

VUJADIN ALEKSIĆ¹
 MIODRAG ARSIĆ¹
 ŽIVČE ŠARKOČEVIĆ²

UDC:620.193.918-948.1:624.012.36=861

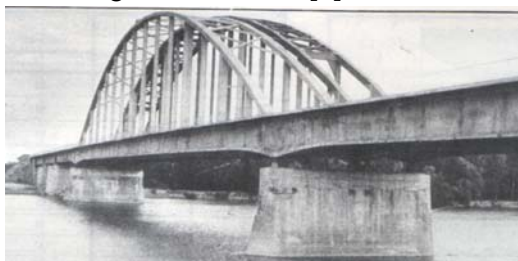
Oštećenja i posledice korozije metala u prednapregnutim betonskom konstrukcijama

U radu je dat prikaz mogućih oštećenja i posledica izazvanih korozijom kablova za prednaprezanje u prednapregnutim betonskim konstrukcijama, a razmotrena je i mogućnost preduzimanja mera da se takve pojave preventivno spreče.

UVOD

U odnosu na klasične armiranobetonske, prethodno napregnute konstrukcije imaju niz prednosti: ceo presek učestvuje u nosivosti, smanjenje mase ugrađenog betona i čelika, lako izvođenje u montažnom sistemu, omogućena montažna gradnja bez upotrebe skele i t.d.

Pored toga što rad na ovakvim konstrukcijama zahteva preciznost, veliku pažnju, obučenu i stručnu radnu snagu, osnovni nedostatak je osetljivost na dejstvo požara i pojavu korozije betona i metala u uslovima agresivne sredine [1].



a) Konstrukcija mosta



b) Krovna konstrukcija

Slika 1 - Primeri korozionih oštećenja betonskih prednapregnutih konstrukcija

Prvi koraci u primeni prednapregnutog betona u našoj zemlji napravljeni su 1950. godine pri

Adresa autora: ¹Institut za ispitivanje materijala IMS, Bul. Vojvode Mišića 43, Beograd, ²Srednja tehnička škola, Štrpce

izgradnji hale IMS u Beogradu, a vezani su za ime akademika prof. Branka Žeželja i Savezni institut za građevinarstvo, sada Institut za ispitivanje materijala –IMS. Od tada pa do danas “sistemom IMS” realizovan je veliki broj objekata nisko i visokogradnje kod nas i u svetu. Na slici 1 prikazane su dve konstrukcije od prednapregnutog betona.

ČELIČNI KABLOVI ZA PREDNAPREZANJE

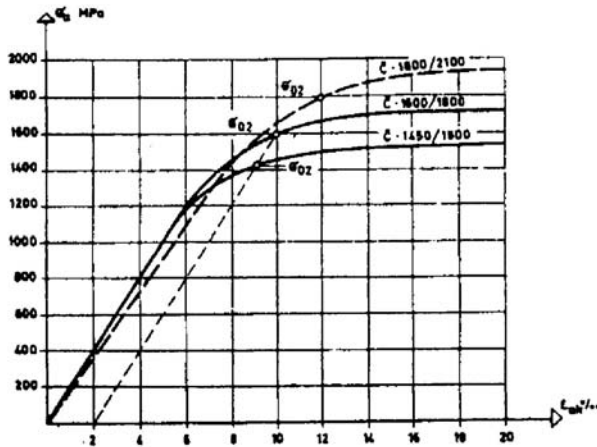
Zbog izrazito male nosivosti na zatezanje u betonu se postavljaju čelični kablovi koji se zatežu pre ili posle betoniranja ostvarujući u preseccima izloženim zatezanju jednake ili veće normalne napone pritiska, usled čega su posle nanošenja radnog opterećenja, svi presecci konstrukcije (nosaa) pritisnuti.

Ideja o prethodnom napreznju, iako teorijski razrađena još krajem XIX veka, praktično nije mogla da se realizuje sve dok nije osvojena proizvodnja visokokvalitetnih čelika. Kako bi se poništili uticaji vremenskih deformacija betona (skupljanje i tečenje), čelik koji se koristi za izradu prethodno napregnutih elemenata mora da ima veliku čvrstoću i tvrdoću, znatno iznad onih koje poseduju čelici koji se upotrebljavaju u armiranobetonskim konstrukcijama [1].

Za prednapregnuti beton uglavnom se koriste patentirana i završno termički obrađena žica sa zahtevanim mehaničkim osobinama. Završno termički obrađena žica za prednapregnuti beton obično je sastava: C – 0.6 %, Si – 1.5 %, Mn – 0.6-0.8 %. Dijagram napon – dilatacija ovih čelika prikazan je na slika 2.

