

Primljen / Received: 21.9.2013.

Ispravljen / Corrected: 6.2.2014.

Prihvaćen / Accepted: 12.3.2014.

Dostupno online / Available online: 10.5.2014.

Usporedna analiza rumunjskog zakona o seizmičkom ocjenjivanju usklađenog sa zahtjevima EU

Autori:

Izv.prof.dr.sc. **Iolanda-Gabriela Craifaleanu**¹Tehničko sveučilište u Bukureštu
Građevinski fakultet²URBAN-INCERC, INCERC Bucharest Branch³European Center for Building Rehabilitation
i.craifaleanu@gmail.comDr.sc. **Florența-Nicoleta Tănase**, dipl.ing.građ.¹URBAN-INCERC, INCERC Bucharest Branch²European Center for Building Rehabilitation
ing_tanasenicoleta@yahoo.com

Stručni rad

Iolanda-Gabriela Craifaleanu, Florența-Nicoleta Tănase

Usporedna analiza rumunjskog zakona o seizmičkom ocjenjivanju usklađenog sa zahtjevima EU

U radu se prikazuje tehnička usporedna analiza rumunjskog propisa o ocjenjivanju potresne otpornosti, usklađenog sa zahtjevima EU, u usporedbi s odgovarajućim normama koji su na snazi u Europi i SAD-u, s namjerom da se ustanove mogućnosti daljnjeg razvoja tog propisa. Postupci uspoređivanja ilustrirani su paralelnim ocjenjivanjem seizmičke otpornosti koje je provedeno, u skladu s analiziranim propisima, na armiranobetonskoj okvirnoj konstrukciji usklađenoj s tipologijama građenja koje se koriste u Rumunjskoj.

Ključne riječi:

tehnička usporedna analiza, propis o projektiranju potresne otpornosti, postojeće građevine, Eurokod 8

Professional paper

Iolanda-Gabriela Craifaleanu, Florența-Nicoleta Tănase

Technical benchmarking of the EU harmonized Romanian seismic assessment code

A technical benchmarking study is presented, aimed to evaluate the EU harmonized Romanian seismic assessment code in comparison with its European and U.S. homologues and to identify potential opportunities for its future improvement. The benchmarking procedures are illustrated by parallel seismic assessments, performed, according to the analyzed regulations, on a reinforced concrete frame structure relevant for the building typologies in Romania.

Key words:

technical benchmarking, seismic design code, existing buildings, Eurocode 8

Fachbericht

Iolanda-Gabriela Craifaleanu, Florența-Nicoleta Tănase

Technische Vergleichsanalyse des mit EU Bestimmungen harmonisierten rumänischen Regelwerks zur seismischen Beurteilung

In der vorliegenden Arbeit wird eine technische Vergleichsanalyse des rumänischen, mit den Bestimmungen der EU harmonisierten Regelwerks zur Beurteilung der seismischen Beständigkeit, im Vergleich zu den entsprechenden Normen, die in Europa und in den USA gültig sind, durchgeführt, um die Möglichkeiten einer weiteren Entwicklung der Normen einzuschätzen. Das Vergleichsverfahren ist anhand paralleler Beurteilungen der seismischen Beständigkeit illustriert, die an einer die rumänische Bauweise vertretenden Stahlrahmenkonstruktion, gemäß den analysierten Normen, durchgeführt worden sind.

Schlüsselwörter:

Technische Vergleichsanalyse, Regelwerk zur Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, bestehende Bauten, Eurocode 8

1. Uvod

1.1. Pravne podloge

Trenutačno su u Rumunjskoj na snazi dva osnovna pravna dokumenta kojima se regulira područje ocjenjivanja potresne otpornosti postojećih građevina: Propis P100-3/2008 [1] koji je u potpunosti usuglašen s europskim normama, te Eurokod 8, 3. dio (EN 1998-3:2005) [2] koji je usvojen kao državna norma a primjenjuje se preko nacionalnog dodatka tog Eurokoda za Rumunjsku.

Propis P100-3/2008, koji je stupio na snagu 1. siječnja 2010., donosi detaljne odredbe o procjeni seizmičke otpornosti postojećih građevina, a također sadrži i opsežan informativni dodatak koji se odnosi na seizmičku obnovu raznih vrsta konstrukcija. Ukupan sadržaj toga propisa, zajedno s primjerima i komentarima, obuhvaća više od 600 stranica.

Nacionalnim dodatkom Eurokoda EN 1998-3:2005, koji se odnosi na Rumunjsku, uvedene su manje promjene u odnosu na izvorne europske norme, i to u skladu s dopuštenim mogućnostima koje pruža struktura dotične norme. Te su izmjene uglavnom napravljene da bi se norma uskladila s graničnim stanjima zadanim na nacionalnim propisima, te da bi se uvele vrijednosti parametara koje se koriste na nacionalnoj razini.

U Rumunjskoj je obvezatna primjena usklađenog nacionalnog Propisa P100-3/2008 čije su odredbe usuglašene sa smjernicama EU za građevinske proizvode. Što se tiče europske norme 1998-3:2005, prema rezoluciji Europskog vijeća od 7. svibnja 1985 [3], taj dokument nema status obvezatnog dokumenta, te se ubraja u kategoriju standarda. Stoga se obvezno moraju primjenjivati odredbe Propisa P100-3/2008, te one na državnoj razini imaju prednost nad odgovarajućim europskim dokumentom. Ipak, Europska norma smatra se referentnim propisom pa se njene odredbe ponekad citiraju u odgovarajućim dokumentima iz ovog područja.

1.2. Opći okvir istraživanja

Istraživanje koje se prikazuje u ovom radu dio je opsežnije studije namijenjene poboljšanju rumunjskih seizmičkih propisa kroz uvođenje novijih postignuća ostvarenih u ovom području. Studija je provedena u dvije zasebne faze. U prvoj je naglasak stavljen na Propis o projektiranju potresne otpornosti novih građevina, P100-1/2006 [4], dok je u drugoj težište usmjereno na Propis o ocjenjivanju postojećih građevina, P100-3/2008. Primijenjeni su odgovarajući postupci tehničke ocjene temeljem usporedbe tipičnih novih i postojećih armiranobetonskih građevina, a u svrhu ocjenjivanja učinkovitosti nacionalnih propisa u odnosu na odgovarajuće propise koji se primjenjuju u Europi i SAD-u.

Studija je provedena kao prednormativno istraživanje, tj. kao dio ciklusa održavanja / obnove rumunjskih propisa, a kao rezultat su iskazane određene moguće smjernice za kratkoročna, srednjoročna i dugoročna razdoblja u svrhu razvoja i poboljšanja

odgovarajućih odredbi iz ovog područja. Neki od tih rezultata prikazani su u radovima [5, 6, 7]. Zbog širokog obuhvata i potrebe za izradom takvih studija, očekuje se da će se i u budućnosti obavljati slična istraživanja za druge vrste građevina, te da će se pritom analizirati i neki dodatni aspekti propisa.

1.3. Postupak usporedne analize: etape i ciljevi

Iako se postupak usporedne analize (engl. *benchmarking*) u početku primjenjivao tek kao postupak u procesu organizacijskog upravljanja, usporedna se analiza danas sve više koristi i u drugim područjima kao npr. u industrijskoj proizvodnji [8, 9] gdje je poznata kao "tehnička usporedna analiza" (engl. *technical benchmarking*). Usporedni postupci te vrste u nekim se državama koriste i za ocjenjivanje učinkovitosti zakona i propisa. Kratak pregled najnovijih primjena u ovom području daje se u radu [5]. U skladu s postupkom opisanim u [10], postupak usporedne analize sastoji se od sljedećih koraka ili etapa:

1. identifikacija i razumijevanje postupka,
2. određivanje uvjeta za uspoređivanje,
3. prikupljanje podataka,
4. analiza podataka i uočavanje propusta,
5. planiranje i provedba poboljšanja,
6. revizija.

