

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)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовоао комисију 01.09. 2016. године, декан Факултета техничких наука је донео решење број 012-72/14-08 о именованој комисије.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком 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> <p>1. Др Милинко Васић, редовни професор, председник, Геотехника, 19.04.2007., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p> <p>2. Др Станко Брчић, редовни професор, члан, Техничка механика и теорије конструкција, 10.10.2001., Државни универзитет у Новом Пазару</p> <p>3. Др Митар Ђого, редовни професор, члан, Геотехника, 24.06.2010., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p> <p>4. Др Андрија Рашета, доцент, члан, Теорија конструкција, 25.09.2015., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p> <p>5. Др Ђорђе Лађиновић, редовни професор, ментор, Теорија конструкција, 29.12.2012., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Борис, Радомир, Фолић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 17.09. 1965., Приштина, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Грађевинарство, дипломирани грађевински инжењер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија -</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Факултет техничких наука у Новом Саду, Прилог понашања бетонских шипова под динамичким оптерећењем, Техничке науке – Грађевинско инжењерство, 06.06.2005.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Техничке науке – Грађевинско инжењерство</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА ФУНДИРАНИХ НА ШИПОВИМА</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација је изложена у 7 поглавља и 4 прилога на 515 страна и садржи 502 слике и 75 табела. Структура рада је следећа:

1. Уводне напомене
2. Дејство земљотреса и основи сеизмичке анализе
3. Интеракција темеља на шиповима
4. Сеизмичка анализа конструкција бетонских зграда
5. Сеизмичка анализа конструкција бетонских гредних мостова
6. Сумарна дискусија резултата
7. Ужи попис литературе и Библиографија

Прилози:

- А) Карактеристике модела материјала и пласичних зглобова
- Б) Спектри одговора
- Ц) P -у криве за потопљен и сув песак
- Д) Рачунарски програм за прорачун интеракције шипова у групи

У првом, уводном поглављу, описани су предмет, сажет преглед владајућих ставова, полазне хипотезе, циљ и методологија истраживања, а на крају је приказан кратак садржај рада.

У другом поглављу приказана су дејство земљотреса на грађевинске објекте са нагласком на јаке земљотресе и сеизмичке таласе у тлу, уз опис карактеристичних оштећења и дефеката. Дат је сажет преглед стања везан за одговор система конструкција-тло неких објеката и шипова на којима су фундирани. Обухваћене су основи метода сеизмичке анализе бетонских зграда и гредних бетонских мостова. Дат је осврт на пригушење и дуктилност ових конструкција и аспекте интеракције конструкција-темељ-тло.

Треће поглавље посвећено је веома актуелном проблему интеракције темеља на шиповима. Овај део је шире анализиран почев од подела и општих разматрања интеракције конструкција-темељ-тло. Истакнута је разлика интеракције конструкција-тло при фундарању на плочи и фундарању на шиповима. На основу анализираних литературе у раду је предложена модификована методологија проучавања интеракције конструкција-тло при фундарању на шиповима. Детаљно је анализирана стабилност АБ шипова у ликвефабилном тлу уз примену методе коначних разлика, методе коначних елемената (МКЕ) уз опис 3Д анализе и примене приближних поступака. Спроведене су нумеричке анализе интеракције шипова у групи зависно од геометрије, првенствено растојања шипова и утицај промене својстава тла по дубини. При томе су коришћене различите функције промене карактеристика тла по дубини (линеарна, константна и параболична).

