



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73  
Поштански фах 895, 11001 Београд  
Телефон (011) 3218-501  
Телефакс (011) 3370-223

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ  
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

У прилогу дописа достављамо Вам материјал за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији мр Младена Ћосића, дипл. грађ.инж. под насловом:

**„НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА  
ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА “**

Прилог:

1 примерак обрасца 03

1 примерак реферата о оцени и одбрани

1 примерак одлуке о прихватању реферата о оцени и одбрани

1 примерак докторске дисертације

CD

копија Извода из матичне књиге венчаних

Сви прилози прослеђени на e-mail

ШЕФ СЛУЖБЕ ЗА СТУДЕНТСКА ПИТАЊА

Тамара Вукша, дипл.педагог

311/10  
мај 2015.

Образац 3  
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Студентски трг бр.1  
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ  
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

### ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47.ст.5 тач.4.Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета”, број 162/11-пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **мр МЛАДЕН /Селимир/ ЋОСИЋ**, дипл. грађ.инж.

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

**„НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА  
ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА “**

Универзитет је дана **25. 10. 2010. године** својим актом под бр.**612-3695/2-10** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА  
ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА “**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној **29.01. 2015.године** одлуком Факултета бр. **311/11-10** у саставу:

1. Проф. др Радомир Фолић, дипл.инж.грађ./Факултет техничких наука у Новом Саду/Емеритус од 25.01.2008.год.
2. Проф. др Станко Брчић, дипл.инж.грађ./научна област Техничка механика/У пензији од 31.08.2014. год.
3. Проф. др Ђорђе Лађиновић, дипл.инж.грађ./научна област Теорија конструкција/Факултет техничких наука у Новом Саду
4. Проф. др Растислав Мандић, дипл.инж.грађ./научна област Техничка механика и теорија конструкција/Грађевински факултет Београд
5. Проф. др Ратко Салатић, дипл.инж.грађ./научна област/научна област Техничка механика и теорија конструкција/Грађевински факултет Београд

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **14.05.2015. године**.

**В. Д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА**

**Проф. др Бранко Божић, дипл. геод.инж.**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ

ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ БЕОГРАД			
ПРИМЉЕНО		27 MAR 2015	
Одлука	Број	Датум	Вредност
02	311/12-10		

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата  
мр Младена Ћосића, дипл.грађ.инж.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду од 29. јан. 2015. број 311/11-10 именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Младена Ћосића, дипл.грађ.инж. под називом:

### НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА

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

#### РЕФЕРАТ

## 1 Увод

### 1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр Младен Ћосић, дипл.грађ.инж. пријавио је 10.06.2010. године Грађевинском факултету Универзитета у Београду израду докторске дисертације под називом “**Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама**”. Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду на својој седници од 17.6.2010. одлуком број 311/3 од 21.06.2010. одредило је Комисију за пријем теме докторске дисертације мр Младена Ћосића под наведеним називом, у саставу: проф. др Станко Брчић, дипл.грађ.инж., проф. др. Бранислав Ћорић, дипл.грађ.инж., проф. емеритус др Радомир Фолић, дипл.грађ.инж., Државни Универзитет у Новом Пазару, в.проф. др Мира Петропијевић, дипл.грађ.инж., и в.проф. др Ђорђе Лађиновић, дипл.грађ.инж., Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду.

Комисија је предала позитиван извештај о пријављеној дисертацији, а ННВ Грађевинског факултета Универзитета у Београду прихватило је извештај на својој седници од 06.09.2010 и за ментора именовало проф. др Станка Брчића. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на одлуку ННВ-а Грађевинског факултета 25.10.2010. Кандидат мр Младен Ћосић је урађену докторску дисертацију, уз сагласност ментора, предао студентској служби Грађевинског факултета Универзитета у Београду 26.12.2014. године. Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду на својој седници од

29. јануара 2015. одредило је Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације мр Младена Ћосића, под наведеним називом, у саставу:

1. др Радомир Фолић, дипл.грађ.инж., професор емеритус Универзитета у Новом Саду, ангажован на Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду и на Грађевинско-архитектонском факултету Универзитета у Нишу
2. др Станко Брчић, дипл.грађ.инж., редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду (у пензији)
3. др Ђорђе Лађиновић, дипл.грађ.инж., редовни професор Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду
4. др Растислав Мандић, дипл.инж.грађ., ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду
5. др Ратко Салатић, дипл.грађ.инж., ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду

## 1.2 Научна област дисертације

Тема докторске дисертације “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” припада научном пољу Техничко-технолошких наука и научној области Грађевинарство и геодезија, за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду. Ужа научна област дисертације, према Статуту Грађевинског факултета Универзитета у Београду, је Техничка механика и теорија конструкција. За ментора је одређен проф. др Станко Брчић, дипл.грађ.инж., редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду (од октобра 2014. у пензији).

## 1.3 Биографски подаци о кандидату

Мр Младен Ћосић, дипл.грађ.инж. рођен је 16.05.1978. у Лозници, где је завршио основну школу и гимназију општег смера. На департман за грађевинарство Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду уписао се 1997. године, где је и дипломирао септембра 2004. године са средњом оценом 7.90/10 и оценом 10 на дипломском раду из области металних конструкција. У октобру 2004. године уписао је последипломске студије на департману за грађевинарство Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, а све испите је положио до априла 2007. године са средњом оценом 10/10. Магистарску тезу под називом: “Нелинеарна статичка сеизмичка анализа вишеспратних оквира”, под менторством проф. др Ђорђе Лађиновића, из области теорије конструкција и земљотресног инжењерства, успешно је одбранио у јануару 2010. године. Цивилни војни рок је одслужио после дипломирања, од децембра 2004 до јануара 2006, у болници у Лозници. Током последипломских студија учествовао је као сарадник у тиму департмана за грађевинарство ФТН Универзитета у Новом Саду у изради пројекта *Геотехнички услови изградње саобраћајнице на траси бивше железничке пруге између Новог Сада и Петроварадина*. Говори и пише енглески језик.

Мр Младен Ћосић није запослен, али је учествовао у изради неколико стручних пројеката из области сарадње са привредом. До сада је публиковао 9 радова у међународним часописима (од тога 4 са SCI листе), 4 рада у домаћим часописима, 13 радова на међународним и 23 рада на домаћим научним конференцијама, дакле, до сада укупно 49 научних радова.

