



**SAVEZ GRAĐEVINSKIH
INŽENJERA SRBIJE**

*ASSOCIATION OF CIVIL
ENGINEERS OF SERBIA*

ZBORNIK RADOVA
DVANAESTOG MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG
SAVETOVANJA

OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.



SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS OF SERBIA



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

SERBIAN CHAMBER OF ENGINEERS

IZDAVAČ / (PUBLISHER):

Savez građevinskih inženjera Srbije / *Association of Civil Engineers of Serbia*
Beograd, Kneza Miloša 9/I, Tel/Faks: (011) 3241 656

PROGRAMSKI ODBOR / (PROGRAMME COMMITTEE):

PREDSEDNIK/(CHAIRMAN): Emeritus Prof.dr Radomir FOLIĆ, FTN, Novi Sad, Srbija

ČLANOVI / (MEMBERS):

Predrag POPOVIĆ, Wiss, Janney, Elstner Associates, Nortbruk, Ilinoj, SAD
Prof.dr Zlatko MARKOVIĆ, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Dr Nenad ŠUŠIĆ, Institut IMS, Beograd, Srbija
Prof.dr Radenko PEJOVIĆ, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof. dr Radomir ZEJAK, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof.dr Nađa KURTOVIĆ-FOLIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Srđan KOLAKOVIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Igor JOKANOVIĆ, Građevinski fakultet Subotica, Srbija
Prof.dr Vlastimir RADONJANIN, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Mirjana MALEŠEV, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Mirjana Vukićević, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Prof.dr Dragoslav STOJIC, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Niš, Srbija
Prof.dr Miroslav BEŠEVIĆ, Građevinski fakultet, Subotica, Srbija
Doc. dr Nenad FRIC, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Prof.dr Dubravka BJEGOVIĆ, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
Prof.dr Doncho PARTOV, VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Daniel DAN, Univerzitet Temisvar, Rumunija
Prof.dr Damir VAREVAC, Osjek, Hrvatska
Prof.dr Asterios LIOLIOS, Democritus Univerzitet Trakije, Grčka
Prof. dr Zlatko ZAFIROVSKI, Univerzitet Sv. Kirilo i Metodije, Skoplje, Severna Makedonija
Dr ANAMARIA FEIER, Univerzitet Temišvar, Rumunija
Akademik Yachko IVANOV, Univerzitet VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Michael FORDE, Univerzitet Edinburg, Ujedinjeno Kraljevstvo
Prof.dr Jose ADAM, ICITECH, Departman za konstrukcije, Valensija, Španija
Prof.dr Damir ZENUNOVIĆ, Rudarsko-geološko-gradjevinski fakultet, Tuzla, BiH
Prof.dr ROBERTA APOSTOLSKA, IZIIS Skoplje, Makedonija

EDITOR / (Editor in Chief): Prof.dr Radomir FOLIĆ

TEHNIČKI UREDNIK / (Editor): V. prof. dr Aleksandar ĐUKIĆ

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, naučnog komiteta ili editora.

TIRAŽ (Print run): 150

SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

u saradnji sa

ADING D.O.O.

pod pokroviteljstvom

MINISTARSTVA PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

ZBORNIK RADOVA

DVANAESTOG NAUČNO-STRUČNOG MEĐUNARODNOG
SAVETOVANJA

**OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I
SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.

**DVANAESTO MEĐUNARODNO NAUČNO – STRUČNO
SAVETOVANJE
OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

Pregledni rad

Aleksandar Radević¹, Dimitrije Zakić², Aleksandar Savić³, Marina Aškračić⁴,
Dragica Jevtić⁵

**PRIMENA IN-SITU METODA ISPITIVANJA
U CILJU SANACIJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA**

Rezime: U radu je prikazana ocena stanja armiranobetonske (AB) konstrukcije primenom nedestruktivnih i destruktivnih in-situ metoda ispitivanja. Analizirana je zavisnost rezultata ispitivanja dobijenih primenom pomenutih metoda u skladu sa važećom tehničkom regulativom. Za AB grede i stubove kod kojih nije ostvarena projektovana marka betona, dati su primeri sprovedenih sanacionih mera. U prikazanim primerima, detaljno su opisani svi relevantni aspekti praktične primene sprovedenih sanacionih mera na bazi upotrebe karbonskih traka i naknadnog betoniranja.