Сеизмичкој анализи конструкција бетонских зграда посвећено је **четврто поглавље**. Одабрани су прорачунски модели и методе анализе које се користе за асеизмичко пројектовање у складу са одредбама ЕН 1992 и ЕН 1998, а затим су усвојени сложени прорачунски модели за одређивање сеизмичког одговора при нелинеарном понашању. Дат је осврт на методе анализе укључиво и нелинеарне методе. У зависности од типа конструкције дате су препоруке за избор методе анализе применљиве и у пројектантској пракси. Обухваћене су методе засноване на процени понашања конструкција за време земљотреса и концепт прорачуна сеизмичке отпорности конструкција према новим европским нормама за пројектовање грађевинских конструкција. Истакнуте су препоруке за фундарање конструкција зграда на шиповима. Коментарисани су и анализирани параметри који утичу на сеизмички одговор конструкција вишеспратних зграда. Резултати нумеричке анализе, уз претпоставку укљештења вертикалних носећих елемената у темеље, упоређени су са резултатима модела којима се уводи интеракција конструкција-темељ- тло. При томе је анализиран АБ оквир као репрезент конструкције зграда који се најчешће користи у инжењерској пракси.

Пето најобимније поглавље садржи сеизмичку анализу бетонских гредних мостова. Сажето су описани модели за анализу интеракције темеља на шиповима, тла и конструкције моста. Посебно је анализирано нумеричко моделирање интеракције шип-тло, инкрементална нелинеарна динамичка анализа и нелинеарна статичка анализа (*pushover* метода). Обављене су обимне анализе применом нелинеарне статичке методе и анализа дејства земљотреса преко временског записа

убрзања на 2Д прорачунском моделу. При томе је за обухватање интеракције са тлом оно моделирано као модификоване p -у криве и еластичним опругама. Да би се проучила ефикасност укрућења, анализиран је рам са везним гредама, док је конструкција без везних греда узета као основни модел. У нелинеарној динамичкој анализи су коришћени акселерограми забележени током земљотреса Вранчеа 1977. и два током 1986. године. Нумеричком анализом добијен је одговор конструкције и регистрована појава првог пластичног зглоба, као и хијерархија формирања пластичних зглобова за појединачно сеизмичко дејство, као и за поновљене ударе земљотреса. Анализиран је одговор целог система мост, темељ, тло, као и величина локалних сеизмичких захтева и одговора конструкције преко дрифтова и вршних померања стуба. Закључено је да се код спрегнутих система стуб-шип не може добити увид у реално понашање под земљотресним дејствима без увођења интеракције шип-тло уз адекватан прорачунски модел тла на основу геомеханичких података. Анализиране су и промене својствених вредности и облика вибрација конструкције код поновљених удара земљотреса уз назначавње интервала у којим се промене дешавају. Формулисане су и препоруке за прогушћење скалирања вршног убрзања ради прецизније процене поузданости усвојеног прорачунског модела и процене нелинеарног сеизмичког одговора. Закључено је да се квалитетни резултати могу добити само нелинеарном анализом, док се линеарна анализа може користити само као почетни корак у итерацији, јер се линеарном анализом могу добити и веће и мање вредности сеизмичког одговора у односу на нелинеарну анализу. У спроведеним нумеричким анализама је коришћен рачунарски програм SAP 2000 NL, верзија 14.1 и 14.2, којим је могуће обухватити ефекте и материјалне и геометријске нелинеарности.

У **шестом поглављу** су синтетизовани резултати истраживања и дати закључци, неке препоруке за пројектовање и правци даљих истраживања.

Седмо поглавље садржи референце, односно списак коришћене и шири попис литературе, тј. библиографију. Комисија констатује да је у истраживањима коришћена веома обимна и адекватна литература која пружа увид у резултате савремених истраживања везана за проблеме разматране у докторској дисертацији.

Саставни део дисертације чине четири прилога. У прилогу А су дате карактеристике материјала и описан поступак моделирања пластичних зглобова; у прилогу Б су одређени спектри одговора записа убрзања тла коришћених у нумеричким анализама; у прилогу Ц је приказан поступак одређивања p -у кривих и прерасподела сила код шипова у групи и у прилогу Д је дат листинг програма за прорачун интеракције шип-тло-шип за групу шипова уграђених у тло које је моделирано као хомогени еластични и изотропни полупростор.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов рада је јасно формулисан, добро описује предмет истраживања и указује на садржај рада.

