

**PROCENA STANJA I SANACIJA AB KONSTRUKCIJE PODVOŽNJAKA U  
PARTIZANSKOJ ULICI U NOVOM SADU****THE ASSESSMENT AND REPAIR OF RC STRUCTURE OF UNDERPASS IN  
PARTIZANSKA STREET IN NOVI SAD**Teofan Budinčić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom dijelu su opisana ležišta: vrste, način ugradnje i primjena. U praktičnom delu je urađena procjena stanja AB konstrukcije podvožnjaka 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 prijedlog sanacionih mjera u cilju povećanja trajnosti AB konstrukcije.

**Ključne reči:** procjena stanja, defekti, oštećenja, sanacija, ležišta

**Abstract** – The paper consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the bearings: types, possibilities of their construction and application. The assessment of RC underpass, 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 repair 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, bearings

**1. LEŽIŠTA**

Ležišta su elementi koji se nalaze između gornje (raspanske) i donje (potporne) konstrukcije da bi se omogućio prenos unutrašnjih sila, kao što je određeno statičkim računom [2].

Ležišta za mostove moraju:

- da preuzimaju vertikalne i horizontalne sile reakcija raspanske konstrukcije i da ih prenose na stubove i krajnje potporne stubove;
- da omogućuju deformacije raspanske konstrukcije u vidu rotiranja koje nastaje kao rezultat nagiba elastičnih linija savijanja nosača;

**NAPOMENA:**

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

- da omogućuju pomeranje raspanske konstrukcije u smeru ose objekta, a kod širokih objekata i u poprečnom smeru.

Koncept oslanjanja mora da odgovara statičkom sistemu i da uzme u obzir karakteristike upotrebljenih ležišta.

Savremena oslanjanja obezbeđuju:

- ležišta koja omogućuju rotiranja u svim pravcima;
- koncept objekta koji omogućuje deformacije konstrukcije u poprečnom smeru sa minimalnim dodatno generisanim silama.

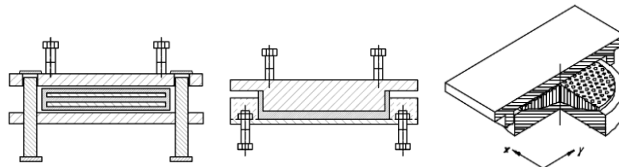
**1.1. Tipovi savremenih ležišta**

Tipovi savremenih ležišta uključuju [2]:

- elastomerna (Slika 1),
- lončasta (Slika 2),
- sferna (Slika 3),
- tačkasta,
- linijska i
- zglobna.

Teoretski se sile prenose preko kontaktnih tačaka, linija ili površina. U prva dva slučaja prenos sile vrši se preko čeličnih dijelova koji mogu da prime velike napone, dok u trećem slučaju za prenos sile mogu da se upotrebe elastomeri. Rotaciju ležišta omogućuje pomjeranje ploče po kugli (u svim smerovima) ili po valjku (u jednom smeru), odnosno klizanje između kuglasto oblikovanih čeličnih izbočenja i udubljenim dijelom ležišta, a kod neoprenskih ležišta deformacijom elastomernog dijela.

Pomjeranja u ležištu ostvaruju se pomoću elastične deformacije elastomernog dela (za mala pomjeranja) ili međusobnim klizanjem dva elementa ležišta. U drugom slučaju se upotrebljava teflon (PTFE) na kontaktu dvije površine i nerđajući čelik.



Slika 1.  
Elastomerna  
ležišta - elastično  
pokretno u jednom  
pravcu

Slika 2. Lončasta  
ležišta -  
nepokretno

Slika 3. Sferna  
(kalotna) ležišta  
- nepokretno

## 2. PROCJENA STANJA OBJEKTA

### 2.1. Opis konstrukcije

Objekat koji je predmet rada je podvožnjak koji se nalazi na dionici željezničke pruge Subotica – Novi Sad na stacionaži: km 78+599,15. Podvožnjak omogućava prelaz pruge preko Partizanske ulice u Novom Sadu (Slika 4). Na podvožnjaku postoje tri kolosjeka od kojih se trenutno koriste samo dva.



