



UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET
U PODGORICI

INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP
GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA



ZBORNIK RADOVA

KNJIGA 2

ŽABLJAK, 03-07. MARTA 2008.

ISBN 978-86-82707-15-8

Izdavač

UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Za izdavača

Prof.dr Duško Lučić

Urednik

Doc.dr Snežana Rutešić

Uređivački odbor

Doc.dr Radomir Zejak
Doc.dr Snežana Rutešić
Mr Biljana Šćepanović

Tehnički urednici

Goran Pavlović
Mr Biljana Šćepanović

Priprema za štampu

Goran Pavlović

Fotografija na koricama

Vladimir Tomašević

Štampa

Štamparija 3M Makarije

Tiraž

400 primjeraka

CIP – Каталогizacija u publikaciji
Централна народна библиотека Црне Горе, Цетиње

624(082)

69(082)

ИНТЕРНАЦИОНАЛНИ научно–стручни скуп
"Грађевинарство – наука и пракса" (2008 ; Жабљак)
Zbornik radova / Internacionalni naučno–stručni skup
Građevinarstvo – nauka i praksa, Žabljak, 03–07. marta 2008. ;
[urednik Snežana Rutešić]. – Podgorica : Univerzitet Crne Gore,
Građevinski fakultet, 2008 (Podgorica : 3M Makarije). – 2 knj.
(1434 str.) : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 400. – Tekst na više jezika. – Bibliografija uz sve radove.

– Rezimei na više jezika.

ISBN 978-86-82707-14-1 (Knj. 1)

ISBN 978-86-82707-15-8 (Knj. 2)

a) Грађевинарство – Зборници
COBISS.CG–ID 12496656





Vujadin Aleksić¹, Miodrag Arsić²

METODOLOGIJA VIZUELNOG PREGLEDA KOROZIJOM OŠTEĆENIH ČELIČNIH KONSTRUKCIJA MOSTOVA

Rezime

U radu je dat metodološki pristup vizuelnom pregledu korozijom oštećenih konstrukcija mostova, sa primerima iz prakse. Dat je i prikaz mogućih oštećenja i posledica izazvanih korozijom čelika na čeličnim konstrukcijama mostova, a razmotrena je i mogućnost preduzimanja mera da se takve pojave preventivno spreče.

Ključne riječi

vizuelni pregled, čelična konstrukcija mosta, koroziono oštećenje

SYSTEM OF VISUAL INSPECTION WITH CORROSION DAMAGES OF THE STEEL STRUCTURE OF BRIDGES

Summary

In this paper is given methodological approach of visual inspection damages and consequence of corrosion steel in structure of bridges and considered might initiate steps in order that phenomena prior to prevent.

Key words

visual inspection, steel structure of bridge, corrosion of damage

¹ Mr. Istraživač saradnik, Institut za ispitivanje materijala IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, v_aleksic@hotmail.com; vujadin.aleksic@institutims.co.yu

² Dr. Viši naučni savetnik, Institut za ispitivanje materijala IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, miodrag.arsic@institutims.co.yu

Mostovi izradeni od čeličnih elemenata zahtevaju pri izradi preciznost, veliku pažnju, obučenu i stručnu radnu snagu. Osnovni nedostatak je osetljivost na pojavu korozije u uslovima agresivne sredine [1].

Čelični mostovi u SR Srbiji su u veoma lošem stanju zbog neredovnog održavanja. Zbog zapuštenosti na većini čeličnih mostova potrebno je izvršiti sanacije zbog značajnih korozionih oštećenja. Pre sanacije potrebno je izvršiti vizuelni pregled i uraditi elaborat o trenutnom stanju korozijom oštećene čelične konstrukcije mosta, na osnovu koga će se pristupiti sanaciji.

2. ELEMENTI ZA IZRADU ČELIČNIH MOSTOVA

Za izradu čeličnih mostova koriste se limovi odgovarajuće debljine i profili u nekom od kvaliteta konstrukcionih čelika. Elementi se međusobno spajaju zavarivanjem, zakovicama, zavrtnjima ili kombinacijom ovih načina spajanja.

Ovi čelici su veoma podložni koroziji. Pored elektrohemijske korozije, kod ovih čelika se javlja i naponska korozija pri delovanju visokih napona zatezanja. Pojava korozije može da dovede i do loma, pa se moraju ugrađivati apsolutno čisti čelični elementi na kojima je izvršena antikorozijska zaštita.

3. KOROZIONA SREDINA

Trajnost čelika će biti određena njegovom sposobnošću da se odupire spoljašnjim uticajima, čiji karakter i intenzitet zavise od uslova eksploatacije mosta.

