

Stanje nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta

Jure Radić, Anto Kučer, Matko Medak, Ivan Kalafatić

Ključne riječi

nadvožnjak,
hrvatske autoceste,
vizualni pregled,
stanje nadvožnjaka,
održavanje,
projektiranje

Key words

overpass,
Croatian motorways,
visual inspection,
overpass condition,
maintenance,
design

Mots clés

passage supérieur,
autoroutes croates,
inspection visuelle,
état des passages
supérieurs,
entretien,
études

Ключевые слова

эстакада,
хорватские
автострады,
визуальный осмотр,
состояние эстакад,
техническое обслуживание,
проектирование

Schlüsselworte

Überführung,
kroatische Autobahnen,
visuelle Besichtigung,
Zustand der
Überführungen,
Wartung,
Entwurf

J. Radić, A. Kučer, M. Medak, I. Klafatić

Pregledni rad

Stanje nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta

U radu su prikazani rezultati provedenog opsežnog istraživanja stanja nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta. Kao cilj istraživanja navodi se određivanje utjecaja karakteristika pojedinih sustava nadvožnjaka na njihovu trajnost. Svi pregledani nadvožnjaci sustavno su razvrstani po tipovima. Istaknute su neke od smjernica za projektiranje, izvođenje i održavanje nadvožnjaka koje su potvrđene ili proizlaze iz rezultata provedenih vizualnih pregleda nadvožnjaka.

J. Radić, A. Kučer, M. Medak, I. Klafatić

Subject review

Overpass condition on older Croatian motorway sections

Results obtained by extensive study of the condition of overpasses situated on older Croatian motorway sections are presented. The main objective of the study was to determine the way in which individual systems of these overpasses influence their overall stability. All overpasses subjected to the inspection have been systematically classified by type. Some guidelines for the design, realization and maintenance of overpasses, either confirmed by or arising from results obtained by visual inspection of overpasses, are also presented.

J. Radić, A. Kučer, M. Medak, I. Klafatić

Ouvrage de synthèse

L'état actuel des passages supérieurs situés sur les tronçons anciens des autoroutes croates

Les résultats obtenus par l'étude approfondie de l'état des passages supérieurs situés sur les tronçons anciens des autoroutes croates sont présentés. Le but principal de cette étude était de déterminer la manière dans laquelle les systèmes individuels de ces passages supérieurs influencent leur stabilité globale. Tous les passages supérieurs soumis à l'inspection ont été systématiquement classifiés par type. Quelques indications sur les études, la réalisation et l'entretien des passages supérieurs, soit confirmées par ou provenant des résultats obtenus par inspection visuelle des passages supérieurs, sont également présentées.

Џ. Радич, А. Кучер, М. Медак, И. Калафатић

Обзорная работа

Состояние эстакад над более старыми частями хорватских автострад

В работе показаны результаты проведённого обширного исследования состояния эстакад над более старыми частями хорватских автострад. Целью исследования наводится определение влияния характеристик отдельных систем эстакад на их долговечность. Все, подвергнутые осмотру, эстакады систематически классифицированы по типам. Подчёркнуты некоторые из директив по проектированию, строительству и техническому обслуживанию эстакад, которые подтверждены или происходят из результатов проведённых визуальных осмотров эстакад.

J. Radić, A. Kučer, M. Medak, I. Klafatić

Übersichtsarbeit

Zustand der Überführungen über den älteren Teilstrecken der kroatischen Autobahnen

Im Artikel sind die Ergebnisse der durchgeführten ausführlichen Untersuchungen des Zustands der Überführungen über den älteren Teilstrecken der kroatischen Autobahnen dargestellt. Als Ziel der Untersuchung wird die Bestimmung des Einflusses einzelner Überführungssysteme auf deren Dauerhaftigkeit angeführt. Alle besichtigten Überführungen wurden systematisch nach deren Typen eingeordnet. Hervorgehoben sind einige der Richtlinien für Entwurf, Ausführung und Wartung der Überführungen, die bestätigt sind oder die aus den Ergebnissen der visuellen Besichtigungen der Überführungen hervorgehen.

Autori: Prof. dr. sc. **Jure Radić**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,; mr. sc. **Anto Kučer**, dipl. ing. građ.; mr. sc. **Matko Medak**, dipl. ing. građ.; mr. sc. **Ivan Kalafatić**, dipl. ing. građ., Hrvatski institut za mostove i konstrukcije, Zagreb

1 Uvod

Razvijena cestovna mreža veoma je važna za ekonomski i društveni razvoj pojedine zemlje. U Hrvatskoj se u posljednjim desetljećima puno investiralo u završetak izgradnje 1500 km duge mreže autocesta koja omogućava jednostavniji i brži prijevoz ljudi, robe i dobara između najudaljenijih dijelova države. S obzirom na velike investicije u nove građevine, u velikoj je mjeri zanemareno praćenje stanja i održavanje postojećih građevina [1], a među njima i nadvožnjaka.

Osnovna je namjena nadvožnjaka nad autocestom prevođenje drugih prometnica preko nje. Stoga su nadvožnjaci neizbježan dio, ali i jedan od osjetljivijih dijelova infrastrukture na autocestama. S obzirom na to da je obično njihov udio u ukupnoj vrijednosti cestovne mreže približno deset puta veći od njihova udjela u ukupnoj duljini mreže, važno im je posvetiti odgovarajuću pozornost u sustavu gospodarenja autocestama.

