

**PROCENA STANJA I SANACIJA NOSEĆE AB KONSTRUKCIJE ZGRADE
RADNIČKOG UNIVERZITETA U NOVOM SADU OD II DO VII SPRATA**

**ASSESSMENT AND REPAIR OF BEARING RC STRUCTURE OF "RADNIČKI
UNIVERZITET" BUILDING IN NOVI SAD FROM THE 2nd TO THE 7th FLOOR**

Savo Starović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – Građevinarstvo

Kratka sadržaj – Rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom dijelu opisano je dejstvo požara na visoke objekte. U praktičnom delu je urađena procena stanja zgrade Radničkog Univerziteta u Novom Sadu. Kako bi se utvrdio stepen oštećenja i dao prijedlog sanacionih radova, sproveden je detaljan vizuelni pregled svih dostupnih elemenata konstrukcije. Zaključeno je da na AB elementima postoje brojni defekti i oštećenja. Na osnovu analize registrovanih defekata i oštećenja i rezultata nedestruktivnih metoda dat je predlog sanacionih mjera u cilju povećanja trajnosti AB konstrukcije.

Ključne reči: procena stanja, defekti, oštećenja, sanacija, dejstvo požara na visoke objekte

Abstract – The paper consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part deals with the effects of fire on high-rise buildings. The assessment of multi-storey "Radnički univerzitet" building, located in Novi Sad, was carried out in the practical part. In order to determine the level and cause of damages, as well as the type of repairing measures, the detail visual inspection of structural elements was undertaken. The large number of defects and damages has been detected. Based on the analysis of those damages and defects and nondestructive material testing, the repair measures were suggested in order to improve the durability of RC structures.

Keywords: assessment, defects, damages, repair, fire effects on high-rise buildings

1. DEJSTVO POŽARA NA VISOKE OBJEKTE

1.1. Inženjerstvo zaštite od požara

Bezbjednost zgrada od požara zavisi od mnogo faktora i zahtjeva sveobuhvatan pristup i istovremenu implementaciju prevencije i konstrukcionih mjera, uzimajući u obzir performanse materijala i sistemski rješenja za zgradu i njen omotač. U tom smislu, potrebno je da građevinski materijali i proizvodi budu izabrani, ugrađeni i održavani odgovorno i u skladu sa zakonskom regulativom. Savremene građevine moraju da budu održive, a u pogledu bezbjednosti od požara to znači da moramo graditi zgrade otporne na požar.

NAPOMENA:

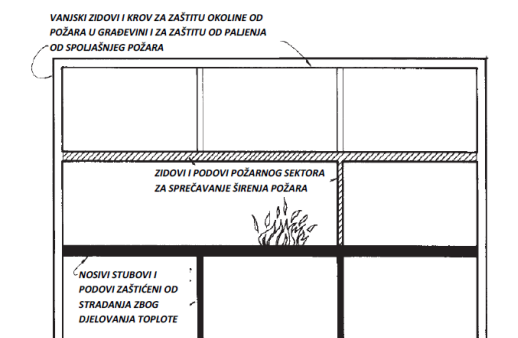
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red. prof.

Samo zgrade koje mogu da se odupru požaru, adaptiraju i oporave od požara i povrate svoje osnovne funkcije u vremenski optimalnom roku i na efikasan način, mogu da doprinesu održivoj budućnosti urbanih prostora [1]. Prilikom projektovanja i građenja objekta mora se osigurati i zaštita od požara koja treba biti integrisana u proces projektovanja od samog početka. Budući da se vrlo često nastanak požara vezuje za neispunjenost adekvatnih preventivnih mjera, kroz planiranje, projektovanje i izgradnju važno je da svi uključeni u projektovanje zgrade - arhitekte, inženjeri, dizajneri enterijera, budu svjesni pitanja bezbjednosti od požara u svakoj fazi procesa.

U slučaju požara, dobar proračun građevine i njeno održavanje su od ključnog značaja u omogućavanju bezbjedne evakuacije ljudi, ali i ograničavanju širenja požara na minimalnu moguću mjeru, te osiguranju bezbjednog pristupa gasiocima i spasiocima. Najbolja rješenja uzimaju u obzir specifični dizajn svake građevine te način na koji je njeni stanari koriste, kombinujući pri tome aktivne i pasivne mjere, u holističkom pristupu.

