

Tipski detalji mostova

Alex Kindij, Jure Radić, Zlatko Šavor

Ključne riječi

most,
tipski detalji,
izvedene građevine,
propisi,
održavanje,
trajnost, troškovi

Key words

bridge,
typical details,
completed structures,
regulations,
maintenance,
durability,
costs

Mots clés

pont,
détails typiques,
ouvrages finis,
règlements,
entretien,
durabilité,
coûts

Ключевые слова

мост,
типовая деталь,
построенные
сооружения, правила,
обслуживание,
длительность
эксплуатационного
срока, расходы

Schlüsselworte

Brücke,
Typdetails,
ausgeführte Bauwerke,
Vorschriften,
Wartung,
Dauerhaftigkeit, Kosten

A. Kindij, J. Radić, Z. Šavor

Prethodno priopćenje

Tipski detalji mostova

U radu su prikazani rezultati analize tipskih detalja cestovnih mostova koju kontinuirano provodi Katedra za mostove Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Analiza se temelji na usporedbi dobrih i manje dobrih rješenja na izvedenim građevinama, stanju u nama bliskim zemljama kao i zemljama EU-a, primjeni suvremenih propisa i nastojanju za postizanjem što trajnijih građevina. Preporučeni su detalji koji zadovoljavaju sve kriterije o održavanju, trajnosti i troškovima.

A. Kindij, J. Radić, Z. Šavor

Preliminary note

Typical bridge details

Results obtained during typical road bridge detail analyses, which are continuously made at the Department for Bridges of the Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, are presented in the paper. The analysis is based on: comparison of good and less good solutions applied on the existing structures, study of situation in the surrounding and EU countries, analysis of modern regulations, and efforts made to increase durability of structures. The details that meet all maintenance, durability and cost-efficiency criteria are recommended.

A. Kindij, J. Radić, Z. Šavor

Note préliminaire

Détails typiques des ponts

Les résultats des analyses des détails typiques des ponts routiers, qui sont conduites de façon continue dans le Département des ponts à la Faculté de génie civil, Université de Zagreb, sont présentés dans l'ouvrage. L'analyse est basée sur: comparaison de bonnes et moins bonnes solutions appliquées pour les structures existantes, étude de la situation dans les pays voisins et dans les pays de l'UE, analyse des règlements modernes, et efforts faits pour augmenter la durabilité des structures. Les détails répondant à tous les critères relatifs à l'entretien, à la durabilité, et aux coûts, sont proposés.

A. Киндий, И. Радич, З. Шавор

Предварительное сообщение

Типовые детали мостов

В работе показаны результаты анализа типовых деталей автодорожных мостов, которые регулярно проводит Кафедра мостов Строительного факультета Университета в Загребе. Анализ основывается на сравнении успешных и менее успешных решений, примененных на построенных мостах, ситуации в соседних странах, а также в странах Евросоюза, применении современных правил и стремлении к созданию строений с более долгим сроком службы. Рекомендуются детали, отвечающие всем требованиям обслуживания, длительности эксплуатационного срока и расходов.

A. Kindij, J. Radić, Z. Šavor

Vorherige Mitteilung

Typdetails für Brücken

Im Artikel sind die Ergebnisse einer Analyse der Typdetails für Strassenbrücken dargestellt, die die Katheder für Brücken der Fakultät für Bauwesen der Universität Zagreb kontinuiert durchführt. Die Analyse begründet sich auf dem Vergleich guter und weniger guter Lösungen bei ausgeführten Bauwerken, dem Zustand in Kroatien nahen Ländern sowie in den Ländern der EU, Anwendung moderner Vorschriften und dem Trachten möglichst dauerhafte Bauwerke zu schaffen. Empfohlen sind Details die alle Kriterien betreffend Wartung, Dauerhaftigkeit und Kosten erfüllen.

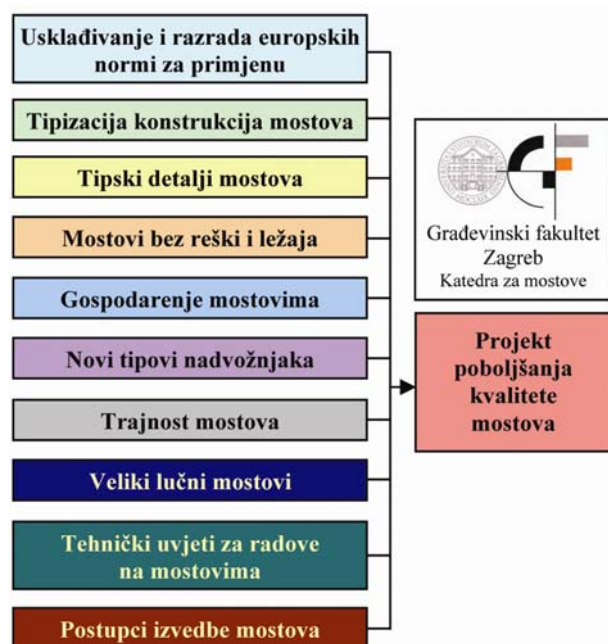
Autori: Mr. sc. **Alex Kindij**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Jure Radić**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Zlatko Šavor**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

1 Uvod

Većina zemalja ima razrađene i općeprihvaćene kategorije tipskih detalja za građevine u svojim sustavima. To znatno olakšava, pojeftinjuje i ubrzava gradnju te poboljšava djelotvornost održavanja. U Hrvatskoj je na tom polju napravljeno nekoliko pokušaja i parcijalnih projekata.

Kako se primjenom masovne proizvodnje i u području mostogradnje detalji ponavljaju, iznimno je važno odabrati najbolja rješenja dokazana u praksi i isključiti sva ona nepovoljna rješenja. Ovdje prikazujemo rezultate analize tipskih detalja cestovnih mostova koju kontinuirano provodi Katedra za mostove Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Ova analiza provedena je u sklopu projekta Katedre za mostove kojim se nastoji poboljšati kvaliteta konstrukcija mostova (slika 1.). Osnovna je težnja ovog projekta obuhvaćanje suvremene pozitivne prakse u projektiranju, izvedbi i uporabi mostova. Na taj se način nastoje ujednačiti i standardizirati uobičajene konstrukcije mostova s uvjetima izvedbe, trajnosti, održavanja i interakcije ovih uvjeta već na razini projekta.



