

**САВЕЗ ГРАЂЕВИНСКИХ ИНЖЕЊЕРА
СРБИЈЕ**



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

II

ИЗДАВАЧ:

Савез грађевинских инжењера Србије
Кнеза Милоша 9/1, Београд, Република Србија, Тел/Факс: (011) 3241 656

ПРОГРАМСКИ ОДБОР САВЕТОВАЊА:

Проф. др Радомир ФОЛИЋ, дипл.инж.грађ., Нови Сад - ПРЕДСЕДНИК
Проф. др Александар ЦВЕТАНОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд
Проф. др Дејан БАЈИЋ, дипл.инж.грађ., Београд
Проф. др Срђан КОЛАКОВИЋ, дипл.инж.грађ., Нови Сад
Проф. др Милан ДИМКИЋ, филл.инж.грађ., Београд
Проф. др Нађа КУРТОВИЋ-ФОЛИЋ, дипл.инж.арх., Београд
Проф. др Александра КРСТИЋ-ФУРУНЦИЋ, дипл.инж.арх., Београд
Проф. др Ђорђе УЗЕЛАЦ, дипл.инж.грађ., Нови Сад
Проф. др Властимир РАДОЊАНИН, дипл.инж.грађ., Нови Сад
Проф. др Мирјана МАЛЕШЕВ, дипл.инж.грађ., Нови Сад

ЕДИТОР: Проф. др Радомир ФОЛИЋ, дипл.инж.грађ., Нови Сад

ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК: Мр Александар ЂУКИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Сви радови у овом зборнику радова су рецензирани. Ставови изнети у овој публикацији не одражавају нужно и ставове издавача, програмског одбора или едитора.

ТИРАЖ: 300 примерака

ШТАМПА: Академска издања, Земун

ЦИП - Каталогизација у публикацији
Народна Библиотека Србије, Београд

624/628(082)
69.059(082)
72.025(082)

НАУЧНО-стручно саветовање Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља (6 ; 2009 ; Дивчибаре)

Зборник радова / Шесто научно-стручно саветовање Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља, Дивчибаре, 19. мај - 21. мај 2009. године ; [организатори] Савез грађевинских инжењера Србије ... [и др.] ; едитор Радомир Фолић. - Београд : Савез грађевинских инжењера Србије, 2009 (Земун : Академска издања). - XII, 710 стр. : илустр. ; 24 cm

Радови на срп. и енгл. језику. - Текст ћир. и лат. - Тираж 300. - Стр. XII: Предговор / Радомир Фолић, Александар Ђукић. - Библиографија уз већину радова. - Abstracts.

ISBN 978-86-904089-6-2

1. Фолић, Радомир [уредник] [аутор додатног текста] 2. Савез грађевинских инжењера Србије (Београд)

а) Грађевински објекти - Заштита - Зборници б) Грађевински објекти - Одржавање - Зборници
COBISS.SR-ID 158337804

САВЕЗ ГРАЂЕВИНСКИХ ИНЖЕЊЕРА СРБИЈЕ

у сарадњи са

Саобраћајни институт ЦИП д.о.о., Београд
Институт „Кирило Савић“, Београд
„Вујић Ваљево“, Ваљево

ЗБОРНИК РАДОВА

ШЕСТО НАУЧНО-СТРУЧНО САВЕТОВАЊЕ

**ОЦЕНА СТАЊА, ОДРЖАВАЊЕ И
САНАЦИЈА ГРАЂЕВИНСКИХ
ОБЈЕКТА И НАСЕЉА**

Едитор: Проф. др Радомир Фолић

Дивчибаре, 19. - 21. мај 2009. године

IV

ОРГАНИЗАТОРИ САВЕТОВАЊА:

Савез грађевинских инжењера Србије (Београд), Саобраћајни институт ЦИП д.о.о. (Београд),
Институт „Кирило Савић” (Београд), „Вујић Ваљево“ (Ваљево)

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР САВЕТОВАЊА:

Зоран ЈАКОВЉЕВИЋ, дипл.инж.грађ., Ваљево - ПРЕДСЕДНИК

Проф.др Радомир ФОЛИЋ, дипл.инж.грађ., Нови Сад – ПОТПРЕДСЕДНИК

Милена МИЛОРАДОВ - СЕКРЕТАР

ЧЛАНОВИ:

