

**PROJEKAT VIŠESPRATNE AB ZGRADE SPRATNOSTI Pr + 5
PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA****THE PROJECT OF MULTI STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING
ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**Dušan Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U prvom delu master rada je prikazan je projekat armiranobetonske zgrade spratnosti Pr+5, u drugom delu je prikazano poređenje kontrole probijanja ploča prema domaćim (BAB '87) i evropskim (Evrokod) propisima ploča direktno oslonjenih na stubovima.

Ključne riječi: Ariranobetonska zgrada, Evropski standardi, Poređenje kontrola na probijanje ploče direktno oslonjene na stubove prema domaćim i evropskim propisima.

Abstract – The first part of the work consist the project of reinforced concrete building, ground floor + 5 stories, and the second part consist flat slab (supported directly by columns) comparison of domestic (BAB '87) and European (Eurocod) regulations.

Key words: Reinforced concrete building, Eurocod, Flat slab supported directly by columns

1. UVOD

Rad obuhvata proračun AB zgrade prema evropskom standardu Evrokod. U radu je prikazan proračun konstrukcije, dimenzionisanje svih elemenata i planovi armature. Prilikom izrade master rada korišćeni su softverski paketi Tower 7.0, ArmCad 2005 i AutoCad 2017. Teoretski dio rada bavi se fenomenom probijanja ploča direktno oslonjenih na stubove. Akcenat je postavljen na samoj kontroli probijanja istih i urađena je paralalna analiza, poređenje pravila Evrokoda i BAB '87.

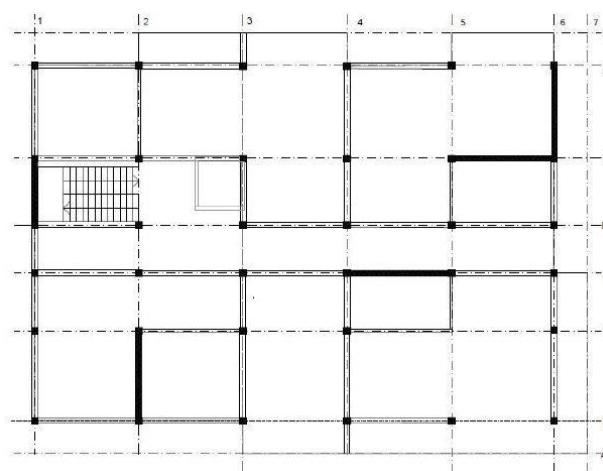
2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

Prema projektnom zadatku je urađen projekat armiranobetonske konstrukcije višespratne stambene zgrade spratnosti Pr+5. Projektuje se prema Evrokod standardu. Lokacija objekta je Novi Sad, RS. Fundiranje objekta je predviđeno na armiranobetonskoj temeljnoj ploči. Dozvoljena nosivost tla je 300 kPa. Konstruktivni sistem objekta čine međusobno upravni ramovi. U konstrukciji svi stubovi i zidovi su na temeljnu ploču direktno oslonjeni. Arhitektonsko rešenje je usvojeno tako da je spratna visina prizemlja 300 cm, takođe i spratna visina ostalih etaža 300 cm.

NAPOMENA:

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

Za vertikalnu komunikaciju u objektu projektovano je stepenište i lift. U prizemlju se nalazi poslovni prostor. Tipske etaže su stambeni prostor i svaka se sastoji od pet stambenih jedinica (slika 1).



Slika 1. Osnova objekta

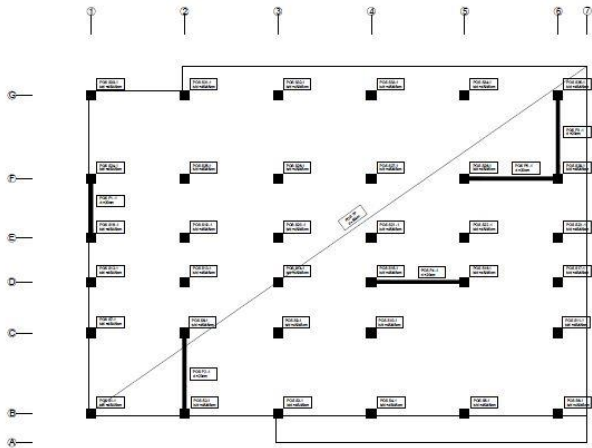
2.2. Konstruktivni sistem zgrade

U konstruktivnom smislu objekat je skeletna konstrukcija ukrućena armiranobetonskim zidovima (slika 2). Rasponi greda su različiti, pri čemu je najveći raspon 4,62 m pri čemu je poprečni presek svih greda 30/40 cm. Stubovi su različitih dimenzija i to: 45/45 u prizemlju i na 4 naredna sprata i dimenzija 40/40cm na poslednjem spratu.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto-armiranih ploča u oba pravca, debljine $d = 20$ cm. Ploča krova (V-etaža) je debljine takođe $d = 20$ cm.