1.2. Pasivne mjere zaštite od požara

Pasivna zaštita objekata od požara obuhvata mjere zaštite od požara koje se odnose na konstrukciju i omotač građevine, te njenu podjelu na požarne sektore. Pasivne mjere zaštite mogu se posmatrati kroz: strukturnu zaštitu (zaštita elemenata noseće konstrukcije od uticaja toplote), podjelu zgrade na požarne sektore (podučja otporna na vatru i dim) i zaštitu koju pruža omotač zgrade (okolni zidovi i krov) - Slika 1. Požarni zidovi su jedno od najefikasnijih rješenja za zaštitu objekta od požara jer sprečavaju širenje vatre i dima unutar jednog objekta (ili požarnog sektora), između različitih objekata, ali i objekta i zapaljivih materijala koji mogu biti u njegovoj blizini ili postavljeni na fasadu [2].



Slika 1 – Pasivna zaštita objekata od požara

1.2. Aktivne mjere zaštite od požara

Aktivna zaštita od požara odnosi se na kontrolu požara djelovanjem neke osobe ili automatskog uređaja. Sprovođenje aktivnih mjera podrazumijeva ugradnju i održavanje uređaja za detekciju požara i alarmiranje, sistema za kontrolu dima i vatre, ugradnju stacionarnih sistema za zaštitu od požara, kontrolu opasnih sadržaja i instalisanje sistema (centrale) za upravljanje zaštitom od požara [2] - Slika 2.



Slika 2 – Sistemi aktivne zaštite od požara

3. PROCJENA STANJA OBJEKTA

3.1. Opis konstrukcije

Zgrada "Novosadskog Radničkog univerziteta" nalazi se u ulici Vojvodanskih brigada broj 7. u Novom Sadu, projektovana je 1962. godine, a gradnja objekta je završena 1966. godine. Objekat se sastoji iz suterena, prizemlja, međusprata i 13 spratova. Dana 06.04.2000. godine, zgrada je zahvaćena požarom. Požar je izbio na XII spratu i vrlo brzo je zahvatio poslednjih 6 spratova zgrade (VIII - XIII sprat). Usled požara koji je trajao oko 6 sati i koji je uglavnom gašen vodom, oštećena je noseća konstrukcija objekta i delimično ili potpuno uništena fasada, enterijer i instalacije na spratovima zahvaćenim požarom. Nakon lokalizacije požara i raščišćavanja terena, u toku 2000. godine urađena je procjena stanja AB konstrukcije objekta i, na osnovu iste, sledeći radovi: 1) Demontaža kompletne konstrukcije fasade, 2) Uklonjena je bravarija i svi prozori, 3) AB elementi na spratovima koji su bili izloženi dejstvu visokih temperatura (VIII-XII sprat) su sanirani. Ovako "otvoren" objekat (Slika 3) je 20 godina bio izložen dejstvu atmosferilija, pa je, u cilju utvrđivanja trenutnog stanja konstrukcije, sa aspekta stabilnosti, nosivosti i trajnosti i vraćanja u stanje funkcionalnosti, potrebno uraditi procjenu stanja objekta, što je tema ovog rada.



Slika 3 – Nekadašnji i sadašnji izgled zgrade Radničkog Univerziteta



Konstrukciju objekta čine armiranobetonski skelet sa rasterom stubova od 6m u oba pravca i armiranobetonski zidovi u dijelu stepenišnog prostora. Dimenzije objekta u osnovi su cca 30x15m, a visina je 54m. Spratne visine u objektu su: suteran 2,6m, prizemlje 6,0m, I sprat 6,0, II - XIII sprat 3,5m.

3.2. Procjena stanja – vizuelni pregled objekta

Vizuelnim pregledom konstrukcije obuhvaćeni su svi spratovi koji nisu bili zahvaćeni požarom a to su prizemlje, i spratovi od I do VII sprata. Elementi koji su bili podvrgnuti vizuelnom pregledu su stubovi, zidna platna, poprečne/podužne grede, i međuspratna sitnorebrasta konstrukcija.

Vizuelnim pregledom detektovan je veliki broj defekata koji potiču iz perioda građenja objekta (mala debljina zaštitnog sloja betona, linijska segregacija na mjestima spojeva oplata, betonska gnijezda, geometrijske imperfekcije i nepravilno izvedeni prekidi betoniranja) i oštećenja koja su se razvila usled višegodišnje izloženosti objekta atmosferilijama i usled nabrojanih defekata (korozija armature i, posledično, oštećenja betonskih presjeka elemenata). Na narednim slikama (4-9) ilustrovani su ovi defekti i oštećenja.