Slika 1. Projekt poboljšanja kvalitete mostova

Analiza tipskih detalja cestovnih mostova temelji se na sljedećem:

- analizi dobrih i ne tako dobrih rješenja na do sada izgrađenim građevinama
- stanju u nama bliskim zemljama i u razvijenim zemljama EU, osobito u Njemačkoj, s kojima je ovaj prijedlog usklađen najviše moguće

- primjeni suvremenih norma za djelovanja
- nastojanju za postizanjem što trajnijih građevina.

Tipski detalji cestovnih mostova podijeljeni su u trinaest grupa (tablica 1.), a svaki dio obrađuje jednu cjelinu ili grupu kroz poglavlja.

Tablica 1. Grupe tipskih detalja cestovnih mostova

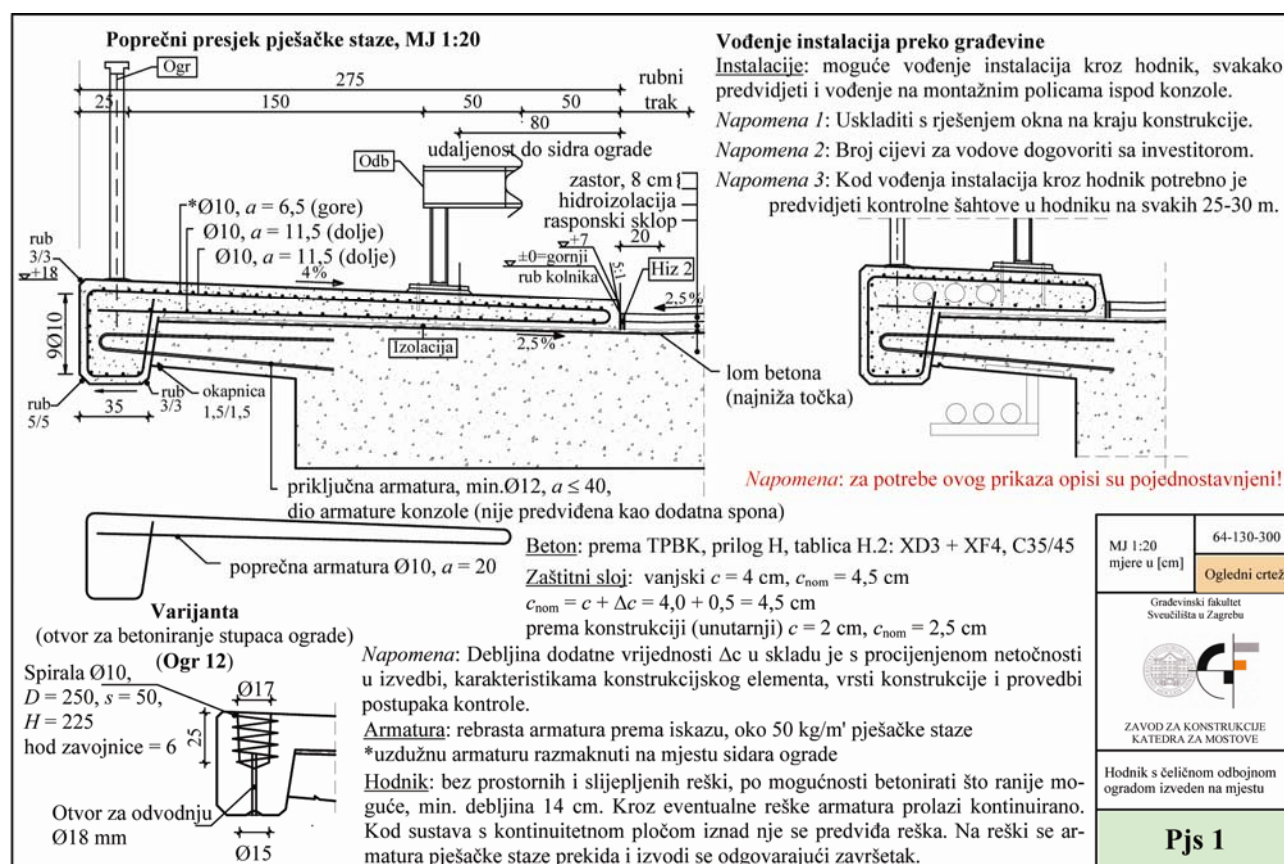
Grupa	Naziv grupe
1	završetak rasponskog sklopa
2	zaštitna čelična odbojna ograda
3	ograde
4	ležajevi
5	odvodnja
6	krilni zidovi upornjaka
7	otvori u sandučastim nosačima rasponskog sklopa
8	betonska zaštitna odbojna ograda
9	prijelazna ploča
10	detalj rubnjaka, hodnika i vijenca
11	prijelazna naprava
12	detalji hidroizolacije
13	detalji reški (spojnica, dilatacija)

Tipski detalji koje su pripremili aktivni članovi koji se bave projektiranjem mostova vrijede za građenje i održavanje cestovnih mostova prema suvremenim europskim propisima.

Za svaki tipski detalj dane su tehničke specifikacije koje opisuju važeće uvjete za elemente konstrukcija i njihove dijelove potrebne za planiranje, proračun i izvedbu. U ovoj analizi sakupljena su tipska rješenja koja se opetovano pojavljuju i predstavljaju u praksi dokazana rješenja.

Uobičajeno je da se takve analize ponajprije razrađuju za potrebe konzultanata, investitora, vlasnika (koncesionara) građevina i inženjera koji se bave održavanjem mostova. Dobro su pomagalo i mladim inženjerima koji su uključeni u razradu detalja cestovnih mostova radi boljeg razumijevanja, a trebali bi koristiti i iskusnim ovlaštenim inženjerima u razradi projekata kao i inženjerima na gradilištu jer daju informaciju o namjeni i vrijednosti rješenja pojedinog detalja. Katedra za mostove sva razrađena rješenja primjenjuje i u nastavi na predmetima prediplomskog i diplomskog sveučilišnog studija.

