

PROCENA STANJA, NADOGRADNJA I SANACIJA VIŠESPATNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU**ASSESSMENT, UPGRADE AND STRUCTURAL REPAIR OF MULTISTORY MASONRY RESIDENTIAL BUILDING IN NOVI SAD**Damjan Hristov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se sastoji od dve međusobno nezavisne celine. Prvi deo rada predstavlja teorijsko-istraživački deo sa temom “Tipovi međuspratnih tavanica kod starih zgrada”, gde su pobrojani svi tipovi, a detaljno opisani u polju primene, svojstava i vrsta najčešći tipovi – drvene tavanice i zidane tavanice u obliku svodova. Drugi deo vezan je za procenu stanja, nadogradnju i sanaciju višespratne zidane stambene zgrade u Novom Sadu.

Ključne reči: procena stanja, nadogradnja, sanacija

Abstract – This work contains two mutually independent parts. The first part presents theoretical research on the topic of “Types of ceilings (intermediate structures) in old buildings”, where are all types listed and detailed described in the field of application, properties and species most common types - wooden ceilings and masonry ceilings in the form of vaults. The second part is related to the assessment of condition, upgrade and repair of multistory masonry residential building in Novi Sad.

Key words: assessment of condition, upgrade, repair

1. UVOD

Radi povećanja korisne površine stambenog prostora, analizirana je mogućnost dogradnje postojećeg stambenog objekta, sa postojećih $Su+Pr+2+T$ na $Su+Pr+3+Pk$. Projektovani su svi potrebni elementi konstrukcije kojima se objekat dograđuje za 2 etaže, a nakon analize opterećenja, modeliranja konstrukcije i proračuna prema važećim propisima, predložene su odgovarajuće mere sanacije i pojačavanja elemenata nedovoljne nosivosti.

1.1 Cilj rada

Kako postojeća konstrukcija ne sadrži ni vertikalne ni horizontalne serklaže, a sve tavanice, osim tavanice prizemlja su drvene (meke) - time zaključujemo da je konstrukcija seizmički neotporna i da je cilj ovog rada povećavanje otpornosti zidane zgrade na dejstvo zemljotresa, odnosno, produženje „životnog veka“ konstrukcije. To se postiže uvođenjem armiranobetonkih vertikalnih i horizontalnih serklaža, kao i rekonstrukcijom drvenih tavanica u spregnute tavanice drvo-beton, koje su zadovoljavajuće veće krutosti. Pored osposobljavanja objekta za prijem sila zemljotresa, saniraju se podrumski zidovi oštećeni usled dejstva kapilarne vlage postavljanjem horizontalne i vertikalne hidroizolacije, konzolni stepenišni kraci, kao i fasada sa novom ETICS fasadom.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vlastimir Radonjanin.

2. TIPOVI TAVANICA KOD STARIH ZGRADA

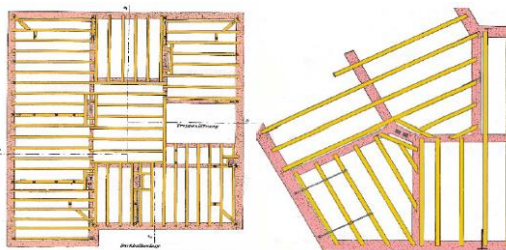
Neke od njih su:

- Drvene međuspratne konstrukcije
- Pruski svod
- Avramenko
- Kat
- Herbst

Pre pronalaska armiranog betona tavanice su se prvenstveno radile od drvenih greda ili kombinacijom opeke koja formira svod između čeličnih nosača, pa će one ovde detaljnije biti razrađene.

2.1 Drvene međuspratne konstrukcije

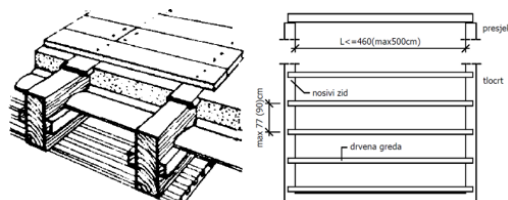
Prva rešenja konstrukcije međuspratnih tavanica bila su određena korišćenjem drvenih greda i gline. Same grede su rađene kao oblice i poluoblice od drveta i nazivaju se tavanjače, čiji raspored na osnovama vidimo na Slici 1.



