

INOVATIVNE IN PRILAGOJENE REŠITVE OJAČITVE VIADUKTOV RAVBARKOMANDA MED LETOMA 2017 IN 2019

INNOVATIVE AND MODIFIED SOLUTIONS OF STRENGTHENING VIADUCTS RAVBARKOMANDA IN YEARS 2017-2019

Iztok Turk, univ. dipl. inž. grad.

iztok.turk@promico.si

Matej Oman, univ. dipl. inž. grad.

matej.oman@promico.si

Vit Ljubetič, inž. grad.

vit.ljubetic@promico.si

Promico, d. o. o., Dunajska cesta 106,
1000 Ljubljana

Strokovni članek

UDK 624.21.037:001.895(497.4)

Povzetek | Predstavljene so inovativne rešitve, uvedene in preizkušene pri celoviti rekonstrukciji z ojačitvijo viaduktov Ravbarkomanda med letoma 2017 in 2018. Opisani so ukrepi pri ojačitvi podpornih konstrukcij in prekladnih konstrukcij ob istočasni razširitvi vozišč s posodobitvijo krova in opreme. Obnove mostov z njihovo ojačitvijo pogosto zahtevajo inovativne in nove prilagojene rešitve, ki se pogosto porajajo med opravljanjem del. Na viaduktu Ravbarkomanda so bile uvedene novosti, ki so optimizirale rekonstrukcijo viaduktov z vgradnjo karbonskih palic pri ojačitvi konzolnega dela krovne plošče, ojačenjem konzolnih glav stebrov s prednapetjem ter uporabo specialnih parov jeklenih jarmov za dvig prekladnih konstrukcij ob zamenjavi ležišč. Vzpostavljeno je bilo celovito stalno opazovanje, ki omogoča vpogled v obnašanje konstrukcij viaduktov. Na viaduktih Ravbarkomanda preizkušene rešitve odpirajo možnosti za njihovo nadaljnjo koristno uporabo ob obnovah z ojačitvijo konstruktivnih elementov mostov.

Ključne besede: obnova, ojačitev, most, viadukt, karbonske palice, ojačitev konzol, prednapetje glav stebrov, jekleni jarem, stalno opazovanje

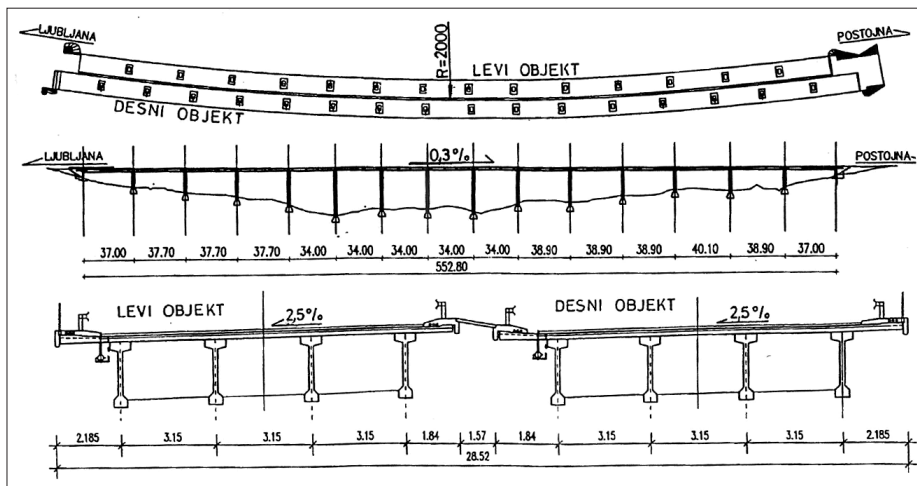
Summary | The paper presents innovations introduced and tested during comprehensive reconstruction with strengthening of the two Ravbarkomanda viaducts in 2017 and 2018. The strengthening of the substructures, the repair and strengthening works of the superstructures as well as the expansion of the carriageways, carried out while modernizing the bridge deck, and equipment are described. Bridge repair and its strengthening are demanding and complex tasks, requiring innovative and modified solutions that usually arise during the implementation. At the Ravbarkomanda viaduct, innovations were introduced that optimized the strengthening of structures with the introduction of carbon rods during non-destructive strengthening of slab cantilevers, reinforcement of heads with cantilever form of pillars with pre-stressing and the use of special pairs of steel yokes to lift superstructures while replacing bearings. Comprehensive permanent monitoring was established, which enables the insight into the behaviour of viaduct structures. The tested solutions open up possibilities for their further useful application in bridge repair and strengthening.