U spoljašnje uticaje, koji predstavljaju najveću opasnost za čelik, spadaju: hemijsko dejstvo vode – sredine i materije koje su u njoj rastvorene, naizmenično dejstvo promene temperature (koje dovodi do dilatacionih promena na čeliku), naizmenično vlaženje i sušenje čelika i delovanje rastvorenih soli u kontaminiranoj vodi i njenom isparavanju. Veliki uticaj imaju i izduvni gasovi na mostovima sa drumskim saobraćajem. Oni sadrže pored viška vazduha uglavnom okside ugljenika, vodonika i sumpora, tj. ugljen monoksid, ugljen dioksid, vodenu paru i sumpor dioksid. Mostovi sa drumskim saobraćajem naročito su žimi izloženi dejstvu soli koja se koristi za otapanje snega i leda na kolovozu. Potrebno je pomenuti i da je koncentracija vodene pare iznad reke uvek povećana u odnosu na druge sredine.

4. KOROZIJA ČELIČNIH ELEMENATA MOSTA

U praksi se dešava da čelik ugrađen u most korodira delimično ili potpuno smanjujući poprečni presek, a time i nosivost konstrukcije, a u težim slučajevima može doći i do katastrofalnog loma konstrukcije.

Uslovi koji omogućavaju koroziju čelika su: prisustvo vlage, koja dospeva na površinu čelika absorbovanjem iz atmosfere ili na neki drugi način, prisustvo soli: hlorida i sulfata, koji se absorbuju iz vazduha i prisustvo kiseonika.

Korozija se manifestuje na sledeći način: pojavom pršina, padom čvrstoće, pojavom bubrenja i gubitkom mase, mrjama od korozije i slabljenjem poprečnog preseka. Vizuelni znakovi razaranja su: erozija, ljuštenje i mrvljenje, drobljenje, omekšavanje, pucanje, kristalizacija, pojava "kokica". Otpornost na koroziju metala definiše se na dva načina: gubitkom mase i dubinom procesa razaranja (mm/godišnje).

Razaranje čelika može biti mestimično ili ravnomerno po celoj površini praćeno smanjenjem preseka. Ravnomerno smanjenje preseka je karakteristično i javlja se usled prelaza slojeva metala u korozione produkte u slučajevima kada su katodne površine manje od anodnih.

Naročito je opasna mestimična (tačkasta) korozija na delovima konstrukcije koji su izloženi zatezanju. Usled smanjenja poprečnog preseka i velikog stepena naprežanja mestimična oštećenja mogu dovesti do stvaranja prslina i koncentracije napona, što može dovesti i do katastrofalnog loma [2].

Napad korozije može da dovede do značajnog smanjenja mehaničkih osobina čelika što može pod nepovoljnim uslovima predstavljati uvod u lom čeličnih elemenata i to brže ukoliko su naprežanja veća. Lom čeličnih elemenata mostova može biti izazvan i ubrzan sledećim vrstama korozije: rupičastom, interkristalnom naponskom korozijom i vodoničnom krtošću.

5. VIZUELNI PREGLED ELEMENATA MOSTA

Pre pregleda potrebno je detaljno upoznati se sa tehničkom dokumentacijom čeličnog mosta i utvrditi kritične elemente i mesta na koja naročito treba obratiti pažnju u toku kontrole.

Za izradu kompletnog termin plana realizacije aktivnosti na sanaciji čelične konstrukcije mosta potrebno je izraditi plan i program kontrole i ispitivanja. Plan ispitivanja se sastoji iz tri faze: kontrola i ispitivanja pre početka sanacije mosta, kontrola i ispitivanja u toku sanacije mosta, kontrola i ispitivanja nakon završetka sanacije mosta.

Pre početka sanacije mosta potrebno je izvršiti vizuelni pregled noseće konstrukcije mosta (npr. za most sa sl.lc. unutrašnjost sanduka glavnog nosača, kosih stubova, stubova rama glavne konstrukcije mosta, pregled sa revizionih staza između sanduka, pregled sa bočnih revizionih kolica, stanje nepokretnih i pokretnih ležišta na čeličnim prostim gredama i kosnicima), pregled nosećih masivnih stubova (unutrašnji i spoljašnji pregled) pregled dilatacionih stubova iznad masivnih stubova, pregled nosećih konstrukcija instalacija komunalnih organizacija i saobraćajne signalizacije [3]. Ovo je pre svega potrebno da se oceni propagacija oštećenja od poslednjeg vizuelnog pregleda i za eventualnu dopunu plana aktivnosti na sanaciji mosta.

