

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Александра Ћеранића

Одлуком Наставно-научног већа од 30.6.2022. године (одлука бр. 444/12-21 од 5.7.2022) именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Александра Ћеранића, дипл. инж. грађ., под насловом:

УТИЦАЈ ПОДУЖНИХ УКРУЋЕЊА НА ПОНАШАЊЕ И ГРАНИЧНУ НОСИВОСТ ЛИМЕНИХ НОСАЧА ОПТЕРЕЋЕНИХ ЛОКАЛНИМ ОПТЕРЕЋЕЊЕМ

Наслов на енглеском језику је:

INFLUENCE OF LONGITUDINAL STIFFENERS ON BEHAVIOR AND ULTIMATE RESISTANCE OF PLATE GIRDERS SUBJECTED TO PATCH LOADING

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На седници Катедре за техничку механику и теорију конструкција одржаној 18.11.2021. мр Александар Ћеранић је јавно излагао предложену тему докторске дисертације под насловом „Утицај подужних укрућења на понашање и граничну носивост лимених носача оптерећених локалним оптерећењем“. Комисија коју је образовала Катедра прихватила је предложену тему и предложила кандидату да тему пријави Наставно-научном већу Факултета.

На седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 25.11.2021. (одлука бр. 444/4 од 1.12.2021. године) одређена је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „Утицај подужних укрућења на понашање и граничну носивост лимених носача оптерећених локалним оптерећењем“ у саставу в.проф. др Светлана Костић дипл. грађ. инж., проф. др Душко Лучић дипл. грађ. инж. (Грађевински факултет у Подгорици), в.проф. др Милан Спремић дипл. грађ. инж. и доц. др Мирослав Марјановић маст. инж. грађ. Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 23.12.2021. године (одлука бр. 444/5-2 од 23.12.2021. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 08.02.2022. (одлука бр. 61206-5363/2-21 од 08.02.2022. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата мр Александра Ћеранића.

Кандидат је урађену докторску дисертацију у одговарајућем броју примерака предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 10.06.2022. године.

1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Грађевинско инжењерство и ужим научним областима Техничка механика и теорија конструкција и Металне конструкције, које су дефинисане Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду. За менторе дисертације одређени су др Светлана Костић дипл. грађ. инж. ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду и др Душко Лучић дипл. грађ. инж. редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Подгорици.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Александар М. Ђеранић рођен је 30.09.1976. године у Беранама.

Основну школу и гимназију природно-математичког смера завршио је у Беранама са одличним успехом и као носилац дипломе „Луча“.

Грађевински факултет у Подгорици уписао је 1995. године, а дипломирао 2003. године, са просечном оценом 8,00. Дипломски рад из предмета Преднапрегнуте и спрегнуте конструкције одбранио је са оценом 10.

Постдипломске студије на Грађевинском факултету у Београду, смер Computational Engineering, уписао је 2004. године. Све испите предвиђене наставним планом и програмом положио је са просечном оценом 9,46. Магистарску тезу под називом „Еласто-пластично понашање и гранична носивост лимених носача оптерећених локализованим оптерећењем“ успешно је одбранио 2016. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду.

Од априла 2008. до јануара 2015. године радио је у Саобраћајном институту ЦИП, Београд, Србија. Положио је приправнички испит и добио лиценцу за пројектовање. Радио је као одговорни пројектант и учествовао у изради већег броја идејних и главних пројеката инфраструктурних објеката (углавном армиранобетонских и преднапрегнутих мостова).

Од јануара 2015. до августа 2017. године радио је у компанији CRBC (China Road and Bridge Corporation) и учествовао је у изради Главног пројекта аутопута Бар-Бољаре, деоница Смоковац-Матешево. Одговорни пројектант је за више од 20 мостова на овој деоници.

Од августа 2017. године ради у компанији Spenncon As, Hønefoss, Норвешка, као одговорни пројектант и консултант у статичким анализама објеката високоградње. Компанија је саставни део шире међународне пословне групе Consolis Group и бави се пројектовањем и извођењем објеката високоградње.