## 2 Опис дисертације

### 2.1 Садржај дисертације

Разматрана докторска дисертација мр Младена Ћосића, дипл.грађ.инж., под називом “**Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама**”, приказана је у једној укориченој књизи формата А4, у обиму од 462 странице. Састоји се из наслова на српском и енглеском језику, списком чланова Комисије за преглед, оцену и одбрану дисертације, листом захвалности, резимеом на српском и енглеском језику, садржајем, пописом коришћених термина на енглеском и српском језику, пописом коришћених ознака, поглавља дисертације, списка литературе, четири прилога, биографије аутора, као и изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије и о коришћењу дисертације. Главна поглавља дисертације су:

1. УВОД
2. МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА
3. ПРОЦЕСИРАЊЕ АКЦЕЛЕРОГРАМА И МОДЕЛИРАЊЕ ОКВИРНИХ ЗГРАДА
4. АНАЛИЗА НЕЛИНЕАРНОГ ПОНАШАЊА ОКВИРНИХ ЗГРАДА
5. АНАЛИЗА ОДНОСА КАПАЦИТЕТ КОНСТРУКЦИЈЕ / СЕИЗМИЧКИ ЗАХТЕВ
6. ЗАВРШНА РАЗМАТРАЊА И ЗАКЉУЧЦИ ИСТРАЖИВАЊА

ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОГ

### 2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У УВОДУ је прво приказан проблем који се разматра, одн. предмет истраживања, а затим су укратко приказани циљ и задаци истраживања, радне хипотезе, научне методе истраживања, научна оправданост и остварени резултати, док је главни део уводног поглавља преглед досадашњих истраживања из ове области. Приказани значајнији радови из области анализе утицаја земљотреса према перформансама су класификовани у пет области: научно-истраживачки радови, докторске дисертације, књиге и извештаји, прописи за пројектовање објеката у сеизмичким подручјима, као и радови приказани на научним конференцијама. Такође је у Уводу дат и селективан списак публикованих радова аутора (самосталних или у коауторству), који се односе на предмет дисертације, а који су приказани у међународним и домаћим часописима, као и на међународним и домаћим конференцијама. Дат је и кратак приказ докторске дисертације по поглављима.

**Друго поглавље** је названо МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА и ту је приказана општа формулација анализе дејства земљотреса на оквирне зграде према перформансама (РВЕЕ), која претставља нови концепт анализе утицаја земљотреса (развија се последњих 15-20 година). Такође је дат приказ оригинално развијеног поступка анализе утицаја земљотреса на оквирне зграде према перформансама, који је уграђен у оригинални рачунарски програм, одн. експертски систем, назаван *Nonlin Quake*. Програм *Nonlin Quake* написан је у програмском језику VBA у Windows окружењу и атрактивном GUI концепту (графички

кориснички интерфејс) и састоји се из читавог низа међусобно повезаних програмских целина. Цео систем је такође интегрисан и са другим (екстерним) рачунарским програмима, као што су SeismoStruct или SAP 2000. Детаљно су дати алгоритми програма, одн. анализа NSPA (нелинеарна статичка pushover анализа), INDA (инкрементална нелинеарна динамичка анализа), IDA (инкрементална динамичка анализа) и HINSDA (хибридна инкрементална статичка-динамичка анализа), које су значајни сегменти експертског система *Nonlin Quake*. Док су NSPA, INDA и IDA познати поступци сеизмичке анализе у оквиру анализе према перформансама (PBEE), при чему је аутор унапредио NSPA поступак у варијанти тзв. методе коефицијената померања (DCM) увођењем итеративне процедуре (IDCM - Iterative Displacement Coefficient Method), поступак HINSDA је потпуно нови и оригинални допринос аутора.

У трећем поглављу ПРОЦЕСИРАЊЕ АКЦЕЛЕРОГРАМА И МОДЕЛИРАЊЕ ОКВИРНИХ ЗГРАДА приказане су и систематизоване процедуре са акцелерограмима: селекција, формирање, конвертовање и процесирање реалних (природних) акцелерограма, као и генерисање вештачких и процесирање вештачких акцелерограма. У истраживању је коришћено 8 пажљиво изабраних акцелерограма: 4 удаљена и 4 у близини раседа, сви са моментним магнитудима између 6.5 и 7.0. У оквиру развијеног експертског система *Nonlin Quake* направљени су и модули за формирање и процесирање акцелерограма и одређивање компонената акцелерограма за низ међууглова у односу на доминантне правце применом матрица трансформације, одн. ротације. Тиме су добијене компоненте акцелерограма у хоризонталној равни у правцима одређеним са низом дискретних углова са  $\Delta\theta = 30^\circ$ . На бази индивидуалних акцелерограма за такав низ праваца линеарном интерполацијом и повезивањем у тангенцијаном правцу генерисане су и дефинисане *површи акцелерограма*, као нови појам. Такође, уведен је и појам *анвелопа мере интензитета*, а анализирани су и начини генерисања вештачких акцелерограма и њихова обрада и процесирање, који могу да буду алтернатива коришћењу реалних акцелерограма. Вештачки акцелерограми су класификовани као непотпуни и потпуни нестационарни сигнали у временском домену и у циљу добијања релевантних параметара за њихово одређивање спроведена је одговарајућа пробабилностичка анализа сеизмичког хазарда у оквиру посебно развијеног модула SHA (Seismic Hazard Analysis) система *Nonlin Quake*. На основу генерисаних вештачких, али и реалних акцелерограма, нумеричким решавањем диференцијалних једначина кретања за систем са једним степеном слободне примене Њумарковог поступка, такође су одређивани и спектри одговора померања и спектри одговора убрзања. Слично као и површи акцелерограма, дефинисани су и новоуведени појмови *површи спектра одговора померања и убрзања* који се односе на просторну сеизмичку анализу посебно везано за несиметричне зграде.

У истом трећем поглављу приказано је формирање рачунских модела оквирних армирано-бетонских (АБ) зграда у нелинеарној динамичкој анализи. Рачунски модели просторних (3D) оквирних зграда формирану су применом програма SAP 2000, где је развој нелинеарних деформација омогућен формирањем пластичних зглобова на крајевима гредних коначних елемената (одн. на местима највећих момената савијања). Равански (2D) модели оквирних зграда формирану су применом програма SeismoStruct, у коме је могућ развој и геометријске и материјалне нелинеарности гредних коначних елемената. Наиме, у програм SeismoStruct уграђени су гредни елементи са влакнима (fibre elements), и још на бази тзв. коротационе формулације МКЕ за ефикаснију анализу великих деформација. Због великог броја влакана у попречном пресеку, одн. у сваком гредном елементу, меморијски захтеви су неупоредиво већи него код стандардних гредних елемената, па су зато просторни модели формирану у SAP-у 2000, а равански модели у SeismoStruct-у.