Nedavno je provedeno opsežno istraživanje stanja nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta radi određivanja utjecaja projektnih karakteristika, postupaka izvođenja i održavanja na njihovu trajnost. Tijekom 2005. i 2006. vizualno su pregledana i ocijenjena 23 nadvožnjaka, te je uočeno da svi pokazuju znakove propadanja već nakon 20 do 30 godina od puštanja u promet.

2 Tipovi pregledanih nadvožnjaka

Za sve su tipove pregledanih nadvožnjaka karakteristični gredni nosivi sklopovi s armiranobetonskim prednapetim nosačima. Takvi su se sustavi najčešće primjenjivali jer su jednostavni za izvedbu i prilagodljivi raznovidnim uvjetima prometa i okoliša, posebno u čvorištima i prometnim petljama. Ipak, s obzirom na pojedine projektno-karakteristike, napravljena je podjela na pet različitih sustava nadvožnjaka.

2.1 Nadvožnjaci sa slobodno oslonjenim nosačima (SO)

Rasponska je konstrukcija devet pregledanih nadvožnjaka ovoga sustava izvedena montažno, dok su elementi donjeg ustroja monolitni. Nadvožnjaci su statičkog sus-

tava slobodno oslonjenih greda, uglavnom u četiri raspona uzdužnog rasporeda 16,40 + 20,00 + 20,00 + 16,40 m (slika 1.).

Poprečni presjek rasponske konstrukcije sastoji se od jedanaest prednapetih montažnih nosača (slika 3.). Središnjih devet nosača, širine 68 cm i visine 66 cm, olakšano je kružnim otvorima promjera 36,3 cm u cijeloj duljini nosača. Rubni su nosači olakšani otvorima jednakog promjera u uzdužnim segmentima, između kojih su punoga poprečnog presjeka na mjestima poprečnog prednapinjanja. Prema katalogu izvođača [2] i dostupnim projektima predviđena je izvedba konstruktivnog kontinuiteta među pojedinim rasponima, međutim pregledom je utvrđeno da taj kontinuitet nije ostvaren. Hodnik je izveden montažno u četiri metra dugim segmentima, koji su sidreni u 30 cm debelu zaštitu kotvi natega za poprečno prednapinjanje. Svaki od montažnih nosača rasponske konstrukcije oslanja se na par elastomernih ležajeva. Stupovi imaju oblik slova T, a naglavna im je greda prednapeta. Upornjaci su izvedeni s punim paralelnim krilima i propuštenim donjim dijelom nasipa.

2.2 Nadvožnjaci s djelomičnim kontinuitetom nosača (DK)

Deset pregledanih nadvožnjaka svrstano je u ovaj sustav. To su tipski nadvožnjaci s montažnim elementima gornjeg i donjeg ustroja [3], statičkog sustava slobodno oslonjenih greda na četiri ili više raspona (slika 2.). U uzdužnoj su im dispoziciji krajnji rasponi duljine 19,63 ili 20,13 m, a srednji 20,00 ili 20,50 m.

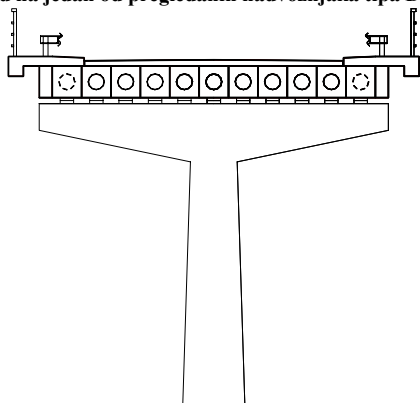
Poprečni se presjek rasponske konstrukcije sastoji od četiri ili pet jednakih montažnih nosača adhezijski prednapetih u tvornici (slika 4.). Svi su nosači širine 2,10 m i konstantne visine 0,75 m, a olakšani su s tri štedna otvora promjera 0,50 m. Međusobna povezanost uzduž nosača ostvarena je ispunom od ekspanzijskoga cementnog morta i armaturom u obliku spirale, a iznad oslonaca nosači su i poprečno prednapeti. Iznad nosača nije betonirana kolnička ploča, ali su nad osloncima iznad stupova spojeni krajevi susjednih nosača u njihovoj razini armiranobetonskom pločom čija je krutost puno manja od krutosti nosača. Na taj je način ostvaren samo konstruktivni, ali ne i statički kontinuitet nosača. Hodnik je izve-