Ovom analizom obuhvaćeni detalji namijenjeni su za primjenu na mostovima, vijaduktima, nadvožnjacima, podvožnjacima, servisnim mostovima, propustima i kanalima te potpornim zidovima. Razrađeni su za primjenu na novim građevinama, ali se mogu primjenjivati i kod rekonstrukcija i ojačavanja postojećih građevina.



Slika 2. Detalj pješačkog hodnika s čeličnom odbojnom ogradom izveden na mjestu

Pri odabiru težilo se da oni predstavljaju osnovne principe i da su se dokazali u svakodnevnoj primjeni sa stajališta trajnosti, jednostavnosti izvedbe (koliko je to moguće), pristupa, mogućnosti pregleda, jednostavnosti održavanja, popravka i uklanjanja.

Kod primjene ovako definiranih detalja kojima je pridružen i popratni tekst kojim se pojašnjava princip i pristup problematici trajnosti i jednostavnosti građenja, odnosno koji su pripremljeni tako da ih projektanti mogu izravno primjenjivati (slika 2.), važno je biti siguran da su detalji i njihov utjecaj na konstrukciju ispravno protumačeni i primijenjeni.

2 Osnovni principi dobrog odabira detalja

Osnovni su zahtjevi građevinskog projekta čvrstoća, sigurnost, trajnost i jednostavnost izvedbe najvažnijih konstrukcijskih elemenata, a odabir detalja u najvećoj mjeri određuje može li konstrukcija u cijelosti zadovoljavati.

Mostovi koji zadovoljavaju zahtjeve sigurnosti, jednostavnosti građenja i imaju detalje koji su trajni i jednostavni za održavanje, najvjerojatnije su ekonomični i u izvedbi i u kasnijem održavanju.

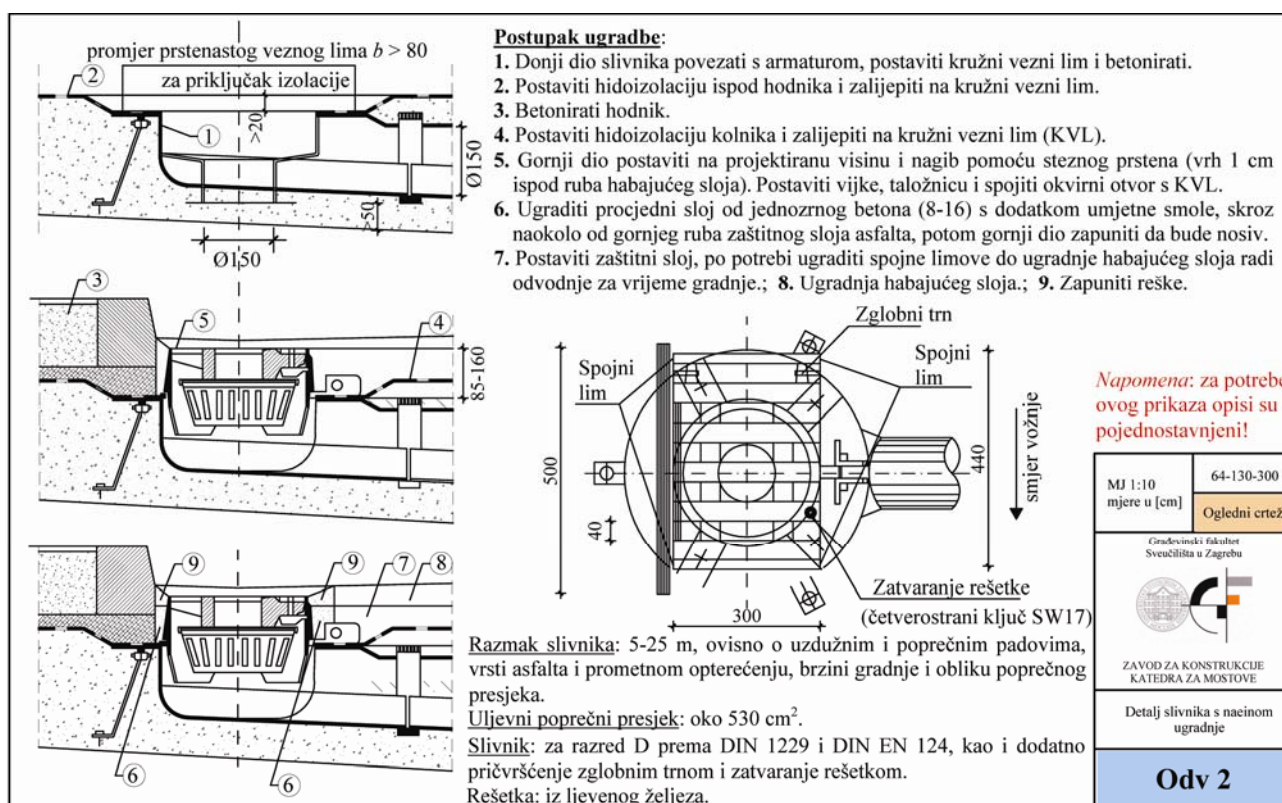
2.1 Estetika

Najveći broj novosagrađenih mostova dobro izgleda, ali već nakon nekoliko godina pokazuje svoje pravo lice.

Tako na primjer oborinska voda vođena složenim elementima onečišćuje vidljive površine mosta. Iz toga razloga mostovi, a time i njihovi detalji, moraju biti što jednostavniji. Tok oborinske vode treba unaprijed pretpostaviti, a detalje odgovarajuće prilagoditi. Žljebovi i slični elementi na izloženim površinama kanaliziraju oborinsku vodu i odgovarajućim odabirom mogu se postići određeni povoljni vizualni efekti svjetla i sjene. Utjecaj prevladavajućeg vjetrova otežava odabir takvih elemenata.

Detalji konstrukcije trebaju biti racionalizirani i koliko je to moguće trebaju osigurati vizualnu povezanost cijelog mosta i drugih mostova istog projekta odnosno diionice (slika 3.). Detalji ne bi trebali biti komplicirani niti dominirati građevinom.