Slika 1. Raspored tavanjača na različite (simetrične i asimetrične) osnove zida

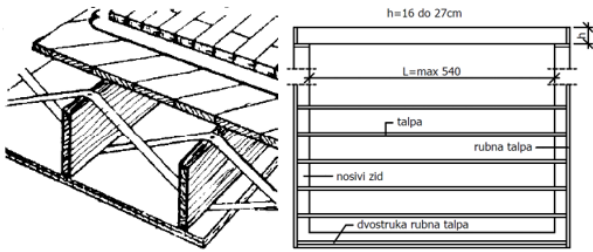
Drvene tavanice se izrađuju kao *potkrovne* (rede kao *krovne*) i kao *međuspratne*. Takođe možemo ih i sa aspekta *tipa* samih glavnih nosača razlikovati, pa tako imamo tavanice od: greda, talpi, industrijskih proizvoda.

Greda - racionalno ih je izvoditi za raspon do oko 5 m. Osovinska rastojanja masivnih greda iznose do 90(100) cm, a uskih greda 77 cm (Slika 2.).



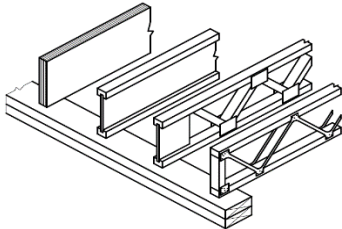
Slika 2. Izgled i dispozicija drvene tavanice od greda

Talpi – izvode se od talpi debljine 48 mm i visine od 16 do 27 cm. Rasponi ovakvih tavanica kreću se od 3 - 5.4 m (Slika 3.). Osovinska rastojanja između talpi prilagođena su dimenzijama ploča kojima se pokivaju sa gornje strane, te obično iznose 305, 405, 610 mm - najčešće 50 cm.



Slika 3. Izgled i dispozicija drvene tavanice od talpi

Industrijskih proizvoda – pored punog drveta za izradu tavanica koriste se i razni gotovi industrijski proizvodi (Slika 4.). Formiraju se na isti način kao i tavanice sa talpama, a nosivost, rasponi i veličine nosača određuju se prema uputstvima proizvođača.



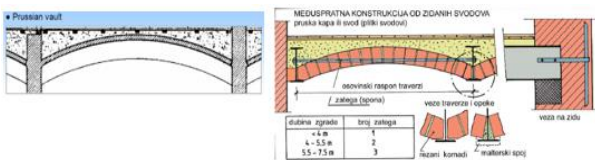
Slika 4. Drvena tavanica od industrijskih proizvoda

2.2 Plitki segmentni svod – „Pruski svod”

Svodovi su masivne tavanice povijenog oblika koje prenose opterećenje kosim pritiscima oslonaca na otporne zidove.

Da bi se u velikim prostorima obezbedila manja strela, onda se taj prostor mora izdeliti u manja polja koja se, svako zasebno, svode sa po jednim plitkim svodom (Slika 5.) ili tzv. pojasnim lucima. Ova podela se izvodi **zidanim lukovima** koji idu preko širine prostorije, u razamacima 2,5 -3 m, ili još bolje sa **čeličnim nosačima** koji se u cilju postizanja što manje konstrukcijske visine svoda raspoređuju u razmacima od oko 1 – 1.5 m. Kod **prve** varijante potisci svodova sa obe strane lukova odnosno pojasnih lučnih nosača, daju vertikalnu rezultantu i ovi su samo vertikalno opterećeni, osim u slučaju većih pokretnih opterećenja koja mogu dati i kosu rezultantu. Krajnja polja svoda prenose potisak na poprečne zidove.