Pre početka ispitivanja potrebno je izvršiti kategorizaciju oštećenja i ustanoviti stepen prioriteta intervencija za svaki deo konstrukcije. Kategorije oštećenja možemo razvrstati u tri kategorije: **A, B i C.**

U kategoriju **A** razvrstana su oštećenja na nosećoj konstrukciji i stubovima koja direktno utiču na nosivost i stabilnost objekata u celini a to su: oštećenja čiji je obim takav da je nosivost preseka umanjena a time ugrožen objekat u celini i oštećenja čiji obim ne ukazuje na smanjenu nosivost preseka ali je progresija znatna i ubrzana pa će se u dogledno vreme dogoditi.

U kategoriju **B** razvrstana su oštećenja i nedostaci na delovima objekta i funkcionalnim elementima noseće konstrukcije i stubova, koji direktno ne utiču na nosivost i stabilnost objekta u celini, ali je nosivost i funkcija tog elementa ugrožena: oštećenja kod kojih stanje, konstatovano pregledom, ukazuje na umanjenu nosivost ili funkciju elementa i oštećenja kod kojih stanje, konstatovano pri pregledu, ne ukazuje na moguću umanjenu nosivost ili funkciju elementa, ali je progresija oštećenja znatna, pa će se u dogledno vreme dogoditi.

U kategoriju **C** razvrstana su oštećenja i nedostaci na elementima saobraćajnog profila mosta koja direktno utiču na bezbednost učesnika u saobraćaju.

Stepeni prioriteta intervencija možemo razvrstati na sledeći način: **I, II, III i IV.**

U stepen **I** razvrstana su oštećenja ili nedostaci koji zahtevaju hitnu intervenciju.


U stepen **II** razvrstana su oštećenja ili nedostaci koje zahteva hitnu intervenciju, ali pod povoljnim vremenskim uslovima.

U stepen **III** razvrstana su oštećenja ili nedostaci koji zahtevaju intervenciju, ali se može uraditi u sklopu redovnog investicionog održavanja mosta, odnosno u sklopu mera sanacije proisteklih iz zadnjeg izveštaja o pregledu, u roku do sledećeg glavnog pregleda.

U stepen **IV** razvrstana su oštećenja ili nedostaci koje treba redovno pratiti tokom redovnih i glavnih pregleda mosta. Ova oštećenja ili nedostaci po svom obimu ili značaju ne utiču bitno na stepen pouzdanosti konstrukcije mosta. Isto se odnosi i na konstatovane nedostatke kod kojih usled nemogućnosti pristupa bez radova velikog obima nije moguće izvršiti popravke, a pri tom bitno ne utiču na sigurnost mosta.

Vizuelni pregled treba dokumentovati fotografijama koje će biti povezane sa položajem mesta označenih na skici kontrolisanog mosta. Primer je prikazan na sl.1.

Vizuelna kontrola glavnog nosača i pešačkih staza sa bočnih revizionih kolica



| Datum | utorak 19.04.05 | sreda 20.04.05 | četvrtak 21.04.05 | petak 07.05.05 | ponedeljak 13.06.05 | utorak 14.05.06 | sreda 15.04.05 |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Osoba | Mladen Mladenović | Mladen Mladenović | Mladen Mladenović, Zoran Blagajević | Vukobran Aleksić, Dragan Karšić | Dragan Karšić, Goran Vukčević | Goran Vukčević | Goran Vukčević |
| Obrasci | Uzvodna strana | Uzvodna strana | Uzvodna strana | Uzvodna strana | Uzvodna strana | Uzvodna strana | Uzvodna strana |
| Pravac kretanja | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Sklop | MP05, MP04, MP 03 | MP02, MP01 | MP01, MP02 | MP03, MP04 | MP05, MP06, MP07 | MP08, MP09 | MP10, MP11, MP 12 |
| Broj snimnog lista | 150/4 | 81/4 | 93/4 | 48/4 | 59/4 | 62/4 | 55/4 |
| Fotografisanje | uzvodno/19_04_05_mladja | uzvodno/20_04_05_mladja | uzvodno/21_04_05_mladja | uzvodno/07_05_05_vukobran | uzvodno/13_06_05_goran_kar | uzvodno/14_06_05_goran | uzvodno/15_06_05_goran |
| Dodatne informacije | | Kontrola dimenzija zavara | Kontrola dimenzija zavara | | | | |
| Tip oštećenja/stepena intervencije | sp VIII | sp VIII | sp VIII | sp VII | sp A/I | sp A/I | sp A/I |

Slika 1. Veza fotografisanih mesta oštećenja i dokumentacije čeličnog mosta [3]

Takođe, pregled mosta treba da prate određena ispitivanja metodama bez razaranja, da bi se utvrdio stvarni stepen oštećenja vitalnih delova konstrukcije.

