

PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE ROBNE KUĆE PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA**THE PROJECT OF DEPARTMENT STORE REINFORCED CONCRETE BUILDING ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**Slađan Jović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U prvom delu rada prikazan je projekat armiranobetonske robne kuće spratnosti Po+Pr+4, a u drugom delu je analiziran uticaj torzionih efekata na seizmički odgovor konstrukcija zgrada po evropskim normama.

Ključne reči: Robna kuća, Evropski standardi, Uticaj torzionih efekata

Abstract – The first part of the work consist the project of department reinforced concrete building, basement + ground floor + 4 stories, and the second part consist analysis of the impact of torsion effects on the seismic response of building structures.

Ključne reči: Departement building, European standards, impact of torsion effects

1. UVOD

Projektom zadatkom predviđeno je projektovanje robne kuće, spratnosti Po+Pr+4. Konstruktivni sistem objekta je bezgredni, kod koga se ploče oslanjaju na stubove preko kapitela u vidu „drop panela“. Projektovanje zgrade urađeno je prema evropskim standardima. Lokacija predmetnog objekta je Novi Sad.

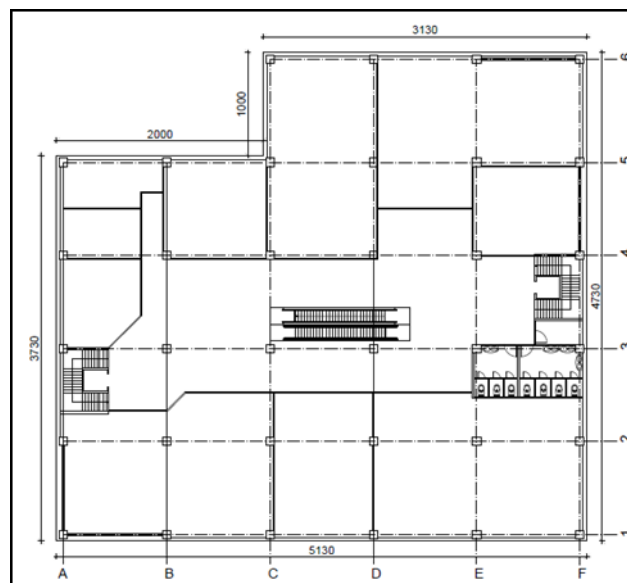
2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

Prema projektom zadatku projektovan je poslovni objekat (robna kuća), spratnosti dijelom Po+Pr (+0,20m)+4, a dijelom Po+Pr (+0,20m)+3, prema Evrokod standardu. Arhitektonskim rješenjem u podrumu je predviđena garaža sa 51 parking mjestom (7 mjesta za osobe sa invaliditetom) i tehničkom prostorijom ispod rampe. Prilaz u garažu je preko rampe u nagibu od 15%. Rampa se nalazi u gabaritima objekta. U objektu su predviđena 2 stepeništa i 2 lifta po obodu objekta, kao i pokretno stepenište u sredini objekta.

U prizemlju postoje 2 ulaza, glavni i sporedni koji služi za radnike i dostavu robe razne namjene. Sve etaže su predviđene za poslovne i kancelarijske prostore sa laganim pregradnim zidovima. Na svim etažama je predviđen toalet (muški i ženski), kako za zaposlene tako i za posjetioca. Na 3 spratu se nalazi krovna terasa, koja je predviđena da bude bašta u sklopu restorana i korištenje zaposlenih za vrijeme pauze.

NAPOMENA:

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



Slika 1. Osnova tipskog sprata

2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Konstrukcija je projektovana kao armirano betonski ukrućeni skelet, bez greda. Sva horizontalna opterećenja primaju projektovani zidovi za ukrućenje. Svi stubovi su isti (fasadni i unutrašnji) i promjenljivog poprečnog presjeka po visini objekta.