Key words: repair, strengthening, bridge, viaduct, carbon rods, cantilever strengthening, pre-stressing of pillar heads, steel yoke, permanent monitoring

1 • KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA VIADUKTOV RAVBARKOMANDA

Viadukta Ravbarkomanda sta bila zgrajena leta 1972 na enem izmed prvih avtocestnih odsekov v Sloveniji. Lokacija objekta je izpostavljena ostrim podnebnim razmeram, za katere so značilne močna burja in nizke

temperature pozimi. Podobno kot drugi večji objekti na slovenskih avtocestah iz obdobja od 1970 do 1990 imata viadukta prostoležečo prekladno konstrukcijo, ki je sestavljena iz armiranobetonskih prednapetih montažnih



Slika 1 • Dispozicija viadukta Ravbarkomanda.

2 • ZGODOVINA PREDHODNO OPRAVLJENIH OBNOVITVENIH DEL IN STANJE VIADUKTOV PRED LETOM 2017

Med letoma 1996 in 1998 je bila narejena celovita obnova prekladnih konstrukcij in opreme objektov (Čabrilo, 1997). Zaradi majhnega vzdolžnega nagiba, nefunkcionalnosti odvodnje in ob hkratnem neustreznem vzdrževanju objekta je bilo odtekanje vode z vozišča pri nalivih počasno in slana pršica je močila površino zunanjih vzdolžnih nosilcev. Sčasoma je prišlo do poškodovanja nosilcev, korozije nekaterih kablov v zunanjih nosilcih ter propada betona in korozije armature konzolnih glav stebrov. Opravljena je bila celovita rekonstrukcija prekladnih konstrukcij, ki je obsegala sanacijo robnih nosilcev, nadomestitev poškodovanih kablov z zunanjimi kabli ter saniranje voziščne plošče z dobetoniranjem konzol. Zamenjana je bila tudi celotna oprema objekta (dilatacije, odvodnja, krov).

Z namenom povečanja potresne varnosti viaduktov je bilo leta 2008 izvedeno obbetoniranje spodnjih delov stebrov, nekaj nižjih stebrov pa je bilo obbetoniranih v celoti. Ostali stebri so se lokalno sanirali z reparaturnimi maltami, kar se je s pozneje pokazalo za neustrezno.

Na osnovi detajlnega pregleda, opravljenega v obsegu, predpisanem v projektni nalogi, je bil v letu 2016 izdelan PZI rehabilitacije viadukta Ravbarkomanda (Promico, 2016). V začetni fazi del na desnem viaduktu so bile ob popolni zaporu prometa na njem in postavljenih odrih omogočene detajlnejše preiskave in temeljit vizualni pregled. Ugotovljene so bile obsežne poškodbe, večinoma na bočnih JV strani vmesnih stebrov, kjer so tudi dnevna temperatura nihanja največja, oziroma na mestih predhodno neustrezno saniranih površin. Najintenzivnejše poškodbe so bile na stebrih pod neustrezno vzdrževanimi dilatacijami. Zaščitna plast betona je bila kontaminirana, armatura je korodirala, povečala svoj volumen in povzročila postopno delaminacijo zaščitne plasti betona. Ker v stebrih ni bila vgrajena stremenska armatura, ki bi objela glavno armaturo, se je ta ponekod neovirano uklonila.

Na glavah stebrov so bile ugotovljene obsežne poškodbe (nesprijetost reparaturnih malt s podlogo, razpoke betona, korozija armature). Na kritičnih konzolnih delih glav stebrov pod vzdolžnimi nosilci prekladne konstrukcije so

nosilcev, kateri s prekratnimi konzolami nalegajo na stebre (slika 1). Desni viadukt, dolg 595 m, ima 17 polj, levi viadukt, dolg 556 m, pa 15. Razponi polj so dolgi 34 do 40 m. Vsaka od prekladnih konstrukcij ima 4 dilatacijske enote, med katerimi so vgrajene jeklene dilatacije.

Prekladna konstrukcija ima v vsakem polju po štiri vzdolžne prednapete montažne I-nosilce, med katere so bili po montaži zabetonirani štirje prednapeti prečniki. Nad vzdolžnimi in prečnimi nosilci je bila zabetonirana voziščna plošča, ki je znotraj posamezne dilatacijske enote elastično povezana nad vmesnimi podporami.

Podporni konstrukciji viaduktov sestavljata po dva masivna krajna opornika in 16 (levi viadukt) oziroma 14 (desni viadukt) vmesnih podpor na stebrih. Stebri osmerokotnega škatlastega prereza so spodaj vpeti v plitve temelje, zgoraj pa se razširijo v konzolne glave stebra, na katere preko elastomernih ležišč nalegajo vzdolžni nosilci. Glave imajo v prečni smeri na obeh straneh daljšo konzolo, ki je običajno najbolj obremenjeni konstrukcijski element mostov tega tipa.

bile sicer za armirani beton običajne konstruktivne razpoke, ki pa so se povečevale ob zamakanju iz poškodovanih dilatacij prekladne konstrukcije.

