

# O SEIZMIČKOJ SIGURNOSTI NOVOIZGRAĐENIH OBJEKATA U CRNOJ GORI – POSTOJEĆI TEHNIČKI PROPISI I NJIHOVA PRIMJENA U PRAKSI

Srđan Janković<sup>1</sup>, Mladen Ulićević<sup>1</sup>

## REZIME

U radu su analizirani postojeći tehnički propisi koji tretiraju izgradnju objekata u seizmičkim područjima kao i način njihove primjene u Republici Crnoj Gori, a sve u smislu davanja odgovora da li su objekti koji su sagrađeni u Crnoj Gori posle katastrofalnog zemljotresa iz 1979. seizmički sigurni. Izloženi su određeni karakteristični primjeri neadekvatnog tretmana pojedinih pitanja iz oblasti aseizmičkog projektovanja u važećim pravilnicima koji pokazuju njihovu zastarjelost. Ukazano je na značaj donošenja nove tehničke regulative ali takođe i na obaveznost njihove primjene u praksi kao i na važnost uspostavljanja i razvijanja javne svijesti o postojanju seizmičkog rizika na našem području. Ovo sve dobija na značaju, znajući da se dobrom zakonodavnom i institucionalnom organizovanošću i većim stručnim znanjem seizmička sigurnost novoizgrađenih objekata može obezbijediti sa relativno malim sredstvima.

## UVOD

Precizan odgovor kakva je seizmička otpornost objekata koji se projektuju i izvode po sada važećim aseizmičkim pravilnicima, donijetih nakon katastrofalnog zemljotresa koji je pogodio 1979. godine Crnu Goru, daće zasigurno prvi jači

---

<sup>1</sup> Građevinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Cetinjski put, 81000 Podgorica, Crna Gora  
e-mail: [srdjanj@cg.yu](mailto:srdjanj@cg.yu); [mladenu@cg.ac.yu](mailto:mladenu@cg.ac.yu)

zemljotres koji će se ponovo desiti u ovom regionu. Ovo izlaganje ima za cilj da ukaže na neke činjenice koje bi mogle da pomognu da se već danas da odgovor da li će objekti visokogradnje projektovani po [1], inženjerski objekti projektovani po [2] i već oštećeni objekti sanirani i ojačani u skladu sa [3] izdržati test budućeg zemljotresa. Od prethodno nabrojana tri propisa, ovdje je pravilniku [1] dat naglasak, imajući u vidu brojnost objekata visokogradnje u odnosu na inženjerske objekte, dok se pravilnik [3] zbog nedefinisanje uslova kada se mora raditi sanacija i ojačanje seizmički nesigurnih objekata, danas slabo primjenjuje (ako se uopšte i primjenjuje).

Kao posljedica tendencije naseljavanja urbanih područja, koja u našoj zemlji uzima maha posljednjih godina, u njima se javlja i veoma intenzivna izgradnja objekata. Planirano vrijeme eksploatacije ovih novih objekata je od 50 do 100 godina, tako da se sa velikom vjerovatnoćom može pretpostaviti da će ovi objekti doživjeti dejstvo najmanje jednog jakog zemljotresa. Ova ekspanzija gradnje ima za posledicu da na ukupni nivo seizmičkog rizika urbanih područja sve više utiču upravo novoizgrađeni objekti u odnosu na objekte koji su projektovani i izvedeni prije zemljotresa iz 1979. godine (koji ovdje nisu predmet analize).