Slika 1. Pogled na jedan od pregledanih nadvožnjaka tipa SO



Slika 2. Pogled na jedan od pregledanih nadvožnjaka tipa DK



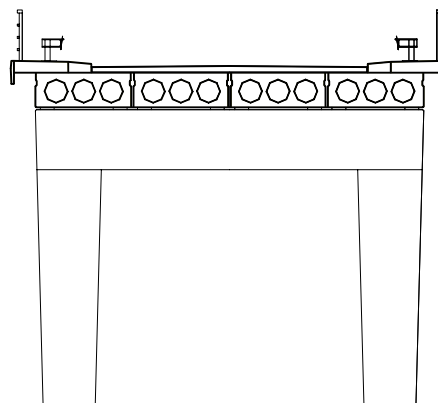
Slika 3. Karakteristični poprečni presjek ispred stupa nadvožnjaka tipa SO

den u montažnim segmentima duljine 2,67 m. Vijenac je sastavni dio montažnih elemenata, a rubnjaci su naknadno betonirani i preko njih je ostvareno povezivanje elemenata hodnika s glavnim nosačima. Svaki od montažnih nosača rasponske konstrukcije oslanja se na dva para elastomernih ležajeva. Stupovi se sastoje od montažnih armiranobetonskih elemenata betoniranih u tipiziranoj oplati. Čine ih dva vertikalna stupca na donjem kraju upeta u čašice temelja, a na gornjem kraju spojena s naglavnom gredom. Konstrukcija upornjaka je također montažna i sastoji se od dva ili tri stupca na vrhu povezana naglavnom gredom. Naglavna je greda izvedena s visećim krilima i zaštitnim rubom za pridržavanje nasipa.

2.3 Nadvožnjaci s punim kontinuitetom nosača (PK)

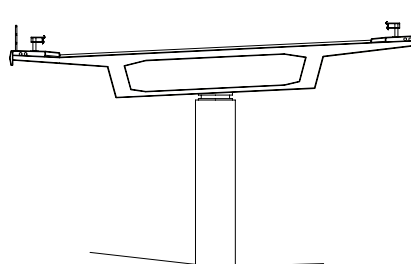
Pregledana dva nadvožnjaka karakterizira statički sustav kontinuirane grede na četiri raspona - 28,00 + 35,00 + 35,00 + 28,00 m (slika 5.). Prometnicu sijeku pod vrlo ostrim kutom, ali su projektirani kao okomite konstrukcije [4]. Tlocrtno su obje građevine u krivini.

Nadvožnjaci su izvedeni monolitno, na skeli. Prednapeti kontinuirani nosač rasponske konstrukcije sandučastog



Slika 4. Karakteristični poprečni presjek ispred stupa nadvožnjaka tipa DK

je poprečnog presjeka, konstantne visine 150 cm po cijeloj duljini (slika 6.).



Slika 6. Karakteristični poprečni presjek ispred stupa nadvožnjaka tipa PK

U poprečnom je smjeru nosač ukrućen iznad svih stupova prednapetim dijafragmama, koje zbog točkastoga oslanjanja imaju i funkciju poprečnog nosača. Radi veće krutosti, nosač je i u sredini svakog polja ojačan tanjim poprečnim dijafragmama. Rasponska se konstrukcija nadvožnjaka oslanja na lončaste ležajeve na armiranobetonskim upornjacima te između njih na tri stupa. Upornjaci se sastoje od četiri stupa, međusobno spojenih temeljnom pločom i naglavnom gredom. Na upornjacima su obješena lagana armiranobetonska viseća krila. Kroz upornjake je propušten trup nasipa ceste. Stupovi su ar-

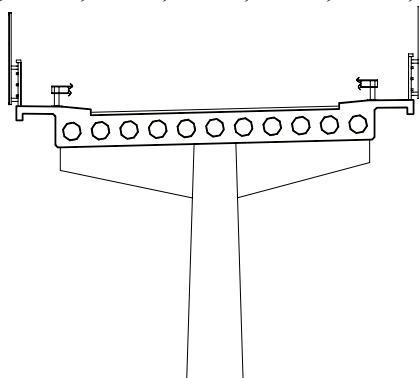


Slika 5. Pogled na jedan od pregledanih nadvožnjaka tipa PK

miranobetonski, okrugloga poprečnog presjeka promjera 140 cm.

2.4 „Poluintegralni“ nadvožnjak (PI)

Pregledani nadvožnjak s monolitnim spojem između rasponskog sklopa i stupova, a ugrađenim ležajevima i prijelaznim napravama samo na upornjacima, statički je koncipiran kao kontinuirana ploča preko šest otvora veličine 16,00 + 20,00 + 24,00 + 24,00 + 20,00 + 16,00 m [5].



Slika 7. Karakteristični poprečni presjek ispred stupa nadvožnjaka tipa PI

Rasponsku konstrukciju čini prednapeta ploča konstantne visine 75 cm, olakšana s jedanaest štednih otvora promjera 41,5 cm (slika 7.). Osim glavnim uzdužnim nategama, ploča je prednapeta i poprečno radi preuzimanja momenata savijanja u tom smjeru. Rasponska se konstrukcija oslanja na po dva elastomerna ležaja na upornjacima. Stupovi imaju oblik slova T, a čine ih par konzola i *pendl* stupac. Upornjaci se sastoje od ležajne grede te dva stupca u obliku armiranobetonskih zidova. Stupci se prema dolje proširuju i oslanjaju na gredu iznad pilota.

2.5 Integralni nadvožnjak (IN)

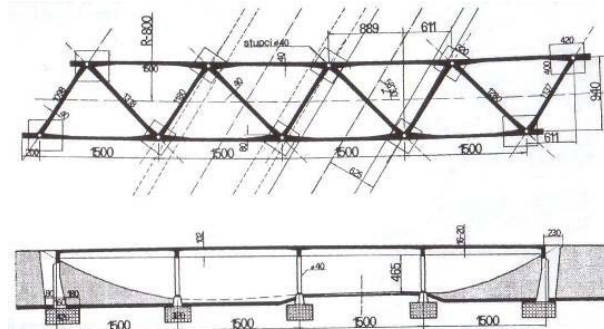
Kao nadvožnjak bez ležajeva i prijelaznih naprava izdvojena je originalna konstrukcija nadvožnjaka kod Popovače [6], djelo prof. dr. Krune Tonkovića (slika 8.).

