

PROJEKT OBNOVE STAROG MOSTA U SISKU

Prva cjelovita obnova mosta nakon 90 godina

PRIPREMILI:

David Anđić, Anđela Bogdan

Uvod

Petrinjski potres 2020., osim što je za sobom ostavio velika oštećenja na stambenim i javnim objektima, ozbiljno je narušio i prometnu infrastrukturu na području Sisačko-moslavačke županije. U Sisku su stradali Stari most, gradske ceste i druga prometna infrastruktura važna za funkcioniranje grada.

Oštećenja na Starome mostu, uključujući urušavanje dijela ograde u rijeku Kupu, Grad Sisak iskoristio je kao priliku da nakon više od 90 godina izvede njegovu prvu cjelovitu i temeljitu obnovu. Radovi su počeli početkom svibnja 2023., nakon čega je most u cijelosti zatvoren za promet vozila. Tijekom izvođenja radova se prilagođavao promet pješaka i biciklista ovisno o mogućnostima. Promet vozila dopušten je krajem lipnja 2024., a restauratorski radovi su nastavljani.

Za glavnog izvođača radova odabrana je tvrtka *Vacon d.o.o.*, a vrijednost radova iznosila je 6,5 milijuna eura. Obnova mosta financirana je iz Fonda solidarnosti Europske unije. Glavni projektant obnove je Marko Ožbolt, dipl. ing. građ., iz tvrtke *URBANE IDEJE d.o.o.* Projektant konstrukcijske obnove bio je David Anđić, mag. ing. aedif., iz tvrtke *STUDIO ARHING d.o.o.* Glavni nadzorni inženjer na gradilištu bio je dr. sc. Alex Kindij, dipl. ing. građ., iz tvrtke *Kindijing d.o.o.* U nastavku su prikazani stanje Starog mosta, oštećenja nastala u potresima 2020. i 2021., analize i proračuni, izvedeni radovi te probno optećenje mosta.

Općeniti podaci o mostu

Zidani mostovi, osobito kameni, imaju važnu ulogu u povijesti mostogradnje. Stari most u Sisku jedan je od prepoznatljivih simbola grada. Preko rijeke Kupe povezuje Trg bana Josipa Jelačića i Žitnu ulicu. Projektirao ga je inženjer Milivoj Fr-

ković, poznati hrvatski graditelj kamenih i svodnih mostova od opeke. Gradnja mosta trajala je devet godina, od 1926. do 1934. Most je zaštićeno kulturno dobro i smješten je unutar Arheološke zone Segestica–Siscia.



Slika 1. Gradnja Starog mosta, 1925. (izvor: Grad Sisak – Upravni odjel za prostorno uređenje i zaštitu okoliša)

Most se sastoji od sedam zidanih svodova raspona 7,20 + 34,55 + 36,90 + 38,50

+ 32,85 + 14,00 + 12,20 m, ukupne dužine 261 m. Četiri središnja svoda su riječna, a tri obalna. Svodovi su od opeke debljine oko 170 cm u peti i 100 cm u tjemenu, iznad kojih su zidani poprečni zidovi (60 cm) te armiranobetonska kolnička ploča debljine 29 cm.

Zbog nedostatka potpune arhivske dokumentacije, istražnim radovima rekonstruiran je statički sustav kolničke ploče, koja je uzdužno diskontinuirana s prekidima na upornjacima, stupištima i iznad tjemena svodova, gdje se oslanja izravno na zidanu konstrukciju bez armiranobetonske ploče. Na krajnje svodove nastavljaju se prilazne rampe, a niveleta mosta prati blagi konveksni luk s najvišom točkom na trećem riječnom svodu. Poprečni presjek obuhvaća kolnik širine 5,20 m, dvije pješačke staze po 1,50 m te bočne zidane ograde širine 30 cm (ukupno 8,80 m).



Slika 2. Pogled na prvo stuپیšte mosta



Slika 3. Uzdužni presjek mosta iz originalnog projekta Milivoja Frkovića

Ispod staza smještene su vodovodne, elektro i TK instalacije. Pješačke staze izvedene su od tanke AB ploče i čeličnih I-profila, a instalacijski hodnici ispunjeni su pijeskom i zatvoreni montažnim betonskim pločama. Kolnik ima dvostrešni nagib od 1 do 2 %.

Donji ustroj mosta čine zidani svodovi i masivni riječni stupovi dimenzija $4,00 \times 12,45$ m, temeljeni na trima kesonima ($4,80 \times 13,60$ m; visina 12,50 – 14,00 m). Krajnji svodovi oslonjeni su na velike betonske blokove dimenzija $10,00 \times 10,70 \times 9,70$ m (lijevi) i $12,00 \times 11,00 \times 8,00$ m (desni). Stari most u Sisku ubraja se među najatraktivnije hrvatske građevine i jedan je od rijetkih mostova od kamena i opeke koji se koristi i danas.