У **првом поглављу** јасно и концизно су дефинисани предмет и циљ истраживања, уз образложење о потреби и актуелности проблема истраживања. Приказан је преглед владајућих ставова у подручју истраживања и формулисане су хипотезе истраживања. Хипотезе истраживања су логично формулисане, а научне методе су адекватне предмету истраживања. Методолошки приступ је представљен на јасан и прецизан начин. Увод је написан тако да се јасно сагледава карактер и значај истраживања која је у дисертацији спроведена.

У **другом поглављу**, поред приказа дејства јаких земљотреса, назначени су њихови ефекти на разматране објекте са нагласком на карактеристична оштећења АБ шипова. Обухватајући анализу доступних сазнања изложен је сажет преглед стања теоријских основа за истраживање интеракције разматраних бетонских објеката фундираних на шиповима. Указано је који параметри утичу на одговор система конструкција-тло уз опис метода сеизмичке анализе бетонских зграда и гредних бетонских мостова. Назначени су и анализирани параметри дуктилности и пригушења у конструкцији и тлу који утичу на одговор конструкције и на интеракцију конструкција-темељ-тло. Анализирани су утицајни параметри носеће конструкције и неки модели за сеизмичку анализу разматраних објеката. За поуздано понашање разматраних конструкција нужно је познавати стање шипова и њихово понашање под сеизмичким дејством. У том смислу значајно је проучавање интегритета шипова и провера њихове носивости што је такође третирано у раду. У том смислу

теоријска разматрања дата у овом поглављу су добра основа за даља истраживања приказана у следећа три поглавља.

У трећем поглављу детаљно је објашњен феномен интеракције конструкција-тло при фундирању бетонских објеката на шиповима, најчешће на групи шипова. Описана је класификација различитих интеракција код темеља на шиповима, зависно од места наношења оптерећења, тј. интеракција шипова и тла и шипова међусобно. Дате су теоријске основе анализе уз коришћење дискретних прорачунских модела за анализу горње конструкције и интеракције конструкција-тло. На основу критичке анализе обимне литературе, кандидат је у раду предложио модификовану методологију проучавања интеракције конструкција-тло при фундирању објеката на шиповима. Детаљно је анализирана стабилност АБ шипова у ликвефилном тлу, што је од посебног значаја за општу стабилност бетонских објеката под сеизмичким дејствима. У спроведеним нумеричким анализама је примењена метода коначних разлика, метода коначних елемената (МКЕ) и 3Д анализа, као и приближни поступци прорачуна. Након тога је спроведена и регресиона анализа на основу чега су развијени изрази за нормализоване вредности критичне силе и коефицијенте дужине извијање у функцији крутости K_R који су погодни за примену у пројектантској пракси. Формулисан је модификовани концепт за анализу стабилности витког шипа применом МКЕ уз обухватање 3Д модела шип-наглавна плоча-тло који је формиран од просторних (*solid*) коначних елемената за два типа модела тла (једнослојни и двослојни). Анализирана је и интеракција шип-тло-шип групе шипова у тлу које је моделирано као еластични, хомогени и изотропни полупростор, уз шири приказ теоријских основа. Кроз анализу резултата већег броја примера указано је на значај оваквог проучавања, нарочито у фази идејног пројекта објеката фундираних на групи шипова. При томе су варирана растојања шипова и квалитет тла од песковитог до консолидованих глина. Сагласно томе коришћени су линеарни модел промене карактеристика тла са дужином или са константном вредношћу. У овим анализама су коришћени и геомеханички подаци локација карактеристичних за терене из АП Војводине.