Treba naglasiti da su ovi čelici veoma podložni koroziji. Pored elektrohemijske korozije, kod ovih

čelika se javlja i naponska korozija pri delovanju visokih napona zatezanja. Pojava korozije može da dovede do krtoćeg loma, pa se mora ugrađivati apsolutno čista žica.



Slika 2 - Dijagram napon – dilatacija čelika za prethodno naprezanje

KOROZIJA BETONA - PROCES KOJI POSPEŠUJE KOROZIJU METALA U BETONU

Kada se isključe pojave u betonu, do kojih dolazi usled skupljanja i temperaturnih promena, koje mogu dovesti do narušavanja njegove monolitnosti u početnom periodu očvršćavanja, onda će njegova trajnost biti određena njegovom sposobnošću da se odupire spoljašnjim uticajima, čiji karakter i intenzitet zavise od uslova u kojima radi dati objekat.

U spoljašnje uticaje, koji predstavljaju najveću opasnost za beton, spadaju: hemijsko dejstvo vode – sredine i materije koje su u njoj rastvorene, naizmenično dejstvo promene temperature (koje dovodi do više puta ponovljenog smrzavanja i kravljenja betona), naizmenično vlaženje i sušenje betona i kristalizacija soli u betonu usled prodiranja kontaminirane vode u beton i njenog isparavanja.

KOROZIJA METALA ZA PREDNAPREZANJE

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

Uslovi koji omogućuju koroziju metala (kablova) u betonu su: prisustvo vlage, koja dospeva u beton absorbovanjem iz atmosfere ili na neki drugi način, prisustvo soli: hlorida, sulfata, koji se nalaze u betonu ili se absorbuju iz vazduha i prisustvo kiseonika i propustljivošću betona koji omogućava

pristup vazduha. Korozija armature u betonu se javlja kao elektrohemijski proces.

Korozija se manifestuje na sledeći način: pojavom prslina, padom čvrstoća, pojavom bubrenja ili gubitkom mase, mrljama od korozije i slabljenjem armature. Vizuelni znakovi razaranja su: erozija, ljuštenje i mrvljenje, drobljenje, omekšavanje, pucanje, kristalizacija, pojava “kokica”, korozija armature. Otpornost na koroziju metala definiše se na dva načina: gubitkom mase i dubinom procesa (mm/godišnje) [2].

Razaranje armature u betonu može biti mestimično ili ravnomerno po celoj površini praćeno smanjenjem preseka armature. Ravnomerno smanjenje preseka armature je više 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 prethodno napregnutim konstrukcijama gde se za armiranje betona koristi žica velike čvrstoće. Usled malog poprečnog preseka i velikog stepena naprezanja mestimična oštećenja mogu dovesti do prekida žice, a time i do smanjenja nosivosti konstrukcije ili katastrofalnog loma [3].

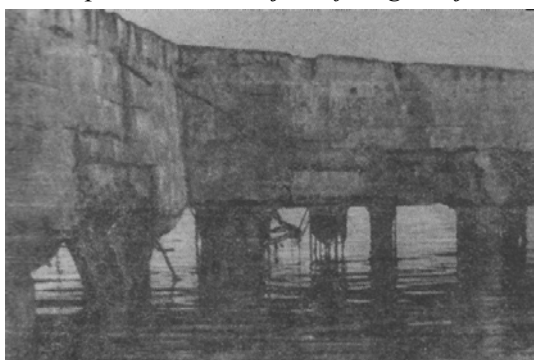
Zbog uticaja visokih napona (ne retko 70-80% čvrstoće zatezanja) na čelične uloške kod prednapregnutog betona može doći do mnogo opasnijih oblika korozije nego kod ostalih vrsta armiranog betona. Napad korozije može da dovede do značajnog smanjenja mehaničkih osobina čelika što može pod nepovoljnim uslovima predstavljati uvod u lom čelične armature i to brže ukoliko su naprezanja veća, a prečnik armature manji, što znači da su opasnosti naročito izložene žice za prednaprezanje, dok se deblje čelične šipke mogu smatrati bezbednijim. Kidanja žica u prednapregnutom betonu može biti izazvano i ubrzano sledećim vrstama korozije: rupičastom, interkristalnom naponskom korozijom i vodoničnom krtošću.

