

PROJEKAT ARMIRANO BETONSKE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA DOMAĆIH I EVROPSKIH STANDARDA**DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BUILDING BY EUROCODE AND COMPARATIVE ANALYSIS OF NATIONAL AND EUROPEAN STANDARDS**

Stefan Škorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat višespratne armirano betonske zgrade spratnosti ($Pr+4$) na području Novog Sada, prema Evrokod standardima. U drugom dijelu rada prikazana je uporedna analiza domaćih i evropskih standarda za stubove.

Ključne reči: Višespratna armirano betonska zgrada, upredna analiza, Evrokod.

Abstract – In this work is presented the project of multi-storey reinforced concrete building ($Gf+4$) in the area of Novi Sad, according to Eurocode standards. In the second part of this work is represented comparative analysis of national and European standards for columns.

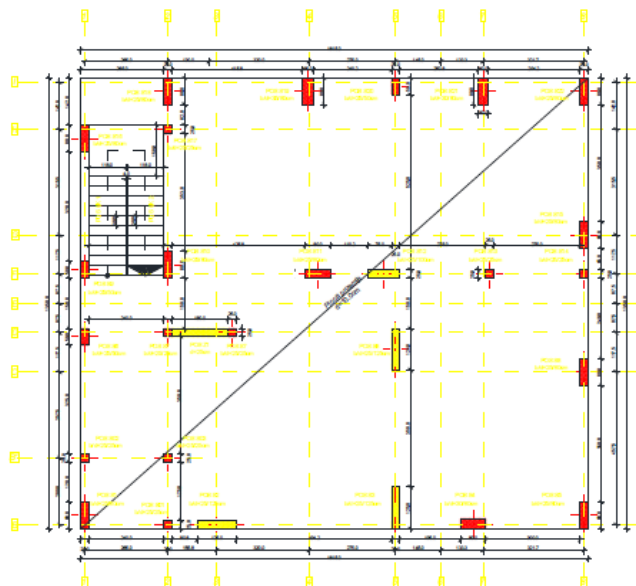
Keywords: *Multi-storey reinforced concrete building, comparative analysis, Eurocode*

1. UVOD

Projektom zadatkom je predviđena izgradnja višespratne armirano betonske zgrade spratnosti ($Pr+4$) u Novom Sadu, pravougaonog oblika u osnovi, a prema zadatom arhitektonskom rješenju. Fundiranje je izvršeno na temeljnoj ploči ojačanoj gredama. Noseća konstrukcija objekta projektovana je kao armirano betonska konstrukcija, sa AB međuspratnim tavanicama, AB stepenicama za vertikalnu komunikaciju i zidovima za ukrućenje. Podaci o dejstvima uzeti su u skladu sa namenom objekta kao i podaci o tlu u skladu sa lokacijom. Projektom su obuhvaćeni analiza opterećenja, proračun merodavnih uticaja, dimenzionisanje, neophodni konstrukcijski detalji, kao i planovi armiranja. U istraživačkom delu sprovedena je uporedna analiza domaćih i evropskih standarda za stubove.

2. OPIS PROJEKTA**2.1 Arhitektonsko rešenje**

Objekat je pravougaonog osnove dimenzija 16.15x13.50m. U prizemlju se nalaze poslovni prostori, dok je ostali prostor predviđen za stanovanje. Četiri tipse etaže predviđene su kao stambeni dio objekta. Za vertikalnu komunikaciju predviđeno je stepenište. Kao krovno rješenje predviđen je ravan krov. Slika 1 prikazuje arhitektonsko rješenje tipse etaže.



Slika 1. Tipna stambena etaža

2.2. Konstruktivni sistem

Projektom zadatkom predviđen je konstruktivni sistem kao armirano betonska zgrada, što znači da su noseći elementi ramovi (grede i stubovi) i međuspratne krstastoarmirane tavanice. Konstrukcija je dodatno ukrućena i seizmičkim platnima.

Temelj je urađen kao temeljna ploča debljine 35 cm, ojačan temeljnim gredama dimenzija 50/100cm. Stubovi su različitih poprečnih presjeka, prema arhitektonskom rješenju.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red. prof.

Dimenzije greda: 25/55 cm

Seizmička platna su debljine 25cm. Međuspratna konstrukcija je AB puna ploča debljine 17cm.