Praćenje i ocjena stanja konstrukcije mosta

U desetljeću prije potresa na mostu provedeno je više stručnih pregleda, uključujući vizualni i podvodni pregled, monitoring pomaka, geodetska mjerenja te hidrografska snimanja. Na temelju izvješća Stanje nosive konstrukcije, koje su 2010. izradili stručnjaci s Građevinskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, preporučeno je ukidanje prometa teškim vozilima te dopuštanje prelaska samo pješacima, biciklima, motociklima i osobnim vozilima, uz ograničenje nosivosti do 2 tone. Potresi krajem 2020. i početkom 2021. dodatno su oštetili ranije kompromitirane elemente mosta. Nakon potresa provedeni su specijalistički pregledi s istražnim radovima. Potom je izrađen Elaborat ocjene postojećeg stanja, koji su 2021. izradile tvrtke Urbane ideje i Studio Arhing. Utvrđeno je da je most umjereno oštećen prema EMS98. Kontrolni proračuni pokazali su da konstrukcija nema dovoljnu zalihu nosivosti za horizontalne potresne sile, što je zahtijevalo cjelovitu obnovu i pojačanje u skladu s važećim propisima.

Vizualnim pregledom i istražnim radovima utvrđena su umjerena potresna oštećenja, uglavnom pukotine na uzdužnim zidovima i urušavanje nekonstrukcijskih elemenata poput ograda. Osim toga uočena su oštećenja povezana sa starošću

konstrukcije, izvornim nedostacima i dugogodišnjim nedostatnim održavanjem, koja su identificirana kao kritična zbog mogućeg otkazivanja pod većim prometnim opterećenjem ili tijekom budućih potresa.

Specijalističkim pregledom utvrđen je prodor vode u unutrašnjost mosta, pretežno kroz oštećene pješačke hodnike, lijevani asfalt i rubnjake. Voda zasićena solima natapala je pijesak unutar instalacijskih hodnika, što je uzrokovalo ozbiljna oštećenja nosive betonske ploče i gotovo potpuno propadanje čeličnih profila uslijed korozije. Dodatni prodor vode evidentiran je kroz oštećene kamene vijence stupišta. Donji dijelovi unutrašnjosti stupišta bili su trajno vlažni zbog nemogućnosti otjecanja nakupljene vode.



Slika 4. Korozija čeličnih nosača hodnika na mostu



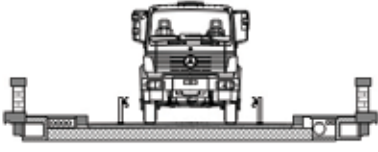
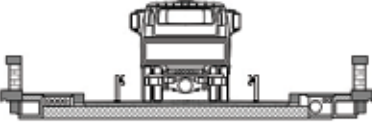
Slika 5. Zatečena oštećenja: a) izluživanje na zidanim sklopovima mosta, b) manje pukotine na zidovima, c) oštećenja prilaznih kamenih stubišta, d) odlamanje kamena na stupištima

Bitumenski premaz nanesen na unutarnju zidanu konstrukciju (vjerojatno tijekom obnove kolničke ploče sedamdesetih godina 20. stoljeća) spriječio je ozbiljnija oštećenja opeke uzrokovana dugotrajnim djelovanjem vode. Lukovi i bočni zidovi iznad njih bili su u dobrome stanju zahvaljujući kvalitetnoj opeci i cementnome mortu.

Na podgledu lukova i bočnim zidovima uočeni su tragovi izluživanja, osobito u rasponima bez unutarnjih komora, gdje je sloj tampona zadržavao vodu i agresivne tvari s kolnika. Kamene vijence uz pješačke ograde, na rubovima lukova i na stupištima mjestimično su jače oštećeni zbog smrzavanja i zaraslog raslinja (slika 5.).

Monitoring pomaka, što su ga od 2012. do 2016. provodili stručnjaci s Građevinskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pokazao je znatnu temperaturnu osjetljivost mosta. U zimskim mjesecima središnji dio konstrukcije spuštao se i do 16 mm u odnosu na ljetne mjesece, a ukupne razlike dosezala je 25 mm. Te deformacije nisu ugrožavale stabilnost mosta, ali su uzrokovala oštećenja na kolniku i pješačkim ogradama (pomaci rubnjaka, otvaranje reški).