Zidovi za ukrućenje su orijentisani u dva međusobno upravna pravca i debljine su $d = 20$ cm, raspoređeni na takav način da imaju najveću efikasnost u smislu torzione krutosti konstrukcije.

Stepenište je formirano kao dvokrako, koje se sastoji od dve kose ploče (krakovi) i ploče međupodesta. Debljina svih ploča stepeništa je $d = 20$ cm. Stepenište je pozicionirano između dva AB zidna platna. Ploča međupodesta je oslonjena na AB platno. Kose ploče se oslanjaju na međuspratnu tavanicu i na ploču podesta. Širina stepenišnog kraka iznosi $B = 120$ cm, dok širina međupodesta iznosi $B = 120$ cm. Dimenzija stepenika u podrumu su $b/h = 28/17$ cm.



Slika 2. Dispozicija ramova

Fundiranje objekta je urađeno na temeljnoj ploči debljine $d = 60$ cm. Na istu direktno su oslonjeni svi stubovi i zidovi. Ispod temeljne ploče nasipaju se redom šljunak debljine 30 cm, podložni beton ($d = 8$ cm) i zaštitni beton ($d = 5$ cm) za hidroizolaciju koja se nalazi između podložnog i zaštitnog betona.

Klasa betona svih AB elemenata glavnog nosivog konstruktivnog sistema je C30/37, dok je kvalitet armature svih elemenata B500H.

Dozvoljeni napon u tlu iznosi 300 kPa.

2.3. Analiza opterećenja

Prilikom projektovanja i analiziranja opterećenja vođeno je računa o svim relevantnim opterećenjima koja mogu da utiču na konstrukciju u toku eksploatacionog veka. Opterećenja koja deluju na objekat su podeljena su na sledeće grupe:

- Stalno opterećenje
- Korisna opterećenja
- Opterećenje od snega
- Opterećenje od vetra
- Seizmička opterećenja

Stalno opterećenje je ono koje potiče od sopstvene težine svih konstruktivnih (automatski generisano u softveru kao stalno opterećenje) i nekonstruktivnih (dodatno stalno) delova objekta.

Korisno opterećenje je ono koje proizilazi iz same namene objekta tj. iz namene pojedinih delova objekta. Drugim rečima u zavisnosti za šta je planirana konstrukcija i opterećenja će biti za tu namenu izračunata i naneta. Ovo opterećenje je definisano standardom Evrokod 1 EN 1991-1-1:2002, a na osnovu kategorije upotrebe prostorije u stambenim, društvenim, trgovačkim i administrativnim zgradama.

Opterećenje snegom se računa prema evropskom standardu EN 1991-1-3:2003 za krovove nagiba između 0° i 30° i aplicira se na konstrukciju u vidu jednako podeljenog površinskog opterećenja.

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

imati na umu da površinsko opterećenje vetrom se ne nanosi samo na elemente upravno na pravac koji duva već i na druge elemente paralelno na pravac duvanja, tako i na krov. Program Tower 7.0 sam, na osnovu površinskog opterećenja koje je naneto na konstrukciju, generiše i svodi na linijsko.

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 primenom multimodalne spektralne analize. Ulazni podaci za proračun seizmičkog opterećenja kojima se raspolaze su sledeći:

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

2.4. Modeliranje konstrukcije

Objekat je prostorno modeliran u softverskom paketu Tower 7. Prilikom modeliranja vođeno je računa o postizanju jednostavnosti modela i o što realnijem predstavljanju konstrukcije. Elementima su se zadate mehaničke i geometrijske karakteristike koje najbliže opisuju stvarnu konstrukciju.

