

SAVREMENI PRISTUP SANACIJA NOSEĆIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Miroslav T. Bešević¹

UDK: 69.059.25

Rezime: Sanacija armiranobetonskih konstrukcija je najčešće uslovljena promenom opterećenja ili smanjenjem količinom armature u nosećim konstruktivnim elementima, usled uticaja korozije. Iz tog razloga potrebno je izvršiti detaljna ispitivanja ugrađenih materijala i analizu statičkih uticaja. Na osnovu rezultata donosi se odluka o vrsti, načinu i tipu sanacije konstruktivnih elemenata. U ovom radu je prikazano nekoliko načina sanacije armirano betonskih konstrukcija. Prvim delom rada prikazan je način sanacije primenom karbonskih traka-laminata i tkanina. Dok je u drugom opisan efikasan način sanacije sitnorebrastih armiranobetonskih tavanica na nekoliko objekata. Mere sanacije su sprovedene uvođenjem nove sprgnute konstrukcije, za najoštećenije delove tavanice, kao i primenom olakšanih greda u svakom drugom polju rebara za manje pukotine. Osim navedenih radova prikazana je i sanacija rebara sa manjim oštećenjima, dodavanjem čeličnog lima specijalno oblikovanog(korita), kako bi se izvršilo sprežanje novo-nalivene smeše u vidu epoksidnih maltera-eksmala i neoštećenih delova rebara.

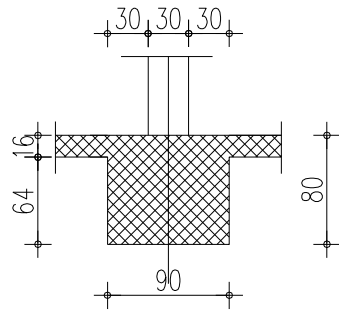
Ključne reči: Sanacija, karbonske trake, tkanine, statički proračun, zatega, čelični limovi, epoksidi.

1. UVOD

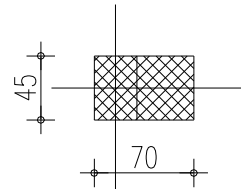
Predmet sanacije bila je konstrukcija aneksa „A“-Hotela „Metropol“. Analizom raspoložive dokumentacije, kojom je obuhvaćeno: postojeće stanje, projektni zadatak, istražni radovi, novoprojektovano stanje, izveden je zaključak da pojedini konstruktivni elementi neće moći da prihvate novoprojektovano opterećenje. Predmet analize postojeće dokumentacije se u ovom slučaju odnosi isključivo i samo za konstruktivni element aneksa „A“ prvog sprata, gredu POS G.111. Iz tehnoloških razloga se sanacija grede POS G.111, ne može izvesti po glavnom projektu, te se iz tog razloga pristupilo drugom načinu ojačanja armiranobetonskog grednog elementa. Od računskih modela korišćen je 3D model postojećeg stanja konstrukcije Aneksa „A“ u kombinaciji sa eventualnim budućim stanjem konstrukcije. Pregledom raspoložive dokumentacije i stanja na terenu sagledano je da se greda POS G.111 nalazi na koti +5.22m, na prvom spratu, sa dimenzijama poprečnog preseka $b/d=90/80\text{cm}$ i pripadajućom AB pločom, $d=16\text{cm}$. Ugrađena je armatura u polju u dva reda od $9\phi 25+3\phi 25=12\phi 25$, tj. nad

¹ Dr. Miroslav T. Bešević, prof. dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 554-300, e-mail: miroslav.besevic@gmail.com

osloncem na mestu spoja sa stubom od $6\phi 25 + 6\phi 25 = 12\phi 25$ u širini od 45cm, jer su dimenzije stuba $b/d = 45/70$ cm. Budući da greda ne prolazi celom širinom stuba, jer je većeg preseka, prvo su analizirana varijantna rešenja radi usvajanja najrealnijeg statičkog sistema za posmatranu gredu (sl.1) i (sl.2).

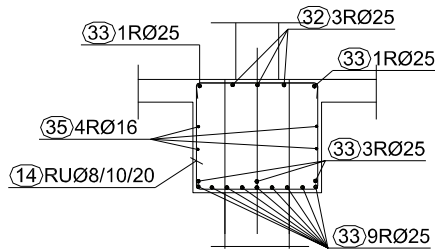


Dimenzije ab. grede POS G.111

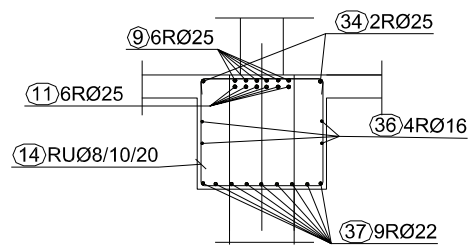


Dimenzije ab. stuba

Slika 1- Geometrijske karakteristike grede i stuba



Armatura ab. grede POS G.111-polje



Armatura grede POS G.111-oslonac

Slika 2- Ugrađena armatura u gredi

2. KONTROLNI STATIČKI PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA KONSTRUKCIJE

Statički sistem uklještenog rama tretiran je prvo varijantno rešenje.

Merodavna kombinacija za dimenzionisanje grede na savijanje je :

$$1.6 \times \text{Opt.1} + 1.6 \times \text{Opt.2} + 1.8 \times \text{Opt.3} + 1.8 \times \text{Opt.4.}$$

U tabeli 1 se nalaze osnovna opterećenja i uticaji za dimenzionisanje. Kontrolni proračun je urađen u programu Excel, prema važećim tehničkim propisima Republike Srbije za beton i armirani beton „BAB 87“. Na osnovu izvedenog stanja konstrukcije i količine ugrađene armature u ramu, koji formiraju greda POS G.111($b/d = 90/80$ cm) i stubovi ($b/d = 45/70$ cm), posmatrani presek na spoju ovih konstruktivnih elemenata ne može se u potpunosti tretirati kao uklještena veza. Stoga taj spoj treba tretirati kao elastično uklještenje.