Treba reći da uprkos nekim mišljenjima, prilikom izgradnje novih objekata dodatno ulaganje u seizmičku sigurnost je relativno malo. Neke komperativne studije [4] su pokazale da, recimo, povećanje nosivosti ramovske konstrukcije sa one koja odgovara horizontalnom ubrzanju 0.05g na onu koja odgovara ubrzanju 0.10g, povećava troškove konstrukcije za oko 6 do 10%. Kada se uzme u obzir da cijena same konstrukcije učestvuje u ukupnoj cijeni koštanja objekta sa 20 do 25%, vidi se da se ukupna cijena koštanja objekta povećava za samo nekoliko procenata. Ovo povećanje cijene je čak i manje ako se seizmička sigurnost objekta obezbjeđuje većom duktilnošću umjesto većom nosivošću. Sve ovo ukazuje na činjenicu da seizmička bezbjednost nije privilegija ekonomski razvijenih zemalja i da i siromašnije zemlje, kojima, svakako, i mi pripadamo, dobrom zakonodavnom i institucionalnom organizovanošću i većim stručnim znanjem mogu sa relativno malim sredstvima obezbijediti adekvatnu sigurnost novih objekata. Situacija je sasvim drugačija za slučajeve potrebe naknadnog saniranja i ojačavanja postojećih objekata (kod kojih je ustanovljena nedovoljna seizmička sigurnost), gdje je cijena ulaganja znatno, znatno veća.

Nažalost, iako vlasnici (to jest investitori), projektanti i izvođači imaju obavezu da novoizgrađenim objektima obezbijede dovoljnu sigurnost na zemljotresni hazard, veliki broj objekata koji se danas rade ne zadovoljavaju savremene standarde seizmičke sigurnosti, iz sljedeća tri razloga:

1. naši važeći pravilnici koji regulišu izgradnju objekata u seizmičkim regionima [1], [2] se mogu smatrati u velikoj mjeri zastarjelim i prevaziđenim u odnosu na savremene aseizmičke pravilnike razvijenih zemalja,

2. slaba društvena i stručna kontrola nad izgradnjom objekata, uključujući reviziju tehničke dokumentacije i nadzor nad izgradnjom objekta,
3. nepostojanje društvene svijesti o seizmičkom riziku.

## **O VAŽEĆIM ASEIZMIČKIM PRAVILNICIMA**

Može se reći da bezbjednost ljudi pri dejstvu zemljotresa dominantno zavisi kako od kvaliteta pravilnika po kojima su objekti u kojima borave projektovani i izvedeni, tako i od stepena njihove primjene. Posljednjih godina je u svijetu napravljen značajan progres sa aspekta kako broja zemalja kod kojih su doneseni aseizmički pravilnici, tako i u poboljšanju njihovog kvaliteta. Tako je 1973. Internacionalna asocijacija za zemljotresno inženjerstvo (IAEE) bila u mogućnosti da od ukupno 60-ak zemalja kod kojih je utvrđena seizmička aktivnost, identifikuje samo 27 zemalja kod kojih je ova problematika legislativno uređena. Već 1996. IAEE spisak je proširen na 43 zemlje, sa tendencijom daljeg povećanja ovog broja zadnjih godina.

Kvalitet aseizmičkih pravilnika je takođe kod većeg broja zemalja posljednjih godina znatno poboljšan i unaprijeđen. Neke analize [5] su pokazale da su 1977. godine svi aseizmički pravilnici bili neadekvatni i pogrešni u barem jednom njihovom segmentu; (kao što su: definisanje seizmičkog opterećenja, kriterijumi prihvatljivog seizmičkog ponašanja, obrada konstruktivnih detalja). U ovom radu ćemo se zadržati na obrazloženju nekih pitanja koje potvrđuju činjenicu o zastarjelosti našeg važećeg pravilnika [1] (sa prethodno navedenog spiska od 43 zemlje samo četiri zemlje imaju starije pravilnike od naše). Kao najveće nedostatke važećeg pravilnika mogu se navesti sljedeće činjenice:

1. Nedostatak transparentnosti, to jest odredbe ne reprezentuju na jasan način osnovni koncept po kojem se sprovodi analiza i proračun konstrukcija. Kao najbolja ilustracija ove tvrdnje je način primjene ekvivalentne statičke metode u pravilniku [1], gdje se ukupni seizmički koeficijent (to jest njegovi činioци  $K_o$ ,  $K_s$ ,  $K_d$ ,  $K_p$ ) ne definiše na osnovu dovoljno prepoznatljivih fizičkih parametara. Na ovoj način se uskraćuje projektantu mogućnost razumijevanja uticaja pojedinih faktora na veličinu projektnih seizmičkih sila, pretvarajući proračun u prostu primjenu pravilnikom definisanih pravila, sve u stilu pravljenja obroka prema receptima iz kuvara. Pogrešna interpretacija pojedinih odredbi pravilnika čija je možda početna intencija bila znatno drugačija je u ovim uslovima veoma moguća. Na primjer nejasnog koncepta nailazimo i u pravilniku [2] gdje se prilikom proračuna konstrukcije na dejstvo zemljotresa Z1 propisuju relativno visoki faktori duktilnosti, iako po definiciji objekat na dejstvo ovog zemljotresa mora ostati bez oštećenja konstruktivnog sistema.