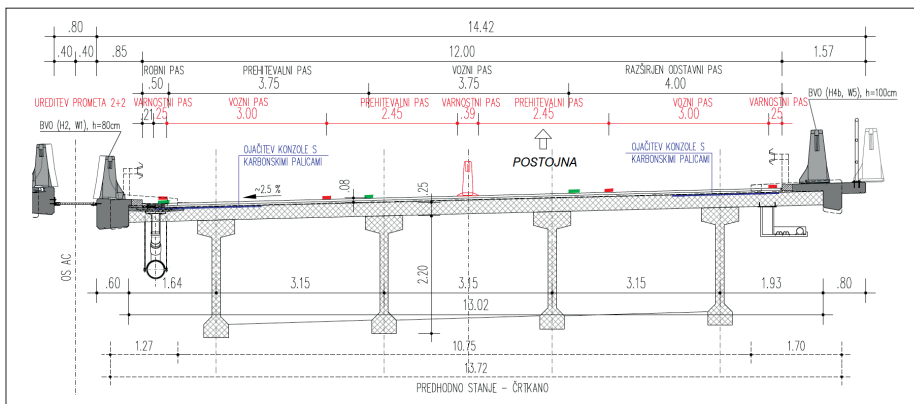
Ležišča so bila po 45 letih uporabe dotrajana, večinoma so bila vgrajena preblizu zunanjemu robu glave stebrov. Dilatacije, vgrajene pred 20 leti in več, niso bile vodotesne, ob njihovem slabem vzdrževanju so se na vseh pojavljali sledovi zamakanja.

Prekladni konstrukciji sta bili pred dobrimi dvajsetimi leti kvalitetno in celovito sanirani, tako da ni bilo zaznati novih večjih poškodb. Na vzdolžnih nosilcih in prečnikih se je lokalno pojavljalo odstopanje reparaturne malte in krovnih plasti betona, korozija vidne armature, zaščitni premaz nosilcev iz predhodne rekonstrukcije se je lokalno odluščil. Na posameznih zunanjih kablilih so bile ugotovljene lokalne mehanske poškodbe polietilenskega zaščitnega ovoja. Na njihovih strižnih ojačitvah, sidriščih in deviatorjih so bili ponekod prisotni korozijski produkti.

Poškodbe krova objekta so bile običajne za dve desetletji uporabe v ostrih podnebnih razmerah. Cevi odvodnje so ponekod spuščale, ponekod so bile zamašene, stiki cevi in posameznih fazonskih kosov so bili netesni, izlivniki so bili poškodovani.

3 • OBNOVA VIADUKTOV MED LETOMA 2017 IN 2019

Izkazalo se je, da so predvsem na vmesnih podporah prisotne precej obsežnejše poškodbe od predhodno zaznanih. Po potrjenih rešitvah se je projekt za izvedbo dopolnjeval vzporedno z izvajanjem del, kar je z vidika racionalnosti preiskav in režima prevoznosti objekta najsmotnejše ter pri obnovah mostov običajno. Tak pristop zahteva hitro pripravo projektnih rešitev s strani projektanta (Promico, d. o. o.) ter ažurno potrjevanje s strani inženirja (DRI, d. o. o.) in naročnika (DARS, d. d.) ter tudi fleksibilnost izvajalca (vodilni partner JV Kolektor CPG, d. o. o., s podizvajalcem Map Trade, d. o. o., in drugimi).



Slika 2 • Karakteristični prerez desnega viadukta Ravbarkomanda po obnovi.

Dela pri rehabilitaciji desnega viadukta so trajala od junija do novembra 2017. Zaradi poznega začetka del, ugotovljenih dodatnih del in obsežnejših sicer predvidenih del so bila pred zimo zaključena vsa potrebna dela za nemoteno prevoznost po dveh pasovih v vsaki smeri (sistem 2+2) med potekom rehabilitacije levega viadukta. V slabih šestih mesecih so bili opravljeni celovita ojačitev podpornega sistema, sanacija prekladne konstrukcije in zamenjavo krova. Obnova desnega viadukta bo predvidoma zaključena spomladi leta 2019.

Pri obnovi viaduktov se je vozišče objekta razširilo, tako da je zagotovljena širina objekta za začasno vodenje prometa po sistemu 2+2 pasov (slika 2), kar omogoča tudi vzpostavitev tretjega prometnega pasu (t. i. sistem »hard shoulder« na odstavnem pasu širine 4 m).

Ker je bila pri obnovi viaduktov Ravbarkomanda, ki sta na prometno močno obremenjenem odseku avtoceste, narejena njihova rekon-

strukcija, je bilo treba upoštevati prometno obtežbo po sedaj veljavnih Eurokodih.