Милутин ИГЊАТОВИЋ, дипл.инж., Београд

Милосав АНЂЕЛКОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Љубомир ПЕТРОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Светислав СИМОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Љубомир МИЈОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Јанош МИЧКЕИ, дипл.инж., Нови Сад

Др Венцислав ГРАБУЛОВ, дипл.инж.техн., Београд

Иштван ЈЕНЕИ, Кањижа

Милош НЕШИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Душан БАСАРА, дипл.инж.грађ., Београд

Бранко ЗЛАТКОВИЋ, дипл.грађ.инж., Београд

Богосав ЈАНКОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Братислав СТИШОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Младен СИМОВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд

Милан БОЈОВИЋ, дипл.инж.грађ., Ужице

Драган ЗДРАВКОВИЋ, дипл.инж.грађ., Зајечар

Зоран ПРЕДИЋ, дипл.инж.маш., Београд

Велисав ПЕТРОВИЋ, дипл.грађ.инж., Ваљево

Милан ВУЈИЋ, Ваљево

Милан ПЕТРОВИЋ дипл.грађ.инж., Ваљево

Лазар ЛАЗИЋ, дипл.инж.арх., Ваљево

ОДРЖАВАЊЕ САВЕТОВАЊА СУ ПОМОГЛИ:

- Министарство науке и заштиту животне средине Републике Србије
- ЦИП Саобраћајни институт, Београд
- Институт за водпривреду ”Јарослав Черни”, Београд
- Инжењерска комора Србије

СЛИКА НА КОРИЦАМА: мост преко Дунава у Београду (Панчевачки мост)

САДРЖАЈ

УВОДНИ РЕФЕРАТИ

1. Ж. Прашчевић, Н. Прашчевић (Београд)
ЛЕДАН НУМЕРИЧКИ ПОСТУПАК ИЗБОРА ОБЈЕКТА ЗА САНАЦИЈУ 1
2. Ђ. Узелац, Б. Матић (Нови Сад)
ПРИМЕНА РЕЛАЦИОНОГ МОДЕЛА КОД ПОВЕЗИВАЊА ЕЛЕМЕНАТА
ГРАЂЕВИНСКИХ ОБЈЕКТА, КАТАЛОГА ОШТЕЋЕЊА И СПЕЦИФИКАЦИЈА
РАДОВА 9
3. Н. Куртовић-Фолић (Нови Сад)
КОРИШЋЕЊЕ НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА У ЗАШТИТИ ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЛЕЂА. 17
4. А. Крстић-Фуруншић, Б. Судимац, Љ. Стаменић (Београд)
ЕНЕРГЕТСКИ ДОПРИНОСИ РАЗЛИЧИТИМ АПЛИКАЦИЈАМА
ФОТОНАПОНСКИХ МОДУЛА НА ПОСЛОВНОМ ОБЈЕКТУ У БЕОГРАДУ 27
5. В. Радоњанин, М. Малешев, Р. Фолић (Нови Сад)
ЕВРОПСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ МАТЕРИЈАЛА И ТЕХНИКА
САНАЦИЈА БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА 33

Тематска област 1.

РАЗВОЈ И ПРИМЕНА ИНФОРМАЦИОНИХ И ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈОМ ПОСЕБНИХ ГРУПА ОБЈЕКТА (саобраћајни, хидротехнички, архитектонски и објекти специјалне намене)

