

ELABORAT

sanacije armiranobetonske konstrukcije mostu
na LJUBLJANSKI GRAD

Naročnik: **JAVNI ZAVOD LJUBLJANSKI GRAD**
Grajska planota 1
1000 LJUBLJANA

Naročilo : **Naročilnica št. 288/2019-N z dne 05.04.2019**

Iztok Leskovar, univ.dipl.inž.gradb.

Direktor:
Dragan Kneževič, inž.gradb.

maj 2019

KAZALO

1.0 UVOD

2.0 PREISKAVE MATERIALNO TEHNIČNEGA STANJA MOSTU

2.1 Vizualni pregled konstrukcije

2.5 Meritev globine karbonatizacije betona in debelin zaščitnih plasti betona nad armaturo

2.4 Ocena stopnje korozije armaturnih palic

3.0 OCENA STANJA

4.0 PREDLOG SANACIJE

4.1 Predlog sanacije

4.2 Vrste materialov in postopkov za izvedbo snacije

1.0 UVOD

Predvidena je celovita sanacija mostu na Ljubljanski grad. V okviru sanacije se bo izvedla tudi sanacija in zaščita mostne konstrukcije, ki je predmet tega elaborata. Da bi pridobili podatke o stanju konstrukcije smo najprej izvedli preiskave materialno tehničnega stanja mostne konstrukcije. Na osnovi rezultatov preiskav podajamo predlog sanacije ter popise del s predizmerami. Sestavni del elaborata je tudi ocena stroškov za njeno izvedbo.

Prdekkladna konstrukcija je armiranobetonska, sestavljena iz nosilcev in plošče, podporno konstrukcijo pa predstavljajo jekleni in delno armiranobetonski stebri. Krajna podpora na dostopni strani je izdelana iz masivnega betona s krili, krajna podpora proti gradu je umeščena v obodno zidovje gradu.



Sliki 1 in 2 : Pogled na most

2.0 PREISKAVE MATERIALNO TEHNIČNEGA STANJA MOSTNE KONSTRUKCIJE

Preiskave materialno tehničnega stanja objekta so obsegale:

- detajlni vizualni pregled objekta s fotodokumentacijo stanja in karakterističnih poškodb,
- meritve globine karbonatizacije in debelin zaščitnih plasti betona nad armaturo,
- oceno stopnje korodiranosti armature.

Rezultati preiskav so podani v nadaljevanju.

2.1 Detajlni vizualni pregled konstrukcije

Med detajlnim pregledom armiranobetonske mostne konstrukcije smo registrirali naslednje poškodbe :

- Na spodnji strani prekladne konstrukcije so na več mestih prisotne razpoke. Le-te potekajo v glavnem v prečni smeri. Na določenih razpokah so vidni izraziti znaki pronicanja vode iz zgornje strani prekladne konstrukcije (sika).



Slike 3, 4, 5 in 6: Razpoke na prekladni konstrukciji z izrazitimi sledovi pronicanja vode iz zgornje strani prekladne konstrukcije

- Na spodnji strani prekladne konstrukcije so ob robnem vencu vidni znaki zatekanja vode preko čela robnega venca. Na tem delu je prisotna tudi korozija armaturnih palic in poškodbe zaščitne plasti betona nad armaturo zaradi korozije armature (razpoke in odstopanje).
- Na podaljšanih delih robnega venca so prisotne zasigane razpoke in odprti delovni stiki (slika 10)



Slike 7, 8, 9 in 10: Zamakanje na spodnji strani prekladne konstrukcije preko čelne strani robnega venca in razpoke na podaljšanih delih robnega venca

- Na čelni površini robnega venca potekajo armaturne palice tik pod površino robnega venca, zaščitna plast betona je na več mestih že odpadla oz. razpokala, armaturne palice pa razgaljene in korodirane. Površina betona je sprana.



Slike 11 in 12: Korozija armaturnih palic na čelni površini robnega venca

- Na betonskem oporniku in njegovih krilih so prisotne razpoke, ki so delno zasigane in odprti delovni stiki. Vidni so sledovi zatekanja preko robnega venca in razraščanje alg in mahu na močno navlaženih površinah.



Slike 13, 14 in 15: Razpoke in odprti delovni stiki ter razraščanje alg in mahov na betonskih površinah krajnega opornika

- Na betonskih stebrih so lokalno prisotne poškodbe zaradi korozije armature, na spodnjih površinah tik and tlemi pa zmrzlinke poškodbe betona.
- Beton je na spodnji strani prekladne konstrukcije brez zaščitnih premazov in ima izgled vidnega betona. Na čelni površini robnega venca, na stebrih in opornikih so betonske površine originalno štokane in na več mestih sprane.