U okviru studije prikazane u ovom radu, tehnička usporedna analiza primijenjena je za ocjenu rumunjskog Propisa o ocjenjivanju potresne otpornosti, i to kroz usporedbu s odgovarajućim normama koje se primjenjuju u Europi i SAD-u. Izravna praktična ocjena na određenom broju primjera stvarnih građevina odabrana je da bi se omogućila detaljna analiza postupaka ocjene potresne otpornosti koji se koriste u svakom od promatranih propisa. To je omogućilo jednostavnije određivanje sličnosti i razlika, isto kao i kritičnih točaka.

Tijekom usporedne analize definirani su pozitivni i negativni aspekti, a također i moguća poboljšanja promatranog Propisa P100-3/2008. Što se tiče pozitivnih aspekata, razmatrane su sljedeće karakteristike:

- djelotvornost u postizanju prikladnog, realnog i pouzdanog ocjenjivanja potresne otpornosti građevine;
- primjena najnaprednijih koncepcija i metodologija;
- relevantnost, tj. mogućnost usklađivanja s posebnim potrebama nacionalne regulative;
- jasnoća teksta, logična povezanost odredaba, odgovarajuća razina razrade detalja (uključujući i dostupnost komentara, primjera itd.).

Uzimajući u obzir stanje analiziranog Propisa, tj. činjenicu da je njegovo usavršavanje tek nedavno dovršeno, pretpostavljeno je da će usporedna analiza dovesti do određenih poboljšanja te da neće biti negativnih aspekata u pravom smislu te riječi. U ovom kontekstu valja napomenuti da je Propis P100-3/2008 razvio tim iskusnih stručnjaka, te da je provjera

njegove valjanosti obavljena u okviru standardnog postupka, što uključuje i javne rasprave te naknadne analize koje su obavljene u okviru posebnih povjerenstava rumunjskog Ministarstva regionalnog razvoja i javne uprave. Osim toga, značajna etapa u razvoju ovog Propisa bila je i usklađivanje s europskim normama. Stoga su u okviru usporedne analize ponajprije analizirane sljedeće karakteristike:

- postojanje nekonzervativnih odredaba;
- nedovoljna detaljnost odredaba u odnosu na razne praktične situacije;
- potreba za usklađivanjem vrijednosti određenih parametara da bi na bolji način odredile neku pojavu / ponašanje / zahtjev i slično.

Opis studije prikazan u nastavku obuhvaća samo etape od (i) do (iv) postupka usporedne analize, i to zato što se etape (v) i (vi) odnose na postupak revizije propisa, što se obavlja u okviru posebnih legislativnih aktivnosti koje pokreću, financiraju, nadziru i odobravaju nadležna državna tijela.

2. Kratak pregled propisa o ocjenjivanju potresne otpornosti uključenih u postupak usporedne analize

Usporedna analiza Propisa P100-3/2008 obavljena je temeljem usporedbe sa sljedećim normama:

- Eurokod 8, 3. dio (EN 1998-3:2005) [2] usvojen kao rumunjska norma SR EN 1998-3:2005; u ocjeni su razmatrane i odredbe nacionalnog dodatka za Rumunjsku (SR EN 1998-3:2005/NA:2009);
- američka norma za ocjenjivanje potresne otpornosti postojećih građevina, ASCE SEI 31-03 [11];
- američka norma za seizmičku obnovu postojećih građevina, ASCE SEI 41-06 [12, 13].

Potrebno je napomenuti da su neki važni elementi spomenutih ASCE normi sadržani i u nekim drugim američkim normama, kao što su to npr. model propisa IEBC 2009 [14] i ACI 318-08 [15].

Imajući na umu ograničeni opseg ove studije, usporednom analizom obuhvaćeni su samo analitički aspekti ocjene. Dakle, nisu razmatrana pitanja koja se odnose na terenske istražne radove te na ispitivanja in situ i u laboratoriju.

Tablica 1. na sažet način prikazuje neke od osnovnih značajki propisa o ocjenjivanju potresne otpornosti koji su obuhvaćeni usporednom analizom.

Kao što se vidi iz te tablice, rumunjski Propis o ocjenjivanju potresne otpornosti P100-3/2008 uključuje neke postavke i koncepte sadržane u odgovarajućem europskom dokumentu, Eurokodu 8, 3. dio. Međutim, ti propisi istovremeno zadržavaju kvantitativni pristup baziran na stupnjevima seizmičke sigurnosti konstrukcija koji je na sličan način korišten u prethodnom izdanju rumunjskog Propisa P100-92 za projektiranje seizmičke otpornosti. Dodatna je značajka

toga propisa da se u njemu koristi metodologija trodijelnog ocjenjivanja, slična onoj koja se primjenjuje u američkoj normi ASCE 31-03. Neke od osnovnih sličnosti Propisa P100-3/2008 i Europske norme 1998-3:2005 jesu:

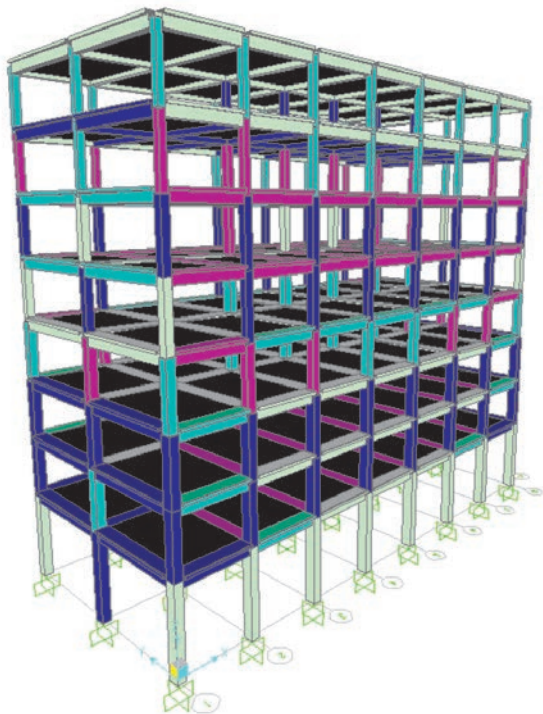
- oba dokumenta utemeljena su na pristupu u skladu s očekivanim odzivom,
- u rumunjskim su propisima usvojene gotovo sve odredbe iz 3. poglavlja europske norme koje se odnose na informacije vezane za ocjenu konstrukcije: opće i kronološke informacije, potrebni ulazni podaci, razina znanja i faktori pouzdanosti,
- razlika između duktilnih i krhkih konstrukcijskih elemenata, te razlika između pristupa utemeljenih na sili te onih utemeljenih na deformaciji.
- Što se tiče razlika između ta dva dokumenta, neke od njih su:
 - samo dva granična stanja koriste se u rumunjskom Propisu i u nacionalnom dodatku Europskoj normi 1998-3:2005 za ocjenjivanje postojećih građevina, dok se u Europskoj normi koriste tri granična stanja; radi ujednačenosti, smatralo se da bi se trebale definirati dvije klase po uzoru na klasifikaciju za nove građevine,
 - izričita definicija zahtijevanog ponašanja i odgovarajućih razina ponašanja nosivih i nenosivih komponenata te intenziteta seizmičkog djelovanja; definirana su dakle dva cilja u pogledu zahtijevanog ponašanja: osnovno zahtijevano ponašanje i poboljšano zahtijevano ponašanje,
 - rumunjski Propis (poglavlje 5) sadrži detaljne odredbe o kvalitativnom i kvantitativnom ocjenjivanju, pri čemu se dotične odredbe sastoje od općih zahtjeva te od odredbi za razne vrste konstrukcija,
 - tri metodologije kvantitativnog ocjenjivanja podijeljene po stupnju složenosti: prva razina (pojednostavljena), druga razina (sadašnja) i treća razina (bazirana na postupcima nelinearne analize), s odgovarajućim kontrolnim popisima i sustavima ocjenjivanja za razne vrste konstrukcija,
 - konačni klasifikacijski sustav koji se sastoji od četiri kategorije seizmičkog rizika (R_s I, najviši do R_s IV, najniži) za opis stanja analizirane građevine; kategorije se određuju na bazi procijenjenih/izračunanih vrijednosti triju osnovnih pokazatelja: stupanj usklađenosti sa zahtjevima seizmičkog oblikovanja (R_1), stupanj afektacije konstrukcije (R_2) i stupanj seizmičke sigurnosti konstrukcije (R_3),
 - odsutnost postupka proračuna utemeljenog na pristupu s faktorom q .