3.1 Celovita obnova in utrditev podporna konstrukcije z ojačitvijo glav stebrov

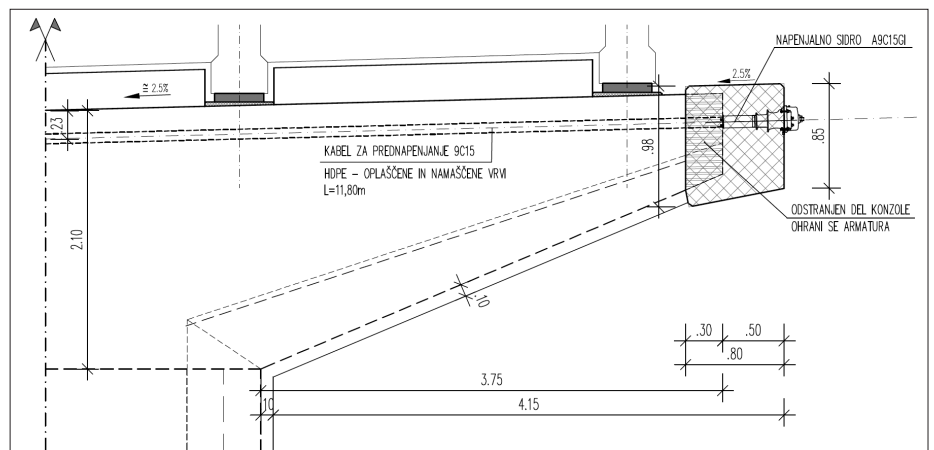
Ugotovljen obseg poškodovanosti stebrov in njihovih glav, neugodne meteorološke razmere (izpostavljenost vetru, visoke temperature) za nanašanje malte na obstoječe stebre (vezni sloj za boljšo sprijemnost se prehitro osuši, kar onemogoči korektno sprijemnost malte tokret s podlago) so pogojevali odločitev o celoviti brezkompromisni rekonstrukciji vmesnih podpor. V izogibitev možnosti ponovnih sanacij

trajno rešitev za preostalo predvideno dobo uporabe.

Na konceh glav stebrov sta se izvedla armiranobetonska sidrna bloka (slika 3), preko katerih so se glave stebrov prečno prednapele. Na ta način so se glave stebrov ojačile za upoštevano povečano prometno obtežbo, preprečilo se je povečevanje obstoječih razpok, istočasno pa z dodatnimi kabloma nadomestilo do 20 % morebitno poškodovane armature. Po zamenjavi ležišč je sledila sanacija ležiščnih površin glav stebrov (reprofilacija površin z reparaturno polimerno malto oz. dobetoniranje pri bolj poškodovanih glavah stebrov). Kompletna glava stebrov se je obbetonirala in zaščitila s specialno polimerno membrano (slika 4).

Na obeh viaduktih se je izvedla zamenjava vseh ležišč, skupaj 256 elastomernih armiranih ležišč. Ker se v času gradnje viaduktov ni predvidevalo, da se bodo ležišča v eksploatacijski dobi objektov menjavala, na viaduktih ni bilo ležiščnih polic za postavitev dvigalk pri menjavi ležišč. Za najustreznejši način dvigovanja prekladnih konstrukcij ob posameznem stebri je bila s stališča tehnologije in varnosti pri izvedbi izbrana uporaba para specialnih jeklenih jarmov (Freyssinet Adria SI, 2017).

Jarma sta se namestila na obe strani stebra, kjer sta preko dveh obešal nalegala na pripravljeno podlago na stebri. Med seboj sta bila povezana z navojnimi palicami. Z dvema nizoma po štiri hidravlične dvigalke (slika 5), nameščene na jarma pod vzdolžnimi nosilci prekladne konstrukcije, se je izvedel njen dvig za 10 mm. Sledila sta odstranitev obstoječih ležišč in kontaminiranih ali previsokih ležiščnih blokov ter vgradnja novih elastomernih armiranih ležišč z jeklenima ploščama.



Slika 3 • Ojačitev glave stebrov s prednapanjanjem.



Slika 4 • Glava stebra po ojačitvi.



Slika 5 • Zamenjava ležišč z uporabo jeklenih jarmov (tehnologija in izvedba Freyssinet Adria SI, d. o. o.).

3.2 Sanacija prekladne konstrukcije

Na prekladni konstrukciji so bila potrebna lokalna sanacijska dela. Na nosilcih, prečnih in spodnji površini voziščne plošče sta se po očiščenju poškodovanih površin izvedla injektiranje razpok ter lokalna sanacija z reparaturno malto.

Lokalna obnova zaščitnega ovoja – bandaže kabelskih cevi zunanjih kablov – se je izvedla z večplastnim sistemom toplo krčnih kabelskih manšet, ki zagotavljajo vodotesnost. Strižne ojačitve so se celovito zaščitile proti koroziji, lokalno se je obnovila protikorozijska zaščitna sidrišč in deviatorjev.

