
DGKS

**DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH
KONSTRUKTERA SRBIJE**

14. KONGRES

NOVI SAD
24-26. SEPTEMBAR

2014.

14

K

O

N

G

R

E

S

2014

U SARADNJI SA:



**GRAĐEVINSKIM FAKULTETOM
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

**MINISTARSTVOM PROSVETE,
NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
REPUBLIKE SRBIJE**



**INŽENJERSKOM KOMOROM
SRBIJE**

**ZBORNİK
RADOVA**



**CHINA ROAD AND BRIDGE
CORPORATION SERBIA BRANCH**

Izdavač: **Društvo građevinskih konstruktora Srbije**
Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/1

Urednici: prof. dr **Miloš Lazović**
prof. dr **Boško Stevanović**

Tehnička
priprema: **Saška - Stoja Todorović**

Priprema za
štampu: **Nebojša Ćosić**

Štampa: **DC Grafički centar**

Tiraž: **150 primeraka**

Beograd, septembar 2014.

ORGANIZACIONI ODBOR

PREDSEDNIŠTVO DGKS

Prof. dr Miloš LAZOVIĆ, dipl.inž.grad., predsednik
Aleksandar BOJOVIĆ, dipl.inž.grad., potpredsednik
Prof. dr Boško STEVANOVIĆ, dipl.inž.grad., sekretar
Prof. dr Đorđe VUKSANOVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Mihajlo ĐURĐEVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Dragoslav STOJIC, dipl.inž.grad.
Prof. dr Đorđe LAĐINOVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Snežana MARINKOVIĆ, dipl.inž.grad.
Prof. dr Aleksandar RISTOVSKI, dipl.inž.grad.
Doc. dr Bratislav STIPANIĆ, dipl.inž.grad.
Dr Zoran FLORIĆ, dipl.inž.grad.
Mr Slobodan GRKOVIĆ, dipl.inž.grad.
Branko KNEŽEVIĆ, dipl.inž.grad.
Gojko GRBIĆ, dipl.inž.grad.
Goran VUKOBRATOVIĆ, dipl.inž.grad.
Đorđe PAVKOV, dipl.inž.grad.
Svetislav SIMOVIĆ, dipl.inž.grad.

ČLANOVI ORGANIZACIONOG ODBORA IZVAN PREDSEDNIŠTVA

Prof. dr Zlatko MARKOVIĆ, dipl.inž. grad.
Miroslav MIHAJLOVIĆ, dipl.inž.grad.
Aleksandar TRAJKOVIĆ, dipl.inž.grad.

NAUČNO-STRUČNI ODBOR

1. Prof. dr Radenko Pejović, Građevinski fakultet Podgorica, Crna Gora
2. Prof. dr Duško Lučić, Građevinski fakultet Podgorica, Crna Gora
3. Prof. dr Goran Markovski, Univerzitet "Kiril i Metodij" Gradežen fakultet, Skopje, Makedonija
4. Prof. dr Meri Cvetkovska, Univerzitet "Kiril i Metodij" Gradežen fakultet, Skopje, Makedonija
5. Prof. dr Tatjana Isaković, Univerzitet u Ljubljani Fakultet građevinarstva i geodezije, Ljubljana, Slovenija
6. Prof. dr Viktor Markelj, Ponting d.o.o., Maribor, Slovenija
7. Prof. dr Zlatko Šavor, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zavod za konstrukcije, Katedra za mostove, Zagreb, Hrvatska
8. Prof. dr Radu Bancila, University "POLYTEHNICA", Temišvar, Rumunija
9. Mr Predrag Popović, Čikago, SAD
10. Prof. dr Kostadin Topurov, Sofija, Bugarska
11. Prof. dr Dušan Najdanović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
12. Prof. dr Miloš Lazović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
13. Prof. dr Đorđe Vuksanović, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
14. Prof. dr Dejan Bajić, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
15. Prof. dr Đorđe Lađinović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
16. Prof. dr Dragoslav Stojić, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Niš, Srbija
17. Doc. dr Bratislav Stipanić, Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Beograd, Srbija

