

Stručni rad
Professional paper
UDC: 550.82.02:711.32-122

NEKI ASPEKTI PRIMENE EVROKOD-a EC-8 EN 1998-1:2004. PRI PROJEKTOVANJU SAVREMENIH SAOBRAĆAJNICA

Slobodan Nedeljković¹ Miodrag Popović¹

¹*Geoin - Internacional, Ustanička 187, Beograd, Srbija*

REZIME

Autori ukazuju na neke teškoće u primeni Evrokoda 8 EN 1998-1:2004 u inženjerskoj primeni ovog dokumenta za potrebe saobraćajnica. Saobraćajnice su objekti niskogradnje ali predstavljaju i složene tehničko tehnološke sisteme dok se zemljotresna regulativa odnosi pre svega na objekte visokogradnje.

Ključne reči: *Evrokod 8, saobraćajnica, teren, regulativa*

SOME ASPECTS OF THE EUROCODE AND EC-8 EN 1998-1:2004. IN THE DESIGN OF ROADS AND HIGHWAYS

ABSTRACT

The authors point out some difficulties in applying the Eurocode 8 EN 1998-1:2004 in the engineering application of this document for purposes of traffic. The roads are civil engineering structures, but represent a complex technical systems, while the earthquake regulations relating primarily to the buildings.

UVOD

Saobraćajnice, naročito savremeni autoputevi, predstavljaju složene tehničko tehnološke sisteme, koji se svrstavaju u objekte niskogradnje. One mogu biti tretirane kao neka vrsta „krotoka“ prostora, koga čine tri čvrsto povezane sedine: društvena, stvorena i teren, i zbog toga je njihovo neprekeidno funkcionisanje, naročito posle dogođenih jakih zemljotresa izuzetno značajno.

Na prostoru bivše Jugoslavije (period 1945 – 1991. god.), seizmička preventiva je zasnovana, između ostalog, na propisanom postupku određivanja seizmičkih sila u odnosu na koje treba dimenzionisati seizmootpornost objekata. Taj postupak je definisan "Pravilnikom o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima" (sl.list SFRJ 31/81), kao i njegovim kasnijim izmenama i dopunama, koje su publikovaneu Službenim listovima SFRJ broj 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90.

U zemljama Evropske unije, od 1998. godine, zemljotresna prevetiva regulisana je propisima Evrokoda EC 8, koji je potom u više navrata dopunjavan. Danas je na snazi pravilnik pod nazivom "Evrokod 8 EN 1998-1:2000" kojim je određena procedura određivanja seizmičkih sila u odnosu na koje treba dimenzionisati seizmootpornost objekata. Ti propisi se takođe odnose na objekte visokogradnje.

Oba propisa, i domaći Pravilnik i Evrokod propisuju proceduru koju treba sprovesti za proračun pojediničnog objekta, kako bi taj objekat bio seizmootporan u odnosu na potencijalnu zemljotresnu opasnost, na toj lokaciji. Na ovaj način pomenutim proračunom sprovodi se zemljotresna preventiva. Kako se rezultat delovanja potresa na određenoj površini terena, ocenjuje efektima koji proizvodi na ljude, teren i stvorenu sredinu, i na osnovu toga se definiše makroseizmički intenzitet zemljotresa (u Evropi je sada merodavna seizmička skala EMS-98), jasno je da je zemljotresna preventiva širi pojam od samog onog koji se sprovodi proračunom. Zbog toga zemljotresnu preventivu i propise treba proširiti, tako da budu obuhvaćena, kako oblast niskogradnje, tako još i više oblast prostornog i urbanističkog planiranja i projektovanja. No u ovom saopštenju će biti težište dato na prikazu i kritičkom osvrtu na deo propisa Evrokoda koji je ranije citiran (a i u samom naslovu ovog saopštenja).

Osnovu svakom zemljotresnom proračunu predstavlja definisanje zemljotresne opasnosti (*seizmički hazard*) u odnosu na koji se određuje prihvatljivi *zemljotresni (seizmički) rizik*.