Reške na konstrukciji trebaju biti tako razmještene da ne narušavaju izgled mosta. Često reške definiramo posebno oblikovanom reškom ili udubljenjem, kako bi se izbjegao nepravilan spoj i nepovoljni vizualni utjecaj različitih nijansi betona ugrađivanog u određenom vremenskom razmaku. Ove se reške mogu odabirati u proizvoljnom broju, one nemaju nepovoljan utjecaj i uglavnom proizlaze iz faza izvedbe dok se broj reški rasponskog sklopa i drugih diskontinuiteta treba smanjiti na najmanju moguću mjeru. Tako na primjer na prijelaznim nap-



Slika 3. Detalj slivnika s načinom ugradnje

ravama dolazi do koncentracije protoka vode i učestalo do propuštanja, što pak dovodi do oštećenja glavnih konstrukcijskih elemenata.

Reške i diskontinuitete treba smjestiti tako da se ograniči nepovoljan utjecaj na konstrukciju. Suvremeno rješenje građevine bez reški i ležaja (integralni most) (tablica 2.) danas se u dijelu europskih zemalja propisuje za nove mostove određenih karakteristika. Tako se, na primjer, u Velikoj Britaniji za sve mostove do 60 m mora provjeriti mogućnost izvedbe mosta bez reški i ležaja. Očekuje se da će izbjegavanje reški i drugih diskontinuiteta povoljno utjecati na trajnost, a time i na troškove održavanja, i izgled mostova.

Prikrivanje loših detalja rijetko ima pozitivan učinak. Projektant treba rabiti već postojeća obilježja konstrukcije, a ne nametati dodatna. Ako dodaci uzrokuju koncentracije armature, otežanu mogućnost ugradnje betona, a time najvjerojatnije i lošiju kvalitetu ugrađenog betona ili pukotine, ionako slab pozitivan utjecaj dodatka bit će poništen.

Trajna građevina zadržat će dobar izgled ako se u projektu uzme u obzir sljedeće:

- dobri detalji odvodnje (slika 3.)
- oblici što sprečavaju ostavljanje tragova po konstrukciji (prljanje konstrukcije)

- izbjegavanje koncentracija pukotina i ostalih diskontinuiteta gdje se može sakupljati nečistoća
- jednostavnost pregleda i održavanja.

2.2 Zdravlje i sigurnost

Aktivnosti u postupku građenja, posebice one pri građenju na licu mjesta, znatno utječu na zdravlje i sigurnost zbog same prirode procesa ili rabljenog građiva i kemikalija. Ovime se ne daje sveobuhvatan pregled zakonodavstva koje obuhvaća zdravlje i sigurnost, već se daje pregled tema koje se tiču odabira detalja i posebno pristupa konstrukciji tijekom građenja, uporabe i održavanja.

Postupak izvedbe valja uskladiti s konstrukcijom i potrebom za kasnijim održavanjem. U područjima gdje bi se održavanje trebalo odvijati uz veliki rizik, kao što je na primjer autocesta gdje promet teče velikom brzinom, takve aktivnosti treba smanjiti na najmanju moguću mjeru.

Kada se radovi obavljaju uz prometnicu na kojoj teče promet velikom brzinom, uz potrebni radni prostor treba predvidjeti i dodatni zaštitni prostor. Za autoceste je taj zaštitni prostor širok najmanje 1,2 m.

Kod mostova s uobičajenim bankinama, kada se radovi održavanja obavljaju u tom području, treba zatvoriti prometni trak uz bankinu.

2.2.1 Projektiranje

Projektanti trebaju uzeti u obzir opasnosti i rizike koji se mogu pojaviti u svim fazama kroz koje prolazi svaka konstrukcija, a to su:

- građenje
- uporaba
- pregled i održavanje
- izmjene (npr. proširenje) ili uklanjanje.

Propisi zahtijevaju uklanjanje, odnosno smanjenje opasnosti na najmanju moguću mjeru, te definiranje preostalih opasnosti kako bi se poduzele odgovarajuće mjere.

Opasnosti koje se mogu pojaviti tijekom pregleda ili radova na održavanju treba pretpostaviti i navesti u projektu održavanja mosta. Detalji mostova trebaju zadovoljavati sve navedene zahtjeve.

2.2.2 Izvedba

Rizične situacije mogu nastati ako nije predviđeno dovoljno prostora za sigurno obavljanje radnih operacija (npr. u slučaju praznih prostora malih dimenzija gdje je otežano rukovanje oplatom i gdje bi trebalo predvidjeti izgublenu oplatu).

Nepovoljno oblikovana ili vrlo zgusnuta armatura također može izazvati teškoće u izvedbi.

2.2.3 Pristup građevini - općenito

Razmatranje općenitog pristupa građevini u projektu ili pri odabiru detalja ovisi o sljedećem:

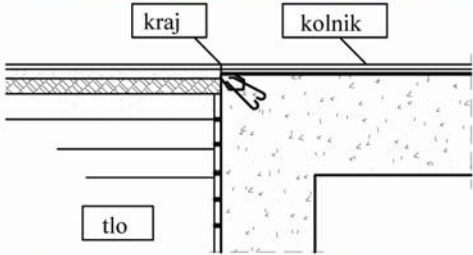
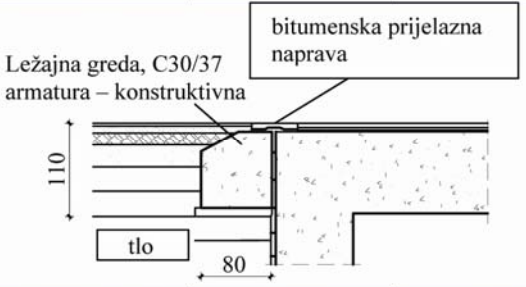
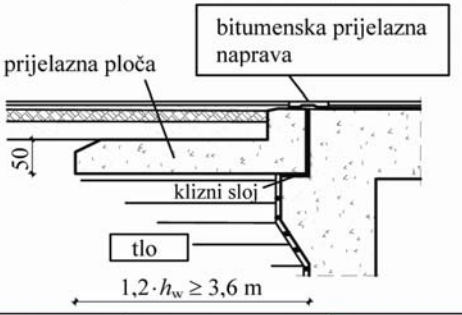
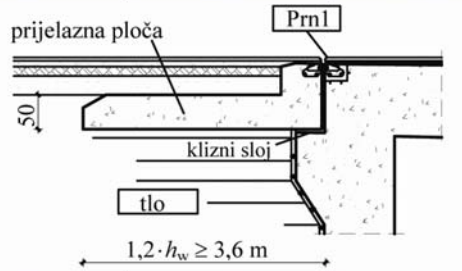
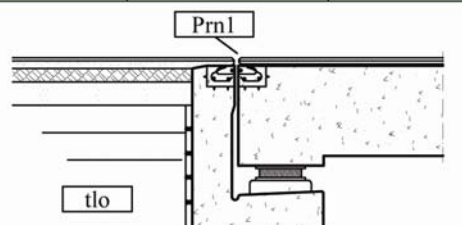
- vrsti prijelaza (cesta, željeznica, rijeka...)
- terenu (strme kosine nasipa, visoko drveće...)
- vođenju instalacija
- visini parapeta
- širini nogostupa i bankina, obradi površina
- opremi prometnice (uključivo i stupove za rasvjetu).