3. Metodologija

3.1. Opći preduvjeti

U nastavku se kao ilustracija postupka usporedne analize prikazuje ocjenjivanje seizmičke otpornosti osmerokatne armiranobetonske okvirne konstrukcije. Ta konstrukcija, pravilna u tlocrtu i po visini, može se smatrati

reprezentativnom za velik broj stambenih građevina srednje visine koje nalazimo u Bukureštu. Konstrukcija je projektirana u Institutu *Project Bucuresti* (projekt K21/R), a često je korištena osamdesetih godina prošlog stoljeća za gradnju tisuća stambenih jedinica u Bukureštu [16]. Pravilnost kao osnovno svojstvo odabrane konstrukcije te jednostavnost odgovarajućeg modela u općenitom smislu, usvojeni su kao izričiti preduvjeti studije, s namjerom što jednostavnijeg uspoređivanja i usmjeravanja pozornosti na glavne korake u ocjenjivanju temeljem postupaka koji se primjenjuje u svakom od analiziranih propisa.



Slika 1. Analizirana armiranobetonska okvirna konstrukcija

Konstrukcija prikazana na slici 1. sastoji se od sedam polja raspona 3,60 m u uzdužnom smjeru, a od dva polja raspona 5,40 m u poprečnom smjeru. Visina prizemne etaže iznosi 4 m, dok visina katova iznosi 2,7 m. Dimenzije poprečnog presjeka svih greda iznose 300 x 550 mm.

Dimenzije vanjskih stupova iznose 400 x 500 mm na prvom katu; njihov poprečni presjek postupno se smanjuje na gornjim katovima, tako da iznosi 300 x 300 na najvišem katu. Dimenzije unutarnjih stupova iznose 500 x 500 mm na prvom katu, a smanjuju se na 300 x 350 na najvišem katu. Pritom im je duža strana paralelna s poprečnim smjerom pružanja građevine. Debljina ploče iznosi 120 mm na svim katovima. U prvobitnom projektu, žiđe od opeke je korišteno za vanjske zidove, dok su pregradni zidovi zidani i sastavljeni od montažnih elemenata od pornog betona. Ti su zidovi približno pravilno raspoređeni. Prema [16] i imajući u vidu zahtjev da modeli trebaju biti jednostavni, u proračunu nije u obzir uzet doprinos tih elemenata krutosti građevine.

Kako nisu bili dostupni podaci o korištenoj čeličnoj armaturi konstrukcije, proračun je simuliran u skladu s rumunjskim propisima koji su bili na snazi u vrijeme izvođenja građevine, a to su: propisi o projektiranju seizmičke otpornosti, P100-78 [17], i standard za projektiranje prednapregnutih i armiranih betonskih elemenata, STAS 10107/0-76 [18]. Smatralo se da je taj pristup prihvatljiv za postizanje ilustrativnih i usporednih ciljeva ove studije.

Za svaki analizirani propis provedeno je potpuno ocjenjivanje seizmičke otpornosti građevine, i to pomoću linearnih i nelinearnih, statičkih i dinamičkih metoda, u skladu s odredbama za postupke različitih razina složenosti. U tablici 1. detaljno su prikazani postupci proračuna definirani u svakom od razmatranih propisa i stupanj primjenljivosti tih postupaka u odnosu na pristup korišten u ocjenjivanju.

Da bi se osigurala ujednačenost postupka uspoređivanja, u svim su ocjenama izračunani seizmički zahtjevi u skladu s odredbama rumunjskog propisa P100-1/2006 za projektiranje seizmičke otpornosti zgrada. Te su odredbe također sadržane u nacionalnom dodatku Eurokoda 8 (prvi dio) koji se odnosi na Rumunjsku [19].

Za nelinearnu statičku metodu postupnog guranja korištene su dvije vertikalne raspodjele bočnog opterećenja, tj. "ravnomyjerna" i "modalna" raspodjela. U ovom su slučaju odredbe rumunjskog Propisa P100-3/2004 slične onima iz Europske norme 1998-3:2005.

Seizmičko djelovanje koje se primjenjuje u nelinearnoj dinamičkoj vremenskoj analizi modelirano je na pojednostavljen način. Korišten je stvaran trokomponentni akcelorogram (4.3.1977, zapis INCERC Bukurešt, vršno ubrzanje tla $a_g \approx 0,20$ g) koji je relevantan za lokaciju građevine. Akcelorogram je definiran prema vršnom ubrzanju tla zadanom u propisima ($a_g \approx 0,24$ g), a primijenjen je na bazi građevine uz primjenu raznih hipoteza: kao dvije ili tri (horizontalne) komponente koje djeluju istovremeno, ili kao samo jedna komponenta (komponenta NS) koja djeluje zasebno na svaki osnovni horizontalni smjer konstrukcije. Treba napomenuti da je ovaj potresni zapis izuzetno značajan za potresno inženjerstvo i proračun konstrukcija u Rumunjskoj jer je to jedini dostupan cjelovit akcelorogram dobiven na potresu magnitude 7,2 iz 1977. godine. Komponenta NS ovog akcelorograma, značajna zbog visokog spektralnog povećanja u dugim periodama, imala je ključnu ulogu u oblikovanju dotičnog projektiranog spektra za Bukurešt i okolna područja, za izdanja rumunjskog Propisa o seizmičkom projektiranju objavljena nakon 1977. godine [20]. U proteklim desetljećima, taj su spektar vrlo često koristili konstruktori za definiranje referentnog djelovanja u dinamičkim nelinearnim analizama.

U ovoj su studiji za sve nelinearne dinamičke analize korištena ista seizmička djelovanja jer seizmički rizik nije relevantan za usporedbu propisa raznih država. Izbor jednog trokomponentnog akcelorograma opravdava se brojnim faktorima kao što su: jednostavno uspoređivanje rezultata,

kompatibilnost s prethodnim studijama te relevantnost za grad Bukurešt [21]. Zbog dvostrane simetrije građevine i posebnog značenja komponente NS, istraživani je i utjecaj te komponente.

Analiza konstrukcije obavljena je pomoću programa koje je razvila tvrtka Computers and Structures, Inc. Zbog svojih naprednih analitičkih sposobnosti, ti programi omogućuju primjenu često korištenih modela i algoritama koji su potpuno kompatibilni sa zahtjevima svih propisa koji se analiziraju u okviru ove usporedne studije. Detaljan opis značajki tih programa daje se u radu [22].

Kao kvalitativan kriterij za usporedbu analiziranih zakona izračunavao se, kada god je to bilo moguće, stupanj seizmičke sigurnosti konstrukcije (R_3), koji je ključni rezultat analitičke ocjene iz rumunjskog Propisa, iako je taj pokazatelj uključen samo u P100-3/2008.