Na mjestu nadvožnjaka prijelaz je kos, a gornja se cesta nalazi u zavoju. Da bi se izbjegli dugi zidovi upornjaka koji su funkcionalno i estetski neprikladni te radi što otvorenijeg vidika kroz most, projektirana je konstrukcija s četiri otvora po 15 metara, u kojoj se rasponski sklop



Slika 8. Pogled na pregledani nadvožnjak kod Popovače

oslanja samo na pojedinačne stupce u čvorovima mreže



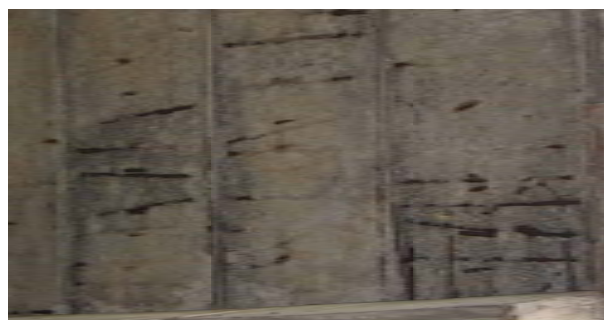
Slika 9. Raspored nosivog sustava nadvožnjaka tipa IN

rebara. Obodno trokutasti sustav rebara sjedinjen je s pločom koja je također trokutastog tlocrta (slika 9.). Kosi poprečni nosači spajaju dva glavna uzdužna rebra međusobno i aktiviraju čitav sustav u preuzimanju bilo kojeg opterećenja na mostu. Stupovi su vrlo tanki, sastoje se od čeličnih cijevi promjera 40 cm ispunjenih betonom. Upornjaci su također minimalnih dimenzija te je čitav sustav vrlo pregledan i prozračan.

3 Stanje pregledanih nadvožnjaka

3.1 Rasponski sklop

Najčešća su uočena oštećenja montažnih nosača nadvožnjaka tipa SO vlažne mrlje i mahovina na površini betona, korozija armature te ispucanost, ljuštenje i odlamanje betona. Uzrok su znatnim oštećenjima prodor vode ispod elemenata kolnika i hodnika te, iako se radi o montažnim nosačima, neuredna izvedba s malim ili nikakvim zaštitnim slojem betona (slika 10.). Najgore je



Slika 10. Elementi nosača bez zaštitnog sloja nadvožnjaka tipa SO



Slika 11. Prodor vode između nosača blizu oslonca nadvožnjaka tipa SO

stanje na donjim ploham nosača na mjestima oslanjanja (slika 11.), na bočnim ploham rubnih nosača ispod hodnika (slika 12.) te na mjestima uzdužnog spoja dvaju susjednih nosača. Kroz neke od otvorenih poprečnih reški na kolniku iznad oslonca nadvožnjaka uočene su nezaštićene kotve prednapetih natega glavnih nosača (slika 13.).



Slika 12. Oštećenja nosača zbog prodora vode ispod elemenata hodnika nadvožnjaka tipa SO



Slika 13. Kotva prednapetih kabela glavnih nosača vidljiva s kolnika nadvožnjaka tipa SO

Slična oštećenja nosača, ali nešto manjeg intenziteta, karakteristična su i za tip nadvožnjaka DK. Mrlje vlage i korozije te ispucanost i ljuštenje betona najizraženiji su uz upornjake i uz oslonce na stupovima (slika 14.). Opasnost da vode ima u štednim otvorima nosača potvrđuje prodiranje vlage kroz pukotine nastale na donjim ploham nosača vjerojatno još pri prednapinjanju. Česta je neuredna izvedba zaštite kotvi natega za poprečno prednapinjanje, na bočnim ploham nosača nad osloncima (slika 15.).



Slika 14. Oštećenja donje plohe nosača zbog prodora vode uz oslonce nadvožnjaka tipa DK



Slika 15. Neuredna izvedba zaštite kotvi natega za poprečno prednapinjanje nadvožnjaka tipa DK

Kod nadvožnjaka tipa PK oštećenja sandučastih nosača lokalizirana su uz upornjake, odnosno prijelazne naprave i ležajeve. Na mjestima prodora vode kroz prijelazne naprave vide se vlažne mrlje, kristalizacija i tragovi korozije (slika 16.), ali i kose pukotine (slika 17.).



Slika 16. Vlažne mrlje, tragovi korozije i ljuštenje betona nosača nadvožnjaka tipa PK



Slika 17. Kose pukotine na nosačima uz oslonce nadvožnjaka tipa PK

Uzrok nastanku pukotina vjerojatno je unos sile prednapinjanja još pri izvedbi nosača, ali ne mogu se sasvim isključiti ni drugi utjecaji, kao što su spriječenost pomaka nosača ili nalijeganje nosača na naglavnu gredu do kojih dolazi zbog lošeg stanja ležajeva.



