

**PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE ZGRADE
PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA****THE DESIGN OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING
ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**Dejan Mitrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U prvom delu rada prikazan je projekat armiranobetonske višespratne zgrade Po+Pr+5, a u drugom delu je analiziran uticaj torzionih efekata na seizmički odgovor konstrukcija zgrada prema evropskim standardima.

Ključne reči: Armiranobetonska zgrada, Evropski standardi, Evrokod, Uticaj torzionih efekata.

Abstract – The first part of the work consists of the design of multi-storey reinforced concrete building, basement + ground floor + 5 stories, and the second part consists of the analysis of the impact of torsion effects on the seismic response of building structures according to Eurocodes.

Keywords: Reinforced concrete multi-storey building, European standards, Eurocode, Torsion effects

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje armiranobetonske višespratne zgrade Po+Pr+5 prema evropskim standardima, nepravilne osnove odnosno približnog izgleda slova "T". Zgrada je skeletnog tipa sa platnima za ukrućenje. Fundirana je na temeljnoj ploči debljine 70 cm. Lokacija objekta je Novi Sad.

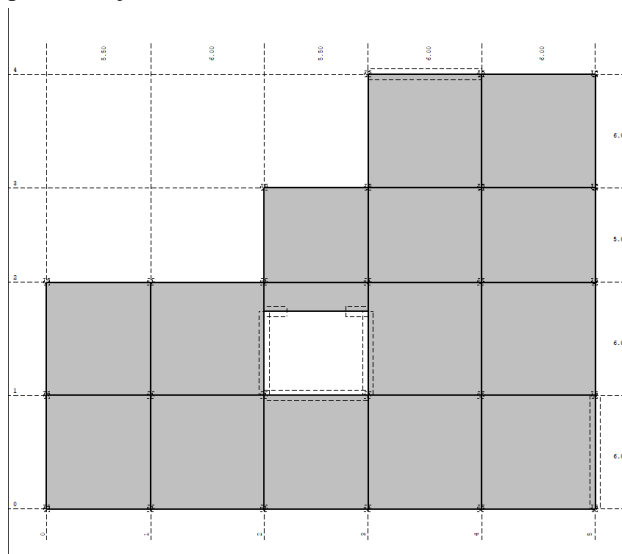
2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

Prema projektnom zadatku projektovan je poslovni objekat. Objekat sadrži podrum, prizemlje, pet spratova i ravan prohodan krov. Spratna visina podruma kao i ostalih etaža iznosi 3.20 m. Sve etaže objekta povezane su vertikalnom komunikacijom, koja se sastoji od stepeništa i lifta. Podrum se sastoji od šest ostava i hodnika a povezan je sa stambeno poslovnim delom vertikalnom komunikacijom u vidu lifta i dvokrakog stepeništa. Prizemlje se sastoji od tri lokala, ulaza sa hodnikom, dve stambene jedinice, stepeništa i lifta. Ostali spratovi sadrže hodnik, lift, stepenište za sprat, kancelarijske prostorije i mokre čvorove. Svaka od kancelarija ima WC i čajnu kuhinju. Za vertikalnu komunikaciju predviđen je lift i dvokrako stepenište koje je smešteno između tri zidna platna. Podne površine su obložene parketom ili keramičkim pločicama u zavisnosti od namjene prostorije.

NAPOMENA:

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

U kancelarijama je predviđen parket kao završna podna obloga. U kuhinjama, kupatilu i ulaznim hodnicima podovi su od keramičkih pločica, kao i u podrumu. Svi podovi u lokalima u prizemlju objekta su od keramičkih pločica. Prozori i vrata su od PVC stolarije. Pregradni zidovi se izvode kao laki montažni i debljine su 13 cm. Sastoje se od drvene konstrukcije obložene Fermacell pločama i bojene sa disperznom bojom. Fasadni zidovi sastoje se od giter bloka debljine 25cm i demit fasade. Sa unutrašnje strane su zidovi malterisani krečnim malterom, gletovani i obojeni. Za krovnu konstrukciju predviđen je prohodan ravan krov. Kako bi se obezbedilo efikasno odvođenje padavina, krovna površina se izvodi u nagibu 2%, koji je obezbeđen slojem za pad. Osnova tipskog sprata prikazana je na slici 1.



