

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Нине Глуховић

Одлуком бр. 347/8-17 од 18.10.2019. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Нине Глуховић, маг. инж. грађ, под насловом:

BEHAVIOUR OF SHEAR CONNECTIONS REALISED BY CONNECTORS FASTENED WITH CARTRIDGE FIRED PINS

Наслов на српском језику:

ПОНАШАЊЕ СМИЧУЋИХ СПОЈЕВА ИЗВЕДЕНИХ МОЖДАНИЦИМА СА ЕКСЕРИМА СА ЕКСПЛОЗИВНИМ УПУЦАВАЊЕМ

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације

На седници Већа Катедре за материјале и конструкције одржаној 07.09.2017. Нина Глуховић је јавно излагала предложену тему докторске дисертације под насловом „*Behaviour of shear connections realised by connectors fastened with cartridge fired pins*“ (на српском језику „Понашање смичућих спојева изведених можданицима са ексерима са експлозивним упуцавањем“). Комисија у саставу проф. др Златко Марковић, проф. др Драган Буђевац и доц. др Милан Спремић је прихватила предложену тему.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 347/3 од 18.09.2017. године, одређена је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „*Behaviour of shear connections realised by connectors fastened with cartridge fired pins*“ у саставу проф. др Златко Марковић, проф. др Драган Буђевац, доц. др Милан Спремић и др Марко Павловић (*Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience*). Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 26.10.2017. године (одлука бр. 347/5 од 30.10.2017. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 07.11.2017. (одлука бр. 61206-4476/2-17 од 07.11.2017. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Нине Глуховић.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 08.10.2019. године.

1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Грађевинарство и ужој научној области Металне конструкције, која је дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Радови публиковани у међународним часописима који квалификују ментора проф. др Златка Марковића за вођење докторске дисертације су:

1. Dobrić J, Buđevac D, **Marković Z**, Gluhović N, *Behaviour of stainless steel press-braked channel sections under compression*, Journal of Constructional Steel Research, vol. 139, December 2017, pp 236-253, DOI: 10.1016/j.jcsr.2017.09.005
2. Spremić M, **Marković Z**, Dobrić J, Veljković M, Buđevac D, *Shear connection with groups of headed studs*, Građevinar, Volume 69, Issue 5, 2017, pp 379-386, DOI: 10.14256/JCE.1701.2016
3. Gligić B, Buđevac D, **Marković Z**, Mišković Z, *Aluminium alloy girders strengthened by steel elements*, Građevinar, Volume 68, Issue 10, 2016, pp 787-799, DOI: 10.14256/JCE.1588.2016
4. Pavlović M, **Marković Z**, Veljković M, Buđevac D, *Bolted shear connectors vs. headed studs behaviour in push-out tests*, Journal of Constructional Steel Research, Volume 88, 2013, pp 134-149, DOI: 10.1016/j.jcsr.2013.05.003
5. Spremić M, **Marković Z**, Veljković M, Buđevac D, *Push-out experiments of headed shear studs in group arrangements*, Advanced Steel Construction, Volume 9, No. 2, 2013, pp 139-160, DOI:10.18057/IJASC.2013.9.2.4

1.3. Биографски подаци о кандидату

Нина Глуховић је рођена 20.09.1989. године у Рогатици, Босна и Херцеговина, где је завршила основну школу и гимназију, као носилац Вукове дипломе.

Основне студије завршила је 2012. године на Одсеку за конструкције, са просечном оценом 9,31 (девет и 31/100). Синтезни пројекат из области Металних конструкција, под насловом “Прорачун хале складишног типа према EN 1993-1-1”, одбранила је са оценом 10. Мастер академске студије, такође на Грађевинском факултету у Београду, уписала је 2012. године. Просечна оцена остварена на мастер студијама је 9,71. Мастер рад из области Лаких металних конструкција, под насловом “Пројекат челичне конструкције хале великог распона” одбранила је септембра 2013. године са оценом 10. За овај рад је добила награду из фонда проф. др Бранка Зарића за најбољи мастер рад из области Металних конструкција, у школској 2012/2013. години. Докторске студије на Грађевинском факултету у Београду уписала је 2013. године и положила је све испите предвиђене курикулумом докторских студија.