Slika 18. Procjeđivanje i kristalizacija na spojevima ploče s nosačima nadvožnjaka tipa IN



Slika 19. Oštećenja nosača od udara vozila nadvožnjaka tipa IN

Prednapeta ploča rasponske konstrukcije nadvožnjaka tipa PI u dobrom je stanju, a na njoj su jedino uočeni tragovi vlaženja na mjestu radne reške. S druge strane, rasponska konstrukcija nadvožnjaka tipa IN znatno je oštećena. Zbog intenzivnog procjeđivanja i kristalizacije uočenih na spojevima ploče s rubnim uzdužnim nosačima postoji velika opasnost od uznapredovale korozije armature (slika 18.). Iznad voznih trakova autoceste, udarom viših vozila, odlomljen je zaštitni sloj betona nosača te je otkrivena i korodirana armatura (slika 19.).

3.2 Donji ustroj

Upornjaci i nasipi

Najčešće je oštećenje upornjaka nadvožnjaka tipa SO odlamanje betonske obloge zidova te vlažne mrlje i mahovina na otkrivenim dijelovima (slika 20.).

Svi nadvožnjaci tipa DK imaju minimalne upornjake od armiranobetonskih stupaca povezanih na vrhu naglavnom gredom, a takav je slučaj i s nadvožnjacima tipa PK i PI. Oštećenja koja se uglavnom pojavljuju jesu vlažne mrlje i mahovina, tragovi korozije armature na betonskim površinama te raspucalost betona, odnosno ljuštenje i odlamanje njegova zaštitnog sloja. Zbog podlokavanja, na većini su upornjaka postali vidljivi i izloženi vrhovi stupaca (slika 21.).



Slika 20. Karakteristično oštećenje upornjaka nadvožnjaka tipa SO



Slika 21. Karakteristično podlokavanje nasipa nadvožnjaka tipova DK, PK i PI

Na jednom od upornjaka nadvožnjaka tipa IN uočeni su tragovi vlaženja i kristalizacija. S obzirom na to da ovaj nadvožnjak nema prijelaznih naprava, uzrok prodoru vode najvjerojatnije je oštećenje prijelazne konstrukcije, iznad koje je na prometnoj površini i uočena pukotina.

Nasipi su kod gotovo svih tipova nadvožnjaka oštećeni. Karakteristična su oštećenja korov i visoko raslinje koje otežava pristup nasipu, ali najozbiljnija su podlokavanja nasipa, kojemu su uzroci neadekvatna rješenja ili loše održavanje drugih elemenata nadvožnjaka. Voda u većim količinama prodire kroz oštećene prijelazne naprave i bočno na nasip zbog loše izvedenog završetka nadvožnjaka i zbog nefunkcionalnih ispusta, potpuno zatrpanih nečistoćama i obraslih u raslinje.

Stupovi

Svi pregledani stupovi nadvožnjaka tipa SO znatno su oštećeni. Prekriveni su vlažnim mrljama i mahovinom, a na pojedinim od njih došlo je do odlamanja velikih komada betona zbog korozije vertikalne armature (slika 22.). Na velikom broju naglavnih greda više i nema zaštitnog sloja betona te se vidi potpuno ogoljena armatura (slika 23.). Na bočnim plohama naglavnih greda karakteristično je otpadanje zaštite kotvi natega (slika 24.). Uzroci su ovakvim jako izraženim oštećenjima u izvedbi stupova s malim zaštitnim slojem i poziciji stupova na mjestu najintenzivnijeg prodora vode između glavnih nosača rasponske konstrukcije.



Slika 22. Odlamanje zaštitnog sloja betona na stupcima nadvožnjaka tipa SO



Slika 23. Ogoljena armatura na naglavnoj gredi stupa nadvožnjaka tipa SO



Slika 24. Otpadanje zaštite kotvi natega za prednapinjanje naglavne grede stupa nadvožnjaka tipa SO



Slika 25. Odlamanje zaštitnog sloja na stupcima nadvožnjaka tipa DK



Slika 26. Karakteristična vertikalna pukotina na naglavnoj gredi nadvožnjaka tipa DK



Slika 27. Oštećenje stupa nadvožnjaka tipa IN

Za razliku od stupova ostalih tipova nadvožnjaka, stupovi nadvožnjaka tipa DK izvedeni su od montažnih elemenata stupaca i naglavnih greda. Ipak, karakteriziraju ih podjednaka oštećenja kao i u slučaju nadvožnjaka tipa SO (slika 25.). Oštećenja su nešto manje izražena, ponajprije zbog urednije izvedenog spoja između glavnih nosača rasponske konstrukcije upotrebom kontinuitetne ploče. Za montažne naglavne grede karakteristične su i vertikalne pukotine, razlog čijeg nastanka je premalo armature na mjestu prijenosa sile preko ležajeva na naglavnu gredu (slika 26.).

Na stupovima nadvožnjaka tipa PK i PI nisu uočena oštećenja, a stupovi nadvožnjaka tipa IN ozbiljno su oštećeni. Cijevi ovih betonskih stupova s čeličnom ovojnicom zahrđale su, i to najviše pri dnu i vrhu stupova gdje je došlo i do odlamanja slojeva čelika (slika 27.). Uzrok oštećenjima je opet prodor vode s površine nadvožnjaka, ali u ovom slučaju do prodora vode dolazi najviše zbog dotrajalosti i oštećenja elemenata hodnika na nadvožnjaku.