Više nije uobičajeno ostavljanje otvora za ulaz u konstrukciju u kolničkoj ploči, ponajprije zbog sigurnosti. Zatvaranje prometnih trakova na autocestama predstavlja opasnost i za vozače i za radnike. Gomilanje vozila ispred prometnog traka u kojem je zabranjen promet dodatno povećava rizik. Pristup u sandučaste nosače osigurava se s upornjaka ili kod diskontinuiranih sanduka kroz donju ploču.

2.2.4 Unutarnji pristupi

Veličinu otvora (na ulazu u konstrukciju ili unutar nje) odabire projektant u skladu s procijenjenim opasnostima i rizicima. Pri odabiru najmanjih veličina otvora potrebno je uzeti u obzir propisane najmanje potrebne veličine za prolaz i unos potrebne opreme.

Tablica 2. Rješenja prijelaza s kolničkog sklopa na nasip za mostove bez reški i ležaja

Pomak [mm]	Duljina [m] prednapeti beton	Duljina [m] armirani beton
≤ 10	≤ 15	≤ 18
		
≤ 20	≤ 30	≤ 35
		
$-12,5 \leq s_h \leq 25$	≤ 50	≤ 60
		
65	≤ 90	≤ 105
		
65	≤ 90	≤ 105
		

$\alpha = 90^\circ$	$90^\circ > \alpha > 70^\circ$	$70^\circ > \alpha > 45^\circ(30^\circ)$	
			visina nasipa: $h \leq 6,00$ m
			visina nasipa: $6,00$ m $< h < 10,00$ m
			visina nasipa: $h \geq 10,00$ m

Slika 4. Podaci za određivanje geometrijskog oblika prijelaznih ploča

Veličina otvora treba omogućiti sigurno rukovanje opremom (npr. preše za prednapinjanje kod naknadnog prednapinjanja donje ploče sandučastog nosača izvedenog slobodnom konzolnom gradnjom).

Projektanti moraju izbjegavati nepovoljne detalje u smislu sigurnosti i povećanja rizika.

Za sandučaste nosače projektant pri odabiru otvora treba uzeti u obzir:

- način i jednostavnost pristupa
- razmak otvora duž konstrukcije
- razmak otvora za prozračivanje
- učestalost pregleda
- postupke unutarnje zaštite
- učestalost budućeg održavanja.

2.2.5 Rasvjeta

Učestalost pregleda i održavanja uvjetuje ugrađivanje rasvjete u velike sandučaste nosače. Ugrađena rasvjeta povećava sigurnost i učinkovitost. Kod manjih mostova zbog manje učestalosti pregleda ugrađena je rasvjeta nepotrebna, ali je prikladna ugradnja utičnica za struju zaštićenih od zlouporabe.

2.2.6 Procjeđivanje vode

Voda može ući u konstrukciju zbog loše brtvljenog spoja hidroizolacije, propuštanja cijevi odvodnje ili kondenzacijom.

Procjenom rizika od zadržavanja vode u sanducima projektant mora predvidjeti mogućnost otjecanja takve vode, kako se netko ne bi poskliznuo ili inficirao ako dođe do razvoja gljivica.

Prodor vode u male zatvorene prostore treba uzeti u obzir čak i ako nikako ne možemo pretpostaviti da voda

može prodrijeti. Postoje slučajevi pojave teškoća s povećanjem stalne težine ili raspucavanja od djelovanja leda.