Dimenzije stubova u podrumu i prizemlju su $b*d=100*100$ cm, na I, II i III spratu $b*d=80*80$ cm, te na IV spratu $b*d=60*60$ cm. Dimenzije stubova su usvojene iz uslova dozvoljenih napona koje propisuje Evrokod.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao puna armiranobetonska ploča koja nosi u 2 pravca, debljine 30cm. Puna armiranobetonska ploča je oslonjena na stubove preko kapitela (drop panela). Dimenzije kapitela su $b*d*h=250*250*10$ cm i usvojene iz uslova probijanja ploče.

Zidovi za ukrućenje su debljine $d=20$ cm i orijentisani su u dva međusobno upravna pravca. Dimenzije zidova usvojene su iz uslova dozvoljenih napona koje propisuje Evrokod.

Objekat je fundiran na roštilju temeljnih greda obrnutog T poprečnog presjeka sa temeljnom pločom debljine 40cm. Ovim sistemom fundiranja maksimizirana je veličina kontaktne površine i maksimalno su smanjeni naponi u tlu, te izbjegnuta mogućnost probijanja ploče usljed velikog opterećenja koje se prenosi preko male površine.

Predviđena hidroizolacija je SikaProof sistem baziran na potpuno lijepljenim vodonepropusnim membranama fleksibilnog poliolefina (FPO) koji se koristi za hidroizolacije temeljnih ploča i drugih podzemnih konstrukcija. Ima veliku čvrstoću na zatezanje i istežanje pa veoma lako premošćava naprsline u betonu. Dozvoljeni napon u tlu iznosi 320 kPa. Klasa betona svih elemenata glavnog nosećeg konstruktivnog sistema je C30/37, dok je kvalitet armature svih elemenata B500C.

Fasadni zidovi se izvode kao kombinacija staklene i alubond fasade (Alumil M5, kombinacija staklene i ventilisane fasade). Aluminijska konstrukcija se postavlja na međuspratnu konstrukciju i fasadne stubove, te se na nju montira staklena obloga. Ovakve fasade imaju bolju izolaciju i jednostavno se izrađuju. Debljina, zajedno sa nosećom konstrukcijom je 20cm.

Svi pregradni zidovi rade se kao staklene pregrade sa aluminijskim profilisanim limom, osim zidova u mokrim čvorovima. Debljina staklenih pregradnih zidova zajedno sa aluminijskim profilima je 10cm. Karakterišu se kao lake pregrade, koje imaju mogućnost lakog premještanja. U izložbenim prostorima rade se od prozirnog stakla, a na ostalim dijelovima pjeskareno ili zamagljeno staklo. Zidovi toaleta izvode se od pune opeke debljine $d=12\text{cm}$.

Vrata u staklenim pregradnim zidovima izrađuju se od stakla, kao i pregradni zid. Na ulazu u objekat i nekim lokalima, rade se kao klizna vrata sa senzorima za samoootvaranje.

Obloga poda zavisi od namjene prostorije, pa se kao obloga poda u svim poslovnim prostorima i hodniku primjenjuje obloga od granitnih pločica odgovarajućeg kvaliteta i debljine, postavljene u sloju ljepila preko cementne košuljice. Kao obloga poda u toaletima primjenjuju se keramičke pločice u sloju ljepila. Podna obloga u garaži je fero-beton, bez ikakvog oblaganja. Obloga plafona se radi kao spuštenu plafon, kako bi se sakrili kapiteli (drop paneli) i instalacije ispod međuspratne konstrukcije.

Stepenište je formirano kao trokrako od 3 kose ploče i 2 međupodesta. Kosa ploča sa 2 međupodesta oslonjena je u statičkom sistemu koljenaste ploče, uklještena u zid. Stepenište se proteže kroz sve etaže, od podruma do IV sprata.

Na neprohodni krov izlazi se preko posebnih čeličnih merdevina. Debljina kosih ploča i međupodesta je 20cm. Dimenzije stepenika su usvojene iz uslova najefikasnijeg savladavanja spratne visine i ugodnosti pri penjanju. Dimenzije stepenika su iste na svim etažama i iznose $b/h=29/17,2\text{cm}$.