2. Zemljotresno opterećenja nije dovoljno eksplicitno i kvantitativno definisano. Naime, umjesto upotrebe fizikalnih veličina kao mjere intenziteta zemljotresa koje se mogu direktno upotrebiti kod projektovanja (na primjer, maksimalno ubrzanje tla, spektralno ubrzanje i slično), a što je urađeno u svim savremenim aseizmičkim pravilnicima, u našim propisima intenzitet zemljotresa se još definiše pomoću MSK skale. Nužnost boljeg definisanja seizmičkog opterećenja, to jest projektnih zemljotresa, može ukazati sljedeći primjer iz naše projektne prakse: opštine Podgorica i Nikšić su prema važećim seizmološkim kartama (koji čine prilog pravilnika [1]) svrstane u VIII stepen seizmičnosti, kojoj pripada koeficijent seizmičnosti od  $K_s=0.05$  kako za zemljotres sa povratnim periodom od 500 godina (projektni) tako i za 10000 godišnji zemljotres. Međutim, na osnovu karata mikroseizmičke rejonizacije koeficijenti seizmičnosti (koji se projektantu dostavljaju putem urbanističko-tehničkih uslova) u ovim gradovima iznose 0.02 (Nikšić) i 0.09 (Podgorica) i to za zemljotrese sa znatno manjim povratnim periodom od 200 godina! Koje koeficijente projektant da usvoji? Značaj ovog pitanja ogleda se u činjenici da ovako velike promjene koeficijenta seizmičnosti direktno utiču na promjenu nivoa projektnih seizmičkih sila u istom omjeru, pa samim tim i na promjenu nosivosti konstrukcije.

Ovome treba dodati još i to da projektantima uglavnom nije poznata činjenica da vrijednost koeficijenta seizmičnosti zavisi i od karakteristika konstrukcija (preciznije od njegove obezbijedene duktilnosti), pa se tako dešava da podatak za koji bi trebalo da se konsultuju građevinski inženjeri njima dostavljaju geolozi i seizmolozi kroz geomehaničke elaborate za date lokacije.

3. Naš pravilnik dopušta upotrebu teorije dopuštenih napona (teoriji elastičnosti) prilikom proračuna i dimenzionisanja elemenata konstrukcije, što je, s obzirom da se očekuje da konstrukcija pri projektnom zemljotresu, sa povratnim periodom od 500 godina, duboko uđe u nelinearnu oblast ponašanja, krajnje neprimjereno i pogrešno. Takođe, i pri upotrebi teorije granične nosivosti pravilnikom predloženi koeficijenti sigurnosti (1.3 za armirani i prednapregnuti beton, 1.15 za čelične konstrukcije i 1.50 za zidane konstrukcije) su neadekvatni. Naime, osnovna uloga koeficijenata sigurnosti je da se spriječi da se usljed maksimalno mogućeg opterećenja dostigne granična nosivost poprečnog presjeka. Kako se pri projektnom seizmičkom opterećenju unaprijed pretpostavlja da će se dostići nosivost u kritičnim zonama, upotreba koeficijenata sigurnosti različitih od jedan gubi smisao, ako ih tada uopšte možemo nazivati tim imenom. Sa ovog stanovišta način određivanja vrijednosti graničnih uticaja sproveden u sadašnjem našem propisu [1] nije zadovoljavajući. Naprotiv, upotrebom koeficijenata sigurnosti većih od jedan javiće se veće seizmičke sile od projektnih jer, u stvari, obezbijedena nosivost diktira nivo seizmičkih uticaja u konstrukciji, a istovremeno se neće dobiti pravi uvid u veličinu globalne duktilnosti koja se mora obezbijediti da bi konstrukcija "preživjela" projektni zemljotres.

