikalni pos-

tupci sidrenja i ojačanja u ovom slučaju nisu bili prihvatljivi iz više razloga; korištenje čeličnim zategama i pločevinama dovelo bi, naime, ne samo do povećanja ukupne težine, već i do koncentracije naprezanja i opasnosti od korozije. U tu je svrhu jedino nedestruktivno rješenje bila uporaba novih tehnologija iz područja FRP (*Fibre Reinforced Polymer*) sustava. Prednosti su ovoga novog sustava otpornost na elektrokemijsku koroziju, visok omjer čvrstoća/težina, raznovrsnost proizvoda te neosjetljivost na magnetizam. Kao i svakom postupku sanacije, tako je i ovom prethodila kvalitetna priprema podloge. Uklanjanje slojeva asfalta i nasipnog materijala te pranje podloge od nečistoća i nevezanih dijelova bilo je ključno za prionljivost sanacijskih materijala koji su trebali osigurati konstruktivnu stabilnost. Kako je podloga bila od popločenog dolomitnog vapnenca povezanog hidrauličkim vezivom, morala se osigurati veza s FRP materijalima na način da se površina poravna primjerenim reparaturnim mortom. U tu je svrhu rabljen dvokomponentni visokoduktilni cementni mort s pucolanskom reakcijom, koji se nanosio samo na dijelovima gdje se predviđelo ojačanje, u širini oko 20 cm i debljini do oko 2 cm. Na tako pripremljenoj podlozi moglo se započeti s lijepljenjem karbonskih lamela u dužini 17,55 m, pri čemu je upotrijebljeno dvokomponentno epoksidno ljepilo koje je osiguralo dobru prionjivost dvaju materijala na različitim bazama.

Druga faza sanacije

Druga je faza obuhvaćala sidrenje karbonskih lamela u stupove mosta na način da su krajevi traka sidreni u pripremljene bušotine 0,55 mm, dubine 4,5 m. Bušotine su prije ugradnje sidara morale biti čiste. Međusobna suradnja i inženjerska stručnost projektanta, nadzora i voditelja gradilišta rezultirala je uspješnom primjenom alternativne, inovativne

metode sidrenja karbonskom užadi povezanih u snop s pomoću štapa od staklenih vlakana 0,10 mm i karbonske tkanine. Ideja je bila sidriti karbonsku lamelu u stupove "sendvič" elementima (slike 4. i 5.).



Slika 4. Stopa sidra



Slika 5. Detalj zone sidrenja

Elementi sidara izvedeni su karbonskom užadi povezanom u snop, utisnutom u otvor, nakon čega je uslijedilo zapunjavanje bušotine epoksidnom smolom. Karbonska užad sastavljena je od velikog broja karbonskih vlakana povezanih u snop s pomoću zaštitne mrežice. Njihova je vlačna čvrstoća oko 9 puta veća od vlačne čvrstoće armaturnog čelika. Dvokomponentnom epoksidnom masom izvedena je stopa sidrenja kako bi se "čarapa" učvrstila s dnom otvora. Na vrhu sidra izvedeno je preklapanje s karbonskom lamelom uporabom impregnacijske epoksidne mase, dok je kao završni preklop nanijeta karbonska tkanina (slike 6., 7. i 8.).

TEHNIČKI PODACI

Gradjevina: Most od Pila, Dubrovnik

Investitor: Društvo prijatelja dubrovačke starine, Dubrovnik

Projektant: Omega Engineering d.o.o., Dubrovnik

Voditelj projekta: prof. dr. se. Željko Peković, dipl.ing.građ.

Odgovorni projektant konstrukcije: prof. dr. se. Blaž Gotovac, dipl. ing. građ.

Glavni izvođač: Građevinar Quelin d.o.o., Dubrovnik

Izvoditelj radova konstruktivne sanacije: Spegra Inženjering d.o.o., Split

Konzervatorski nadzor: Ministarstvo kulture, Konzervatorski odjel Dubrovnik

Nadzor i dokazivanje kvalitete: IGH d.d., Marko Kovačević, dipl.ing.građ.

Voditelj gradilišta: Miljenko Vučić, dipl.ing. građ.

Vrijeme izvođenja radova: 2008. godina

Mapei distributer: Spegra Inženjering d.o.o., Split

Mapei koordinator: Dejan Šomoši, dipl.ing. građ.



Slika 6. Lijepljenje karbonske užadi na zonu sidrenja



Slika 7. Detalj gotove zone sidrenja



Slika 8. Posipanje zone sidrenja kvarcom radi bolje prionjivosti

Ova inovativna metoda pokazala se vrlo učinkovitom i na ostalim objektima, a sama je dokazana ispitivanjima na mjestu ugradnje.

Završna zaštita i poboljšanje prionjivosti sa završnim slojem izvedeno je premazivanjem površine lamela epoksidnim mortom i posipom kvarca (slika 9.). Na kraju je zona ojačanja zaštićena klasičnim mortom na bazi vapna, koji je po sastavu odgovarao izvornom mortu kojim je rađena konstrukcija, te je izveden nasip kao posteljica za završnu oblogu od kamena (slika 10.).



Slika 9. Završna obrada

Provedeni zahvati konstruktivne sanacije mosta od Pila maksimalno su



Slika 10. Obrada zone ojačanja vapnenim mortom i nasipavanje tampona

očuvali izvorne oblikovne i konstruktivne elemente građevine, a cijela je

sanacija izvedena proizvodima tvrtke *Mapei*.

Dejan Šomoši i Miljenko Vučić