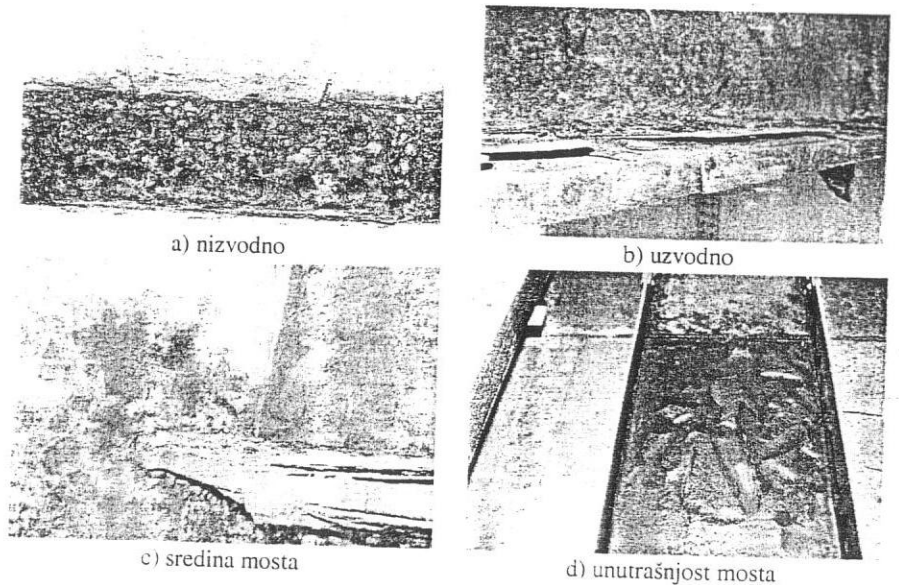
Pregled, kontrolu i ispitivanje metodama bez razaranja zona zavarenih spojeva nosećih elemenata konstrukcije mosta mora pratiti proces čišćenja oštećenih zona peskarenjem, a nakon toga antikorozijska zaštita.

Takođe, vizuelnim pregledom čelične konstrukcije pre i nakon peskarenja treba utvrditi stanje zavarenih spojeva i spojeva ostvarenih zakivcima i zavrtnjevima na kritičnim mestima (stanje čvrste veze i koroziono oštećenje spojeva).

Nakon peskarenja potrebno je izvršiti proveru da li ima površinskih prslina u zavarenim spojevima ili u zoni uticaja toplote (ZUT). Ukoliko budu utvrđene prsline potrebno je dati predlog tehnologije zavarivanja u cilju sanacije zavarenog spoja, odnosno zavarene konstrukcije.

6. PRIMERI KOROZIJE NA KONSTRUKCIJI MOSTA

Zbog neodgovarajućih i neredovnih održavanja mostova dolazi do oštećenja izazvanih procesom korozije. Drastični primeri korozione degradacije mosta prikazani su na fotografijama na slici 2.



Slika 2. Primeri korozionog oštećenja delova konstrukcije čeličnog mosta

Koroziona oštećenja pri kojima je nosivost preseka umanjena, veoma ugrožavaju most u celini. Uzvodna strana mosta više je izložena koroziji zbog vodene struje koja nanosi isparenja na konstrukciju mosta. Kada je loše odvodnjavanje mosta dolazi do taloženja vode i naslaga soli u unutrašnjosti mosta sa sandučastim rešenjem što može biti katastrofalno za konstrukciju.

7. MERE ZAŠTITE OD KOROZIJE ČELIKA

Iz prethodnog razmatranja opasnosti od korozije kojoj su izloženi delovi čelične konstrukcije mosta usled dejstva raznih napadnih agenasa nameće se niz mera zaštite od korozije još u fazi gradnje: upotreba čistih i nekorodiranih limova, profila i vezivnog materijala sa antikoroziomnom zaštitom urađenom u radioničkim uslovima. koje odmah posle ugradnje treba odgovarajuće zaštititi na samom gradilištu. Pored toga delove treba pre ugradnje zaštititi od dejstva svakog korozionog sredstva koje bi se moglo nalaziti na gradilištu. Čisto obavljanje zauljenom hartijom ili veštačkim folijama može da spreči prljanje površine od prskanja agresivnim tečnostima i taloženja prašine. Sredstva za konzervaciju koja se lako mogu ukloniti (ulja, masti, sredstva koja se ne suše), mogu znatno usporiti pristup gasovitim napadnih materijala (sumporvodonika).