4. Obradi konstruktivnih detalja, s kojom se obezbjeđuje potrebna duktilnost konstrukciji, se posljednjih godina u svijetu daje izuzetan značaj prilikom inoviranja starih i usvajanja novih modernih aseizmičkih pravilnika. Pokazalo se naime u prošlim jakim zemljotresima da je veliki broj zgrada doživio totalni kolaps ili lokalno rušenje upravo zbog loše obrade detalja armiranja (kod armiranobetonskih konstrukcija) ili detalja veza (kod čeličnih konstrukcija). I najnovija iskustva iz Turske 1999. pokazala su da je kolaps velikog broja AB ramovskih konstrukcija uslijedio usljed nedovoljne količine poprečne armature u stubovima i čvorovima [6]. Ovo je, uostalom, pokazao i zemljotres iz 1979. godine u Crnoj Gori. Upoređujući naš pravilnik sa drugim, novijim, može se zapaziti da je sa ovog aspekta obrade detalja, upotreba pojedinih odredbi ne obezbjeđuje potrebnu duktilnost na tim lokacijama. Kao ilustraciju ove tvrdnje u radu [7] je analizirana potrebna količina poprečne armature u stubovima armiranobetonskih ramovskih konstrukcija prema raznim propisima, gdje je zaključeno da je količina uzengija po našem pravilniku daleko manja od one dobijene u skladu sa evropskim [8], novozelandskim i američkim aseizmičkim pravilnicima.

Osim ovoga primjera, sa aspekta obrade konstruktivnih detalja mogu se navesti i sljedeći nedostaci pojedinih odredbi našeg pravilnika:

- Iako se zna da je lom usljed smicanja pri seizmičkim dejstvima krajnje neprihvatljiv (zbog svoje krutosti), pojedinim elementima se ne obezbjeđuje veći koeficijenti sigurnosti na smičući lom u odnosu na lom po savijanju. Pored ovoga, takozvano smicanje po kliznim ravnima u armiranobetonskim gredama, karakterističan za seizmičko alternativno dejstvo, nije uopšte prepoznato, pa se samim tim i ne provjerava.
- Čvor AB ramovskih konstrukcija, koji se u novim aseizmičkim pravilnicima pored greda i stubova tretira kao poseban AB element, prema [1] posebno se ne razmatra, a njegova konstruktivna armatura je manja od one koja se zahtijeva u drugim pravilnicima.
- Zahtjev našeg pravilnika da se u zidnim platnima primjenjuje glatka armatura (zahtjev koji je najvjerojatnije nastao zbog veće duktilnosti glatke u odnosu na rebrastu armaturu) neprihvatljiv je prije svega zbog toga što su sve analize i iskustva iz prošlih zemljotresa pokazala da je upotreba rebraste armature u uslovima cikličnih i dinamičkih opterećenja neophodna. Takođe, duktilnost rebraste armature koja se primjenjuje u našoj zemlji je sasvim zadovoljavajuća tako da ispunjava i strogi uslov dat u pravilniku EC8, [8] da dilatacija armature pri lomu mora biti veća od 9%. Treba reći da svi moderni pravilnici zabranjuju upotrebu glatkih šipki i da su analize rađene poslije katastrofalnih zemljotresa u Turskoj 1999., [6] pokazale da je upravo upotreba glatke armature bila jedan od uzroka oštećenja i rušenja armiranobetonskih objekata.

- U pravilniku nije data metodologija pomoću koje bi se obezbjedilo da se nelinearne deformacije lociraju na pojedinim, poželjnim mjestima (na primjer, na krajevima greda), tako da se sa istom vjerovatnoćom kod AB ramovskih konstrukcija može očekivati plastični zglobovi i u stubovima i u gredama. Metoda programiranog ponašanja (engleski: *capacity design*) koja je našla primjenu u potpunosti ili u segmentima u savremenim aseizmičkim pravilnicima, uključujući i EC8 [8], omogućava da se pri dejstvu zemljotresa plastični zglobovi jave u konstrukciji samo na onim mjestima koje je projektant unaprijed odredio i kojima je posebnom obradom detalja obezbijedio potrebnu duktilnost.