Ključne reči: sanacija betonskih konstrukcija, metoda sklerometra, betonski kernovi, karbonske trake

**APPLICATION OF IN-SITU METHODS
INTENDED FOR REPAIR OF CONCRETE STRUCTURES**

Abstract: Assessment of the reinforced concrete structure through application of non-destructive and destructive testing methods is presented in the paper. Dependence between the testing results obtained through these types of methods was analysed in accordance with the valid technical regulations. Examples of repair measures were presented for reinforced concrete beams and columns that failed to reach projected concrete class. All relevant aspects of practical application of the repair measures using carbon strips and additional concreting were described in details.

Key words: repair of concrete structures, rebound hammer method, cored specimens, carbon strips

¹ Dr, mast.inž grad., docent, Građevinski fakultet, Beograd, aradevic@grf.bg.ac.rs

² Dr, dipl.grad.inž, v. profesor, Građevinski fakultet, Beograd, dimmy@grf.bg.ac.rs

³ Dr, dipl.grad.inž, v. profesor, Građevinski fakultet, Beograd, savic.alexandar@gmail.com

⁴ Dr, mast.inž grad., docent, Građevinski fakultet, Beograd, amarina@grf.bg.ac.rs

⁵ Dr, dipl.inž,tehn., profesor, Građevinski fakultet, Beograd, dragica@grf.bg.ac.rs

1. UVOD

Prilikom ocene stanja postojećih građevinskih objekata, uobičajeno je da se, pored vizuelno-makroskopskog pregleda odgovarajućih elemenata konstrukcije, obave i ispitivanja kvaliteta materijala ugrađenih u predmetnu konstrukciju. Pri tome, u cilju optimizacije plana ispitivanja, najčešće se vrši kombinovanje destruktivnih i nedestruktivnih metoda ispitivanja koje se izvode na samom gradilištu (in-situ). Radi se o metodama definisanim važećim SRPS EN standardima [1-5]. Na bazi analize rezultata predmetnih in-situ ispitivanja, mogu se definisati eventualne mere sanacije i/ili ojačanja pojedinih elemenata konstrukcije. Predmet izlaganja ovog rada je primena in-situ metoda ispitivanja (kombinacija vađenja kernova i metode sklerometra), pri sanaciji konkretne armiranobetonske konstrukcije – objekta spratnosti Po+Ppr+3P+Pk (podrum, prizemlje, tri sprata i potkrovlje).

2. TEHNIČKI OPIS I PLAN ISPITIVANJA

2.1. Tehnički opis

Kao što je već pomenuto u uvodnom delu, osnovna ideja ovog rada je da se pokaže na koji način se mogu primeniti destruktivne i nedestruktivne (in-situ) metode ispitivanja, na konkretnom primeru ocene stanja i definisanja mera sanacije jedne armiranobetonske (AB) konstrukcije.

U konkretnom slučaju, odabran je objekat spratnosti Po+Ppr+3P+Pk (podrum, prizemlje, tri sprata i potkrovlje), sa spoljašnjim gabaritima: 49.0×32.0 m.

Fundiranje predmetnog objekta izvršeno je na armiranobetonskoj temeljnoj ploči visine $d_{tp}=50$ cm. Temeljna ploča je sa pločom prizemlja povezana AB obimnim zidovima, kao i unutrašnjim stubovima i zidovima.

Međuspratnu konstrukciju čini AB ploča debljine 15 cm, oslonjena na grede i zidove. U sklopu međuspratne konstrukcije nalaze se i grede, koje su razvrstane na 4 pozicije, dimenzija 25/40 cm, 25/50 cm, 30/50 cm i 50/50 cm. U ploči su predviđeni otvori za lift, stepenište i ventilaciju.

Vertikalne elemente konstrukcije čine AB stubovi i zidovi (postavljeni u dva ortogonalna pravca), koji služe za ukrućenje objekta. Debljina zidova je 25 cm, a poprečni preseki stubova su: 30/50 cm, Ø50 cm ili 25/25 cm (vertikalni serklaži za ukrućenje fasada). Temeljni zidovi su armirano betonski i prostiru se jednom stranom objekta. Stubovi se kroz sve etaže vode kao monolitni elementi.