Tabela1-Opterećenja i presečni uticaji u gredi POS G11

Opterećenje	M_{polje} [kNm]	$M_{oslonac}$ [kNm]	N [kN]	$T_{odg.}$ [kN]
Opt.1 - Sopst. tež.	535.02	512.25	97.64	244.19
Opt.2 - Stalno opt.	294.48	276.32	53.96	121.92
Opt. 3 - Sneg	23.46	19.24	3.77	8.26
Opt.4 - Korisno opt.	111.61	122.9	26.57	54.66
*	$M_{au\rightarrow polje}$ [kNm]	$M_{au\rightarrow oslonac}$ [kNm]		
	1673.59	1620.83		

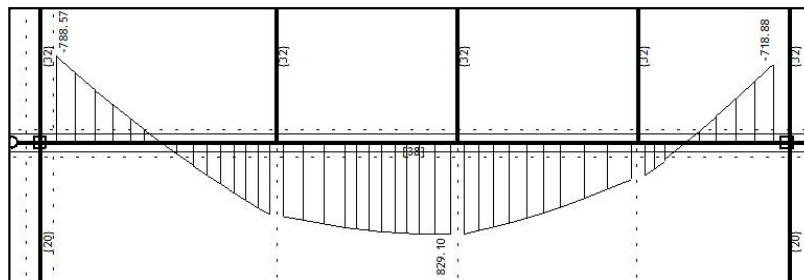
* Merodavna kombinacija za dimenzionisanje grede :
 $1.6 \times \text{Opt.1} + 1.6 \times \text{Opt.2} + 1.8 \times \text{Opt.3} + 1.8 \times \text{Opt.4}$

Pri analizi elastičnog (delimičnog) uklještenje raspodela uticaja se vrši tako što se 50% momenta iznad oslonca (tj. $0.5 \times M_{au\rightarrow oslonac}$) predaje momentu u polju (tj. $1.5 \times M_{au\rightarrow polje}$) i na taj način se vrši preraspodela uticaja. Provera nosivosti ovakvog statičkog sistema urađena je na osnovu opterećenja i uticaja prikazanih u okviru tabele 2 i dijagrama (sl.3,4 i5).

Tabela2-Opterećenja i presečni uticaji u gredi POS G11

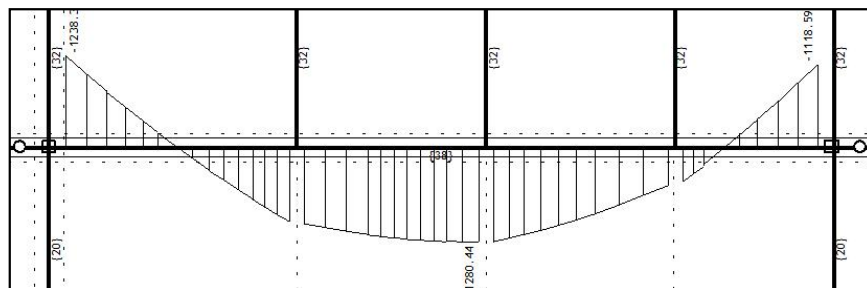
$M_{au\rightarrow polje}$ [kNm]	$M_{au\rightarrow oslonac}$ [kNm]	→	$M^*_{au\rightarrow polje}$ [kNm]	$M^*_{au\rightarrow oslonac}$ [kNm]
1673.59	1620.83		2432.37	862.05

Na osnovu prikazanih uticaja u gredi G.111 ($M_{au\rightarrow polje}$ i $M_{au\rightarrow oslonac}$) vrši se provera nosivosti karakterističnih preseka. Kao poprečni presek grede uzima se odgovarajući „T“ presek sa svojom pripadajućom širinom, umesto pravougaonog preseka da bi se dobili što realniji rezultati. Imajući u vidu da se tačan proračun ojačanja grede karbonskim trakama sprovodi po EC2, neophodno potrebno je prikazati uticaje u grednom elementu za kombinacije opterećenja koje se koriste pri proračunu.

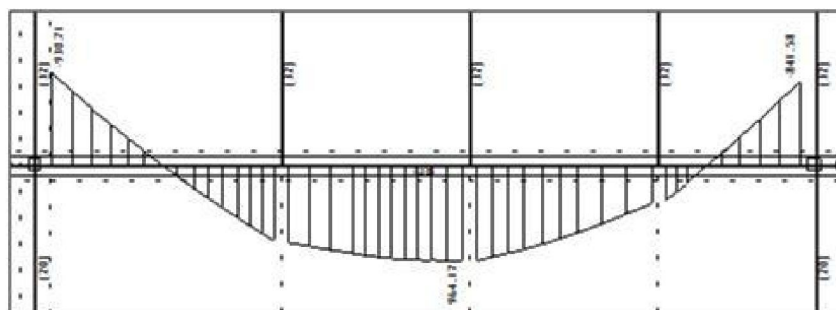


Slika 3 - Dijagram1:

Postojeći momenat u trenutku ojačavanja M_{sk0} (momenti od Opt.1+Opt.2)



Slika 4- Dijagram 2: Projektovani momenat-ULS M_{sdf} (projektovani momenti od $1.3(Opt.1+Opt.2) + 1.5(Opt.3+Opt.4)$)