U ovom radu su navedeni samo nekoliko karakterističnih primjera neadekvatnog tretmana pojedinih pitanja iz oblasti aseizmičkog projektovanja u našem važećem aseizmičkom pravilniku, iz čega se može zaključiti da projektant i pored striktnog pridržavanja odredbi našeg pravilnika može projektovati seizmički nesigurnu konstrukciju. Ovo implicira da je u našoj zemlji neophodno pristupiti što prije unapređenju zakonske regulative. Ovo treba sprovesti najvjerovatnije prihvatanjem savremenih evropskih standarda koji tretiraju ovu problematiku (to jest EC8) uz pravljenje odgovarajućeg nacionalnog dokumenta za njihovu primjenu.

## O PRIMJENI TEHNIČKIH PROPISA U PRAKSI

I pored nabrojanih nedostataka i mana naših važećih aseizmičkih pravilnika, može se reći da je ipak potreban uslov uspostavljanja seizmičke sigurnosti objekta (ali, svakako, ne i dovoljan!) da se projektanti, vršioci tehničke kontrole, nadzorne službe, izvođači kao i drugi učesnici u izgradnji objekta pridržavaju njihovih odredbi. Ovo znači da se u slučaju dovoljnog stručnog znanja i savjesnog rada svih učesnika može izvesti seizmički sigurna konstrukcija i po važećim pravilnicima. Međutim, samo donošenje novih aseizmičkih pravilnika bi obezbijedilo da ovakvi pojedini pozitivni slučajevi postanu opšte pravilo, naravno pod uslovom da se oni na adekvatan način primjenjuju u svakodnevnoj inženjerskoj praksi.

Poznata je činjenica da što smo vremenski dalje od katastrofalnog zemljotresa, kada je kolektivna svijest o seizmičkoj opasnosti veoma izražena i kada se aseizmičkom aspektu projektovanja i građenja poklanja velika pažnja, dolazi do zanemarivanja ovog hazarda od strane stručne i šire javnosti. Ovo za posljedicu ima slobodniji tretman važeće tehničke regulative pri projektovanju i građenju objekata a u velikoj mjeri i njenog direktnog kršenja. U ovim uslovima logika kapitala, brze i lagane zarade odnosi prevagu u odnosu na logiku obezbjeđenja seizmičke bezbjednosti objekata.

Ovo se, slobodno se može reći, u velikoj mjeri odnosi i na sadašnju situaciju u Crnoj Gori. Svjedoci smo nekontrolisane izgradnje velikog broja objekata visoko-

gradnje, prije svega na našem primoriju i glavnom gradu, kod kojih nisu poštovani osnovni principi aseizmičkog građenja i gdje imamo primjera drastičnog kršenja važećih pravilnika: izvođenje zidanih konstrukcija stambenih objekata u IX seizmičkoj zoni veoma velike spratnosti od 4, 5 pa i 6 i ako je dozvoljen broj spratova samo P+2; upotreba pregradnih blokova marke 2 kod zidanih konstrukcija umjesto nosećih giter-blokova marke 15; na nivou prizemlja ukidanje nosećih AB zidnih platna i tako dalje. Ovo su samo neki najupečatljiviji primjeri koji se danas vrlo često mogu primijetiti.

U ovom smislu za nas bi veoma bilo interesantno analizirati iskustva i pouke koje su imali u Turskoj nakon dva katastrofalna zemljotresa koji su se dogodili u avgustu i novembru 1999. godine, a koji su odnijeli više desetina hiljada života i izazvale ogromne materijalne štete. Studije koje su uslijedile nakon zemljotresa pokazale su da je slab kvalitet izgrađenih konstrukcija u pogođenom području rezultat ne samo neadekvatnih pravilnika već i njihovog neprimjenjivanja u praksi. Ovo se odnosi i na planiranje i projektovanje i na reviziju tehničke dokumentaciji i na nadzor nad izvođenjem radova.