Sliki 16 in 17: Odstopanje zaščitne plasti betona nad korodirano armaturo in zmrzlinsko poškodovani spodnji deli betonskih stebrov



Slika 18: Nespravna površina betona na stebri. Betoni so bili na čelu robnega venca, stebrih in oporniku štokani

2.2 Meritev globine karbonatizacije betona, debelin zaščitnih plasti betona nad armaturo

Debeline zaščitnih plasti betona nad armaturo ter globino karbonatizacije smo izmerili na spodnji strani ab prekladne konstrukcije (nosilcih in plošči) ter na čelni strani robnega nosilca in to na istih pozicijah.

Za meritev globine prodora karbonatizacije smo uporabili fenolfaleinski test.

Meritve smo izvedli na vzorcih betona, ki so bili izvrtani iz ab konstrukcije (V1 na nosilcu, V2 na plošči) oz. odbiti na spodnjih robovih robnega venca, kot tudi na licu mesta.



Sliki 19 in 20: Vzorci betona, na katerih so bile izvedene meritve globine prodora karbonatizacije

Rezultati meritev so bili naslednji:

| konstrukcijski element | globina prodora karbonatizacije (mm) | debeline zaščitnih plasti betona (mm) |
|---------------------------|--|---|
| nosilec | 22 | 16 |
| nosilec | 18 | 15 |
| ab plošča | 20 | 18 |
| ab plošča | 24 | 20 |
| ab plošča | 17 | 13 |
| čelo r. venca | 26 | 8 |
| čelo r. venca | 28 | 10 |
| čelo r. venca | 23 | 5 |

2.3 Ocena stopnje korodiranosti armature

Kot je navedeno že v poglavju o vizualnem pregledu objekta je na a.b. elementih prisotna korozija armature. Najintenzivnejša je na robnih vencih. Na ab plošči nosilcih je korozija armature vezana na področja razpok, kjer je prihajalo do zamakanja.

Pri pregledu korodirane armature smo ugotovili, da gre predvsem za korozijo površinske plasti jekla brez globinskih izjed t.i. pittov. Ocenjujemo, da zmanjšanje nosilnih presekov armaturnih palic na ab plošči in nosilcih na najmočnejše korodiranih palicah ne presega reda velikosti 10 %. Gre za posamezne armaturne palice, katerih število je omejeno. Na čelnem delu robnega venca je število s korozijo prizadetih armaturnih palic bistveno večji. Zmanjšanje nosilnih presekov armature na teh mestih pa prav tako ne presega reda velikosti 10 %. a.b.hodniki - do ca. 40 %,

3.0 OCENA STANJA

Na osnovi izvedenih preiskav materialno tehničnega stanja lahko najprej ugotovimo, da je najmočnejše poškodovan čelni del robnih vencev. Debeline zaščitnih plasti betona na teh površinah so minimalne, tako da je karbonatizacija že prisotna v področju vgrajene armature. Površine betona so tu štokane in brez dodatne zaščite. Na celotni površini čela robnega venca je zato prisotna korozija armature in z njo povezane poškodbe betona - odstopanje zaščitnih plasti betona in razpoke na njej.

Robni venec je brez odkapa, posledica česar je zatekanje padavinske vode, ki priteče po čelni površini robnega venca v robni pas ab plošče. Zato se je na armaturnih palicah razvila korozija, ki pa je zaenkrat lokalna in omejena.

Korozija armature se na ab plošči pojavlja tudi v področju razpok, skozi katere je iz zgornjih površin zatekala voda.

Sicer pa je globina karbonatizacije na ab plošči in nosilcih že dosegla področje vgrajene armature.

Na ab plošči so poleg vlažnih razpok prisotne tudi razpoke, ki so suhe.

Na betonskih stebrih in krajnem oporniku so prisotne razpoke in odprti delovni stiki, lokalno pa tudi odstopanja zaščitnih plasti betona and korodirano armature in poškodbe zaradi procesov zmrzovanja in odtaljevanja. Betoni so na teh površinah v glavne sprani. Na močnejše navlaženih delih se razraščajo alge in mahovi.

4.0 PREDLOG SANACIJE

Skladno z rezultati preiskav in podano oceno stanja v nadaljevanju podajamo predlog sanacije po posameznih delih armiranobetonske konstrukcije ter pogoje za lastnosti uporabljenih materialov in postopkov sanacije.

Op.: Sanacija hidroizolacije, tlakov, ograj in ostalih elementov na zgornji strani prekladne konstrukcije ni predmet tega elaborata.