Slika 1. Osnova tipskog sprata

2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Konstruktivni sistem objekta je ukrućeni skeletni sistem. Rasponi greda su oko 6m u oba pravca. Stubovi su dimenzija 40/40 i 50/50 cm a međusobno su povezani gredama dimenzija 35/55 cm. Dimenzije stubova su usvojene iz uslova dozvoljenih napona koje propisuje Evrokod. Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto-armiranih ploča u oba pravca, debljine 15 cm. Zidovi za ukrućenje su debljine 20 cm i orijentisani su u dva međusobno upravna pravca.

Stepenište je formirano kao dvokrako i sastoji se od dve kose ploče i ploče međupodesta. Formirano je od nivoa garaže do nivoa V sprata. Debljina kosih ploča i ploče

međupodesta je usvojena kao i debljina međuspratne konstrukcije 15 cm. Širina stepenišnog kraka i širina međupodesta iznosi 120 cm. Fundiranje objekta je izvršeno na temeljnoj ploči debljine 70 cm. Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine 15 cm i sloj lakog betona debljine 7 cm. Preko sloja lakog betona postavlja se hidroizolacija koja je sa gornje strane zaštićena slojem nearmiranog betona debljine 4 cm.

Uticao tla se u proračun uvodi putem idealizacije tla usvajanjem Vinklerovog modela tla, kojim se tlo tretira kao elastična. Zidovi u podrumu su armirano betonski i služe za prijem pritiska tla u stanju mirovanja a ujedno i dodatno ukružuju konstruktivni sistem. Izvedeni su po celom obimu podrumskog dela konstrukcije. Debljine su 20 cm. Na spoljašnjem dijelu zidova izvodi se sloj hidroizolacije koja je zaštićena zidom od pune opeke, debljine 12 cm. Klase betona svih elemenata glavnog nosećeg konstruktivnog sistema su C25/30 i C30/37, dok je kvalitet armature svih elemenata B500C. Dozvoljeni napon u tlu iznosi 250 kPa.

2.3. Analiza opterećenja

Konstrukcije armiranobetonskih višespratnih zgrada je neophodno projektovati tako da mogu da prihvate i temeljima prenesu uticaje od svih relevantnih opterećenja i njihovih kombinacija. Za zadatu armiranobetonsku konstrukciju stambene zgrade definisane su sledeće vrste opterećenja:

- stalno opterećenje
- korisno opterećenje
- opterećenje od snijega
- opterećenje od vjetra
- opterećenje od seizmike

Stalna opterećenja su ona koja potiču od sopstvene težine konstruktivnih elemenata i nekonstruktivnih delova zgrade. Korisno opterećenje definisano je standardom Evrokod 1 EN 1991-1 1:2002 [1], na osnovu kategorije upotrebe prostorija u stambenim i poslovnim zgradama. Opterećenje snijegom se računa prema evropskom standardu EN 1991-1-3:2003 [1] za krovove nagiba između 0 i 30 i aplicira se na konstrukciju u vidu jednakopodeljenog površinskog opterećenja.