14. KONGRES JE ORGANIZOVAN U SARADNJI SA:

GRAĐEVINSKIM FAKULTETOM UNIVERZITETA U
BEOGRADU

MINISTARSTVOM PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

INŽENJERSKOM KOMOROM SRBIJE, Beograd

DONATORI SIMPOZIJUMA:

DIJAMANTSKI

CHINA ROAD & BRIDGE CORPORATION, SERBIA BRANCH,
Belgrade

SREBRNI

SIKA d.o.o., Novi Sad

BRONZANI

"POTISJE KANJIŽA" AD, Kanjiža

Mihailo Muravljev¹, Branko Milosavljević², Dimitrije Zakić³

ISPITIVANJE NOSIVOSTI MEHANIČKIH NASTAVAKA ARMATURE

Rezime:

U radu su prikazani različiti sistemi mehaničkog nastavljanja armature, kao savremenog postupka koji u određenim situacijama ima prednost u odnosu na klasično nastavljanje armature preklapanjem ili zavarivanjem. Razmatrani su i aktuelni standardi za ispitivanje i dokaz kvaliteta sistema za mehaničko nastavljanje armature. Takođe, prikazani su i rezultati laboratorijskog ispitivanja spojnice sistema *Lenton*, obavljenog u okviru Laboratorije za materijale Građevinskog fakulteta u Beogradu, u cilju provere nosivosti predmetnih spojnica. Intenzivan razvoj proizvodnje i primene mehaničkog nastavljanja armature u svetu, obim istraživanja u ovoj oblasti, kao i internacionalni standardi koji propisuju zahteve vezane za kvalitet i procedure dokaza kvaliteta, predstavljaju veoma dobru osnovu za razvoj odgovarajuće tehničke regulative u ovoj oblasti i u Srbiji.

Gljučne reči: mehaničko nastavljanje armature, spojnice, ispitivanje, nosivost, tehnička regulativa.

LOAD BEARING ABILITY TESTING OF MECHANICAL REBAR COUPLERS

Summary:

Different systems for mechanical rebar splicing, as a contemporary method which in certain situations may have advantage over usual rebar splicing by overlapping or welding, is presented in this paper. Relevant international standards for testing and quality confirmation of mechanical rebar splicing systems are considered. Also, laboratory testing results of *Lenton* couplers, performed in the Laboratory for materials at the Faculty of Civil engineering in Belgrade in order to prove the load bearing ability of these couplers, are presented. Intensive development in production and application of mechanical rebar splicing systems, the scope of research in this area, as well as the publication of international standards prescribing requirements and procedures for quality confirmation, represent a very good base for development of the corresponding technical regulation in Serbia.

Key words: mechanical splicing of rebars, couplers, testing, load bearing ability, technical regulation.

¹ Red. prof. u penziji, dr, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, mmuravljev@igmail.com

² Asist. mr, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, brankom@imk.grf.bg.ac.rs

³ Doc. dr, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, dimmy@imk.grf.bg.ac.rs

1 UVOD

Mehaničko nastavljjanje armature, kao relativno nova tehnologija u građenju armiranobetonskih i spregnutih konstrukcija, tokom poslednje dve decenije doživljava intenzivan razvoj u svetu. Veliki broj proizvođača i sve širi asortiman proizvoda vezanih za ovu tehnologiju, dovode do široke primene u građenju savremenih konstrukcija. Mehaničko nastavljjanje armature preko spojnica (konektora ili kaplera), predstavlja svojevrsnu dopunu, a ne zamenu, klasičnog načina nastavljanja armature preklapanjem ili zavarivanjem. Odgovarjućom tehnološkom, ekonomskom i konstruktorskom analizom mogu se definisati mesta primene kod kojih je mehaničko nastavljjanje armature boji izbor od klasičnih načina nastavljanja.

U poslednje vreme, razvijen je i patentiran veliki broj različitih tipova mehaničkih spojnica. Po načinu prenošenja sile između dve nastavljene šipke armature, mehaničke spojnice se mogu podeliti u sledeće grupe [1]:

- mehaničke spojnice sa navojem,
- spojnice sa ispunom na bazi cementne ili epoksidne emulzije,
- spojnice sa deformisanom čaurom i
- spojnice sa ugrađenim vijcima.