3.3 Prometna površina i oprema nadvožnjaka

Kolnik

Na stanje kolnika i hodnika svih nadvožnjaka utječe slabo održavanje, zbog kojeg se na njima nakupljaju zemlja i druge nečistoće. To je osobito izraženo na spojevima kolnika i rubnjaka, gdje zbog zadržavanja vode iz zemlje rastu korov ili mahovina (slika 28.).

Kolnici nadvožnjaka tipa SO i tipa DK veoma su oštećeni. Razlog takvom stanju su poprečne reške i pukotine u kolniku iznad oslonaca nad stupovima (slika 30.) te uzdužne pukotine između susjednih montažnih nosača (slika 29.) koje omogućavaju prodor vode do glavnih nosivih elemenata konstrukcije. Uzroci su nastajanje takvih oštećenja u projektnim rješenjima nadvožnjaka bez kolničke ploče, bez ili s konstruktivnom kontinuitetnom pločom koja omogućuje nesmetano zaokretanje nosača u susjednim poljima, ali ne osigurava nepropusnost. Loše izvođenje, koje se očituje najviše na mjestima radnih reški, također uveliko utječe na navedena oštećenja.

Kod nadvožnjaka tipa PK u slivnicima su nakupljene nečistoće, a asfalt je raspuknut od posljedica loše ugradnje. Nakupljena voda, zemlja i korov na spoju kolnika s rubnjakom nadvožnjaka tipa PI ne uzrokuju vidljiva oštećenja na nosivim elementima, vjerojatno jer je daljnji prodor vode spriječen monolitnom izvedbom rasponskog sklopa zajedno s hodnikom. Kolnik ovog nadvožnjaka oštećen je na prijelaznim konstrukcijama, gdje je do raspucanja asfalta najvjerojatnije došlo zbog naknadnih slijeganja nasipa.

Elementi hodnika

Za nadvožnjake tipova SO i DK karakteristični su montažni elementi hodnika za koje su se kritičnim pokazali radne reške između elemenata (slika 31.) te mjesta sidrenja stupića ograde ili elastičnog odbojnika (slika 32.). Masa za fugiranje na mjestima radnih reški između montažnih elemenata ili je dotrajala, ili je nije niti bilo. Stupići elastične odbojne ograde kod oba su tipa nadvožnjaka sidreni kroz elemente hodnika u rubne nosače rasponske konstrukcije. Na mjestima takvoga spoja dolazi do zadržavanja vode i blata, rasta mahovine ili korova te propadanja betona. Dokaz prodora vode kroz

elemente hodnika zbog opisanih su oštećenja tragovi vlaženja i oštećenja na bočnim i donjim ploham elementa rasponske konstrukcije (slika 12.).

Na nadvožnjacima tipa PK hodnik je betoniran na licu mjesta, a glavni su uzroci njegovim oštećenjima loša kvaliteta ugrađenog betona i loša izvedba zaštitnog sloja betona. Cijelom površinom hodnika došlo je do ljuštenja i odlamanja betona te je otkrivena korodirana armatura i cijevi za instalacije (slika 33.). Hodnik nadvožnjaka tipa PI izveden je monolitno zajedno s rasponskim sklopom. Za vijenac i donje plohe hodnika karakteristične su pukotine okomite na os mosta i tragovi vlaženja uz njih. Vjerojatni je uzrok nastajanju pukotina spriječenost u deformiranju armiranobetonske konzole hodnika, koja je slabije armirana od prednapete ploče kolnika.

Kod nadvožnjaka tipa IN očito je da je loše stanje hodnika, zbog ispucane i nabubrene površine betona te oštećenih spojeva s elastičnim odbojnikom, ogradom ili vijencem, uzrok prodoru vode do nosivih elemenata konstrukcije i njihovih oštećenja. Ozbiljno je oštećena obloga vijenca koja, zbog mogućeg otpadanja, prijeti kao opasnost za vozila na autocesti ispod nadvožnjaka.



Slika 28. Korov i nečistoće na spoju kolnika s rubnjakom



Slika 29. Asfalt prošaran pukotinama



Slika 30. Poprečna reška iznad oslonca nadvožnjaka tipa SO



Slika 31. Dotrajala masa za fugiranje reški



Slika 32. Oštećeno mjesto sidrenja elastičnog odbojnika



Slika 33. Otkrivena armatura hodnika

Ležajevi i prijelazne naprave

Ležajevi su ugrađeni iznad upornjaka i stupova gotovo na svim pregledanim nadvožnjacima. Iznimke su nadvožnjak tipa PI, na kojem ih nema iznad stupova, te nadvožnjak tipa IN, na kojem ih uopće nema. Svi su ležajevi dotrajali i stanje im je jednako loše bez obzira na sustav nadvožnjaka. Kao posljedica loše ugradnje pojedini su elastomerni ležajevi pomaknuti iz predviđenih pozicija, a čak je na jednom nadvožnjaku uočeno da jedan ležaj nedostaje (slika 34.). Većina je ležajeva ispucalo i ekscentrično je opterećeno, a gotovo na svim su izmjereni pomaci veći od dopuštenih. Čelične su podložne ploče uglavnom korodirale. Neki od čeličnih elemenata lončastih ležajeva, karakterističnih za nadvožnjak tipa PK, korodirali su do stanja intenzivnog ljuštenja slojeva zadržalog čelika. Brtvilo za sprječavanje ulaska prašine u ležaj potpuno je raspadnuto (slika 35.). Takvi ležajevi nemaju svoju funkciju i ugrožena im je sposobnost zaokretanja ili pomaka. Osim navedenih starosti ležajeva i loše ugradnje, uzroci su oštećenjima i u mogućoj lošoj kvaliteti pojedinih ležajeva te u njihovoj izloženosti velikim količinama vode koja prodire kroz oštećene prijelazne naprave.



