

# UIC PREPORUKE ZA PROJEKTOVANJE ŽELEZNIČKIH MOSTOVA

## UIC RECOMMENDATIONS FOR DESIGN OF RAILWAY BRIDGES

UDK: 624.21:625.1.08

Pregledni rad

Nikola MIRKOVIĆ, mast.inž.građ.<sup>1)</sup>

Prof.dr Zdenka POPOVIĆ, dipl.građ.inž.<sup>2)</sup>

Doc. dr Luka LAZAREVIĆ, dipl.građ.inž.<sup>3)</sup>

Milica VILOTIJEVIĆ, mast.inž.građ.<sup>4)</sup>

### REZIME

Ovaj rad razmatra osnovne principe interakcije kolosek/most. Analizirani su uticaji različitih konstrukcija mostova na dilatacionu dužinu mosta kako bi se izbegla dilataciona sprava u koloseku sa kontinualno zavarenim šinama. Razmatrani su uticaji gornjeg stroja mosta kao i krutosti oslonaca mosta na pomenutu interakciju. Takođe, razmatrani su tehnički zahtevi za sisteme šinskih pričvršćenja i podužni otpor koloseka na mostu. Predstavljene su UIC (Međunarodna železnička unija) preporuke za projektovanje železničkih mostova. Cilj rada je stvaranje osnove za unapređenje postojeće tehničke regulative u oblasti železničke infrastrukture i njena harmonizacija sa EU regulativom.

**Gljučne reči:** železnička infrastruktura, most, šina, kolosek, interakcija, konstrukcija, održavanje.

### SUMMARY

This paper discusses the basic principles of interaction track/bridge. Influences of different bridge structures on the bridge expansion length were analyzed in order to avoid expansion joints in CWR track. Influences of track and bridge superstructure, as well as bridge support stiffness on the mentioned interaction were considered. In addition, performance requirements for rail fastening systems and longitudinal track restraint on bridge were considered. UIC (International Union of Railways) recommendations for design of railway bridges were presented. The aim of this paper is providing the basis for improvement of the existing technical regulations in the field of railway infrastructure, as well as its harmonisation with EU regulations.

**Key words:** railway infrastructure, bridge, rail, track, interaction, structure, maintenance.

## 1. UVOD

Sa porastom brzina na železničkim prugama javljaju se objektivne teškoće u prilagođavanju trase pruge topografskim karakteristikama terena. Zbog zahteva za primenom velikih radijusa horizontalnih krivina i blagih uzdužnih nagiba javlja se veliki broj i velike dužine inženjerskih objekata na trasi pruge. Sa druge strane, udeo inženjerskih objekata na trasi raste i iz bezbednosnih razloga, zato što se teži denivelisanim ukrštanjima pruge sa drugim saobraćajnicama (za brzine do 200 km/h dozvoljeno ukrštanje u nivou pod uslovima prema [1, 2]). Iskustveno se može reći da inženjerski objekti mogu da čine 70-80 % dužine trase pruga za velike brzine. U zavi-

snosti od udela inženjerskih objekata, cena jednog kilometra pruge varira u širokom rasponu (5–20 miliona €).

Železnički mostovi, kao deo konstrukcije donjeg stroja pruge, moraju da obezbede kontinuitet konstrukcije koloseka kako bi se železnički saobraćaj odvijao pod istim uslovima sigurnosti i udobnosti kao i na koloseku na zemljanom trupu. Ovakvi zahtevi se odnose na sve brzine železničkih vozila do maksimalne projektovane brzine za deonicu na kojoj se most nalazi.

S obzirom na opasne posledice iskliznuća železničkih vozila na mostu, izražene u ljudskim životima, povređivanju, ekološkoj i materijalnoj šteti (slika 1), jasna je važnost propisa za projektovanje, građenje i održavanje železničkih mostova.

Međunarodna železnička unija (UIC – Union Internationale des Chemins de fer) je donela niz preporuka za projektovanje železničkih mostova u vezi sa fenomenom interakcije železničko vozilo/kolosek/most [4-8]. Neke od preporuka će se posebno razmotriti u ovom radu.

Adresa autora: Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd

<sup>1)</sup> nmirkovic@grf.bg.ac.rs

<sup>2)</sup> zdenka@grf.bg.ac.rs

<sup>3)</sup> llazarevic@grf.bg.ac.rs

<sup>4)</sup> mviolotijevic@grf.bg.ac.rs



Slika 1. Iskliznuće voza na čeličnom mostu u Francuskoj 2015. godine [3]

U radu se u okviru fenomena interakcije kolosek/most razmatra aspekt koloseka sa kontinualno zavarenim šinama. U tom smislu, razmatrana je konstrukcija koloseka na mostu i naprezanja koja se javljaju u šinama kao rezultat pomenute interakcije.