Kod **druge** varijante, podela sa čeličnim nosačima, zidovi nisu potisnuti. Krajnja polja svodova dejstvuju potiskom na zidove na koje se oni oslanjaju. Ukoliko ti zidovi nisu dovoljno jaki, treba i za ove oslonce umetnuti po jedan čelični nosač - obično I profila, a može i U profil i vezati ga čeličnim stegama sa prvim ili sa prva dva susedna nosača.



Slika 5. Pruski svod (Pruska kapa)

3. PROCENA STANJA

Postojeći objekat, kao stambena zgrada u nizu, se nalazi u Novom Sadu u ulici Stevana Branovačkog broj 4. Godine 1936. izgradjen je kao privatna jednospratna zgrada, dok je 1941. izvedena nadogradnja drugog sprata, te je u toku eksploatacije objekta već vršena rekonstrukcija. Sprovedena je procena stanja, kojoj je prethodilo

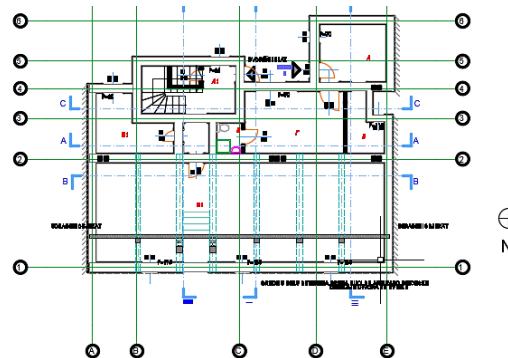
priavljanje postojeće projektno-tehničke dokumentacije. Pronađeni su crteži osnova i preseka. Zatim je usledio „terenski rad”, izlazak na sam objekat, uporedna analiza izvedenog stanja sa onim što je navedeno u pronađenoj projektnoj dokumentaciji i registrovanje postojećih defekata i oštećenja (Slika 6.). Svi registrovani defekti i oštećenja su praćeni foto-dokumentacijom. Na osnovu registrovanih defekata i oštećenja formiran je zaključak o stanju objekta.



Slika 6. Mrlje od kapilarnog upijanja vlage-zid u osi 3 (gore) i kristalizacija soli u podrumu-zid u osi 2(dole)

4. OPIS POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

Osnova predmetnog objekta je približno pravougaona, sa dvorišne strane je malo razuđenija od ose 4 do ose 6, najvećih dimenzija 15,00x12,61m i bruto uzidane površine 160m². Raspored konstruktivnih elemenata je definisan sa pet poprečnih (od A do E) i šest podužnih (od 1 do 6) osa, što je prikazano na Slici 7.



Slika 7. Osnova objekta

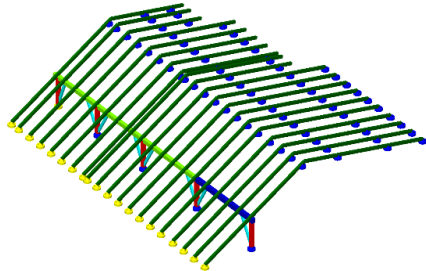
Objekat je fundiran na dubini od 345cm u odnosu na kotu uličnog trotoara i 160cm sa dvorišne strane. Postojeći temelji su trakasti od opeke starog formata sa betonskom nivelacionom stopom visine 15cm na koje su oslonjeni zidovi u poprečnom i podužnom pravcu. Širina temeljnih traka je 60,80,90cm.

Stambena zgrada ima podužni sistem konstruktivnih zidova koji nije ukrućen ni horizontalnim ni vertikalnim serklažima dok su na fasadnim i unutrašnjim zidovima urađene nadvratne i nadprozorne grede. Masivni konstruktivni sistem objekta čine zidani zidovi opekom debljine 42cm, 38cm i 25cm. Visina zidova suterena iznosi 257cm, a visina zidova prizemlja, prvog, drugog sprata je

