

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена**

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију <b>03.08.2020. године, Наставно научно веће Грађевинског факултета Суботица</b></p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>др Биљана Деретић Стојановић</b>, редовни професор, Техничка механика и Теорија конструкција, 20.02.2019, Универзитет у Београду, Грађевински факултет, председник комисије</li><li>2. <b>др Александар Прокић</b>, професор емеритус, Инжењерска механика, 20.09.2003, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, члан</li><li>3. <b>др Љиљана Козарић</b>, доцент, Грађевинске конструкције, 21.12.2016, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, члан</li><li>4. <b>др Мирослав Бешевић</b>, редовни професор, Грађевинске конструкције, 07.11.2011, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, ментор</li><li>5. <b>др Мартина Војнић Пурчар</b>, доцент, Инжењерска механика, 10.11.2016, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, ментор</li></ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Смиља, Саво, Бурсаћ</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>09.02.1991.године, Љубовија, Република Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Грађевински факултет у Суботици, Бетонске конструкције, мастер инжењер грађевинарства</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2014. године, Грађевинарство</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: /</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: /</p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>Носивост на смицање од пробијања ексцентрично оптерећених АБ плоча са отвором у близини ослонца без арматуре за смицање</b>

#### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација је написана на 172 стране текста и садржи 165 слика и 71 табелу. У склопу рада налази се шест поглавља која сачињавају јединствену целину у смислу методолошког приступа проблемима носивости армиранобетонских равних плоча на смицање од пробијања. Рад је формулисан кроз следећа поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе и преглед литературе из подручја истраживања
3. Експериментално истраживање
4. Нумеричко моделирање АБ плоча применом методе коначних елемената
5. Прорачун носивости плоча на смицање од пробијања
6. Резиме и закључци

Литература

Након насловне стране налази се кључна документацијска информација, затим спискови слика и табела иза садржаја.

#### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

- У **првом поглављу** приказане су уводне напомене о предмету и значају истраживања, као и образложење о потреби и циљевима истраживања.
- Историјски развој плоча ослоњених директно на стубове и утицај постојања отвора у близини ослонца дати су у **поглављу два**. Поред тога, у поглављу два приказан је прорачун носивости плоче на пробијање према важећем домаћем стандарду ПБАБ и према три најзначајнија светска стандарда (Еврокод, АСИ-318 и *fib* Model Code 2010). У поглављу два описани су и механички модели којим се прецизно описује понашање плоче у близини стуба при пробијању, као и метод критичног пресека који је усвојен у прописима многих земаља.
- У **поглављу три** детаљно су описани експериментално анализирани узорци армиранобетонских плоча, као и приказ припреме узорака и све фазе програма испитивања. Такође је дат приказ лабораторијски одређених карактеристика употребљених материјала и коришћених инструмената приликом испитивања. Овим поглављем приказани су и најважнији резултати од осам анализираних узорака. Дат је увид у понашање плоча услед оптерећења, од почетне фазе па до лома проузрокованог пробијањем. Поред деформације плоче током свих фаза оптерећења, за гранично оптерећење дат је и приказ распрострањања прелина по затегнутој површини плоче.
- У **четвртном поглављу** приказано је нумеричко моделирање армиранобетонских узорака применом методе коначних елемената уз кориштење софтвера Abaqus 6.13-1. Спроведеном детаљном калибрацијом нумеричког модела и уз примену стварних вредности карактеристика примењених материјала, омогућено је поређење нумеричких резултата са експерименталним.
- У оквиру **петог поглавља** одређена је носивости плоче на смицање од пробијања према ПБАБ, Еврокоду, америчком правилнику АСИ-318 и *fib* Model Code 2010. У изразима које предлажу прописи изостављени су различити коефицијенти сигурности за дејства и својства материјала због познавања оптерећења приликом експерименталног испитивања и механичких својстава материјала која су лабораторијски одређена. На крају поглавља рачунске вредности силе лома одређене у складу са наведеним прописима упоређене су са резултатима експерименталног истраживања.
- Завршне напомене и закључци приказани су у **шестом поглављу**. У овом делу рада дати су и правци даљих истраживања.
- Последњим, седмим поглављем дат је списак кориштене литературе.

#### VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

**Живковић Смиља**, Бешевић Мирослав, Војнић Пурчар Мартина, Козарић Љиљана: Nonlinear Finite Element Analysis of Punching Shear Strength of Eccentrically Loaded RC Flat Slabs with Opening, KSCE: Journal of Civil Engineering, (2019), Vol. 23, No. 11, pp. 4771-4780, ISSN: 1226-7988 (M23)

**Живковић Смиља**, Војнић Пурчар Мартина, Козарић Љиљана: Punching Strength of Flat Slabs without Shear Reinforcement, 6. Contemporary Achievements in Civil Engineering, Суботица, (2018), pp. 55-63. ISBN 978-86-80297-73-6, UKD: 624.072.1:519.6 (M33)

**Живковић Смиља**, Бешевић Мирослав, Војнић Пурчар Мартина, Козарић Љиљана: Punching Shear of RC Flat Slabs with Openings, 10. International Scientific Conference CIBV, Brasov, (2018), pp.299-304 (M33)

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања докторске дисертације је пробијање АБ плоча директно ослоњених на стубове. На пробијање плоче утиче велики броја параметара, због чега је ово истраживање ограничено на ексцентрично оптерећене АБ плоче са отвором уз лице унутрашњег стуба и без посебне арматуре за прихватање сила затезања од смицања изазваног пробијањем. Након спроведене експерименталне анализе на 8 АБ плоча, као и рачунске (ПБАБ, Еврокод, *fib*-Model Code и АСІ 318) и нумеричке анализе (АВАQUS), може се закључити следеће:

- Појавом ексцентричног оптерећења у плочи значајно се смањује њена носивост на пробијање. У случају да се оптерећење налази 15 cm од вертикалне осе стуба носивост плоче је смањена за приближно 25%.
- Појавом квадратног отвора димензија 15x15 cm уз лице унутрашњег стуба, носивост центрично оптерећене плоче смањена је за 26%.
- Положај отвора у односу на смер деловања момента савијања изазваног ексцентричним оптерећењем утиче на носивост плоче на пробијање. Постављањем отвора на супротну страну од силе која се на стуб наноси добија се већа сила лома за приближно 18% у односу на плочу са отвором на страни где и оптерећење делује.
- Повећањем оптерећене површине (попречног пресека стуба) долази до пораста носивости плоче на пробијање. Повећање носивости плоче за анализирани правоугаони (15x30 cm) у односу на квадратни стуб (15x15 cm) приближно је 35%.
- Накнадним ојачањем плоче високовредним вијцима може се у потпуности надокнадити смањење носивости плоче изазвано присуством отвора у плочи и/или појавом ексцентрицитета силе. Ојачањем плоче на овај начин постигло се повећање носивости за 62% у односу на исту плочу без ојачања вијцима.
- Појава косе прелине у плочи, која образује конус пробијања, уследила је при оптерећењу од 30-40% силе лома за све плоче осим С8. Код ове плоче (С8) нелинеарно понашање настаје након достизања силе од приближно 20% силе лома.
- Деформација плоче је највећим делом сконцентрисана у близини оптерећења које изазива пробијање, односно сконцентрисана је у подручју између оптерећења и површи пробијања. Како се не јавља значајна деформација плоче, лом настаје тренутно, па се пробијање сматра узроком лома.
- Применом СDP модела и пажљиво одређеним параметима који га описују могуће је успешно предвидети интензитет силе услед које ће наступити лом од пробијања код различитих АБ плоча. Применом овог модела и предложеног начина моделирања могуће је ефикасно анализирати утицај разноврсних параметара на носивост плоче на пробијање без спровођења скувих експерименталних испитивања који захтевају велики утрошак времена.
- Нумеричка носивост на пробијање плоче, чија је дебљина 12 cm, остаје непромењена са повећањем класе чврстоће високовредних вијака којима је плоча накнадно ојачана.
- Повећање пречника вијака, којима се врши накнадно ојачање плоче, не утиче значајно на промену нумеричке носивости на пробијање плоче чија је дебљина 12 cm. Међутим, нумеричком анализом утврђено је да се носивост на пробијање значајно мења са променом површине високовредних вијака ако се дебљина плоче повећа на 15 cm.
- Према савременим прописима, утицај ексцентричног оптерећења уводи се у прорачун помоћу коефицијената који су у функцији неуравнотеженог момента савијања, док се према