6. С. Јовановић, Д. Божовић (Бари-Италија, Београд)
СТРУКТУРА И САСТАВ БАЗЕ ПОДАТАКА ЗА ПОТРЕБЕ ИНФОРМАЦИОНОГ
СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ ОДРЖАВАЊЕМ ИНФРАСТРУКТУРЕ
ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ 43
7. Д. Михајловић (Бања Лука, Република Српска – БиХ)
СТРУКТУРА БАЗЕ ПОДАТАКА О ПУТЕВИМА И ЊЕНА ПРИЛАГОЂЕНОСТ
СИСТЕМИМА ЗА УПРАВЉАЊЕ 51
8. Г. Средовић, У. Јанковић, (Београд)
ИСКУСТВА У ИМПЛЕМЕНТАЦИЈИ СИСТЕМА ЗА ПРИКУПЉАЊЕ МЕРНИХ
ПОДАТАКА У МЕТЕОРОЛОГИЈИ И ЕНЕРГЕТИЦИ 61
9. Т. Николић (Тузла – БиХ)
СЕНЗОРСКИ СИСТЕМИ У ФУНКЦИЈИ ОСМАТРАЊА «ПАНОНСКОГ ЈЕЗЕРА»
ТУЗЛА, ИЗГРАЂЕНОГ У ЗОНИ ИЗРАЗИТО ЛОШИХ ГЕОЛОШКИХ
КАРАКТЕРИСТИКА 65
10. Т. Симић (Београд)
ПРИМЕНА ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА «MICROSOFT PROJECT» КОД
ОРГАНИЗАЦИЈЕ ГРАЂЕВИНСКИХ РАДОВА НА УРЕЂЕЊУ ПУТНИХ
ПРЕЛАЗА У НИВОУ 71

Тематска област 2.

РАЗВОЈ МЕТОДА ОСМАТРАЊА, МЕТОДА ПРЕГЛЕДА, ОЦЕНЕ СТАЊА, ОДРЖАВАЊА И САНАЦИЈЕ ИНЖЕЊЕРСКИХ ОБЈЕКТА (мостови, хале, стадиони, путеви, аеродроми, железнички и индустријски објекти)

11. У. Брајковић, Н. Чакшираш, Д. Петровић (Београд)
ГЕОДЕТСКО ОСМАТРАЊЕ – ОСКУЛАЦИЈЕ ИНЖЕЊЕРСКИХ ОБЈЕКТА 79
12. З. Поповић, М. Јокановић, В. Поповић (Београд, Кирушј-Руска Федерација)
ПРОЈЕКТОВАЊЕ И НАДЗОР ИЗВОЂЕЊА САНАЦИЈЕ И ЗАШТИТЕ
АМИРАНОБЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА 85