Slika 4. Podvožnjak u Partizanskoj ulici

Statički sistem konstrukcije je kontinualna greda na tri polja (Slika 5). Srednje polje kontinualnog nosača je raspona 17m, dok su prvo i treće polje raspona 10,40m. Glavni nosači su tri pune kontinualne ploče od prednapregnutog betona. Glavni nosači (ploče) pravougaonog poprečnog preseka, debljine 50cm i međusobno su povezani - monolitizovani jednom kolovoznom pločom debljine 25cm. Kolovozna ploča koja spaja glavne nosače ima dva konzolna ispusta, sa jedne strane 30cm i sa druge strane 90cm. Prednaprezanje ploča je urađeno sa 171 kablom prečnika Ø5mm koji se pružaju duž cijele kontinualne ploče. Srednji stubovi su izvedeni kao "pendel" i s obzirom na njihove dimenzije, imaju oblik platna. Stubovi su promjenljive debljine po visini. Krajnji oslonci su izvedeni u vidu potpornih zidova u nasipu. Zid na novosadskoj strani je izveden sa pokretnim ležištem, dok je zid ka Subotici izveden sa nepokretnim ležištem. Ležište je izvedeno kao armiranobetonsko.



Slika 5. Podužni presjek podvožnjaka

### 2.2. Procjena stanja – vizuelni pregled objekta

Vizuelnom pregledu su podvrgnuti svi dostupni elementi konstrukcije, odnosno:

- stubovi-zidna platna,
- potporni zidovi,
- glavni nosači,
- pruga,
- pješačke staze,
- ograda.

Vizuelnim pregledom detektovan je veliki broj defekata, kao što su: nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, nepravilno izvedeni prekidi i nastavci betoniranja,

neravna površina betona, betonska gnijezda, zone segregacije, tragovi oplata i odvaljivanje uglova, ivica i delova površine betona uslijed athezije betona i oplata i oštećenja koja su se razvila usled višegodišnje izloženosti objekta atmosferilijama, prodora vode na mjestima dilatacija i prekida betoniranja i usled nabrojanih defekata.

Karakteristično oštećenje jeste korozija armature i, posleđično, oštećenja zaštitnog sloja betona. Na mjestima prodora vode uočene su i vlažne mrlje, krečnjačke naslage i biološka korozija. Olučne instalacije, izvedene na mjestima dilatacija zidova, dotrajale su, popucale i izgubile svrhu, te doprinose daljoj deterioraciji betona, usled konstantne izloženosti vlazi. Na narednim slikama (6-13) ilustrovani su opisani defekti i oštećenja.



Slika 6. Mali zaštitni sloj betona, vidljiva korozija armature, zidno platno



Slika 7. Otpadanje površinskog sloja betona, vidljiva korozija armature stuba u donjim dijelovima zidnog platna



Slika 8. Veće betonsko gnijezdo na zidnom platnu



Slika 9. Oštećena olučna instalacija, slivanje vode, biološko rastinje



Slika 10. Betonsko gnijezdo na AB platnu



Slika 11. Slivanje vode na spojnici, površinska korozija armature, hemijska i biološka korozija betona, glavni nosač



Slika 12. Pukotina na mestu nepovezanih slojeva betona u zidu kanala za odvodnjavanje atmosferskih voda u sklopu glavnog nosača



Slika 13. Korozija armature, nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona - glavni nosač i konzolni ispust