3.2. Ocjenjivanje prema P100-3/2008

Ocjenjivanje je obavljeno pomoću sve tri metodologije (razine 1, 2 i 3) koje su zadane u Propisu P100-3/2008 (vidi tablicu 1.). Potrebno je napomenuti da se prema tom propisu metodologija iz razine 1 (najjednostavnija metodologija) ne može primijeniti za analiziranu građevinu jer nisu zadovoljeni kriteriji prihvatljivosti koji se odnose na maksimalan broj katova, vrstu konstrukcije i maksimalno vršno ubrzanje tla (eng. *peak ground acceleration* - PGA) za lokaciju građevine. Međutim, u studiji je primijenjena i ova metodologija tako da budu zastupljeni svi mogući postupci.

Uzimajući u obzir dostupne podatke o analiziranoj građevini, ocjenjivanje je provedeno za razinu znanja KL2, s odgovarajućim faktorom pouzdanosti $CF = 1,20$.

U razmatranom analitičkom pristupu za ocjenu prema Propisu P100-3/2008 potrebna je analiza ukupnog stupnja seizmičke sigurnosti konstrukcije, R_3 . Taj se stupanj izračunava kao odnos između seizmičkog kapaciteta konstrukcije i zahtjeva. Odnos R_3 određuje se za granično stanje nosivosti, a izražava se pomoću sile za metodologije koje se primjenjuju na

razinama 1 i 2, te pomoću pomaka za metodološki pristup koji se primjenjuje na razini 3.

Ukupan stupanj seizmičke sigurnosti konstrukcije (R_3) određuje se zasebno pomoću sile (aksijalna sila / posmična sila / moment savijanja) i/ili pomaka. Minimalna dobivena vrijednost R_3 predstavlja konačan stupanj seizmičke sigurnosti konstrukcije. S tim u vezi važno je napomenuti da se načini analize razlikuju ovisno o zahtjevima svake od primijenjenih metodologija.

U ovoj studiji ocjenjivanje je prije svega provedeno za postizanje osnovnih zahtjeva ponašanja (BPO) koji je definiran u propisima, a odnosi se na udovoljavanje zahtjevima razine ponašanja za zaštitu života, tj. za seizmičko djelovanje sa srednjim povratnim razdobljem $MRI = 40$ godina. Za seizmičko djelovanje generirano na seizmičkom izvoru predjela Vrancea u Rumunjskoj, pod čijim je utjecajem promatrana lokacija građevine, predviđeno je smanjenje vršnog ubrzanja tla (PGA) na 65 % od vrijednosti definirane u Propisu P100-1/2006 za nove građevine.

Radi ilustracije u tablici 2. se daju minimalne vrijednosti R_3 dobivene primjenom svake od analiziranih metodologija, za jednokomponentno seizmičko djelovanje. Kada god je to moguće, iskazane su i vrijednosti R_3 izračunane na bazi uzdužne sile (P), poprečne sile (V), momenta savijanja (M), pomaka (D) ili rotacije plastičnog zgloba (θ_{pl}) i poprečne sile u podnožju (F). Detaljna interpretacija tih rezultata daje se u [23].

Određivanje kategorije seizmičkog rizika na osnovi vrijednosti R_3 , a prema P100-3/2008, prikazano je u tablici 3. Kao što vidimo u toj tablici, analizirana građevina ubraja se, prema rezultatima svih triju metodologija, u kategoriju seizmičkog rizika R_s II. Prema tom propisu, u dotičnu kategoriju ubrajaju se građevine kod kojih veća oštećenja mogu nastupiti uslijed djelovanja proračunskog potresa, ali je malo vjerojatno da će doći do rušenja.

Plastični zglobovi koji se javljaju na analiziranoj građevini kada se dosegne maksimalni proračunski pomak prikazani su na slici 2.

Tablica 2. Vrijednosti R_3 dobivene pomoću tri metodologije za seizmičko ocjenjivanje prema P100-3/2008

Stupanj seizmičke sigurnosti	Metodologija						
	Prva razina		Druga razina			Treća razina	
	(P)	(V)	(D)	(V)	(M)	(D ili θ_{pl})	(F)
Vrijednost R_3	81 %	58 %	111 - 138 %	279 % (grede) 265 % (stupovi)	92 % (grede) 58 % (stupovi)	122 %*	55 %*
						>100 %**	44 %**
	$R_{3, \min} = 58 \%$		$R_{3, \min} = 58 \%$			$R_{3, \min} = 55 \%*, 44 \%**$	

*iz nelinearne statičke analize; **iz nelinearne dinamičke analize

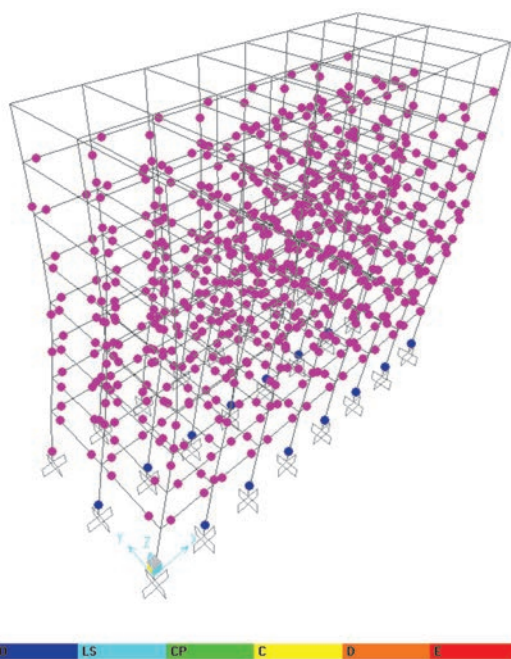
Tablica 1. Sinteza osnovnih svojstava analiziranih zakona propisa o seizmičkom ocjenjivanju