4.1 Predlog sanacije

A. Robni venci

- odstranitev razpokanih in slabo sprijetih zaščitnih plasti betona ter betona okoli korodiranih armaturnih palic z lahкими odkopnimi kladivi,
- čiščenje vseh betonskih površin z vodnim curkom pod visokim pritiskom ca 400 barov,
- čiščenje korodiranih armaturnih palic in izvedba zaščitnega visoko polimeriziranega cementnega premaza (2x),
- reparacija poškodovanih zaščitnih plasti betona s polimerizirano cementno reparaturno malto,
- preplastitev čelnih površin robnega venca s polimerizirano cementno malto v debelini 2-3 cm. Površina se po utrditvi štoka.
- izrez utora (odkap) širine 1,5 cm in globine 2 cm na stiku dodane čelne preplastitve in ab plošče,
- zaščita površin s transparentnim impregnacijskim premazom.

B. Nosilci in plošča prekladne konstrukcije

- odstranitev razpokanih in slabo sprijetih zaščitnih plasti betona ter betona okoli korodiranih armaturnih palic z lahкими odkopnimi kladivi,
- čiščenje vseh betonskih površin z vodnim curkom pod visokim pritiskom ca 400 barov,

- čiščenje korodiranih armaturnih palic in izvedba zaščitnega visoko polimeriziranega cementnega premaza (2x),
- reparacija poškodovanih zaščitnih plasti betona s polimerizirano cementno reparaturno malto,
- injektiranje vlažnih razpok s poliuretansko injektirno maso, ki nabreka v kontaktu z vodo,
- injektiranje suhih razpok z epoksidno injekcijsko smolo, razpok širine nad ca 0,3 mm z nizkoviskozno epoksidno injekcijsko smolo,
- preplastitev površin (realkalizacija in izravnava betona) s polimerizirano cementno malto v debelini 1cm. Površina zaglajena.

C. Stebri in krajni oporniki

- odstranitev razpokanih in slabo sprijetih zaščitnih plasti betona ter betona okoli korodiranih armaturnih palic z lahкими odkopnimi kladivi,
- čiščenje vseh betonskih površin z vodnim curkom pod visokim pritiskom ca 400 barov,
- čiščenje korodiranih armaturnih palic in izvedba zaščitnega visoko polimeriziranega cementnega premaza (2x),
- reparacija poškodovanih zaščitnih plasti betona in poškodb, ki so nastale zaradi procesov zmrzovanja in odtaljevanja s polimerizirano cementno reparaturno malto in spiranje površine ((tekstura , kot obstoječe površine),
- injektiranje vlažnih razpok s poliuretansko injektirno maso, ki nabreka v kontaktu z vodo. Pred injektiranjem izvedba utora širine 1,0 cm in globine 1,5 cm, zatesnitev utora z reparaturno polimerizirano cementno malto in spiranje površine (tekstura , kot obstoječe površine),
- injektiranje suhih razpok z epoksidno injekcijsko smolo, razpok širine nad ca 0,3 mm z nizkoviskozno epoksidno injekcijsko smolo. Pred injektiranjem izvedba utora širine 1,0 cm in globine 1,5 cm, zatesnitev utora z reparaturno polimerizirano cementno malto in spiranje površine (tekstura , kot obstoječe površine),
- zaščita površin s transparentnim impregnacijskim premazom.

4.2 Vrste materialov predvidenih za izvedbo sanacije in zaščite ter pogoji kvalitete uporabljenih materialov in postopkov

Čiščenje in priprava betonskih površin

Za čiščenje betonskih površin se uporabi vodni curek pod visokim pritiskom 400 barov.

Po čiščenju morajo biti površine zdrave, brez nečistoč in labilnih ali slabo vezanih delcev betona. Sprijemna natezna trdnost betona izmerjena po metodi pull-off po čiščenju mora biti večja od 1,5 MPa.

Za odstranjevanje razpokanih, slabo sprijetih in poškodovanih zaščitnih plasti betona nad in ob korodirani armaturi se uporabijo lahka odkopna kladiva.

Injektiranje razpok

Suhe razpoke debelin nad 0,3 mm se injektirajo z epoksidno injekcijsko smolo, mokre razpoke s poliuretansko smolo, ki nabreka v kontaktu z vlago.

Tehnološki postopek injektiranja je naslednji:

- izžlebljenje razpok s sekači na električnih udarnih kladivih oz s kotno brusilko. Razpoke se izžleblijo v širini ca 1,0 cm in globini ca 1.5 cm,
- vrtanje in vgradnja injektirnih nastavkov ter tesnitev razpoke z reparaturno malto, ki se na stebrih in razpokah spira tako, da bo tekstura podobna površini spranega betona na obstoječih površinah. Po potrebi se zaradi barvne skladnosti reparaturni malti doda barvilo mineralnega izvora, kar se predhodno preveri na prteskusnem polju.