Stepenice su formirane kao dvokrako stepenište. Armirano betonsko dijelovi konstrukcije su izvedeni u klasi betona C30/37, a korišćen je čelika za armiranje B500B.

2.3. Analiza opterećenja

Sopstvena težina konstruktivnih elemenata (grede, stubovi, zidovi, ploče...) automatski su generisani prema zadatim parametrima. Sopstvena težina nekonstruktivnih elemenata koji imaju karakter stalnog opterećenja (podne podloge i obloge, krov, pregradni zidovi, instalacije, opterećenje od tla i td.) imaju karakteristične vrednosti usvojene u skladu sa EN 1991-1-1:2002 [2] a potom dodatno aplicirane na model za proračun.

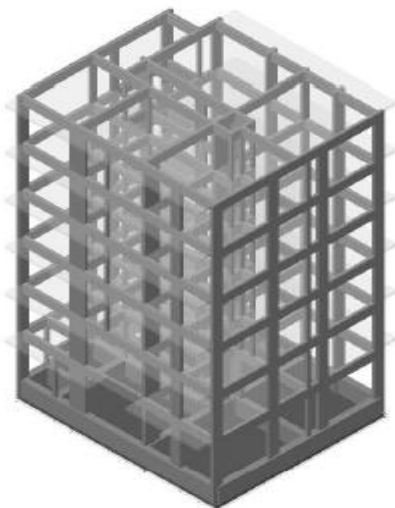
Korisna opterećenja, u zavisnosti od namene objekta i njegovih delova usvojena su prema EN 1991-1-1:2002, u ovom slučaju razmatrane su sledeće grupe prostorija: stamebi prostor; balkoni i stepeništa; hodnici; ostave; krov.

Opterećenje snegom je razmatrano za datu lokaciju, Novi Sad, čija je nadmorska visina oko 81 mm, usvojeno je u skladu sa EN 1991-1-3:2003 [3], u iznosu od 1,0 kN/m² (na strani sigurnosti).

Seizmičko opterećenje je generisano primenom softvera Tower 8.0, a u skladu sa EN 1998-1-2004 [5]. Za izračunavanje seizmičkih sila primenjena je multimodalna spektralna analiza – Metoda poprečnih sila.

2.4. Statički i dinamički proračun

Statički i dinamički proračun je izvršen primenom softverskog paketa Tower 8.0, primenom teorije prvog reda. Na slici 2 je prikazan 3D model predmetne zgrade.



Slika 2. Izometrija 3D modela

Tlo je modelirano kao Vinklerov model tla, što podrazumeva niz elastičnih opruga koje omogućavaju rad konstrukcije koja odgovara približno realnim uslovima. Prilikom modalne analize usvojene su pretpostavke da je međuspratna tavanica kruta i da su mase koncentrisane u nivoima tavanica, usvojeni su konačni elementi dimenzija 040x0,40m radi tačnijih rezultata.

Kao rezultat dinamičke analize modela dobijeni su periodi oscilovanja koji su dalje iskorišćeni pri seizmičkom proračunu, a za definisanje koeficijenata učešća masa za modalnu analizu korišćene su odredbe EN 1991:2002.

Za određivanje uticaja u nosećoj konstrukciji od dejstva seizmičkih sila primjenjena je multimodalna spektralna analiza u saglasnosti sa odredbama EN 1998-1:2004, a proračun je sproveden primenom softverskog paketa Tower 8.0.

Prema seizmološkoj karti za predmetnu lokaciju objekta usvojeno je projektno ubrzanje tla u iznosu $a_g = 0,15g$, a projektni elastični spektar je konstruisan za kategoriju tla tipa „C“ i II kategorija objekta.

Za potrebe dimenzionisanja definisana su dva pravca delovanja seizmičkih sila u X i Y pravcu.

2.5. Proračunske kontrole

Sprovedene su proračunske kontrole u cilju potvrde kvaliteta odabranog koncepta konstrukcije. Izvršene su sledeće kontrole:

- Provjera graničnog stanja nosivosti za nosivost tla, napon se kontroliše za dvije kombinacije opterećenja,
- Provjera dopuštenih napona u stubovima,
- Provjera relativnog horizontalnog pomjeranja vrha zgrade.