У четвртном поглављу су анализирани различите методе за сеизмичку анализу вишеспратних конструкција зграда. Разматрана је њихова адекватна примена кроз концептуално пројектовање и примену упрошћених анализа ради одређивања потребне сеизмичке отпорности објеката већ у почетној фази пројектовања. У нумеричким анализама су примењени прорачунски модели и методе анализе за сеизмичко пројектовање који су у складу са одредбама ЕН 1992 и ЕН 1998, а за процену реалног сеизмичког одговора су коришћени сложени прорачунски модели којима се обухвата нелинеарно понашање и интеракција конструкција-тло. Коментарисани су и анализирани параметари који утичу на сеизмички одговор конструкција вишеспратних зграда са и без увођења интеракције конструкција-тло. У том смислу конструкција зграде је анализирана уз претпоставку укљештења вертикалних носећих елемената у темеље на просторном моделу зграде и карактеристичних рамова. За проучавање ефеката интеракције је одабран 2Д модел конструкције који је прикладнији за примену у пројектантској пракси. Спроведена је упоредна анализа резултата добијених применом модела конструкција код којих је уведена интеракција конструкција-темељ-тло и модела конструкција укљештених у темеље. За обухватање интеракције коришћен је модел заснован на носачима на еластичној подлози, тј. тло је замењено еластичним опругама (*Winkler*-ов модел), а други модел за описивање понашања тла је коришћење функција p -у. Резултати спроведених нумеричких истраживања указују да је основни период вибрација конструкције са шиповима код којих је тло моделирано са еластичним опругама продужава за 10,6%, а када се користе p -у криве то повећање је свега 5,1%. Из тога се може закључити да изостављање интеракције не даје велика одступања за регуларне рамове. На основу резултата спроведених анализа формулисани су одређене препоруке за пројектовање.

Пето поглавље је најобимније и садржи сеизмичку анализу бетонских гредних мостова. У истраживањима се пошло од чињенице да је за добијање увида у реално понашање конструкција при дејству јаких земљотреса, у прорачунски модел неопходно укључити ефекте геометријске, а посебно материјалне нелинеарности. У том смислу описане су линеарна статичка и динамичка анализа, нелинеарна статичка анализа (*pushover* метода) и нелинеарна динамичка анализа (*non-linear time history analysis*). Нелинеарне методе анализе, нарочито динамичка, знатно су сложеније и теже за практичну примену од линеарних метода, али дају потпунији увид у стварно понашање конструкција изложених јаком сеизмичком дејству. Ове методе су детаљно описане, као и прорачунски модели за анализу интеракције темеља на шиповима, тла и конструкције моста. За анализу

акцелерограма и одређивање спектра одговора коришћен је програм Seismo Spect 2016. Утврђено је да од избора модела система конструкција-шип-тло зависе динамичка својства и пригушење у систему, који директно одређују величину сеизмичког дејства у зависности од амплитудно фреквентног састава акцелерограма, а тек на другом месту одговор система зависи од максималног убрзања тла (*peak ground acceleration*-PGA). У спроведеним нумеричким анализама коришћене су нелинеарне динамичке анализе на 2Д прорачунском моделу попречног рама моста, а интеракција са тлом је моделирана применом модификованих *p*-у кривих и еластичним опругама. Изабран је такав модел *p*-у кривих који омогућава праћење понашања сила-померање и хистерезисног пригушења по дубини тла, израженог преко утрошеног рада. Да би се проучила ефикасност укрупњена анализиран је рам са везним гредама и без везних греда (основни модел). Поред резултата на основу којих је процењен глобални одговор конструкције за различите нивое сеизмичког хазарда, одређена су и вршна померања, дрефтови и степен оштећења разматране мостовске конструкције. Резултати прорачуна су приказани у облику графичких прилога са приказом стања пластичних зглобова за поједине ударе земљотреса и вредности остварених дрефтова са издвојеним вредностима заосталих деформација. Вредности забележених вршних померања стубова, добијене нелинеарном динамичком анализом, дата су и у табелама, а добијени резултати су пропраћени одговарајућим дискусијама. На основу анализе добијених сеизмичких захтева (сила, вршних померања и дрефтова) и степена оштећења конструкције, закључено је да је понашање конструкција код којих је понашање тла моделирано применом модификованих *p*-у кривих повољније него код модела тла са секантном еластичном крутошћу. Добијени резултати нумеричких анализа јасно указују да се код спрегнутих система стуб-шип не може добити увид у реално понашање под земљотресним дејствима без увођења интеракције шип-тло уз адекватан модел тла на основу геомеханичких података. Формулисане су и препоруке за прогушћење скалирања максималног убрзања тла ради прецизније процене поузданости усвојеног модела и утицаја нелинеарног понашања на укупан одговор конструкције. Анализиране су и промене својствених облика вибрација конструкције код поновљених удара земљотреса уз одређивање интервала у којим се промене дешавају. Добијени резултати указују да се квалитетни резултати могу добити само нелинеарном анализом, а да линеарну анализу треба користити само као почетни корак у итерацији, јер се линеарном анализом могу добити и веће и мање вредности сеизмичких захтева у односу на нелинеарну анализу.