Opterećenje vjetrom računa se prema evrokod standardu EN 1991-1-4:2005 [1] i nanosi se na konstrukciju kao površinsko opterećenje, nakon čega se konvertuje u linijsko opterećenje. Seizmičko opterećenje se računa pomoću softvera Tower 7.0 koji nudi opciju seizmičkog proračuna prema Evrokod standardu EN 1998-1:2004 [3] primenom multimodalne spektralne analize. Ulazni podaci kojima se raspolaže su sledeći:

Objekat se nalazi na tlu C kategorije

Odnos a/a_g jednak je 0,2

Koeficijent prigušenja jednak je 0,05

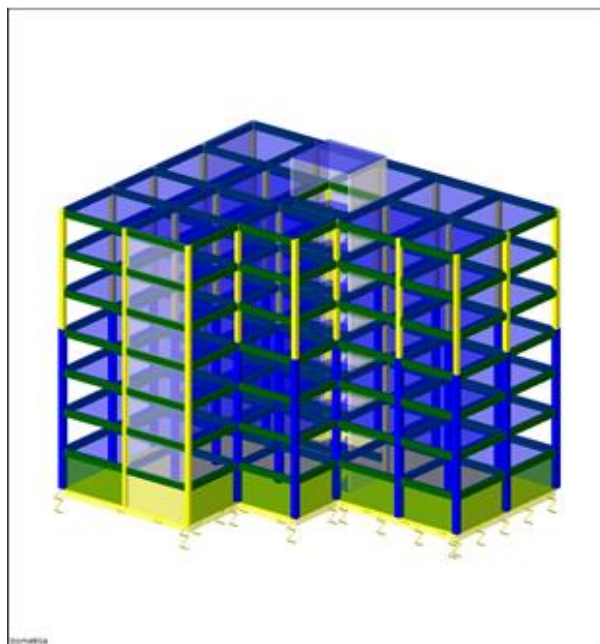
2.4. Modeliranje konstrukcije

Konstrukcija je modelirana kao prostorni model u programskom paketu Tower 7.0 tako što su u modelu definisane mehaničke i geometrijske karakteristike elemenata konstrukcije. Model se sastoji iz linijskih (grede, stubovi) i površinskih (ploče, zidovi) konačnih elemenata. Stubovima i gredinim elementima redukovana je torziona krutost na 10%. Takođe prema pravilniku gredama i zidnim platinama smanjujemo i savojnu krutost na 50%. Opterećenja su

aplicirana na model kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je mreža konačnih elemenata veličine 0.5 m. U softveru je omogućeno modeliranje interakcije konstrukcije i podloge putem Vinklerovog modela tla. Usvojena je vrednost koeficijenta posteljice 20000 kN/m³.

Pomoću softvera izvršena je modalna analiza na osnovu koje su dobijene dinamičke karakteristike konstrukcije (svojtvene vrednosti i oblici oscilovanja) koje služe za proračun seizmičkih sila koje deluju na konstrukciju. Seizmički proračun urađen je multimodalnom spektralnom analizom. Proračun konstrukcije izvršen je prema linearnoj teoriji elastičnosti tj. prema teoriji prvog reda.

Linearnom teorijom pretpostavlja se materijalna i geometrijska linearnost problema. Proračunom konstrukcije saglasno linearnoj teoriji elastičnosti dobijaju se rezultati koji uglavnom odgovaraju ponašanju armiranobetonske konstrukcije u graničnom stanju upotrebljivosti (eksploataciji), kada su elementi daleko od svog kapaciteta nosivosti, i nelinearne karakteristike ponašanja betona i čelika nisu izražene. Linearna teorija elastičnosti je dominantna u praksi iz razloga što daje dovoljno tačne rezultate, pod uslovom da se pravilno proceni krutost elemenata konstrukcije i korektno isprojektuju detalji (na ovaj način se „veštački“ obuhvata neelastičan rad materijala ili pojava prslina). Trodimenzionalni model konstrukcije prikazan je na slici 2.