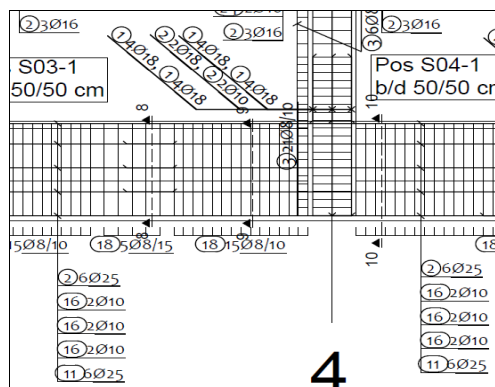
2.5. Dimenzionisanje elemenata

Primenom softverskog paketa izvršeno je dimenzionisanje prema kompletnoj šemi opterećenja, merodavne kombinacije opterećenja su automatski odabrane. Dimenzionisanje i armiranje elemenata je izvedeno prema EN 1992-1-1:2004 [4]. Zaštitni slojevi su definisani prema klasama izloženosti.

Dimenzionisani su svi AB elementi: ploče, stubovi, grede i seizmička platna.

Ploče su dimenzionisane serijama šipki. Krovna ploča, ploča tipskog sprata i prizemlja su armirani armaturom prečnika 8 mm, a temeljna ploča armaturom prečnika 14 mm (donja zona) i 14 mm (gornja zona).

Poštujući sve odredbe i preporuke Evrokoda izrađeni su planovi armature za temeljnu ploču, ploču tipskog sprata, dva karakteristična rama i dvokrako stepenište. Na slici 3 je prikazan detalj armiranja temeljne grede.



Slika 3. Detalj armiranja temeljne grede

3. UPOREDNA ANALIZA

U okviru istraživačkog dijela master rada zadatak je da se izvrši uporedna analiza domaćih i evropskih standarda, za stubove.

Poređenje je sprovedeno teoretski.. Uporednom analizom trebalo bi da se dođe do zaključka koje su to razlike između domaćih (BAB) i evropskih (Evrokod) propisa.

3.1. Odredbe pravilnika PBAB

Pod stubom podrazumijevamo linijski element koji je pretežno izložen naponu pritiska usljed djelovanja dominantnih aksijalnih (normalnih) sila od spoljnih dejstava.

Stub se u betonskim konstrukcijama pojavljuje kao samostalan ili kao dio složenih elemenata, najčešće skeletnih sistema.

Kod stubova se uvijek pojavljuju momenti savijanja i transversalne sile koje imaju sekundarni karakter. Vertikalni element konstrukcije tretiramo kao stub kada je presjek elementa pravougaonog oblika sa odnosom strana $b/d < 5$.

Stubovi mogu imati veoma različite oblike poprečnog presjeka, u zavisnosti od konstrukcijskih i funkcionalnih razloga. Najčešći oblik poprečnog presjeka su: pravougaoni (eventualno sa podužnom šupljinom za vođenje instalacija), kvadratni, kružni i poligonalni kao najjednostavniji i najpogodniji u pogledu uticaja izvijanja. Kod montažnog načina građenja, prefabrikovani stubovi često imaju i poprečni presjek razuđenog oblika (I presjek, T presjek i slično).

3.2. Odredbe evrokoda

Evrokod se primjenjuje u projektovanju konstrukcijskih elemenata u seizmičkim područjima pri čemu se nastoji obezbjeđenju sledećeg:

- Zaštiti ljudskih života,
- Ograničenju oštećenja,
- Nenarušavanju upotrebljivosti objekta za zaštitu ljudi.

Treba naglasiti da je apsolutno ispunjenje postavljenih ciljeva nemoguće, kako zbog nepredvidljive prirode zemljotresa, tako i zbog veličine oslobođene zemljotresne energije.

3.3. Koncept projektovanja

Projekat betonske zgrade otporne na zemljotres treba da obezbijedi odgovarajući kapacitet za disipaciju energije, bez značajnog umanjenja ukupne nosivosti konstrukcije na horizontalna i vertikalna opterećenja. Globalno duktilno ponašanje konstrukcije je obezbijeđeno, ukoliko je zahtijevana duktilnost (*ductility demand*) raspodijeljena na veliki broj elemenata i u više zone jednog elementa.