Kolnička ploča izvedena je kao kontinuirani nosač preko više raspona, ali je prekinuta u tjemnim zonama gdje asfalt leži

OPIS ZAHVATA	VARIJANTNA RJEŠENJA OBNOVE STAROG MOSTA U SISKU		
	JEDNOTRAČNI PROMET U SKLADU S VAŽEĆOM NORMOM HRN EN 1991-2	JEDNOTRAČNI PROMET S OGRANIČENJEM TEŽINE VOZILA NA 6(12)t	PJEŠAČKI MOST
SHEMATSKI PRIKAZ			
GORNJI USTROJ	- uklanjanje habajućeg sloja i rušenje postojeće kolničke ploče - izvedba nove kolničke ploče, beton C35/45, armatura B500A i B500B - izvedba novog nosivog sustava pješačke staze - radovi redovitog održavanja **	- uklanjanje i ponovna izvedba habajućeg sloja - *uklanjanje habajućeg sloja i gornjeg dijela postojeće kolničke ploče (hidrorazaranjem) te ojačanje gornje zone kolničke ploče armaturom B500A i B500 B i betoniranje do pune visine ploče - provođenje mjera ograničenje ukupne mase vozila kojima je dopušten ulazak na most - radovi redovitog održavanja **	- uklanjanje i ponovna izvedba habajućeg sloja - provođenje mjera ograničenje ukupne mase vozila kojima je dopušten ulazak na most - radovi redovitog održavanja **
DONJI USTROJ	- ojačanje luka armiranobetonskim gredama po ekstradosu - radovi redovitog održavanja **	- *ojačanje zidane strukture lukova - radovi redovitog održavanja **	- radovi redovitog održavanja **

Slika 6. Varijantna rješenja obnove Starog mosta u Sisku predložena u *Elaboratu ocjene postojećeg stanja*

izravno na opeci luka. Prema današnjim normama prometna su opterećenja (HRN EN 1991-2) znatno veća od onih za koja je ploča izvorno projektirana. Istražnim radovima potvrđena je lošija kvaliteta materijala i nedostatna zaštita armature: beton je klase C16/20, armatura je GA240 (Ø 16/42 cm u gornjoj i Ø 16/21 cm u donjoj zoni), a donji zaštitni sloj pretanak je ili lokalno potpuno izostao, što je rezultiralo korozijom i odlamanjem betona. Kao kritični lokalni mehanizam otkazivanja pod potresnim djelovanjem identificirano je izvanravinsko rušenje zidane ograde, kod koje se zbog mase i načina oslanjanja očekivalo otvaranje zgloba u podnožju i/ili na sredini visine.

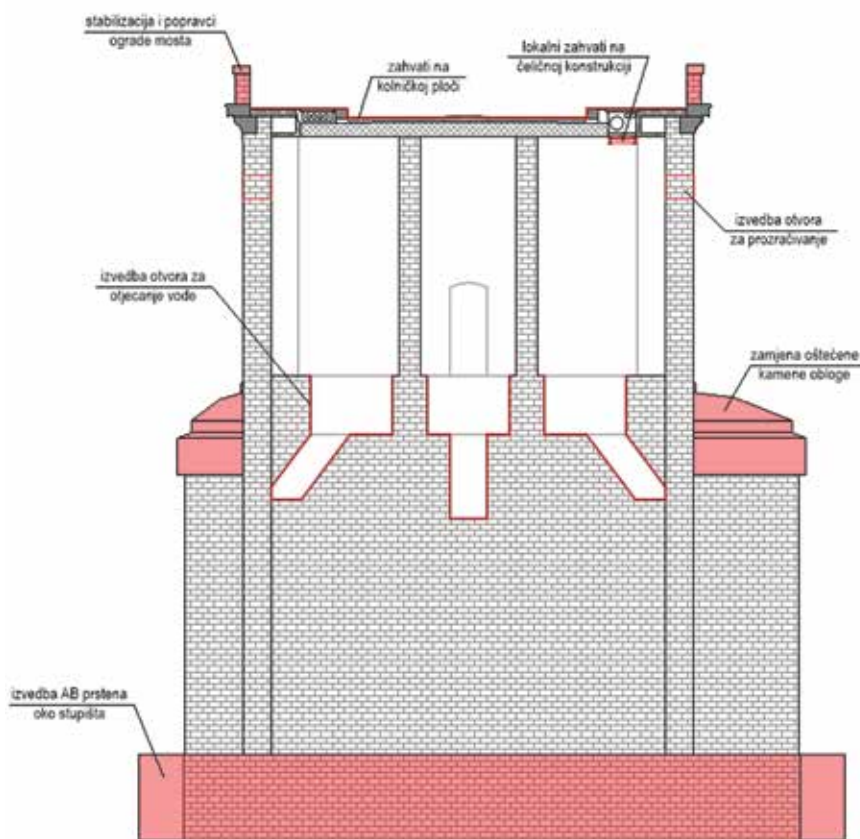
Prijedlozi sanacije i pojačanja mosta

Na temelju istražnih radova u *Elaboratu ocjene postojećeg stanja*, a prije izrade detaljnih proračuna i financijske analize, Gradu Sisku predstavljene su tri varijante rješenja za sanaciju mosta, usklađene s uvjetima Konzervatorskog odjela. Varijante su obuhvaćale različita rješenja, od pojačanja mosta koje bi omogućilo promet teškim vozilima do potpune prenamjene u pješački most. U svim varijantama bili su istaknuti neophodni radovi na sanaciji i pojačanju zidane kon-

strukcije i kamene plastike, a kao što je to prikazano na slici 6. Neovisno o predloženoj i odabranom varijantnom rješenju bili su predviđeni i sljedeći radovi na obnovi mosta:

- uklanjanje asfalta i hidroizolacije na mostu
- reprofiliacija gornje strane kolničke ploče (uklanjanje betona hidrorazaranjem, vodom pod visokim pritiskom i ugradnja novog sloja betona); zamjena oštećene armature i ugradnja nove za pojačanje kolničke ploče
- rekonstrukcija hodnika koja uključuje reprofiliaciju oštećenih dijelova i izvedbu hodnika tako da sprječavaju prodor i akumuliranje vode
- izvedba novih revizijskih okana za instalacije na hodnicima i okana na stupištima za ulazak u unutrašnjost mosta
- sanacija i pojačanje zidane pješačke ograde
- sanacija oštećenih kamenih vijenaca ispod pješačke ograde
- ponovno zidanje pješačke ograde istom opekam i kamenim elementima s ugradnjom vertikalnih elemenata (armiranobetonskih ili čeličnih) za osiguranje stabilnosti zida na horizontalne sile; vertikalni elementi usidreni su u kamene vijence i obzidani opekam tako da se neće vidjeti nakon obnove zida

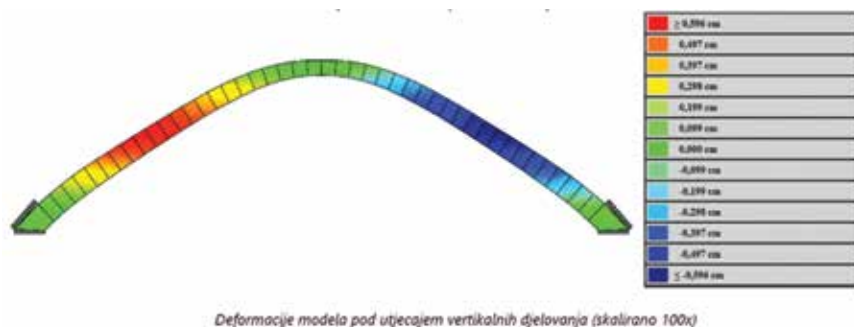
- reprofiliacija kolničke ploče s donje strane (uklanjanje betona hidrorazaranjem, vodom pod visokim pritiskom i ugradnja sanacijskog morta); zamjena oštećene armature novom
- uklanjanje postojećih slivnika i ugradnja novih, s vertikalnim ispuštom kroz kolničku ploču i lučnu konstrukciju te izravnim izljevom pod most
- sanacija kamenih rubnjaka
- ugradnja nove hidroizolacije i asfaltne kolničke konstrukcije
- ugradnja besavčnih prijelaznih naprava na mjestima svih dilatacijskih reški rasponske konstrukcije kako bi se spriječili nekontrolirana pojava pukotina na kolniku te prodor vode u konstrukciju mosta
- pojačanje lučne konstrukcije (način i obuhvat ovisi o odabranoj varijanti obnove mosta)
- izvedba (proširenje postojećih) pročjednica iz unutrašnjosti mosta iznad lučne konstrukcije i iz stupišta kako bi se omogućilo istjecanje eventualno nakupljene vode
- izvedba otvora za prozračivanje unutrašnjosti mosta iznad lučne konstrukcije i iz stupišta kako bi se smanjila pojava kondenzacije u unutrašnjosti; otvori se izvode na bočnim zidovima iznad lukova i u bočnim zidovima stupišta



Slika 7. Shematski prikaz obuhvata sanacije i pojačanja neovisno o načinu pojačanja rasponske konstrukcije

- sanacija svih oštećenih kamenih površina na mostu
- sanacija stubišta na upornjacima
- pranje svih zidanih površina mosta (s vanjske strane) i premazivanje hidrofbnim premazom
- izvedba armiranobetonskih stopa oko donjeg dijela stupišta u koritu rijeke za pojačavanje temelja i sprječavanje podlokavanja i erodiranja temelja i stupišta
- bravarski radovi:
- izvedba novih vrata za ulazak u upornjake
- sanacija penjalica za ulazak u unutrašnjost stupišta i izvedba u skladu s pravilima o zaštiti na radu (izvedba leđobrana)
- izvedba platformi za sigurno kretanje u unutrašnjosti mosta: u dnu stupišta i za ulazak na lučnu konstrukciju, a sve radi sigurnog provođenja periodičkih pregleda unutrašnjosti mosta.

U sklopu sanacije izvedeno je čišćenje kamenih i opečnih elemenata uklanjanjem izluživanja, mikrobioloških naslaga, grafitu i crnih kora, kombinacijom laserskih i abrazivnih postupaka. Mehanički oštećeni kameni blokovi zamijenjeni su novima. Elementi koji se nisu mogli izvaditi, sanirani su reprofiliacijom i konsolidacijom, uz lijepljenje epoksidnim smolama i učvršćivanje skrivenim karbonskim ili inoksidima. Pukotine i manji nedostaci ispunjeni su toniranim umjetnim kamenom.