### 2.3. 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:

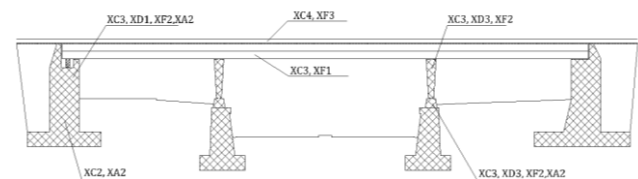
- Beton ugrađen u zidove u osi A ima procjenjenu čvrstoću pri pritisku u rasponu 45-48MPa. Imajući u vidu da je projektovana marka betona MB30, dobijeni rezultati ukazuju da beton ima visoke mehaničke karakteristike.
- Beton ugrađen u zidove u osi D ima procjenjenu čvrstoću pri pritisku u rasponu 33-37MPa. Na zidovima je, detaljnim vizuelnim pregledom, registrovano intenzivno procurivanje i vlaženje, koje je tokom vremena dovelo do postepene deterioracije betona. Između pojedinih zidova se nalaze olučne instalacije, čiji su limovi popucali, korodirali i omogućili slivanje vode na okolni beton predmetnih zidova. Vrijednosti čvrstoće su, iz ovih razloga, znatno manje u odnosu na čvrstoću betona ugrađenog u zid A.
- Beton ugrađen u zidna platna B i C, ima visoke mehaničke karakteristike. Beton ugrađen u zidna platna u osi B ima procjenjenu čvrstoću pri pritisku u rasponu 45-53MPa, a beton ugrađen u zidna platna u osi C u rasponu 53-57MPa.

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 zidnim platnima i zidovima debljina karbonatizovanog sloja obuhvata celu debljinu zaštitnog sloja betona, tako da je front karbonatizacije ugrozio armaturu.

### 3. KLASSE IZLOŽENOSTI

Bazirano na evropskim normama EN206 i EN1990, elementi AB konstrukcije podvošnjaka su svrstani u odgovarajuće klase izloženosti - Slika 14.



Slika 14. Klase izloženosti za elemente podvošnjaka

### 4. SANACIJA OBJEKTA

U okviru predloženog sanacionog rješenja, predviđene su sledeće operacije:

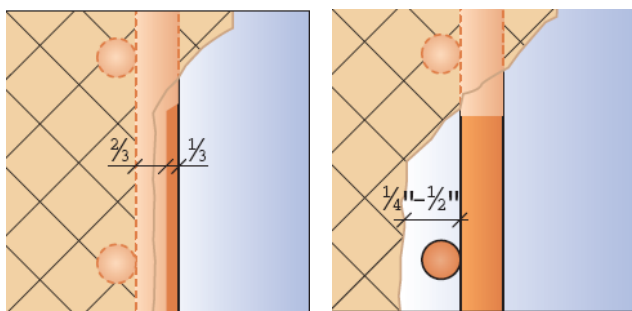
- lokalna reprofilacija i površinska zaštita oštećenih AB elemenata (stubovi, glavni nosači, konzolni dijelovi ploče): uklanjanje trošnog i oštećenog površinskog sloja betona sa AB elemenata podvošnjaka i izvođenje novog zaštitnog sloja, odgovarajuće debljine, prema zahtjevima klasa izloženosti;

- uspostavljanje adekvatnog sistema odvođenja atmosferske vode sa gornjeg stroja podvožnjaka;
- uklanjanje gornjih slojeva podvožnjaka (zastor, sloj za pad...) i izvođenje novih slojeva iznad AB ploče konstrukcije;
- zamjena linijskih AB ležišta glavnih AB nosača sa armiranim elastomernim ležištima, ekvivalentne nosivosti i istog tipa (sa aspekta statičkog sistema);
- uklanjanje dotrajale čelične ograde i postavljanje izolacionih i apsorbujućih panela za zaštitu od buke kao i metalne konstrukcije za iste.

#### 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 15).



Slika 15. Izgled odštemanog sloja betona zavisno od 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“.