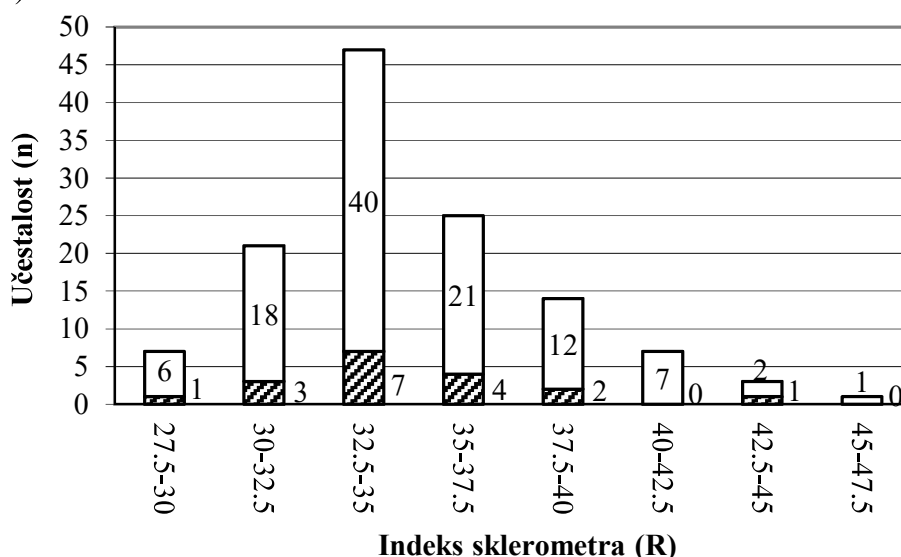
Za potrebe izvođenja temeljne ploče, AB greda i pune AB ploče tavanica, projektom su predviđeni sledeći uslovi kvaliteta konstruktivnih materijala: marka betona MB 30, rebrasta armatura RA 400/500 i armaturna mreža MAR 500/560.

2.2. Plan ispitivanja

Vizuelno–makroskopskim pregledom svih pristupaćih elemenata konstrukcije uočeno je prisustvo degradacija koje su se, pre svega, odnosile na pojavu pukotina i otpadanje zaštitnog sloja betona. Ispitivanje kvaliteta betona armiranobetonske

konstrukcije obavljeno je putem kombinacije postupka nedestruktivnog ispitivanja – sklerometrom (Šmitovim čekićem), sa vađenjem i ispitivanjem betonskih cilindara – kernova, kao destruktivnim postupkom. Izvađeni kernovi, u ovom slučaju korišćeni su kao "etaloni" za definisanje korelacije između indeksa sklerometra (odskočnog broja) i čvrstoće pri pritisku betona.

Ispitivanje metodom sklerometra obavljeno je na ukupno 111 mernih mesta, pri čemu su ova merna mesta obuhvatila sve karakteristične elemente konstrukcije. Nakon analize izmerenih očitavanja, definisana su merna mesta na konstrukciji na kojima je kasnije vršeno uzorkovanje betona. Šrafiranih 6, od ukupno 8 intervala histograma učestalosti simbolički označavaju po koliko betonskih cilindara – kernova, nominalnih dimenzija $\varnothing/H=100/100$ mm, je izvađeno i ispitano, za svaki od ovih intervala vrednosti indeksa sklerometra (slika 1). Za određivanje zavisnosti između čvrstoće pri pritisku betona u konstrukciji i indeksa sklerometra uzeti su u obzir parovi ovih vrednosti za 12 od 16 kernova (za 4 kerna nisu izmereni odskoci Šmitovog čekića, jer su se odnosili na gredu ispod ploče).



Slika 1. Histogram - poligon učestalosti indeksa sklerometra (R) sa oznakama broja izvađenih kernova (šrafirani deo histograma)

3. REZULTATI ISPITIVANJA NA TERENU

Izmerene vrednosti indeksa sklerometra (R) in-situ, kao i čvrstoća betona u konstrukciji (f_{is}), određena na istim pozicijama, date su u tabeli 1.

R	29.9	31.2	32.1	33.2	33.8	33.9	34.6	35.4	35.4	36.8	37.9	42.8
f_{is} (MPa)	21.1	15.3	23.6	17.1	23.7	22.6	24.8	28.2	24.7	35.4	33.2	37.0

Tabela 1. Pregled pojedinačnih parova vrednosti R i f_{is}

Standard SRPS EN 13791 [5] utvrđuje i procedure određivanja zavisnosti između metode Šmitovog čekića i čvrstoće betona u konstrukciji. Predmetne zavisnosti se mogu dobiti na bazi regresione analize $f_{R,reg} = f_R(R)$ (kada se raspolože sa najmanje 18 rezultata ispitivanja) ili korišćenjem referente krive $f_R = f_R(R)$ (kada se raspolože sa najmanje 9 rezultata ispitivanja).