## 2. KOLOSEK NA MOSTU

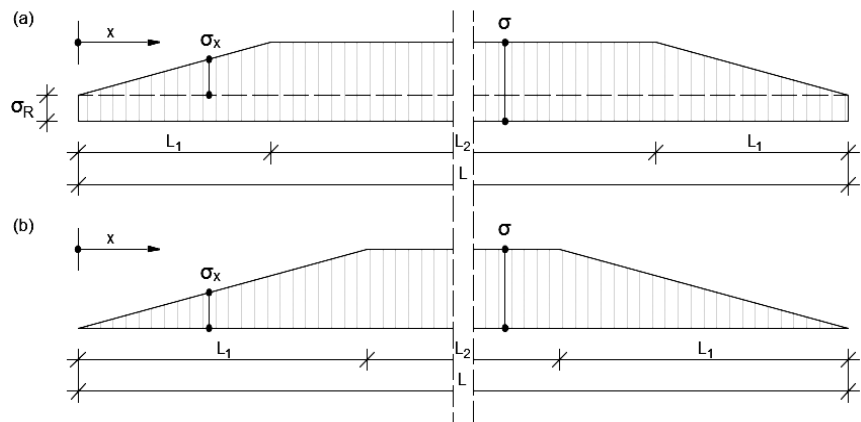
Savremena konstrukcija železničkog koloseka podrazumeva kontinualno zavarivanje šina. Cilj je da se obezbedi neprekidna površ glave šine po kojoj se kotrljaju točkovi železničkih vozila. Kolosek sa kontinualno zavarenim šinama se primenjuje kao standardno rešenje kako na zemljanom trupu železničke pruge, tako i na mostovskim konstrukcijama.

Kontinualnim zavarivanjem šina u koloseku postižu se povoljni tehnički i ekonomski efekti, kao i znatno poboljšanje komfora vožnje i zaštite okruženja od buke i vibracija. Ekonomičnost koloseka sa kontinualno zavarenim šinama se najviše ispoljava u smanjenju troškova održavanja, produženju životnog veka konstrukcije gornjeg i donjeg stroja pruge i smanjenju troškova vuče. Osnovna specifičnost koloseka sa kontinualno zavarenim šinama je sprečena mogućnost dilatiranja šina pri temperaturnim promenama u šini u odnosu na temperaturu završnog zavarivanja šina u koloseku. Zato se u kontinualno zavarenim šinama usled temperaturnih promena javljaju značajne normalne sile, odnosno naponi.

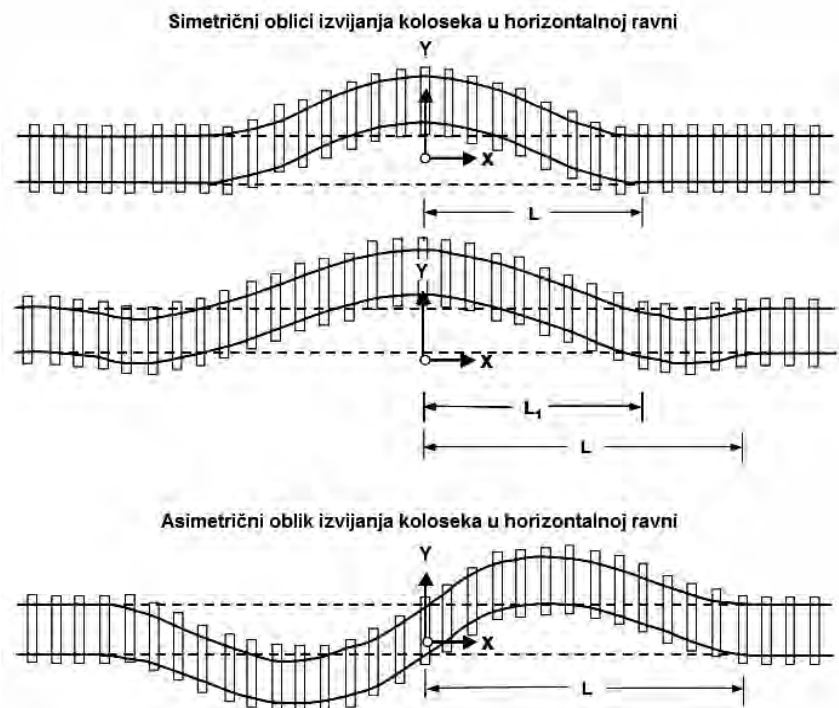
U srednjem delu kontinualno zavarene šine na nepokretnoj podlo-

zi, koja je za pragove pričvršćena sistemom elastičnog pričvršćenja, napon  $\sigma$  je konstantan (na dužini  $L_2$ , slika 2). Ukoliko se na krajevima kontinualno zavarenih šina nalaze mehanički spojevi, otpor na kraju šina jednak je otporu  $\sigma_R$ , koji šinski spoj pruža pomeranju krajeva. Ukoliko su na krajevima kontinualno zavarene šine ugrađene dilatacione sprave, krajevi šine slobodno dilatiraju, tako da je otpor na krajevima jednak nuli, a na dužini dišućih krajeva  $L_1$  napon se menja linearno.