Фебруара 2014. године, Нина Глуховић је изабрана у звање асистента - студента докторских студија, за ужу научну област Металне конструкције, а по истеку првог изборног периода у исто звање поново је изабрана јануара 2017. године.

У мају 2015. године кандидат је учествовао у радионици *1st Training School - Advances in Wind Energy Technology*, у организацији COST Action TU1304 – WINERCOST, *Wind Energy Reconsideration to Enhance the concept of Smart Cities* и Универзитета на Малти.

У стручним публикацијама и на научним скуповима у земљи и иностранству, као аутор и коаутор, објавила је 27 радова из области металних и спрегнутих конструкција. Од 2014. године учествује у реализацији научног пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја TR 36048 под називом „Истраживање стања и метода унапређења

грађевинских конструкција са аспекта употребљивости, носивости, економичности и одржавања“. Поред наставно-научног рада бави се и стручним радом. Служи се српским и енглеским језиком.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Нине Глуховић под насловом „*Behaviour of shear connections realised by connectors fastened with cartridge fired pins*“ садржи укупно 197 страна, од којих је основни текст на 170 страна, а 27 страна су референце и прилози. Дисертација је написана на енглеском језику и подељена је у девет поглавља:

1. Introduction (Увод)
2. Literature review (Преглед литературе)
3. X-HVB shear connectors vs. headed studs shear resistance (Поређење носивости X-HVB можданика и заварених можданика)
4. Experimental work (Експериментално испитивање)
5. Numerical analysis (Нумеричка анализа)
6. Calibration of numerical models and parametric analysis of X-HVB shear connector (Калибрација нумеричких модела и параметарска анализа X-HVB можданика)
7. Pull-out resistance of cartridge fired pins loaded in tension (Носивост на извлачење ексера са експлозивним упуцавањем оптерећених на затезање)
8. Behaviour of X-HVB shear connectors in prefabricated concrete slabs (Понашање X-HVB можданика у префабрикованим бетонским плочама)
9. Conclusions and future work (Закључци и будући рад)

Дисертација садржи 152 слике на којима су приказани дијаграми, цртежи и фотографије релевантни за илустрацију текста и 49 табела. Списак цитиране литературе садржи 59 наслова. На почетку дисертације је дат резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима и УДК бројем. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

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, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Основни текст разматране докторске дисертације има девет поглавља, након којих је приказан преглед кориштене литературе и прилози. На почетку текста је дат садржај, резиме и списак кључних речи на српском и енглеском језику.

У првом, уводном поглављу, приказана је позадина спроведеног сопственог истраживања у којој је објашњена потреба за испитивањем смичућих спојева остварених помоћу можданика са ексерима са експлозивним упуцавањем. У овом поглављу су дефинисани предмет и циљ истраживања.

У оквиру другог поглавља „Преглед литературе“ презентоване су основне карактеристике X-HVB можданика, који су кориштени у оквиру сопственог експерименталног испитивања. Приказана разматрања понашања X-HVB можданика базирана су на анализи резултата садржаних у техничким извештајима произвођача и тренутно доступним техничким спецификацијама за њихову примену у спрегнутим конструкцијама. Хронолошки приказ развоја ове врсте можданика, кроз претходна испитивања њиховог понашања у оквиру пуних бетонских плоча и спрегнутих плоча на профилисаним лимовима, обједињен је са тренутним

препорукама за примену ове врсте можданика и дефинисаним носивостима. У другом поглављу дат је приказ ексера са експлозивним упуцавањем који се користе као спојно средство за везу X-HVB можданика са основним челичним материјалом. Приказани су различити механизми анкеровања који се развијају приликом уградње ексера и основни механизми лома овакве врсте спојног средства. Преглед препорука за одређивање прорачунске носивост ексера са експлозивним упуцавањем који су оптерећени на смицање, затезање и комбинованим смичућим и затежућим оптерећењем, тренутно садржане у оквиру EN 1993-1-3 и ANSI/AISC 360-05 стандарда дата је у овом поглављу.