Iako se, u konkretnom slučaju, raspolagalo sa svega 12 parova vrednosti, određivanje predmetne zavisnosti urađeno je u skladu sa obe gore pomenute procedure. U slučaju kada se koristi referentna kriva oblika:

$$f_R = 1,73 \cdot R - 34,5, \quad \text{za } 24 \leq R \leq 50 \quad (1)$$

za svako merno mesto, sračunata je razlika čvrstoće dobijene direktno (ispitivanjem kerna) i vrednosti koju daje osnovna kriva, $\delta f = f_{is} - f_R$, a potom i prosečna vrednost (δf_m), kao i standardna devijacija (s) ovih rezultata. U poslednjem koraku, sračunata je vrednost Δf za koju se vrši pomeranje referentne krive na gore:

$$\Delta f = \delta f_m - k_1 \cdot s \quad (2)$$

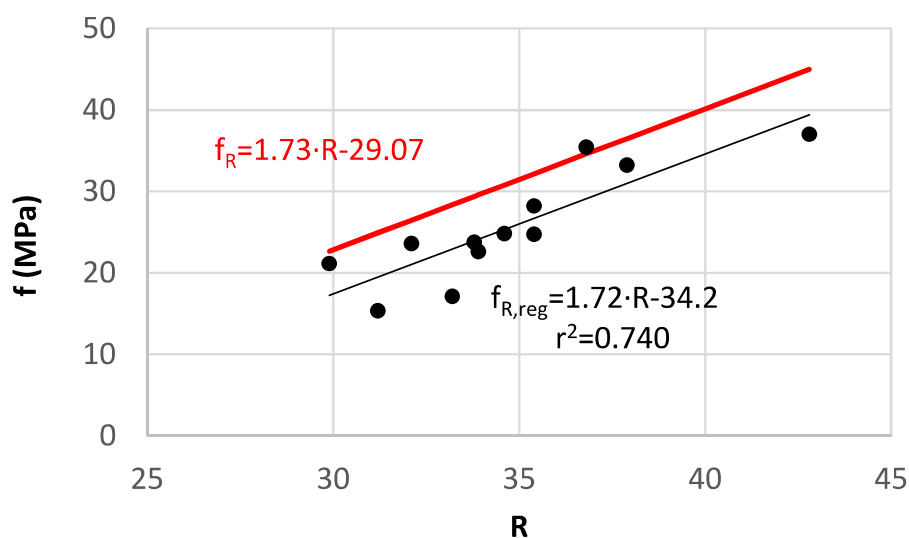
U skladu sa gore navedenim, dobijene su sledeće vrednosti:

$$\delta f_m = -0,06, \quad s = 3,46, \quad \Delta f = -5,43$$

S obzirom da standard [5] definiše da se pomeranje referentne krive vrši uvek na gore, za vrednost Δf , usvojena zavisnost dobija sledeći oblik:

$$f_R = 1,73 \cdot R - 29,07, \quad \text{za } 24 \leq R \leq 50 \quad (3)$$

Predmetna zavisnost $f_{R,reg} = f_R(R)$ određena je primenom metode najmanjih kvadrata, pri čemu su analizirane varijante sa linearnom, eksponencijalnom, logaritamskom, stepenom i funkcionalnom zavisnošću u obliku kvadratne parabole. Kao merodavna, usvojena je funkcija u obliku linearne zavisnosti, koja u konkretnom slučaju predmetnu zavisnost opisuje sa najvećom tačnošću (tj. kod koje je koeficijent korelacije $r^2 = 0,740$).



Slika 2. Zavisnosti čvrstoća pri pritisku u vreme ispitivanja i indeksa sklerometra

Ukoliko se uporede zavisnosti čvrstoće pri pritisku u vreme ispitivanja i indeksa sklerometra, koje su prikazane na slici 2, može se primetiti da su nagibi ovih dveju krivih gotovo identični. Ovo ukazuje da na to da nagib referentne krive definisane standardnom SRPS EN 13791 [5] odlično korelira sa nagibom krive dobijene regresionom analizom. Ono što je takođe zanimljivo, jeste da se regresiona kriva gotovo poklapa sa referentnom krivom, za koju standard kaže da je postavljena nerealno nisko na predmetnom dijagramu.

Ipak, imajući u vidu dobijene rezultate ispitivanja, može se zaključiti da se čvrstoće dobijene na bazi regresione krive nalaze na strani sigurnosti.