Slika 5-Dijagram 3: Eksploatacioni momenti -SLS M_{skf} (eksploatacioni momenti od $Opt.1+Opt.2 + Opt.3 + Opt.4$)

Uticaji za sve dijagrame (Slike 3 do 5) se odnose za statički sistem sa potpunim uklještenjem na mestu spoja grede i stuba. S obzirom da je u drugom varijantnom, ujedno i usvojenom, rešenju konstrukcija tretirana kao elastično uklještenje na pomenutom spoju pri proračunu neophodno je dodati 50% momenta iznad oslonca momentu u polju :

$$M_{sk0} = 829.10 + 788.57/2 = 1223.385 \text{ kNm},$$

$$M_{sdf} = 1280.44 + 1238.35/2 = 1899.615 \text{ kNm},$$

$$M_{skf} = 964.17 + 930.71/2 = 1429.525 \text{ kNm}.$$

Na osnovu prikazanih uticaja i vrednosti urađen je proračun potrebnog ojačanja grede.

3. OJAČANJE POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE POS-G111

POS G.111 - vertikalno naprezanje elemenata - elastično uklještenje

Marka betona: **MB 30** $f_b = 2.05 \text{ kN/cm}^2$ $\tau_r = 0.11 \text{ kN/cm}^2$

Vrsta podužne armature: **RA** $\sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$

Vrsta poprečne armature: **RA** $\sigma_v = 40 \text{ kN/cm}^2$

Vrsta poprečnog preseka: **T-presek**

b = 90cm , b- širina poprečnog preseka

d = 80cm , d-visina poprečnog preseka

dp = 16cm , dp-debljina ploče iznad grede

bp = 150cm , bp-aktivna širina T preseka

1.) $b + 0.25l_0 = 253.7 \text{ cm}$ **lo** = 654.8 cm lo-razmak nultih tačaka M

2.) $b+20d_p=410\text{cm}$ $a_1=5.25\text{cm}$ a_1 -rastojanje od ivice pres.

3.) $e=150\text{cm}$ $h=74.75\text{cm}$ h -statička visina preseka

Dimenzionisanje:

Merodavna kombinacija za dimenzionisanje u ravni nosača

$$M_{u,p}=1.6*M_g+1.8*M_p=2329.11\text{ kNm}$$

$$T_u=1.6*T_g+1.8*T_p=699.03\text{ kN}$$

$$N_u=1.6*N_g+1.8*N_p=297.78\text{ kN}$$

$$M_{u,o}=1.6*M_g+1.8*M_p=758.78\text{ kNm}$$

1) presek u polju

$$M_{au}=2432.38\text{ kNm}$$

$$k=2.658$$

$$s=0.208$$

$$x=s*h=15.54\text{ cm}, x < d_p$$

2) presek nad osloncem

$$M_{au}=862.05\text{ kNm}$$

$$k=3.458$$

$$s=0.145$$

Proizilazi:

- Neutralna osa se nalazi u ploči.
- Presek se računa kao pravougaoni presek.
 $\mu=15.512\%$ $\mu=8.851\%$
 $\epsilon_b=2.625\text{‰}$ $\epsilon_b=1.700\text{‰}$
 $\epsilon_a=10.000\text{‰}$ $\epsilon_b=10.000\text{‰}$

Ukupna računski potrebna armatura:

1) presek u polju

$$\text{računska } A_{a,\text{potr.}} = 96.56\text{cm}^2$$

$$\text{min } A_{a,\text{potr.}} = 14.40\text{ cm}^2$$

Usvojena armatura: **20 Ø25**

$$A_{a,\text{usv.}} = 98.20\text{cm}^2$$

Postojeća armatura: **12 Ø25**

$$A_{a,\text{post.}} = 58.92\text{ cm}^2$$

2) presek nad osloncem

$$\text{računska } A_{a,\text{potr.}} = 37.95\text{ cm}^2$$

$$\text{min } A_{a,\text{potr.}} = 14.40\text{ cm}^2$$

Usvojena armatura: **8 Ø25**

$$A_{a,\text{usv.}} = 39.28\text{ cm}^2$$

Postojeća armatura: **12 Ø25**

$$A_{a,\text{post.}} = 58.92\text{ cm}^2$$

Proizilazi:

- Za presek u polju : Računska potrebna armatura je veća od postojeće armature → Potrebno je ojačanje preseka.
- Za presek nad osloncem: Računska potrebna armatura je manja od postojeće armature. Nije potrebno ojačanje preseka dodatnom armaturom → Ojačanje preseka se rešava pomoću karbonskih traka.

Određivanje računski potrebne armature za osiguranje od transverzalnih sila

$$\tau_n = 0.115\text{ kN/cm}^2, \tau_r < \tau_n < 3\tau_r$$

Proizilazi:

- Potrebna je računski armatura za prijem uticaja od dejstva transverzalnih sila.
 $\tau_{ru,b} = 0.115\text{ kN/cm}^2$

$$\tau_{ru} = \frac{3}{2}(\tau_r - 0.5 \cdot \tau_r)$$

$$e_{u,\min} = 14.4 \text{ cm}$$

$$e_u = 10 \text{ cm}, \mu_{uz,\min} = 0.2\%$$

$$m = 2$$

$$e \leq \begin{cases} h/2 \\ b \\ 25\text{cm} \end{cases} \quad 90\text{cm}$$

$$e_{u,\min} = \mu_{uz,\min} \cdot F_b$$

pretp. prečnik šipke Ø8

$$\tau_{ru,u} = 0.045 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{ru,u} = \frac{m \cdot a_u^1 \cdot \sigma_v}{e_u \cdot b}$$

$$\tau_{ru} = 0.16 \text{ kN/cm}^2 < \tau_n$$

$$\tau_{ru} = \tau_{ru,b} + \tau_{ru,u}$$

Proizilazi:

- Posmatrani presek je osiguran za prijem transverzalnih sila!