Cevke se vgradijo na medsebojni razdalji ca 30 cm,

- injektiranje epoksidne smole pod visokim pritiskom.

Za injektiranje suhih razpok se uporabi nizkoviskozna epoksidna smola za injektiranje (npr.: Mapei Epojet ali enakovredno)
in za injektiranje vlažnih razpok poliuretanska smola, ki nabreka v kontaktu z vlago (npr.: Sika Injection 201 CE)

Zaščita armature

Po čiščenju razgaljenih armaturnih palic je predviden zaščitni premaz armature. Čiščenje palic naj poteka mehansko s suhim ali mokrim peskanjem. Potrebno je odstraniti vse korozijske produkte (do kovinskega sijaja – stopnja Sa 2,5). Zaščitni premaz naj bo visoko polimeriziran, cementni premaz (npr.: Mapei Mapefer).

Premaz mora zagotoviti primerno podlago za nanos reparaturne malte.

Sanacijske (reparaturne) malte

Vsi okruški, neravnine in odstranjene zaščitne plasti betona se reparirajo s polimeriziranimi mikroarmiranimi maltami (PCC malte). Izbrane sanacijske malte naj bodo enokomponentne, neskrčljive in ojačane z mikroarmaturo polimernega izvora. Uporabijo naj se malte razreda R4.

Iskane karakteristike reparaturnih malt so naslednje:

| | |
|----------------------------|--|
| tlačna trdnost po 28 dneh: | 35 - 40 N/mm ² |
| E modul: | cca 20.000 N/ mm ² |
| sprjemna natezna trdnost : | > 1,5 MPa, minimalna posamična vrednost: 1,0 MPa |

(npr.: malta Mapei Mapegrout T60 ali enakovredno).

Z isto malto se izvede tudi preplastitev čelnih površin robnega venca. Površine se po utrditvi malte štokajo.

Malte za izravnavo in realkalizacijo betona

Po izvedeni sanaciji poškodb in injektiranju razpok se celotne površine ab prekladne konstrukcije (plošča in nosilci) z namenom realkalizacije in izravnave površin preplastijo s polimeriziranimi cementnimi maltami v debelini 1,0 cm. Za preplastitev naj se uporabijo polimerizirane cementne malte nizkih granulacij razreda R3.

Malta naj bo hitrovezoča in mora imeti kontrolirano krčenje.

(npr.: malta Mapei Planitop 400)

Malte morajo izpolniti naslednje zahteve:

- tlačna trdnost po 28 dneh: > 20 N/mm²
- natezna upogibna trdnost: > 5 N/mm²
- sprijemljivost s podlago: > 1,5 Mpa

Zaščitni premazi

Za zaščito vseh betonskih površin na čelni strani robnega venca ter stebrov in krajnih opornikov se uporabi transparentni impregnacijski premaz na bazi silan siloksanov. Uporabi naj se impregnacijski premaz s podaljšano življensko dobo na bazi kreme, ki po nanosu izhlapi (npr.:Mapei Mapecrete Creme ali enakovredno).

KONTROLA KVALITETE UPORABLJENIH MATERIALOV in IZVEDENIH DEL

Kontrolo kvalitete mora izvajalec sanacijskih del organizirati na 3 nivojih in sicer:

- z zagotovitvijo veljavnih potrdil o kvaliteti uporabljenih materialov skladno z zahtevami, ki so podane v predhodnem poglavju;
- s kontrolo kvalitete uporabljenih materialov v času izvajanja sanacijskih del;
- s kontrolo kvalitete izvedenih del.

Obseg in vrste preiskav v okviru tekoče kontrole kvalitete

Čiščenje in priprava površin

Odstranjevanje poškodovanih betonov z lahкими odkopnimi kladivi:

- vizualni pregled,
- pretrkavanje površin in preveritev, ali so slabo sprjeti deli betona odstranjeni.

Čiščenje površin:

- vizualni pregled,
- izvedba preskusov natezne sprejemne trdnosti na očiščenem betonu (pull-off metoda) Število preskusov: 6.

Zaščita armature

- vizualni pregled očiščenih armaturnih palic,
- preveritev čistosti armaturnih palic pred izvedbo zaščitnega premaza; stopnja Sa 2,5 po švedski lestvici, število preskusov min. na 10 mestih,
- preveritev debeline zaščitnega premaza min. na 10 mestih .

Sanacijske malte

- odvzem vzorcev reparaturne malte in preskus tlačne in upogibne trdnosti malte. Pogostost preiskav: min 3 vzorci,
- preskus sprejemne natezne trdnosti malte s podlago (pull-off). Število preskusov : 6.

5.0 POPIS DEL s PREDIZMERAMI in OCENA STROŠKOV SANACIJE

je podan v prilogi 1.