

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду број 231/13-10 од 07.07.2016. године, именовани смо у комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Вељка Коковића, дипл. грађ. инж. под насловом:

**"ГРАНИЧНА НОСИВОСТ ОСЛОНАЧКЕ ВЕЗЕ ОШУПЉЕНИХ МОНТАЖНИХ  
БЕТОНСКИХ ПЛОЧА "**

После прегледа докторске дисертације подноси Наставно – научно већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1 ОПШТИ ПОДАЦИ**

**1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације**

Докторска дисертација мр Вељка Коковића пријављена је 27.04.2010. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду под насловом „Гранична носивост ослоначке везе ошупљених монтажних бетонских плоча“. На седници Наставно-научног већа која је одржана 13. 05. 2010. године, именована је комисија за пријем теме. Позитиван извештај комисије за пријем теме докторске дисертације, прихваћен је на седници Наставно научног већа Грађевинског факултета 17. 06. 2010. године. Веће научних области грађевинско – урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 01 .07. 2010. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Вељка Коковића. Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 08. 07. 2010. године одобрило је рад на

дисертацији, а за ментора је именован проф. др Дејан Бајић. Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања 30. 06. 2016. године.

## 1.2 Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области грађевинарство и геодезија за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду. Ужа научна област, према Статуту Грађевинског факултета Универзитета у Београду, је област бетонске конструкције. За ментора при изради докторске дисертације је одређен др Дејан Бајић, редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

## 1.3 Биографски подаци о кандидату

Мр Вељко Коковић, дипломирани инжењер грађевине, рођен је 16.09.1976. године у Сомбору, где је завршио основну и средњу школу. Грађевински факултет Универзитета у Београду уписао је 1997. године, где је дипломирао 2001. године на Одсеку за конструкције са просечном оценом 8.37 и оценом 10 на дипломском раду, из предмета Бетонски мостови. По завршетку основних студија уписао се на последипломске студије на Грађевинском факултету у Београду, смер Бетонске конструкције. Магистарску тезу под насловом „Анализа и прорачун бетонских претходно напрегнутих ошупљених монтажних плоча“ одбранио је 10.04.2009. године и тиме стекао назив магистра техничких наука.

Од 2001. до 2003. Године ради као сарадник на Институту за материјале и конструкције Грађевинског факултета у Београду. Од 2003. године, изабран је у звање асистента приправника на групи предмета Бетонске конструкције, на катедри за материјале и конструкције, Грађевинског факултета у Београду. У звање асистента на истој групи предмета изабран је 2009. године. У току рада као асистент и асистент приправник, учествовао је у изради бројних завршних радова студената, синтезних и дипломских пројеката.

Аутор је и коаутор рада у међународном часопису, на домаћим и међународним научним скуповима, био је ангажован у оквиру три национална научно истраживачка пројекта. Као део стручног рада, учествовао је у изради идејних и главних пројеката објеката у земљи и иностранству.

Ожењен је и отац двоје деце.

## 2 ПРИКАЗ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1 Општи подаци о дисертацији

Докторска дисертација „Гранична носивост ослоначке везе ошупљених монтажних бетонских плоча“, мр Вељка Коковића изложена је на укупно 257 страна текста подељених у 8 (осам) главних целина. Текст садржи 19 табела и илустрован је са 219 слика и дијаграма. Списак референтне литературе садржи 165 наслова.

### 2.2 Структура дисертације

Обрађена материја и резултати истраживања су изложени јасно, логично и систематично. Докторска дисертација садржи осам поглавља и прилог у коме су приказани сви резултати мерења, а у наставку је приказан садржај сваког од поглавља.

У уводном поглављу је приказан кратак историјски опис употребе ошупљених монтажних плоча и објашњена је мотивација истраживања. Дефинисани су предмет, циљеви истраживања и структура дисертације.