2.2.7 Sigurnost

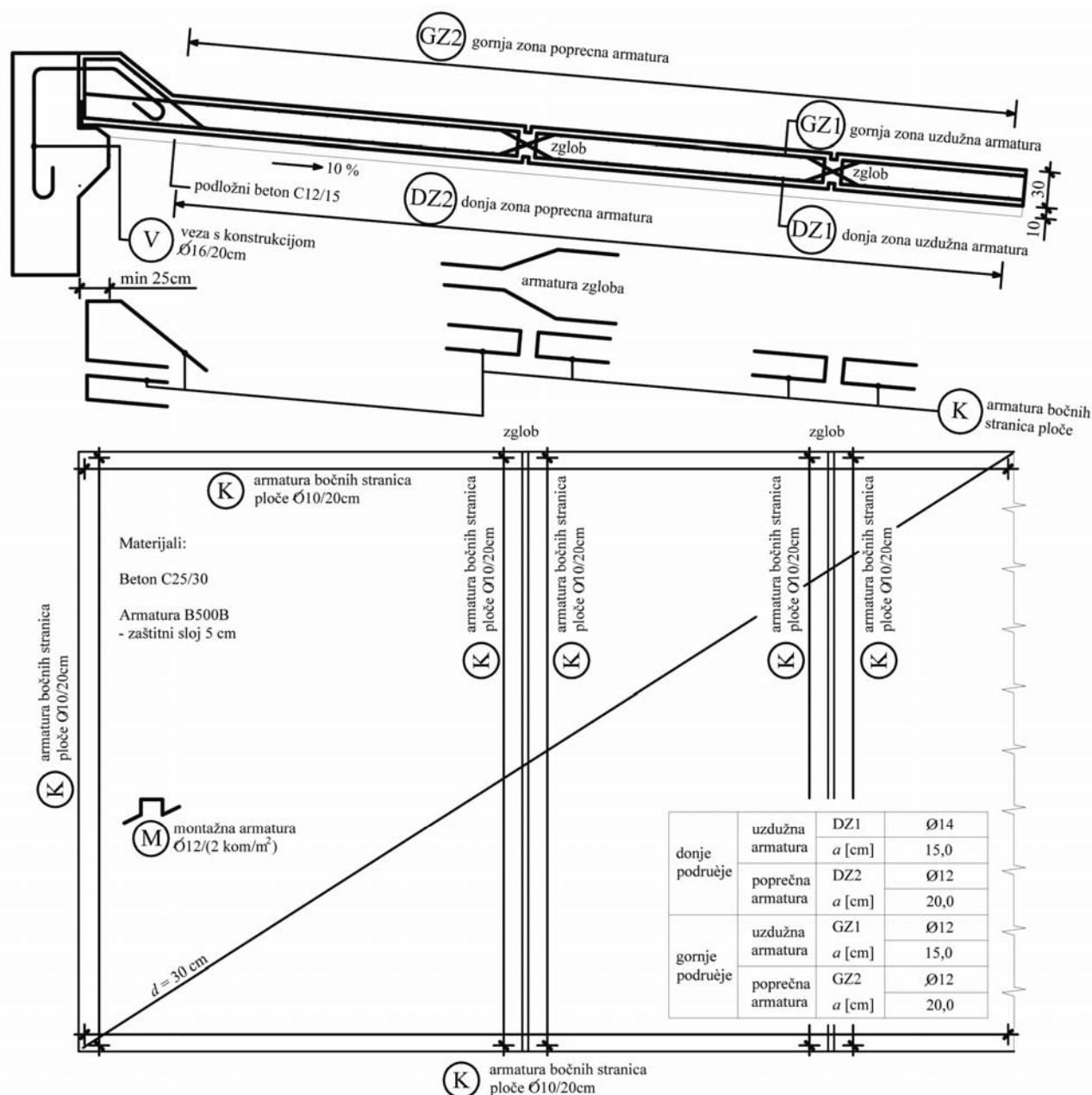
Jednostavan pristup svim dijelovima mosta otežava postizanje sigurnosti. Rizici za sigurnost moraju se procijeniti na lokaciji mosta, prema čemu se poduzimaju odgovarajuće mjere zaštite.

U nekim će slučajevima biti potrebno ugraditi osigurana vrata na pristupima, a iznimno i videonadzor da bi se osigurala potpuna sigurnost. Treba onemogućiti neovlašteni pristup nosivoj konstrukciji mosta.

2.2.8 Prijelazna ploča

Za sigurnost prometa važno je odgovarajuće rješenje prijelaza s kolničkog sklopa na nasip. Konstrukcije građevina pri krajnjim su osloncima nedeformabilne ili s malim deformacijama. Tlo u trasi prometnice je veće deformabilnosti ovisno o vrsti i kvaliteti tla pod nasipom, visini nasipa i uvjeta izvedbe nasipa. Slijeganje nasipa je veće i dugotrajnije.

Za prijelaz s deformabilne prometnice na nedeformabilnu konstrukciju građevine uglavnom je potrebno predvidjeti prijelaznu ploču, kako se utjecaj i razlika deformabilnosti ne bi odražavali na sigurnost prometa i kako



Slika 5. Shema armiranja prijelaznih ploča

ne bi dolazilo do dodatnih dinamičkih utjecaja na građevinu.

Tablica 3. Kriteriji za odabir rješenja prijelaza s nasipa na građevinu s prijelaznom pločom i bez nje

Pomak [mm]	Duljina [m] prednapeti beton	Duljina [m] armirani beton
≤ 10	≤ 15	≤ 18
≤ 20	≤ 30	≤ 35
$-12,5 \leq s_h \leq 25$	≤ 50	≤ 60
65	≤ 90	≤ 105
65	≤ 90	≤ 105

Nagib deformiranog nasipa ne bi smio biti veći od 1:200 (0,5 %) odnosno 1:300 (0,35 %) za autoceste.

Prijelaznim pločama smanjuju se i kontroliraju te deformacije. Na slikama 4. i 5. prikazani su elementi za određivanje duljina i geometrijskog oblika te shema armiranja prijelaznih ploča.

Za rješenje prijelaza s nasipa na građevinu važni su sljedeći kriteriji:

- kategorija prometnice
- visina, materijal i kvaliteta izvedbe nasipa iza krajnjeg oslonca i vrsta i kvaliteta tla pod nasipom
- visinski položaj gornje površine rasponskog sklopa u odnosu na niveletu prometnice.

2.3 Jednostavnost izvedbe

Projektanti trebaju prepoznati važnost troškova rada i gradilišta. Minimiziranje količine ugrađenog materijala ne rezultira uvijek povoljno u ukupnoj cijeni građevine. Unutar jednog projekta geometrijski oblik detalja treba biti racionalizirana, a standardizacija izmjera treba omogućiti ponovnu uporabu pomagala pri gradnji kao što je oplata.

Projektanti trebaju uzeti u obzir postupak gradnje i sve potrebne zahtjeve za privremeno osiguranje stabilnosti. Izvođač je odgovoran za građenje, ali ga projektant mora upozoriti na sve faze izgradnje u kojima treba dodatno osiguravati stabilnost konstrukcije ili njezinih elemenata.

Potpuno treba izbjegavati prilagođavanje elemenata tijekom izvedbe na samom gradilištu. Iz tog razloga treba realno odrediti i primijeniti dopustive netočnosti i odmake prikladne gradilišnim uvjetima. Posebno valja uzeti u obzir moguća odstupanja u položaju neposredno prije izvedenih elemenata konstrukcije. Reške u konstrukciji treba smanjiti na najmanju moguću mjeru. Mostovi bez reški i ležaja (integralni mostovi) smanjuju potreban broj reški, što je i osnovni razlog trenda razvoja ovog tipa građevina.

Projektant treba predvidjeti sve potrebne odmake. Uz potreban slobodni prostor zbog zdravlja i sigurnosti, potrebno je predvidjeti i prostor potreban za obavljanje radnih operacija i uporabu opreme. Najjednostavniji je primjer prostor potreban za kretanje radnika i namještanje preše za prednapinjanje natega. Kada se razrađuju detalji potrebno je predvidjeti dostatne zazor za izvedbu i za buduće preglede i eventualne radove na održavanju.