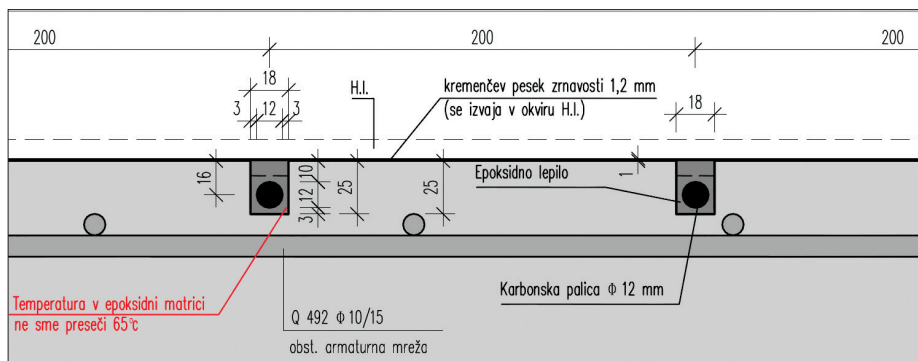
3.3 Ojačitev konzol voziščne plošče z uporabo karbonskih palic po metodi NSM CFRP

Z razširitvijo vozišč na viadukih, katere namen je bil omogočiti tudi prometni režim 2+2, in

na plošča po njeni temeljiti rekonstrukciji in ojačitvi leta 1996 v dobrem stanju, smo iskali alternativne nedestruktivne postopke ojačitve konzole s čim manjšim posegom v obstoječo konstrukcijo. Odločili smo se za ojačitev s karbonskimi palicami (slika 6), vgrajenimi v utore v zgornji površini voziščne plošče tik pod površino (metoda NSM CFRP – Near Surface Mounted Carbon Fibre Reinforced Polymer) (Ljubetič, 2017). Karbonske ojačitvene palice se vgradijo v obstoječi prerez armiranobetonske konstrukcije, s čimer so zaščitene pred poškodbami med obnovo asfaltne vozišče kakor tudi pred temperaturnimi vplivi ob polaganju hidroizolacije in asfaltiranju. Navedeno izključuje uporabo pri nas in v svetu bolj poznanih karbonskih lamel.

Ob primerno pripravljenem utoru v armiranobetonski konzoli tvori sistem ojačitve še ojačitveni element iz kompozitnih materialov (karbonske ojačitvene palice) in polimerno lepilo (epoksidna matrika). Kompoziti za ojačitev gradbenih konstrukcij so visokotehnološki izdelki, praviloma sestavljeni iz ogljikovih vlaken v epoksidni matriki (CFRP – Carbon Fibre Reinforced Polymer). Kompozitni material ima ugodne mehanske lastnosti, njegova natezna trdnost je visoka, poleg tega je odporen proti kemičnim in korozijskim vplivom. Lepila iz epoksidnih smol imajo veliko lepilno moč, zato je njihova uporaba kot medij prenosa sile z betonske površine na ojačitveni element zelo primerna.

V širšem območju konzol so se v zgornji površini voziščne plošče na razdalji 20 cm izvedli utori (b/h/L = 18/25/2000 mm). Pred vgraditvijo karbonskih palic je bil zgrajen hodnik z robnim vencem. S tem se je ob polaganju



Slika 6 • Detajl vgraditve karbonskih palic.

ob sočasnem upoštevanju prometne obtežbe po Evrokodih je bilo treba ojačati obojestranske konzole voziščne plošče. Potrebna je bila ojačitev zgornjega območja konzol. Ker je bila obstoječa armiranobetonska vozišč-

hidroizolacije in asfalta zmanjšal vpliv visokih temperatur na karbonске palice, ker te takrat še niso bile obremenjene. Epoksidne malte in veziva so občutljivi proti visokim temperaturam. Temperatura v območju karbonskih



Slika 7 • Izrezkani utori v betonu nad armaturo.

palic med vgrajevanjem hidroizolacije in asfaltnih slojev ne sme preseči 65–70 °C, ker bi kompozit ojačitve prešel iz trdega stanja v mehko stanje, stik betona in karbonske palice bi izgubil trdnost oziroma sprijemnost, kar bi vplivalo na nosilnost sistema ojačitve.

V predhodno očiščene in posušene uture (slika 7) se je nanesele sloj epoksidne matrike, v katerega so se vložile karbonske palice premera 12 mm (slika 8).