У оквиру трећег поглавља „Поређење носивости X-HVB можданика и заварених можданика“ приказана је упоредна анализа носивости X-HVB можданика са најчешће примењиваним завареним можданицима са главом у спрегнутим међуспратним конструкцијама са профилисаним лимом. Параметарска анализа је спроведена кроз примену профилисаних лимова различите геометрије на спрегнутим носачима рапона од 6,0 до 15,0 метара и међусобног растојања од 2,0 до 4,0 метра. Упоредна анализа носивости је спроведена за различите вредности корисног оптерећења, односно различите намене спрегнутих међуспратних конструкција. У овом поглављу је наглашена потреба за испитивањем груписаних можданика на растојањима која су мања од минимално препоручених од стране произвођача у циљу задовољења тренутних препорука у погледу минималне вредности парцијалног смичућег споја, дефинисане у EN 1994-1-1.

У четвртном поглављу „Експериментална испитивања“ дат је приказ извршених сопствених експерименталних истраживања која су обухватила: одређивање механичких карактеристика свих употребљених материјала (бетон, основни челични материјал, X-HVB можданица) и главно експериментално испитивање. У оквиру основних експерименталних испитивања извршено је испитивање 17 спрегнутих узорака, кроз четири серије испитивања, формираних од префабрикованих бетонских плоча са предвиђеним отворима за уградњу X-HVB 110 можданика, кроз тестове смицања, у складу са препорукама датим у EN 1994-1-1. Испитивање је укључило различиту оријентацију X-HVB 110 можданика у односу на правац силе смицања, варијацију међусобног подужног и попречног растојања између можданика, као и различиту јачину упуцавања ексера у основни челични материјал. У циљу бољег разумевања понашања X-HVB 110 можданика у префабрикованим бетонским плочама, обзиром на остварене механизме лома, извршено је додатно испитивање ексера са експлозивним упуцавањем кроз тестове смицања и затезања. Испитивање је укључило анализу утицаја чврстоће основног челичног материјала и јачине упуцавања на носивост на извлачење ексера са експлозивним упуцавањем оптерећених на смицање и затезање у циљу дефинисања основних параметара за носивост ове врсте спојног средства. Испитивање ексера са експлозивним упуцавањем урађено је према препорукама датим у важећим EN стандардима и ECCS публикацијама. Испитивања механичких својстава материјала извршено је у складу са препорукама датим у важећим EN и ISO стандардима.

У поглављу „Нумеричка анализа“ представљени су тродимензионални модели испитаних спрегнутих узорака за тестове смицања и узорака за тестове смицања и затезања ексера са експлозивним упуцавањем, развијени на бази методе коначних елемената уз коришћење софтверског пакета *Abaqus*. У оквиру наведеног поглавља дато је детаљно објашњење нумеричке симулације основних веза које су последица процеса експлозивног упуцавања и дефинисани су основни параметри помоћу којих је извршено њихово симулирање. Такође је дат приказ примењених материјалних модела који су развијени на основу спроведених експерименталних испитивања и примењени кроз нумеричку анализу. Верификација нумеричког моделирања извршена је кроз поређење са експерименталним резултатима.

У шестом поглављу „Калибрација нумеричких модела и параметарска анализа X-HVB можданика“ дат је приказ резултата нумеричке анализе базиране на носивостима на извлачење ексера са експлозивним упуцавањем оптерећених на затезање. Вариране су вредности основних параметара који су дефинисани за нумеричку симулацију процеса експлозивног

упуцавања и приказан њихов утицај на носивост ексера на извлачење, вредност силе преднапрезања у ексеру и вредност развијеног напона у основном челичном материјалу у току процеса уградње. Такође, у овом поглављу приказана је и параметарска анализа носивости X-HVB 110 можданика у префабрикованим бетонским плочама у зависности од чврстоће основног челичног материјала и чврстоће бетона.