Prvu grupu mehaničkih spojnica karakteriše postojanje navoja, što znači da se krajevi armaturnih šipki koje treba nastaviti narezuju, a zatim nastavljaju uvrtanjem u spojnicu sa urezanim navojem. U zavisnosti od proizvođača, navoji mogu biti konični (konusni), ravni ili na proširenom delu šipke. Povoljnost koničnog navoja je mala razlika između prečnika armature i spojnice, jednostavno je pozicioniranje kraja šipke u spojnicu, uz mali ugao obrtanja za postizanje punog spoja. Za narezivanje koničnog navoja neophodan je specijalan, relativno složen alat. Pri tome, treba imati u vidu da svako narezivanje i urezivanje navoja na šipku i spojnicu utiče na konačne mehaničke karakteristike materijala, pogotovu na duktilnost i ponašanje pri cikličnom optrećenju.

Sistem spojnica sa ispunom podrazumeva da se sila sa šipke prenese na ispunu, a zatim na spoljnu čauru. Spoljna čaura ima dovoljnu dužinu da se omogući prenos sile sa šipke na ispunu prijanjanjem, a ujedno ima i funkciju utezanja ispune, čime se osigurava prenos sile sa rebara armaturne šipke na ispunu. Ispuna može biti na bazi cementa, metala ili epoksidne smole, i može se unositi u čauru pre ili posle postavljanja šipki. Spojnice sa ispunom mogu biti dvostrane ili jednostrane - gde je čaura prethodno povezana sa jednom od šipki zavarivanjem ili na neki drugi način.

Treća grupa spojnica podrazumeva primenu metalnih čaura koje se posebnim alatom plastično deformišu tako da nalegnu na rebrastu armaturu i poprime njen oblik, čime se omogućava transfer sile sa šipke na deformisanu čauru i obrnuto.

Kod mehaničkih spojnica sa ugrađenim vijcima prenos sile se ostvaruje preko trenja i lokalnog moždaničkog dejstva vijka u kontaktu sa površinom orebrene šipke. Po postavljanju šipke u spojnicu, posebnim alatom se pritežu vijci, a zatim vrši odsecanje preostalog dela vijka van gabarita čaure. Ovakva vrsta spojnice je pogodna za primenu kod sanacija i nastavljanja

već ugrađene armature, pogotovu na nedovoljno pristupačnim mestima, jer se ne zahteva obrada kraja šipke, a montaža se vrši ručnim alatom.

Na slici 1 prikazan je izgled mehaničke spojnice sa koničnim (konusnim) navojem.



Slika 1 – Izgled i poprečni presek mehaničke spojnice sa koničnim navojem

2 TEHNIČKA REGULATIVA U OBLASTI MEHANIČKOG NASTAVLJANJA ARMATURE

Veoma brz i intenzivan razvoj sistema za mehaničko nastavljanje armature je rezultovao relativno velikim brojem proizvođača i komercijalnih patentiranih proizvoda u ovoj oblasti. S obzirom da proizvođači o kojima je reč potiču iz različitih zemalja, postavljeni zahtevi u vezi sa kvalitetom, mehaničkim karakteristikama i ponašanjem mehaničkih spojnica su takođe različiti, kao i načini dokazivanja zahtevanih osobina predmetnih sistema i njihovih elemenata.

Tako na primer, Evrokod za betonske konstrukcije [2] propisuje, pored nastavljanja armature preklapanjem i zavarivanjem, i mehaničko nastavljanje armature - pri čemu se kaže da svi ovakvi elementi moraju da budu u skladu sa odgovarajućim standardom proizvoda ili sa Evropskim tehničkim odobrenjem. Aktuelni međunarodni (ISO) standardi [4], [5], koji su doneseni 2009 godine, odnose se na definisanje zahteva koje mehaničke spojnice moraju da ispune (standard ISO 15835-1), odnosno na način ispitivanja. predmetnih spojnica (standard ISO 15835-2).