Ukupna računski potrebna armatura :

Usvojena armatura: **UØ8 /10 (/20)**

$$^{usv.} A_{a,uz} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Postojeća armatura: **UØ8 /10 (/20)**

$$^{post.} A_{a,uz} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Ojačanje preseka:

1) presek u polju

$$\text{računska } A_{a,potr.} = 96.56 \text{ cm}^2$$

$$\text{postojeća } A_{post.} = 58.92 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_a = 37.64 \text{ cm}^2 (\Delta A_a \approx 38.0 \%)$$

Proizilazi:

- Neophodno je ojačati presek u polju za ΔA_a količinu armature.

Pretpostavlja se karbonska traka: Sika CarboDur Plates → Sika CarboDur S1014

$$\text{Modul elastičnosti } E = 165000 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Širina trake } w = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Debljina trake } t = 1.4 \text{ mm}$$

$$^{pret.} \Delta A_a = \Delta A_a \cdot \sigma_a / \sigma_f$$

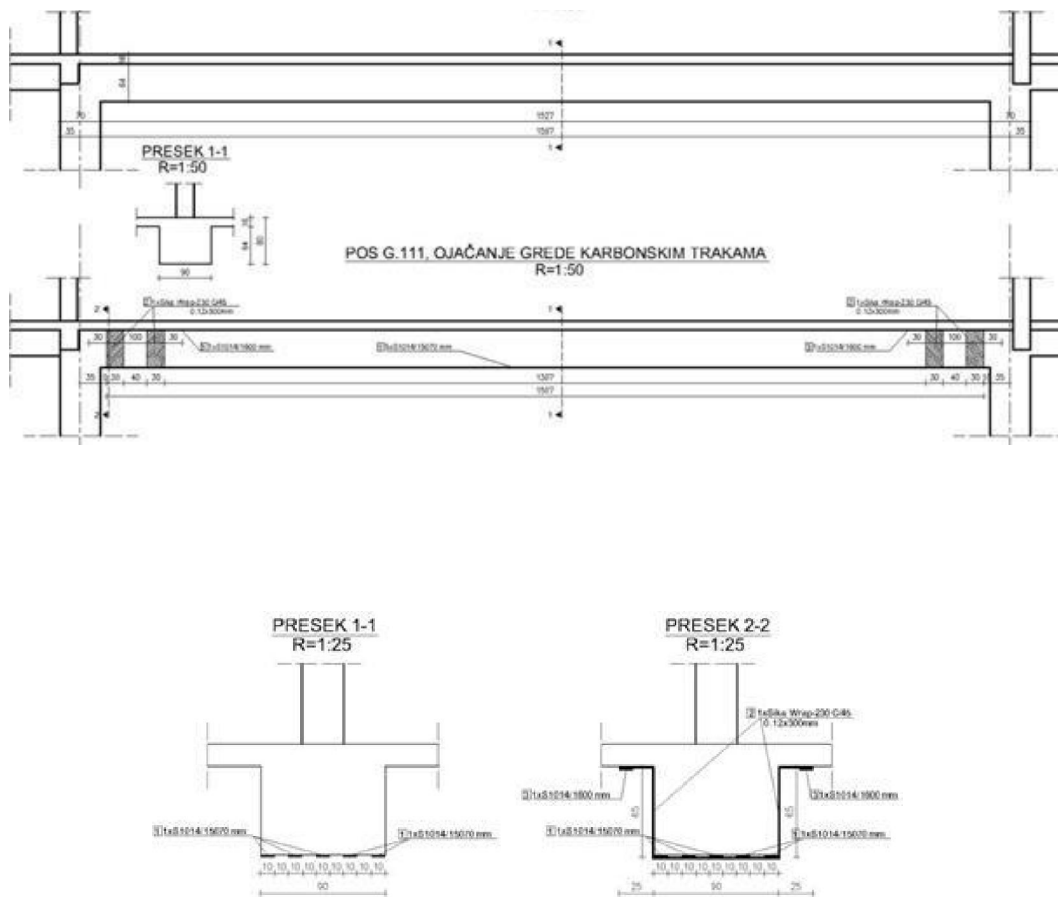
$$\Delta A_a = 5.70 \text{ cm}^2$$

Proizilazi:

Potrebno je ojačati presek sa ΔA_a površinom karbonske trake! Površina trake $A_f = 140 \text{ m}^2$

$$5_{kom} \rightarrow \Delta A_a = 7.00 \text{ cm}^2$$

Tačan proračun karbonskih traka je sproveden u programu S&P FRP Lamella 1.0 u svemu prema važećim evropskim propisima za beton i armiranibeton EC2.