| | |
|--|-----|
| 13. К. Божић-Томић, Н. Шушић, К. Ђоковић, М. Брекић (Београд) САНАЦИЈА КЛИЗИШТА ПРИМЕНОМ АРМИРАНЕ ЗЕМЉЕ | 91 |
| 14. Г. Степановић, М. Николић (Београд) МОГУЋНОСТИ ГЕОДЕТСКОГ МОНИТОРИНГА ИНЖЕЊЕРСКИХ ОБЈЕКТА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ | 97 |
| 15. Б. Матић, В. Радоњанин, Ђ. Узелац, М. Малешев (Нови Сад) КЛАСИФИКАЦИЈА ОШТЕЋЕЊА АРМИРАНОБЕТОНСКИХ МОСТОВА | 103 |
| 16. В. Проловић, М. Глигоријевић, З. Бонић, Н. Нерић (Ниш, Краљево) ОЦЕНА СТАЊА И ПРЕДЛОГ МЕРА САНАЦИЈЕ ЗА МОСТОВЕ НА ЛОКАЛНИМ ПУТЕВИМА ОПШТИНЕ КРАЉЕВО | 111 |
| 17. В. Алексић (Београд) МЕТОДЕ УТВРЂИВАЊА И КВАНТИФИКАЦИЈЕ ИНТЕНЗИТЕТА КОРОЗИОНОГ ОШТЕЋЕЊА ЧЕЛИЧНИХ КОНСТРУКЦИЈА МОСТОВА | 117 |
| 18. М. Глигоријевић (Ниш) СИСТЕМ УПРАВЉАЊА МОСТОВИМА НА ПРИМЕРУ ЧЕЛИЧНОГ МОСТА У ЦЕНТРУ НИША | 123 |
| 19. Љ. Влајић, В. Врањевац, М. Романић, Б. Рашета (Београд, Суботица) ИСПИТИВАЊЕ ЧЕЛИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ «ПАНЧЕВАЧКОГ МОСТА» ПРЕКО ДУНАВА У БЕОГРАДУ У ЦИЉУ ВЕРИФИКАЦИЈЕ РАЧУНСКОГ МОДЕЛА | 129 |
| 20. С. Грковић, М. Романић, А. Ландовић (Суботица) ОЦЕНА СТАЊА БЕТОНСКОГ ДРУМСКОГ МОСТА ПРЕКО КАНАЛА У ВРБАСУ | 135 |
| 21. А. Ибрахимовић, Д. Зенуновић (Тузла – БиХ) ХАЗАРД И РИЗИК СТИЈЕНСКИХ КОСИНА | 141 |
| 22. Б. Аранђеловић, С. Петровић (Београд) САНАЦИЈА ОБЈЕКТА ПРИМЕНОМ СИСТЕМА ПРЕДНАПРЕЗАЊА ИНСТИТУТА ИМС | 151 |
| 23. Ж. Ивковић (Београд) САНАЦИЈА ТЕМЕЉА ОБЈЕКТА АРМИРАНО-БЕТОНСКИМ ПЛОЧАМА | 157 |
| 24. Б. Фолић, Ђ. Лађиновић, Д. Ковачевић (Нови Сад) ОШТЕЋЕЊА БЕТОНСКИХ ОБЈЕКТА ФУНДИРАНИХ НА ШИПОВИМА УСЛЕД ЗЕМЉОТРЕСА | 163 |
| 25. Д. Зенуновић, Р. Фолић (Тузла - БиХ, Нови Сад) МЕТОДОЛОГИЈА САНАЦИЈА АБ КОНСТРУКЦИЈА У ИНДУСТРИЈСКИМ ЗОНАМА | 171 |
| 26. Р. Лекић, В. Бајић (Нови Сад) ОЦЕНА СТАЊА И КАРАКТЕРИСТИЧНА ОШТЕЋЕЊА ЧЕЛИЧНИХ СИЛОСА | 181 |
| 27. Н. Гаровников, С. Милошевић, М. Ракић, Н. Иветић (Нови Сад) ПРОЦЕНА СТАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ ЗАПАДНЕ ТРИБИНЕ СТАДИОНА «КАРАЂОРЂЕ» У НОВОМ САДУ | 187 |
| 28. Н. Ђаласан, Д. Мотика, И. Кордић, Б. Лазентић (Нови Сад) ПРЕГЛЕД И ПРОЦЕНА СТАЊА ПОГОНСКОГ ОБЈЕКТА У ОКВИРУ ФАБРИКЕ ХИНС – НОВИ САД | 193 |
| 29. Д. Драгојевић, Љ. Мијовић, Н. Гајић (Београд) МЕТОД ПРЕГЛЕДА И ОЦЕНА СТАЊА ПОЖАРОМ ОШТЕЋЕНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА АБ ХАЛЕ У СКЛОПУ ФАБРИКЕ «ЛЕДЕНИЦЕ» У ИВАЊИЦИ | 199 |
| 30. Д. Јарић, Г. Савић, В. Јовичић, Д. Мијук (Београд) РЕКОНСТРУКЦИЈА УКРШТАЈА УЛИЦЕ ЈУРИЈА ГАГАРИНА И ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ СА НАДВОЖЊАКОМ У НОВОМ БЕОГРАДУ | 205 |
| 31. Г. Савић (Београд) РЕКОНСТРУКЦИЈА САВСКЕ УЛИЦЕ НА ДЕОНИЦИ ОД ЖЕЛЕЗНИЧКЕ СТАНИЦЕ «БЕОГРАД» ДО МОСТА «ГАЗЕЛА» - 1. ФАЗА | 211 |

METODE UTVRĐIVANJA I KVANTIFIKACIJE INTENZITETA KOROZIONOG OŠTEĆENJA ČELIČNIH KONSTRUKCIJA MOSTOVA

Mr Vujadin Aleksić, istraživač saradnik

*Institut za ispitivanje materijala IMS, Bulevar Vojvode Mišića 43, Beograd,
vujadin.aleksic@institutims.rs*

REZIME

U radu je dat metodološki pristup utvrđivanju i kvantifikaciji intenziteta korozionog oštećenja čeličnih 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 REČI: koroziono oštećenje, čelična konstrukcija mosta

METHODS OF IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION OF CORROSION DAMAGES OF THE STEEL STRUCTURE OF BRIDGES

ABSTRACT:

Methodological approach of identification and quantification of corrosion damages of the steel structure of bridges with examples from experience are presented in the paper. A description and consequence of steel corrosion of the bridges structure were also analyzed. Initiate steps with the aim to prevent these phenomena are considered.