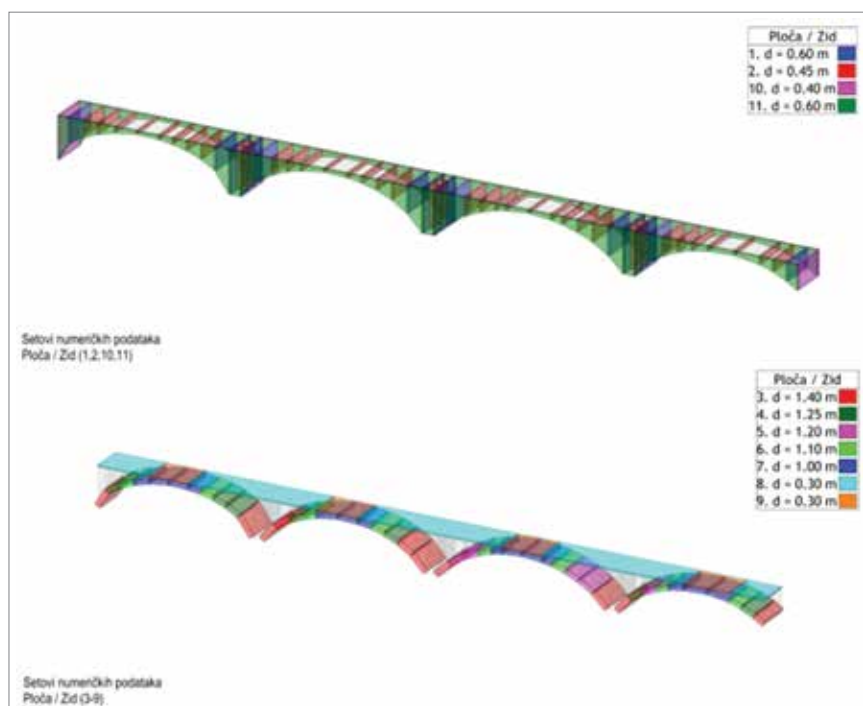
Slika 8. Deformacije modela pod utjecajem vertikalnih djelovanja (skalirano 100x)

Rekonstrukcija dijelova kamene plastike izvedena je umjetnim kamenom uz završnu klesarsku obradu i tonsko usklađivanje s izvornim materijalom.

Analiza postojećeg stanja mosta

Analiza postojećeg stanja mosta bila je znatno olakšana dostupnom arhivskom dokumentacijom, izvješćima s periodičkih pregleda i podacima nastalih tijekom monitoringa. Prve preliminarne analize provedene su grafičkim metodama, uz brojne pretpostavke. Tijekom izrade *Elaborata ocjene postojećeg stanja* paralelno su izrađivani i numerički proračuni. Nakon što su prikupljeni svi ulazni podaci i dovršen Elaborat, definiran je prijedlog varijantnih rješenja pojačanja/prenamjene mosta s grubom procjenom potrebnih radova. Za potrebe ocjene nosivosti modeliran je reprezentativni segment – luk najvećeg raspona (38,50 m) u programskom paketu HiStrA, uz korištenje materijalnih svojstava utvrđenih istražnim radovima i elaboratom.

Na proračunskom modelu provedena je nelinearna statička analiza (metoda postupnoga guranja), uz prethodno uvažavanje gravitacijskih djelovanja. Iako su potresna oštećenja konstrukcije bila umjerena, analiza je pokazala znatno nedovoljnu potresnu otpornost, osobito u poprečnome smjeru mosta: postojeće stanje ostvarivalo je približno 41 % zahtjeva prema HRN EN 1998. Uz to provjerene su posmične nosivosti poprečnih zidova koji nose kolničku konstrukciju. Iako su zadovoljavale na vertikalna opterećenja, njihova je otpornost u ravnini pod potresnim djelovanjem bila prekoračena.



Slika 9. Prostorni prikaz modela s pridruženim debljinama zidova, lukova i ploča

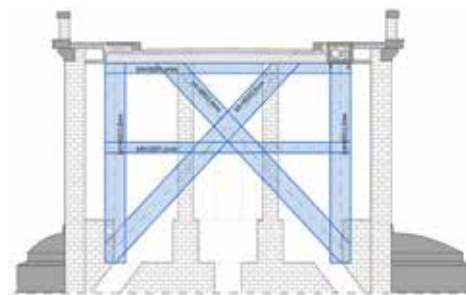
Koncept konstrukcijske obnove mosta

Budući da je Stari most ocijenjen prikladnim za obnovu kao cjelina te uzimajući u obzir razinu oštećenja i njegovu važnost, odabrana je cjelovita obnova konstrukcije (razina 4 prema HRN EN 1998).