Аутор и коаутор је у 10 радова из области еластопластичне анализе лимених носача оптерећених локалним оптерећењем.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Александра Ђеранића под насловом „Утицај подужних укрућења на понашање и граничну носивост лимених носача оптерећених локалним оптерећењем“ („Influence of longitudinal stiffeners on behavior and ultimate resistance of plate girders subjected to patch loading“) садржи укупно 116 страна, од којих је основни текст на 97, док 19 страна

обухвата референце, прилоге и биографију аутора. Дисертација је написана на српском језику и подељена у 5 поглавља:

1. Увод
2. Преглед и анализа литературе
3. Сопствена нумеричка истраживања
4. Израз за израчунавање граничне носивости
5. Закључци и препоруке за даља истраживања

Дисертација садржи 67 графичких елемената (дијаграма, цртежа и фотографија) и 21 табелу. Списак цитиране литературе садржи 80 наслова. На почетку дисертације је дат резиме са кључним речима на енглеском и српском језику. Биографија аутора на српском језику је дата на крају дисертације.

Дисертација је написана у складу са правилницима и упутствима Универзитета у Београду и технички обликована у складу са *Упутством о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду* из 2019. године 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

Разматрана докторска дисертација је подељена у 5 поглавља. Пре основног текста, дат је резиме са кључним речима на енглеском и српском језику, садржај, списак слика и табела, као и списак коришћених скраћеница и ознаке.

Прво поглавље дефинише увод у проблематику и потребу за испитивањем разматраног проблема. У овом поглављу су такође дефинисани предмет и циљ истраживања, као и коришћена методологија. На крају овог поглавља је дат списак публикованих радова проистеклих из истраживања везаним за дисертацију.

Друго поглавље приказује преглед литературе експерименталних и нумеричких истраживања подужно неукрућених и подужно укрућених танкозидних челичних носача услед дејства локалног оптерећења. Прегледом литературе и анализом досадашњих експерименталних и нумеричких резултата може се закључити да се мали број истраживања бавио утицајем дужине наношења оптерећења. Остали параметри који имају утицај на граничну носивост су детаљније анализирани и варирани у бројним студијама док је дужина наношења оптерећења била константна или варирана у веома малом опсегу. У овом поглављу је такође дат кратак осврт на тренутни важећи стандард за пројектовање челичних плочастих (пуних лимених) елемената EN 1993-1-5. На крају је дат кратак закључак за ово поглавље.

Треће поглавље се односи на сопствено нумеричко истраживање у којем је анализирано понашање и гранична носивост подужно неукрућених и подужно укрућених носача (са једним равним укрућењем) услед дејства локалног оптерећења. Посебна пажња је усмерена на одређивање ефекта ојачања, дефинисаног као однос граничне носивости подужно укрућених и подужно неукрућених носача. У овој дисертацији је коришћењем софтверског пакета Abaqus базираног на методи коначних елемената, нумерички анализиран утицај дужине локалног оптерећења код подужно неукрућених и укрућених носача са истовременим варирањем других геометријских карактеристика носача (дебљина ребра, дебљина појаса, однос дужине и висине оптерећеног панела ребра, димензије подужног укрућења) кроз параметарску анализу. Дат је детаљан опис коришћеног нумеричког модела, геометријских и материјалних карактеристика и граничних услова. Избор димензија у параметарској анализи обухватио је карактеристичне и граничне вредности параметара. У

прелиминарним истраживањима која су служила као основ за избор димензија подужних укрућења извршено је укупно 414 нумеричких симулација. За потребе анализе конвергенције при избору подужних укрућења је извршено 524 нумеричких симулација, док је у главном делу истраживања, који је потпуно и детаљно приказан у дисертацији, извршено 648 симулација, односно укупно 1586 нумеричких симулација (модела). Резултати параметарске анализе (граничне носивости и ефекат ојачања) приказани су табеларно и графички. У овом поглављу су дати конкретни закључци у вези са различитим параметрима. На крају, у циљу провере валидности материјалног модела коришћеног у нумеричким анализама извршена је упоредна анализа добијених резултата са резултатима из нумеричких модела у којима су коришћени апроксимативни материјални модели предложени у EN 1993-1-5.

У четвртном поглављу је, на основу параметарске анализе спроведене у поглављу 3 и добијених нумеричких резултата, предложен израз за израчунавање граничне носивости. Предложен је израз за прорачун граничне носивости подужно неукрућених и подужно укрућених носача. У предлогу израза за подужно укрућене носаче ефекат ојачања је разложен на два дела: утицај положаја подужног укрућења и утицај дужине локалног оптерећења. Предложени израз на добар начин описује резултате граничне носивости носача оптерећених локалним оптерећењем добијене у параметарској анализи. Израз је проверен и за резултате референтних нумеричких и експерименталних истраживања за које је такође дао добре резултате. У овом поглављу је приказана и статистичка анализа резултата који су добијени применом предложеног израза као и применом важећег стандарда EN 1993-1-5.