340cm. Visina zidova tavana je promenljiva, prati nagib jednovodne krovne ravni. Najveća visina zidova tavana je 220cm, a najmanja 164cm. Međuspratne konstrukcije prvog, drugog sprata i tavana su drvene (ukupne visine 42cm) koje se oslanjaju na podužne zidove pružajući se same u poprečnom pravcu, dok je međuspratna konstrukcija prizemlja u delu između osa 1 i 2 armiranobetonska ploča debljine 15 cm oslonjena na AB grede dimenzija $b/d= 25/40$, $b/d= 30/40$ i $b/d= 30/32$ (dve spuštene grede kod ulaza) koje se pružaju u kraćem pravcu i oslonjene su na podužne zidove u osama 1 i 2, a u delu između osa 2 i 4 je to samo AB ploča debljine 15cm oslonjena na podužne i poprečne zidove. Podna ploča suterena je armiranobetonska, debljine 15cm, a u delu podrumskih prostorija suterena nema podne ploče, već je tu nabijena zemlja. Stepenište je dvokrako prefabrikovano betonsko, izvedeno konzolno, osim dva stepenišna kraka koji se nalaze između nivoa prvog i drugog sprata i nisu statičkog sistema konzole, već su ispod ta dva kraka urađene kolenaste grede oslonjene na zid u osi B i zid u osi C, čime ovi kraci zadovoljavaju aseizmičke propise. Krovna konstrukcija je drvena, a krovni pokrivač su salonit ploče. Krov je na jednu vodu sa padom prema dvorištu.

5. MODELIRANJE I PRORAČUN NOVOPROJEKTOVANE KONSTRUKCIJE

Konstrukcija objekta je modelirana u programu za analizu konstrukcija Tower 7.0. kao prostorni model (Slika 9.), korišćenjem linijskih (serklaži, grede, stubovi) i površinskih elemenata (zidovi i ploče). Opterećenja na model su aplicirana kao linijska, površinska i koncentrisana saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Novoprojektovana dvodvodna krovna konstrukcija je proračunata kao poseban model (Slika 8.), gde su razmatrana opterećenja stalno, vetar, sneg. Reakcije od krova su nanete na odgovarajuća mesta na objektu.

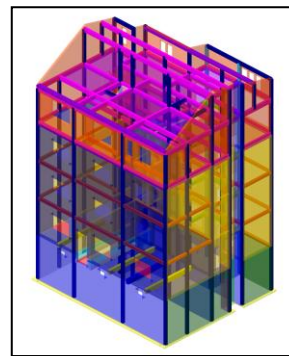


Slika 8. Krovna konstrukcija – model

Opterećenja od dejstva horizontalnih seizmičkih sila uzeta su da djeluju nezavisno u dva ortogonalna pravca kao posebni slučajevi opterećenja. Iskorišćena je opcija Tower 7.0. za automatsko generisanje seizmičkih sila nakon sprovedene modalne analize. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elemenata 0,25m).

5.1 Analiza opterećenja

Analizirana su sva opterećenja koja deluju na objektu. Tu spadaju stalno opterećenje (sopstvena težina objekta, dodatno stalno opterećenje), korisno opterećenje $p=2,0\text{kN/m}^2$ i $3,0\text{kN/m}^2$ -stepenište, opterećenje snegom $s=1,0\text{kN/m}^2$, opterećenje vetrom na krovnu konstrukciju, dato u jednom pravcu (sever-jug) i dva smera delovanja i seizmičko opterećenje, koje ima alternativno dejstvo, što znači da ima jednak intenzitet u jednom pravcu, a suprotan smer i deluje u dva pravca.



Slika 9. Prostorni model objekta iz softvera Tower 7

5.2 Statički proračun

Kao što je pomenuto konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 7.0. Veza objekta i podloge je modelirana pomoću elastičnih opruga po Vinklerovom modelu. Analiza dejstva horizontalnih opterećenja pretpostavlja nedeformabilnost tavanice konstrukcije u svojoj ravni. Statički proračun sproveden je na modelu kod kojeg su kombinovani linijski i površinski elementi. Svi elementi su armirani armaturom B500B. Korišćene je klasa betona C25/30.