Polazni osnov za definisanje zemljotresne pobude je seizmološka karta. Na njoj je predstavljena seizmička opasnost (hazard) za određeni prostor i za neki vremenski interval za koji se određuje verovatnoća događanja te opasnosti na izabranom tlu. Opšti seizmički hazard ima niz parcijalnih elemenata (npr. tektonskog, geološkog, inženjerkogeološkog hidrogeološkog, geomehaničkog itd.) i njihovom sintezom definiše se opšti seizmički hazard i izražava u inženjerskim parametrima seizmičnosti.

Seizmički rizik definiše nivo štete koje potres čini stvorenoj sredini. Zemljotresi spadaju u retke događaje pa se otuda određuje nivo zaštite koji društvo može prihvatiti prema svojim ekonomskim mogućnostima i to se definiše prihvatljivim seizmičkim rizikom.

U bivšoj Jugoslaviji (period 1945 - 1991) od 1990 godine oficijelno je bila u upotrebi seizmološka karta koju je izradila Zajednica za seizmologiju SFRJ (Beograd 1989.). Ova karta ima šest oleata koje se odnose na povratne periode zemljotresa od 50, 100, 200, 500, 1000 i 10000 godina, pri čemu je verovatnoća događanja inteziteta na njima 63% i to na prosečnom tlu, koje je obuhvaćeno izolacijom istog inteziteta. Za potrebe zemljotresnog proračuna za objekte druge i treće kategorije bila je korišćena oleata sa povratnim periodom zemljotresa od 500 godina. Na taj način je još u to vreme korišćen, za definisanje seizmičke opasnosti zahtev važećeg Evrokoda 8 EN 1998-1:2004 da se „objekat ne sruši“ tj. korišćenje istog povratnog perioda zemljotresa.

Saobraćajnice imaju svoju posebnost kojom participiraju zemljotresnoj preventivi i ova posebnost treba da se harmonizuje sa zahtevima Evrokoda 8.

Kao što je ranije istaknuto, Evrokod definiše način zemljotresnog proračuna objekata visokogradnje i kao takav odnosi se samo na jedan segment zemljotresne preventive. Da bi se pravila Evrokoda 8 mogla sprovoditi neophodno je da Nacionalni aneksi predstave zemljotresnu opasnost referentnim ubrzanjem na tlu tipa „A“, i to, za dva zahteva. Kako nivo zemljotresne opasnosti definiše seizmološka karta, to se praktično može reći, da ekonomski aspekt zemljotresne preventive Evrokod 8 prepušta zemlji koja ga primenjuje. Detaljnije se ova aktuelna pitanja razmatraju u saopštenjima, od kojih su neka data u spisku literature, na kraju ovog saopštenja (3,4 i 5).

ANALIZA SADRŽAJA POJMA SAOBRAĆAJNICA I PROPISA - EVROKODA EC- 8

U svojoj koncepciji Evrokod 8 posebnu pažnju poklanja kategorizaciji objekata i zalaže se da svi objekti iste kategorije imaju isti seizmički rizik. Praktično, kategorizacijom se posredno, određuje

stepen povezanosti zemljotresnog hazarda i zemljotresnog rizika. Sama kategorizacija vezana je za funkciju objekta, pa se uslovno može reći da se seizmički rizik odnosi na prihvatljiv nivo redukcije funkcije objekta.

Magistralne saobraćajnice mogu se, figurativno mogu predstaviti kao „artetrije“, a one niže kategorije mogu biti shvaćene kao „kapilare“. Stepem povredljivosti njihove funkcije direktno utiče na efikasnost zemljotresne preventive i to, kako, u uslovima neposredno po dešavanju jakog potresa, tako i kasnije, kada nastaje faza otklanjanja posledica jakog potresa.