4. PREDLOG SANACIONIH MERA

Iz rezultata datih u tabeli 1, jasno se uočava da je u slučaju predmetne konstrukcije došlo do podbačaja u kvalitetu betona. Naime, projektovana je marka betona MB 30, a dobijeni rezultati ispitivanja se kreću u granicama od 15.3 do 37.0 MPa, sa srednjom vrednošću 25.6 MPa. U skladu sa svim gore navedenim, odlučeno je da se sanacione mere sprovedu na sledećim konstruktivnim elementima:

- AB gredama - povećanje nosivosti se ostvaruje upotrebom karbonskih traka i tkanina,
- AB stubovima - ojačanje se vrši dodavanjem armature i izradom novog betonskog plašta.

4.1. Sanacija armiranobetonskih greda

U praksi se koriste dve osnovne vrste karbonskih traka: trake-laminati (tzv. CFRP - carbon fiber reinforced polymer trake - u okviru kojih su karbonska vlakna spletna odgovarajućim epoksidnim vezivom) i trake-tkanine (kod nas poznate i kao Wrap-trake - dobijene tkanjem "konaca" formiranih od karbonskih vlakana). Kod traka-laminata se podrazumeva da one mogu da prihvate samo opterećenja (sile) u pravcu svog pružanja, dok trake-tkanine načelno mogu da budu nosive u više pravaca - u zavisnosti od načina tkanja "konaca", pa se stoga može govoriti o monoaksijalnim, biaksijalnim i dijagonalnim trakama. Primena karbonskih traka u praksi podrazumeva njihovo lepljenje za konstrukcijske elemente od betona pomoću odgovarajućih lepkova. To su najčešće epoksidni lepkovi koje, po pravilu, zajedno sa trakama, isporučuje proizvođač traka. U tabeli 2 prikazane su neka osnovna svojstva karbonskih traka proizvođača firme Sika, koje su korišćene pri sanaciji predmetne konstrukcije.

Praktični proračuni AB konstrukcija koje se ojačavaju putem lepljena karbonskih traka danas se sprovode na bazi sledećih osnovnih pretpostavki:

- trake se primenjuju isključivo u slučajevima kada su one u funkciji ojačanja neophodnih za prihvatanje zatezanja u konstrukcijama (u slučajevima elemenata izloženih čistom zatezanju, čistom savijanju, savijanju sa normalnom silom u fazi velikog ekscentriciteta, kao i u slučajevima potrebe "pokrivanja" kosih glavnih napona zatezanja ili obezbeđenja veće nosivosti tzv. spiralno armiranih stubova);
- svi proračuni ojačanja (sanacije) karbonskim trakama zasnivaju se na pretpostavkama metode graničnog stanja nosivosti AB preseka, uz vođenje računa da je u presecima konstrukcija koje se ojačavaju (saniraju) uvek prisutna i određena količina čelične armature;