У првом случају просторних рачунских модела који су формирану применом програма

SAP 2000, прати се пластификација појединачних пресека, при чему је, према препорукама из релевантне литературе (FEMA 356) усвојена нелинеарна нормализована крива сила-померање, одн. моменат-ротација, као и параметри који дефинишу границу течења, гранични капацитет, резидуалну отпорност и тотални колапс. У случају гредних елемената са влакнима, у оквиру програма SeismoStruct, прати се пластификација дела пресека, дуж осе носача, а не само у једном пресеку, дакле, прати се пропагација нелинеарних деформација дуж елемената. При томе су усвојена посебна влакна која се односе на неутегнути део бетонског пресека (заштитни слој изван узенгија), на утегнути, одн. “главни” део пресека и на сваку шипку арматуре. И за бетон је усвојен тзв. нелинеаран утегнути конститутивни модел бетона, према препоруци релевантне литературе, а за арматуру билинеарни конститутивни модел са кинематичким ојачањем. Како је попречни АБ пресек (одн. гредни коначни елемент) приказан са 300-400 влакана (fibre elements), јасно је да се развој нелинеарних деформација у делу пресека и дуж осе носача може веома детаљно да прати.

На крају трећег поглавља приказани су усвојени рачунски модели зграда са карактеристичним понашањима услед дејства хоризонталних сила: доминантно смичућег понашања, тј. зграде мање укупне висине, као и доминантно флексионог понашања, одн. зграде веће висине. У обе варијанте посебно су посматране симетричне и несиметричне зграде (одн. торзионо неосетљиве и торзионо осетљиве), тако да су формирана четири просторна модела карактеристичних зграда. Такође је приказан и пети рачунски модел једне изразито несиметричне зграде, како по висини, тако и у основи. Дакле, приказано је и анализирано пет различитих рачунских 3D модела оквирних зграда, за које је извршено и прелиминарно димензионисање. Прва четири модела зграда димензионисана су у складу са прописима ЕУ: према ЕС2 и ЕС8, док је пети модел димензионисан у складу са нашим прописима БАБ 87. Усвојене су количине и распореди арматуре у свим пресецима, јер се у коротационој формулацији са влакнима моделира и свака шипка арматуре. Такође су приказане шипке арматуре и код нелинеарних рачунских модела са пластичним зглобовима (код стубова свака шипка, а код греда само преко површина арматуре посебно у горњој и доњој зони, на крајевима и у срединама греда). Да би се постигло ефикасније моделирање и манипулације са арматурним шипкама, у оквиру програмског пакета *Nonlin Quake* развијен је и посебан модул назван *Nonlin Quake PP* за одређивање разних параметара посматраног пројекта, између осталих и за генерисање координата положаја и површина пресека сваке шипке у гредама и стубовима. Нумерички модели посматраних зграда формирану су у окружењу специјализованог софтвера SeismoStruct, као и SAP2000, који су комбиновани, одн. интегрисани са сопствено развијеним рачунарским системом *Nonlin Quake*.

**Четврто поглавље** је АНАЛИЗА НЕЛИНЕАРНОГ ПОНАШАЊА ОКВИРНИХ ЗГРАДА и односи се на различите видове нелинеарне анализе посматраних 2D и 3D модела оквирних зграда изложених дејству земљотреса. Прво је разматрана NSPA, одн. нелинеарна статичка pushover анализа и приказане су њене теоретске основе и поступци инкрементално - итеративне формулације. Дата је прецизна дефиниција pushover криве и извршена је класификација типова pushover кривих на основу особина крутости система. Приказане су конвенционална и адаптивна NSPA анализе, у зависности од начина расподеле бочних сеизмичких сила, а затим је разматрана инкрементална нелинеарна динамичка анализа (INDA). INDA је параметарска анализа којом се разматрају перформансе зграда за услове деловања земљотреса сукцесивним скалирањем акцелерограма код нелинеарне динамичке анализе (NDA). У NDA анализи одговор зграде се разматра у временском или фреквентном домену, код INDA анализе одговор се разматра преко тзв. нивоа капацитета конструкције или преко изабране мере интензитета. Само решавање диференцијалних једначина кретања врши се директном нумеричком интеграцијом применом  $\alpha$ -поступка.



Дефинисане су *INDA pushover криве* 3D модела оквирних зграда изложених дејству земљотреса, повезивањем дискретних вредности дрифтова (релативно хоризонтално померање врха зграда) у функцији релативне смичуће силе у основи зграда, које су добијене путем нелинеарне динамичке анализе (NDA) за дати ниво скалирања акцелерограма.

Имајући у виду пре свега 3D моделе несиметричних оквирних зграда изложених дејству земљотреса, дефинисани су, као нови појмови у литератури, *pushover површи*, прво за NSPA, а затим и за INDA анализе. То су површи које су генерисане на бази претходно одређених “класичних” *pushover* кривих, које су sukcesивно одређиване за различите вредности упадног угла доминантног правца земљотреса (сеизмичких сила или акцелерограма), са инкрементом угла од  $\Delta\theta = 30^\circ$ . На бази појединачних дискретних вредности инкременталних ситуација појединачних *pushover* кривих, повезивањем сплајновима у тангенцијаном правцу генерисане су и дефинисане *NSPA pushover површи*, одн. *INDA pushover површи* 3D модела несиметричних оквирних зграда, као нови појмови. За одређивање *pushover* површи у оквиру експертског система *Nonlin Quake* развијени су одговарајући програмски модули, у овом случају *Nonlin Quake PCS (Pushover Curve-Surface)*. Детаљно је приказана анализа класификације, одн. типологија дефинисаних *pushover* површи на основу особина крутости у нелинеарном домену, одн. у функцији варијације дуктилности, дуктилности у зони ојачања/омекшања, као и коефицијента односа крутости у нелинеарном и линеарном домену за један и два главна правца. Извршена је класификација *pushover* површи на четири основне групе: ротационо полисиметричне, моносиметричне, бисиметричне и асиметричне у основи.

Као уопштење појма коефицијента дуктилности у процени нелинеарног одговора зграда за један посматран правац, уведен је нови појам *коефицијента површи дуктилности* за процену нелинеарног одговора 3D модела оквирних зграда изложених дејству земљотреса. Са овим коефицијентом могу да се анализирају перформансе 3D модела зграда узимајући у обзир дуктилност за све правце, одн. за све углове дејства земљотреса. Применом параметарске и регресионе анализе успостављена је корелација између коефицијента дуктилности и коефицијента површи дуктилности. У оквиру четвртог поглавља приказан је нови поступак сеизмичке анализе зграда према перформансама, назван хибридна нелинеарна статичка-динамичка анализа (*HNSDA - Hybrid Nonlinear Static-Dynamic Analysis*). Наиме, примена INDA (инкременталне нелинеарне динамичке анализе) на 3D моделе несиметричних оквирних зграда изложених дејству земљотреса захтева велике ресурсе рачунара (како процесорске, тако и меморијске), као и значајно време потребно за такву анализу. Зато су у литератури углавном и посматрани 2D (равански) модели зграда као примери примене INDA. Са друге стране, нелинеарна статичка сеизмичка анализа (NSPA) обавља се знатно брже, при чему нелинеаран одговор оквирне зграда може да се разматра у капацитативном домену (однос дрифта и укупне релативне смичуће силе у основи).