Prema ovim normama, svojstva koja mehaničke spojnice moraju da ispunjavaju odnose se na sledeće:

- *Čvrstoća i duktilnost pri statičkom opterećenju*: čvrstoća mehaničkog nastavka mora biti najmanje jednaka proizvodu propisane gornje granice tečenja armature ($R_{eH,spec}$) i odnosa stvarne i propisane vrednosti napona tečenja za armaturu ($(R_m/R_{eH})_{spec}$). Ukupno izduženje pri

najvećoj sili A_{gt} ne sme biti manje od 70% propisanog ukupnog izduženja pri maksimalnoj sili za armaturu, ali ne manje od 3% u apsolutnom iznosu.

- *Proklizavanje (slip) pri statičkom opterećenju*: proklizavanje ne sme biti veći od 0.1 mm.

- *Zamor pri cikličnom opterećenju u zoni elastičnosti*: mehanički nastavak mora da izdrži opterećenje na zamor od najmanje 2 megaciklusa, sa obimom opterećenja $2\sigma_a$ od 60 MPa.

- *Ponašanje pri niskocikličnom opterećenju u elastoplastičnoj oblasti*: propisuje se maksimalno opterećenje i maksimalna zaostala deformacija za dva tipa niskocikličnog opterećenja kojima se modeliraju zemljotresi srednjeg i velikog intenziteta.

Sve navedene osobine mehaničkog spoja armature se odnose na aksijalno opterećenje. Treba napomenuti da ISO 15835-1 u tački 3.4 definiše mehaničke spojnice kao čaure ili narezane spojnice čija je namena da prenesu silu zatezanja ili pritiska sa jedne na drugu šipku armature. Dakle, smicanje se u ovom standardu ne razmatra.

Osim napred navedenih internacionalnih standarda iz grupe ISO 15835, u pojedinim zemljama na snazi su i domaći pravilnici i/ili standardi koji tretiraju oblast primene i ispitivanja mehaničkih spojeva armature. Ovom prilikom navodimo samo neke od njih: ACI 318 (SAD), DIN 1045 (Nemačka), Önorm B4700 (Austrija), BS 8110 (Velika Britanija), NF A 35-020-1 (Francuska), itd.

Aktuelna domaća tehnička regulativa – Pravilnik BAB-87 nema mnogo članova koji tretiraju problematiku mehaničkih sredstava za ankerovanje i nastavljnje armature. U okviru ovog pravilnika samo sa navodi da "*... primenjeni nastavak (a to sigurno važi i za mehaničko sredstvo za ankerovanje) mora da ima sigurnost propisanu ovim pravilnikom*". U članu 255. BAB-a 87, navodi se i sledeće: "Nosivost i deformabilnost spojnice za mehaničko nastavljnje (a to sigurno važi i za mehanička sredstva za ankerovanje armature) *proveravaju se prethodnim ispitivanjem*".

3 ISPITIVANJE NOSIVOSTI SPOJNICA

U cilju provere nosivosti elemenata sistema *Lenton* za mehaničko nastavljnje rebraste čelične armature, u okviru Laboratorije za materijale Građevinskog fakulteta u Beogradu sprovedeno je laboratorijsko ispitivanje tri tipa mehaničkih spojnica sa navojem proizvođača Erico Europe B.V. (Holandija). Osnovna karakteristika svih elemenata predmetnog sistema su konusni navoji, pri čemu proizvođač deklarise da primena ovih elemenata u okviru armiranobetonskih konstrukcija garantuje njihov kontinuitet i strukturnu celovitost.

Ispitivanje nosivosti obavljeno je u skladu sa važećim opštim standardima za metalne materijale, odnosno za čelik koji se primenjuje u armiranobetonskim konstrukcijama: SRPS EN 10020:2003 ("Definicija i klasifikacija vrsta čelika"), SRPS EN 10080:2008 ("Betonski čelik - Zavarivi betonski čelik - Opšti deo") i SRPS EN 10002-1:1997 ("Metalni materijali - Ispitivanje zatezanjem - Deo 1: Metoda ispitivanja - na sobnoj temperaturi").