Slika 6- Detalji sanacije POS G111 primenom karbonskih traka/tkanina

Tabela 3-Specifikacija materijala za sanaciju

SPECIFIKACIJA UGRADENOG OJAČANJA					
POZICIJA	VRSTA OJAČANJA	TIP	DUŽ. TRAKE/TKANINE [m]	BROJ KOM.	UKUPNA DUŽINA TRAKE [m]
1	SIKACARBODUR	S1014	15.07	5	75.35
2	SIKA WRAP	230-C/45	2.70	2x2	10.80
3	SIKACARBODUR	S1014	1.60	2x2	6.40
UKUPNA DUŽINA TRAKA :					81.75
UKUPNA DUŽINA TKANINA:					10.80

4. RADOVI KOJI PRETHODE SANACIJI

Sanacija karbonskih tkanina iziskuje da podloga ispunjava određene uslove kvaliteta, a to su; čvrstoća betona pri pritisku, čvrstoća prijanjanja/lepljenja za datu površinu, hrpavost i ravnost (zatalasanost) površine, tačka rose i površinska vlažnost. Prijanjanje-lepljenje traka za betonsku površinu je od velike važnosti jer se zatežuće sile u elementu za ojačanje praktično preko napona smicanja, odnosno upravno na površinu betona, unose u beton. Zavisno od primenjenog sistema ojačanja (traka - laminata ili traka - tkanina), treba da budu zadovoljeni sledeći uslovi u pogledu čvrstoće prijanjanja - lepljenja:

- $\geq 1,5$ MPa u slučaju primene traka – laminata,
- $\geq 1,0$ MPa u slučaju primene traka - tkanina.

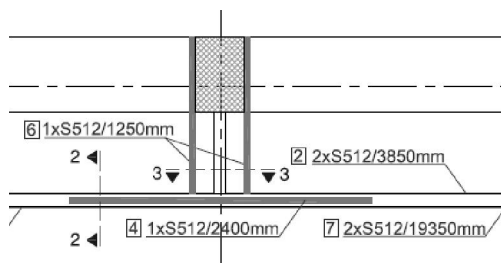
Merenje površinske vlažnosti betona može se sprovesti primenom različitih vlagomera, a takođe i postupkom sušenja na 105°C uzoraka (komada) betona do konstantne mase (klasičan postupak ispitivanja vlažnosti materijala).

Lepljenju karbonskih traka može se pristupiti samo ako površinska vlažnost podloge iznosi najviše 4%. Postojeće prsline-pukotine prisutne u zoni lepljenja karbonskih traka moraju se uz pomoć odgovarajuće niskoviskozne cmole prethodno injektirati. Na površinu gde treba da se zalepi karbonska traka četkom se nanosi odgovarajući - tiksotropan epoksidni lepak. Potom se traka ručno fiksira za tako pripremljenu podlogu pomoću valjka. Ako se radi o trakama - tkaninama, nakon fiksiranja lepak se ponovo, ravnomerno i po celoj površini trake nanosi uz pomoć četke, gumene špahtle ili molerskog valjka - povlačenjem u pravcu vlakana.

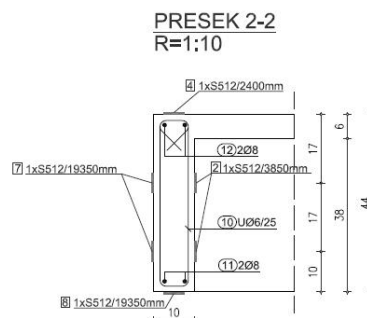
Na taj način traka - tkanina se impregniše, pri čemu se vizuelno ceni da li je celokupna površina trake-tkanine u potpunosti i korektno impregnisana. Za vreme izvođenja radova na lepljenju pa sve do očvršćavanja lepka moraju se izbeći sva pomeranja-vibracije u okolini. Pri izvođenju operacije lepljenja treba se u svemu pridržavati i svih uputstava proizvođača korišćenih materijala, odnosno uputstava nosioca sistema ojačanja koji se primenjuje.

5. SANACIJA KONTRUKTIVNIH FASADNIH ELEMENATA

Provera nosivosti preseka konstruktivnih elemenata za prihvatanje dodatnih uticaja od novog opterećenja fasade, izvršena je po teoriji graničnih stanja nosivosti AB preseka. Podaci o ugrađenoj armaturi kao i o kvalitetu ugrađenog betona, dobijeni su na osnovu istražnih radova, koji su obavljeni na ovoj konstrukciji u cilju utvrđivanja marke betona, količine i vrste armature. Ustanovljeno je da elementi ne poseduju dovoljnu količinu armature za prihvatanje dodatnih uticaja. Rešenje je dato u vidu ojačanja karbonskim trakama za prihvatanje momenta savijanja, u donjoj i gornjoj zoni (sl.7 i 8). Na ovaj način se izbegava ugrađivanje dodatne neophodno potrebne armature koja iziskuje vezu između stare i nove armature u vidu obijanja betona i ankerovanja nove armature, kao i povećanje visine preseka. Karbonske trake praktično ne povećavaju visinu preseka, a na veoma efikasan način povećavaju nosivost preseka. Proračun potrebnih karbonskih traka urađen je programom **S&P FRP Lamella**, po trenutno važećim propisima za proračun karbonskih traka **EC2**.



Slika 7- POS.FG 102- podužna i poprečna greda ojačane karbonskim trakama



Slika 8- POS.FG 102- podužna i poprečna greda ojačane karbonskim trakama

6. TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA RADOVA

Ojačanje betonskih elemenata primenom karbonskih traka se utvrđuje na osnovu kontrole nosivosti preseka za prihvatanje novih uticaja od fasade i na osnovu proračuna o vrsti karbonske trake koja će se primeniti. Podrazumeva se primena samo materijala (traka i lepkova) koji imaju potvrdu o podobnosti za datu namenu. U obzir dolaze isključivo materijali koji su garantovano kompatibilni, što znači da se mogu primenjivati samo trake i lepkovi istog proizvođača. Procedura podrazumeva : pripremu površine, lepljenje karbonskih traka na pripremljene površine i kontrolna ispitivanja.

Za potrebe boljeg prijanjanja maltera koji treba naknadno da bude postavljen, treba preko svežeg impregnacionog sloja posuti kvarcni pesak.