Имајући све то у виду, развијен је нови поступак хибридне нелинеарне статичке-динамичке анализе којим могу да се добију решења која одговарају решењима INDA анализе 2D и 3D модела зграда, уз могућност да се добије одговор и у временском и у капацитативном домену, али да се при томе не повећа битно време рада рачунара. Прво се на 3D моделу зграда (MDOF) врши нелинеарна статичка сеизмичка анализа (NSPA), па се добијен нелинеаран одговор, *pushover* крива, за изабрани правац, користи у нелинеарној динамичкој анализи (NDA) еквивалентног система са једним степеном слободе (SDOF). Уколико се нелинеаран одговор зграда разматра у капацитативном домену, тада је ова анализа хибридна инкрементална нелинеарна статичка-динамичка анализа (HNSDA). То је имплементирано у модул *Nonlin Quake HNSDA*.

HNSDA анализа се одвија кроз две битно различите фазе. У првој фази спроводи се NSPA



анализа на реалном 3D MDOF моделу оквирне зграде, а затим се за добијену NSPA pushover криву спроводи *билинеаризација* у циљу формирања конститутивног модела SDOF система. Имајући у виду да се спроводи 3D NSPA анализа на реалном 3D MDOF моделу за низ доминантних праваца, de facto се користи pushover површ а не крива у формирању конститутивних модела за сваки правац. Наиме, користи се одговарајућа pushover крива из pushover површи зграде (која је претходно добијена NSPA анализом) за формирање конститутивног модела при прорачуну у HINSDA поступку, али се као коначно решење добија HINSDA pushover површ. Конститутивни модел за HINSDA анализу је једноаксијални (јер је посебан за сваки правац  $\theta_i$ ) билинеарни еласто-пластични модел са кинематичким ојачањем и омекшањем, назван UBEPKHS (uniaxial bi-linear elastic-plastic with kinematic hardening and softening). При томе су разматране три варијанте: са константном крутошћу и носивошћу, са константном крутошћу и променљивом носивошћу и са променљивом крутошћу и носивошћу (UBEPKHS 1,2 и 3). Са генерисаним конститутивним моделом врши се серија нелинеарних динамичких анализа (NDA) на еквивалентном систему са једним степеном слободе. Нелинеарна диференцијална једначина кретања SDOF система формулише се у инкременталном облику и решава се Њумарковим  $\beta$  поступком, при чему је секантна крутошћу апроксимирана са тангентном крутошћу. У скалирању усвојеног акцелерограма прво се акцелерограм скалира на почетну вредност  $PGA_0$ , а затим се инкрементално повећава фактор скалирања и за сваки ниво скалирања одређује се максимална вредност контролног параметра (максималног дрифта). Последњи фактор скалирања одређује се из услова да је максимално померање SDOF система HINSDA анализе еквивалентно максималном померању дефинисаном у конститутивном моделу. Повезивањем дискретних вредности максималних померања (дрифтова) индивидуалних HINSDA анализа конструише се *HINSDA крива*. У циљу верификације HINSDA поступка извршене су параметарске нумеричке анализе на 2D моделу оквирне зграде, за акцелерограм Loma Prieta LP89, и компарација добијених решења са решењима према INDA поступку. Најмање одступање HINSDA криве од INDA криве добијено је применом трећег конститутивног модела (UBEPKHS 3). Генерисане су и приказане одговарајуће HINSDA pushover површи и упоређене су са INDA pushover површима.

У последњем делу четвртог поглавља приказане су бројне нумеричке параметарске анализе и одређивања NSPA и IDA pushover површи на свим 3D MDOF моделима зграда за разне комбинације хоризонталних компоненти сеизмичког дејства:  $E_\theta + 0.3E_{\theta+90^\circ}$ ,  $E_\theta - 0.3E_{\theta+90^\circ}$ , као и  $E_x + 0.3E_y$  и  $E_x - 0.3E_y$ . Добијени резултати дати су у бројним графичким приказима одређених pushover површи и глобалних дрифтова, а као резултат конструисане су на крају и анvelope максималних глобалних дрифтова.

**Пето поглавље** је АНАЛИЗА ОДНОСА КАПАЦИТЕТ КОНСТРУКЦИЈЕ/СЕИЗМИЧКИ ЗАХТЕВ и ту се приказују односи захтевани / реализовани капацитет носивости и деформација конструкција, у складу са РБЕЕ методологијом. То значи да се у укупној анализи комбинују два рачунска модела: 3D MDOF модел за анализу и одређивање капацитета носивости и деформације зграде, као и SDOF модел за анализу циљног померања. При томе, у коришћеној варијанти NSPA анализе, у методи коефицијената померања, у анализи циљног померања, побољшана и унапређена је постојећа метода коефицијената померања увођењем итеративне процедуре. Поступак је назван *итеративна метода коефицијената померања*, а сам поступак је приказан и у часопису са SCI листе. Детаљно су анализирани разни односи и могућности криве захтева и pushover криве у одређивању нивоа циљног померања, тако да су изведени ставови који важе за све прорачунске ситуације код односа захтевани / реализовани капацитет, као за 2D, тако и за 3D моделе зграда. Вршене су бројне нумеричке анализе, применом развијеног експертског система *Nonlin Quake*, у циљу верификације и поређења са независно извршеним NDA израчу-

навањима. Такође је детаљно објашњена и приказана нелинеарна динамичка анализа (NDA) за одређивање циљног померања, што је названо *NDA-TD анализа* (Nonlinear Dynamic Analysis - Target Displacement). Кључни аспект код NDA-TD анализе је скалирање акцелерограма, које се спроводи на два начина: преко спектра одговора и компатибилизацијом. Процедура скалирања акцелерограма преко спектра одговора уграђена је у програм *Nonlin Quake SP* (Scaling Procedure), док је процедура скалирања акцелерограма поступком компатибилизације уграђена у софтвер *SeismoMatch* фирме SeismoSoft и познат је као поступак назван *spectral matching*, где се на основу спектра одговора за реалан земљотрес и циљног спектра одговора генерише компатибилан земљотрес, тако да се за одређени интервал периода вибрација добије најбоље поклапање. Тестирање обе методе извршено је за земљотрес *San Fernando SF71*, а затим су одређени скалирани и компатибилни земљотреси за свих 8 посматраних реалних земљотреса, као и за 2 вештачки генерисана земљотреса.