Osim ovog stepeništa projektovano je i pokretno stepenište (Schindler 9300) u sredini objekta. Sistem stepeništa je X oblika. Stepence su postavljene jedne naspram drugih i to u dvije grupe, za penjanje i silaženje.

2.3. Analiza opterećenja

Konstrukcije armiranobetonskih višespratnih zgrada je neohodno projektovati tako da mogu prihvatiti i preko temelja prenijeti uticaje od svih relevantnih opterećenja i njihovih kombinacija.

Opterećenja aplicirana na objekat:

- 1) Stalno opterećenje

- 2) Korisno opterećenje
- 3) Opterećenje od snijega
- 4) Opterećenje od vjetra
- 5) Seizmičko opterećenje

Stalno opterećenje je opterećenje koje ne mijenja intenzitet ili položaj djelovanja u toku eksploatacije objekta. Dijeli se u dvije grupe: sopstvena težina konstruktivnih elemenata i dodatno stalno opterećenje od nekonstruktivnih elemenata. Korisna opterećenja potiču od namjene za koju je konstrukcija projektovana i spadaju u promjenljiva opterećenja jer mogu mijenjati svoj položaj i intenzitet u toku eksploatacije objekta.

Opterećenje je definisano standardom Evrokod 1 EN 1991-1-1:2002, na osnovu kategorije upotrebe prostorija u stambenim, društvenim, trgovačkim i administrativnim zgradama. Opterećenje snijegom se računa prema evropskom standardu EN 1991-1-3:2003 za krovove nagiba između 0° i 30° i aplicira se na konstrukciju u vidu jednakopodijeljenog površinskog opterećenja.

Opterećenje vjetrom se računa prema Evrokod standardu EN 1991-1-4:2005 i nanosi se na konstrukciju kao površinsko opterećenje, nakon čega se konvertuje u linijsko opterećenje.

Seizmičko opterećenje se izračunava pomoću softvera Tower 7.0 u kome je programiran seizmički proračun i nudi nam opciju seizmičkog proračuna prema Evrokod standardu EN 1998-1:2004 primjenom multimodalne spektralne analize. Ulazni podaci za proračun seizmičkog opterećenja kojima se raspolaze su sledeći:

1. Objekat se nalazi na tlu C kategorije;
2. Odnos a/ag jednak je 0,2;
3. Koeficijent prigušenja jednak je 0,05.

2.4. Modeliranje konstrukcije

Prostorna konstrukcija je modelirana u softveru Tower 7 koji služi za statičku i dinamičku analizu konstrukcija. Prilikom modeliranja konstrukcije vođeno je računa o postizanju jednostavnosti modela kao i o što realnijem predstavljanju konstrukcije, što je podrazumevalo da se modeliranim elementima zadaju što realnije mehaničke i geometrijske karakteristike.

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 platnima 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 0,4 m. Tlo je predstavljeno Vinklerovim jednoparametarskim modelom tla, a vrijednost koeficijenta posteljice usvoje je 20.000 kN/m^3 . Pomoću softvera izvršena je modalna analiza na osnovu koje su dobijene dinamičke karakteristike konstrukcije (svojstvene vrednosti i oblici oscilovanja) koje služe za proračun seizmičkih sila koje deluju na konstrukciju.

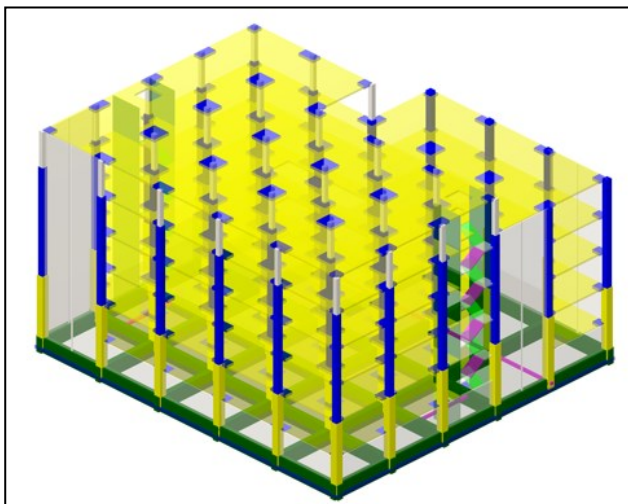
Seizmički proračun urađen je multimodalnom spektralnom analizom. Proračun konstrukcije izvršen je pomoću softvera Tower 7.0 metodom konačnih elemenata.