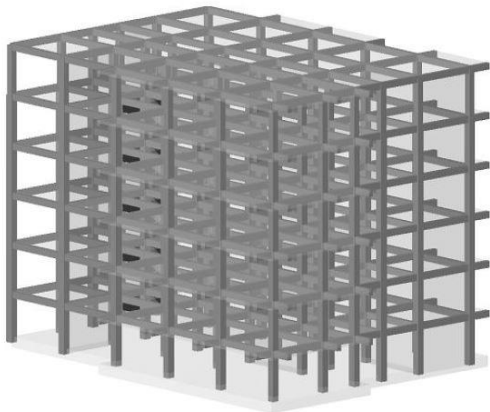
Međuspratne tavanice su definisane kao pune armirano-betonske (AB) ploče. Odlikuju se apsolutnom krutošću u svojoj ravni, što kao posledicu ima izjednačena pomeranja svih vertikalnih elemenata u nivou tavanice. Pod AB pločama podrazumijevaju se ravni površinski nosači male debljine u odnosu na ostale druge dve dimenzije, a dominantno opterećenje na svoju ravan – savijanje. Definisane su kao tanke ploče kod kojih se uticaj transverzalnih sila može zanemariti. Usvojena debljina svih međuspratnih tavanica je $d = 20$ cm.

Prilikom proračuna površinski element ploče se zamenjuje mrežom konačnih elemenata zadate veličine 0,5 m, pri čemu softver automatski generiše mrežu konačnih elemenata. Za temeljnu konstrukciju usvojena je temeljna ploča debljine $d = 60$ cm. Ovaj način temeljenja ima prednost jer se maksimizira kontaktna površina između objekta i tla, i samim tim smanjuje naprezanje tla. Oblik ploče definisan je oblikom osnove objekta, pri čemu je temeljna konstrukcija veća za 60 cm na svaku stranu od spoljašnje ivice fasadnih zidova. Definisana je kao debela ploča, što znači da se uzimaju u obzir i uticaji transverzalnih sila na deformaciju nosača. Unutrašnji zidovi i stubovi su direktno oslonjeni na temeljnu ploču. Mehaničke karakteristike temeljne ploče su definisane putem marke betona.

Ramovske konstrukcije su formirane u poprečnom i podužnom pravcu. Čine ih stubovi, grede i AB zidovi za ukrućenje zgrade. Stubovi su različitih dimenzija u prizemlju, tipskim spratovima i poslednjem spratu. Grede su dimenzija 30/40 cm u svim spratovima. Prilikom numeričkog modeliranja greda, da bi se obuhvatio uticaj prslina na krutost elemenata, redukovana je savojna krutost istih na 50%, dok je torziona krutost svedena na 10% krutosti neisprskalih preseka. I stubovi i grede su modelirani kao linijski elementi, dok su AB zidovi za ukrućenje modelirani kao površinski elementi debljine $d = 20$ cm. Zidovima za ukrućenje redukovana je savojna krutost na 50%.

Dvokrako stepenište, koje se sastoji od podesta i kosih ploča, modelirano je pomoću površinskih konačnih elemenata u sklopu prostornog modela cele konstrukcije. Ploča međupodesta je oslonjena na AB platno po jednoj dužoj ivici i na AB zidove po dve kraće ivice. Debljina svih ploča stepeništa je $d = 20$ cm.

Trodimenzionalni model objekta prikazan je na slici 3.



Slika 3. Trodimenzionalni prikaz modela

2.5. Proračunske kontrole

Pri izradi projekta konstrukcije, urađene su sledeće kontrole koje su predviđene pravilnikom:

1. Kontrola napona u tlu;
2. Kontrola normalizovane vrednosti aksijalnih sila u stubovima;
3. Kontrola normalizovane vrednosti aksijalnih sila u zidovima;
4. Kontrola relativnog spratnog pomeranja;
5. Kontrola na probijanje temeljne ploče.

Na osnovu sprovedenog proračuna je konstatovano da konstrukcija zadovoljava sve propisane uslove.

2.6. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Za dimenzionisanje elemenata konstrukcije korišćena je kompletna šema opterećenja, pri čemu a softver (Tower 7.0) automatski bira merodavnu 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 i armirane proračunskom armaturom u dva pravca. Težište gornje i donje armature svih ploča usvojeno je na $a = 5$ cm, osim kod temeljne ploče gde je $a = 10$ cm. Izvršeno je i dimenzionisanje svih elemenata za dva karakteristična rama, jedan u X (Ram B) i jedan u Y (Ram 1) pravcu. Osim svih stubova i greda, izvršeno je i dimenzionisanje seizmičkih platna, koja se nalazi u sklopu predmetnih ramova. Za sve elemente predviđena je marka betona C30/37, a armirani su rebrastom armaturom B500H.

3. POREĐENJE DOMAĆIH I EVROPSKIH PRAVILNIKA PO PITANJU KONTROLE PROBIJANJA DIREKTNO OSLOJENIH PLOČA

3.1 Uvod

U opštem slučaju problem se javlja kada je ploča opterećena teretom velikog intenziteta na maloj površini, i/ili kada je oslonjena na stub male površine. Ovde je

razmatran problem konkretno vezan za zgradarstvo. Lom probijanjem se dešava usled prekoračenja napona smicanja u ploči i to po koničnoj ili piramidalnoj površi a najčešće po površi koja je između konične i piramidalne.