У петом поглављу су дати закључци и препоруке за даља истраживања. Представљени закључци се односе на граничну носивост носача, ефекат ојачања, крутост подужних укрућења, као и на предложени израз за израчунавање граничне носивости. На крају овог поглавља је дат кратак осврт на допринос дисертације, могућност коришћења у инжењерској пракси и препоруке за даља истраживања.

Након основног текста дат је списак коришћене литературе. У склопу дисертације коришћено је 80 референци.

Разматрана дисертација садржи и 3 допунска прилога који су дати након списка литературе. Први прилог је везан за приказ дијаграма ефекта ојачања за све разматране носаче. Овај прилог садржи 9 графичких елемената. У другом прилогу су приказани дијаграми граничне носивости носача за различите дебљине појаса. Овај прилог садржи 9 графичких елемената. На крају, трећи прилог даје приказ дијаграма граничне носивости носача за различите односе дужине и висине оптерећеног панела ребра. Овај прилог садржи 9 графичких елемената.

Након допунских прилога дата је биографија аутора на српском језику.

На крају дисертације су дати обавезни обрасци: изјава о ауторству, изјава о истовестности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Проблем спроведеног истраживања је понашање челичних танкозидних (лимених) носача - односно I - носача под дејством локалног попречног оптерећења (концентрисаног или делимично расподељеног на одређеној дужини) које делује на једном појасу у равни ребра. Носачи немају вертикална укрућења у зони уношења оптерећења и могу бити без или са подужним укрућењима у близини оптерећеног појаса носача. Достижање граничне носивости манифестује се избочавањем ребра у зони уношења оптерећења и деформацијом оптерећеног појаса.

Овај случај оптерећења се често појављује у пракси у зградарству и мостоградњи, а један од најрепрезентативнијих примера овог случаја оптерећења појављује се током превлачења челичних и спрегнутих мостова са више распона преко привремених и/или сталних ослонаца. Приликом овакве изградње, реакције на привременим и сталним ослонцима представљају локално оптерећење на доњи појас носача. У овом случају сви пресеци носача су изложени оптерећењима којима више никада неће бити изложени у току експлоатације. Због тога је од велике важности што прецизније познавање граничне носивости носача да би се, са једне стране, избегао лом носача у фази изградње, а са друге стране да би се избегло непотребно повећање димензија носача.

Проблем је истраживан и експериментално и нумерички. Истраживања у последњих неколико деценија су показала да је понашање ових носача и њихова гранична носивост сложен проблем са израженом геометријском нелинеарношћу и еласто-пластичним понашањем материјала, као и са утицајем великог броја параметара. Управо та сложеност чини овај проблем недовољно испитаним, актуелним и атрактивним за даља истраживања. У досадашњим истраживањима још нису добијена сва решења која би на задовољавајући начин обухватила сложен утицај различитих параметара као што су: утицај основних димензија носача (дебљине ребра, утицај дужине носача, висине ребра, утицај дужине и ширине појаса по којој делује оптерећење), карактеристике материјала, утицај вертикалних (попречних) укрућења ребара – односно њихових растојања, утицај хоризонталних (подужних) укрућења ребара и њихових карактеристика (димензија и да ли су отвореног или затвореног типа), утицај врсте напрезања, утицај почетних деформација (геометријских имперфекција), утицај резидуалних напона, начин на који долази до локалног оптерећења и начин уношења оптерећења, карактер оптерећења (статичко или динамичко), положај оптерећења на носачу, утицај ексцентрицитета оптерећења у односу на раван ребра.

Најважнији циљ у оквиру ове проблематике је одређивање граничне носивости и дефинисање величина (параметара) које на њу утичу. У почетку су истраживања била теоријска и односила су се на проблем одређивања критичне силе, али је закључено да се тим путем не може доћи до задовољавајућих решења за граничну носивост. Због тога се до 1990-их година проучавање ове проблематике углавном базирало на експерименталним истраживањима. У том периоду се ова проблематика уводи и у прописе за прорачун грађевинских конструкција у разним земљама и примењена решења су била емпиријског или полуемпиријског карактера.