Slika 34. Oštećeni, izmaknuti i ekscentrično opterećeni elastomerni ležajevi

Prijelazne su naprave ugrađene iznad upornjaka na svim nadvožnjacima, osim na nadvožnjaku tipa IN. Svaka je, od ukupno 44 pregledane prijelazne naprave, dotrajala, ispunjena zemljom, korodiranih čeličnih dijelova i ispućanih gumenih dijelova. Za velik je broj prijelaznih naprava karakteristično deformiranje čeličnih dijelova ili



Slika 36. Primjer oštećenja prijelazne naprave



Slika 37. Gubitak presjeka stupića ograde na mjestu usidrenja u hodnik



Slika 38. Gubitak presjeka zaštitne ograde na mjestu spoja s ogradom hodnika



Slika 35. Primjer oštećenog lončastog ležaja

njihov slom (slika 36.). One nemaju vrše svoju funkciju i omogućuju nesmetani prodor vodi koja uzrokuje oštećenja na ležajevima te elementima upornjaka i nasipa. Uzroci su takvoga stanja loše održavanje, ali i pogreške pri ugradnji.

Ograde

Čelične su ograde hodnika jako korodirale, a na mjestima, zbog loše zaštićenih i izvedenih detalja usidrenja stupića u hodnik ili dilatacije ograde, izgubljeni su čitavi presjeci elemenata i narušena je stabilnost ograde koja se ljulja na dodir (slika 37.). U ništa boljem stanju nisu ni zaštitne ograde koje su, na nadvožnjacima na kojima postoje, zavarene za stupiće ograde hodnika (slika 38.). Takvi elementi predstavljaju opasnost za promet na nadvožnjaku, ali i ispod nadvožnjaka. Glavni je uzrok takvom stanju loše održavanje, ali i navedeni loši detalji izvedbe.

4 Zaključak

U radu su prikazani rezultati vizualnih pregleda različitih sustava nadvožnjaka nad starijim dionicama hrvatskih autocesta koji općenito pokazuju njihovo jako loše stanje već nakon približno četvrtine očekivanog životnog vijeka. Takvo stanje nadvožnjaka upozorava na hitnu potrebu za uspostavljanjem i uređenjem sustava gospodarenja mostovima, u sklopu kojega je potrebno razraditi i strategiju održavanja nadvožnjaka. Kvalitetna strategija održavanja počinje kvalitetnim projektnim rješenjima građevine i pažljivom provedbom primjerenih i pouzdanih postupaka izvedbe. Stoga je osobito važno pri projektiranju novih nadvožnjaka ili pri rekonstrukciji dotra-

jalih građevina, koristiti se iskustvima iz dosadašnje prakse projektiranja i izvođenja, ali i spoznajama stečnim praćenjem degradacije stanja postojećih sustava nadvožnjaka.

Rezultati istraživanja prikazani u ovom radu potvrđuju ili iz njih proizlaze neke od smjernica za projektiranje, izvođenje i održavanje nadvožnjaka.

Pri montažnoj izvedbi nosača rasponskog sklopa obvezatno je čvrsto ih povezati izvedbom dobetonirane kolničke ploče [7], čime se osigurava monolitno spajanje nosača, jednostavno ostvarivanje poprečnog i uzdužnog nagiba kolnika, izbjegavaju se složeni i osjetljivi detalji reški, umanjuje se utjecaj oštećenja izolacije te se ispravljaju moguće geometrijske imperfekcije glavnih nosača. To nije slučaj kod pregledanih nadvožnjaka, gdje nedostatak kolničke ploče omogućava ili olakšava često nastajanje mreže pukotina u asfaltu na mjestima spoja susjednih montažnih nosača.

Kod nadvožnjaka statičkog sustava slobodno oslonjenih greda obvezatno je uspostaviti uzdužni kontinuitet, najmanje na razini dobetonirane kolničke ploče [7]. Kolnička ploča nad osloncima mora biti dovoljnih dimenzija i dostatno armirana radi ograničenja pukotina, a osim proračunskih mjera potrebno je osobitu pažnju posvetiti i izvedbi ploče te postavljanju dodatne hidroizolacije. Kod pregledanih nadvožnjaka sa statičkim sustavom slobodno oslonjenih greda ili nije ostvaren uzdužni kontinuitet rasponske konstrukcije, ili je ostvaren samo na razini tanke kontinuitetne ploče između montažnih nosača u susjednim poljima. Takva rješenja imaju za posljednicu nastajanje širokih poprečnih pukotina ili rascjepa u asfaltu iznad oslonaca.