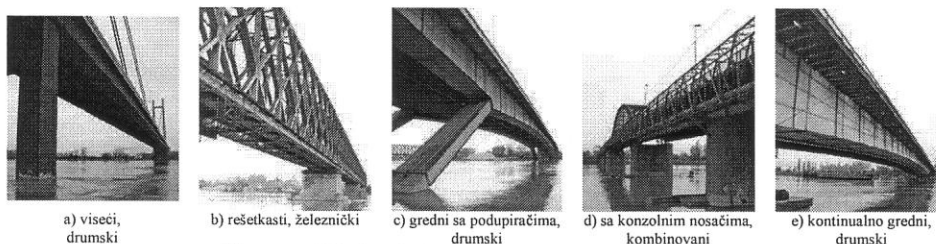
KEYWORDS: corrosion damage, steel structure of bridge

UVOD

Čelični mostovi u SR Srbiji su u veoma lošem stanju. U našim prilikama mostovi napravljeni od čeličnih elemenata dugi niz godina nisu na odgovarajući način održavani, pa je došlo do znatnih oštećenja izazvanih procesom korozije. Zbog toga je na većini čeličnih mostova potrebno izvršiti vizuelni pregled i uraditi elaborat o trenutnom stanju korozijom oštećene čelične konstrukcije mosta i na osnovu toga uraditi projekat i pristupiti sanaciji.

Na sl.1 prikazane su različite izvedbe konstrukcija čeličnih mostova. Mostovi izrađeni 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. Trajnost čelika na mostu biće određena njegovom sposobnošću da se odupre spoljašnjim uticajima, čiji karakter i intenzitet zavise od uslova eksploatacije mosta i karakteristika korozivne sredine koja ga okružuje.



Slika 1. Različite izvedbe i namene čeličnih konstrukcija mostova

Figure 1. Samples of the various production and purposes of the steel structure of the bridges

KARAKTERISTIKE KOROZIVNE SREDINE KOJA OKRUŽUJE MOST

U spoljašnje uticaje, koji predstavljaju najveću opasnost za čelik na mostu, 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 njenim isparenjima. Veliki uticaj imaju i izduvni gasovi na mostovima sa druskim saobraćajem. Oni sadrže pored viška vazduha uglavnom okside ugljenika, vodonika i sumpora, tj. ugljen monoksid, ugljen dioksid, vodenu paru i sumpor dioksid. Mostovi sa druskim saobraćajem naročito su zimi 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.

KARAKTERISTIKE MATERIJALA 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.

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.

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

Ona se može pojaviti u različitim oblicima kao što je opšta korozija sa jednakim gubitkom debljine zida ili piting korozija kojoj odgovara lokalno smanjenje debljine zida.

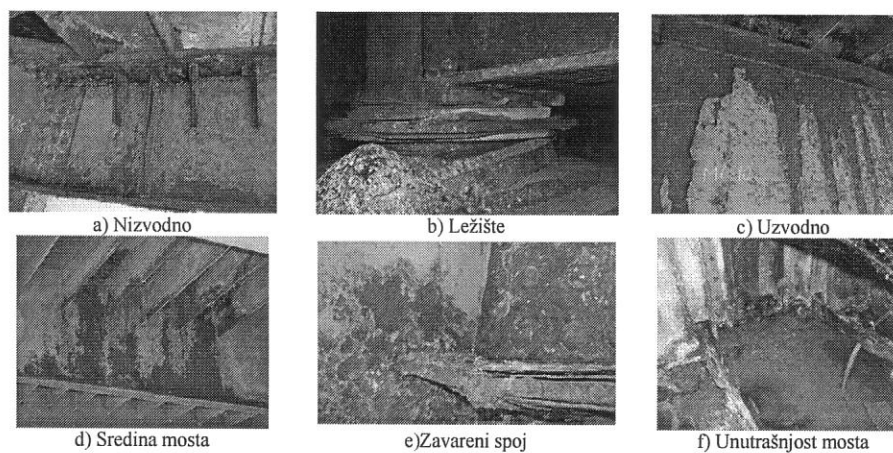
Korozija se manifestuje na sledeći način: pojavom prslina, padom čvrstoće, pojavom bubrenja i gubitkom mase, mrljama od korozije i slabljenjem poprečnog preseka. Vizuelni znakovi razaranja su: erozija, ljuštenje i mrvljenje, drobljenje, omekšavanje, pucanje, kristalizacija, pojava "kokica".