Jednostavnost je poželjna. Složeni se detalji u nekim slučajevima ne mogu izbjeći, ali treba znati da su oni učestalo povezani s teškoćama i povećanim troškovima u izvedbi. Standardni detalji bi uglavnom trebali biti jednostavni i ekonomski povoljniji.

2.3.1 Beton

Princip ponavljanja detalja posebno je primjenjiv pri građenju betonom. Projektant dodatno mora obratiti pažnju na poteškoće s uklanjanjem oplata, primjenu izgubljene ili klizne oplata te na jednostavnost ugradnje i zbijanja betona.

Primjena klizne oplata moguća je ako su linije i kutovi konstrukcije jednoliki. Tako, na primjer, kod sandučastog nosača jednake visine duž raspona projektant treba odabrati jednake izmjere unutarnjega poprečnog presjeka duž cijele duljine konstrukcije. Promjene u poprečnom presjeku mogu smanjiti potrebne količine materijala, ali zahtijevaju dodatne troškove oplata i usporavaju izvedbu.

Zbijanje betona je jednostavnije u konstrukcijskim oblicima, gdje je moguća izravna ugradnja betona. Treba izbjegavati nepotrebne kutove, zavoje i lomove jer je takvu oplatu teško konstruirati, a betoniranje može biti otežano.

U projektu je potrebno predvidjeti praktičan redosljed i razmještaj radnih reški.

Trajna konstrukcija jednostavna za izvedbu mora imati odgovarajuće riješene sve detalje armature. Treba težiti jednostavnosti polaganja armature. Prenatranost kod koncentriranih preklopa može se izbjeći polaganjem armature naizmjenice ili stupnjevanjem preklopa. Pažljivim odabirom oblika armature može se smanjiti opasnost od izmicanja nedovoljno pričvršćene armature tijekom betoniranja.

2.3.2 Konstrukcijski čelik

Projektant treba uzeti u obzir sve relevantne faze građenja čelične konstrukcije. Faze mogu uključivati i proizvodnju i pripremu elemenata za transport, sastavljanje na licu mjesta i građenje. Za svaku fazu mogu se primjenjivati različite tehnologije i procesi.

Moderna tvornička proizvodnja je visokoautomatizirani proces. Projektanti bi trebali poznavati opremu proizvođača i tehnologiju zavarivanja.

I kod čelika vrijedi princip maksimalno mogućeg ponavljanja i ujednačavanja detalja.

Postupak građenja treba uzeti u obzir u proračunu konstrukcije. Utjecaj na gradilištu imaju slobodni pristupi, ograničenja u podizanju, stabilnost elemenata u privremenim fazama i detalji veza čeličnih i predgotovljenih betonskih elemenata.

Razrada detalja spojeva i reški znatno utječe na uspjeh projekta.

2.4 Trajnost

2.4.1 Beton

Izloženost kumulativnom utjecaju vlage, vode koja otječe s građevine, kiše, prskanja od prolaska vozila, zamrzavanja, odmrzavanja, sredstava za odmrzavanje i zagađene atmosfere uzrokuju propadanje konstrukcija mostova.

Prodiranje soli za odmrzavanje (kloridi) glavni je uzrok brze korozije armature. Iz tog razloga važno je osigurati dostatnu otpornost na prodiranje klorida.

Trajne konstrukcije mostova imaju jednostavne detalje koji omogućavaju brzo otjecanje vode. Kolnici moraju imati neprekinute gornje površine jer je gotovo nemoguće osigurati vodonepropusnost na mjestima diskontinuiteta. U tom smislu:

- otvori i sidra natega u kolničkoj ploči su zabranjeni
- broj prijelaznih naprava treba smanjiti na minimum jer one već nakon manjih oštećenja dopuštaju prodiranje vode
- armaturu treba predvidjeti tako da se osigura povoljna slika pukotina.

Potrebno je predvidjeti više rješenja protiv prodiranja vlage u konstrukciju. Iako u nekim suhim klimama hidroizolacija nije uvijek potrebna, u Hrvatskoj je uobičajena praksa ispod kolničkog zastora ugraditi i vodonepropusnu hidroizolaciju.

Sve vertikalne površine u dodiru s tlom redovito su hidroizolirane.

2.4.2 Konstrukcijski čelik

Kao i kod betonskih mostova, potrebno je spriječiti sakupljanje i zadržavanje vode na konstrukciji ili unutar nje. Potrebno je odabirati detalje koji ne sprečavaju otjecanje vode. Primjena takvih detalja ne treba imati značajnijeg utjecaja na troškove izvedbe mosta.

Otkazivanje zavara ili njihova neispravna izvedba mogu izazvati teškoće s trajnošću, primjerice odlamanje zaštitnih premaza. Potrebno je posvetiti veliku pozornost odabiru detalja i kontroli kvalitete svih spojeva.

2.4.3 Zaštitni premazi

Kad se nanose zaštitni premazi odabrani detalji moraju omogućiti nanošenje slojeva zaštitnog premaza. Korozija će započeti na mjestima gdje je zaštita nepotpuna.

Tehnologija zaštitnih premaza u stalnom je razvoju. Posljednjih godina težište razvoja bilo je na jednostavnosti i povećanju brzine nanošenja, zaštiti okoliša i toksikološkim svojstvima premaza. Projektant kontinuirano mora

pratiti razvoj tržišta i ponude te mogućnosti primjene novih i suvremenijih proizvoda.

2.4.4 Zamor

Pukotine od zamora uzrokuju teškoće za trajnost konstrukcije. Pukotine nastaju na dijelovima čelične konstrukcije pod izravnim djelovanjem cikličkoga prometnog opterećenja, npr. čelična kolnička ploča ili gornji pojas čeličnog nosača kod spregnutih konstrukcija. Projektant odgovarajućim konstrukcijskim rješenjima mora osigurati i smanjiti pojavu koncentracije naprezanja.