Proračun statičkih uticaja u statički neodređenim konstrukcijama zavisi od pravilnog proračunskog definisanja krutosti pojedinih elemenata/ presjeka. Krutost je u velikoj mjeri određena stanjem i razvojem prslina u elementu, ali i količinom čelika za armiranje u pojedinim presjecima.

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. Trodimenzionalni prikaz modela

2.5. Proračunske kontrole

Urađene su sledeće kontrole koje su predviđene pravilnikom:

1. Kontrola napona u tlu;
2. Kontrola normalizovane vrijednosti aksijalnih sila u stubovima;
3. Kontrola normalizovane vrijednosti aksijalnih sila u zidovima;
4. Kontrola relativnog spratnog pomjeranja;
5. Kontrola međuspratnih ploča na probijanje.

Na kraju sprvodenih svih predviđenih kontrola, zaključeno je da predmetna zgrada zadovoljava sve uslove.

2.6. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Primjenom softverskog paketa Tower 7.0 izvršeno je dimenzionisanje karakterističnih ploča: krovne, tipskog sprata (prvog), prizemlja i temeljne ploče. Korišćena je kompletna šema opterećenja čime softver automatski bira mjerodavnu kombinaciju u kojoj su uticaji najnepovoljniji i potreba za armaturom najveća.

Dimenzionisanje i armiranje je izvedeno prema pravilniku Evrokod. Ploče prenose opterećenje u dva pravca, te su s toga armirane proračunskom armaturom u dva pravca sa svim predviđenim pravilima za armiranje.

Težište gornje i donje armature svih ploča usvojeno je na $a=4,5\text{cm}$, osim kod temeljne ploče zbog povećanog zaštitnog sloja usvojeno je $a=6,0\text{cm}$.

Izvršeno je i dimenzionisanje svih elemenata za dva karakteristična rama, jedan u X i jedan u Y pravcu. Izabrano je da to budu ram u osi 6 (X – pravac) i ram u osi C (Y – pravac). Osim svih stubova i greda, izvršeno je i dimenzionisanje seizmičkog platna, koje se nalazi u sklopu rama u osi 6. Za sve elemente predviđena je marka betona C30/37, a armirani su rebrastom armaturom B500C.

3. UTICAJ TORZIONIH EFEKATA NA SEIZMIČKI ODGOVOR KONSTRUKCIJA ZGRADA PO EVROPSKIM NORMAMA EC8

3.1 Uvod

Poslednja oblast master rada je teorijski deo koji obrađuje temu uticaja torzionih efekata na seizmički odgovor konstrukcija zgrada saglasno EC8. Po evropskom standardu EC8 pored otpornosti i krutosti konstrukcije u dva pravca zahtjeva 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, tako da se obezbijede slične karakteristike otpornosti i krutosti u oba glavna pravca. Izbor karakteristika krutosti konstrukcije treba da ograniči nastanak prekomernih pomjeranja, koja mogu da dovedu do nestabilnosti usled efekata drugog reda ili do prevelikih oštećenja.