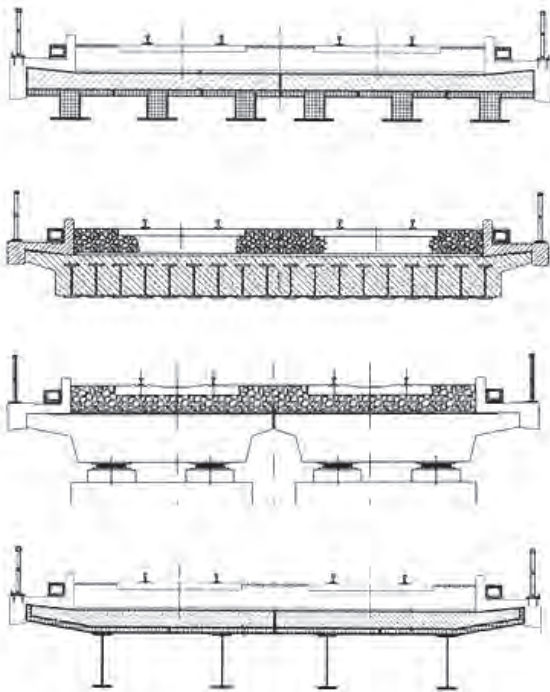
Kada su temperature u šinama veće od temperature pri kojoj je sprovedeno završno zavarivanje šina u koloseku (temperatura pri kojoj je izvršeno oslobađanje šina od napona i završno pritezanje), u šinama se javlja sila



Slika 2. Dijagram napona usled temperaturnih promena u kontinualno zavarenim šinama na čijim krajevima se nalaze mehanički šinski sastavi (a) ili dilatacione sprave (b)



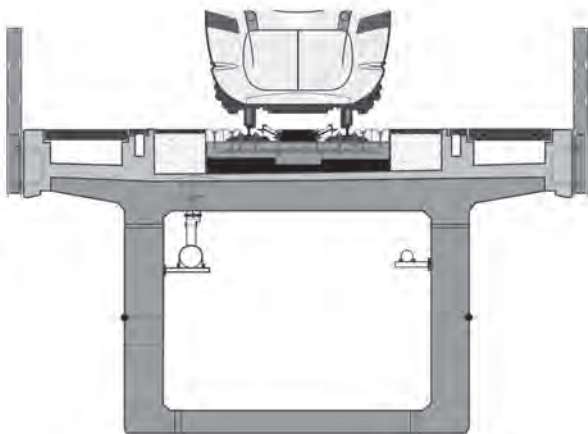
Slika 3. Model bočnog izbacivanja koloseka sa kontinualno zavarenim šinama usled aksijalne sile pritiska [9]



Slika 4. Primeri poprečnih preseka železničkih mostova sa zastorom od tucanika u betonskom koritu [10]

pritiska. Pri ekstremnim letnjim temperaturama, sila pritiska u kontinualno zavarenoj šini u uslovima sprečenog podužnog dilatiranja može da dovede do izbacivanja koloseka u stranu, kao što je prikazano na slici 3.

Na slici 4 su prikazani različiti poprečni profili železničkih mostova sa zastorom od tucanika u betonskom koritu, koji su povoljni sa aspekta održanja bočne stabilnosti koloseka. Primenom jednostavnog betonskog korita postiže se trajna stabilnost koloseka u zastoru od tucanika bez ugradnje sprava za povećanje bočne stabilnosti, koje otežavaju održavanje geometrije koloseka (neophodno privremeno uklanjanje sprava sa čela prago-va pre rada podbijačice za mehanizovano uređenje nivelete i smeru koloseka).



Slika 5. Primer poprečnog preseka železničkog mosta sa kolosekom na betonskoj ploči [11]

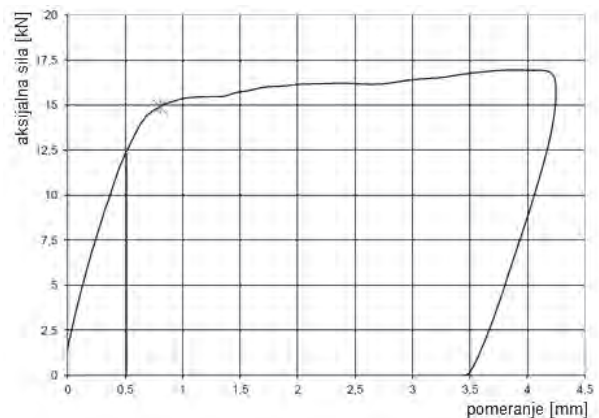
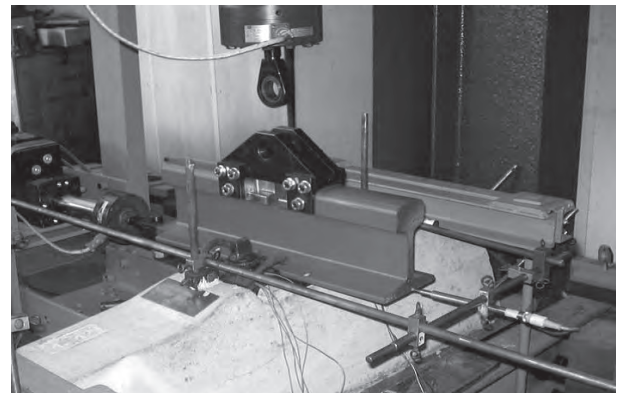
Sa druge strane, u slučaju koloseka na čvrstoj podlozi ne postoji problem očuvanja njegove bočne stabilnosti pri velikim letnjim temperaturama, niti problem osiguranja otpora podužnom pomeranju koloseka, slika 5.