Pri korišćenju Evrokoda 8, kada je u pitanju kategorizacija za potrebe saobraćajnice, polazni osnov je tabela koja se odnosi na projektovanje zgrada, tzv. klasa značaja za zgrade, tabela 1. Klase značaja u tabeli valorizovane su preko vrednosti faktora značaja γ_1 i, preporučene vrednosti faktora značaja γ_1 , za klasu značaja 1, je 0,8; za klasu značaja 2, je vrednost 1; za klasu značaja 3, je vrednost 1,2; i za klasu značaja 4, je vrednost 1,4.

Tabela 1. Klasa značaja za zgrade
Table 1 Class importance of building

Klasa značaja	Zgrade
1	Zgrade sa manjim značajem za sigurnost ljudi, npr. Poljoprivrene zgrade i sl.
2	Obične zgrade, koje ne spadaju u druge kategorije
3	Zgrade čija je seizmička otpornost značajna u smislu posledica rušenja, npr. Škole, dvorane, kulturne institucije, itd
4	Zgrade čiji je integritet tokom zemljotresa od vitalnog značaja za civilnu zaštitu, npr. bolnice, vatrogasne stanice, električne centrale, itd.

Treba istaći, da Evrokod 8 ističe, da se vrednosti koje se dodeljuju parametru γ_1 za upotrebu u svakoj državi (odnosno njenoj teritoriji), mogu naći u Nacionalnom aneksu, i da mogu biti različite za različite seizmičke zone u zemlji, u zavisnosti od uslova seizmičkog hazarda i razmatranja javne bezbednosti

Uslovno govoreći, kategorizacija više govori o povredljivosti funkcije (neka vrsta socijalnog dela sigurnosti konstrukcije), i za primer smo, uzeli potporni zid. Ako se zid tretira individualno, bio bi, po navedenoj tabeli tretiran sa klasom značaja 1, i njoj odgovara vrednost $\gamma_1=0,8$, ali ako se isti nalazi, npr. na autoputu međunarodnog značaja, on gubi individualnu klasu značaja i treba da bude podređen standardu sistema, tj. dobija klasu značaja $\gamma_1=1,4$.

Kao što smo ranije istakli, saobraćajnicu možemo shvatiti kao linijski tehničko tehnološki objekat niskogradnje koja je u tesnoj interakciji sa terenom. U delu koji se odnosi na stvorenu sredinu prisutan je pojam veka eksploatacije objekta, ali se taj pojam ne vezuje i za teren. U svom sadržaju saobraćajnice imaju brojne objekate: mostove; vijadukate; tunele, nasipe i druge objekte. Prostor zauzet saobraćajnicom, praktično ima trajni karakter jer prihvata više tzv. vekova ekaplatacija date saobraćajnice. Sam teren koji je zastupljen na prostoru zauzetom saobraćajnicom biva definisan pri njoj izgradnji. No kasnije, u njenoj eksploataciji, on biva izložen promenama, zbog uticaja inženjersko geoloških procesa koji dovode do različitog tipa inženjersko geoloških pojava (Sunarić D., Nedeljković S. 2009). Otuda, kada govorimo o zemljotresnoj povredljivosti saobraćajnice potrebno je uvažiti i zemljotresnu povredljivost terena u kome se grade saobraćajnice. Specifičnost saobraćajnice se ogleda pre svega u saobraćajnoj bezbednosti pri kretanju vozila u brzini. U brdsko planinskim i klisurastim terenima pojava odronjavanja i osipanja komada stenske mase, različitih veličina i njihov pad na vozilo u pokretu, predstavlja ogromnu opasnost pri velikim brzinama. Otuda je, potrebno povredljivost terena razmatrati, i sa ovog aspekta.

Treba istaći, da se prostor zauzet saobraćajnicom sve više “naseljava” drugim linijskim infrastrukturama (cevovodi, energetske, informacijske i dr. vodovi). Otuda se u budućnosti, nameće potreba procene zemljotresne povredljivosti terena odnosno kategorizacija, prostora koji je zauzet saobraćajnicom, jer više namenska funkcija povećava značaj tog prostora.