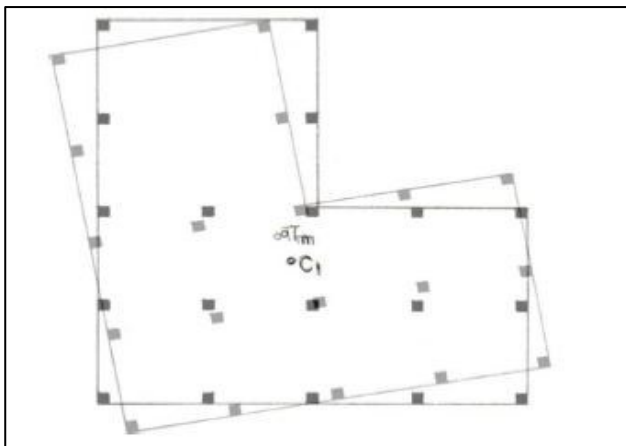
Osim bočne (fleksione) otpornosti i krutosti, konstrukcije zgrada moraju imati i adekvatnu torzionu otpornost i krutost kako bi se smanjilo nastajanje torzionih pomjeranja usljed kojih bi došlo do neravnomernog naprezanja, različitih konstrukcijskih elemenata. U prednosti su konfiguracije u kojima su glavni noseći elementi, koji se suprotstavljaju seizmičkim dejstvima, raspoređeni bliže obimu zgrade. Bitno je obezbediti takav oblik osnove zgrade i raspored konstrukcijskih elemenata, baš zbog toga što se pravilnim izborom dispozicije konstrukcije, a ujedno i pravilnim rasporedom konstrukcijskih elemenata sprečava pojav velikog ekscentriciteta centra mase i centra krutosti, što za posledicu usled dejstva seizmičkih sila ima pojavu velikog momenta torzije koji djeluje na našu konstrukciju, što dalje za sobom kao posledicu daje velika pomjeranja i uticaje, naročito u obodnim elementima konstrukcije, tj. nepravilna dispozicija će nam uticati na sledeće: veliki ekscentricitet, veliki moment torzije, a takođe dalje i velika pomjeranja i uticaje.

Kod izbora zgrade u osnovi prednost je uvek na strani sažetih i simetričnih osnova.

Dugačke, razučene, nesimetrične i nepravilne osnove treba izbjegavati. Simetrija u osnovi zgrade je mjera u pravcu postizanja jednostavnosti konstrukcije, ali i mjera kojom se primarno doprinosi postizanju translatornog pomjeranja tavanica (naspram rotacionog).

Ovakve zgrade se odlikuju povećanom seizmičkom otpornošću. Za nesimetrične osnove vrlo teško je obezbjediti poklapanje centra mase i centra krutosti, što za posljedicu ima torziranje zgrade u osnovi. Uticaji izazvani ovim torziranjem mogu biti vrlo značajni i kod obodnih elemenata, ne retko, prevazići uticaje translatornog pomjeranja.

Na slici 3 prikazan je primjer torziranja zgrade u osnovi.



Slika 3. Primjer torziranja zgrade u osnovi

Prema evropskim normama definisani su kriterijumi regularnosti konstrukcije dopunjujući načelne koji se odnose na simetričnost, uniformnost..., tako da 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)

Dalje će biti prikazano više različitih modela konkretne konstrukcije sa različitim rasporedima zidova za ukrućenje, i pokazaćemo koliko utiče promjena ekscentriciteta centra mase i centra krutosti, usljed različitih rasporeda zidova za ukrućenje na pojavu torzionih efekata. Plan je da se analiziraju sledeće zavisnosti i prikažu uporedni dijagrami promene kao rezultat analize:

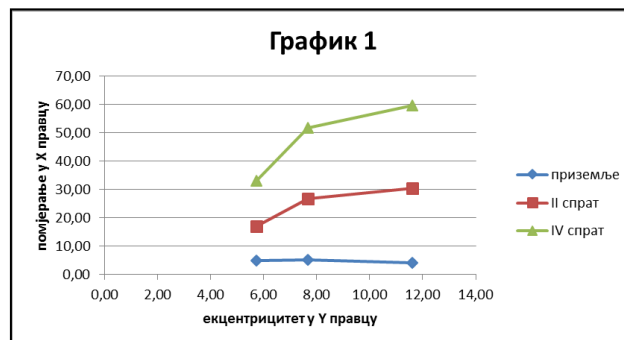
1. Prikaz ponašanja predmetne konstrukcije u zavisnosti od promjene ekscentriciteta (rastojanja od centra mase do centra krutosti) u X – pravcu.
2. Prikaz ponašanja predmetne konstrukcije u zavisnosti od promjene ekscentriciteta (rastojanja od centra mase do centra krutosti) u Y – pravcu.
3. Prikaz ponašanja predmetne konstrukcije u zavisnosti od promjene položaja zidova za ukrućenje u oba pravca, a da pri tome ekscentricitet (rastojanje od centra mase do centra krutosti) ne bude znatno promenjen.