Sile zatezanja se javljaju u kontinualno zavarenim šinama tokom zime i mogle bi da izazovu pucanje šina. Zbog toga je važna upotreba šinskih pričvršćenja sa dovoljno velikom i postojanom silom pritezanja koja može da spreči formiranje velikog zazora pri pucanju šine, u zimskim uslovima.

Prema tehničkim standardima [12-14], primenjuju se šinska pričvršćenja koja obezbeđuju silu otpora podužnom pomeranju šine u odnosu na prag koji nije manji od 7 kN. Na prugama za velike brzine ( $V \geq 250$  km/h) otpor podužnom pomeranju šine mora da bude bar 9 kN [12-14].

Na slici 6 je, kao primer otpora podužnom pomeranju šine pričvršćene savremenim sistema šinskih pričvršćenja, prikazana vrednost podužnog otpora za pričvršćenje W14, na osnovu laboratorijskih ispitivanja na TU Minhen [15]. Ispitivanja podužnog otpora su obavljena u skladu sa [14]. Slika 6 jasno pokazuje da je stvarni otpor podužnom pomeranju veći od zahtevane vrednosti prema [14].

Rezultati laboratorijskih ispitivanja različitih sistema šinskog pričvršćenja (slika 7), uključujući i kruto K pričvršćenje, prema istraživanju [16], prikazani su u tabeli 1.



Slika 6. Laboratorijsko ispitivanje sistema W14 sa stezaljkom Skl 14 (gore) i dijagram za određivanje podužnog otpora (dole) prema [15]



Slika 7. Laboratorijsko ispitivanje sistema KS sa stezaljkom Skl 12 [16]

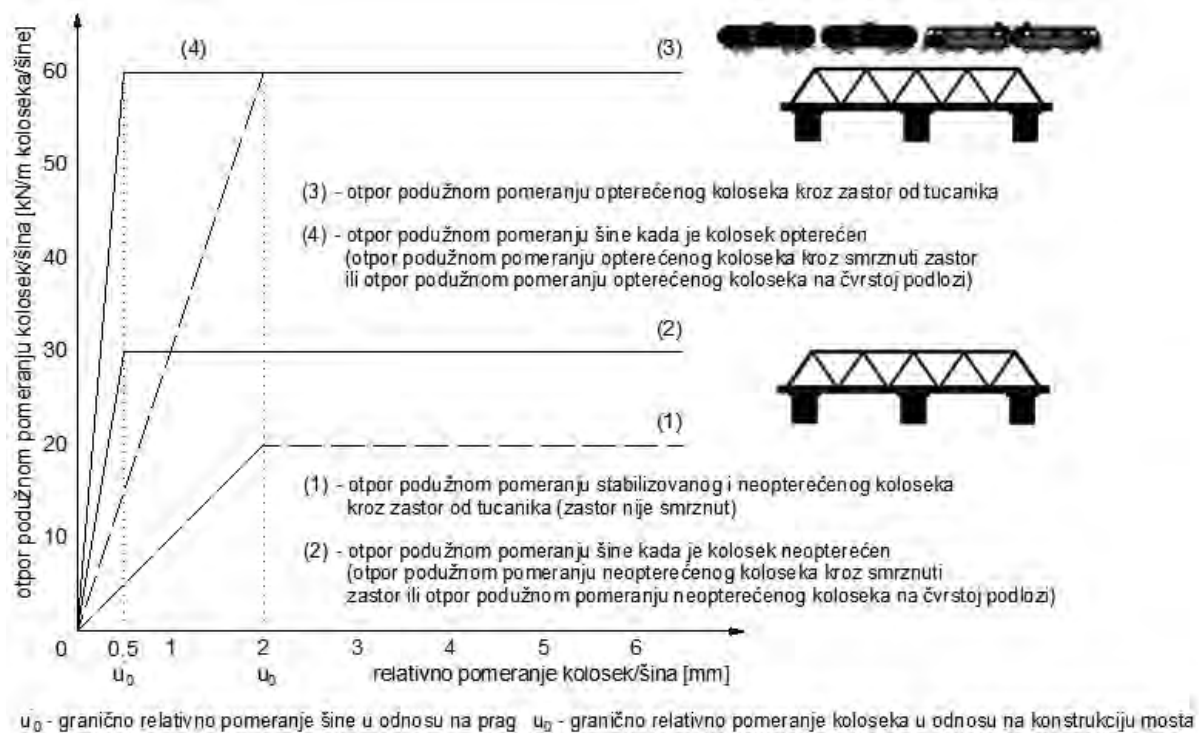
Tabela 1. Vrednosti podužnog otpora [16]

Tip šinskog pričvršćenja	Podužni otpor pomeranju šine [kN]	Podužna krutost [N/mm]
KS (stezaljka Skl 12, bez podloške, betonski prag)	10,47	14 000
KS (stezaljka Skl 12, sa ravnom EVA podloškom, betonski prag)	12,56	14 000
KS (stezaljka Skl 12, sa ravnom EVA podloškom i momentom pritezanja 250 Nm, betonski prag)	16,58	36 000
K pričvršćenje bez umetnute podloške	20,52	40 000
K pričvršćenje sa ravnom EVA podloškom	26,51	51 400

Iz tabele 1 se vidi da podužni otpor pomeranju šine zavisi od sile pritezanja i otpora trenja u dodiru donje površi nožice šine i podloge (u slučaju prema tabeli 1, razmatrano je trenje sa ili bez šinske podloške). Velika sila otpora podužnom pomeranju šine koju pruža kruto K pričvršćenje je privremenog karaktera, tako da otpor tokom vremena opada i neophodno je naknadno pritezanje sistema tokom eksploatacije. Zbog toga se ovakav sistem pričvršćenja ugrađuje samo na sporednim kolosecima i nije obuhvaćen standardima za elastična šinska pričvršćenja.