2.5 Održavanje

Dva su osnovna razloga koja su potaknula velike vlasnike mostova da procjenjuju stanje svog vlasništva:

- ubrzano propadanje mostova zbog povećanog soljenja prometnica
- izjednačivanje prometnog opterećenja primjenom eurokodova, tako da treba utvrditi mogu li svi mostovi u sustavu podnijeti povećanje opterećenja u odnosu prema onom na koje su proračunati.

Ostali su razlozi povećanje mreže prometnica, kompjutorizirani sustavi gospodarenja mostovima koji uključuju detaljno razrađene baze podataka o mostovima. Te se baze podataka stalno dopunjuju i razvijaju. Svi ti podaci pomažu inženjerima u donošenju odluka o najpovoljnijem investiranju sredstava određenih za održavanje mostova.

2.5.1 Pregledi mostova

Postupak održavanja mostova uključuje i program pregleda mostova. Projektant treba osigurati pristup svim dijelovima konstrukcije. Unatoč činjenici da je u iznimnim slučajevima potreban određen kompromis, osnovno je načelo da svi dijelovi konstrukcije moraju biti dostupni i vidljivi za izravni pregled.

Odabrani način pristupa treba osigurati nesmetanu uporabu mosta, odnosno utjecaj pregleda mora biti najmanji mogući.

Na upornjacima je potrebno osigurati dovoljno mjesta za pregled ležaja i prijelaznih naprava. Kada se u ranoj fazi projektiranja i odabira detalja uzmu u obzir svi ovi uvjeti, moguće je primijeniti jednostavnija rješenja.

2.5.2 Postupci održavanja

Most mora postići svoj vijek trajanja (100 godina), uz pretpostavku da se obavljaju radovi na održavanju dijelova kojima je trajnost kraća. Ležaji i prijelazne naprave imaju vijek trajanja od 20-25 godina, pa je stoga potrebno predvidjeti mogućnost zamjene tih dijelova.

Projektant mora izbjegavati ugradnju kratkotrajnih elemenata u konstrukciju i osigurati da se svi ostali dijelovi konstrukcije održavaju što je manje potrebno.

Potrebno je osigurati slobodno i prirodno odstranjivanje prljavštine. Nakupine prljavštine mogu izazvati zadržavanje vode koja može biti kontaminirana solima za odležavanje.

Projekt i detalji moraju sadržavati informacije koje se odnose na zamjenu ugrađenih dijelova:

- zahtjeve koji se odnose na zdravlje i sigurnost
- utjecaj zamjene elemenata na konstrukciju i hidroizolaciju
- opterećenje koje se mora preuzeti pri zamjeni ležaja
- položaj i veličinu preša za odizanje konstrukcije
- sinkronizaciju odizanja
- sposobnost konstrukcije da nosi privremeno preraspoređeno opterećenje.

Projektant treba izraditi priručnik za održavanje konstrukcije. Na taj način identificiraju se osnovne karakteristike konstrukcije i daje se preporuka o postupcima pregleda i programa održavanja.

3 Zaključak

Konstrukcija mora biti planirana, projektirana i izvedena tako da tijekom predviđenog vijeka trajanja uz zadovoljavajući stupanj pouzdanosti i na ekonomičan način, ostane uporabljiva za predviđenu namjenu (zahtjev graničnog stanja uporabljivosti) te da bude u stanju podnijeti sva predviđena djelovanja tijekom izvedbe i uporabe (zahtjevi graničnog stanja nosivosti). Najveću ulogu u zadovoljavanju ovih uvjeta ima odabir i izvedba detalja.

Analizom izloženom u članku nastoje se pokazati primjeri detalja mostova s dodatnim objašnjenjima i savjetima kojima bi se naglasili i obrazložili principi i moguća pitanja vezana za svaki detalj.

Analizom je dobiven skup detalja koji su tehnički ispravni, osiguravaju dostatnu trajnost, najjednostavniji su za izvedbu i osiguravaju najmanje troškove održavanja.

Na taj način nastojalo se preporučiti detalje koji omogućuju i potiču određenu razinu standardizacije, što bi trebalo omogućiti da projekt, detaljiranje i izvedba mostova postanu uspješniji te da projekt ima kratkoročne i dugoročne pozitivne koristi za vlasnika.

Na Katedri za mostove ova se analiza smatra zdravom osnovom na kojoj se mogu razvijati alternativni pristupi jer namjera nije bila zaustaviti i ograničavati daljnji razvoj. Projektima koji se vode na Katedri za mostove uvijek se nastoji ohrabriti povratna informacija, kako bi se detalji prema potrebi zamijenili, poboljšali, dodatno razradili ili osuvremenili.

LITERATURA

- [1] *Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RIZ-ING)*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Verkehrsblatt-Verlag, Sammlung S 1053, Dortmund, 2007.
- [2] Čleković, V.; Šušteršić, D.; Sršek, D.; Puž, G.; Kindij, A.: *Detalji spoja ceste i mosta*, Ceste i mostovi, Hrvatsko društvo za ceste – Via Vita, CIM, god. 53., br. 4, srpanj/kolovoz 2007., 30-38.
- [3] Tonnias, D. E.; Zhao, J. J.: *Bridge Engineering*, Design, Rehabilitation and Maintenance of modern Highway Bridges, 2007.
- [4] Radić, J.; Šavor, Z.; Kindij, A.; Mandić, A.; Hrelja, G.: *Improvement of bridge structures project*, Proceedings of the International Conference on Bridges, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2006, pp. 251-260
- [5] *Tipizacija sustava i detalja za objekte na autocestama*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, studija za HAC d.o.o. (Ugovor br.45121-700-76/05), svibanj 2005.
- [6] Radić, J. et al.: *Bridges on new Croatian Highways*, Croatian national report 2002. I FIB Congress, Osaka, Japan, 2002.
- [7] *Bridge detailing guide*, CIRIA C543, ISBN 0 86017 543 X, London, 2001.
- [8] TSC 07.109, *Smernice za projektiranje cestnih premostitvenih objektov (mostov)*, Tehnička specifikacija za javne ceste, Republika Slovenija, Ministarstvo za promet in zveze, 1998.
- [9] *Bridges – design for improved buildability*, CIRIA Report 155, London, 1996.
- [10] Radić, J.: *Bridge Durability Parameters*, Proc. Symp. IABSE Durability of Structures, Lisabon, 1989., pp.63-68