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 korozivne produkte u slučajevima kada su katodne površine manje od anodnih.

Naročito je opasna mestimična, piting, korozija na delovima konstrukcije koji su izloženi zatezanju. Usled smanjenja poprečnog preseka i velikog stepena napreznja mestimična oštećenja mogu dovesti do stvaranja prslina i koncentracije napona, što može dovesti i do katastrofalnog loma. Lom čeličnih elemenata mostova može biti izazvan i ubrzan sledećim vrstama korozije: rupičastom, interkristalnom naponskom korozijom i vodoničnom krtošću /1, 2/.

PRIMERI KOROZIJE NA ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA MOSTOVA

Drastični primeri korozione degradacije mosta prikazani su na fotografijama (slika 2). 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 pogubno za konstrukciju.



Slika 2. Primeri korozionog oštećenja delova konstrukcije čeličnih mostova

Figure 2. Examples of corrosion damages of the stell structure components of the bridges

POSLEDICE KOROZIJE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA MOSTOVA

Uprkos brojnim načinima zaštite korozija je neizbežna. Ona dovodi do značajnog smanjenja mehaničkih osobina čelika što pod nepovoljnim uslovima može predstavljati uvod u lom čeličnih elemenata i to brže ukoliko su napreznja veća.

Korozija vodi pogoršanju nosivosti konstrukcije mosta, što može direktno ili indirektno napraviti velike materijalne štete, kao i ugroziti ljudske živote.

Direktni i indirektni troškovi izazvani korozijom su ogromni. Godišnji direktni troškovi od korozije za drumske mostove u SAD se procenjuju na \$8.3 milijarde /3/, a sadrže \$3.8 milijarde za zamenu konstrukcija mostova sa oštećenjima preko 10 godina starosti, \$2.0 milijarde za održavanje i troškove glavne betonske pokrivke na mostovima, \$2.0 milijarde za održavanje i troškove glavnih betonskih podsklopova (bez pokrivke), i \$0.5 milijardi za održavanje premaza na čeličnim mostovima. Analizom

životnog veka mosta, procenjeni indirektni troškovi korisnika zbog usporenja saobraćaja i smanjenja produktivnosti su 10 puta veći od direktnih troškova korozionog održavanja, popravke i saniranja /3/.

MERE ZAŠTITE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA MOSTOVA

Iako je korozija pojava koju ne možemo odstraniti, njena brzina može biti kontrolisana. U nekim slučajevima to je moguće usporavajući proces korozije čak do zanemarljivih vrednosti.

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 antikoroziomom zaštitom urađenom u radioničkim uslovima, koje odmah posle ugradnje treba odgovarajuće zaštititi na samom gradilištu. Pored toga elemente 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 materija npr. sumporvodonika.

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

METODOLOŠKI PRISTUP PREGLEDU KOROZIJOM OŠTEĆENIH MOSTOVA

Da bi se izbegli nedostaci i obezbedio siguran rad koroziju treba detektovati, izmeriti i proceniti preostalu čvrstoću korodirane površine elementa i na osnovu procene preduzeti odgovarajuće mere u cilju otklanjanja štetnih posledica i očuvanja životne okoline.

Ovo je pre svega potrebno da se oceni propagacija oštećenja od poslednjeg vizuelnog pregleda i za eventualnu dopunu plana aktivnosti na sanaciji mosta.

Pre kontrole 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.

Plan kontrole i ispitivanja se sastoji iz tri faze: kontrola i ispitivanje pre početka sanacije mosta, kontrola i ispitivanja u toku sanacije mosta, kontrola i ispitivanja nakon završetka sanacije mosta

Prilikom kontrole naročito treba obratiti pažnju na: stanje revizionih staza i kolica u cilju bezbednog rada tokom kontrole i sanacije, stanje ploča staze, montažne nastavke konzola i glavnog nosača, stanje zaštite od korozije, prema standardu JUS ISO 4628, stanje ankernih mesta stubova javne rasvete, stanje zavarenih spojeva na glavnom nosaču, prema standardu JUS EN 970.