У петом поглављу је такође вршена анализа перформансних нивоа и односа капацитет/деформација конструкције преко анвелопа циљних померања и површи глобалних и међусупратних дрифтова. Уведен је нови термин, са прецизном дефиницијом, *анвелопа циљног померања* 3D модела зграде. Та анвелопа претставља максимални пројектни ниво померања 3D модела зграде по свим угловима дејства земљотреса  $\theta_i$ . То, значи, није максимално могуће померање конструкције, већ је максимални захтевани ниво нелинеарног померања за скалирани и одабрани тип земљотреса. Таква анализа је уграђена у модул *Nonlin Quake TDE*, тако да је илустрована бројним нумеричким примерима. При томе је развијен и низ коефицијената којима се спроводи анализа перформанси 3D модела зграда, а који су развијени на сличном принципу на којем је развијена и анвелопа циљног померања. У последњем делу петог поглавља разматран је концепт методе програмираног понашања (CDM - Capacity Design Method) у нелинеарној NSPA анализи оквирних зграда, у циљу разматрања инкременталног развоја механизма лома. При томе је NSPA анализа повезана са методом програмираног понашања (CDM), као и са концептом пројектовања конструкција према механизмима лома (DMBD - Damage Mechanisms-Based Design) у један нови поступак. Како је метода CDM имплицитно укључена у концепту пројектовања према механизмима лома, то је нова метода названа "нелинеарна статичка сеизмичка анализа заснована на принципу пројектовања зграда према механизмима лома" (одн. NSPA-DMBD - Nonlinear Static Pushover Analysis - Damage Mechanisms-Based Design). Приказ ове нове методе дат је у раду који је објављен у реномираном домаћем научном часопису (*Facta Universitatis*). Преформансе оквирних зграда према NSPA-DMBD методи детаљно су анализиране у приказаним нумеричким примерима. Поступак анализе механизма лома конструкције по NSPA-DMBD методи спроводи се итеративно, а димензионисање АБ пресека проверава се после достигнуте граничне дилатације, па је, гледано у целини, уведен термин итеративно-интерактивно димензионисање.

**Шесто поглавље** приказује ЗАВРШНА РАЗМАТРАЊА И ЗАКЉУЧКЕ ИСТРАЖИВАЊА где се сумира о концепту анализе конструкција према РВЕЕ методологији. Указано је на међусобну повезаност различитих анализа које заједно чине концепт РВЕЕ методологије: анализа хазарда, анализа конструкције, анализа општећења и анализа штете. Ове анализе се sukcesивно извршавају и резултати и квалитет наредне анализе зависе од претходне. Још увек има основа да се постојеће анализе конструкција могу да унапреде и да побољшају укупни резултат. Изведени закључци спроведених истраживања груписани су у четири различите целине везано за истраживања на пољу:

- акцелерограма и спектара одговора
- нелинеарног одговора 2D модела оквирних зграда

- нелинеарног одговора 3D модела оквирних зграда
- односа капацитет конструкције / сеизмички захтев 2D и 3D модела оквирних зграда

За сваку од ових целина изведени су одговарајући закључци и указано је на доприносе аутора којима се омогућава потпунији и бољи увид у понашање посматране оквирне зграде у условима деловања земљотреса.

У списку обимне ЛИТЕРАТУРЕ наведено је 229 библиографских референци, као и 138 web url адреса, одн. линкова на изворе информација и/или коришћен софтвер и сл. У ПРИЛОЗИМА су приказане табеле са мерама интензитета акцелерограма и спектра одговора за све углове доминантног правца  $\theta \in [0^\circ, 330^\circ]$ , са инкрементом  $\Delta\theta = 30^\circ$ . Такође је у прилогу приказано и прелиминарно димензионисање греда и стубова посматраних оквирних зграда.

## 3 Оцена дисертације

### 3.1 Савременост и оригиналност

Предмет докторске дисертације мр Младена Ћосића, дипл.грађ.инж., је нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама, дакле рад спада у област земљотресног инжењерства заснованог на перформансама (РВЕЕ). Као што је познато, РВЕЕ се развија последњих 15-так година и претставља још увек мало познат приступ анализи утицаја земљотреса на конструкције, посебно на зграде. У том смислу, разматрана докторска дисертација је веома савремена, јер је предмет анализе у докторској дисертацији врло актуелан и практично још увек у интензивном развоју.

У урађеној докторској дисертацији кандидат мр Младен Ћосић не само да је потпуно “ушао” у област РВЕЕ, већ је у разним сегментима такве анализе дао своје оригиналне доприносе. Прво, комплетан приступ анализи утицаја земљотреса заснованој на перформансама уобличио је у једну заокружену целину и направио сложен објектно-орјентисан рачунарски експертски систем за РВЕЕ анализу, назван *Nonlin Quake*. Колико је Комисији познато, то је први заокружен програмски систем који у потпуности обухвата, у комбинацији са програмима *SeismoStruct* и *SAP 2000*, практично све аспекте РВЕЕ анализе, не рачунајући ту анализу штете услед дејства земљотреса. Анализа штете спада у економске анализе које нису биле предмет разматрања. Имајући у виду пре свега тродимензионалну анализу несиметричних зграда, код којих не постоје априори познати доминантни хоризонтални правци, а због поузданијег приказивања земљотресног дејства у виду акцелерограма или спектралне криве, дефинисао је *површи акцелерограма* и *површи спектра одговора убрзања и померања*, као своје оригиналне ново-уведене појмове. Такође је, из истих разлога 3D анализе несиметричних зграда, дефинисао и разрадио нове појмове *pushover површи* које се односе на разне врсте анализа: NSPA, INDA, IDA, HINSDA, ... Дефинисао је појам анvelope циљног померања (TDE) у анализи перформансног нивоа и односа капацитет / деформација конструкције. Развио је нову хибридную инкременталну нелинеарну статичку-динамичку анализу, названу HINSDA, унапредио је постојећу методу коефицијената померања (DCM) у склопу NSPA увођењем итеративне процедуре, па је унапређен приступ назван итеративна метода коефицијената померања (IDCM), повезао је поступке NSPA, методу програмираног понашања (CDM) и концепт пројектовања конструкција према механизмима лома (DMBD) у једну нову методу названу NSPA-DMBD - Nonlinear Static Pushover Analysis - Damage Mechanisms-Based Design, итд.

### 3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат мр Младен Ћосић, дипл.грађ.инж., током израде своје докторске дисертације активно је користио веома обимну литературу (367 наведених референци), при чему се значајнији део те литературе односи на најновије научне радове из области РВЕЕ, приказане у релевантним и врхунским часописима и научним конференцијама, као и на доступне докторске дисертације других аутора из те области. Исто тако педантно Младен Ћосић је проучавао релевантне радове и из свих других области које нису “главна струја” самог рада, али су значајне као комплементарне, као на пример, везано за обраду сигнала, статистику, анализу сплајнова, компјутерску графику итд.

### 3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У спроведеним истраживањима у склопу израде своје докторске дисертације Младен Ћосић је примењивао све релевантне научне методе: анализу и синтезу постојећих сазнања из области земљотресног инжењерства, пре свега РВЕЕ, затим формирање математичких модела и имплементација развијених модела у комплексан рачунарски систем. Примењујући програмске модуле у склопу *Nonlin Quake*-а обавио је бројне нумеричке параметарске експерименте и извлачио релевантне закључке.