Debelina sloja veziva okoli palice je najmanj 3 mm, nad palico pa 10 mm. Z namenom preprečitve vpliva previsoke temperature na matriko palice so se palice preventivno vgradile globlje. Sledili sta izdelava hidroizolacije in vgraditev obeh slojev asfaltbetona. V projektu za izvedbo je bila preventivno predpisana vgradnja nizkotemperaturnega asfalta z dodatkom sasobita. Ta omogoča vgradnjo asfalta pri 110 °C namesto 160–170 °C. Preveritev maksimalne dosežene temperature



Slika 8 • Vgradnja karbonskih palic.

epoksidnega veziva ob karbonskih palicah med vgradnjo hidroizolacije in asfaltbetona se je predhodno izvedla na poizkusnem polju s polaganjem hidroizolacije ter asfaltiranjem z običajnim oziroma nizkotemperaturnim asfaltom, pri čemer se je merila temperatura v matriki sistema. Pri vgrajevanju asfaltnih slojev s klasičnim asfaltom je bila v matriki ob karbonski lameli ugotovljena najvišja doseže-

v primerjavi s klasičnima postopkoma ojačitve konzol mostov, kjer bi (a) odstranili zgornji sloj betona konzole, vgradili dodatno armaturo in zabetonirali nov zgornji sloj ali (b) zgradili konzolo v celoti na novo.

Na viaduktnih Ravbarkomanda je uporabljena metoda ojačitve konzol znatno cenejša od obeh klasičnih metod (za 40% oziroma 60%). V obstoječi konzoli se ne izvajajo destruktivni



Slika 9 • Spodnja stran viaduktov Ravbarkomanda po obnovi.

na temperatura ca. 50 °C. Zato v nasprotju z našimi pomisleki, osnovanimi na podlagi razpoložljive literature, uporaba nizkotemperaturnega asfalta, ki je dražji in ima slabšo sprijemnost s hidroizolacijo, ni bila potrebna. Izbrana metoda ojačitve konzol viaduktov Ravbarkomanda je pokazala svoje prednosti

posegi, pri primerjanih klasičnih metodah pa so posegi obsežni. Implementacija metode s karbonskimi palicami je časovno hitrejša od primerjanih dveh, saj je polaganje hidroizolacije mogoče že v nekaj dneh po vgradnji palic. Posebni ukrepi za varno izvedbo ojačitve, npr. zaščitni in delovni odri, niso potrebni. Sama



Slika 10 • AC na viadukih Ravbarkomanda po obnovi.

metoda ojačitve konzol s karbonskimi palicami ne omogoča izboljšanja stanja kontaminiranosti betona ali korodiranosti armature niti korekcije geometrije konzol, kar v splošnem omogočata alternativni klasični možnosti ojačenja konzol. Voziščni plošči s konzolami sta bili pri obeh viadukih Ravbarkomanda v dobrem stanju, tako da ni bilo potrebe po zamenjavi kontaminiranih betonov in protikorozijski zaščitni obstoječe armature.

Z uvedbo metode ojačitve armiranobetonskih konzol na viaduktu Ravbarkomanda je bilo

pridobljeno slovensko tehnično soglasje, kar tudi pri nas omogoča njeno nadaljnjo uporabo, ki je še posebno primerna pri ojačenju nosilnih konstruktivnih elementov različnih vrst objektov.

3.4 Zamenjava krova viaduktov s posodobljeno in dodatno opremo objektov

Na viadukih so se nadomestile nevodotesne dilatacije. Na krajnih opornikih so se vgradile kovinske lamelne dilatacije z mogočim po-

mikom do 80 mm, na vmesnih stikih dilatacijskih enot pa kovinske glavnikaste dilatacije z mogočim pomikom do 160 mm in vgrajenim vodotesnim gumijastim odvodnim kanalom.

Obstoječa sistema odvodnje z izlivniki sta se v celoti odstranila. Vgradili so se novi izlivniki na gostejšem rastru s priključnimi cevmi na odvodno zbirno cev iz armiranega poliestra premera 200–400 mm). Pod zunanijma konzolama se je namestila kabelska polica z napeljavami (slika 9). Na notranja robna venca viaduktov so se v ločilnem pasu vgradili kovinski rešetkasti pohodni elementi, široki ca. 80 cm.

Na notranji strani se je montirala betonska varnostna ograja BVO (H2, W1), na zunanji pa BVO (H4b, W5) oziroma jeklena odbojna ograja (H4b, W4). Za vzdrževalnima hodnikoma se je vgradila ograja za vzdrževalce višine 1,20 m, nanje pa montirali zaščitni paneli višine 2,0 m v območju križanj s prometnicami pod viaduktoma (slika 10).