Vizuelnu kontrolu treba dokumentovati fotografijama koje će biti tačno povezane sa položajem mesta označenog na skici kontrolisanog mosta.

TEHNIKE MERENJA KOROZIJE NA ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA MOSTOVA

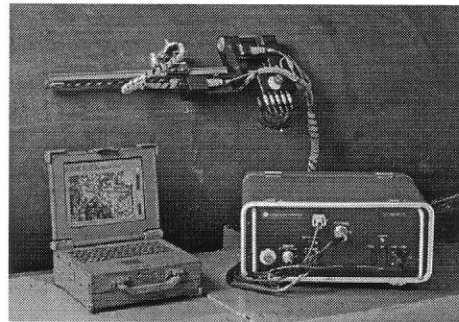
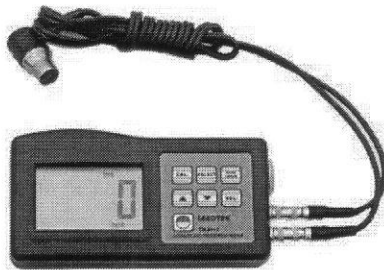
Otpornost na koroziju metala definiše se na dva načina: gubitkom mase i dubinom procesa razaranja (mm/godišnje). Da bi se ušlo u procenu preostale čvrstoće korodiranih elemenata mostova nekom od postojećih metoda, potrebno je precizno izmeriti korozionu grešku. Za to postoji oprema za precizno merenje dubine greške ili preostale debljine zida korodiranog elementa, a razvijena upotrebom ultrazvučnih, električnih ili mehaničkih metoda, sl.3.

Ultrazvučna metoda sa pripadajućim uređajima je trenutno najzastupljenija za kontrolu korozionih oštećenja na čeličnim konstrukcijama mostova.

Merilo pitinga: Merilo pitinga meri dubinu pitinga upotrebom ispušćene igle koja je podešena na ravnoj površini pre postavljanja na grešku. Dubina se odmah zatim čita na skali, satu ili digitalnom displeju. Ova metoda je najbrža i najlakša za merenje dubine pitinga, ali je takođe najmanje tačna i teško ponovljiva.

Prenosna motka i mikrometar dubine: Prenosna motka i mikrometar dubine radi slično merilu pitinga. Ona meri rastojanje od početne ravni prenosne motke do tačke ispred kraja mikrometra. Mikrometar dubine je precizniji od merila pitinga, ali ima duže vreme nameštanja.

Sonda penkalo: Sonda penkalo je mali pretvarač koji saopštava ultrazvučne talase u uzorak da bi se odredila preostala debljina zida. Sonda je dovoljno mala da se uvuče u male korozione pitinge sa ciljem tačnog određivanja dubine greške.



Slika 3. Merni instrumenti za merenje korozionih oštećenja /4/
Figure 3. Instruments for measuring of the corrosion damages

Laserski profilometar (merač hrapavosti): Laserski profilometar je relativno savremena dodatna tehnika koja se upotrebljava za merenje i procenu spoljne korozije na cevima, profilima i limovima. Ona upotrebljava lasersku triangulaciju za merenje i mapiranje korozione dubine u tačnoj prostornoj orijentaciji za tačno prikazivanje korozionog nalaza kao što je digitalna C-scan slika.

Ostale tehnike: Ostale napredne tehnike su počele, sa različitim uspehom, da se pojavljuju kao alati za merenje korozije zasnovani na ultrazvuku, vrtložnim strujama i drugim elektromagnetnim metodama. Primenuju se sa različitim stepenom uspeha. Impulsno vrtložno strujni i elektromagnetni alati različitih konstrukcija računaju na magnetnu osetljivost i pokazuju dobre rezultate sa nekim ograničenjima rezolucije i tačnosti. Oni su obično poluautomatski.