У **шестом поглављу** су синтетизовани резултати истраживања и дати закључци који су формулисани у појединим поглављима. Такође, на основу изведених закључака дате су и одређене препоруке које се могу користити за асеизмичко пројектовање АБ конструкција вишеспратних зграда са регуларном конструкцијом и гредних мостова. Закључци су проистекли из сопствених истраживања у оквиру дисертације и они су плод обимних спроведених нумеричких анализа. С обзиром да је нагласак истраживања био на нелинеарним анализама гредних мостова, већи део закључака односи се на њих.

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

Категорија радова M23 – часописи међународног значаја

Ćosić M., **Folić B.**, Folić R.: Numerical Simulation of the Pile Integrity Test on Defected Piles, Acta Geotechnica Slovenica, Vol. 11, Iss. 2, 2014. pp. 5-19.

Ćosić M., Folić R., **Folić B.**: Seismic Performances of the Structures at Variation of Artificial Accelerograms, Građevinar, Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, Vol. 66, Iss. 9, 2014. pp. 787-800.

Поглавље у монографији међународног значаја категорије M13

Folić B., Folić R.: Anaysis of seismic interactions soil – foundation – bridge structures for different foundation. T. Schanz and R. Iankov (eds.), Coupled Site and Soli–Structure Interaction Effects with Application to seismic Risk Mitigation, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media B.V. 2009, pp. 179-191; ISBN 978-90-481-2709-2 i e-book ISBN 978-90-481-2697-2; na WEB of SCIENCE

Категорија М24 – радови у часопису међународног значаја верификовани посебном одлуком

Ćosić M., **Folić B.**, Sedmak S.: Buckling Analysis of 3D Model of Slender Pile in Interaction with Soil Using Finite Element Method. Structural Integrity and Life br. 3 vol. 2012. pp. 221-232. ISSN 1451-3749 UDK/UDC 624.155.114.046.3:519.673 ISSN1820-7863

Ćosić M., **Folić B.**, Folić R., Simon S.: Performance-Based Seismic Analysis of Highway E75 Overpass at Kovilj, Structural Integrity and Life, Vol. 14, Iss. 1, 2014. pp. 17-28.

Категорија М51 – часопис националног значаја

Фолић Б.: Интеракција конструкција-тло објеката фундираних на темељној плочи и на шиповима за сеизмичка дејства. Часопис СИТС Техника бр. 3, 2008. стр. 15-25. укупно стр. 11. YU ISSN 0040-2176. UDC:62(062.2) (497.1). UDC:624.041:042.7:699.841=861

Ćosić M., Folić R., **Folić B.:** Multidisciplinary approach to the assessment of seismic performances and rehabilitation of bridges: nonlinear analysis, probability theory and optimization theory, Procedia Engineering, 156 (2016) 83 – 90; www.elsevier.com/locate/procedia

Категорија М33 – радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини

Folić B., Folić R., Ladinović Đ.: Some Aspects of Pile-Soil Interaction in Seismically Liquefiable Soils. 10th International Conference VSU 2010, 22–23 May, Sofia, Volume 2, pp. II/116–123.