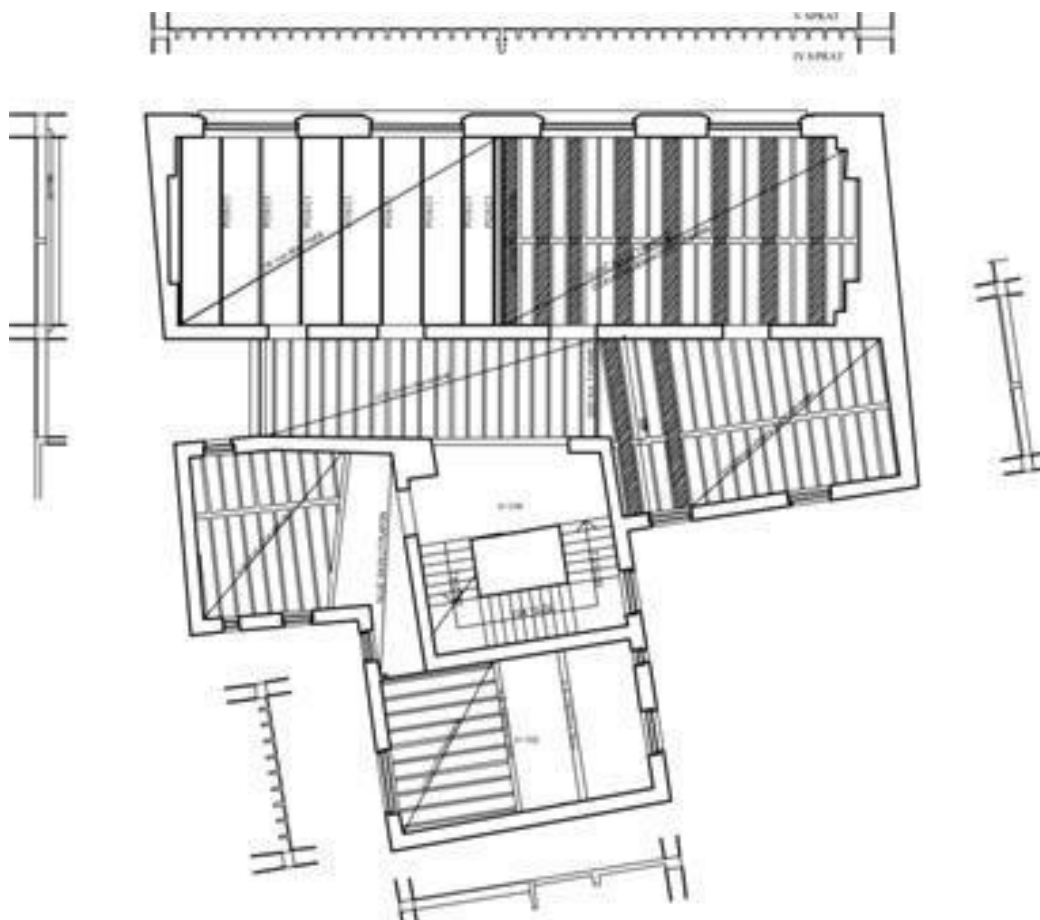
7. SANACIJA MEĐUSPRATNE TAVANICE OBJEKTA U BALKANSKOJ ULICI BR. 44 U BEOGRADU

Vizuelnim pregledom, analizom statičkih uticaja od postojećeg i novododatnog opterećenja konstatovano je da se mora izvesti sanacija pojedinih konstruktivnih elemenata u funkciji veličine oštećenja i opterećenja. Iz tog razloga su data optimalna rešenja za sanaciju.

Najoštećenija rebra koja su degradirana pukotinama i prslinama i vidno deformisana se saniraju, tako što se u tom delu izvodi nova spregnuta konstrukcija od čeličnih podvlaka i čeličnog trapezastog lima spregnutog sa betonskom pločom.

Drugi nivo sanacije postojeće sitnorebraste konstrukcije se ogleda u vidu dodatih novih ošupljenih greda izvedenih u svakom drugom polju. Treći nivo sanacije je obuhvatio samo sanaciju rebara kojima nedostaje armatura u polju a koje su degradirane manjim prslinama u betonu. Sanirani su dodavanjem čeličnog lima-koritastog oblika, koje se spaja sa postojećim rebrom zavrtnjima i zaliva epoksidom, kao zamene za nedostajuću armaturu.

Na slici br.9 prikazana je dispozicija sa novim merama sanacije postojeće tavanice.



Slika 9- Dispozicija saniranih konstruktivnih elemenata međuspratne tavanice

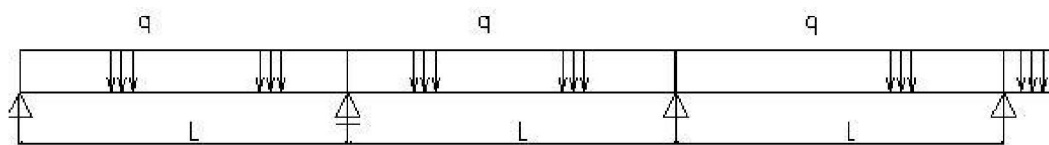
Postojeće stanje oštećenih tavanica po spratovima se prikazuje slikom br.10.