Takođe, želimo da ukažemo, na činjenicu zasnovanu na primeru Srbije, da se u vremenskom intervalu koji se meri sa nekoliko desetleća, javlja, tokom jedne godine povećani broj klizišta i odrona u odnosu na godišnji proseki, i ove masovne pojave ugrožavaju saobraćajnice. Ukoliko bi se dogodio jak zemljotres u vreme povećane povredljivosti terena (zbog aktiviranja navedenih pojava) odvijanje saobraćaja bilo bi dovedeno u kritičnu fazu. Poslednja ovakva pojava desila se u Srbiji pre nekoliko godina, odnosno 2005. i 2006. godine.

Kada je reč o saobraćajnicama u gradovima, duž njih se često, po pravilu, provodi i podzemna komunalna opremljenost, tako da “naseljenost” biva takvog obima, da u nekim slučajevima utiče na efekte dreniranja padinskih, i podzemnih voda. Promena hidrogeoloških uslova, menja i inženjersko geološke uslove izgradnje postojećih objekata, a samim tim, i geotehničke uslove njihovog fundiranja. Takođe, često, most koji je sastavni deo saobraćajnice nije samo u funkciji saobraćaja, već se preko njega, provodi vodna, energetska, i druga komunalna infrastruktura, pa se postavlja pitanje kategorizacije tako opremljenog mosta. Praktično, višenamensko korišćenje mosta traži da se razmotri u kojoj su meri, za konstatovane zemljotresne uslove prihvatljive deformacije mosta koje zadovoljavaju saobraćajnu funkciju, prihvatljive i za druge infrastrukture koje su provedene preko mosta.

Pomenuta verzija Evrokoda traži da se seizmički hazard na seizmološkoj karti predstavi na tipu tla „A“, odgovarajućim referentnim ubrzanjem. Valorizacija ovog ubrzanja vrši se uz pomoć uslova tla na određenoj lokalnosti na kojoj se gradi objekat, uz uslov, da se za to predmetno tlo najpribližnije odredi njegova kategorija prema tabeli 2.

Tabela 2. Kategorija tla prema geološkom profilu terena
Table 2 Category soil profile according to the geological field

Kategorija tla	Opis geološkog profila	Parametri		
		$V_{S,30}$ (m/sek)	N_{SPT} Udarci/30sm	C_u kPa
A	Stena ili stenska geološka formacija, uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	>800	-----	--
B	Depoziti vrlo gustog peska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine barem nekoliko desetina metara, sa povećanjem mehaničkih osobina sa dubinom	360 - 800	>50	>250
C	Duboki depziti gustog ili srednje gustog peska, šljunka ili krute gline, sa debljinama od nekoliko desetina do više stotina metara	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depoziti slabo–do-srednje nekohezivnog tla (sa ili bez mekih kohezivnih slojeva) ili dominantno meko–do-čvrsto kohezivno tlo	<180	<15	<70
E	Tlo čiji se profil sastoji iz aluvijalnog sloja sa vrednostima V_{S_z} za tip C I D I sa debljinom koja varira između oko 5m i 20m, ispod kojeg je kruće tlo sa $V_S > 500$ m/sek			
S1	Depoziti koji se sastoje ili sadrže sloj od barem 10m debljine mekih glina/mulja sa visokim indeksom plastičnosti (PL>40) i sa visokim sadržajem vode	<100	-----	10-20
S2	Depoziti likvefablnog tla, sastavljeni od osetljivih glina ili bilo kog drugog profila tla koji nije uključen u Tipove A-E ili S1			

U tabeli je:

$V_{S,30}$ osrednjena vrednost brzine smičućih talasa. Osrednjena vrednost brzine smičućih talasa $V_{S,30}$, treba da se izračuna prema sledećem izrazu: $V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$, gde h_i i V_i označavaju redom debljinu u

(metrima), i brzinu smičućih talasa (na nivou seizmičkih dilatacija reda 10^{-5} ili manje), za sloj i , od ukupno n koji se nalaze u gornjih 30 metara dubine. N_{SPT} - broj udaraca u standardnom testu penetracije C_U – nedrenirana smičuća čvrstoća tla.