У реализовању анализа извршених у склопу докторске дисертације, примењивао је разне методе теорије конструкција, а пре свега методу коначних елемената, методе динамике конструкција и методе нелинеарне анализе конструкција, као што су одговарајући инкрементално-итеративни статички и динамички поступци, методе за анализу перформанси конструкција, итд.

### 3.4 Применљивост остварених резултата

Докторска дисертација Младена Ћосића “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” односи се на најновији концепт анализе утицаја земљотреса на зграде: на поступак према РВЕЕ методологији. Такав приступ анализе утицаја земљотреса још увек није ушао у “рутинску инжењерску праксу”: доминантна је мултимодална спектрална анализа. Међутим, у догледно време и за значајније објекте, анализа утицаја земљотреса (али и других аспеката) неминовно ће да постаје све комплекснија. Имајући у виду да је у оквиру израде посматране докторске дисертације направљен комплексан рачунарски програм који омогућава РВЕЕ анализу, као и да су на основу бројних параметарских нумеричких анализа у оквиру дисертације изведени и разни закључци о природи понашања симетричних и несиметричних зграда, који претстављају корисна искуства, јасно је да су резултати урађене докторске дисертације несумњиво применљиви.

### 3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Урађеном докторском дисертацијом и до сада објављеним научним радовима мр. Младен Ћосић је показао да је већ сада зрео научни радник, способан да препозна неки проблем, да самостално научи о проблему и сагледа сазнања других о томе, па да после одговарајуће анализе самостално дође и до неких својих решења посматраног проблема. Младен Ћосић је дефинитивно показао да је способан за самосталан научни рад.

## 4 Остварени научни допринос

### 4.1 Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација Младена Ћосића под називом “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” односи се на веома актуелну област земљотресног инжењерства, названу РБЕЕ (Земљотресно инжењерство засновано на перформансама). Ова област развија се у свету последњих 15-20 година и постаје доминантан правац анализе у земљотресном инжењерству. Као што је већ речено, у урађеној докторској дисертацији има више остварених научних доприноса аутора из области разматране материје:

1. Прво, систематизовано је формулисана методологија анализе утицаја земљотреса на 2D и 3D оквирне АБ зграда према перформансама и успешно је имплементирана у комплексан рачунарски систем (скуп међусобно повезаних програма) назван *Nonlin Quake*;
2. Оригиналан допринос аутора, који до сада није постојао у литератури, је концепт приказивања акцелерограма и спектра одговора, у анализи 3D модела оквирних зграда, у виду одговарајућих *површи акцелерограма* и *површи спектра одговора убрзања*. Тако приказана земљотресна дејства су посебно значајна у анализи несиметричних 3D оквирних АБ зграда код којих нису изражени доминантни хоризонтални правци и где су торзиони ефекти значајни;
3. Слично, први пут у литератури из области РБЕЕ, дефинисане су *pushover површи*, као нови појмови који се односе како на нелинеарну статичку сеизмичку анализу (NSPA), тако и на инкременталну (нелинеарну или не) динамичку анализу (INDA одн. IDA). У литератури се за pushover криву добијену на бази INDA (IDA) анализа понекад користи термин *динамичка pushover крива*, док се у овој дисертацији уводи назив NSPA, INDA, или IDA *pushover површи*. Детаљно је приказана класификација *pushover површи*, одн. њихова типологија, као и одговарајуће процесирање, што је и приказано у водећем домаћем научном часопису;
4. Такође је уведен нови термин, одн. појам *анvelopа мере интензитета* (intensity measure envelope), као генерализација познатог појма мере интензитета, са применом посебно код 3D модела оквирних несиметричних зграда;
5. Формулисана је методологија анализе понашања 3D модела оквирних зграда према перформансама, посебно несиметричних, применом NSPA и INDA (IDA) pushover површи;
6. Развијена је нова хибридна метода инкременталне нелинеарне статичке-динамичке анализе зграда применом једноаксијалног билинеарног еласто-пластичног модела материјала са кинематичким ојачањем и омекшањем, названа HINSDA (Hybrid Incremental Nonlinear Static-Dynamic Analysis), а у вези са тим дефинисане су и HINSDA pushover површи;
7. Формулисана је параметарска HINSDA анализа за оцену перформанси посматране зграде изложене дејству земљотреса;
8. Постојећа метода коефицијената померања (DCM) у склопу нелинеарне статичке сеизмичке анализе (NSPA) унапређена је увођењем итеративне процедуре и поступак је назван *итеративна метода коефицијената померања* (IDCM - Iterative Displacement Coefficient Method);

9. Уведен је нови термин, са прецизном дефиницијом, *анвелопа циљног померања (TDE)* 3D модела зграда и формулисана је анализа перформансних нивоа и односа капацитет / деформација преко анвелопе циљног померања;
10. У вези са анвелопом циљног померања формулисана је процедура скалирања акцелерограма преко спектра одговора, као кључни аспект анализе циљног померања;
11. Формулисани су нови појмови *површи глобалних и међуспратних дрифтова*, који су значајни у анализи несиметричних 3D модела оквирних зграда и посебно у презентацији просторног одговора несиметричних зграда;
12. Као уопштење појма коефицијента дуктилности у процени нелинеарног одговора зграда за један посматран правац, уведен је нови појам *коефицијента површи дуктилности* за процену нелинеарног одговора 3D модела оквирних зграда изложених дејству земљотреса. Са овим коефицијентом могу да се анализирају перформансе 3D модела зграда узимајући у обзир дуктилност за све правце, одн. за све углове дејства земљотреса. При томе је развијен и низ коефицијената којима се спроводи анализа перформанси 3D модела зграда, који су развијени на сличном принципу на којем је развијена и анвелопа циљног померања;
13. Уведен је нови поступак анализе утицаја земљотреса заснован на комбиновању нелинеарне статичке сеизмичке анализе (NSPA), итеративне процедуре методе програмираног понашања (CDM - Capacity Design Method) и са концептима пројектовања зграда према механизмима лома. Поступак је назван NSPA-DMBD - Nonlinear Static Pushover Analysis - Damage Mechanisms-Based Design.

## 4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У много аспеката у својој дисертацији аутор је дао своје оригиналне доприносе. Они би могли да се класификују и генерално сврстају у неколико значајних целина:

- Битно унапређење постојеће анализе посебно несиметричних 3D модела зграда, код којих нису изражени доминантни хоризонтални правци и које су осетљиве на торзионе утицаје. То је постигнуто увођењем нових појмова као што су површи акцелерограма, површи спектра одговора, pushover површи, површи глобалних и међуспратних дрифтова, анвелопа мере интензитета, анвелопа циљног померања, коефицијента површи дуктилности, итд. Ови нови појмови омогућавају комплекснију и квалитетнију анализу и сагледавање понашања при дејству земљотреса, или барем омогућавају потпуније приказивање одговора таквих несиметричних зграда;
- Ово је последица идеје аутора да се сеизмичко дејство на несиметричне зграде приказује за произвољан хоризонталан правац, као и да се одговор несиметричне зграде издвоји у произвољном правцу. Другим речима, идеје да се и земљотресно дејство и одговор несиметричне зграде приказују истовремено за све правце у хоризонталној равни преко одговарајуће генерисаних површи које се односе или на дејство или на одговор;
- Унапређење постојећих поступака у РБЕЕ методологији тиме што су формулисани нови поступци анализе утицаја земљотреса у којима се комбинују постојећи поступци, као и измењени или допуњени поступци у једну нову целину и у нови и побољшани квалитет;



- Посебан допринос и квалитет докторске дисертације је успешно имплементиран и тестиран рачунарски експертски систем назван *Nonlin Quake* којим је омогућено ефикасно израчунавање и реализовање свих аспеката РБЕЕ анализе које су разматране у дисертацији.