Na obeh viadukih je bilo vzpostavljeno stalno opazovanje (ZAG, 2018), s katerim se spremljajo in evidentirajo realne prometne obtežbe, deformacije vzdolžnih nosilcev, stanje sile prednapetja na zunanjih kablkih vzdolžnih nosilcev, deformacije in temperature v karbonskih palicah ter deformacije armiranobetonskih glav stebrov. Na podlagi opazovanja, ki ga opravlja ZAG Slovenije, se določijo ključni kazalniki obnašanja najbolj pomembnih in obremenjenih konstruktivnih elementov objektov z namenom ocene mejne oz. kritične vrednosti posameznih parametrov zaradi prometnih obremenitev (npr. deformacije zunanjih nosilcev, konzolnih glav stebrov, izgub prednapetja v zunanjih kablkih ...). Večina meritev se je opravljala že med prenovno levega viadukta, ko se je spremljalo obnašanje desnega viadukta, na katerem je potekal promet po štirih vozniških pasovih (sistem 2+2).

popravili ali zamenjavo opreme mostu (ležišča, dilatacije, odvodnjavanje, krov objekta s hidroizolacijo), ki ima življenjsko dobo 20–25 let, lahko preprečimo, da bi poškodbe opreme povzročile obsežne poškodbe konstrukcije.

Investicijska vrednost izvedene celovite in temeljite obnove viaduktov Ravbarkomanda znaša ca. 700 EUR/m² (vse vrednosti so brez DDV) in predstavlja ca. 45 % investicijske vrednosti objekta.

Prvenstveni namen zadnje obnove viaduktov Ravbarkomanda je rekonstrukcija poškodovanih podpornih konstrukcij, ki do sedaj niso bile ustrezno sanirane, ter zamenjava opreme viaduktov (ležišča, dilatacije, krov objekta).

4 • STROŠKI OBNOVE V PRIMERJAVI Z ZAMENJAVO VIADUKTOV RAVBARKOMANDA

Da bi zagotovili stanje uporabnosti, nosilnosti in projektirano trajnost mostov, je nujno treba zajeti vsa opravila pri gospodarjenju z njimi: projektiranje, gradnjo ter predvsem redno vzdrževanje in pravočasno obnavljanje. Vrednost gradnje mostu znaša tretjino skupne investicijske vrednosti v njegovi celotni pričakovani življenjski dobi, ki je po Evrokodih 100 let za mostove moderne dobe. Da bi most to dosegel, je treba za stroške njegovega vzdrževanja in obnavljanja nameniti letno povprečno 2 % začetne

investicijske vrednosti. To pomeni po dve rekonstrukciji ali obnovi mostu v vrednosti 50 % začetne investicije, za redno vzdrževanje in manjše sanacije pa je treba nameniti približno 1 % te vrednosti letno. Priprava, projektiranje in gradnja mostov imajo dolgoletno tradicijo in večinoma je poudarek pri gospodarjenju z mostovi usmerjen h gradnji. Samo upravljanje oz. gospodarjenje z mostovi je bilo vse preveč potisnjeno na stran in je šele v fazi konstituiranja. Z rednim vzdrževanjem in pravočasnimi

Zaradi zahtev po povečanju nivoja uslug na objektu s širšim voziščem, ki omogoča prometni režim 2+2 in ustreza obtežbi konstrukcije po Evrokodih, so bila potrebno naslednja dela: ojačenje konzol voziščne plošče z vgradnjo karbonskih palic, reprofilacija notranje konzole desnega viadukta (razširitev vozišča zahteva prestavitve izlivnikov za 40 cm), izvedba robnih vencev večjih gabaritov za zagotovitev vgradnje ograj (višjega nivoja zadrževanja in večje delovne širine), ojačenje glav stebrov s prečnimi prednapetimi kabli (bolj poškodovani stebri, predvsem pod dilatacijami, bi se v vsakem primeru ojačali) in vzpostavitev permanentnega monitoringa objektov. Povečanje nivoja uslug na obeh viaduktih z zgoraj opisanimi ukrepi znaša približno 130 EUR/m² objekta, kar predstavlja približno petino stroškov celotne obnove viaduktov.

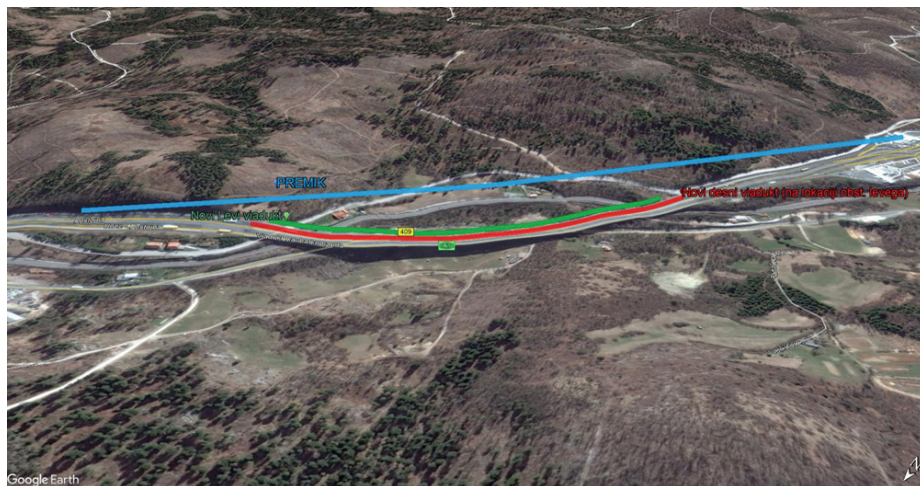
Ob izvedeni celoviti rehabilitaciji obeh viaduktov Ravbarkomanda in njegovim rednim vzdrževanjem se čas zamenjave obeh konstrukcij premakne proti letu 2050. Pri tem se nakazuje nekaj možnosti njihove nadomestitve, pri čemer je treba poudariti, da bo sama odstranitev obstoječih objektov zahtevna in draga, saj pod viaduktoma potekata dvakratni križanji z glavno dvotirno železniško progo Ljubljana–Koper, glavno regionalno cesto in lokalno cesto.