Друго поглавље даје кратак опис карактеристика преднапрегнутих ошупљених плоча и поступак прорачуна монтажних елемената статичког система просте греде. У наставку су описани захтеви које је потребно испунити у циљу одржања конструктивног интегритета и функције коју плоче обављају као саставни део објекта. Описане су арматурне везе плоча са остатком конструкције, у зависности од начина успостављања и функције коју обављају. У последњем делу поглавља је дат детаљан опис свих објављених експерименталних испитивања накнадно континуираних ошупљених плоча и презентован је поступак прорачуна садржан у литератури.

У трећем поглављу је дат преглед модела и поступака прорачуна граничне носивости на смицање греда без узенгија. Описани су механизми преношења оптерећења кроз греду, приказана је класификација врста смичућег лома и описани су механизми преношења трансверзалне силе кроз испрскалу греду. У наставку су приказани модели предикције граничне носивости који се заснивају на емпиријским изразима, механичким моделима или на капацитету носивости неког од основних механизма који учествују преношењу трансверзалне силе. У последњем делу поглавља је приказан поступак прорачуна носивости на смицање бетона уграђених у различито време.

Експериментални програм је описан у засебном, четвртном поглављу, због специфичности употребљених метода мерења. Објашњен је избор испитиваних параметара и приказана је диспозиција мерних инструмената. Објашњени су принципи фотограметријског мерења померања на бочном лицу греде и дати су принципи прорачуна компоненталних померања на образима прслина, на основу којих је израђено ауторско софтверско решење. У последњем делу поглавља су приказани резултати испитивања употребљених материјала и везе бетона уграђених у различито време.

Пето и шесто поглавље садрже детаљан опис резултата сопственог експерименталног истраживања и пратећу анализу резултата. Пето поглавље садржи опис експерименталног одговора греда и подељено је на три дела, у којима је описан одговор група греда при оптерећењу: у првом делу греда са попуњеном шупљином на целокупном смичућем распону, а у другом и трећем, греда са ограниченом дужином попуњене шупљине префабрикованог елемента висине 350 mm и 265 mm, респективно. Шесто поглавље садржи анализу података из спроведених сопствених експерименталних истраживања у смислу поређења граничних вредности и забележених механизма лома са поступком прорачуна датим у литератури. На основу резултата испитивања су дати предлози измена постојећих модела прорачуна.

Седмо поглавље садржи анализу резултата мерења померања на бочном лицу греде. Објашњен је развој смичућих прслина, принцип померања на образима при наношењу оптерећења и утицај на граничну носивост. На основу резултата мерења је процењена вредност трансверзалне силе која се кроз прслину преноси трећем непосредно пред лом.

Свако од поменутих поглавља се завршава одговарајућим закључцима, а најважнији закључци са смерницама за будућа истраживања су дати у осмом поглављу. Следе списак литературе и прилог у коме су детаљно приказани нумерички подаци сопственог експерименталног испитивања.

### 2.3 Техничка обрада дисертације

Уз рад су приложени резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима и УДК бројем, као и биографија аутора. Дисертација је технички обликована према упутствима Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце

изјава о ауторству, истоветности електронске и штампане верзије и изјаву о коришћењу ауторских лиценци.

### 3 АНАЛИЗА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1 Предмет истраживања

Предмет истраживања у овом раду је понашање и носивост композитног континуалног гредног система накнадно континуираних ошупљених монтажних плоча. Вишедеценијска пракса примене ових префабрикованих конструктивних елемената се заснивала на доказу носивости који се спроводи под претпоставком напрезања у плочи које одговара статичком систему просте греде. У складу са захтеваним одговором, неопходне арматурне везе над ослонцима су обликоване у циљу онемогућавања прихватања негативних момената савијања.

Правила и поступак прорачуна накнадно континуираног система описан у ФИБ-овом билтену из 2000. године се заснива на теоријским разматрањима могућих механизма лома, без експерименталне потврде. Полазећи од претпоставке да исти представљају потенцијално нерепрезентативан поглед на напрезање и граничну носивост континуиране ошупљене плоче, спроведено је експериментално истраживање које је у основи овог рада.