После 1990-тих година, развој рачунара и софтверских пакета, као што су Abaqus, Ansys и слични, заснованих на методи коначних елемената, омогућио је свеобухватнију анализу овог проблема нумеричким симулацијама. У овом периоду у оквиру развоја Еврокодова (Европских прописа за прорачун грађевинских конструкција) промењен је и приступ решавању разматраног проблема, који је хармонизован са приступом другим сродним проблемима, што је довело до потребе нових истраживања.

Већи број свих досадашњих истраживања односи се на носаче без подужних укрућења и њихово понашање је у великој мери довољно истражено. Носачи са подужним укрућењима се интензивније проучавају тек последње две деценије, пре свега због чешће употребе челичних носача у конструкцијама мостова, који у фази изградње пролазе кроз овај случај оптерећења. С обзиром на још већу сложеност понашања у односу на носаче без подужних укрућења, због већег броја параметара и њихове међусобне повезаности ова истраживања нису дала сва потребна објашњења.

Предмет овог истраживања је гранична носивост подужно неукрућених и подужно укрућених лимених носача под дејством локалног оптерећења, односно повећање носивости при примени подужних равних укрућења у односу на неукрућене носаче (ефекат ојачања) при различитим дужинама локалног оптерећења. Проблем дужине локалног оптерећења и у експерименталним и у нумеричким истраживањима је до сада био недовољно систематски

истраживан. Остали параметри који имају утицај на граничну носивост су детаљније анализирани и варирани у бројним студијама док је дужина nanoшења оптерећења била константна или варирана у веома малом опсегу и није постојао довољан број варијација овог параметра који би служио за дефиницију општијих закључака.

Истраживање спроведено у оквиру ове дисертације представља наставак и проширење експерименталних и нумеричких истраживања Н. Марковића и С. Ковачевића на Грађевинском факултету у Београду, која су систематски започела разматрања утицаја дужине nanoшења оптерећења код подужно укрупњених носача.

У истраживањима у Београду се дошло до важних закључака о томе како различите дужине оптерећења на различите начине утичу на повећање граничне носивости код примене подужних укрупњења. Како су основу ових истраживања чинила експериментална истраживања, неминовно није било могуће варирати разне параметре у знатном обиму, већ је пре свега значајно варирана дужина локалног оптерећења, затим распон, а остале димензије су биле константне. Због тога је постојала потреба за истраживањем са варирањем најважнијих параметара у широком обиму ради уопштавања претходно добијених закључака.

Циљ ове дисертације је генерализације закључака добијених у претходним истраживањима. Ради тога, у истраживању у оквиру ове дисертације, коришћењем софтверског пакета Abaqus базираног на методи коначних елемената, је извршена параметарска анализа у којој је анализиран утицај дужине локалног оптерећења при варирању одређених параметара као и њихових односа (однос дужине и висине оптерећеног панела ребра – растојање између вертикалних укрупњења, дебљина појаса, дебљина ребра, димензије подужних равних укрупњења), у распону вредности које одговарају уобичајеним употребама у различитим грађевинским конструкцијама, као и у досадашњим експерименталним и нумеричким истраживањима проблематике локалног оптерећења. Разматран је утицај дужине оптерећења на граничну носивост подужно неукрупњених и подужно укрупњених носача (искључиво са по једним равним укрупњењем), као и на ефекат ојачања (који је дефинисан као однос између граничне носивости подужно укрупњених и граничне носивости подужно неукрупњених носача).

Према томе ово истраживање представља јединствено истраживање у међународним оквирима, у коме је систематски разматран утицај дужине расподељеног оптерећења у комбинацији са другим параметрима у широком обиму.