Poboljšanje kontrole izvođenja radova, međutim, nije stvar samo donošenja korektnih zakona i procedura. U društvima u tranziciji, kao što je naše, investitori grade objekte što je moguće jeftinije, izbjegavajući poštovanje postojeće zakonske regulative tretirajući je nepotrebnom i gledajući na nju kao na nužno zlo. Potrebu izgradnje što jeftinijeg objekta obično plati konstruktivni sistem. Prilikom odabira stanova od potencijalnih kupaca kao primarni kriterijum kupovine je estetika i kvalitet nekonstruktivnih elemenata (stolarija, keramičke pločice, parket, moleraj i slično), a nedovoljna pažnja se poklanja konstruktivnim komponentama sigurnosti i bezbjednosti. Zato se može reći da poboljšanje u zakonskoj regulativi mora pratiti i uspostavljanje i razvijanje javne svijesti o postojanju izraženog seizmičkog rizika u našem području. Samo u tom slučaju će građani razmišljati o svojoj sigurnosti u odnosu na ovaj prirodni hazard i znati da njihova bezbjednost zavisi od kvaliteta konstruktivnog sistema objekta u kojem kupuju stan, vrste opeke u nosećim zidovima svoje kuće i slično. U tom slučaju bi i investitori bili prinuđeni, zakonom ponude i tražnje, da aspektu seizmičke sigurnosti i otpornosti daju neophodnu pažnju.

## **UMJESTO ZAKLJUČAKA**

Na kraju, umjesto zaključaka, u vezi seizmičke sigurnosti novoizgrađenih objekata u Crnoj Gori, moguće je smanjenje seizmičkog rizika jedino planskim pristupom, koji podrazumijeva da je stručna i šira društvena zajednica usvojila strategiju zaštite od zemljotresa. Ovo bi, između ostalog, podrazumijevalo poboljšanje postojeće tehničke regulative koja reguliše ovu oblast, unapređenje mehanizama kontrole samog izvođenja objekata, kao i neke druge mjere kao što su

sanacije visokopovredljivih, to jest rizičnih objekata i donošenja plana aktivnosti u vanrednim situacijama. Možda najvažnija stavka pri planskom pristupu je formiranje društvene klime u kojoj bi bilo moguće sve ove mjere investirati i realizovati. Ovakvim planskim pristupom se, svakako, dobijaju najbolji rezultati u smislu smanjenja broja žrtava i ekonomskih gubitaka pri dejstvu budućeg jakog zemljotresa. Neke od nabrojanih aktivnosti su zahtijevnije što se tiče troškova ulaganja, kao što je sanacija objekata koji nemaju adekvatnu sigurnost, dok su neke manje skupe kao što je poboljšanje propisa i uslova njihove primjene u praksi. Zbog ovoga bilo bi neophodno što prije pristupiti izgradnji i usvajanju strategije smanjenja seizmičkog rizika, a kroz nju i novih tehničkih propisa koji bi na mnogo bolji način regulisali oblast izgradnje objekata u seizmički aktivnom regionu kao što je naš.

## LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, *Službeni list SFRJ br. 31/81, 49/82, 29/83, 21/88, 52/90*, Beograd 1981.
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima, *Nacrt*, Beograd 1986.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za sanaciju, ojačanje i rekonstrukciju objekata visokogradnje oštećenjih zemljotresom i za rekonstrukciju i revitalizaciju objekata visokogradnje, *Službeni list SFRJ br. 52/85*, Beograd 1985.
- [4] Paulay T., Priestley M. J. N., "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", *John Wiley & Sons*, 744 pp., 1992.
- [5] Dowrick D.J., "Earthquake Resistant Design", *John Wiley & Sons*, 519 pp., 1977.
- [6] Bakir P.G., Boduroglu M.H., "Mitigation against earthquakes in Turkey", *Proceedings of the Twelfth European Conference on Earthquake Engineering* London, UK, September 2002.
- [7] Janković S., "Ponašanje Armiranobetonskih Konstrukcija pri dejstvu zemljotresa i korelacija sa propisima za seizmičko građenje", *magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu*, Beograd, 126 str., 1996.
- [8] Eurocode 8, EC8 - European Committee for Standardization (2003), Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings DRAFT No 6, 2003.