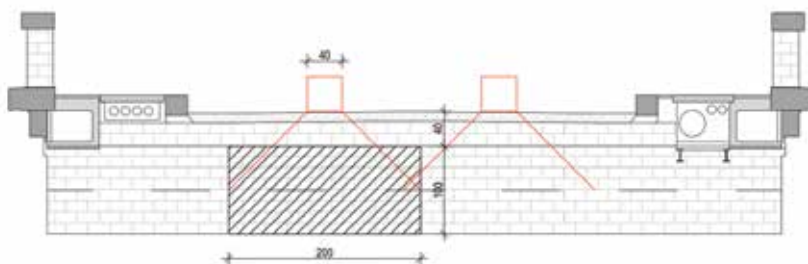
U sklopu izrade projektne dokumentacije za obnovu mosta, detaljnijom analizom mehaničke otpornosti i stabilnosti prethodno predloženih varijantnih rješenja pojačanja. Provedene su kontrole nosivosti za vozila težine 16 (18) t, 12 t, 6 t i 3 t. Na temelju tih rezultata zaključeno je da bi za vozila težine od 6 t do 18 t, uz manje varijacije, jedino moguće rješenje pojačanja bilo ugradnja paralelne armiranobetonske sandučaste konstrukcije u zidano tijelo mosta koja bi mogla preuzeti predviđena opterećenja.

Od varijanti pojačanja predloženih u *Elaboratu ocjene postojećeg stanja* Grad Sisak je kao naručitelj inicijalno odabrao varijantu 1 (jednoračni promet prema HRN E 1998-2 s ograničenjem težine vozila na 16(18) t). Međutim, procijenjeno je da bi takvo tehničko rješenje iznimno invazivne intervencije nepovratno uništilo vrijednost mosta

kao vrhunskog primjera zaštićene (mosto)graditeljske baštine. Konzervatorski odjel Ministarstva kulture i medija također je smatrao da bi takvo rješenje bilo neprihvatljivo jer je Stari most zaštićeno kulturno dobro.



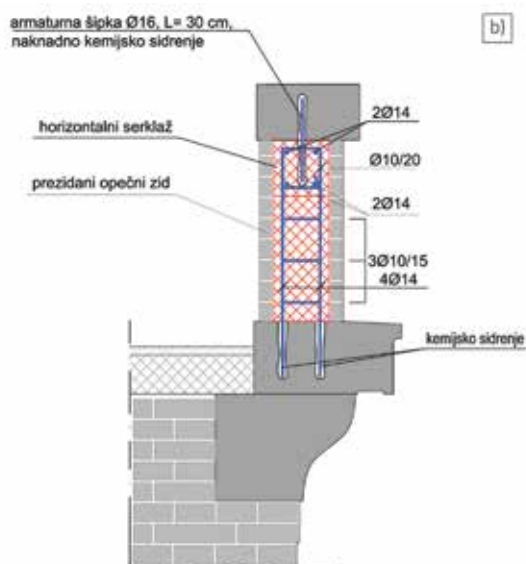
Slika 10. Shema postavljanja traka na poprečne zidove i izvedeno stanje



Slika 11. Utjecaj koncentriranog opterećenja vozila na mjerodavni luk – raspodjela opterećenja po poprečnome presjeku luka

Kako bi se očuvao jedan od najvrjednijih postojećih zidanih mostova u Hrvatskoj, projektanti su donijeli racionalno rješenje o njegovoj obnovi minimalnim zahvatima na konstrukciji. Izmjenom, odnosno dopunom projektnog zadatka težina vozila koja prolazi mostom ograničena je na 3,7 tona (laki gradski autobus). Budući da norma HRN EN 1991-2:2012 te pripadni nacionalni dodatak ne sadržavaju modele opterećenja za ograničenje težine vozila na B kategoriju (odnosno na 3,7-tonsko vozilo), provedena je interpolacija korištenjem vrijednosti faktora prilagodbe opterećenja iz norme DIN 1072, odnosno prema uputi iz članka *Eurocode road traffic load models for weight restricted bridges* (D. Proske, University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria & S. Loos, Ingenieurbüro Lopp, Weimar, Germany).

Na temelju proračuna izvedeno je pojačanje kolničke ploče i temelja te analiziran utjecaj poprečnih zidova na raspodjelu opterećenja. Najveći nedostatak, nemogućnost zidova iznad lukova da preuzmu vlačna naprezanja, otklonjen je njihovim pojačanjem karbonskim vlaknima, čime je povećana otpornost i stabilnost okomito na uzdužnu os mosta. Modalna analiza dala je kratke peri-



Slika 13. a) Sanacija opečnog zida ograde, b) Prikaz pojačanja ograde

ode osciliranja ($T_1 = 0,205$ s; $T_2 = 0,195$ s) uz $q = 1,5$ i smanjenu krutost zidova zbog raspucavanja. Dodatno je pojačana armatura kolničke ploče radi boljeg prijenosa inercijskih sila i povećanja poprečne stabilnosti mosta.

U nastavku dan je opis proračunskih modela za ključne dijelove mosta.