Svojstva	P100-3/2008 – Seizmičko ocjenjivanje	EN 1998:3-2005	SR EN 1998:3-2005 & ND za Rumunjsku	ASCE/SEI 31-03	IEBC 2009
Ocjenjivanje na bazi očekivanog odziva	DA Zahtijevano ponašanje Tri razine ponašanja za definirane razine seizmičkog rizika	DA · Razina oštećenja konstrukcije – definirana na bazi graničnih stanja · Razine seizmičkog rizika – definirane na bazi srednjeg povratnog razdoblja (MRI) i odgovarajućih vjerojatnosti prekoratčenja (EC8-3, Točka 2.1)	≡ EN 1998:3-2005	DA	DA
Ciljevi glede učinkovitosti	· Osnovno zahtijevano ponašanje (razina ponašanja: Granično stanje nosivosti, MRI=40 godina) – obavezno · Poboljšano zahtijevano ponašanje – za građevine koje ulaze u kategorije RS i RS II seizmičkog rizika (P100-3/2008, Dodatak A)			Prema razinama ponašanja i seizmičkog rizika građevina	Ovisno o razinama seizmičkog rizika BSE1 i BSE2 u ASCE/SEI 41-06 i o kategoriji namjene u IBC (vidi IEBC, Tablice 101.5.4.1 & 101.5.4.2)
Granična stanja	1. Granično stanje nosivosti, ULS (zahtjev glede sigurnosti ljudskih života) 2. Granično stanje uporabivosti, SLS (zahtjev ograničenja oštećenja) Napomena: Kod običnih građevina, SLS kontrola nije obavezna	1. Blizu rušenja (eng. <i>Near Collapse</i> - NC) 2. Znatno oštećenje (eng. <i>Significant Damage</i> - SD) 3. Ograničeno oštećenje (eng. <i>Damage Limitation</i> - DL)	1. Zaštita života (=SD - preimenovano) 2. Ograničeno oštećenje (DL) Napomena: Granična stanja odabrana radi usklađivanja s postupkom za nove građevine	1. Zaštita života (LS), 3-C 2. Trenutačna uporabivost (IO), 1-B	1. Zaštita života 2. Trenutačna uporabivost 3. Sprečavanje rušenja
Definicija razina seizmičkog rizika	Povratni period, MRI (eng. <i>Mean Recurrence Interval</i>): 1. 40 godina ($P_{50y} = 70\%$) 2. 100 godina ($P_{50y} = 40\%$) 3. 475 godina ($P_{50y} = 10\%$) Vrijednosti vršnog ubrzanja a_g , definiraju se u skladu s gornjim vrijednostima MRI	Povezano s MRI (povratni period – srednje povratno razdoblje): 1. 2475 godina ($P_{50y} = 2\%$) 2. 475 godina ($P_{50y} = 10\%$) 3. 225 godina ($P_{50y} = 20\%$)	MRI: 1. 100 godina ($P_{50y} = 39\%$) 2. 475 godina ($P_{50y} = 28\%$)	MCE (BSE-2)	BSE-1 & BSE-2 u ASCE/SEI 41-06, ili seizmičke sile smanjene na 75% u odnosu na sile iz IBC-a
Razine znanja	≡ EN 1998:3-2005	DA KL1 (ograničeno), KL2 (normalno), KL3 (potpuno)	≡ EN 1998:3-2005	ne primjenjuje se ² Napomena: u ASCE/SEI 41-06, Tablica 2-1, tri razine znanja: minimalno, uobičajeno, opsežno	ne primjenjuje se
Faktori pouzdanosti	≡ EN 1998:3-2005	$CF_{KL1} = 1.35$ $CF_{KL2} = 1.2$ $CF_{KL3} = 1.0$	≡ EN 1998:3-2005	Ne primjenjuje se Napomena: u ASCE/SEI 41-06, faktor znanja, κ , (0.75 ili 1.00) koji povećava nosivost elemenata, definira se u skladu s razinama znanja i ciljevima obnove	ne primjenjuje se
Razlika između duktilnih i krhkih konstrukcijskih elemenata	DA	DA + Primarni seizmički i sekundarni seizmički elementi, prema EN 1998-1:2004 (EC8-3 točka 2.2.1.6(P))	≡ EN 1998:3-2005	DA elementi kontrolirani deformacijom/silom ("duktilan"/"krh") + Primarni seizmički i sekundarni seizmički elementi	≡ ASCE/SEI 31-03 & 41-06
Razlika između pristupa baziranih na sili ili deformaciji	DA	DA	≡ EN 1998:3-2005	DA	≡ ASCE/SEI 31-03 & 41-06

<p>Postupci proračuna</p>	<ul style="list-style-type: none"> · ELF³, MRS⁴, sa S_e(T) · Nelinearna (statička / dinamička) analiza · Raspodjela bočne sile za nelinearnu statičku analizu ≡ EN 1998:3-2005 	<ul style="list-style-type: none"> · ELF, MRS – sa S_e(T); · Nelinearna statička / dinamička analiza · pristup s faktorom q (q=1.5 za AB građevine, a q=2 za čelične građevine) ne primjenjuje se za granično stanje blizu rušenja · Bazirano na omjerima zahtjeva / sposobnosti, 0. · Za metodu ELF: $\rho_{max} / \rho_{min} = 2.5$ (EN 1998:3-2005, Tablica 4.3) 	<p>≡ EN 1998:3-2005 Za metodu ELF, $\rho_{max} / \rho_{min} = 3.0$</p>	<p>Ovisno o razini istraživanja (pogledaj trodijelni postupak u nastavku)</p>	<p>Prema ASCE/SEI 31-03, ASCE/SEI 41-06 i IBC, Poglavlje 16 Klasifikacija građevina prema ASCE 7, Tablica 12.2-1</p>
<p>Vrsta ocjenjivanja</p>	<p>Kvantitativno i/ili kvantitativno</p>	<p>Kvantitativno ECB-3, Poglavlje 4</p>	<p>≡ EN 1998:3-2005</p>	<p>Kvantitativno</p>	<p>≡ ASCE/SEI 31-03 & 41-06</p>
<p>Metodologije za seizmičko ocjenjivanje:</p>	<p>Tri metodologije: - Razina 1 (pojednostavljena), - Razina 2 (obične građevine) - Razina 3 (nelinearna analiza; složene i/ili značajne građevine)</p> <p>Razina 1</p> <ul style="list-style-type: none"> · Primjenjivost: obične građevine (prema kategoriji važnosti) s dodatnim uvjetima (visina, pravilnost, stupanj seizmičnosti) / građevine projektirane bez zaštite od potresa / kao preliminarna metoda za složene građevine · Postupak proračuna: ELF, sa S_e(T) – proračunski spektar · Provjeriti samo ULS <p>Razina 2</p> <ul style="list-style-type: none"> · Za građevine na koje se metodologija iz razine 1 ne može primijeniti · Bazirano na pomaku · Linearna analiza: ELF, MRS, sa Se(T) –elastični spektar · Primjena faktora povećanja pomaka <p>Razina 3</p> <ul style="list-style-type: none"> · Primjenjuje se zajedno s metodologijom iz razine 2 · Za značajne / složene građevine · Nelinearna (statička / dinamička) analiza 	<p>ne primjenjuje se</p> <p>ne primjenjuje se</p> <p>ne primjenjuje se</p>	<p>≡ EN 1998:3-2005</p>	<p>Trodijelni postupak (dijelovi 1, 2 i 3)</p> <p>Metodologija prvog dijela – faza prethodne provjere (obavezna)</p> <p>Kontrolni popis za razne vrste konstrukcija (Prihvatljiva; neprihvatljiva, neprimjenjiva); određivanje eventualnih nedostataka; razine ponašanja LS & IO</p> <p>Bazirano na pomaku</p> <p>Postupak proračuna: ELF, sa S_e(T) – elastični spektar</p> <p>Metodologija drugog dijela – faza ocjenjivanja</p> <p>Bazirano na pomaku</p> <p>Postupci proračuna: linearni: statički sa S_e(T) – ili dinamički – Odziv se množi s faktorom povećanja pomaka posebni postupak URM metoda za nenosive elemente</p> <p>Zahtjevi za nosive elemente dijele se s faktorima promjene koji ovise o duktilnosti (m), za utjecaje koji ovise o pomaku</p> <p>Prema ASCE/SEI 31-03, ali s potresnim silama = 75 % sile prema propisima za projektiranje</p>	<p>≡ ASCE/SEI 31-03</p>
<p>Ocjenjivanje seizmičkog rizika građevina</p>	<p>Četiri kategorije seizmičkog rizika, R_s I... R_s IV</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Prema ASCE/SEI 31-03 Primjena elastičnog spektra prema propisima, pomnoženog s 0.75 Vrijednosti spektra mogu se povećati primjenom faktora važnosti, ako je to predviđeno propisima Metode nelinearne analize: prema ASCE 41-06</p>
<p>Indeksi za određivanje kategorije seizmičkog rizika građevine</p>	<p>R₁ (seizmičko oblikovanje), R₂ (stanje građevine), R₃ (seizmička sigurnost građevine) Daju se kriteriji i vrijednosti indeksa R za metodologije razine 1, 2 i 3</p>	<p>ne primjenjuje se</p>	<p>ne primjenjuje se</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Odluke o intervenciji na konstrukciji građevine</p>	<p>Intervencija je potrebna ako: · R₃ < 0.65 a₀ za seizmički izvor Vrancea · R₃ < 0.75 a₀ za seizmički izvor Banat · (MRI = 40 godina)</p>	<p>ne primjenjuje se</p>	<p>≡ EN 1998:3-2005</p>	<p>-</p>	<p>≡ ASCE/SEI 31-03 & 41-06</p>
<p>¹ ECB-3 = Eurokod 8, Treći dio, ² N/A = ne primjenjuje se, ³ ELF = ekvivalentna bočna sila (postupak proračuna), ⁴ MRS = spektar modalnog odziva (postupak proračuna)</p>					