#### 3.2 Циљ и задаци

Општи циљ истраживања је утврђивање понашања и носивости ослоначке везе и дела континуалне композитне греде изложеног напрезању негативним моментима савијања изнад средишњих ослонаца. Специфично, у раду је приказано истраживање ефикасности и изводљивости континуитета претходно напрегнутих плоча на међуослонцима, уграђивањем арматуре у накнадно уграђеном топингу. Упоредо са истраживањем напрезања у ослоначкој вези, у раду се истражује смичућа носивост и механизам преношења трансверзалне силе кроз прлину композитне греде.

За остваривање постављеног циља, у раду је решавано неколико задатака:

- Систематизација постојећих знања која се односе на понашање композитних гредних елемената формираних од монтажних ошупљених плоча и накнадно уграђеног бетона;

- Систематизација постојећих знања која се односе на механизме преношења трансверзалне силе кроз испрскалу греду и моделе прорачуна који описују напрезање непосредно пред лом;
- Експериментално испитивање понашања композитних греда на делу уз средишње ослонце у фази експлоатације и лома у функцији геометрије накнадно уграђеног бетона и начина ослањања монтажних елемената;
- Оцена ефикасности и изводљивости континуитета кроз поређење резултата добијених сопственим експерименталним испитивањима са прорачунским моделима у литератури;
- Одређивање прорачунског модела који описује напрезање у композитној греди према забележеном механизму лома;
- Одређивање механизма преношења трансверзалне силе кроз испрскалу греду;
- Доношење закључака о граничној носивости ослоначке везе и граничној носивости на смицање композитне греде.

### 3.3 Методе истраживања

Од научних метода истраживања су примењене синтеза и критичка анализа резултата постојећих истраживања и пројектних критеријума из области накнадно континуираних монтажних елемената. Експериментални део истраживања је осмишљен како би се стекао увид у утицај варираних параметара кроз оптерећење до лома три групе греда. Након прикупљања података је извршена систематизација и критичка анализа, а извођење закључака је засновано на компаративној методи.

### 3.4 Закључци и научни допринос

У раду је извршено детаљно истраживање литературе у области композитних бетонских конструкција и области гредних бетонских елемената који не садрже смичућу арматуру. Обављена су експериментална и теоријска истраживања граничне носивости и понашања континуираних композитних греда. Експериментални део обухвата испитивање до лома десет греда, подељених у три групе. Греде су формиране од монтажних преднапрегнутих ошупљених плоча и накнадно уграђеног бетона топинга и бетона у шупљини префабрикованог елемента.

На основу резултата истраживања спроведеног у оквиру дисертације, закључено је да метод прорачуна у литератури није одговарајућ и да би га требало ускладити са забележеним одговором. У случају посредно ослоњених плоча, експериментално

забележен одговор греда указује на конзервативност модела прорачуна у литератури. Забележена вредност граничног оптерећења и положај и облик прслина на накнадно уграђеном бетону унутар шупљине префабрикованог елемента, указују да је композитно садејство остало ненарушено до лома. Постојећи критеријум носивости на смицање секундарног бетона би требало заменити контролом носивости на вертикалној прслини која се формира на споју префабрикованог елемента и ослоначке конструкције. Предложено је да се доказ рачунске носивости механизма трења на вертикалној прслини спроведе за коефициент трења који одговара глаткој површини бочне стране префабриковане плоче. Даље, предложено је да се критеријум контроле главних напона затезања у ребру префабрикованог елемента поништи, јер не одговара забележеном одговору. Напонско стање на ивици ребра према моделу прорачуна у литератури је срачунато под претпоставком хомогене греде и није могуће након појаве прслина услед савијања.

У случају ошупљених плоча континуираних арматуром уграђеном у топингу, модел прорачуна не одговара забележеном лому и неопходно га је изменити јер није на страни сигурности. Према предлогу, контролу хоризонталних напона смицања на споју бетона уграђених у различито време, где се секундарни бетон уграђује у шупљини префабрикованог елемента и као конструктивни топинг, би требало спровести у хоризонталној равни која се поклапа са горњом ивицом ошупљене плоче. Контролу обухвата поређење рачунског хоризонталног напона смицања са чврстоћом на смицање одређеном на основу храпавости горње површине ошупљене плоче.