### 4.3 Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, али и пре тога, јер је магистарски рад Младена Ћосића био из области нелинеарне статичке сеизмичке анализе (одн. NSPA), кандидат је приказао резултате свог рада из ове, али и из других области, међународној и домаћој јавности. Даје се селективан приказ публикација у којима је Младен Ћосић био аутор или коаутор, а које се односе на предмет докторске дисертације (изузетак су два рада у часописима са SCI листе који се не односе на дисертацију):

- Међународни часописи . . . Категорија М23

1. **Ćosić M.**, Folić B., Folić R.: *Numerical Simulation of the Pile Integrity Test on Defected Piles*, Acta Geotechnica Slovenica **11**(2014) 2, 5-19
2. **Ćosić M.**, Folić R., Folić B.: *Seismic performances of structures at variation of accelerograms*, Građevinar, **66**(2014) 9, 787-800
3. **Ćosić M.**, Brčić S.: *Iterative Displacement Coefficient Method: Mathematical Formulation and Numerical Tests*, Građevinar, **65**(2013) 3, 199-211
4. Djogo M., Vasić M., **Ćosić M.**: *Engineering Geological Evaluation of the Conditions for Constructing a Bridge and the Tunnel in the Zone of the Old Petrovaradin Fortress*, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, **70**(2011) 1, 139-142

- Домаћи часописи . . . Категорија М24

1. **Ćosić M.**, Folić R.: *Performances of Damaged Buildings by the Scenario of Related Non-Linear Analyses and Damage Coefficient*, Structural Integrity and Life, **15**(2015) 11-12, 1-19 (prihvaćeno za publikovanje)
2. **Ćosić M.**, Folić R., Sedmak S.: *Performance-Based Seismic Analysis of Highway E75 Overpass at Kovilj*, Structural Integrity and Life, **14**(2014) 1, 17-28
3. **Ćosić M.**, Brčić S.: *Typology of NSPA Pushover Curves and Surfaces for 3D Performance-Based Seismic Response of Structures*, Building Materials and Structures, **56**(2013) 4, 19-38
4. **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, **12**(2012) 3, 221-232

- Домаћи часописи . . . Категорија М51

1. **Ćosić M.**, Brčić S.: *The Development of Controlled Damage Mechanisms-Based Design Method for Nonlinear Static Pushover Analysis*, Facta Universitatis, **12**(2014) 1, 25-40
2. **Ћосић М.**, Брчић С.: *Анализа механизма лоба зграда разматрањем статичке неодређености и кинематичке стабилности*, Изградња, **68**(2014) 11-12, 484-494
3. **Ћосић М.**, Брчић С.: *Методологија припреме и обраде акцелерограма за линеарне и нелинеарне сеизмичке анализе конструкција*, Изградња, **66**(2012) 11-12, 511-526

- Домаћи часописи . . . Категорија М52



1. Ћосић М.: *Анализа односа захтева и одговора система за процену перформанси у условима сеизмичког дејства*, Зборник радова Грађевинско-архитектонског факултета, Ниш, **25**(2010) 41-48
  2. Ћосић М.: *Метода програмираног понашања у нелинеарној анализи оквирних конструкција зграда*, Наука+Пракса, **12**(2009) 2, 4-7
- Међународни научни скупови . . . **Категорија М33**
1. Folić R., Čosić M.: *Vulnerability of Damaged Structures: The Concept of the Scenario of Related Non-Linear Analyses*, The 13th International Scientific Conference, Varna, Bulgaria, 2014, pp 1-10
  2. Brčić S., Čosić M.: *Applied Element Method (AEM) in Dynamic and Seismic Analysis*, The 4th International Conference of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Borsko jezero, Serbia, 2014, pp 285-292
  3. Folić B., Sedmak S., Čosić M., Ladinović Dj.: *The Forming of the Bridge Structure Founded on RC Piles and Solution for Seismic Strengthening a Middle Frame*, TEAM, The 5th International Scientific and Expert Conference, Prešov, Slovakia, 2013, pp 1-4
  4. Фолић Б., Ћосић М., Лађиновић Ђ.: *NDA ТН моста фундираног на шиповима преко р-у кривих за преак према Reese-у*, Геотехнички аспекти грађевинарства, 5. међународно-стручно саветовање, Сокобања, 2013, стр. 233-242
  5. Ћосић М.: *Анализа циљног померања 3D модела објекта и тла за услове сеизмичког дејства*, Истраживања, пројекти и реализација у градитељству, Мађународни научно-стручни скуп поводом стогодишњице рођења академика Проф. Бранка Жежеља, Институт ИМС, Београд, 2010, стр. 119-124
  6. Čosić M.: *About the Required Number and Size of Increments in Incremental Nonlinear Dynamic Analysis*, GNP2010, Građevinarstvo - Nauka - Praksa, Inter. Conference, Žabljak, 2010
  7. Čosić M.: *Pushover Analysis of MDOF System with SSI Effects and According to FEMA 440*, Symposium for Geotechnics, Macedonian Association for Geotechnics, Ohrid, 2010, pp 1-8
  8. Ladinović Dj., Folić R., Čosić M.: *Comparative Analysis of Seismic Response of Regular and Irregular Multi-Storey Frame Buildings*, 14<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, 2010, paper no. 116, pp 1-8
  9. Čosić M.: *About the Required Capacity of Nonlinear Deformations of the SDOF System with the Pushover Analysis*, 2<sup>nd</sup> Int. Congress of Serbian Society of Mechanics, Palić, 2009, pp. D-06:1-9
  10. Čosić M.: *Global Stability Analysis of the System Failure Critical Mechanisms*, 2<sup>nd</sup> Int. Congress of Serbian Society of Mechanics, Palić, 2009, pp. D-05:1-11
  11. Ladinović Dj., Folić R., Čosić M.: *Comparative Analysis of Seismic Demands of Regular Multi-Story Concrete Frames*, 40 Years of Construction Experience, Int. Conf. on Earthquake Engineering, Banja Luka, 2009, pp 129-144
  12. Ladinović Dj., Folić R., Čosić M.: *Target Displacement Analysis of Seismic Demands of Multistorey RC Frames*, Int. Symp. of Macedonian Association of Structural Engineers, Ohrid, 2009, Vol. 1, BK/22 pp 255-264