Folić R., **Folić B.**, Ladinović Đ. (2011): Models for dynamic analysis of pile foundations in liquefiable soils, 11th International Scientific Conference VSU' 2011, Proc. Ed. by T. Tsenkov and D. Partov, 2-3 June/11, Vol.1, pp. II/ 228-233. ISSN: 1314-071X

Folić B., Folić R., Ladinović Dj.: Seismic response on example of RC bridge founded on pile. 12th International Scientific Conference VSU' 2012. Higher School Of Civil Engineering (VSU) "L.Karavelov"-Sofia, 2012, vol. 3, pp. II-228-233, ISSN: 1314-071X

Liolios K., **Folic B.**, Liolios A.: Dynamic Pile-Soil Interaction Under Environmental Effects: A Linear Complementarily Numerical Approach. Универзитет по архитектура, строителство и геодезија. Међународна јубилејна научно-приложна конференција УАСГ2012. 15-17 Ноември, 2012. pp.75-79. ISBN 978-954-724-049-0

Folić B., Babić L.: Guidelines for design of RC foundations in seismic regions. Third International Conference Seismic Engineering and Engineering Seismology; Savez građevinskih inženjera Srbije. Divčibare, 2012, str. 317-322, UDK: 624.159.14.042.7, ISBN 978-86-88897-02-0

Ćosić M., **Folić B.**, Folić R.: Developing a methodology for the integrated numerical evaluation and performance assessment of soil-pile-pier, 13th International Scientific Conference VSU' 2013. Higher School Of Civil Engineering (VSU) "L. Karavelov"-Sofia. 6-7, jun 2013. Pp. II-236-244. ISSN: 1314-071X

Liolios A., Hatzigeorgiou G., Liolios A., **Folić B.:** Effects of multiple earthquakes on reinforced concrete buildings strengthened by cable elements. 13th International Scientific Conference VSU' 2013, Higher School Of Civil Engineering (VSU) "L. Karavelov"-Sofia, 6.-7. 2013, pp. II-245-252, ISSN: 1314-071X

Folić B., Sedmak S., Ćosić M., Ladinović Dj.: The forming of the bridge structure founded on RC piles and solution seismic strengthening middle frame. 5th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society. Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, Technical University of Košice Prešov 4th – 6th November 2013, pp. 416-419, ISSN 1847-9065

Liolios An., Karabinis A., Liolios As., **Folić B.:** A computational approach for reinforced concrete structural strengthened by ties under multiple earthquakes, 13th International Scientific Conference, INDIS 2015, November 25-27, 2015, Novi Sad.

Ćosić M., Folić B, **Folić R.**, Šušić N.: Performance-Based Seismic Evaluation of Soil-Pile-Bridge Pier Interaction Using Incremental Nonlinear Dynamic Analysis, INDIS'2015, November 25-27, 2015, Novi Sad.

Folić R., Ćosić M., **Folić B.:** Deciding the order of interventions on the structure of RC bridges for earthquake conditions, 16th International Symposium: Contemporary Structures-Sustainable Development, MASE, 1-3 October, 2015, Book of Abstracts, SE-5, pp. 157-158, Proc. pp. 698-707, ISBN 608-4510-26-4

Folić R., Ćosić M., **Folić B.:** Damping models for flow chart based structural analysis, 15th International Scientific Conference VSU' 2015, 4-5 June, 2015, Sofia, Vol.1, pp. 155-164; ISSN: 1314-071X

Folić R., **Folić B.**, Ladinović Đ.: Base isolation and control of concrete bridge structure in seismic regions. 4th International Conference on Engineering Technologies ICET 2009. Novi Sad, Serbia, 28.-30.04.2009., pp. 107- 115, ISBN 978-86-7892-227-5

Категорија М34 - радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у изводу

Folić B., Folić R.: Design method analysis of seismic interactions soil – foundation – bridge structures for different foundation. NATO Advanced Research Workshop. Coupled sit and soli –structure interaction effects. Borovetz, Bulgaria.30.08-03.09.2008, pp.29-30.