Mjerodavni parametri koji će biti prikazani za ponašanje konstrukcije usljed torzionih efekata su: pomjeranje etaža

konstrukcije u dva ortogonalna pravca (biće prikazana pomjeranja u X i Y pravcu), periodi oscilovanja za prvih nekoliko uticajnih tonova i oblici oscilovanja konstrukcije.

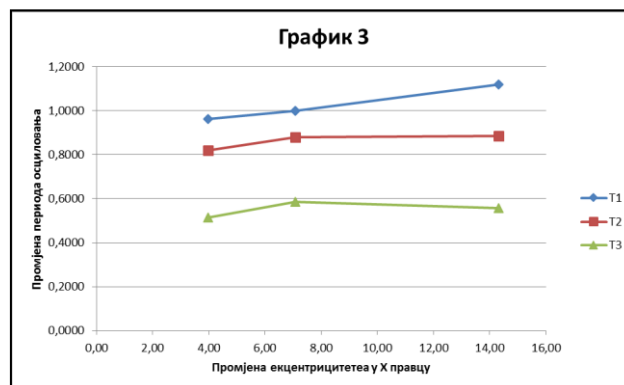
3.2 Ponašanje konstrukcije u zavisnosti od promjene ekscentriciteta u X odnosno Y pravcu

Analizirana su po tri modela konstrukcije za X pravac, odnosno Y pravac, sa različitim ekscentricitetom centra mase i centra krutosti, što je postignuto promenom položaja zidova za ukrućenje. Na sledećem grafiku (slika 4) prikazana je promena pomeranja pojedinih etaža konstrukcije u zavisnosti od promene ekscentriciteta.



Slika 4. Grafik promjene pomjeranja u X pravcu usljed promjene ekscentriciteta u Y pravcu

Na osnovu grafika (slika 4), analizom pomjeranja konstatovano je da se pomjeranje konstrukcije povećava sa povećanjem ekscentriciteta, što je i bilo očekivano. Razlog je što se povećanjem ekscentriciteta, povećava i moment torzije koji djeluje na konstrukciju, pa otuda i veća pomjeranja.



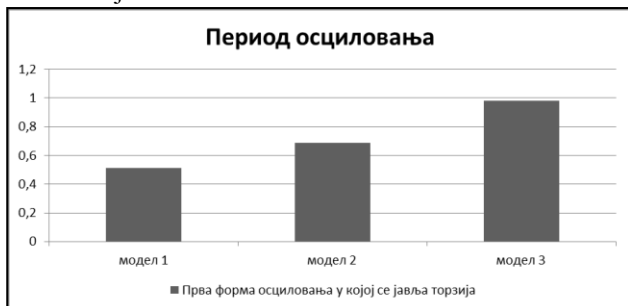
Slika 5. Grafik promjene perioda oscilovanja prva tri tona u zavisnosti od promjene ekscentriciteta u X pravcu

Na osnovu grafiku (slika 5), može se primjetiti promjena vrijednosti perioda oscilovanja trećeg tona, tako da je najveći period za drugi model, kome je duktilni zid u Y pravcu bliže sredini konstrukcije, a da se period smanjuje sa pomeranjem zida prema obodu konstrukcije.