Slika 2. 3D model konstrukcije

2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

U softverskom paketu Tower 7.0 izvršeno je dimenzionisanje odabranih ploča: temeljne ploče, krovne ploče i ploče tipskog sprata. Ploče prenose opterećenje u dva pravca, te su s toga armirane proračunskom armaturom u dva pravca i vođeno je računa o pravilima za armiranje. Projektnim zadatkom predviđeno je da se dimenzioniše po jedan ram u oba pravca, i to ram H2 za X pravac i ram V5 za Y pravac. Dimenzionisanje i armiranje je izvršeno saglasno evropskom pravilniku [1] [2] [3], prema uticajima mjerodavnih graničnih kombinacija. Za sve elemente konstrukcije predviđene su marke betona C25/30 i

C30/37, dok su svi elementi armirani rebrastom armaturom B500C.

2.6. Proračunske kontrole

Prema pravilniku [2] [3] neophodno je bilo uraditi sledeće kontrole konstrukcije:

- Kontrola normalizovane vrednosti aksijalnih sila u stubovima
- Kontrola normalizovane vrednosti aksijalnih sila u zidovima
- Kontrola napona u tlu
- Kontrola relativnog spratnog pomeranja

Nakon analize zaključeno je da konstrukcija zadovoljava uslove svih prethodno nabrojanih kontrola.

3. UTICAJ TORZIONIH EFEKATA NA SEIZMIČKI ODGOVOR KONSTRUKCIJA ZGRADA SAGLASNO EC8

3.1 Uvod

Poslednja oblast master rada predstavlja teorijski dio koji obrađuje temu uticaja torzionih efekata na seizmički odgovor konstrukcija zgrada saglasno EC8. Prema EC8, pored otpornosti i krutosti konstrukcije u dva pravca zahteva se torziona otpornost i krutost konstrukcije. Horizontalno seizmičko kretanje je fenomen u dva pravca, pa konstrukcija zgrade mora da bude sposobna da se odupre horizontalnim dejstvima u bilo kom pravcu. Da bi zadovoljili ovaj zahtjev raspoređujemo noseće elemente u osnovi međusobno ortogonalno, obezbeđujući slične karakteristike otpornosti i krutosti u oba glavna pravca. Izbor karakteristika krutosti konstrukcije treba da ograniči nastanak prekomernih pomeranja, koja mogu da dovedu do nestabilnosti usled efekata drugog reda ili do prevelikih oštećenja.

Osim bočne (fleksione) otpornosti i krutosti, konstrukcije zgrada treba da poseduju i adekvatnu torzionu otpornost i krutost sa ciljem da se smanji nastajanje torzionih pomeranja usled kojih dolazi do neravnomernog naprezanja, različitih konstrukcijskih elemenata. U tom smislu su u jasnoj prednosti konfiguracije u kojima su glavni noseći elementi, koji se suprotstavljaju seizmičkim dejstvima, raspoređeni bliže obimu zgrade.

Zašto je bitno obezbediti takav oblik osnove zgrade i raspored konstrukcijskih elemenata? Odgovor na ovo pitanje je da upravo pravilnim izborom dispozicije konstrukcije, a ujedno i pravilnim rasporedom konstrukcijskih elemenata sprečavamo pojavu velikog ekscentriciteta centra mase i centra krutosti, što za posledicu usled dejstva seizmičkih sila ima pojavu velikog momenta torzije koji deluje na našu konstrukciju, što dalje povlači za sobom kao posledicu velika pomeranja i uticaje, naročito u obodnim elementima konstrukcije (nepravilna dispozicija → veliki ekscentricitet → veliki moment torzije → velika pomeranja i uticaji).

Kod izbora zgrade u osnovi prednost je uvek na strani sažetih i simetričnih osnova. Dugačke, razučene, nesimetrične i nepravilne osnove treba izbegavati. Simetrija u osnovi zgrade je mera u pravcu postizanja jednostavnosti konstrukcije, ali i mera kojom se primarno doprinosi postizanju translatornog pomeranja tavanica (naspram rotacionog).