5.3 Dinamički proračun

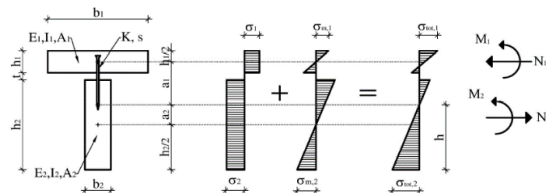
U proračunu je korišćena opcija Tower 7.0. za automatsko generisanje seizmičkih sila nakon sprovedene modalne analize. Objekat se nalazi u VIII seizmičkoj zoni, gde koeficijent seizmičnosti iznosi $k_s=0,05$. Objekat je smešten na II kategoriji tla.

5.4 Dimenzionisanje novih elemenata konstrukcije

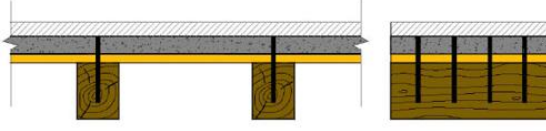
Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima prema граниčnom stanju nosivosti i uticajima mjerodavnih kombinacija opterećenja. Korišćena je klasa betona C25/30 i armatura B500B.

Drvene tavanice će biti rekonstruisane u spregnutu tavanicu drvo-beton. Za određivanje naprezanja u elastično spregnutim nosačima usvojen je i prikazan, po EC, pojednostavljen način proračuna spregnutih konstrukcija drvo-beton (Slike 10. i 11.), takozvani „ γ metod” ili „Gama postupak”. Proračun se bazira na izračunavanju *efektivne krutosti spregnutog preseka na savijanje*, gde se u proračun uvodi popustljivost spojnih sredstava preko modula pomerljivosti (K [N/mm]), na način da se položajni moment inercije betonskog dela preseka množi „ γ ” koeficijentom (faktorom redukcije koji uzima u obzir popustljivost veze drvo-beton), koristeći srednje vrednosti za E , prema izrazu:

$$(EI)_{eff} = (E_1 I_1 + \gamma_1 E_1 A_1 a_1^2) + (E_2 I_2 + \gamma_2 E_2 A_2 a_2^2)$$



Slika 10. Spregnuti presek i raspodela napona po visini

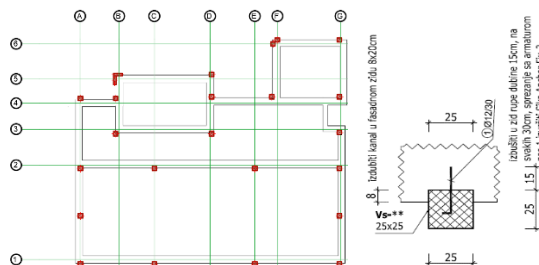


Slika 11. *Spregnuta tavanica drvo-beton sa prisustvom oplata kao međuslojem*

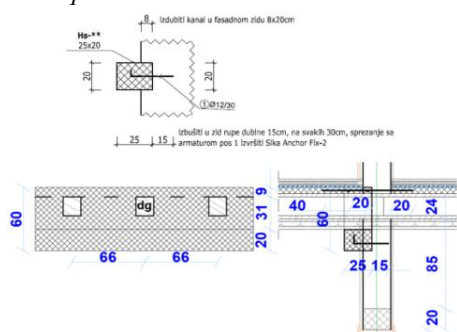
Betonsku ploču potrebno je armirati sa minimalnom armaturom radi ostvarenja duktilnosti preseka te smanjenja uticaja skupljanja i tečenja betona. Takođe je prikazan i proračun i dimenzionisanje nove FERT tavanice potkrovlja. Za postojeću AB tavanicu prizemlja i podnu ploču suterena prikazan je izveštaj dimenzionisanja iz TOWER 7 i usvojena armatura.