Moderne zaštitne prevlake od epoksid smola vrlo dobro prijanjaju za površine delova od čelika, na kojima se ne pojavljuju pršline na elementima izloženim zatezanju skoro do granice njihove čvrstoće.

8. ZAKLJUČAK

Neppravilno održavanje mostova sa aspekta korozione zaštite za sobom povlači veoma skupe sanacije, pa je potrebno temeljno istražiti pitanja zaštite, trajnosti i održavanja mostova od čelika i mogućnosti praćenja korozione agresije u eksploataciji. S tim u vezi potrebna je ocena stanja mosta ugroženog korozijom nakon dugotrajnog korišćenja, koju treba da prate određena ispitivanja metodama bez razaranja, da bi se utvrdio stvarni stepen oštećenja vitalnih delova konstrukcije.

Kontrola i ispitivanje metodama bez razaranja korodiranih zona nosećih elemenata konstrukcije mosta mora pratiti proces čišćenja peskarenjem u toku sanacije mosta, a odmah posle neophodnih intervencija u smislu menjanja kritičnih elemenata sledi antikoroziorna zaštita. Kategorije oštećenja i njihov stepen prioriteta je opredeljujući u dinamici preduzimanja neophodnih mera za dovođenje konstrukcije mosta u upotrebno stanje.

Plan i program kontrole mora biti usaglašen sa investitorom, projektantom i tehničkim nadzorom, kao i vrsta i obim ispitivanja nakon završetka prve faze ispitivanja.

Efektivno vreme potrebno za kontrolu i ispitivanje zavisiće od utvrđenog stanja na bazi vizuelnih pregleda predviđenih u prvoj i drugoj fazi kontrole i pripremnih radova, pre svega čišćenja oštećenih zona peskarenjem i obezbeđenja pristupačnosti i sigurnosti u radu.

LITERATURA

- [1] V. Aleksić, M. Arsić: "Uzroci i posledice korozionih oštećenja čeličnih konstrukcija mostova". Knjiga radova. VIII YUCORR. Korozija i zaštita materijala u industriji i građevinarstvu. Tara, 09.05.-12.05.2006., str.123-127
- [2] S. Mladenović: "Korozija materijala". Univerzitet u Beogradu, Tehnološkometalurški fakultet, Beograd, 1990, 253 str.
- [3] Izveštaj sa fotodokumentacijom o vizuelnoj kontroli čelične konstrukcije mosta Gazela, Centar za metale i energetiku Instituta za ispitivanje materijala IMS, 2005., 93 str.



Bulatović Jovan¹, Ivan Petrović², Dragomir Milanović³, Marko Mandić⁴

PROCENA STANJA I PREDLOG SANACIJE INDUSTRIJSKOG OBJEKTA – VINARSKOG PODRUMA NAVIP U PETROVARADINU

Rezime

U ovom projektu izvršena je procena stanja vinarskog podruma Navip u Petrovaradinu. Obavljen je preliminarni i detaljan vizuelni pregled i izvršena su nedestruktivna ispitivanja konstrukcije (metoda sklerometra i kolorimetrijska metoda). Na osnovu obavljenih pregleda i rezultata dobijenih ispitivanjem detektovani su defekti i oštećenja i izvršena je njihova klasifikacija. Izveden je zaključak o stanju objekta i predložene su neke od sanacionih mera.

Ključne reči:

procena, sanacija, defekt, oštećenje, ispitivanje

ASSESSMENT AND PROPOSITION OF REPAIR OF THE INDUSTRY BUILDING – VINE CELLER NAVIP IN PETROVARADIN

Summary

In this project has been committed an assesment and proposition of repair of vine celler Navip in Petrovaradin. It has also been taken preliminary and detailed visual examination and methods of non-destructive tests (concrete hammer method and colorimetric test). Based on taken examinations and derived results, have been detected some defects and damages. All of them were classified. At the end has been given a conclusion regarding the state of the construction and prepositions of reparations.

Ključne reči

assesment, repair, defect, damage, examination

¹ Student, Trg dosteja Obradovića 6, rovca@pu.yu

² Ivan Petrović, Student, Trg Dosteja Obradovića 6, diva@pu.yu

³ Student, Trg dosteja Obradovića 6

⁴ Student, Trg dosteja Obradovića 6