Slika 4 – Betonsko gnijezdo u donjem dijelu stuba i vidljiva korodirala armatura (lijevo); mala debljina zaštitnog sloja betona i vidljiva armatura sa površinskom korozijom (desno)



Slika 5 – Opšti izgled zidnog platna u osi 11 na III spratu i detalj: rupa u zidu, veće betonsko gnijezdo, površinska korozija armature



Slika 6 – Nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, vidljive korodirale uzengije na donjoj površini poprečne grede, nataložene naslage na donjoj površini



Slika 7 – Odvaljeni donji delovi rebara, ogoljena armatura zahvaćena korozijom, podužna pukotina cijelom dužinom ploče tavanice sa izluživanjem



Slika 8 – Betonsko gnijezdo cijelim obimom rebra, šupljikav beton, vidljiva korozija armature



Slika 9 – Rupe sa okolnim otpadanjem betona, jaka korozija armature u zonama rupa

3.2. Nedestruktivna ispitivanja kvaliteta betona

Naknadno - kontrolno ispitivanje čvrstoće betona pri pritisku izvršeno je primjenom nedestruktivne metode ispitivanja (metoda sklerometra).

Statističkom obradom rezultata ispitivanja površinske tvrdoće betona zaključeno je sledeće:

- Srednja vrijednost računске čvrstoće betona pri pritisku za sva AB platna iznosi 65,6MPa, a za AB stubove 72,2MPa.

- Za vrijednosti čvrstoće pri pritisku dobijene metodom sklerometra za AB platna, standardna devijacija iznosi $\pm 8\text{MPa}$, odnosno $\pm 11,5\text{MPa}$ za AB stubove. Na osnovu ovoga se može usvojiti, kao najnepovoljniji slučaj, da računске srednje vrijednosti čvrstoće betona pri pritisku iznose 57,6MPa za AB platna, odnosno 60,7MPa za AB stubove.

Za određivanje stanja zaštitnog sloja betona sa aspekta zaštite armature od korozije, odabrana je kolorimetrijska metoda pomoću fenol-ftaleina. Na osnovu prikazanih rezultata mjerenja dubine karbonatizovanog sloja AB elemenata, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Na AB stubovima debljina karbonatizovanog sloja iznosi 0mm, tako da front karbonatizacije nije ugrozio armaturu,
- Na aseizmickim AB platnima debljina karbonatizovanog sloja iznosi minimalno 10mm, koliko je i dubina odštemanog sloja betona, tako da je alkalnost (pasivnost) zaštitnog sloja betona redukovana,
- Na ostalim AB platnima debljina karbonatizovanog sloja iznosi 0mm, tako da front karbonatizacije nije stigao do armature.

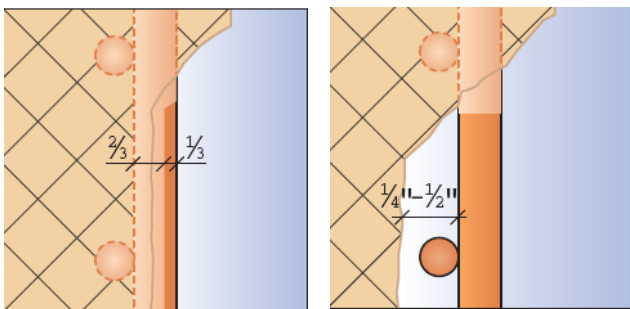
4. SANACIJA OBJEKTA

U okviru predloženog sanacionog rješenja, predviđene su sledeće operacije:

- Sanacija AB stubova sa lokalnom površinskom korozijom armature - nanošenjem aktivnog premaza,
- Reprofilacija lokalnih oštećenja AB stubova,
- Reprofilacija lokalnih oštećenja AB zidnih platana,
- Isjecanje dijela betonskog presjeka zidnog platna i izvođenje novog dijela presjeka,
- Sanacija AB gređa sa lokalnom površinskom korozijom armature - nanošenjem aktivnog premaza,
- Konstrukcijska sanacija sitnorebraste tavanice: dodavanje armature koja se sidri u prethodno izbušene rupe pomoću materijala za zalivanje i dodavanje nove AB ploče, $d=6\text{cm}$. Kontrolnim proračunom konstrukcije, pokazano je da je količina postojeće armature u AB rebrima sitnorebraste tavanice dovoljna i za novoprojektovano opterećenje konstrukcije, te da nije potrebno ojačanje AB rebara za prijem novog opterećenja.
- Sanacija ivičnih AB gređa: Ukoliko ovi elementi nisu potrebni za pričvršćivanje noseće konstrukcije fasade, predviđaju se metode sanacije: nanošenje aktivnog premaza i lokalna reprofilacija betonskog preseka. Ukoliko su ivične gređe potrebne za pričvršćivanje noseće konstrukcije fasade, predviđaju se sledeće metode sanacije: nanošenje aktivnog premaza i reprofilacija betonskog preseka.