U odnosu na nesimetrične (kakav je i konkretan slučaj konstrukcije čiji je projekat obrađen u predhodnim poglavljima) ovakve zgrade se odlikuju povećanom seizmičkom otpornošću. Za nesimetrične osnove vrlo teško je obezbediti poklapanje centra mase i centra krutosti, što za posledicu ima torziranje zgrade u osnovi. Uticaji izazvani ovim torziranjem mogu biti vrlo značajni i čak, kod obodnih elemenata, prevazići uticaje translatornog pomeranja [7]. Na slici 3 prikazan je primer torziranja zgrade u osnovi.

Prema Evrokodu 8 [3] definisani su kriterijumi regularnosti konstrukcije dopunjujući načelne koji se odnose na simetričnost, uniformnost...

Pri tome konstrukcija i dalje može biti projektovana kao neregularna, ali uz uslov zadovoljenja strožijih uslova (na primer, manje vrednosti faktora ponašanja) i/ili nemogućnost korišćenja pojednostavljenih metoda proračuna (prostorni nasuprot ravanskom modelu; modalna analiza nasuprot metodi bočnih sila)

U narednom dijelu biće analizirano više različitih modela konkretne konstrukcije sa različitim rasporedima zidova za ukrućenje. Ideja je da se pokaže koliko utiče promjena položaja seizmičkih zidova za ukrućenje na pojavu torzionih efekata.

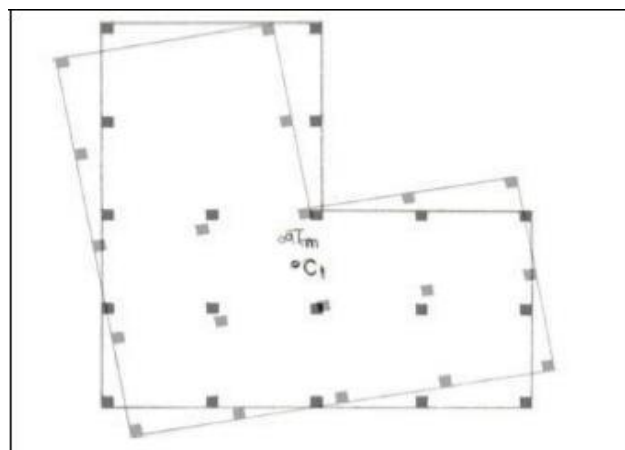
Plan je da se analiziraju zavisnosti i prikažu uporedni dijagrami promene kao rezultat analize ponašanja konstrukcije u zavisnosti od promjene položaja zidova za ukrućenje a da pritom ekscentricitet (rastojanje od centra mase do centra krutosti) ne bude bitno promijenjen.

Kao mjerodavani parametri za ponašanje konstrukcije usled torzionih efekata biće analizirani:

Pomijeranje etaža konstrukcije u dva međusobno ortogonalna pravca (X i Y pravac)

Analiziranje perioda oscilovanja konstrukcije za najuticajnije tonove

Oblici oscilovanja konstrukcije dobijeni primenom multimodalne spektralne analize

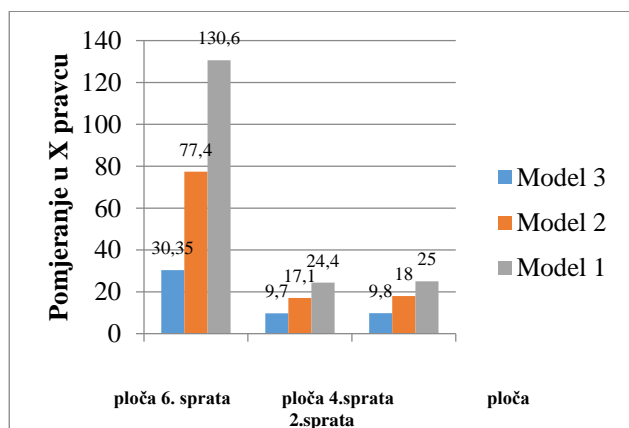


Slika 3. Torziranje zgrade u osnovi

3.2 Ponašanje konstrukcije u zavisnosti od promjene položaja seizmičkih zidova

Analizirana su tri modela konstrukcije sa različitim položajem seizmičkih zidova uz što minimalniju promjenu centra krutosti što je postignuto promjenom položaja zidova za ukrućenje od centra geometrije prema obimu objekta.