Osim na uzorcima - epruветama u okviru kojih su za spajanje armaturnih šipki primenjene odgovarajuće mehaničke spojnice sistema *Lenton*, ispitivanje je sprovedeno i na uzorcima-epruветama bez spojnica, tj. na samim šipkama rebraste armature prečnika: 10, 12, 14, 16, 20, 25 i 28 mm.

Rezultati sprovedenih ispitivanja prikazani su u tabeli 1, pri čemu se napominje da sile loma uzoraka-epruveta date u ovoj tabeli predstavljaju srednje vrednosti dobijene na bazi po 3 ispitivanja. Oznake šipke sa spojnicama date u tabeli 1, predstavljaju u stvari oznake tipa upotrebljenih mehaničkih spojnica sa navojem sistema *Lenton*.

Kao što se iz prikazane tabele 1 može videti, elementi sistema *Lenton* omogućavaju pouzdano spajanje i ankerisanje praktično celokupnog asortimana rebraste armature koja se danas primenjuje u okviru armiranobetonskih konstrukcija. Ovakav zaključak proizilazi na bazi rezultata ispitivanja nosivosti, gde se vidi da taj sistem nastavljanja zategnute armature daje zadovoljavajuću sigurnost nastavcima, pošto se na mestima nastavaka nosivost smanjuje za najviše 5% u odnosu na nosivost samih armaturnih šipki.

Tabela 1 – Prikaz rezultata ispitivanja nosivosti spojnica

Redni broj	Uzorci-epruvete: armaturne šipke i šipke sa spojnicama	Nominalna površina armaturne šipke (cm ²)	Sila loma uzorka-epruvete (kN)	Zatezna čvrstoća armature (MPa)	Stepen slabljenja armature pri primeni spojnice (%)
1	RØ10	0,785	49,6	632	4,84
	EL10A12N	-	47,2	-	
2	RØ12	1,130	73,8	653	1,63
	EL12A12N	-	72,6	-	
3	RØ14	1,539	100,6	654	2,58
	EL14A12N	-	98,0	-	
4	RØ16	2,000	132,5	662	1,89
	EL16A12N	-	130,0	-	
5	RØ20	3,142	203,2	647	2,36
	EL20A12N	-	198,4	-	
6	RØ25	4,906	321,8	656	2,08
	EL25A12N	-	315,1	-	
7	RØ28	6,154	394,1	640	2,38
	EL28A12N	-	384,7	-	
8	RØ12	1,130	74,6	660	4,16
	EL12P13LN3	-	71,5	-	
9	RØ14	1,539	101,5	659	4,24
	EL14P13LN4	-	97,2	-	
10	RØ16	2,000	133,0	665	1,35
	EL16P13LN5	-	131,2	-	
11	RØ20	3,142	197,5	628	2,68
	EL20P13LN6	-	192,2	-	
12	RØ25	4,906	322,0	656	2,95
	EL25P13LN7	-	312,5	-	
13	RØ28	6,154	400,5	651	2,40
	EL28P13LN8	-	390,9	-	

Na slikama 2 i 3 prikazane su fotografije ispitanih uzoraka, kod kojih su za spajanje armaturnih šipki primenjene odgovarajuće mehaničke spojnice sistema *Lenton*.



Slika 2 - Uzorci (epruvete) različitih prečnika u okviru kojih su za spajanje armaturnih šipki primenjene odgovarajuće spojnice sistema *Lenton* (nakon ispitivanja na zatezanje)



Slika 3 - Detalj loma uzorka koji je nastupio po koničnom navoju – "izvlačenjem" armaturne šipke iz mehaničke spojnice

4 ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir sve što je napred navedeno, proizilazi da spojnice za mehaničko nastavlanje armature koje se u savremenom građevinarstvu sve češće primenjuju u okviru armiranobetonskih konstrukcija, imaju niz pozitivnih karakteristika:

- omogućavaju visok stepen sigurnosti nastavljanja i ankerisanja armature, što znači da omogućavaju i visok stepen iskorišćenja armature u presecima armiranobetonskih konstrukcija,
- omogućavaju nastavlanje armature i u područjima visokih napreznja,
- smanjuju gustinu armature u najopterećenijim presecima konstrukcija i poboljšavaju uslove za kompaktiranje betona,
- ne iziskuju posebnu stručnost u primeni, smanjuju troškove rada i povećavaju radne učinke,
- smanjuju troškove materijala zbog manjeg utroška armaturnog čelika.