У оквиру поглавља „Носивост на извлачење ексера са експлозивним упуцавањем оптерећених на затезање“ приказано је понашање ексера са експлозивним упуцавањем који су оптерећени на затезање кроз анализу дефинисаних нумеричких модела. У овом поглављу извршено је поређење сопствених експерименталних резултата и резултата нумеричке анализе са тренутно доступним резултатима експерименталних испитивања сличних спојних средстава. Дефинисан је прорачунски израз за носивост ексера са експлозивним упуцавањем на извлачење и извршено је поређење овако дефинисане носивости са доступним резултатима спроведених експерименталних испитивања у различитој литератури.

У осмом поглављу „Понашање X-HVB можданика у префабрикованим бетонским плочама“ описани су основни параметри за понашање X-HVB можданика који су са основним челичним материјалом повезани помоћу ексера са експлозивним упуцавањем. Анализа је спроведена на основу развијених нумеричких модела, који су калибрисани у складу са резултатима експерименталног испитивања, и на основу спроведене параметарске анализе. Дефинисан је прорачунски модел за носивост оваквог типа можданика. Извршено је поређење носивости добијене применом сопственог прорачунског модела са тренутним препорукама за носивост, које су дефинисане од стране произвођача.

У деветом поглављу су дата закључна разматрања са предлозима и препорукама за даља истраживања у овој области. У сажетом облику сумирани су резултати спроведених експерименталних и нумеричких испитивања смичућег споја оствареног помоћу можданика са ексерима са експлозивним упуцавањем.

У последњем поглављу дат је списак кориштене литературе.

Након списка литературе, у прилозима су дати подаци везани за механичка својства испитаних материјала, хронолошки поступак дефинисања нумеричких модела и основни закључци који су изведени, као и приказ потенцијалних грешака приликом уградње овакве врсте можданика и њихов утицај на носивост.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Најсавременији трендови у грађевинарству огледају се кроз убрзану градњу и што је могуће мањи обим радова на градилишту. У области спрегнутих конструкција од челика и бетона, бетонске плоче изведене на лицу места захтевају значајан обим посла на градилишту и додатно време које је потребно за очвршћавање бетона, а потом и за настављање радова на наредним позицијама грађења. Последњих деценија је интензивирана производња различитих врста префабрикованих бетонских плоча, а њихова примена у области спрегнутих конструкција у зградарству, заузима значајно место у односу на традиционалне, пуне или спрегнуте бетонске плоче изведене на градилишту.

Спрезање префабрикованих бетонских плоча и челичних гредних носача најчешће се постиже постављањем можданика у отворе у бетонској плочи, који су за то предвиђени у процесу префабрикације. Мањи обим посла на градилишту, условљен је мањом количином бетона који се треба директно уградити, имајући у виду да су минималне димензије отвора у префабрикованим бетонским плочама условљене несметаном уградњом можданика. Овакав начин инсталирања можданика условљава њихово груписање и дисконтинуалну уградњу, за разлику од континуално распоређених можданика по целој дужини челичног гредног носача

код бетонских плоча изведених на градилишту. Примена различитих врста можданика условљава значајне разлике у погледу потребне опреме, обима посла, припреме основног материјала и захтеваних температурних и временских услова на градилишту у току уградње. Такође, различите врсте можданика одликују се различитим основним карактеристикама, као што су носивост, крутост и дуктилност. Све претходно наведено, утиче на опредељивање у погледу избора врсте можданика који ће се примењивати, са посебним освртом на брзину градње и захтеване услове на градилишту.

X-HVB можданици представљају алтернативу најчешће примењиваним завареним можданицима са главом и завртњевима као средствима за спрезање у спрегнутим конструкцијама од челика и бетона, како приликом изградње нових, тако и током реконструкције постојећих објеката у зградарству.

X-HVB можданици који су предмет овог научног истраживања показују дуктилно понашање у складу са препорукама датим у EN 1994-1-1, односно имају својства еластичних можданика. У поређењу са осталим средствима за спрезање, која се користе за спрегнуте конструкције од челика и бетона, ови можданици имају одређене предности: одликују се великом брзином уградње и минималном потребном опремом за уградњу на градилишту без потребе за извором електричног напајања, њихова уградња није условљена посебним температурним или атмосферским условима на градилишту или постојањем антикорозионе заштите на основном челичном материјалу.