Poprečni zidovi iznad lukova

Na temelju proračuna vertikalne nosivosti utvrđeno je da postojeće zide zadovoljava nosivost. Povećanje potresne otpornosti, osobito posmične i vlačne, omogućeno je ugradnjom horizontalnih, vertikalnih i dijagonalnih FRP traka. Dimenzioniranje tih traka temeljilo se na tzv. *strut & tie* modelu, u kojemu FRP elementi preuzimaju vlačna naprezanja, a zidano zide služi kao tlačni strut.

Kontrola nosivosti luka

Proračun nosivosti i stabilnosti postojećega zidanog luka na vertikalna djelovanja izrađen je u 2D modelu u softveru *RADIMPEX Tower 8.4* za luk najvećeg raspona. Model je formiran od grednih elemenata širine oko 200 cm, uz konzervativno zadanu širinu zbog nesigurnosti u tlačnu čvrstoću morta i razine poznatih podataka. Promjenjiva debljina luka aproksimirana je segmentnim variranjem debljine u modelu.

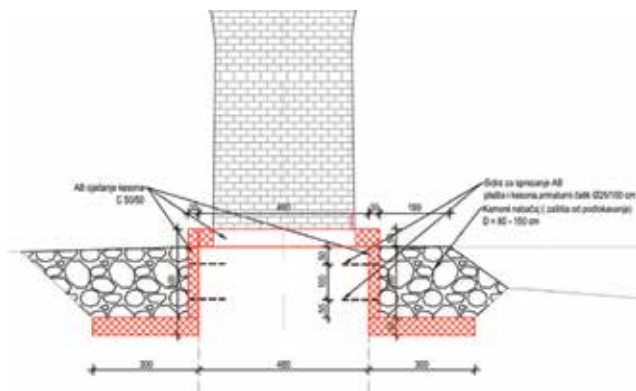
Temelji stupišta, kesoni

Da bi se spriječilo podlokavanje i erodiranje temelja i stupišta uslijed djelovanja toka vode, bila je predviđena izvedba armiranobetonskog pojačanja kesona u koritu rijeke uz dodatno nasipavanje kamenog nabačaja $D = 80 - 150$ cm. Ar-

miranobetonski plašt debljine 30 cm te greda po njegovu vrhu dimenzija $b/h = 70/50$ cm izvedeni su po čitavome opsegu stupišta.

Također su bili planirani potpuno uklanjanje postojećih instalacijskih kanala i njihova zamjena novima istih dimenzija. Sanacija zidane pješačke ograde izvedena je djelomičnim uklanjanjem oštećenih dijelova te ponovnim zidanjem, tašeli-ranjem i reprofiliranjem. Pojačanje zida ostvareno je vertikalnim bušenjem kroz cijelu visinu zida do kamene podloge i ugradnjom inoks-sidara, kao što je to prikazano na slici 13.

Na zahtjev konzervatora u fazi sanacije odlučeno je da se na prilazu mostu ugradi jedno polje od velikih granitnih kocki koje su ranije bile prekrivene asfaltom (slika 14.).



Slika 12. Prikaz pojačanja temelja stupišta



Slika 14. Polje granitnih kocki na prilazu mostu

Detalji izvedenih radova prikazani su na slikama 15. do 17.



Slika 15. Otvori za prozračivanje izvedeni u vanjskome zidu stupišta

Završetak radova na obnovi i probno opterećenje mosta

U završnoj fazi obnove provedeno je probno opterećenje mosta, pri čemu su mjerene relativne deformacije i lokalna naprezanja na svodovima, zidovima i stupovima. Dobiveni eksperimentalni podaci poslužili su za kalibraciju proračunskog modela i usporedbu s analizama prolaska stvarnih i normativnih opterećenja (Model 1, HRN EN 1991-2). Ispitivanja su proveli *Examen lab d.o.o.* i *Expin s.l.r.* Rezultati su pokazali manja progibanja, odnosno veću krutost od očekivane, što upućuje na šire rasprostiranje osovinskog opterećenja i veću sudjelujuću širinu luka.



Slika 16. Dio betona gornje strane kolničke ploče uklonjen je hidrodinamičkim postupkom



Slika 17. Izmijenjeni detalj pojačanja opečnih zidova pješačke ograde inoks-šipkama – bušenje postojećeg zida i sidrenje u kamen ili sidrenje u kamen i zidanje oko inoks-šipke na prezidanim dijelovima

Za lučni sustav to znači povećanu tlačnu površinu u presjeku, što pozitivno utječe na naprezanja. Pri prolasku vozila mase 10 t cijeli poprečni presjek luka ostaje u tlačnome naprezanju.

Na temelju provedenih mjerenja ocijenjeno je da je povećanje dopuštenog opterećenja s 3,7 t na 10 t uvjetno prihvatljivo, uz jednogodišnji probni period tijekom kojeg je potrebno kontinuirano pratiti deformacije, pomake i naprezanja mosta u eksploataciji.