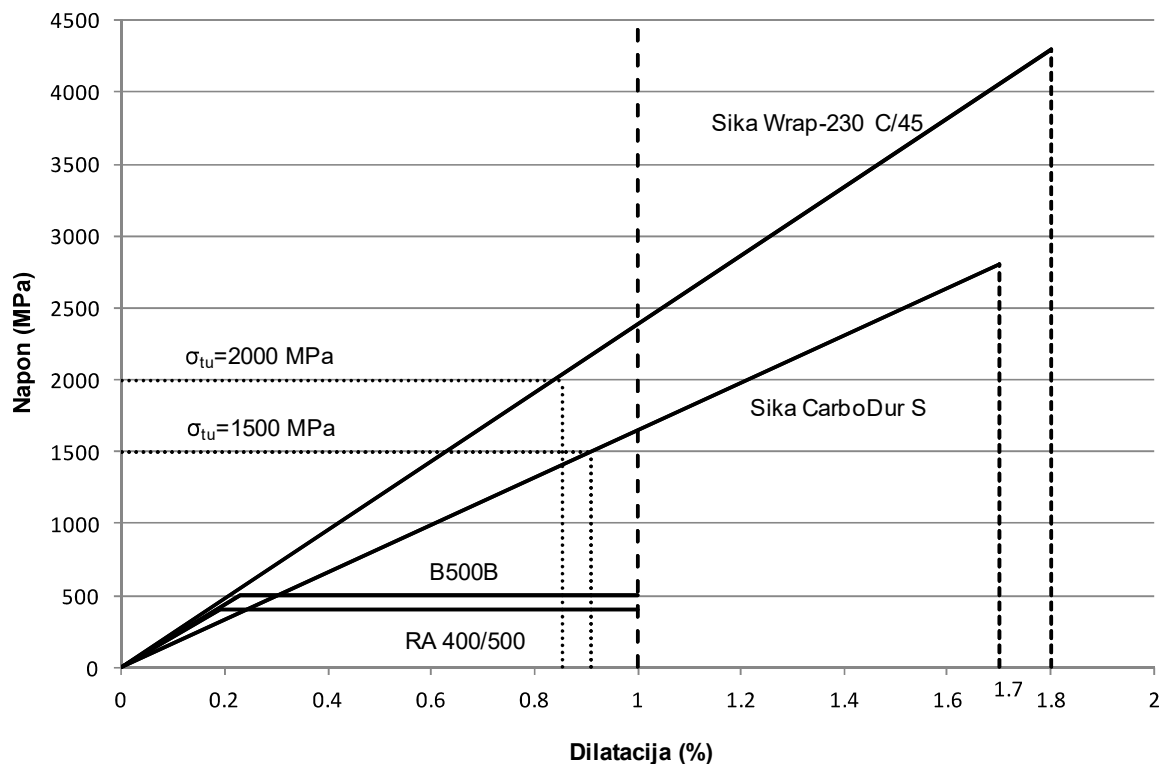
dilatacije u karbonskim trakama ne smeju da budu veće od propisane granične dilatacije čelika definisane veličinom 10‰ (=1%).

Svojstvo	Traka – laminat			Traka – tkanina	
	Sika CarboDur S	Sika CarboDur M	Sika CarboDur H	Sika Wrap-230 C/45	Sika Wrap Hex-230C
Širina (mm)	15 - 150	60 -120	50	300 i 600	300
Debljina (mm)	1.2 – 2.6	1.4	1.4	0.131	0.122
Čvrstoća pri zatezanju (MPa)	2800	2400	1300	4300	4100
Granična deformacija (%)	1.70	1.20	0.45	1.80	1.70
Modul elastičnosti (GPa)	165	210	300	234	230

Tabela 2. Osnovna svojstva primenjenih karbonskih traka

U praksi se proračuni ojačanja karbonskim trakama u najvećem broju slučajeva sprovode na bazi poznate granične vrednosti napona u traci σ_{tu} , pri čemu će definisanje te vrednosti u daljem biti prikazano za trake Sika CarboDur S i Sika Wrap-230 C/45 koje na našim prostorima imaju najveću praktičnu primenu.

Ako se pođe od nepobitne činjenice da su σ - ε dijagrami karbonskih traka linearni u celokupnim naponskim područjima, na bazi vrednosti datih u tabeli 2, a za trake koje su predmet razmatranja, dobija se grafički prikaz dat na slici 3, na osnovu koga se sa dovoljnom tačnošću mogu usvojiti naponi tečenja σ_{tu} prikazani u okviru iste slike.



Slika 3. Grafički prikaz postupka definisanja veličina σ_{tu}

Ojačanja kontinualnih nosača karbonskim trakama u opštem slučaju svode se na "pokrivanje" kako momenata, tako i transverzalnih sila, pri čemu se u načelu "pokrivaju" i momenti u poljima (pozitivni momenti) i momenti iznad oslonaca (negativni momenti).