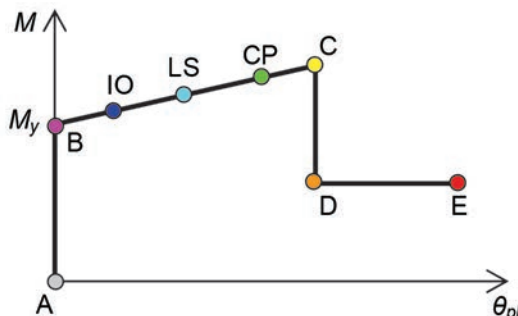
Tablica 3. Određivanje kategorije seizmičkog rizika na osnovi vrijednosti R_s , prema Propisu P100-3/2008

Kategorija seizmičkog rizika, R_s			
I	II	III	IV
R_s (%)			
≤ 35	36 - 65	66 - 90	91 - 100



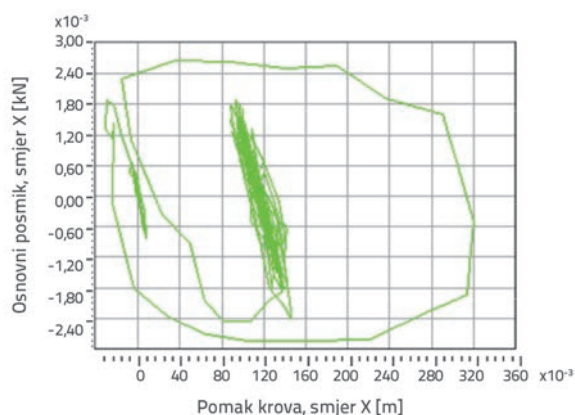
Slika 2. P100-3/2008: Nelinearna dinamička analiza za BPO; plastični zglobovi kod postizanja maksimalnog proračunskog pomaka

Obojane oznake plastičnih zglobova koje se koriste na slici 2. prikazuju amplitudu plastičnih rotacija. Primjer idealiziranog odnosa između momenta savijanja (M) i plastične rotacije (θ_{pl}), koji se koristi u SAP2000 [22] za modeliranje plastičnih zglobova tipa FEMA356 [24], prikazan je na slici 3. Na toj slici, točka A (sivo) predstavlja ishodište, točka B (ružičasto) – točka popuštanja, točka C (žuto) – gornja granica zone povećanja čvrstoće, točka D (narančasto) – preostala čvrstoća poprečnog presjeka, a točka E (crveno) označava potpuni slom. Važno je napomenuti da se iznad točke B plastična deformacija javlja uz elastičnu deformaciju koja nije prikazana na slici 3. U programu su također predviđene i dodatne oznake deformacije, kao što su točke IO (trenutačna uporabivost – plavo), (zaštita života – tirkizno) i CP (sprečavanje rušenja – svjetlozeleno), ali one su samo informativnog karaktera. Potrebno je napomenuti da su na slici 2. kod velikog broja konstrukcijskih elemenata plastični zglobovi u početnom stadiju, tj. da su vrlo bliski točki B na slici 3. Zbog aproksimacija koje su svojstvene modeliranju nelinearnog ponašanja, može se dogoditi da uopće ne dođe do popuštanja svih tih elemenata.

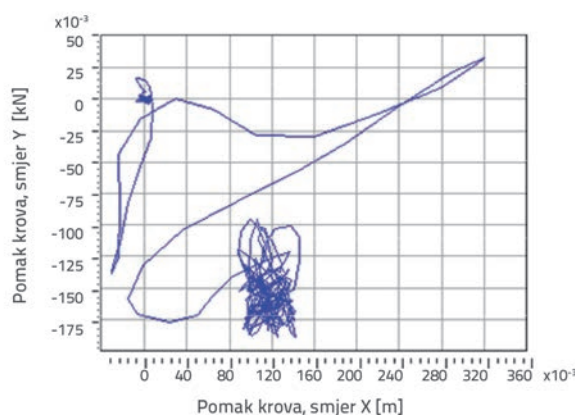


Slika 3. Idealizirani odnos momenta savijanja i plastične rotacije koji se koristi za modeliranje plastičnih zglobova

Ostali rezultati nelinearne dinamičke analize prikazani su na slikama 4. i 5.



Slika 4. Odnos između poprečne sile u podnožju i pomaka na vrhu (EPO); uzdužni smjer (X)



Slika 5. Tlocrt trajektorije točke na razini krova u tijeku seizmičkog djelovanja

Tijekom ocjenjivanja ustanovljeno je nepovoljno ponašanje građevine u odnosu na seizmička djelovanja koja odgovaraju osnovnim zahtjevima ponašanja (eng. *basic performance objective* - BPO). Popustilo je nekoliko konstrukcijskih elemenata, a znatno su oštećeni i stupovi u prizemlju. Učinci su bili najnepovoljniji u slučajevima istodobnog korištenja dviju ili triju ortogonalnih komponenta pomaka tla.

3.3. Ocjena prema Europskoj normi 1998-3:2005 i njenom nacionalnom dodatku za Rumunjsku

Prema normi EN 1998-3:2005, ocjena se bazira na određivanju odnosa zahtjeva/kapaciteta konstrukcijskih elemenata, ρ_i . U prvom koraku treba se provjeriti prihvatljivost korištenja linearnog modela konstrukcije. Za dotičnu su građevinu dobivene visoke vrijednosti odnosa ρ_{\max}/ρ_{\min} (otprilike 6 za grede i više od 3 za stupove). Prema zahtjevima iz propisa, očito je da takav model nije prihvatljiv za analiziranu građevinu. Treba napomenuti da maksimalna vrijednost odnosa zahtjeva i kapaciteta, kojoj trebaju udovoljiti svi elementi građevine, iznosi 2,5 prema trećem dijelu Eurokoda 8, tj. 3 prema nacionalnom dodatku te norme za Rumunjsku. Iako se za izračunavanje ciljanog pomaka u normi EN 1998-3:2005 koristi drugačija formula, sveukupnom provjerom građevine u odnosu na pomak prema nelinearnoj statičkoj analizi dobiveni su rezultati koji su vrlo slični rezultatima ocjene prema rumunjskom Propisu. Što se tiče provjere čvrstoće, ocjenom su dobiveni rezultati koji su nešto nepovoljniji od onih prema rumunjskom propisu, i to uglavnom zbog razlika između vrijednosti faktora ponašanja koji se koriste u ta dva propisa. Međutim, to ne mijenja zaključke o općem stanju građevine. Naime, izračunavanjem vrijednosti R_3 u ovisnosti o poprečnoj sili u podnožju dobivena je vrijednost od 47 % (dakle manje od 55 %, što proizlazi iz ocjene prema rumunjskom Propisu). Što se tiče pomaka, dobivena je vrijednost od 128 % (umjesto 122 % prema P100-3/2008). Može se uočiti da bi minimalna vrijednost od 47 % bila dostatna za svrstavanje građevine u kategoriju seizmičkog rizika R_s II, što otprilike odgovara ocjeni prema P100-3/2008.

Bitna razlika između rumunjskog Propisa i Europske norme proizlazi iz formula kojima se koristi za ocjenjivanje mogućnosti rotacije plastičnih zglobova. Zbog toga iz ocjena prema EN 1998-3:2005 u vezi s pomakom, baziranih na rezultatima nelinearne dinamičke analize, proizlaze zahtjevi koji nisu tako strogi kao oni koji se dobivaju pomoću rumunjskog Propisa. Kako su sve rotacije plastičnih zglobova bile manje od odgovarajućeg kapaciteta, pripadajuće vrijednosti R_3 bile su veće od 100 %. Međutim, one su istovremeno bile veće od vrijednosti dobivenih pomoću Propisa P100-3/2008.