Strošek nadomestitve obstoječih viaduktov na isti lokaciji bi znašal ca. 35–40 mio. EUR.

Smiselna je umestitev novega levega viadukta JV ob obstoječem levem viaduktu (slika 11), novi desni viadukt pa bi se zgradil na lokaciji obstoječega levega viadukta. Zgrajena viadukta bi tako bila nekoliko krajša, med gradnjo obeh viaduktov pa bi lahko potekal nespremenjen prometni režim, za vsako smer

na svojem viaduktu. Strošek predlagane investicije bi znašal 30–35 mio. EUR.

Najracionalnejši pa bi bil premik trase AC na JV stran železniške proge, pri čemer bi trasa AC potekala v vkopni brežini. Vrednost radikalne prestavitve trase se ocenjuje na 25 mio. EUR, pri čemer bi bilo potrebno dolgotrajno umeščanje v prostor ob mogočih zapletih pri sprejemanju državnega prostorskega načrta.



Slika 11 • Možnosti zamenjave obstoječih viaduktov Ravbarkomanda v prihodnosti: zelena črta – novi levi viadukt, rdeča črta – novi desni viadukt na mestu starega levega viadukta, siva črta – stari desni viadukt, modra črta – prestavitev trase na pobočje.

5 • ZAKLJUČEK

Zagotovitev stanja uporabnosti, nosilnosti in projektirano trajnost mostov pogojuje vzpostavitev vseh opravil pri gospodarjenju z njimi: projektiranje, gradnja ter predvsem redno vzdrževanje in pravočasno obnavljanje. Projektiranje in gradnja mostov imata dolgoletno tradicijo in večinoma je naš poudarek pri gospodarjenju z mostovi usmerjen h gradnji, katere strošek znaša le tretjino skupne

investicije v pričakovani življenjski dobi mostu. Gospodarjenje z mostovi pri nas počasi dobiva veljavo, ki si jo zasluži, kar se kaže tudi s povečano intenziteto obnove mostov v zadnjem času.

Pri obnovitvenih delih niso zaželeni kompromisne rešitve na račun kakovosti in celovitosti. Po kompletni rekonstrukciji prekladnih konstrukcij na viaduktih Ravbarkomanda v

letu 1998 ter sedanji celoviti rekonstrukciji podpornega sistema in posodobitvi opreme z razširitvijo vozišč je uporabnikom omogočen povečan nivo uslug v naslednjih dveh do treh desetletjih.

Na viaduktih Ravbarkomanda se je uporaba reparaturnih malt za saniranje izpostavljenih betonskih površin izkazala za neustrezno. Sedaj vzpostavljeno stalno opazovanje objektov ter predvsem nove uspešno uvedene in preizkušene inovativne rešitve ponujajo možnosti za njihovo nadaljnjo uporabo pri predvidenih obnovah mostov na naših prometnicah.

6 • LITERATURA

Čabrilo, D., Rekonstrukcija viadukta Ravbarkomanda, Gradbeni vestnik, 11–12, Ljubljana, 1997.

Freyssinet Adria SI, d. o. o., Tehnološki elaborat jeklenega jarma za izvedbo dviga prekladne konstrukcije viadukta Ravbarkomanda z namenom zamenjave elastomernih ležišč, Ajdovščina, 2017.

Ljubetič, V., Uporaba karbonskih palic po metodi NSM za ojačitev konzol prekladne konstrukcije premostitvenih objektov, diplomsko delo, Center za poslovno usposabljanje, Ljubljana, 2017.

Promico, d. o. o., Projekt št. 3/2015: PZI Rehabilitacija viaduktov Ravbarkomanda VA0174 (desni) v km 6,337 in VA0175 (levi) v km 6,347, Ljubljana, 2016.

ZAG, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Poročilo št. 604/17-620-1: O postavitvi permanentnega monitoringa na desnem viaduktu Ravbarkomanda VA0174-D in vrednotenju preliminarnih rezultatov meritev, Ljubljana, 2018.