Sa druge strane, otpor podužnom pomeranju šine koja je pričvršćena elastičnim pričvršćenjem je u opštem slučaju veći od otpora kojim se zastor od tucanika suprotstavlja podužnom pomeranju koloseka (slika 8). Otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag, kao i koloseka kroz zastor od tucanika zavisi od toga da li je kolosek opterećen (prisustvo vozila na koloseku) ili ne. Takođe, u slučaju niskih temperatura, može se dogoditi da je otpor od podužnog pomeranja koloseka kroz zaleđeni zastor veći od otpora pomeranju šine po pragu. U slučaju proračuna uticaja mosta usled temperaturnih promena na naprezanja u kontinualno zavarenim šinama merodavan je otpor podužnom pomeranju pragova kroz zastor za neopterećen kolosek. (izuzev kada je zastor zaleđen). U slučaju proračuna uticaja na most usled kočenja i ubrzavanja (pokretanja) železničkih vozila, merodavan je otpor podužnom pomeranju pragova kroz zastor za opterećen kolosek (izuzev kada je zastor zaleđen), kao što prikazuje slika 8.

U slučaju mostova sa velikom dilatacionom dužinom moguća je primena šinskih pričvršćenja sa reduko-



Slika 8. Bilinearni otpori podužnom pomeranju šine i koloseka na mostu prema [4]

vanim otporom podužnom pomeranju šine u skladu sa proračunom i obaveznim dokazivanjem veličine zazora u slučaju pucanja šine u zimskim uslovima kako se ne bi narušila bezbednost saobraćaja.

Podužni otpor koji zastor od tucanika pruža pomeranju pragova mora da se održava redovnim podbijanjem pragova i dinamičkom stabilizacijom zastora.

### 3. MOST KAO DEO DONJEG STROJA ŽELEZNIČKE PRUGE

Most u planumu železničke pruge predstavlja deformabilnu i pomerljivu konstrukciju, što prouzrokuje pomeranje koloseka sa kontinualno zavarenim šinama. Zbog toga se govori o uzajamnom dejstvu (interakciji) između konstrukcija koloseka i mosta (slika 9).



Slika 9. Proračunski model interakcije most/kolosek

Pomeranje gornjeg stroja mosta dovodi do pomeranja koloseka i stvara dodatnu silu u koloseku i indirektno dovodi do pojave sile u ležištima mosta. Parametri konstrukcije koloseka koji utiču na napone u koloseku sa kontinualno zavarenim šinama su: dilataciona dužina mosta, dužina raspona mosta, krutost oslonaca, krutost na savijanje i visina konstrukcije gornjeg stroja mosta.

#### 3.1. Rasponi i dilataciona dužina mosta

Na osnovu preporuka iz UIC Code 774-3 [4], maksimalna dilataciona dužina konstrukcije gornjeg stroja



Slika 10. Izgled dilatacione sprave

mosta na kome se nalazi kolosek sa kontinualno zavarenim šinama bez dilatacione sprave u koloseku iznosi:

- 60 m za čelične mostove sa zastorom od tucanika
- 90 m kod masivnih betonskih ili spregnutih konstrukcija mostova sa zastorom od tucanika.

Na osnovu gore navedenih maksimalnih dilatacionih dužina koje ne zahtevaju ugradnju dilatacionih sprava sledi da je:

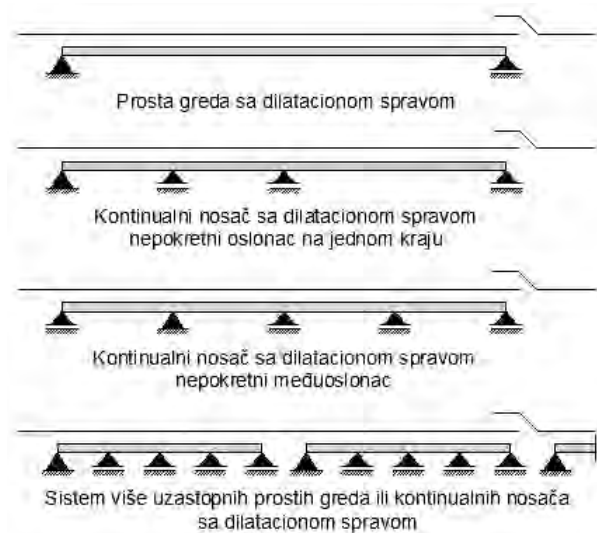
- u slučaju čeličnih mostova maksimalna dužina kontinualnog nosača sa jednim nepokretnim osloncem u sredini:  $2 \times 60 = 120\text{m}$ ,
- u slučaju masivnih betonskih ili spregnutih mostova maksimalna dužina kontinualnog nosača sa jednim nepokretnim osloncem u sredini:  $2 \times 90 = 180\text{m}$ .