4.1. Opis sanacionih radova

Trošni, ispucali ili porozni dijelovi betona uklanjaju se primjenom pikamera. Na isti način uklanjaju se i površinski slojevi betona, radi „otkrivanja“ armature, a u cilju ostvarivanja bolje athezije sa novim zaštitnim slojem betona. Dubina odštemovanog sloja betona zavisi od očuvanosti athezije između armature i betona i od stepena korozije armature.



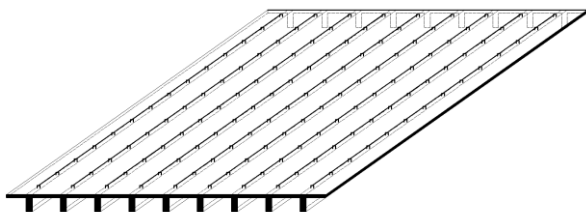
Slika 10 – Izgled odštemanog sloja betona zavisno d stepena korozije armature

Čišćenje armature žičanim četkama, ručno ili mehanički primjenjuje se radi uklanjanja produkata korozije čelika i ostataka cementnog kamena - čišćenje armature do „metalnog sjaja“.

4.2. Sanaciono rješenje za sitno-rebrastu tavanicu

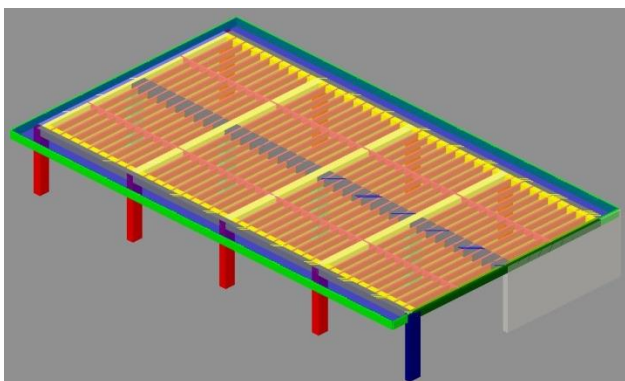
Metoda konstrukcijske sanacije AB ploče obuhvata:

- priprema površine stare AB ploče (hrapavljanje) u cilju ostvarivanja bolje veze između postojeće i nove AB ploče,
- postavljanje ukosnica RØ 8mm na mjestima rebara za vezu postojeće i nove AB ploče na razmaku od 40cm i gornje armature rebara RØ10mm - Slika 11,
- postavljanje oplata,
- postavljanje armature dodatne AB ploče tavanice: konstruktivna armatura - mreža Q188,
- betoniranje nove AB ploče, debljine 6cm, trofrakcijskim betonom, MB 20 (beton B1).



Slika 11 – Postavljanje ukosnica na mjestima rebara za vezu postojeće i nove AB ploče

U cilju provjere nosivosti rebara za novo opterećenje na tavanici, urađena je analiza opterećenja za jedan karakterističan sprat i kontrolni proračun konstrukcije. Analiza je sprovedena za postojeće i novoprojektovano opterećenje na tavanici u softveru Radimpex Tower.



Slika 12 – Model konstrukcije karakterističnog sprata - Izometrija (Tower Radimpex)

Analizom rezultata kontrolnog proračuna zaključeno je da je količina postojeće armature u AB rebrima sitnorebraste tavanice dovoljna i za novoprojektovano opterećenje konstrukcije, te da nije potrebno ojačanje AB rebara za prijem novog opterećenja.

5. ZAKLJUČAK

U radu je data procjena stanja i prijedlog sanacionog rješenja za zgradu Radničkog Univerziteta. Ova zgrada je 2000. godine (spratovi 8-13) bila izložena dejstvu požara, usled čega su uništeni: fasada i enterijer objekta. Nakon požara, spratovi koji su stradali u požaru su sanirani, a, dodatno, za povećanje seizmičke otpornosti konstrukcije, projektovana su i izvedena aseizmička platna na spratovima: prizemlje, I i II sprat. Sanacionim rješenjem se zgrada može vratiti u stanje funkcionalnosti uz obezbjeđenje trajnosti AB elemenata konstrukcije.

6. LITERATURA

- [1] Edisa Nukić, Jelena Marković: Inženjerstvo bezbednosti od požara, Bezbednost zgrada od požara - pristup i praksa na Zapadnom Balkanu, Novi Sad, 2020.
- [2] Graditeljstvo i životna sredina, Materijal sa predavanja, Doc. dr Slobodan Šupić, april 2021.
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara ("Cl. Glasnik RS", br. 80/2015, 67/2017 i 103/2018).
- [4] Malešev M., Radonjanin V.: „Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija“, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratka biografija:



Savo Starović rođen je u Trebinju RS/BiH 27.01.1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije, procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija odbranio je 2021.god.

Kontakt: savostarovic@gmail.com