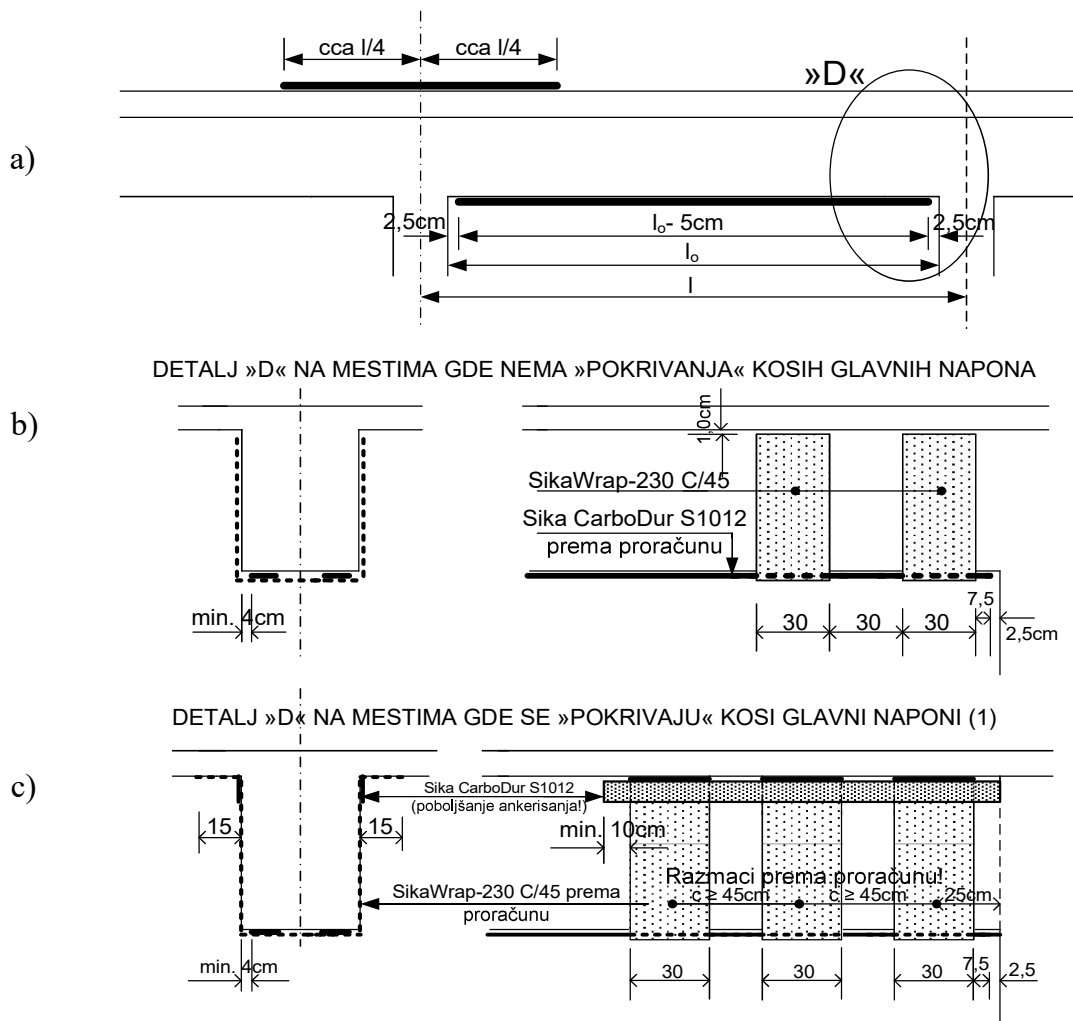
Na slici 4 prikazan je primer ojačanja kontinualnog nosača u konstrukciji, gde su zalepljenim karbonskim trakama-laminatima "pokriveni" veći momenti savijanja u poljima, a trakama-tkaninama povećane transverzalne sile. Kao što se vidi, od dve karbonske trake-laminata zalepljene sa donje strane datog kontinualnog nosača jedna se pruža skoro celokupnom dužinom posmatranog polja, dok je druga postavljena samo na delu dužine tog polja - u zoni koja je definisana proračunom. U zoni oslonca (levo i desno) definisanoj proračunom, gredni nosač je iz razloga "pokrivanja" kosih glavnih napona zatezanja u potpunosti "obmotan" karbonskim trakama-tkaninama.



Slika 4. Kontinualni nosač sa ojačanjima koja "pokrivaju" i momente i transverzalne sile [6]

Bez obzira na potpuno korektno rešenje prikazano na slici 4, kada je reč o pozitivnim momentima trake se najčešće postavljaju po celokupnim raspoloživim dužinama, dok se u slučaju negativnih momenata dužine traka definišu na bazi momentnih dijagrama - vodeći računa o potrebnim dužinama njihovog ankerisanja. Tako na primer, ukoliko se primenjuju trake-laminati, kod kontinualnih nosača opterećenih jednakopodeljenim opterećenjima, preporučeno je da se trake za "pokrivanje" negativnih momenata vode na dužinama jednakim raspon/4 - levo i desno od oslonačkih preseka (videti sliku 5a) [7].