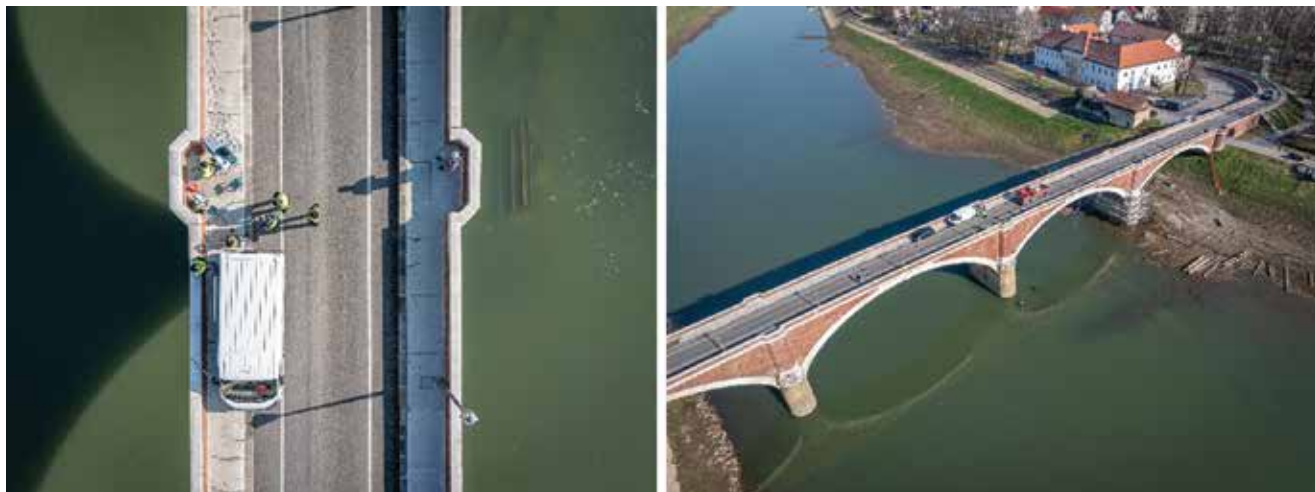
Slika 18. Postavljanje mjerne opreme na intrados luka

Zaključak

Stari most u Sisku, izgrađen između 1926. i 1934., jedan je od najvažnijih simbola grada i vrijedan primjer zidane mostogradnje u Hrvatskoj.

Tijekom desetljeća korištenja most je pretrpio oštećenja uzrokovana starošću, neadekvatnim održavanjem te nedovoljnom nosivošću kolničke ploče za današnja prometna opterećenja. Potresi iz 2020. i 2021. dodatno su narušili njegovu stabilnost, uzrokovali pukotine, oštećenja pješačkih ograda i prodor vode u konstrukciju, što je zahtijevalo njegovu cjelovitu obnovu.

Na temelju istražnih radova i *Elaborata ocjene postojećeg stanja* razmotrene su različite varijante obnove. Odabrano



Slika 19. Mjerenja tijekom probnog opterećenja mosta

rješenje osiguralo je cjelovitu obnovu mosta, pojačanje temelja i kolničke ploče te zaštitu kamenih i opečnih elemenata radi očuvanja kulturne i povijesne vrijednosti mosta. Izvedeni su radovi na reprofilaciji kolničke ploče, rekonstrukciji hodnika i pješačkih ograda, pojačanju zidova FRP trakama, sanaciji kamenih vijenaca i temelja te modernizaciji odvodnje i instalacija. Probno opterećenje potvrdilo je stabilnost i sigurnost mosta, a izvedena rješenja omogućit će njegovu daljnju funkcionalnu i sigurnu upotrebu.

Izvori:

- [1] Pojatina, J., Galić, J., Vujašinović, M.: Obnova crkvi nakon potresa, Seizmičke obnove i rekonstrukcije, HCPI-IS, Zagreb, 2025.
- [2] Urbane ideje, Studio Arhing: Istražni radovi i elaborat ocjene postojećeg stanja s prijedlozima sanacije
- [3] Ožbolt, M., Anđić, D.: Projekt cjelovite obnove Starog mosta u Sisku, glavni projekt, Mapa 1 – građevinski projekt,
- [4] Bačan, T.: Projekt cjelovite obnove Starog mosta u Sisku, glavni projekt, Mapa 2 – elektrotehnički projekt
- [5] Anđić, D.: Projekt cjelovite obnove Starog mosta u Sisku, glavni projekt, Mapa 3 – građevinski projekt konstrukcije
- [6] Urbane ideje, Studio Arhing: Projekt cjelovite obnove mosta, Mapa 2 – elektrotehnički projekt
- [7] Jurcan, E.: Konzervatorsko-restauratorski elaborat
- [8] Šašinka, O.: Elaborat konzervatorsko-restauratorskih istraživanja na kamenoj plastici Starog mosta preko Kupe u Sisku
- [9] Radić, J.: Lučni mostovi hrvatskog graditelja Milivoja Frkovića, Arch Bridges IV, International Center for Numerical Methods in Engineering, Barcelona, 2004., pp. 97-97