Folić R., **Folić B.**: Design concept effect on damage mitigation of beam concrete bridges with or without seismic isolation. NATO Advanced Research Workshop, Coupled sit and soil-structure interaction effects, Borovetz, Bulgaria, 30.08-03.09.2008, pp.57-58.

Ćosić M., Folić R., **Folić B.**: Multidisciplinary approach to the assessment of seismic performances and rehabilitation of bridges: nonlinear analysis, probability theory and optimization theory, 9th International Conference “Bridges in Danube Basin 2016”, BDB 2016, Extended Abstracts, University of Žilina, FCE, Department of Structures and Bridges, pp. 35-36. ISBN 978-80-554-1249-

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања у дисертацији усмерена су на сеизмичку анализу бетонских објеката фундираних на шиповима. Код ових проучавања од примарног значаја је процена интеракције конструкција-темељи на шиповима-тло због њеног утицаја на укупни сеизмички одговор таквог спрегнутог система. Због тога је проблему интеракције посвећен највећи део дисертације и нумеричких анализа спроведених у њој. Разматране су одређене класе бетонских објеката: регуларне конструкције вишеспратних зграда и гредни мостови, такође блиски регуларним конструкцијама према класификацији датај у ЕН 1998-део 2 који се односи на пројектовање сеизмички отпорних мостова. Показано је да, сагласно савременим тенденцијама, сеизмичке анализе треба спровести тако да се не прекораче унапред прописана величина померања и деформације, имајући у виду усвојени ниво сеизмичког хазарда и жељено понашање објекта. Разлог за то је што је величина укупног или релативног деформисања конструкције значајна за процену сеизмичке отпорности самих објеката зграда и мостова па су у дисертацији спроведене обимне нумеричке анализе.

Истраживање интеракције разматраних бетонских објеката фундираних на шиповима указују који параметри утичу на одговор система конструкција-темељ-тло под различитим интензитетима сеизмичког дејства. Истражена је применљивост више модела за анализу одговора система конструкција-темељ-тло укључиво и моделе који су применљиви у стандардној пројектантској анализи, а не само у истраживачке сврхе. Посебан проблем је избор прорачунског модела који је довољно тачан и лак за примену у пракси. За процену ефеката интеракције конструкција и тла коришћен је упрошћени Винклеров модел, а за тачније анализе нелинеарне криве p -у. Резултати истраживања су омогућили формулисање препорука када се могу користити једноставнији модели, а када је нужна примена тачнијих модела. Посебно је детаљно анализиран гредни бетонски мост који је изложен сеизмичким дејствима чији интензитет одговара различитим нивоима сеизмичког хазарда. Добијени резултати нумеричких истраживања показују да интензитет прорачунског (пројектног) дејства битно утиче на одговор конструкције, али је то различито изражено код анализираних зграда и мостова. Кроз упоредну анализу остварених вредности вршних померања, дрефтова и степена оштећења конструкције моста, показано је да конструкција код које је тло моделирано применом модификованих p -у кривих показује повољније понашање него када се тло моделира са сепантном еластичном крутошћу. Такође, са повећањем максималног убрзања тла у систему се повећава број пластичних зглобова и долази до већих нелинеарних деформација како у критичним пресецима конструкције тако и у самом тлу. Показано је да се код спрегнутих система стуб-шип не може добити увид у реално понашање конструкција изложених јаким земљотресима без увођења интеракције шип-тло уз адекватан модел тла на основу реалних геомеханичких података. Изведени закључци и препоруке могу наћи примену и у научним истраживањима предметне тематике и у практичној примени у пројектантској пракси. Формулисани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима нумеричких истраживања и могу се оценити као реални. Коректно су формулисани предлози за даља истраживања.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