Na slikama 10 i 11 je prikazan izgled, mogući položaji dilatacione sprave u koloseku na mostu [4, 17], kao i smanjenje napona pritiska u kontinualno zavarenim šinama.

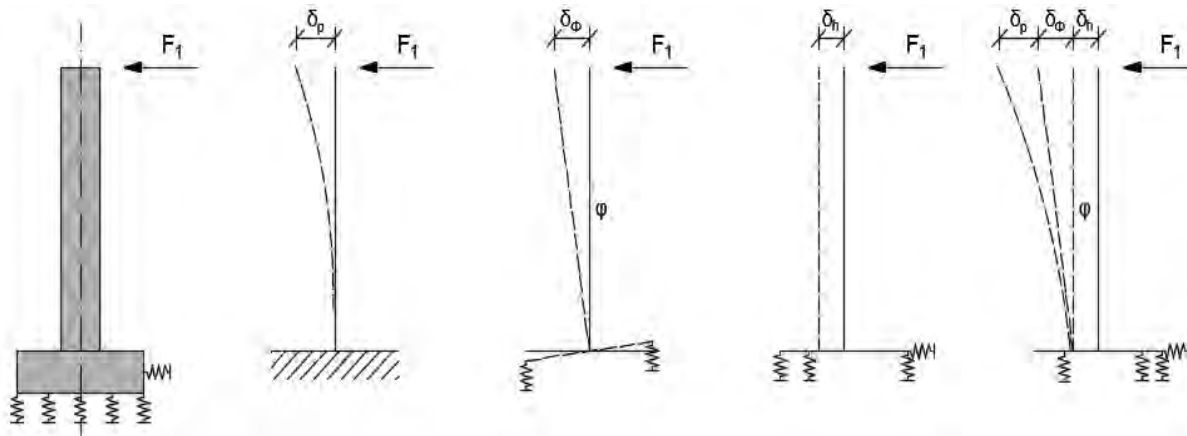
Ipak, u svakom konkretnom slučaju, u skladu sa realnim mogućnostima, treba težiti da se izbegne ugrađivanje

dilatacionih sprava, jer one predstavljaju diskontinuitet na površi po kojoj se kotrlja točak železničkog vozila, tako da utiču na povećanje dinamičkih sila, smanjuju komfor i povećavaju troškove održavanja koloseka, vozila i mosta.

Izborom konstrukcije mosta i izborom šinskih prišvrćenja sa smanjenim otporom pomeranju šine moguće je izbeći ugrađivanje dilatacione sprave u koloseku iznad krajnjeg pokretnog oslonca mosta, kako bi se smanjili troškovi održavanja i povećala udobnost vožnje.



Slika 11. Mogući položaji dilatacione sprave u koloseku na mostu



Slika 12. Pomeranja merodavna za određivanje krutosti oslonaca konstrukcije gornjeg stroja železničkog mosta

### 3.2 Krutost oslonaca gornjeg stroja mosta

Krutost  $K$  oslonca gornjeg stroja mosta (ležišta, stubovi, temelji stubova i temeljno tlo) protiv podužnog pomeranja se određuje na osnovu sledećeg odnosa:

$$K = \frac{H}{\sum \delta_i} \quad [\text{N/cm}] \quad (1)$$

Gde je:

$H$  – horizontalna reakcija u osloncu,

$\sum \delta_i$  – ukupno podužno pomeranje u osloncu prema izrazu (2).

$$\delta_i = \delta_p + \delta_\phi + \delta_h + \delta_a \quad (2)$$

Gde je:

$\delta_p$  – pomeranje gornjeg kraja stuba usled elastične deformacije,

$\delta_\phi$  – pomeranje gornjeg kraja stuba usled zaokretanja temelja ili temeljne ploče

$\delta_h$  – pomeranje gornjeg kraja stuba usled horizontalnog pomeranja temelja,

$\delta_a$  – relativno pomeranje između gornje i donje ivice ležišta.

Iste oznake kao u formuli (2) su korišćene na slici 12.

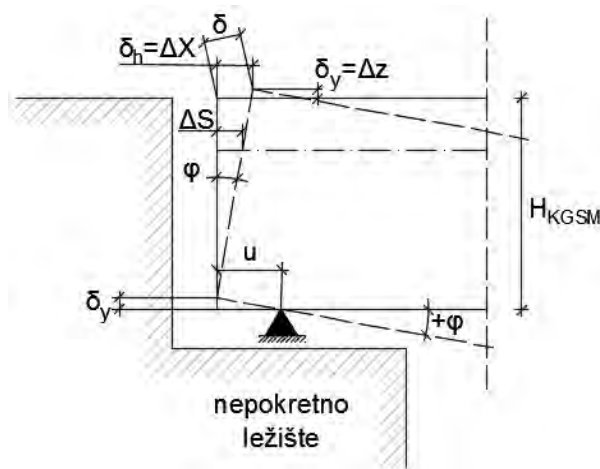
Vrednosti pojedinačnih pomeranja se moraju odrediti u zavisnosti od visine oslonca i visine temelja, kao što je prikazano na slici 12.