Kada je reč o karbonskim trakama-laminatima za "pokrivanje" pozitivnih momenata, na krajevima tih traka, čak i ako nema potrebe za "pokrivanjem" kosih glavnih napona, a radi poboljšanja njihovog ankerisanja, lepe se jedan do dva U-elementa ("otvorene" uzengije) od traka-tkanina saglasno slici 5b. Međutim, ukoliko postoji potreba i za "pokrivanjem" kosih glavnih napona zatezanja, trake-tkanine (U-elementi) koje će biti zalepljene na krajevima traka-laminata u oslonačkim zonama nosača, treba da budu definisane na bazi odgovarajućeg proračuna saglasno slici 5c. Drugi način za adekvatno ankerisanje karbonskih tkanina jeste na da se na kontaktu grede i ploči, prošlicuje ploča, kako bi karbonska traka u potpunosti obmotala gredu po obimu.



Slika 5. Principijelna rešenja ojačanja kontinualnih nosača koja se primenjuju u praksi [6]

4.2. Sanacije armiranobetonskih stubova

Kod armiranobetonskih stubova, u slučaju podbačaja marke betona, potrebno je na adekvatan način izvršiti ojačanje preseka kako sa aspekta napona pritiska, tako i sa aspekta napona zatezanja. U skladu sa tim, povećanje nosivosti AB stubova najlakše se može postići dodavanjem armature i povećanjem poprečnog preseka stuba slojem novog betona adekvatne marke. Jedan od problema koji se javlja kod ovog načina sanacije jeste kako izvršiti podbetoniravanje stuba neposredno ispod AB ploče. Kako bi se svi planirani radovi sproveli u skladu sa pravilima struke, pristupilo se sledećim aktivnostima:

- probijeni su otvori u ploči neposredno iznad predmetnih stubova u zoni koja otprilike odgovara širini novog betonskog plašta; predmetni otvori služe kako za provlačenje dodatne armature stubova iz jedne etaže u drugu, tako i za ugradnju novog betona u oplatu koja se postavlja po celoj visini stuba (od jedne do druge ploče) - slika 6,
- u narednom koraku izvršeno je štemovanje zaštitnog sloja betona, kako bi se postigla što bolja adhezija između starog i novog betona) - slika 6,

- vodom pod jakim pritiskom izvršeno je odprašivanje površine stubova i dodatno uklanjanje slabih delova betona,
- zatim je postavljena nova podužna armatura duž čitave visine stuba zajedno sa ankerima koji kroz prethodno pomenute otvore prolaze do sledeće etaže; oko tako postavljene armature na licu mesta je vršeno i postavljanje uzengija) - slika 6,
- nakon završenih armiračkih radova, pristupilo se postavljanju oplata,
- u poslednjem koraku, kroz otvore u ploči iznad zone stuba koji se ojačava vršeno je betoniranje novog sloja betona vodeći računa o konzistenciji i kvalitetnoj ugradnji ovog betona) - slika 7.



Slika 6. Ojačavanje pravougaanih stubova dodatnom armaturom



Slika 7. Betoniranje novog betonskog plašta oko stubova

5. REFERENCE

- [1] SRPS EN 12504-1:2019, Ispitivanje betona u konstrukcijama – Deo 1: Jezgrovani uzorci (kernovi) – Uzimanje, pregled, i ispitivanje pri pritisku
- [2] SRPS EN 12504-2:2021, Ispitivanje betona u konstrukcijama – Deo 2: Ispitivanje bez razaranja – Određivanje veličine odskoka
- [3] SRPS EN 12504-3:2008, Ispitivanje betona u konstrukcijama – Deo 3: Određivanje sile čupanja
- [4] SRPS EN 12504-4:2021, Ispitivanje betona u konstrukcijama – Deo 4: Određivanje brzine ultrazvučnog impulsa
- [5] SRPS EN 13791:2019, Ocenjivanje čvrstoće pri pritisku konstrukcija i prefabrikovanih betonskih elemenata na mestu ugradnje
- [6] Muravljev M, Radević A: Praktičan pristup sanacijama betonskih konstrukcija karbonskim trakama, XXVII Kongres i međunarodni simpozijum o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, pp. 295-306, ISBN 978-86-87615-08-3, Vršac 18-20. oktobar 2017
- [7] Muravljev, M.: Praktična primena SIKA karbonskih traka u ojačanju betonskih konstrukcija, Beograd, 2015
- [8] Muravljev, M., Zakić, D., Radević, A.: Tehnologija betona - teorija i praksa, ISBN 978-86-7518-220-7, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Akademska misao, Beograd 2022
- [9] Muravljev M.: Metode povećanja nosivosti betonskih konstrukcija sa primerima iz prakse, ISBN 978-86-7518-198-9, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2017.