Slika 10- Izgled konstruktivnih elemenata međuspratne tavanicekoji se saniraju

8. SANACIJA TAVANICE PRIMENOM SPREGNUTE TAVANICE I ČELIČNE PODVLAKE

8.1 POS P1 Tavanica (spregnuta) $L(m)=0.20+L_0=1.20$



Analiza opt.: $q=6.47\text{kN/m}^2$

$$\begin{aligned} M_{\max} (\text{kNm}) &= 1.1646, \\ T_0 (\text{kN}) &= 3.882, \\ T_1 (\text{kN}) &= 3.882 \end{aligned}$$

PRESEK : U POLJU
MB 30
RA 400/500
MGA 500/560

$$\begin{aligned} M (\text{kNm}) &= 1.16 & dp (\text{cm}) &= 10 & f_B (\text{kN/cm}^2) &= 2.05 \\ k &= 1.65 & b (\text{cm}) &= 100 & \sigma_v (\text{kN/cm}^2) &= 40 \\ M_u (\text{kNm}) &= 1.92 & \text{zas. Sloj.a (cm)} &= 1.5 & h (\text{cm}) &= 8.1 \\ a_1 (\text{cm}) &= 1.9 \end{aligned}$$

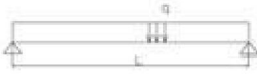
$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_{au}}{f_b * b}}} = 8.3663$$

$$\begin{aligned} s &= 0.0745 \\ \mu_{1M} &= 1.582\% \\ \varphi &= 0.23 \\ \varepsilon_a &= 10.00\text{‰} \\ \varepsilon_B &= 0.805\text{‰} \\ A_{a1} &= \mu_{1M} / 100 * f_B / \sigma_v * b * h = 0.66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Usvojen tapezasti lim: TR 60/175/0.8 površina čeličnog lima: 9 / 0.08cm

$$A_a = 0.72 \text{ cm}^2 * 5.7 = 4.11 \text{ cm}^2$$

8.2 Nova čelična podvlaka

POS C1		podvlaka $L(m)=1.05 \cdot L_o =$	5.80
Analiza opt.:		od tavanice bet ploča spregnuta korisno	3.97 kN/m ² 2.50 -II- q= 6.47 kN/m ²
		sa opterećenjem od montaže usvojeno opterećenje sop.tez.	q= 6.47 kN/m ² g= 0.31 kN/m ¹ g= 5.08 kN/m ¹ p= 3.00 -II- 8.08 kN/m ¹
razmak nosača	$\lambda(m)=$	1.20	$q'=\lambda \cdot q=$ 8.08 kN/m ¹
$M_{max}(kNm)=$	34.0	$T_0(kN)=$	14.72
		$T_1(kN)=$	14.72
		2T=	29.44
-osnovni materijal:	$\sigma_{dop}^I=$	16.00 kN/cm ²	$\tau_{dop}^I=$ 9.00 kN/cm ²
dimenzionisanje {tapa:	$W_{pot}=M/\sigma_{dop}=$	212.22 cm ³	
	$I_{pot} >$	2348.17 cm ⁴	
Usvaja se presek:	I 220	$A(cm^2)=$ 39.5	$G(kg)=$ 31.1
		$I_x(cm^4)=$ 3060	$I_y(cm^4)=$ 162
		$W_x(cm^3)=$ 278	$W_y(cm^3)=$ 33.1
		$i(cm)=$ 8.8	$i_y(cm)=$ 2.02
	$max \sigma = M_x/W_x + M_y/W_y=$	12.21	kN/cm ² < σ_I
	$max f_q = 5/384 \cdot q \cdot L^4/E/I =$	1.852	cm < $f_{dop}(cm)=L/300= 1.933$

9. SANACIJA REBRA SITNOREBRASTE TAVANICE

Sanacija rebra sitnorebraste tavanice je usvojena tako da se nedostajuća armatura u polju izvede u vidu čeličnog lima debljine 4 mm. Prvo se oštećuje rebro do armature i ukloni oštećeni delovi betona, a zatim se beton premaže epoksidnim smolama. po izvođenju predhodne faze pristupa se montiontaži ojačanja u vidu čeličnog lima i fiksira za rebro sa po dva zavrtnja M10, u svemu kako je to prikazano sl.11. Po postavljanju čeličnog lima pristupa se podlivanju novog sloja eksmala koji mora da popuni prostor između čeličnog lima i zdravog dela betona na sitnom rebro. Na kraju se vrši nanošenje antikorozone zaštite na deo rebra ojačanog čeličnim koritastim limom.



Slika 11- Detalj ojačanja sitnorebraste tavanice limom i eksmalom

10. SANACIJA REBRA SITNOREBRASTE TAVANICE POSTAVLJANJEM OLAKŠANE GREDE

POS 1 tavanica pojačanje L(m)=0.20+Lo= 5.80

Analiza opt.:

q= 6.87 kN/m²

razmak nosača

λ(m)= 1.44

q'=λ*q= 9.89 kN/m'



M_{max} (kNm)= 28.88835

T₀ (kN)= 19.923

T₁ (kN)= 19.923

PRESEK : U POLJU

C 25/30

M (kNm)= 28.89

dp (cm)= 34 f_b(kN/cm²) 2.05

B 500

k= 1.65

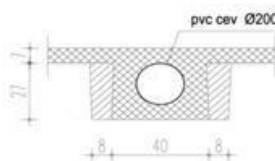
b (cm)= 100 σ_v(kN/cm²) 40

M_u (kNm)= 47.67

zas. Sloj.a (cm)= 1.5

h (cm)= 32

a₁ (cm)= 2



$$k = \frac{h}{\sqrt{f_b \cdot b}} = 6.6363$$

s= 0.0921

μ_{1M}= 2.414 %

φ= 0.29

ε_a= 10.00 ‰

ε_B= 1.015 ‰

$$A_{a1} = \mu_{1M} / 100 \cdot f_b / \sigma_v \cdot b \cdot h = 3.96 \text{ cm}^2$$