Dodatni problem je i činjenica da je praksa pokazala značajna odstupanja od idealizovanih (koničnih ili piramidalnih) površi prilikom loma.

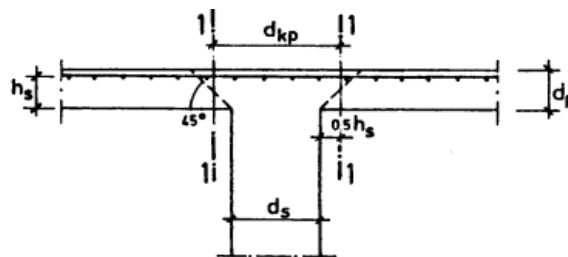
Opšti princip kontrole i eventualnog osiguranja ploča od probijanja je proračun smičućeg napona u referentnom preseku/presecima i upoređivanje istog sa referentnim naponima pri čemu su moguće 3 situacije:

- Betonski presek može da primi uticaje smicanja izazvane poprečnim opterećenjem i nije potrebna dodatna armatura (poprečna) za prihvatanje napona smicanja
- Betonski presek ne može da primi uticaje smicanja izazvane poprečnim opterećenjem i potrebna je dodatna armatura za prihvatanje napona smicanja
- Nivo smičućeg napona je takav da, mora biti korigovan betonski presek dimenzije, klasa betona.

3.2 Kontrola i osiguranje probijanja

Prema domaćem pravilniku proračunska kontrola je bazirana na teoriji dopuštenih napona, odnosno smičuće napone dobijamo usled eksploatacionog opterećenja i upoređujemo se dopuštenim naponima. Nasuprot domaćim propisima, prema Evrokod standardu, kontrola napona na smicanje određuje se primenom teorije graničnih stanja.

BAB '87 definiše da bez obzira na poprečni presek stuba, smičuća površ ima konični oblik, dok se dodatno ista, radi jendostavnosti proračuna, aproksimira kao cilindrična (slika 4). Napon se kontroliše u kritičnom preseku čiji je položaj prikazan na Slici 4.

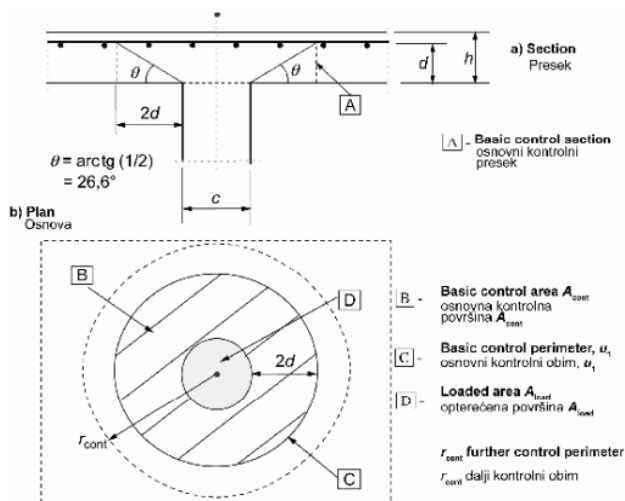


Slika 4. Kritičan presek stuba poprečnog preseka d_s prema BAB '87

Domaći propisi proračun probijanja ploče rade za kružni poprečni presek stuba, a u slučaju stuba pravougaonog poprečnog preseka stuba (b/d) uvodi se (BAB '87) ekvivalentni kružni presek.

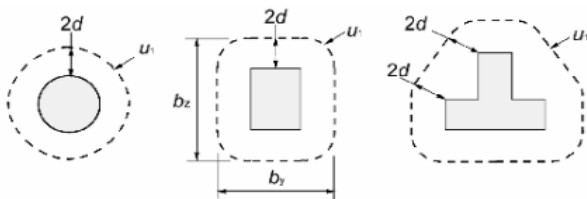
Po domaćim propisima za proračun kontrole probijanja ploča imamo samo jedan kontrolni presek i na osnovu njega se kontrolišu naponi i usvaja potrebna armatura.

Po Evrokodu potrebno je proveriti napon pri smicanju na ivici stuba i na kontrolnom obimu u_1 a ukoliko je potrebna armatura za osiguranje probija u kontrolnom preseku u_1 potrebno je odrediti i naredni obim $u_{out,ef}$ u kome ista nije potrebna (slika 4.)