### 3.3. Krutost na savijanje i visina konstrukcije gornjeg stroja mosta

Vertikalno opterećenje od saobraćaja na mostu izaziva velike sile usled interakcije most/kolosek [5, 6], zato što deformacije konstrukcije gornjeg stroja mosta pri savijanju dovode do podužnog pomeranja gornje ivice konstrukcije gornjeg stroja mosta (slika 13).

Interakcija zavisi prevashodno od elastičnosti i položaja neutralne ose konstrukcije gornjeg stroja mosta, ali takođe i od krutosti elastičnih oslonaca i visine konstrukcije gornjeg stroja  $H_{\text{KGSM}}$ .

Ostale oznake na slici 13 su:



Slika 13. Pomeranje kraja mosta usled zaokretanja pri savijanju u vertikalnoj ravni

$\phi$  – ugao zaokretanja kraja konstrukcije gornjeg stroja mosta,

$u$  – dužina prepusta konstrukcije gornjeg stroja mosta preko nepokretnog oslonca,

$\delta$  – pomeranje gornje ivice konstrukcije gornjeg stroja mosta,

$\delta_h = \Delta x$  – horizontalna komponenta pomeranja gornje ivice konstrukcije gornjeg stroja mosta,

$\delta_y = \Delta z$  – vertikalna komponenta pomeranja gornje ivice konstrukcije gornjeg stroja mosta,

$\Delta S$  – horizontalna komponenta pomeranja konstrukcije gornjeg stroja mosta na mestu neutralne ose poprečnog preseka mosta.

## DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

U radu je ukazano da mostovska konstrukcija u planumu železničke pruge predstavlja deformabilnu i pomerljivu konstrukciju koja prouzrokuje pomeranje koloseka sa kontinualno zavarenim šinama.

Interakcija između mosta i konstrukcije koloseka ispoljava se tako što pomeranje gornjeg stroja mosta do-

vodi do pomeranja koloseka i stvara dodatne sile u koloseku i indirektno dovodi do pojave sila u ležištima mosta.

Na napone u koloseku sa kontinualno zavarenim šinama utiču dilataciona dužina mosta, dužina raspona mosta, krutost oslonaca, krutost na savijanje i visina konstrukcije gornjeg stroja mosta (slika 13).

Na osnovu razmatranja u radu, očigledno je da konstrukcija mosta sistema proste grede nije pogodna kao statički sistem za železničke mostove jer usled veće visine konstrukcije gornjeg stroja mosta ima veća pomeranja na krajevima mosta. Sa tog aspekta primena statičkog sistema kontinualnog nosača sa nepokretnim osloncem, koji nije na kraju, je znatno povoljnije rešenje za železničke mostove (slika 13, manja visina konstrukcije gornjeg stroja mosta  $H_{KGS}$ ). Nepokretni oslonac kontinualnog nosača treba postaviti tako da se dobije najmanja moguća dilataciona dužina železničkog mosta u datim uslovima.

Krutost oslonaca mosta treba usaglasiti sa dozvoljenim naponima u šinama. Manja krutost oslonaca izaziva veće pomeranje konstrukcije mosta, a samim tim i veće napone u kontinualno zavarenim šinama. Sa druge strane, velika krutost oslonaca nepovoljno utiče na dinamičke karakteristike mosta (povećava frekvenciju oscilovanja konstrukcije mosta i seizmičke sile). Optimalna krutost oslonaca železničkog mosta bi trebalo da zadovolji oba kriterijuma [18].

Kolosek sa kontinualno zavarenim šinama na mostu je najbolje rešenje sa stanovišta troškova građenja i održavanja koloseka, kao i sa stanovišta uticaja na vozilo (kontinualna vozna površ na glavi šine za kotrljanje točkova vozila bez oštećenja i dodatnih dinamičkih uticaja), okolinu (smanjenje buke) i konstrukciju mosta (kolosek koji miruje ne izaziva dodatne sile u konstrukciji mosta). S obzirom na značaj, u radu su predstavljeni zahtevi za podužni otpor šine i koloseka na mostu. U tom smislu su razmatrane prednosti savremenih elastičnih sistema šinskih pričvršćenja. Ukazano je na razlike u merodavnim podužnim otporima šine i koloseka kada je kolosek na mostu u zastoru od tucanika i kada je kolosek na čvrstoj podlozi. Pretpostavljeni merodavni otpori na osnovu kojih je izvršen proračun mosta moraju se obezbediti tokom eksploatacije pravilnim održavanjem železničkog mosta uključujući koloseke koji se na njemu nalaze. Zato je uz projekat železničkog mosta neophodno izraditi i detaljne smernice za njegovo održavanje.

Za sada, na većini železničkih mostova u Srbiji ugrađeni su kruti sistemi šinskih pričvršćenja. Za razliku od sistema elastičnih pričvršćenja, kruti sistemi pokazuju pad sile pritezanja i otpora podužnom pomeranju šine po pričvršćenju tokom vremena. Ovaj fenomen je izražen kod K sistema šinskog pričvršćenja, koji je još uvek u najvećoj meri zastupljen na železničkim mostovima u Srbiji.