glavna armatura	min. % arm.		max. % armiranja		% armir.
	%	cm2	%	cm2	
GA	0.15%	5.1	2.85	96.81	
RA	0.10%	3.4	1.71	58.08	0.23
MGA	0.075%	2.55	1.37	46.47	

br. Red. Arm. n= 1

razmak izm. Red.(cm) 0

$$A_{ar} = A_a \cdot 0.4 = 5.70 \text{ cm}^2$$

usvojeno: B 500

φ(mm) 14

uz φ 6/20(10)

br. Prof. n= 4

6.16 cm²

11. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog može se zaključiti da je upotreba različitih metoda i načina sanacija armirano betonskih konstruktivnih elemenata zavisi od konstruktivnog sistema, tipa oštećenja kao i od tehničke opremljenosti izvođača. Rad prikazuje nekoliko tipova sanacije i konkretne situacije u kojima su bili primenjeni. U prvom delu rada su prikazane metode sanacija betonskih konstrukcija primenom karbonskih traka i laminata. U drugom delu je prikazano nekoliko klasičnih metoda sanacije u vidu spregnute tavanice, izrade ošupljenih grednih nosača i primena čeličnih limova i epoksida.

LITERATURA

- [1] Bešević, M., Gajić, M.: "Sanacija armirano betonske konstrukcije poslovnog objekta u Crnotravskoj ul. 27 u Beogradu" SIMPOZIJUM 2012 –DGKS, **2012**, str.53-58.
- [2] Bešević, M., Vlajić, LJ.: "Sanacija, adaptacija i dogradnja objekta u Nemanjinoj ulici br.9 u Beogradu", DGKS -13. KONGRES, Zlatibor – Čigota, **2010**-ZBORNİK RADOVA, str. 445-452.
- [3] Bešević, M., Avdulaj, B.: Sanacija, adaptacija i dogradnja rezidencijalne vile u Bulevaru Mira u Beogradu, Problem izgradnje i vrednovanja objekata- Građevinski fakultet, Beograd, Arandelovac, 2000, Građevinski fakultet, Beograd, **2000**, str. 307- 314.
- [4] Bešević, M.: Sanacija, adaptacija i rekonstrukcija porodične zgrade u ulici Šefer u Parizu, Problem izgradnje i vrednovanja objekata- Građevinski fakultet, Beograd, Arandelovac 2000: Građevinski fakultet, Beograd, **2000**, str. 315- 324.
- [5] Lađinović Đ.: Višekriterijumska analiza seizmičke otpornosti konstrukcija armiranobetonskih zgrada, JDGK, Simpozijum '04, Vrnjačka Banja, 29. Septembar - 1.oktobar **2004.**, Zbornik radova, knjiga1, P–4, str.65-76.
- [6] Bešević, M., Milovanović, N., Todorović, M., Kukaras, D.: " Sanacija konstruktivnih elemenata za prihvatanje nove fasade u ulici Zeleni venac br.18 u Beogradu, Zbornik radova Građevinskog fakulteta u Subotici, br. 20, **2011**, str.113-124.
- [7] Bešević, M.: "Sanacija i rekonstrukcija nadzemnog dela objekta Univerzitetske biblioteke "Svetozar Markovic" u Beogradu, Simpozijum, SDGKJ, Dubrovnik 89: Simpozijum, SDGKJ, **1989**, str. 71- 75, UDK: knjiga T.
- [8] Bešević M., Mijušković M.: "Sanacija i rekonstrukcija objekata Šahtnih peći u Čalijama" , IX- KONGRES SDGKJ **1991**, K-5, str 25-28, Cavtat.
- [9] Trifković, M., Bešević, M., Nestorović, Ž.: "Geodetic measurements methods for halfstrucural aluminium facades according to life cycle phases "Materijali i konstrukcije IV- **2010**, str. 28-38.
- [10] Miličić, I.M., Vlajić LJ. M., Folić, R. J.:Numeričko modeliranje i simulacija – eksperimentalno – teorijskeanalize spregnute tavanice pri statičkom dejstvu, Građevinski materijali i konstrukcije, vol. 51, br. 3, str. 51-60, **2008**.
- [11] Vlajić, LJ. M., Prokić, A., Miličić, I. M.: Rezultati eksperimentalno - teorijske analize spregnute tavanice pri statičkom dejstvu, Izgradnja, **2007**, vol. 61, br. 8-9, str. 285-292.

MODERN APPROACH TO CONCRETE STRUCTURES REPAIR

Summery: *Repair of reinforced concrete structures is usually caused by changes in stress patterns or by reduced amount of reinforcement in the structural elements, due to the effect of corrosion. This is a reason for detailed examination of the built materials and analysis of loads and stress patterns. According to results decision was made on the type and method of structural repair. Paper presents the modern methods for repair of reinforced concrete structures. The first part describes how to repair using carbon fibre bands and fabrics. Calculation for repair with carbon fibre was made in the program S & P FRP Lamella, under the current regulations for the calculation of carbon fibre EC2. Second part of the paper presents solution for reinforced concrete ribbed ceiling repair. Reparation have been carried out by implementing new composite elements, for the most damaged parts of the ceiling and beams, as well as by applying light-weight beams in every other field of ceiling ribs for smaller cracks. Besides these works also is presented reparation of minor damaged ribs adding a specially shaped steel in order to form composite sistem with undamaged parts of ribs and poured mixture as a epoxy- special mortars.*

Key words: *Repair, carbon bars, structural analysis, struts, steel sheets, epoxy.*