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 „Утицај подужних укрупњења на понашање и граничну носивост лимених носача оптерећених локалним оптерећењем“ (на енглеском „Influence of longitudinal stiffeners on behavior and ultimate resistance of plate girders subjected to patch loading“) аутора мр Александра Теранића, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради ове докторске дисертације је коришћено 80 библиографских јединица. Коришћена литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. С једне стране је коришћена да детаљно покаже стање истраживања у разматраној области и с тим у вези и на потребу за додатним истраживањима која су предмет дисертације. С друге стране наведена литература коришћена је за поређења са резултатима оствареним у реализацији ове дисертације и њихову критичку анализу.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методе коришћене у изради ове дисертације могу се сврстати у следеће групе :

- теоријско-аналитичке методе (анализа постојећих теоријских и експерименталних истраживања која су се бавила локалним оптерећењем),
- нумеричка анализа заснована на методи коначних елемената (формирање нумеричких модела носача дефинисањем материјалних и геометријских карактеристика носача, граничних услова и оптерећења носача),
- параметарска анализа (формирање базе података варирањем параметара у нумеричком моделу - дужина локалног оптерећења, однос дужине и висине оптерећеног панела, дебљина ребра, дебљина појаса, крутост укрућења),
- метода статистичке анализе (статистичка анализа добијених резултата).

Примењене су одговарајуће методе које се користе у свету у истраживању разматране проблематике и које обезбеђују поузданост резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати су применљиви:

- у даљим истраживањима разматране проблематике,
- у практичној примени, при пројектовању челичних конструкција, како у прорачуну, тако и при конципирању конструкције (ради обезбеђења њене сигурности и економичности),
- у раду на даљем иновирању и побољшању поступака датих у Еврокоду 3 или на дефинисању алтернативних поступака за одређивање граничне носивости лимених носача изложених дејству локалног оптерећења.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Пре израде докторске дисертације кандидат је завршио Постдипломске студије на Грађевинском факултету у Београду, смер Computational Engineering и успешно одбранио 2016. године магистарску тезу из области којом се бави и докторска дисертација (под називом: Еласто-пластично понашање и гранична носивост лимених носача оптерећених локализованим оптерећењем). Резултати истраживања у току рада на докторској дисертацији публиковани су у низу радова у којима су анализирани поједини аспекти разматране проблематике.

Анализом истраживања представљених у докторској дисертацији кандидата мр Александра Ђеранића може се закључити да предметна дисертација представља резултат зрелог истраживачког рада. Овај рад укључује упознавање са проблематиком, анализу претходних истраживања, планирање, припрему и спровођење нумеричког истраживања. Урађена је обимна нумеричка студија до сада недовољно анализираних параметара и након тога детаљна анализа нумеричких резултата. На основу добијених резултата у оквиру параметарске анализе формулисан је израз за прорачун граничне носивости разматраних носача. Извршена је критичка анализа постојећих прописа за прорачун грађевинских конструкција у односу на проблематику разматрану у дисертацији.

Све напред наведено представља оригиналне и вредне научне доприносе у оквиру истраживане области. Студиозни приступ проблему, извршене анализе, изведени закључци као и завршне препоруке несумњиво сведоче о способности кандидата за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни доприноси ове дисертације су:

- проширена је нумеричка база података обимном параметарском анализом са подацима за 648 носача, у којој је систематски варирана дужина локалног оптерећења при карактеристичним вредностима различитих параметара који утичу на граничну носивост локално оптерећених лимених носача;
- описан је утицај појединих параметара као што су дужина локалног оптерећења, однос димензија оптерећеног поља носача, димензије појаса I носача, димензије ребра и карактеристике укрућења на вредност граничне носивости и ефекат ојачања. Дат је низ табела и дијаграма којима се квантитативно и квалитативно илуструју ови утицаји, што је од значаја за практичну примену;
- потврђено је да ефекат ојачања код примене подужних укрућења у односу на подужно неукрућене носаче зависи од дужине локалног оптерећења (релативно мале вредности при малим дужинама и знатне вредности при већим дужинама оптерећења) при веома широким границама промене геометријских параметара, што је пре овог истраживања било утврђено само на малом узорку;
- указано је на недостатке Еврокода 3 при узимању у обзир дужине локалног оптерећења, посебно код носача са подужним укрућењима;
- указано је на потребу прецизнијег дефинисања карактеристика равних укрућења (њихових димензија - односно крутости) у односу на њихову ефикаснију примену;
- дат је математички израз за прорачун граничне носивости подужно неукрућених и подужно укрућених лимених носача који на задовољавајући начин прати резултате спроведене нумеричке анализе и изражава ефекат ојачања;
- напред наведени доприноси могу бити коришћени, било ради побољшања поступка датог у Еврокоду, било ради дефинисања алтернативних поступака за одређивање граничне носивости локално оптерећених лимених носача, посебно при узимању у обзир утицаја дужине расподељеног оптерећења. Алтернативни поступци се могу заснивати на изразу датом у дисертацији уз неопходно детаљније разматрање и истраживање;
- до побољшања прописа за прорачун конструкција, резултати приказани у овој дисертацији могу се користити као помоћ у пројектовању при избору начина уношења оптерећења и избору укрућења, како у конципирању носача, тако и у самом прорачуну.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Разматрањем великог броја нумеричких симулација на бази поуздано дефинисаних нумеричких модела, створена је добра основа за детаљно и систематско разматрање посматраног проблема.