13. **Ćosić M.:** *Adaptive Analysis of Vibrations for Reinforced Concrete Frames*, GNP2008, Civil Engineering – Science and Practice, International Conference, Žabljak, Montenegro, 2008, pp. 21-26
  14. **Ćosić M.:** *The Influence of Link Rigidity and 1D, 2D and 3D Models of the Composite Girder for Analysis of Vibrations by FEM*, GNP2008, Civil Engineering – Science and Practice, International Conference, Žabljak, Montenegro, 2008, pp. 27-32
  15. **Ћосић М., Лађиновић Ђ.:** *Нелинеарна статичка конвенционална и модификована pushover метода*, INDIS, X национални и IV међународни научни симпозијум, Нови Сад, 2006, стр. 267-274
- Национални научни скупови . . . Категорија М63
    1. **Ћосић М.:** *Инкрементална, тотална и хибридна формулација у адаптивној pushover анализи зграда*, PHIDAS 2010, II Симпозијум студената докторских студија из области грађевинарства, архитектуре и заштите животне средине, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2010, стр. 275-282
    2. **Ћосић М.:** *Побољшање адаптивне FBA pushover анализе применом нееластичног спектра одговора у спектралној амплификацији сеизмичких сила*, Земљотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија, II научно-стручно саветовање, Дивчибаре, 2010, стр. 147-152
    3. Лађиновић Ђ., Фолић Р., **Ћосић М.:** *Процена циљног померања за нелинеарну статичку анализу зграда изложених дејству земљотреса*, Земљотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија, II научно-стручно саветовање, Дивчибаре, 2010, стр. 97-106
    4. **Ћосић М.:** *Анvelopа циљних померања оквирних система у интеракцији са тлом за услове сеизмичког дејства*, ТЕИК2010, научни симпозијум, Ниш, 2010, стр. D39-48
    5. **Ћосић М.:** *Анализа интеракције конструкција-тло нелинеарном статичком методом*, Геотехнички аспекти грађевинарства, III научно-стручно саветовање, Златибор, 2009, стр. 137-142
    6. Лађиновић Ђ., **Ћосић М.:** *Pushover анализа вишеспратних АБ оквира*, Земљотресно инжењерство и инжењерска сеизмологија, I научно-стручно саветовање, Соко Бања, 2008

## 5 Закључак и предлог

Докторска дисертација кандидата мр Младена Ћосића под називом “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” односи се на врло актуелну проблематику из области земљотресног инжењерства засновану на перформансама. Разматрана докторска дисертација претставља веома целовит приказ такве анализе, посебно када је реч о несиметричним оквирним зградама, при чему су оригинални научни доприноси аутора разматраној материји бројни и значајни. Неке од тих идеја приказане су у два рада објављена у часопису са SCI листе, у водећим домаћим часописима, као и у бројним саопштењима на међународним и националним научним скуповима, а још више научних доприноса тек треба да се прикаже међународној и домаћој јавности. Један од таквих будућих радова је сада у завршној фази (већ је послат у часопис категорије М21 и сада се раде завршне допуне у складу са сугестијама уредника). Земљотресно инжењерство није једина област интересовања Младена Ћосића,

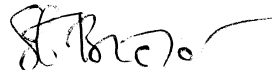
што се види и у томе да је Младен Ћосић коаутор и у још два рада која су објављена у часописима са SCI листе, као и у радовима приказаним на научним скуповима.

**Имајући све наведено у виду, можемо да констатујемо да докторска дисертација мр Младена Ћосића, дипл.грађ.инж. под називом “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” претставља изузетан научни допринос аутора из области земљотресног инжењерства.** Комисија констатује да је разматрана докторска дисертација урађена у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима дисертације, да је написана према свим стандардима о научно-истраживачком раду и да испуњава све критеријуме предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Аутор је испољио изражене способности за самосталан научно-истраживачки рад, а на основу приказане дисертације прави доприноси кандидата у науци тек се очекују.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета Београду да се докторска дисертација кандидата мр. Младена Тосића дипл. инж. грађ. под називом “Нелинеарна статичка и динамичка сеизмичка анализа оквирних зграда према перформансама” прихвати, изложи увиду јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

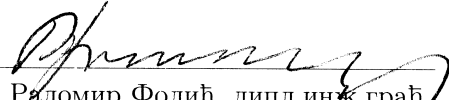
Београд, 25.03.2015.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



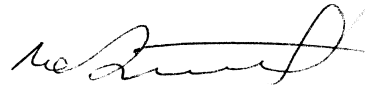
---

1. проф. др Станко Брчић, дипл.инж.грађ.  
ментор, редовни професор (у пензији)  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



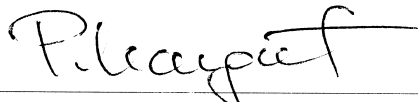
---

2. проф. др Радомир Фолић, дипл.инж.грађ.  
професор емеритус (у пензији)  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука



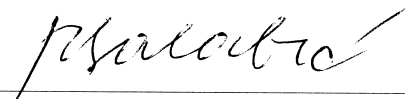
---

3. проф. др Ђорђе Лађиновић, дипл.инж.грађ.  
редовни професор  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука



---

4. проф. др Растисав Мандић, дипл.инж.грађ.  
ванредни професор  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



---

5. проф. др Ратко Салатић, дипл.инж.грађ.  
ванредни професор  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73  
11001 Београд,  
П. факс 39-42  
Телефон (011) 321-86-06, 337-01-02  
Телефакс (011) 337-02-23  
Е пошта dekanat@grf.bg.ac.rs

На основу члана 58. став 2. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 14.05.2015. године, донело је

## **ОДЛУКУ**

Прихвата се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **мр Младена Ћосића, дипл.инж.грађ.**, под насловом:

### **„НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА ОКВИРНИХ ЗГРАДА ПРЕМА ПЕРФОРМАНСАМА“**

Процедура стицања научног степена доктора наука спровешће се у складу са чланом 123. и чланом 128. Закона о високом образовању ("Сл.гласник РС", бр.76/05,100/07-аутентично тумачење, 97/08 и 44/10), којима је регулисано да лица која су стекла академски назив магистра наука могу стећи академски назив доктора наука одбраном докторске дисертације према прописима који су важили до ступања на снагу овог закона.

Веће научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 25.10.2010. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

У току израде докторске дисертације објављен је један рад у научним часописима са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

**1. Ćosić M., Brčić S.: "Iterative displacement coefficient method: mathematical formulation and numerical analyses", Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, Vol. 65, No. 3, 2013, pp. 199-211.**

Одлука је донета једногласно.

в.д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл.инж.геод.

Доставити:

- Универзитету
- Студентској служби
- архиви
- именованом