Специфично понашање X-HVB можданика повезано је са механизмима анкеровања који се јављају приликом уградње X-ENP-21 HVB ексера процесом експлозивног упуцавања. Механизми анкеровања првенствено се односе на везу која се јавља између спојног средства и основног челичног материјала током и након уградње и у литератури су дефинисани као укљештење, уклињавање, заваривање и лемљење. Аналитички модели којима се квантитативно и квалитативно описује носивост овог спојног средства на извлачење, а која је у директној вези са оствареним механизмима анкеровања, још увек нису објављени, а самим тим нису ни део тренутно доступних прописа за прорачун конструкција. Такође, у тренутно важећим стандардима за пројектовање спрегнутих конструкција од челика и бетона не постоје препоруке за прорачун незаварених можданика, у чију групу се убрајају и X-HVB можданици, код којих се веза са челичним гредним носачима остварује путем механичких спојних средстава. Највећи део резултата експерименталних испитивања објављени су у техничким извештајима који су власништво произвођача и нису лако доступни истраживачима и инжењерима. Сходно томе, испитивања и анализе спроведене у оквиру ове дисертације су од значаја како за проширивање тренутно доступне базе истраживања, тако и за утврђивање адекватне методе прорачуна. Поред тога, развијени нумерички модели одликују се задовољавајућом прецизношћу у погледу симулације процеса уградње ексера са експлозивним упуцавањем и могу служити за даље параметарске анализе како ове врсте можданика у смичућим спојевима, тако и сличних спојних средстава која се користе код веза остварених између хладно обликованих челичних носача. Такође, резултати анализа спроведених у оквиру ове дисертације имају тренутну практичну вредност и могућност примене у пракси.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма *iThenticate* којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „*Behaviour of shear connections realised by connectors fastened with cartridge fired pins*”, аутора Нине Глуховић, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

3.2. Осврт на референтну и кориштену литературу

У изради ове докторске дисертације кориштено је 59 библиографских јединица, које се могу поделити у три целине: технички извештаји произвођача X-HVB можданика о претходно спроведеним испитивањима и техничке спецификације са важећим препорукама за њихову

примену у спрегнутим конструкцијама, докторске дисертације и међународни стандарди у области испитивања материјала, испитивања механичких спојних средстава и пројектовања спрегнутих конструкција од челика и бетона и радови објављени на међународним конференцијама и врхунским међународним часописима попут *Journal of Constructional Steel Research*, *Construction and Building Materials*, *Advanced Steel Construction*, *Materials and Design*...

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Рад у дисертацији је реализован паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на податке добијене из литературе и практичног приступа заснованог на сопственом експерименталном истраживању. За сагледавање постојећих сазнања из предметне области извршена је синтеза досадашњих истраживања применом структурално-функционалне и компаративне анализе објављених резултата, док је за планирање и анализу резултата експерименталног истраживања примењена хипотетичко-дедуктивна метода.

У оквиру експерименталних истраживања испитане су механичке карактеристике свих употребљених материјала (бетон, основни челични материјал и Х-НВВ можданици) и извршено је главно експериментално испитивање кроз тестове смицања Х-НВВ 110 можданика у спрегнутим узорцима са префабрикованим бетонским плочама и додатно испитивање ексера са експлозивним упуцавањем кроз тестове смицања и затезања. Поменути експериментална испитивања као и статистичка обрада добијених резултата обављена је у складу са тренутно важећим стандардима.

У анализи сопствених и постојећих резултата кориштене су компаративне и статистичке методе испитивања. Наведене методе истраживања су у потпуности адекватне за примену у предметном истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати добијени у оквиру истраживања указују:

1. Да груписање Х-НВВ 110 можданика кроз редукцију подужног и попречног растојања можданика у префабрикованом бетонским плочама не утиче на редукцију њихове носивости и дуктилности;
2. Да груписање Х-НВВ можданика може допринети задовољењу услова у погледу минималног парцијалног смичућег споја у спрегнутим плочама са профилисаним лимовима;
3. Оријентација Х-НВВ можданика код којег део можданика који је анкерован у бетонску плочу претходи, у односу на правац силе смицања, делу можданика који се помоћу ексера повезује са основним челичним материјалом је повољнији у погледу носивости и дуктилности у односу на супротну оријентацију.
4. Да дефинисани прорачунски изрази за носивост ексера са експлозивним упуцавањем на извлачење и изрази за носивост Х-НВВ можданика у пуним бетонским плочама показују добро слагање са тренутно доступним резултатима експерименталних испитивања.