Kruti sistemi šinskih pričvršćenja se dopunjuju spravama protiv podužnog pomeranja (putovanja) šina na deonicama neposredno pre i nakon mosta, što dodatno otežava održavanje. Pored skupljeg održavanja i većeg obima radova na polaganju koloseka sa kontinualno za-

varenim šinama i K pričvršćenjem, težina i cena krutih šinskih pričvršćenja su danas nepovoljnije u odnosu na sisteme elastičnih šinskih pričvršćenja. S obzirom na navedene razloge, kruta pričvršćenja na mostovima treba zameniti elastičnim sistemima pri prvoj rekonstrukciji deonice pruge na mostu.

Projekti novih mostova treba da pruže optimalnu konstrukciju mosta i koloseka na osnovu UIC preporuka i SRPS EN standarda [19-23].

Potreba da se izvrši modernizacija i rekonstrukcija železničke infrastrukture u Republici Srbiji, a naročito na Koridoru X, zahteva hitnu harmonizaciju domaćih propisa sa evropskim propisima u oblasti projektovanja i održavanja železničkih mostova, kao i izradu pratećih podzakonskih akata. Neophodno je u što kraćem roku u saradnji sa Direkcijom za železnice izraditi pravilnik za projektovanje i održavanje železničkih mostova u Srbiji.

## ZAHVALNICA

*Ovaj rad je rezultat istraživanja na Tehnološkom projektu broj 36012 „Istraživanje tehničko-tehnološke, kadrovske i organizacione osposobljenosti Železnice Srbije sa aspekta sadašnjih i budućih zahteva Evropske unije“, koje je finansirano od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije.*

## LITERATURA

- [1] UIC Code 761: Guidance on the automatic operation of level crossing, Paris, 2004.
- [2] UIC Code 762: Safety measures to be taken at level crossing on lines operated from 120 to 200 km/h, Paris, 2005.
- [3] <http://www.spiegel.de/fotostrecke/tgv-stuerzt-im-elsass-von-bruecke-fotostrecke-131934-7.html> (pristup jun 2017.)
- [4] UIC Code 774-3: Track/bridge Interaction – Recommendations for calculations, Paris, 2001.
- [5] UIC Code 776-1: Loads to be considered in railway bridge design, Paris, 2006
- [6] UIC Code 776-2: Design requirements for rail-bridges based on interaction phenomena between train, track and bridge, Paris, 2009..
- [7] UIC Code 774-1: Recommendations for the fatigue design of railway bridges in reinforced and prestressed-concret, Paris, 2005.
- [8] UIC 774-2: Distribution of axle-loads on ballast-drailway bridges, Paris, 1994.
- [9] U.S. Department of Transportation, Track Buckling Prevention: Theory, Safety Concepts, and Applications, Washington, 2013.
- [10] Muncke Martin, Frey Stein Hartmut, Schollmeier Peter: Entwerfen von Bahnanlagen, Eurailpress, Hamburg, 2005, ISBN 3-7771-0333-0, S. 636
- [11] <http://www.bahnprojekt-stuttgart-uhl.de/en/media-library/detail/media/filstalbruecke-visualisierung-pfa-22-albaufstieg/mediaParameter/show/Medium/>

- [12] (pristup jun 2017.)
- [13] Milica Vilotijević, Zdenka Popović, Luka Lazarević, Test methods and requirements for fastening systems for concrete sleepers, *Building materials and structures*, 60 (2017) 2, pp. 33-48
- [14] CEN/TC 256: EN 13481-2: 2012 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 2: Fastening systems for concrete sleepers
- [15] CEN/TC 256: EN 13146-1:2002 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 1: Determination of longitudinal rail restraint, 2002.
- [16] Freudenstein, S.: Forschungsbericht, Prüfung des Schienenbefestigungssystems W 14 gemäß DIN EN 13481-2:2012, TU München, 2014. International Union of Railways, UIC Code 712, Rail Defects, 4th edition, January 2002.
- [17] Papp, H., Liegnerd, N.: Investigation of internal forces in the rail due to the interaction of CWR tracks and steel railway bridges with ballasted track superstructure, *Pollack Periodica*, Vol. 11, No. 2, pp. 65–74 (2016), (DOI: 10.1556/606.2016.11.2.6)
- [18] CEN/TC 256: EN 13232-8:2007+A1, Railway applications – Track – Switches and crossings – Part 8: Expansion devices, 2007.
- [19] Ratko Salatić, Nikola Mirković, Connection between superstructure and substructure concrete bridges with aspect seismic isolation of construction, *Zbornik radova 5. međunarodne konferencije savremena dostignuća u građevinarstvu*, 2017.
- [20] CEN/TC 250: EN 1990:2002/A1: 2005/AC, Eurocode – Basis of structural design, 2010.
- [21] CEN/TC 250: EN 1991-2:2003, Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges, 2003.
- [22] CEN/TC 250: EN 1992-2:2005/AC:2008, Eurocode 2 – Design of concrete structures – Concrete bridges – Design and detailing rules, 2008.
- [23] CEN/TC 250: EN 1993-2:2006/AC:2009, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 2: Steel Bridges, 2009.
- [24] CEN/TC 250: EN 1994-2:2005/AC:2008, Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures – Part 2: General rules and rules for bridges, 2008.