Ocjenjivanje bazirano na pristupu koji uključuje q-faktor upozorilo je na propuste kod greda ($\rho_{\max} \approx 6$) i kod obodnih stupova ($\rho_{\max} \approx 3$ do 4). Treba napomenuti da su u ovom tipu ocjenjivanja dobiveni stroži zahtjevi u odnosu na one dobivene pomoću nelinearne analize.

3.4. Ocjena prema američkim normama ASCE/SEI 31-03 i ASCE/SEI 41-06

U američkoj normi ASCE/SEI 31-03 definiran je trodijelni proces za seizmičko ocjenjivanje postojećih građevina (tablica 1.). Za svaku se metodologiju daje kontrolni popis u svrhu određivanja nedostataka nosivih i nenosivih dijelova

građevine. Još jedna značajna karakteristika te norme je i eksplicitno zadavanje razina učinkovitosti građevina. Kao što je već spomenuto, slične odredbe nalazimo i u rumunjskom Propisu P100-3/2008.

U ocjenjivanje je uključena i Norma ASCE/SEI 41-06 jer razlike između te norme i Norme ASCE/SEI 31-06 jasno upućuju na različitost između strategija koje se primjenjuju kada se obavlja samo ocjenjivanje i strategija za slučajeve kada nakon ocjenjivanja slijedi rekonstrukcija. U tom smislu Norma ASCE/SEI 31-03 prihvaća veće razine oštećenja za svaku razinu ponašanja nego što je to slučaj kod Norme ASCE/SEI 41-06. Tome je razlog uobičajena praksa prema kojoj se postojeće građevine ocjenjuju prema blažim kriterijima od novih građevina, i to zato da se smanje zahtjevi za seizmičkom obnovom građevina koje imaju relativno malo nedostataka u odnosu na poželjnu razinu ponašanja. Kada se donese odluka o rekonstrukciji, primjenjuju se stroži kriteriji poput onih iz Norme ASCE/SEI 41-06.

Prije samog postupka rekonstrukcije, u Normi ASCE/SEI 41-06 traži se obavljanje ocjena prema Normi ASCE/SEI 31-03 da bi se odredilo može li građevina u svom trenutačnom stanju udovoljiti poželjnim zahtjevima u pogledu seizmičke otpornosti. Nakon toga se formulira cilj rekonstrukcije na temelju ciljane razine ponašanja građevine, razine seizmičkog rizika i objektivne klasifikacije.

Međutim, važno je spomenuti kako postoje planovi da se sadašnje dvije ASCE norme povežu u jedan dokument u kojem će se zadržati trodijelni pristup iz ASCE/SEI 31-03 isto kao i tehničke odredbe iz ASCE/SEI 41-06 kao osnova za provedbu analitičkih postupaka [25].

U nastavku se, radi sažetosti, daju samo osnovni zaključci o ocjenjivanjima koja se odnose na te dvije norme.

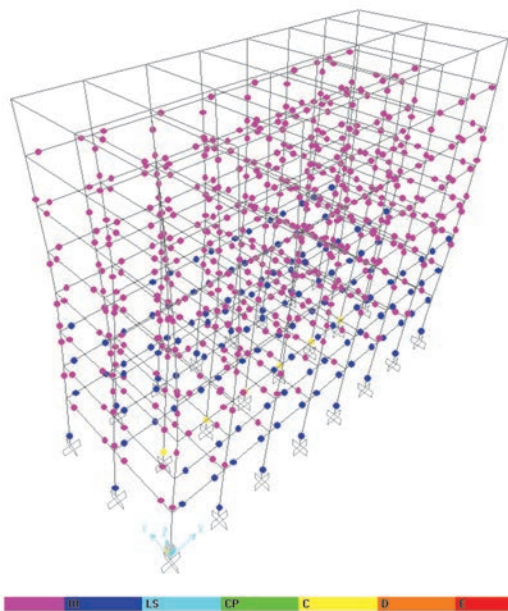
Ocjenjivanje prema Normi ASCE/SEI 31-03 obavljeno je pomoću sve tri relevantne metodologije. Kao što je već navedeno, kada god je to bilo prikladno, tijekom ocjenjivanja određivani su R_3 faktori u pogledu količina koje se koriste za ocjenjivanje prema analiziranim propisima. Zbog toga se količine koje se koriste u računanju vrijednosti R_3 ponekad razlikuju ovisno o propisu koji se primjenjuje.

U metodologiji prvog dijela, izračunavanjem vrijednosti R_3 u odnosu na aksijalnu silu dobivena je vrijednost od 126 % za granično stanje zaštite života (eng. *Life Safety* - LS), što je veće od vrijednosti od 81 % izračunane pomoću drugih metoda prema Propisu P100-3/2008 (tablica 2.).

U metodologiji drugog dijela, gdje se u ocjenjivanju koristi moment savijanja, za grede je dobivena vrijednost R_3 u iznosu od 150 %, dok je za stupove dobivena vrijednost od 249 %. Takve znatno veće vrijednosti od onih koje su dobivene ocjenom prema rumunjskom Propisu proizlaze iz činjenice da su u tim dokumentima primijenjene različite metode za izračunavanje faktora smanjenja čvrstoće, a također i iz činjenice da je u rumunjskom Propisu korišten faktor pouzdanosti (eng. *confidence factor* - CF).

U fazi detaljnog ocjenjivanja (metodologija trećeg dijela), za zahtjeve koji se odnose na nove građevine trebao bi se koristiti faktor u iznosu od 75 % (slika 6.).

Faktor R_3 , definiran prema pomaku dobivenom iz rezultata nelinearne dinamičke analize, iznosio je 56 %, što je više od vrijednosti od 46 % dobivene prema rumunjskom Propisu. Potrebno je ipak spomenuti da su se iskazane razlike, uključujući i veće plastične deformacije, mogle i očekivati jer su za ocjenu bile potrebne veće seizmičke sile.



Slika 6. Plastični zglobovi kod maksimalnog proračunskog pomaka; nelinearna dinamička analiza seizmičkog djelovanja smanjena je na 75 % u odnosu na zahtjeve za nove građevine

Što se tiče ocjenjivanja prema Normi ASCE/SEI 41-06, ustanovljeno je da analizirana građevina udovoljava kriterijima za primjenu linearne analize. Međutim, da bi slika o tim postupcima bila što potpunija, obavljena je i ocjena pomoću nelinearne statičke i dinamičke analize.

Zahtjevi vezani uz čvrstoću koji proizlaze iz linearne analize bili su zahtjevniji od uvjeta izračunanih prema rumunjskim i europskim propisima, pa je tako vrijednost R_3 , izračunana prema momentu savijanja, iznosila 84 % za grede tj. 53 % za stupove. S druge strane, uvjeti glede pomaka koji proizlaze iz nelinearne analize bili su manje zahtjevniji od onih koji su izračunani prema rumunjskim i europskim propisima. To se može objasniti različitim definiranjem koeficijenta povećanja pomaka, što nije usklađeno s razinom seizmičke aktivnosti na lokaciji građevine. Osim toga, postoje i znatne razlike u formulaciji uvjeta za provjeravanje. Zbog toga se rezultati kvantitativnog uspoređivanja ocjena obavljenih prema rumunjskim i europskim normama s jedne strane, te prema američkim normama s druge, trebaju razmatrati s određenim oprezom.

4. Zaključak

U radu je prikazan niz usporednih analiza koje su provedene da bi se ocijenio rumunjski Propis o seizmičkom ocjenjivanju

kroz usporedbu s odgovarajućim europskim i američkim normama, te da bi se odredile mogućnosti za postizanje odgovarajućih poboljšanja u sljedećem razdoblju. Postupci uspoređivanja ilustrirani su paralelnim seizmičkim analizama koje su obavljene prema analiziranim propisima na stvarnoj standardiziranoj armiranobetonskoj okvirnoj građevini.