PRAĆENJE I PROCENA KOROZIJE NA ČELIČNIM KONSTRUKCIJAMA MOSTOVA

Najveći broj korozionih mehanizama i posledica štete na metalu mogu se predvideti na osnovu korozione sredine. Ipak, neke od njih je teško otkriti i mogu prouzrokovati ozbiljna oštećenja za veoma kratko vreme. Zbog toga se zahteva, uz pravilno i blagovremeno održavanje, neprekidno praćenje, tj. monitoring, korozionih procesa u toku eksploatacije. Ti procesi mogu se pratiti direktno ili indirektno. Direktnim praćenjem se kontroliše stanje površine čelika i agresivnost sredine koja okružuje čeličnu konstrukciju mosta. Indirektno praćenje podrazumeva merenje korozionog dejstva na kuponima napravljenim od iste vrste materijala kao i čelična konstrukcija mosta.

Još pri izradi mostova potrebno je ugraditi senzore i merne trake, za praćenje promene agresivnosti sredine, napona i izduženja odgovornih nosećih delova mosta, koji bi bili u sprezi sa računom na kome bi se obrađivale dobijene informacije i donosile odgovarajuće odluke. Monitoring je u svetu veoma prisutan, naročito kod praćenja ponašanja dinamički opterećenih konstrukcija, kao što su mostovi, koji rade u agresivnim sredinama kakve pružaju veliki gradovi. Vrednost ugrađene opreme

za praćenje je zanemarljiva u odnosu na vrednost konstrukcije mosta ili vrednost preduzete sanacije posle niza godina neodgovarajućeg održavanja.

Postoje različite metode koje se upotrebljavaju za procenu preostale čvrstoće korozijom oštećenih nosećih elemenata mosta. Neke od njih su veoma jednostavne i oslanjaju se samo na dužinu i dubinu greške, dok su druge mnogo komplikovanije, zasnovane na modeliranju i proračunu metodom konačnih elemenata (MKE).

ZAKLJUČAK

Mostovi u Republici Srbiji su u eksploataciji duže od 30 godina pa su prešli "starosnu" granicu i polako se bliže projektovanom životnom veku. Država ih se ne odriče i teži da oni ostanu u funkciji, odnosno da se ispitivanjima utvrdi stvarno stanje konstrukcija mostova i planira dalji rad, odnosno zastoj radi sanacije, što nije jednostavan ni lak zadatak.

Neppravilno održavanje mostova sa aspekta korozione zaštite za sobom povlači veoma skupe sanacije, pa s tim u vezi potrebno je veoma 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 mostova ugroženih korozijom nakon dugotrajnog korišćenja, koju treba da prate određena ispitivanja metodama bez razaranja, da bi se utvrdio stvarni stepen oštećenja, a nakon toga preduzele odgovarajuće mere u funkciji sanacije kritičnih korozionih oštećenja.

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 antikorozijska zaštita.

Zamor i korozija materijala prisutni su na mnogim mostovima i ustanovljeno je koroziono odnošenje materijala, odnosno veće ili manje stanjenje debljine zida nosećih elemenata mostova. Na nekima su pronađene i greške. Procena o greški, ostaviti je ili sanirati zahteva vrlo ozbiljan pristup.

S obzirom da je zamor i korozija materijala nepovratan proces i da je većina mostova, proizvedena pre sadašnjih saznanja i prakse iz oblasti metalurgije i korozije, u vrlo lošem stanju potrebno je izvršiti stručnu procenu stanja tih mostova, a vezano sa uslovima eksploatacije, uz poseban naglasak na ISO-standarde iz serije 9000 i sigurnost eksploatacije mosta, kao i pooštrene zakonske mere i propise radi zaštite korisnika i okoline.

Pošto su mostovi objekti od državnog interesa sva ispitivanja moraju izvoditi akreditovane organizacije sa odgovarajućim stručnim osobljem i adekvatnom opremom.

Stručnom ocenom dobivenih rezultata trajnost i funkcionalnost mostova može se produžiti znatno iznad projektovanog radnog veka.

LITERATURA

- [1] Sreten Mladenović: Korozija materijala, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1990.
- [2] Russell H. Jones: Stress-Corrosion Cracking, Materials Performance & Evaluation, Hardbound; Publisher: ASM; Publication Date: 1992.
- [3] Gerhardus H. Koch et al: Corrosion costs and preventive strategies in the United States, Publication No. FH WA-RD-01-156, CC Technologies, Dublin, Ohio, March 2002.
- [4] <http://www.pewi.com.au/Pit-Crack-Depth.asp>, 02, 2009