Истраживањем граничне носивости на смицање композитних греда „I“ попречног пресека, у раду је мерењем померања на бочном лицу греде потврђено да се највећи део трансверзалне силе преноси кроз прслину трењем. Специфичност испитаних греда се огледа у облику контуре забележеног смичућег лома, која се поклапа са јединственом смичућом прслином. Ова карактеристика, заједно са обликом попречног пресека греде, указују да се највећи део трансверзалне силе трењем преноси на делу вертикалне прслине на затегнутој фланши префабрикованог елемента, што је разлог великог одступања забележене смичуће носивости у односу на предикцију прописа.

### 3.5 Очекивана примена резултата у пракси

Ошупљене монтажне преднапрегнуте плоче су префабриковани производи који у оквиру међуспратне конструкције комерцијалних и стамбених објеката заузимају око

50% тржишта у развијеним економијама, понајвише захваљујући економској и конструкторској предности у односу на традиционалну међуспратну конструкцију. Историјски, основна примена плоча је у међуспратној конструкцији статичког система просте греде, а помак у већем искоришћењу конструктивног система је направљен 2000. године објављивањем правилника у коме су садржана правила за пројектовање накнадно континуираног система. Континуализацијом се, упоредо са смањењем угиба и повећањем носивости, постижу побољшања у смислу увећања пожарне отпорности и смањења вибрација, што су и највећи недостаци традиционално коришћеног система. Међутим, правила за пројектовање накнадно континуираног система се нису заснивала на експерименталним резултатима, а услед специфичности конструктивног система, није их могуће директно повезати са неким од постојећих модела прорачуна.

Истраживање у дисертацији представља експерименталну потврду одговора система и указује на неадекватност постојећих пројектних критеријума, које је неопходно исправити јер нису на страни сигурности. Указано је на велику зависност одговора спрегнутог континуалног система од квалитета везе приањања бетона уграђених у различито време.

Додатно, истраживање је било усмерено на испитивање механизма преношења трансверзалне силе кроз испрскалу армирано бетонску греду која не садржи смичућу арматуру, што је предмет истраживања више од једног века. Истраживање је спроведено мерењем померања на образима прслина иновативном методом, која ће засигурно у будућности допринети коначном решењу, а забележено понашање греда представља специфичан случај који указује на зависност граничне носивости од процеса формирања и облика прслина.

### 3.6 Оцена способности кандидата за самосталан научни рад

У оквиру дисертације кандидат је систематизовао, критички анализирао и обрадио резултате досадашњих истраживања из области, на основу чега је дефинисао предмет и циљ сопственог истраживања. Спровео је обимно и сложено експериментално испитивање понашања композитних армиранобетонских гредних елемената формираних од префабрикованих ошупљених бетонских плоча и накнадно уграђеног бетона. На основу сопствених резултата извео је закључке о могућностима примене постојећих прорачунских модела и предложио измене које одговарају реалном



понашању конструкције. Кандидат је приступом проблему и начином његовог решавања показао способност за самостални научно-истраживачки рад.

#### 4 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Вељка Коковића, дипл. инж. грађ., под насловом „Гранична носивост ослоначке везе ошупљених монтажних бетонских плоча“ представља оригинални научни рад и значајан научни и стручни допринос у области префабрикованих ошупљених претходно напрегнутих плоча. Њени резултати пружају увид у напрезање и ограничења примене разматраног конструктивног система и могу послужити као основ у даљим истраживањима ове, данас веома актуелне, проблематике.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације мр Вељка Коковића, дипл. инж. грађ., под насловом „ГРАНИЧНА НОСИВОСТ ОСЛОНАЧКЕ ВЕЗЕ ОШУПЉЕНИХ МОНТАЖНИХ БЕТОНСКИХ ПЛОЧА“ и да одобри њену јавну одбрану.

Београд, 12.07.2016.

Чланови комисије:

Проф. др Снежана Маринковић, дипл.грађ.инж.

Проф. др Дејан Бајић, дипл.грађ.инж.  
(професор у пензији)

Проф. др Ђорђе Лађиновић, дипл.грађ.инж.  
(Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду)

Доц. др Ненад Печић, дипл.грађ.инж.