Iako su prema kvantitativnim parametrima u mnogim slučajevima uočene bitne razlike između ocjenjivanja obavljenih u skladu s pojedinim propisima, ipak su opći zaključci o stupnju seizmičke sigurnosti analiziranih građevina bili poprilično slični. Najznačajnije razlike su uočene između rumunjskih i europskih propisa s jedne strane, te američkih propisa s druge.

Što se tiče rumunjskog Propisa P100-3/2008, uočeni su sljedeći pozitivni aspekti: strukturiranje metodologija ocjenjivanja u tri razine u skladu s američkom normom ASCE/SEI 31-03, kvantifikacija rezultata ocjenjivanjem pomoću stupnjeva seizmičke sigurnosti koji odgovaraju raznim vrstama provjera, te klasifikacija građevina u kategorije seizmičkih rizika ovisno o njihovom sveukupnom stupnju seizmičke sigurnosti. Dodatan pozitivan aspekt je i visoka razina detaljnosti Propisa, što je postignuto uvođenjem opsežnog dodatka namijenjenog sanacijskim rješenjima, te dodavanjem detaljnih komentara i primjera.

U okviru usporedne analize ustanovljena je i potreba za provedbom kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih istraživanja u svrhu poboljšavanja rumunjskog Propisa i ostalih srodnih aspekata. To između ostalog uključuje i kvantifikaciju pouzdanosti razina ponašanja koje se određuju prema postupcima koji trenutačno vrijede, s mogućom korekcijom nekih odredbenih parametara, zatim razvoj nacionalnog niza odredaba o postupnom smanjenju seizmičkog rizika za postojeće zgrade, razvoj propisa za postojeće prednapregnute betonske građevine, itd. Dio ovog istraživanja mogao bi poslužiti i za poboljšanje europskih normi, i to sudjelovanjem nacionalnih stručnjaka u razvoju druge generacije tih norma.

Zahvale

Istraživanje prikazano u ovom radu obavljeno je u okviru Ugovora br. 400/2009 "Usporedne numeričke analize bazirane na postupku tehničkog uspoređivanja provedenog radi poboljšanja rumunjskih propisa o seizmičkom projektiranju i obnovi građevina (prednormativno istraživanje)", koji je proveden uz financijsku potporu rumunjskog Ministarstva regionalnog razvoja i turizma. Autori zahvaljuju Ministarstvu, a također i Europskom centru za sanaciju građevina, na pomoći u izradi ovog rada. Prvi autor je zaslužan za koncepciju studije, za modele, analize, tumačenja rezultata i usporedbe te za dio numeričkih proračuna, dok je drugi autor proveo ostale numeričke proračune. Autori također zahvaljuju Diani Ene, bivšoj znanstvenoj asistentici pri organizaciji URBAN-INCERC, na pomoći koju je pružila u izradi numeričkih analiza obavljenih u preliminarnim fazama istraživanja.

LITERATURA

- [1] P100-3/2008. Code for the seismic design of buildings. Part III – Prescriptions for the seismic assessment of existing buildings, Buletinul Constructiilor, 10-11, INCERC, Bucharest, 2010 (in Romanian).
- [2] EN 1998-3:2005. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, Doc. CEN/TC250/SC8/N388B, European Committee for Standardization, Brussels, 2005.
- [3] Council Resolution of 7 May (1985) on a new approach to technical harmonization and standards, Official J, C 136, 04/06/1985 P. 0001-0009.
- [4] P100-1/2006. Code for the seismic design of buildings. Part I – Design prescriptions for buildings, Buletinul Constructiilor, 12-13, INCERC, Bucharest, 2006 (in Romanian). English translation of Chapters 1-3 available online at http://iisee.kenken.go.jp/worldlist/44_Romania/44_Romania_Code_English.pdf. Last accessed: 01.02.2014.
- [5] Craifaleanu, I.G.: Romanian Seismic Design Code: Benchmarking Analyses with Reference to International Codes and Research Needs for Future Development, Constructii, 2 (12), pp. 55-64, 2011.
- [6] Craifaleanu, I.G., Tănase, N. F., Ene, D.: Technical benchmarking analyses on Romanian seismic codes. (I) Provisions for new buildings, National Conference "Building Engineering", pp. 163-170, Conspress, Bucharest, 2011 (in Romanian).
- [7] Craifaleanu, I.G., Tănase, N. F., Ene, D.: Technical benchmarking analyses on Romanian seismic codes. (II) Provisions for existing buildings, National Conference "Building Engineering", pp. 171-178, Conspress, Bucharest, 2011 (in Romanian).
- [8] Damelio, R.: The Basics of Benchmarking, Productivity Press, Portland, Oregon, 1995.
- [9] Marquez, R. C., Garzón Contreras, F.: Performance Based Potable Water and Sewer Service Regulation. The Regulatory Model, Cuad. Adm. Bogotá (Colombia), 20 (34), pp. 283-298, 2007.
- [10] Bodea, C., Constantin, V.S.: Software for benchmarking in the field of project management, Informatica Economica, 3 (15), pp. 39-43, 2000 (in Romanian).
- [11] ASCE/SEI 31-03. Seismic Evaluation of Existing Buildings, ASCE Standard, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2003.
- [12] ASCE/SEI 41-06. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, ASCE Standard, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2007.
- [13] Elwood, K.J. et al.: Update to ASCE/SEI 41 Concrete Provisions, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, California, 2008.
- [14] IEBC. International Existing Building Code, International Code Council, Washington D.C., 2009.
- [15] ACI 318-08. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, American Concrete Institute, ACI Committee 318, 2008.
- [16] Lungu, D., Mazzolani, F., Savidis, S. (Eds.): Design of structures in seismic zones: Eurocode 8 - Worked examples, Bridgeman, Timisoara, 1997.
- [17] P100-78. Code for the seismic design of dwellings, social-cultural, agro-zootechnical and industrial buildings, I.C.C.P.D.C., Bucharest, 1978 (in Romanian).
- [18] STAS 10107/0-76. Design and detailing of concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete elements, I.R.S., 1976 (in Romanian).
- [19] EN 1998-1:2004. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Doc. CEN/TC250/SC8/N317, European Committee for Standardization, Brussels, 2004.
- [20] Craifaleanu, I. G.: Standardized Multi-Apartment Blocks Built in Romania Before 1990: Seismic Design Levels vs. Earthquake Performance, Structural Engineering International, Vol. 23, No. 4, pp. 519-527, 2013.
- [21] Balan, S., Cristescu, V., Cornea, I. (coordinators): The Romania Earthquake of March 4, 1977, Bucharest, Editura Academiei R. S. R., 1982 (in Romanian).
- [22] CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, Rev.3, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, 2010.
- [23] Craifaleanu, I.G. et al.: Comparative numerical analyses based on the technical benchmarking procedure, aimed to the improvement of the Romanian seismic design and rehabilitation regulations (pre-normative research), Research reports, Phases 1-6, URBAN-INCERC, INCERC Bucharest Branch, 2009-2011 (in Romanian).
- [24] FEMA 356. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., 2000.
- [25] Pekelnicky, R., Poland, C.: ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, SEAOC 2012 Convention Proceedings, 2012, Available at http://www.nehrp.gov/pdf/ACEHRNov2012_ASCE41b.pdf. Last accessed Sept.1, 2013.
- [26] Lungu, D., Craifaleanu, I. G.: Seismic assessment and retrofitting of existing structures in Romania: Background, programs, regulatory basis, Chapter 21 in: Safety and Reliability of Industrial Products, Systems and Structures, C. Guedes Soares (Ed.), CRC Press, 2010.