Slika 5. Položaj osnovnog i spoljašnjeg kontrolnog obima prema Evrokodu

Evrokod, za razliku od BAB '87, prilikom proračuna uzima u obzir i oblik poprečnog preseka stuba i to na način prikazan na Slici 6. Domaći propisi su podrazumevali da je kritična površina zapravo kružnog preseka i u slučaju kada je pravougaonog preseka stub, kritična oblast je ekvivalentna kružna.



Slika 6. Tipični osnovni kontrolni obim oko stubova različitih poprečnih preseka (Evrokod)

Domaći pravilnik u potpunosti ignoriše činjenicu mogućeg ekcentriciteta normalne sile unutrašnjih stubova, dok istu činjenicu Evrokod uvažava i uvodi u proračun. BAB '87 određuje potrebu za armaturom na osnovu 75% posto ukupne sile probijanja.

I Evrokod predviđa da se ukupna nosivost $v_{Rd,cs}$ (beton+arm. savijanja+arm. smicanja) računa kao 75% $v_{Rd,c}$ (beton + armatura za savijanje) i nosivost armature za obezbeđenje probijanja.

Ukupna armatura za osiguranje proboja treba da se rasporedi na rastojanju $k*d$ (k – preporučena vrednost je 1,5, d – srednja statička visina dva međusobno upravna pravca) unutar posmatranog kontrolnog obima.

3.3. Primer iz programa Tower 7.0 - Temeljna ploča

Razlike između predmetih pravilnika su najlakše uočljive na sledećem primeru temeljna ploča:

Tabela 1. Karakteristike stuba i opterećenje

	BAB '87	Evrokod
Prečnik stuba	$ds = 45 \text{ cm}$	$c = 45 \text{ cm}$
Statička visina ploče	$hs = 62 \text{ cm}$	$ds = 62 \text{ cm}$
μ_{sr}	0,124%	0,124%
Kvalitet betona	MB 40	C 30/37
Normalna sila	1501,4 KN	1501,4 KN

Tabela 2. Rezultati proračuna probijanja ploče

	BAB '87	Evrokod
Kontrolni presek	$ds = 31 \text{ cm}$	$ds = 124 \text{ cm}$
Kontrolni obim	$hs = 354,5 \text{ cm}$	$hs = 959,1 \text{ cm}$
Smičući napon	0,683MPa	0,252 MPa
Max smičući napon	1,336 MPa	4,22 MPa
Max smičući napon (beton).	0,94 MPa	0,376 MPa

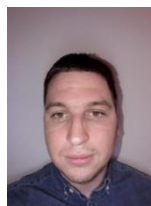
3.4. Zaključak

- BAB '87 kontroliše napon samo u jednom preseku i upoređuje sa dopuštenim naponima, dok se evrokod zasniva na upoređivanju graničnih vrednosti napona sa karakterističnim nosivostima.
- Evrokod uzima u obzir oblik poprečnog stuba pri računu kritičnog obima, dok domaći propisi su uzimali u obzir samo kružni presek ili ekvivalentni kružni presek.
- Evrokod uzima u obzir povećanje smičućeg napona usled ekscentričnosti normalne sile preko koeficijenta β , dok domaći pravilnik za ugaone i ivične stubove, pomenute efekte uzima u obzir grubo.
- Domaći pravilnik kontroliše maksimalni dozvoljeni napon u kritičnom preseku i usvaja armaturu, dok evropski standard isti napon kontroliše uz samu ivicu stuba, na kritičnom rastojanju i na rastojanju u kom više ne treba armatura. Udaljenjem od ivice stuba se smanjuje napon pa će maksimalni napon javiti uz samu ivicu stuba, pa je u skladu sa rečenim, i način kontrole prema Evrokodu je tačniji.
- Evrokod detaljnije vrši kontrolu na probijanje punih AB ploča direktno oslonjenih na stubove u odnosu na BAB '87.

4. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije
- [2] Deo 1-1: Zapremine težine, sopstvena težina, korisna opterećenja na zgrade Deo 1-3: Dejstva snega
- [3] Deo1-4: Dejstva vetra Beograd, novembar 2009
- [4] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade Beograd, februar 2006.
- [5] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija
- [6] Deo 1-1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade Beograd, novembar 2009
- [7] Vanja Alendar: Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija.
- [8] Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija Beograd, februar 2006
- [9] <http://www.radimpex.rs> – upustvo za Tower 7
- [10] Betonske konstrukcije u Zgradarstvu - Zoran Brujic

Kratka biografija:



Dušan Jovanović rođen je u Loznici (Republika Srbija) 1993. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Seizmička analiza konstrukcija odbranio je 2019.god.