Iz navedenog, jasno se vidi da su saobraćajnice organski vezane za (pri) površinski teren. Evrokod 8 je namenjen proračunu konstrukcija, a takve konstrukcije kod saobraćajnica su, mostovi i vijadukti, ali ne i useci, zaseci, galerije, tuneli, kao i nasipi (trup puta). Praktično govoreći, spektre odgovora prirodno je primeniti na mostove i vijadukte, ali ne, i na ostale pomenute delove puta jer za njih, nisu ni izvedeni. Otuda je za ove ostale delove puta, potrebno definisati ubrzanje na površini terena.

ZAKLJUČAK

Sprovedena analiza ukazuje da je potrebno za potrebe saobraćajnica oformiti namensku regulativu (bez obzira na relevantni Evrokod 8), koja će uvažavati njihove specifičnosti.

Ta namenska regulativa, u delu koji se odnosi na seizmički hazard, treba da ima zemljotresne parametre za potrebe proračuna koji odgovaraju (pri) površinskom delu terena, odnosno delu koji pripada zoni zauzetoj saobraćajnicom, i po površini i po dubini. Drugim rečima, treba napraviti oleatu seizmološke karte u Nacionalnom aneksu koja je namenjena putnim saobraćajnicama, pri čemu bi ova oleata bila povezana sa onom koja se koristi u Evrokodu 8. No, ova oleata bi u isto vreme uvažila specifične potrebe putnih saobraćajnica.

Put pomenute povezanosti, u principu, mogao bi biti redukcija, npr. za prostor bivše SFRJ seizmičkog inteziteta sa seizmološke karte iz 1990 godine na teren tipa "A" pri čemu bi se uvažila i geneza terena tipa "A". Taj redukovani seizmički stepen bio bi izražen odgovarajućim referentnim ubrzanjem. Na ovaj način, zadovoljile bi se potrebe predmetnog Evrokoda 8 (potrebe visokogradnje). Za niskogradnju mogu se koristiti oleate sa povratnim periodom zemljotresa od 50, 100, 200, 500, 1000 i 10000 godina (verovatnoća dešavanja inteziteta na njima je 63%). Navedeni inteziteti mogu biti izraženi odgovarajućim ubrzanjem i ono bi se direktno koristilo za potrebe niskogradnje. Ovakvim postupkom, teži se očuvanju povezanosti visokogradnje sa niskogradnjom.

LITERATURA

1. Sunarić D., Nedeljković S.: Seismodeformations of land and their calibration with macroseismic tests – Sismology and Engineering seismology – ISBN 978-99955-630-3-5, COBISS.BH-ID 1254936 (pp. 159-171) Institute for Construction Banja Luka, 2009.
2. Sunarić D., Nedeljković S.: Neki aspekti primene Evrocoda EC 8 pri projektovanju savremenih objekata. Zbornik radova „Savremena teorija i praksa u graditeljstvu“ (str.353-371) - ISBN 978-99938-26-20-0, COBISS.BH-ID 1010968. Zavod za izgradnju Banja Luka, 2009.
3. Sunarić D. Nedeljković S.: Teren i seizmički hazard u Evrokodu EC-8 EN 1998, Zbornik radova „Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija" pregledni naučni članak (str. 363-368) ISBN 978-86-904089-8-6; UDK 006.83:699.841.(4-672.eu). Divčibare, 2010.
4. Pravilnik o tehničkom normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (sl.list SFRJ 31/81) i njegove izmene I dopune Sl. list SFRJ 49/82, 29/84, 21/88 i 52/90.
5. Proračun seizmički otpornih konstrukcija deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva I pravila za zgrade. Evrokod EC 8 EN 1998 – 1: 2004. Beograd, novembar 2009.