<p>ПБАБ овај утицај занемарује.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Савремени правилници за плоче ојачане арматуром за смицање прорачун пробијања спроводе са редукованом носивошћу бетона због претпоставке о течењу арматуре и израженим прслинама у бетону. Према Еврокоду допринос бетона редукује се за 25%, док се код АСИ 318 носивост бетона смањује за чак 50%. <i>Fib Model Code 2010</i> редукује носивост бетона повећањем угла нагиба плоче.</li> <li>• Рачунски одређене вредности силе лома у складу са наведеним прописима су на страни сигурности, односно за све анализиране плоче правилници потцењују реалну носивост на пробијање.</li> <li>• Далеко највеће коефицијенте сигурности, када је у питању прорачун носивости АБ плоча од пробијања, даје ПБАБ из 1987. године.</li> <li>• Као најконзервативнији, од анализираних савремених стандарда, показао се правилник АСИ 318. Један од разлога за то је занемаривање доприноса арматуре за савијање на носивост плоче на пробијање, што није случај код друга два правилника.</li> <li>• Према Еврокоду, АСИ 318 и <i>fib Model Code 2010</i>, за централно оптерећене плоче јављају се знатно мањи коефицијенти сигурности, тј. рачунска носивост на пробијање ових плоча је прецизнија у односу на ексцентрично оптерећене плоче. Насупрот томе, ПБАБ ниже коефицијенте сигурности даје за ексцентрично оптерећене плоче због занемаривања утицаја ексцентрицитета оптерећења.</li> <li>• ПБАБ због ограничења максималног односа страница (<math>d=1.5b</math>) који се узима у прорачун, значајно умањује допринос повећања носивости плоче на пробијање са повећањем димензија правоугаоног стуба.</li> <li>• Правилници <i>fib Model Code 2010</i> и Еврокод су углавном усаглашени у процени носивости плоче на пробијање, а највећа разлика огледа се код плоче ојачане завртњевима. Разлог томе је одређивање доприноса арматуре за смицање са ефективном прорачунском чврстоћом при затезању код Еврокода, док <i>fib Model Code 2010</i> уврштава стварну вредност границе развлачења челика.</li> <li>• Уочено је да се према АСИ 318 допринос смичуће арматуре веома потцењује, док <i>fib Model Code 2010</i>, насупрот томе, допринос ојачања плоче вијцима на укупну носивост плоче на пробијање прецењује.</li> <li>• Иако је експериментална анализа показала да је носивост ексцентрично оптерећене плоче са отвором на супротној страни од деловања оптерећења већа за приближно 18% од ексцентрично оптерећене плоче са отвором на делу на коме и оптерећење делује, према свим анализираним правилницима плоче С4 и С5, као и С6 и С7, се третирају на исти начин. Ни један од наведених правилника не узима у обзир смер деловања (према отвору или у супротном смеру) момента савијања на носивост плоче на пробијање. Ово је утицало на појаву изразитих одступања рачунски одређене силе лома у односу на експерименталну и нумеричку. Највеће одступање у резултатима јавља се применом правилника ПБАБ, где је однос експерименталне и рачунске силе пробијања чак 2.85 за плочу С6. Према АСИ 318, експериментална носивост на пробијање плоче С4 је за 96% већа у односу на рачунску, док је према Еврокоду и <i>fib Model Code 2010</i> одступање приближно 60% у односу на експерименталне резултате.</li> <li>• Значајна разлика у носивости на пробијање ексцентрично оптерећене плоче у зависности од положаја отвора могла би се користити у случају потребе формирања отвора у АБ плочи, где се са одговарајућим избором положаја отвора у односу на ексцентрично оптерећење може битно утицати на носивост плоче на пробијање.</li> </ul>
<p><b>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</b></p> <p>Резултати истраживања су приказани и тумачени јасно.</p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме <b>Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</b></li> <li>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе <b>Дисертација садржи све битне елементе наведене у пријави теме.</b></li> </ol>

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

На основу детаљне анализе дисертације, увидом у актуелност поменуте проблематике, утврђеног циља и коришћене методологије истраживања, а узимајући у обзир и верификацију резултата у научном часопису, Комисија констатује да достављена докторска дисертација по свом садржају представља оригинални научни рад. Оригиналан допринос науци огледа се у следећем:

- У раду је на свеобухватан начин анализирано и сагледано понашање армирано бетонских плоча ослоњених директно на унутрашњи стуб и њихова носивост на пробијање, посебно у ситуацијама када су, осим аксијално, плоче оптерећене и са неуравнотеженим моментом савијања изазваним ексцентрицитетом силе у односу на вертикалну осу стуба.
- Резултати истраживања потврдили су да и мали ексцентрицитет аксијалне силе има значајан допринос у паду носивости плоче на пробијање. Поред тога, показано је да се правилним избором положаја отвора у односу на ексцентричну силу може битно утицати на носивост плоче на пробијање, иако је овај ефекат занемарен према свим анализираним правилницима. Такође, у раду је доказано да се накнадним ојачањем плоче вијцима може у потпуности надокнадити смањење носивости на пробијање изазвано присуством отвора у плочи и/или појавом ексцентрицитета силе чак и за случај плоче мале дебљине (12 cm).
- Резултати истраживања и изведени закључци могу да послуже као прилог сазнању о анализираном проблему прорачуна пуних АБ плоча.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Комисија констатује на основу детаљне анализе рада кандидата да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.**

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а кандидату **Смиљи Бурсаћ**, одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др **Биљана Деретић Стојановић**, редовни професор, председник комисије

др **Александар Прокић**, професор емеритус, члан

др **Љиљана Козарић**, доцент, члан

др **Мирослав Бешевић**, редовни професор, ментор

др **Мартина Војнић Пурчар**, доцент, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.