То је омогућило да се анализира начин промене граничног оптерећења за различите дужине локалног оптерећења за носаче са подужним укрућењима, који до сада није детаљно испитиван у обиму као у овој дисертацији. На тај начин су добијени, како значајни закључци корисни за даља истраживања, тако и за практичну примену у пројектовању челичних конструкција и у фази конципирања и у њиховом директном прорачуну.

Пре дефинитивног избора димензија разматраних модела спроведена су прелиминарна истраживања на 414 модела (која нису приказана у самој дисертацији). Параметарска анализа је веома добро планирана с обзиром на велики број параметара. Димензије појединих модела су тако одређене да за сваки разматрани параметар дају по три карактеристичне вредности: две граничне вредности (доња и горња), као и просечну вредност, на основу употребе у експерименталним и нумеричким истраживањима, као и у практичним применама. То је омогућило закључке за широк распон важења параметара, а са рационалним бројем нумеричких модела – симулација. Посебна пажња је посвећена избору карактеристика - димензија подужних укрућења. Димензије у оквиру примењених појединих група подужних укрућења су одређене посебном анализом додатних 524 случаја тако да дају максимални ефекат при свакој комбинацији осталих параметара.

Вредности разматраних параметара су комбиноване тако да дају могућност анализе утицаја дужине оптерећења када се само један параметар мења, а остали имају фиксирани вредности. Укупан број разматраних модела - нумеричких симулација у параметарској анализи је 648. При томе за сваки модел су урађена два прорачуна. Један, линеарно-еластичан ради одређивања почетних геометријских имперфекција у облику првог мода избочавања и други, дефинитивни, инкременталном нелинеарном анализом коришћењем геометријске и материјалне нелинеарности ради одређивања граничне носивости. Резултати су приказани преко табела и дијаграма и дају могућност једноставног увида у квалитативан и квантитативан утицај сваког од параметара.

Ови резултати показују да у случају потребе за ојачањем носача додавање подужног укрућења при мањим дужинама локалног оптерећења даје релативно мало или занемарљиво повећање граничне носивости, што може да доведе у питање оправданост додавања таквог укрућења. У случају већих дужина локалног оптерећења подужна укрућења могу да буду веома ефикасна дајући знатна повећања граничне носивости. Поређење добијених нумеричких резултата и решења датих у Еврокоду EN 1993-1-5 је показало је да Европски стандард за пројектовање челичних конструкција не узима на прави начин у обзир веће повећање граничне носивости за веће дужине делимичног оптерећења - односно да даје константан ефекат ојачања независно од дужине локалног оптерећења.

Анализе, закључци, дијаграми и табеле дати у дисертацији омогућавају практичну примену при пројектовању, било у фази избора појединих величина за одређене елементе, било у контроли већ изабраних елемената, пошто указују на очекиване резултате при комбинацији конкретних вредности параметара. Ово је посебно важно, с обзиром да пропис за пројектовање челичних конструкција Еврокод EN 1993-1-5 не узима у обзир на задовољавајући начин утицаје разматране у овој дисертацији.

Веома важан резултат истраживања приказаног у дисертацији је у вези са коришћењем постојећих прописа. Еврокод EN 1993-1-5 дозвољава да се се при прорачуну танкозидних челичних носача уместо датог основног поступка користи Метода коначних елемената – односно нумерички прорачун сваког конкретног случаја. Ово омогућава, да се и пре побољшања постојећих прописа или формулисања (усвајања) прецизнијих алтернативних поступака за прорачун граничне носивости лимених носача, пројектанти одлуче на основу резултата приказаних у овој дисертацији на коришћење те могућности ради економичнијег и сигурнијег пројектовања.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација научних доприноса остварених у оквиру разматране докторске дисертације реализована је објављивањем резултата истраживања у врхунском међународном часопису (M21) и саопштавањем резултата истраживања на међународним научним скуповима (M33).