6. SANACIJA I OJAČANJE POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

Pored već opisane rekonstrukcije drvenih tavanica, kao što je u cilju rada rečeno, uvođenjem AB vertikalnih i horizontalnih serklaža adekvatno ćemo ukrutiti objekat seizmički. Raspored vertikalnih (4Ø14, UØ6/25, C25/30) u osnovi, koji se protežu od temelja do vrha objekta, kao i detalj vezivanja istih sa anker-fiksom za postojeći objekat vidimo na Slika 12., a detalj horizontalnih (4Ø12, UØ6/25cm, C25/30) na Slici 13.



Slika 12. *Raspored vertikalnih serklaža u osnovi i detalj*

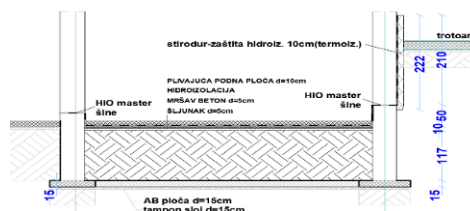


Slika 13. *Detalj veze unutrašnjeg i ostalih horiz. serklaža*

Sanacija stepenika će se izvršiti ojačanjem stepeništa sa betonskim gredama. Veza svakog stepenika sa gredom će se ostvariti na način da je u stepenik ubušena rupa - prostor za anker, nakon čijeg postavljanja se praznina popuni sa anker fiksom, dok se drugi kraj ankera usidri u novoprojektovanu gredu da bi se na taj način nakon izlivanja betona ostvarila predviđena veza.

Analizom gravitacionog opterećenja rađena je kontrola napona na spojnici temelj-tlo i utvrđeno je da su u svakoj temeljnoj traci **naponi u tlu** prekoračeni i da je neophodno pre svih radova sanirati temelje i na taj način obezbediti prenos opterećenja na znatno većoj površini, tj. umanjiti napone na kontaktnoj površini temelj-tlo. U radu je detaljnije razrađena jedna varijanta ojačanja temeljne konstrukcije, dok je drugo varijantno rešenje prikazano sa naglašenom izmenom temelja u osnovi.

Detalj hidroizolacije podrumskih prostorija vidimo na Slici 14.



Slika 14. *Hidroizolacije podužnih zidova i podne ploče*

7. ZAKLJUČAK

Nakon analize mogućnosti nadogradnje objekta sa postojećih Su+Pr+2+T na novih Su+Pr+3+Pk, uz određene mere sanacije i ojačanja konstrukcije, stvoreni su uslovi za njeno izvođenje. Ovim projektom broj stambenih jedinica povećao se sa postojećih 7(sedam) na 9(devet)-2 velika duplex stana, a time su zadovoljeni svi uslovi i potrebe investitora i budućih stanara.

8. LITERATURA

- [1] Petar K. Krstić: Arhitektonske konstrukcije 2.
- [2] V. Radonjanin, M. Malešev, T. Kočetov-Mišulić, R. Lekić: Materijal sa predavanja iz predmeta *Oštećenja i sanacije drvenih, čeličnih i zidanih konstrukcija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [3] V. Radonjanin, M. Malešev: Materijal sa predavanja iz predmeta *Trajnost i procena betonskih konstrukcija i Sanacija betonskih konstrukcija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [4] Tehničar 3: Naslovi: Drvene MK, Plitki pruski svod
- [5] Milan Kekanović, Dragoslav Šumarac, Dejan Gligović, Stanko Čorić, Zoran Kljajić: *Problemi u projektovanju i izgradnji ploča između katova*
- [7] Đuro Peulić: *Konstruktivni elementi zgrada I dio*, Zagreb
- [8] Božidar Đ. Milić: *Elementi i konstrukcije zgrada I dio*, Podgorica
- [9] Žorž Popović: *Zgradarstvo*, Beograd
- [10] Amir Čaušević, Neriman Rustempašić: *Rekonstrukcije zidanih objekata visokogradnje*, Sarajevo
- [12] EC8-Proračun seizmički otpornih konstrukcija

Kratka biografija:



Damjan Hristov rođen je u Beogradu 7. jula 1992. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo/ Konstrukcije – Oštećenja i sanacije drvenih, čeličnih i zidanih konstrukcija odbranio je 2019. god.