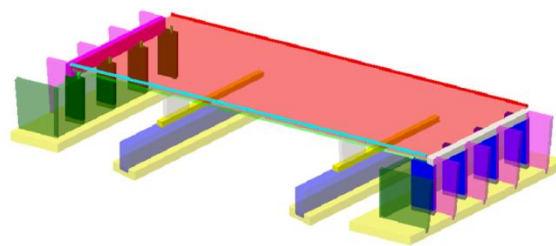
#### 4.2. Zamjena AB ležišta

Postupak zamjene AB ležišta obuhvata:

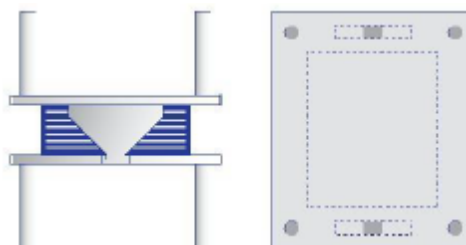
- uklanjanje zaštitnog zida u okviru potpornog zida u cilju obezbjeđenja pristupa ležištu;
- postavljanje presa na potporne zidove, ispod glavnih nosača (prema kontrolnom proračunu, potrebna nosivost presa je  $\approx 30t$ ),
- odizanje konstrukcije,
- postavljanje privremenih oslonaca na jarmove,
- uklanjanje postojećih AB ležišta,
- ugradnja novih AB pendela,
- postavljanje novih armiranih elastomjernih ležišta,
- spuštanje konstrukcije podvožnjaka na nova ležišta i na jarmove kao privremene oslonce

Kontrolnim proračunom (Slika 16) je određena potrebna nosivost ležišta: 2134,8kN, u skladu sa modelom opterećenja **LM71** (standardni saobraćaj za opisivanje statičkih uticaja vertikalnog opterećenja usled uobičajenog saobraćaja).

Izabrana su 3 elastomerna ležišta tip NAL, pojedinačne nosivosti 750kN ( Slika 17).



Slika 16. Model podvožnjaka u cilju proračuna potrebne nosivosti ležišta



Slika 17. Pokretno elastomerno ležište u jednom pravcu, tip: NAL ležišta

### 5. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani procjena stanja i prijedlog sanacionog rješenja za AB konstrukciju podvožnjaka u Novom Sadu. Na osnovu svih prikupljenih podataka, dobijenih detaljnim vizuelnim pregledom i nedestruktivnim ispitivanjima, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Stabilnost konstrukcije nije ugrožena,
- Trajnost objekta je smanjena. Postojanje velikog broja defekata, nastalih u fazama građenja i izvođenja konstrukcije nadvožanjaka, doveli su do progressa oštećenja tokom vremena,
- Nosivost konstrukcije, kao cjeline, nije ugrožena. Elementi su masivni, mehaničke karakteristike su i dalje zadovoljavajuće, što znači da ugrađeni beton i dalje prima i prenosi projektovano opterećenje.
- Uzevši u obzir značaj objekta i njegovu namjenu, kao i činjenicu da bi njegova nefunkcionalnost dovela do stopiranja željezničkog saobraćaja na dionici Novi Sad - Subotica, kao i dalje prema Evropi, treba preduzeti sve mjere predostrožnosti i sanirati objekat dok je još u fazi detektovanih oštećenja.

Predloženim sanacionim rješenjem se podvožnjak može vratiti u stanje funkcionalnosti uz obezbjeđenje trajnosti AB elemenata konstrukcije.

### 6. LITERATURA

- [1] SRPS EN 1991-2. Dejstva na konstrukcije – Deo 2: Saobraćajna opterećenja na mostovima – Nacionalni prilog.
- [2] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, 9. Projektovanje mostova: Ležišta. Javno preduzeće Putevi Srbije, 2012.

#### Kratka biografija:



**Teofan Budinčić** rođen je u Ljubinj u RS/BiH 05.12.1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije - Procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija odbranio je 2021.god. Kontakt: [teofan.buda@gmail.com](mailto:teofan.buda@gmail.com)