Изведени закључци су последица анализа спроведених на резултатима сопствених експерименталних испитивања, аналитичких прорачуна и нумеричког моделирања. Добијени експериментални резултати сами по себи представљају допринос јер омогућавају надоградњу и олакшавају будући истраживачки рад. Поред тога, развијени нумерички модели могу бити употребљени за даље параметарске анализе, како спрегнутих узорака за тестове смицања и спрегнутих гредних носача, тако и за даљу параметарску анализу веза остварених помоћу ексера са експлозивним упуцавањем.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат се у оквиру своје докторске дисертације бавио изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, затим планирањем, спровођењем, обрадом и анализом резултата експерименталног истраживања, аналитичким прорачунима, као и нумеричким моделирањем применом методе коначних елемената. Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, Нина Глуховић је успешно решила постављене задатке и доказала да поседује способност за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације Нине Глуховић остварени су следећи научни доприноси:

1. Показано је да је могуће груписње X-NVB можданика у префабрикованим бетонским плочама на растојањима која су мања од минимално препоручених, без утицаја на постигнуту носивост или дуктилност;
2. Показано је да оријентација X-NVB можданика у погледу положаја дела можданика преко којег се остварује веза са основним челичним материјалом, у односу на правац силе смицања, утиче на остварену носивост и дуктилност.
3. Утврђено је да је понашање X-NVB можданика у смичућим спојевима у највећој мери условљено понашањем и дуктилношћу ексера са експлозивним упуцавањем;
4. Дефинисани су основни параметри за нумеричку симулацију процеса експлозивног упуцавања и њихов утицај на остварену носивост ексера на извлачење, као и утицај на развој силе преднапрезања у ексери и напона у основном челичном материјалу у току динамичног процеса уградње;
5. Дефинисани су прорачунски модели за носивост ексера са експлозивним упуцавањем на извлачење и прорачунски модели за носивост X-NVB можданика у пуним бетонским плочама.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад Нине Глуховић, маг. инж. грађ. се бавио испитивањем понашања смичућих спојева остварених помоћу можданика са ексерима са експлозивним упуцавањем. Из спроведених експерименталних испитивања показано је да су носивост и остварени механизми лома X-NVB можданика условљени њиховом оријентацијом у односу на правац силе смицања и оствареним механизмима анкеровања ексера са експлозивним упуцавањем у основни челични материјал, што је у директној зависности са примењеном јачином упуцавања приликом уградње можданика.

У циљу бољег разумевања понашања ове врсте можданика у смичућим спојевима, спроведена су додатна експериментална испитивања ексера са експлозивним упуцавањем кроз тестове смицања и затезања. На основу спроведених експерименталних испитивања показано је да квалитет основног челичног материјала и јачина упуцавања ексера имају кључни утицај на њихову носивост на извлачење услед силе затезања.

Развијени тродимензионални нумерички модели на бази методе коначних елемената, верификовани су резултатима сопствених експерименталних испитивања и са задовољавајућом прецизношћу дефинишу најзначајније параметре за симулацију процеса експлозивног упуцавања ексера. На бази сопствених експерименталних испитивања и нумеричких анализа, као и кроз поређење са резултатима релевантних испитивања која су објављена у доступној

литератури, дефинисани су прорачунски модели за носивост ексера са експлозивним упуцавањем и X-HVB можданика у смичућим спојевима. Тродимензионални нумерички модели на бази методе коначних елемената презентовани у дисертацији могу бити употребљени за даље параметарске анализе, како X-HVB можданика у спрегнутим носачима са пуним и спрегнутим бетонским плочама са профилисаним лимовима, тако и веза остварених помоћу механичких спојних средстава остварених експлозивним упуцавањем.