Građevinske konstrukcije moraju biti projektovane i građene da izdrže seizmičko dejstvo bez globalnog ili lokalnog rušenja, a pri prestanku seizmičkog dejstva moraju izdržati integritet i dovoljan kapacitet nosivosti. Međutim, usljed velike dužine referentnog povratnog perioda seizmičkog opterećenja, u normalnim uslovima se može dozvoliti pojava oštećenja, čak i djelimična razaranja nekonstrukcijskih elemenata.

U zavisnosti od stepena oštećenja konstrukcije, razlikuju se tri klase duktilnosti (*ductility class*):

- DCL niska duktilnost (*low ductility*) – konstrukcije projektovane i dimenzionisane prema Evrokodu 2,
- DCM srednja duktilnost (*medium ductility*) – konstrukcije projektovane prema posebnim zahtjevima za seizmičku otpornost kako bi se obezbijedilo da konstrukcija pri ponovljenim cikličnim opterećenjima znatno zađe u područje neelastičnog ponašanja, bez pojave krto g loma,
- DCH visoka duktilnost (*high ductility*) – konstrukcije projektovane prema posebnim zahtjevima za seizmičku otpornost kako bi se obezbijedio razvoj predviđenog stabilnog mehanizma sa velikom disipacijom energije.

4. ZAKLJUČAK

Pri obezbjeđenju određene klase duktilnosti, konstrukciju treba pripremiti za očekivana pomjeranja. Tako Evrokod postavlja određene zahtjeve koji se odnose na armiranje presjeka, minimalne i maksimalne dozvoljene procenat armiranja, utezanje presjeka uzengijama, nastavljajanje armature itd..

Za svaku klasu duktilnosti, za stubove je definisana zahtijevana minimalna vrijednost konvencionalnog faktora duktilnosti krivine – CCDF. Umjesto dokaza CCDF, Evrokod 8 dozvoljava da se prethodni zahtjev smatra zadovoljenim ukoliko se obezbijedi odgovarajuća vrijednost mehaničkog zapreminskog procenta armiranja ω_{wd} – utezanje presjeka.

Zavisno od usvojene klase duktilnosti, projektovano seizmičko opterećenje prema Evrokodu 8 je dva (visoka duktilnost DCH, $q = 5$) do četiri puta (niska duktilnost, $q = 2.5$) veće nego prema YU81.

Niži nivo projektog opterećenja YU81, podrazumijeva visoku duktilnost konstrukcije ($q = 5 - 10$). Međutim, niži nivo opterećenja trebao bi biti i praćen strožim zahtjevima za obezbjeđenje zahtijevane duktilnosti, što u domaćim propisima nije slučaj.

5. LITERATURA

- [1] Pakvor Aleksandar, Perišić Života, Aćić Mirko, "Evrokod 0: EN 1990:2002. Osnove proračuna konstrukcija". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [2] Najdanović Dušan, "Evrokod 1: EN 1991-1-1:2002. Dejstva na konstrukcije; deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [3] Najdanović Dušan, "Evrokod 1: EN 1991-1-3:2003. Dejstva na konstrukcije; deo 1-3: Dejstva snega". Prevod sa Engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.
- [4] Dr Života Perišić, dr Mirko Aćić, dr Aleksandar Pakvor, "Evrokod 2: EN 1992-1-1:2006. Proračun betonskih konstrukcija". Prevod sa Engleskog jezika: dr Života Perišić. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2006.

[5] Đorđe Ladinović, "Evrokod 8: EN 1998-1:2004. Proračun seizmički otpornih konstrukcija; deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade". Prevod sa Engleskog jezika: dr Ladinović Đorđe, dr Folić Radomir, dr Brčić Stanko, dr Brujić Zoran, dr Tatjana Kočetov Mišulić, Andrija Rašeta. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd 2009.

[6] Zoran Brujić: Betonske konstrukcije u zgradarstvu

Kratka biografija:



Stefan Škorić rođen je u Stanarima 1993. godine. Osnovne akademske studije završio je 2017. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti "Seizmička analiza konstrukcija", pod mentorstvom prof. dr Đorđa Ladinovića, odbranio je 2019. godine.

Kontakt: stefan.ktm@hotmail.com