Na sledećem grafiku (slika 4) prikazana je promjena pomjeranja pojedinih etaža konstrukcije u zavisnosti od promjene položaja seizmičkih zidova.

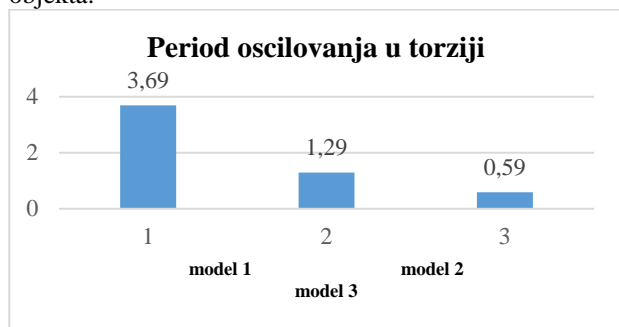


Slika 4. Grafik 1

Na osnovu grafika 1 (slika 4), analiziranjem pomjeranja vidimo da se pomeranje konstrukcije po etažama povećava kako se zidovi za ukrućenje približavaju centru geometrije objekta.

Razlog tome jeste što se za nepravilnu osnovnu geometriju seizmičkim djelovanjem na konstrukciju javlja torzioni moment koji izaziva velike sile i velika pomijeranja.

Na grafiku 2 (slika 5), možemo primjetiti pad perioda oscilovanja torzionog tona koji se javlja kao torziranje zgrade u osnovi time što se seizmički zidovi bliže obodu objekta.



Slika 5. Grafik 2

4. ZAKLJUČAK

Zaključak teorijskog dijela bio bi potvrda teorija koje su postavljene na početku ovog poglavlja. Analizom svih ovih modela, čiji su rezultati grafički prikazani dolazimo do sledećih zaključaka:

Zidovi orijentisani u X i Y pravcu sprečavaju translatorno pomeranje konstrukcije objekta ali nisu garancija da neće biti torziranja osnove zgrade i njenih nepovoljnih efekata u slučaju seizmičkog opterećenja.

Pored postojanja zidova X i Y pravca vrlo je bitan njihov raspored kako bi se sprečilo torziranje zgrade u osnovi.

Zidovi za ukrućenje, tačnije njihov položaj treba biti što udaljeniji od centra krutosti konstrukcije kako bi se suprotstavili što efikasnije torzionom momentu (idealna položaj jeste obodni deo konstrukcije).

Čak i manji ekscentriciteti sa nepovoljnim rasporedom seizmičkih zidova mogu da izazovu velike torzione efekte a samim tim veća pomeranja i veće uticaje, naročito u vertikalnim elementima koji se nalaze po obimu konstrukcije.

5. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije, Beograd, 2009.
- [2] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija, Beograd, 2009.
- [3] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Beograd, 2009
- [4] Dr. Zoran Brujić: "Materijal sa predavanja iz predmeta Betonske konstrukcije", Novi Sad 2015.
- [5] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić: "Armirani beton 3"- Građevinska knjiga, Beograd 2008.
- [6] S. Stefanović: Fundiranje, Naučna knjiga, Beograd 1989.
- [7] M. Čaušević: Dinamika konstrukcija, Tehnička knjiga, Zagreb 2010.

Kratka biografija:



Dejan Mitrović, rođen je u Sarajevu 1993. godine. Nakon završene srednje škole upisuje Fakultet tehničkih nauka, u Novom Sadu na odsjeku za građevinarstvo. Zvanje diplomiranog inženjera građevine stiče 2017. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Seizmička analiza konstrukcija je odbranio 2020. god.