4.3. Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, Нина Глуховић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представила свој рад кроз следеће публикације:

Категорија M21:

1. J. Dobrić, D. Buđevac, Z. Marković, **N. Gluhović, Behaviour of stainless steel press-braked channel sections under compression**, Journal of Constructional Steel Research *vol* 139, (2017), pp. 236-253, ISSN 0143974X, DOI: 10.1016/j.jcsr.2017.09.005

Категорија M23:

2. **N. Gluhović**, M. Spremić, M. Pavlović, Z. Marković, **Numerical study of vibrations induced by horizontal-axis wind turbine on a steel building**, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings, *Volume* 172, *Issue* 8, August 2019, pp. 590-598, ISSN 0965-0911, DOI: 10.1680/jstbu.17.00168.

Категорија M24:

3. **Н. Глуховић**, М. Спремић, З. Марковић, Д. Буђевац, Н. Фриц, **Вибрације спрегнутих носача међуспратних конструкција од челика и бетона, изазваних активностима људи**, Грађевински материјали и конструкције *vol* 59, број 4 (2016), Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, стр. 17-29, DOI: 10.5937/grmk1604017G.
4. Н. Фриц, М. Павловић, Д. Буђевац, З. Мишковић, З. Марковић, **Н. Глуховић**, **Експериментална и нумеричка калибрација силе преднапрезања у високовредним завртњевима**, Грађевински материјали и конструкције *vol* 59, број 4 (2016), Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, стр. 3-15, DOI: 10.5937/grmk1604003F.
5. А. Филиповић, Ј. Добрић, М. Спремић, З. Марковић, **Н. Глуховић**, **Нумеричка анализа носивости неуниформних притиснутих елемената на флексионо извијање**, Грађевински материјали и конструкције, *vol* 60, број 3 (2017), Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, стр. 3-14, DOI: 10.5937/GRMK1703003F.
6. К. Костадиновић Вранешевић, **Н. Глуховић**, Ј. Добрић, М. Спремић, **Поређење понашања танких цилиндричних и конусних љуски од угљеничног и нерђајућег челика**, Грађевински материјали и конструкције, *vol* 62, број 1 (2019), Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, стр. 27-42, DOI: 10.5937/GRMK1901027K.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Имајући у виду најсавременије трендове у области спрегнутих конструкција од челика и бетона, испитивање алтернативних врста можданика у префабрикованим бетонским плочама је од великог значаја за развој инжењерске праксе и боље разумевање и унапређење понашања грађевинских конструкција.

Кандидат постављеном проблему прилази и са научног и са инжењерског аспекта. У дисертацији је приказана систематизација и анализа досадашњих сазнања из предметне области, сопствена експериментална истраживања и теоријска анализа (аналитичким и нумеричким методама). Закључци изведени на бази спроведених истраживања дају одговоре на нека конкретна питања о понашању можданика који су са основним челичним материјалом повезани ексерима са експлозивним упуцавањем, при чему ти закључци добијају на снази због чињенице да су формиран на основу реализације програма експерименталних испитивања. Посматрано у целини, кроз дисертацију су остварени поуздани, научно засновани резултати, који ће имати значај у свакодневној грађевинској пракси и допринети широј примени како незаварених можданика са механичким спојним средствима, тако и ексера са експлозивним упуцавањем.

На основу свега реченог, може се констатовати да докторска дисертација кандидата Нине Глуховић, маг. инж. грађ, под насловом „*Behaviour of shear connections realised by connectors fastened with cartridge fired pins*“ представља оргиналан и вредан научни допринос у области спрегнутих конструкција од челика и бетона и да има све неопходне елементе докторске дисертације. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај Комисије и упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану докторске дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Београд, 29.10.2019.

.....
проф. др Златко Марковић,
Грађевински факултет Универзитета у Београду

.....
доц. др Милан Спремић
Грађевински факултет Универзитета у Београду

.....
др Марко Павловић
Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, The Netherlands