Mehaničke armaturne spojnice su dizajnirane posebno za situacije kada klasični način nastavljanja armature – putem preklapanja ili zavarivanja, nije moguće primeniti - na primer:

- kod nastavljanja armature sa visokim procentima armature u preseku, i velikim profilima armature,
- kod nastavljanja maksimalno napregnute zategnute armature u elementima male širine (zidni nosači) ili malih dimenzija (zatege),
- kada, iz tehnoloških razloga, na prekidima betoniranja nije moguće prepustiti armaturu za preklap u potrebnoj dužini,
- kada je potrebno nastaviti više od 50% armature, a to propisima za nastavlanje preklapanjem nije dopušteno,
- kod specifičnih metoda građenja (metod gradnje “top-down”, na primer).

Posebna pogodnost primene mehaničkih spojnica je mogućnost formiranja nastavaka armiranobetonskih elemenata bez prekidanja oplata u prvoj fazi betoniranja, odnosno bez prepuštanja ankera kroz oplatu. Na taj način se omogućava upotreba velikih inventarskih komada oplata, klizne oplata i sl., bez njihovog oštećenja.

Na kraju, može se zaključiti da intenzivan razvoj proizvodnje i primene mehaničkog nastavljanja armature u svetu, istraživanja u ovoj oblasti, kao i internacionalni standardi koji propisuju zahteve vezane za kvalitet i procedure dokaza kvaliteta, predstavljaju dobru osnovu za razvoj odgovarajuće tehničke regulative u ovoj oblasti i u Srbiji. Usvajanje standarda i propisa iz predmetne oblasti bi ubrzalo procedure dokaza kvaliteta i izdavanja atesta i odobrenja za pojedine sisteme mehaničkog nastavljanja armature, čime bi se proširila primena ovih sistema u svim situacijama kada oni predstavljaju bolje rešenje u odnosu na klasične načine nastavljanja armature.

Kao potvrda aktuelnosti razmatrane problematike, mogu se navesti doduše malobrojni, ali ipak značajni primeri primene mehaničkog nastavljjanja armature u našoj zemlji. Tako na primer, na ovaj način urađena je veza pilona i grede Mosta na Adi u Beogradu, a predviđeno je i korišćenje mehaničkih spojnica sa navojem za nastavljanje armature na mostu Zemun-Borča preko Dunava.

LITERATURA

- [1] Brungraber G. R. *Long-Term Performance of Epoxy-Bonded Rebar-Couplers*. PhD thesis, University of California, San Diego 2009.
- [2] EN1992-1-1: Eurocode 2 - *Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings*. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization (CEN), 2004.
- [3] Fallon J. *Testing of reinforcing bar couplers*. CONCRETE, April 2005; pp. 24-25.
- [4] ISO 15835-1:2009(E). *Steels for the reinforcement of concrete — Reinforcement couplers for mechanical splices of bars. Part 1: Requirements*.
- [5] ISO 15835-2:2009(E). *Steels for the reinforcement of concrete — Reinforcement couplers for mechanical splices of bars. Part 2: Test methods*.
- [6] Lenton katalog: *Sustavi spajanja armature spojnica s koničnim navojem*. ERICO International Corporation 2008.
- [7] Rowell S., Grey C., Woodson S., Hager K. *High Strain-Rate Testing of Mechanical Couplers*. Final report. Naval Facilities Engineering Service Center Port Hueneme, USA 2009.
- [8] Sanada Y. Konishi D. Khanh N. Adachi T. *Experimental study on intensive shear reinforcement for RC beams with mechanical couplers*. fib Symposium Prague 2011. Proceedings ISBN 978-80-87158-29-6.
- [9] Milosavljević B. *Mehaničko nastavljanje armature*. Građevinski materijali i konstrukcije 57 (2014) 2, str. 19-28. UDK 624.012.45.078.4.