У предметној дисертацији кандидата мр Бориса Фолића јасно су и прегледно приказани резултати истраживања. Методолошки оквир је прилагођен истраживаним проблемима, а резултати истраживања су одговорили на задатке и циљеве истраживања. Сложеност истраживања проистиче из мултидисциплинарности теме која спада и у област грађевинског конструктерства и у област геотехнике. У нумеричким анализама су коришћени признати програмски пакети који су верификовани у многим научним истраживањима. Резултати прорачуна су на одговарајући начин анализирани и тумачени и указано је на специфичности које постоје при оваквим анализама. Техничка обрада свих поглавља у докторској дисертацији је на високом нивоу. Редослед излагања је јасан и логичан, а текстуална излагања су илустрована и поткрепљена сликама и дијаграмима. Резултати истраживања су праћени одговарајућим образложењима и критичким освртом на њихово вредновање у складу са владајућим ставовима науке у области истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Комисија констатује да је дисертација урађена у складу са образложењем и циљевима истраживања наведеним у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења добијених резултата, садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте, а кандидат је испољио способност за самосталан научно-истраживачки рад.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
На основу детаљне анализе дисертације, увидом у актуелност поменуте проблематике, утврђеног циља и коришћене методологије истраживања, комисија констатује да предметна докторска дисертација по свом садржају представља оригинални научни рад. Део истраживања је верификован и у научним радовима које је кандидат објавио у међународним часописима. Кандидат је својим радом допринео бољем виду у понашање бетонских конструкција фундираних на шиповима који су изложени јаким сеизмичким дејствима. Показано је да су у ликвефабилном тлу нужне анализе аксијалне носивости шипова јер, под одређеним порним притисцима, долази до редукције граничне носивости шипова. Формулисан је нови концепт за модификовану анализу стабилности 3Д модела шип-наглавна плоча-тло и одређени изрази за нормализоване вредности критичне силе шипа у функцији крутости тла. Формирани прорачунски модели за сеизмичку анализу дају могућност обухватања нееластичних деформација како у носећој АБ конструкцији тако и у тлу. За процену ефеката интеракције конструкција-тло, коришћени су модели код којих су варирани параметри тла како линеарни тако и нелинеарни и утврђено је да су у зависности од примењених акцелерограма могућа значајна одступања у одговору конструкција. Код употребе линеарних параметара тла треба настојати да се крутост опруга нађе у интервалу нешто нижем од почетних крутости p -у кривих, нарочито у горњим слојевима тла. Упоредном анализом утврђене су и разлике у сеизмичком одговору мостова са и без везних греда код једнослојног и двослојног тла. Као оригинални допринос кандидата може се сматрати и развијени рачунарски програм за прорачун интеракције шип-тло-шип за групу шипова, помоћу кога се може израчунати прерасподела сила у шиповима и за вертикално и за хоризонтално дејство. Дисертација има и практичан инжењерски значај јер су резултати истраживања омогућили формулисање одређених препорука за пројектовање у циљу добијања повољног понашања конструкција изложених јаким сеизмичким дејствима.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Комисија констатује да су испуњени постављени циљеви истраживања 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 под насловом **"Сеизмичка анализа бетонских објеката фундираних на шиповима"** прихвати, а кандидату мр Борису Фолићу, дипл. инж. грађ., одобри јавна одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Милинко Васић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Станко Брчић, редовни професор,
Државни Универзитет у Новом Пазару

Др Митар Ђого, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Андрија Рашета, доцент,
Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Ђорђе Лађиновић, редовни професор,
Факултет техничких наука