Međutim, primjećeni porast perioda oscilovanja trećeg tona tj. torziranja objekta, nije značajan, a razlog tome je što torziranje zgrade u osnovi mogu da prihvate i zidove jednog pravca, tj. zidovi koji se nalaze po obodu konstrukcije i koji u najvećem dijelu sprečavaju torziranje zgrade u osnovi.

3.3 Ponašanje konstrukcije u zavisnosti od promjene položaja zidova u oba pravca

U ovom delu poglavlja, analizirana su tri modela konstrukcije sa različitim položajem zidova za ukrućenje u oba pravca, ali tako da se ekscentricitet znatno ne mijenja, tj. zidovi su pomjerani tako da su u isto vrijeme pomjerani svi zidovi (zidovi su u prvom modelu po obodu konstrukcije) prema unutrašnjosti i pri tome su analizirana pomjeranja, periodi oscilovanja i oblici oscilovanja konstrukcije.



Slika 6. Grafik promjene perioda oscilovanja prvog tona oscilovanja u kome se javlja torzija u zavisnosti od položaja zidova

Na osnovu grafika (slika 6), može se zaključiti da da je treći model po pitanju uticaja torzionih efekata na seizički odgovor konstrukcije najnepovoljniji iz razloga što su mu duktilni zidovi loše raspoređeni, tako da se kod ovoga modela već u prvom tonu oscilovanja javljaju uticaji torzije, a ne kao u prava dva modela u trećem tonu (što je očekivano za ovakve tipove konstrukcija i čemu se teži pri projektovanju).

Takođe, može se konstatovati da je i period oscilovanja za formu u kojoj se javljaju uticaji torzije najveći upravo kod trećeg modela.

4. ZAKLJUČAK

Analiziranjem navedenih modela koji su prikazani i grafički i numerički, došli smo do sledećih zaključaka:

- Zidovi koji su orijentisani u X i Y pravcu sprečice translatorno pomjeranje konstrukcije, ali ne znači da će ti isti zidovi spriječiti da dođe i do torziranja zgrade i nepovoljnih uticaja usljed torziranja. Što znači, da je za sprečavanje torziranja, veoma bitan raspored zidova.
- Položaj zidova mora biti što udaljeniji od centra kruto- sti kako bi oni bili efikasniji u pogledu suprotstav- ljanja torzionom momentu, tj. najbolje je da zidovi kojima se dominantno primaju torzioni uticaji budu locirani na obodu zgrade.

- Za sprečavanje pomjeranja u X pravcu, potrebni su nam zidovi koji su orijentisani u X pravcu, a za sprečavanje pomjeranja u Y pravcu, potrebno je da imamo zidove orijentisane u Y pravcu, što nije slučaj i kod torziranja. Uticaje torziranja mogu da prime i zidovi koji su orijentisani samo u jednom pravcu, što znači da nam je za prijem uticaja od torzije najbitnije da su zidovi dobro raspoređeni (bitan je krak tj. rastojanje između centra krutosti i zidova), a onda i broj i geometrija zidova.

5. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja na zgrade, Beograd, 2009;
- [2] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – deo 1-3: Dejstva snega, Beograd, 2009;
- [3] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije – deo 1-4: Dejstva vetra, Beograd, 2009;
- [4] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija – deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Beograd, 2006;
- [5] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija – deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade;
- [6] Zoran Brujić: „Materijal sa predavanja iz predmeta Betonske konstrukcije“.
- [7] Živorad Radosavljević, Dejan Bajić: „Armirani beton 3“, Građevinska knjiga, Beograd 2008.
- [8] S. Stefanović: Fundiranje, Beograd 1989;
- [9] M. Čaušević: Dinamika Kontrukcija, Zagreb 2010;
- [10] „Tower 7.0 Build 7321“ – Uputstvo za korišćenje programa;
- [11] „Arm CAD 6.0 Build 6103“ – Uputstvo za korišćenje programa

Kratka biografija:



Sladan Jović rođen je u Brčkom (Bosna i Hercegovina) 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Seizmička analiza konstrukcija odbranio je 2018.god.