Što se tiče trajnosti još je povoljnije uspostavljanje potpunog kontinuiteta nad osloncima jer se time izbjegavaju reške iznad stupova i smanjuje broj ležajeva i dilatacija. Zbog toga su, primjerice u SAD-u i Kanadi, često izvođene i pretvorbe mostova iz sustava slobodno oslonjenih greda u kontinuirane statičke sustave [8].

Kod sustava s montažnom izvedbom rasponske konstrukcije, rješenja s montažnim elementima hodnika pokazala su niz nedostataka. Osim neizbježnih reški, osobito su se kritičnim pokazali detalji sidrenja stupića ograde kroz elemente hodnika, gdje voda prodire do elemenata rasponske konstrukcije nadvožnjaka. Monolit-

nom izvedbom hodnika te rubnjakom dovoljno uzdignutim iznad površine kolnika radi zaštite pješaka [9], izbjegavaju se navedeni kritični detalji.

Ležajevima i prijelaznim napravama treba posvećivati pozornost razmjernu njihovu utjecaju na opće stanje čitavog nadvožnjaka. Mora se osigurati poštivanje svih propisanih uputa i zahtjeva koji se odnose na kvalitetu ležajeva i prijelaznih naprava te njihovu ugradnju i zamjenu. Zamjenu je naročito važno obavljati na vrijeme, kako ne bi došlo do neželjenih oštećenja drugih elemenata nadvožnjaka. Nasuprot tome, kod pregledanih nadvožnjaka uočena je nepravilna i neuredna ugradnja velikog broja ležajeva i prijelaznih naprava, a njihova se zamjena ne provodi pravodobno.

Potom, uočena oštećenja pokazuju da je pri izvođenju radova osobito važno posvetiti pozornost kvalitetnoj ugradbi betona i izvedbi zaštitnog sloja, izvedbi hidroizolacije ispod cijele površine kolnika i hodnika, obradi svih radnih reški i kritičnih detalja, zbijanju nasipa i urednoj izvedbi završetaka nadvožnjaka.

Održavanje pregledanih nadvožnjaka nije provedeno ni kontinuirano ni primjereno. Površine nadvožnjaka, prijelazne naprave, ispuste i nasipe trebalo bi redovito čistiti kako bi vodi bilo omogućeno otjecanje na za to predviđenim mjestima i time ograničeno njezino agresivno djelovanje na elemente konstrukcije. Svim elementima podložnim koroziji trebalo bi redovito obnavljati zaštitu, dakako uvjet za omogućavanje pravodobne intervencije provedba je redovitih pregleda u dovoljno kratkim vremenskim razmacima.

Većinu navedenih smjernica uzeto je u obzir pri projektiranju tipskih nadvožnjaka za novije dionice hrvatskih autocesta [10]. U njezinu sklopu obrađeni su uglavnom armiranobetonski i prednapeti sustavi nadvožnjaka s izvedenim stupom u razdjelnom pojasu i s prijelaznom napravom na upornjacima, kakvi se najčešće i primjenjuju u nas. U pojedinim bi slučajevima ipak bilo poželjno razmotriti alternativna rješenja takvim sustavima [11]. Primjerice, monolitni integralni nadvožnjaci masivnijih dimenzija elemenata pogodni su za manje raspone u pravokutnim križanjima, a u usjecima se atraktivnim i ekonomičnim mogu pokazati spregnute, okvirne ili lučne konstrukcije bez stupa u razdjelnom pojasu.

LITERATURA

- [1] Radić J., Bleiziffer J., Tkalčić D.: *Maintaining Safety and Serviceability of Concrete Bridges in Croatia*, Bridge Structures, Vol. 1, No. 3, 2005, pp.
- [2] *Montažni sistem u izgradnji mostova – Katalog tipskih projekata*, Hidroelektra, Zagreb
- [3] *Montažni elementi za mostove - Tipska stupišta, upornjaci i rubnjaci*, Sepi s.p.a., Roma i Viadukt, Zagreb, 1980.
- [4] *Izvedbeni projekti nadvožnjaka u čvoru Ivanja Reka – krak 1 i krak 3*, IPZ, Zagreb, 1978.
- [5] *Izvedbeni projekt nadvožnjaka Hrušćica*, IPZ, Zagreb, 1978.
- [6] Radić, J.: *Pontifex Maximus*, Dom i svijet, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Jadrino, Zagreb, 2003.

- [7] *Privremene smjernice za cestovne i putne mostove od prednapetih i armiranobetonskih prethodno izrađenih dijelova*, Istraživačko društvo za cestogradnju, izdanje 1979., preveo Marić, Z., siječanj 1994.
- [8] Radić, J., Mekjavić, I.: *Usporedba oblikovnih rješenja betonskih mostova s gledišta trajnosti*, Četvrti opći sabor HDGK, Brijuni, lipanj 1998., 129.-138.
- [9] *Tipizacija građevina na autocestama - Detalji mostova i smjernice za projektiranje*, Hrvatski institut za mostove i konstrukcije (HIMK), Zagreb, ožujak 1997.
- [10] Radić, J., Šavor, Z., Puž, G.: *Tipizacija mostova za autoceste*, Građevinar 52 (2000.), 6, 321.-330.
- [11] Pržulj, M.: *Nadvožnjaci na autocestama*, Građevinar 55 (2003.), 2, 63.-69.