Категорија M21:

1. **A. Ćeranić**, M. Bendić, S. Kovačević, R. Salatić, N. Marković: Influence of patch load length on strengthening effect in steel plate girders, Journal of Constructional Steel Research, 195 (2022) 107348, 19p. , <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2022.107348>

Категорија M33:

1. **A. Ćeranić**, S. Kovačević, N. Marković: Influence of patch load length and flange stiffness on the ultimate strength of steel plate girders, The 7th International Conference, Civil Engineering – Science and Practice, GNP 2020, Kolašin, 2020, 55-62.
2. **A. Ćeranić**, M. Bendić, S. Kovačević, N. Marković: Influence of longitudinal stiffeners on behavior and ultimate resistance of plate girders subjected to patch loading, The 8th International Conference, Civil Engineering – Science and Practice, GNP 2022, Kolašin, 2022.

Осим ових радова који се директно односе на дисертацију, магистарски рад мр Александра Ђеранића, као и више публикованих радова, се такође баве проблематиком анализе лимених носача оптерећених локалним оптерећењем:

Магистарски рад:

A. Ćeranić: Elasto plastično ponašanje i granična nosivost limenih nosača opterećenih, lokalizovanim opterećenjem, Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2016, str.79

Категорија M33:

1. **A. Ćeranić**, S. Kovačević N. Marković: Numerička analiza uticaja dužine delimičnog opterećenja na graničnu nosivost i nosača, Društvo građevinskih konstruktora Srbije, Simpozijum 2016, Zlatibor, 2016.
2. S. Kovačević, **A. Ćeranić**, N. Marković: Modeliranje I nosača za numeričku analizu granične nosivosti pri delimičnom opterećenju, Društvo građevinskih konstruktora Srbije, Simpozijum 2016, Zlatibor, 2016.
3. M. Bendić, **A. Ćeranić**, S. Kovačević, R. Salatić, N. Marković: Elastic critical load of stiffened I-girders subjected to patch loading, 8th International Conference, Contemporary achievements in Civil Engineering, Subotica, 2021.
4. M. Bendić, **A. Ćeranić**, S. Kovačević, R. Salatić, N. Marković: Elastic critical load of the web of I-girders subjected to patch loading, Društvo građevinskih konstruktora Srbije, Simpozijum 2020, Arandelovac, 2021.
5. S. Kovačević, N. Marković, **A. Ćeranić**, M. Bendić, Unfavorable imperfection shape in steel plate girders for web local buckling, Structural Stability Research Council Annual Stability Conference, Louisville, Kentucky, USA, 2021.
6. S. Kovačević, **A. Ćeranić**, N. Marković, Patch load resistance of longitudinally stiffened steel plate girders: A parametric study, The 9th European Conference on Steel and Composite Structures, Eurosteel, Sheffield, 2021.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У својој докторској дисертацији мр Александар Ћеранић је дао веома вредан научни допринос изучавању проблема који је данас веома актуелан, како са научно-истраживачког аспекта, тако и са аспекта практичне примене. У току израде дисертације кандидат је публиковао резултате истраживања у врхунском међународном часопису и на међународним конференцијама.

Комисија сматра да дисертација у потпуности испуњава све захтеване критеријуме који се од докторске дисертације очекују, као и да је кандидат испољио способност за самосталан научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације. Докторска дисертација успешно доприноси развоју ужих научних области Техничка механика и теорија конструкција и Металне конструкције.

Сходно претходном, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Утицај подужних укрућења на понашање и граничну носивост лимених носача оптерећених локалним оптерећењем“ (на енглеском „Influence of longitudinal stiffeners on behavior and ultimate resistance of plate girders subjected to patch loading“) кандидата мр Александра Ћеранића, дипл. инж. грађ. изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, као и да се након завршетка ове процедуре кандидат позове на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Београд, 11.07.2022.

редовни проф. др Ратко М. Салатић, дипл.грађ.инж.
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

в. проф. др Милан Спремић, дипл.грађ.инж.
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

доц. др Мирослав Марјановић, маст.инж. грађ.
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

др Саша Ковачевић, дипл.грађ.инж.
(Research Associate, Imperial College London,
Department of Civil and Environmental Engineering)