PRIMERI KOROZIJE NA PREDNAPREGNUTIM KONSTRUKCIJAMA

U našim prilikama objekti napravljeni od prednapregnutog betona dugi niz godina nisu na odgovarajući način održavani, pa je zbog toga došlo do znatnih oštećenja izazvanih procesom korozije. Drastični primeri korozione degradacije objekata prikazani su na slici 3.



a) Teško oštećenje kablova kao posledica nepravilne zaštite još u fazi gradnje



b) Koroziono razaranje armiranobetonskog morskog pristaništa

Slika 3 - Primeri korozionog oštećenja prednapregnutih betonskih konstrukcija

Koroziona oštećenja pri kojima je nosivost preseka umanjena, veoma ugrožavaju objekat u celini. Kod oštećenja ovog tipa dolazi do gubitka funkcije donjeg reda kablova, zato što je zaštitni sloj betona obično oštećen. Donji red podužnih kablova je obično u potpunosti ogoljen sa vidljivim prekidima skoro svih žica. Primeri takvih oštećenja su prikazani na slika 4.



a) oštećenje utvrđeno pri pregledu



b) oštećenje utvrđeno posle uklanjanja oštećenog betona

Slika 3 - Primeri korozionog oštećenja donjeg reda kablova za prednaprezanje

ZAŠTITNE MERE PROTIV KOROZIJE KABLOVA U PREDNAPREGNUTOM BETONU

Iz prethodnog razmatranja opasnosti od korozije kojoj su izložene zategnute žice za prednaprezanje usled dejstva raznih napadnih agenasa nameće se niz građevinsko tehničkih važnih mera zaštite od korozije kod građenja prednapregnutim betonom: primena bezopasnih veziva (bez aluminatnog cementa), izbegavanje dodataka koji ubrzavaju koroziju (izbegavati hloride) i pažljiva izrada betona sa slojem betona koji dovoljno pokriva žice. Kod postupka sa naknadnim sprežanjem elemenata potrebno je što potpunije ispuniti prostor između žica i cevi, koja ih okružuje, injekcionom masom u kojoj ne sme biti hlorida. Pored toga žice treba pre betoniranja, odnosno injektiranja, zaštititi od dejstva svakog korozionog sredstva koje bi se moglo nalaziti na gradilištu. Čisto obavijanje zauljenom hartijom ili veštačkim folijama može da spreči prljanje površine žica 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 (sumporvodonika). Pored toga, treba izbegavati previše jako savijanje žica u koturovima (mali prečnik kotura), jer naponi savijanja, do kojih tada dolazi, mogu u prisustvu korozionih agenasa u okolini žica izazvati njihov lom.

Poklanja se pažnja upotrebi prevlaka za zaštitu od korozije, a zapažen je i napredak kod korozione zaštite žica za prednaprezanje premazom. Moderne zaštitne prevlake od epoksid smola vrlo dobro prijanjaju za površine žica za prednaprezanje, na kojima gotovo da se ne pojavljuju prsline kada su žice podvrgnu postupku zatezanja skoro do granice njihove čvrstoće.

MONITORING – PRAĆENJE KOROZIJE U EKSPLOATACIJI

Uz pravilno i blagovremeno održavanje potrebno je i praćenje (monitoring) korozionih procesa u toku eksploatacije. Ti procesi mogu se pratiti posredno ili neposredno. Pod posrednim praćenjem podrazumeva se praćenje stanja betona, njegove agresivnosti, i agresivnosti sredine koja okružuje betonsku konstrukciju, pa i metal u njoj. Neposredno praćenje podrazumeva merenje nekih fizičkih veličina metala i na osnovu promena njihovih vrednosti donose se odgovarajuće odluke u cilju smanjenja korozionog dejstva.

Još pri izradi prednapregnutih skupih konstrukcija (zatezanju kablova), potrebno je ugraditi senzore za praćenje promene napona i izduženja u kablovima koji bi bili u sprezi sa računarom 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, vijadukti i sl. Vrednost ugrađene opreme za praćenje je zanemarljiva u odnosu na vrednost same konstrukcije ili vrednost preduzete sanacije posle niza godina neadekvatnog održavanja.

ZAKLJUČAK

Pošto se metal nalazi u betonu, a ne postoje pouzdane metode za određivanje njegovog korozionog oštećenja pre što ono bude i očigledno, ogojenje ili prekid kablova, potrebno je razviti takve metode u cilju praćenja i pravovremene sanacije

kablova u konstrukcijama od prednapregnutog betona.

Nepravilno održavanje objekata za sobom povlači veoma skupe sanacije objekata različite namene, pa s tim u vezi potrebno je veoma temeljno istražiti pitanja zaštite, trajnosti i održavanja objekata od prednapregnutog betona i mogućnosti njihovog praćenja u eksploataciji.

LITERATURA

- [1] D. Najdanović: Betonske konstrukcije, Orion Art, Beograd, 2004.
- [2] M. Marjanov, I. Stojiljković, Ž. Bojović: Beton, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2002.
- [3] S. Mladenović, Korozija materijala, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1990.

SUMMARY

DEMAGES AND CONSEQUENCE OF CORROSION THE METAL IN PRESTRESSED OF CONCRETE STRUCTURES

In this paper is giving illustrate of potentiality damages and consequence of corrosion wire in pre stressed of concrete structure and considered might initiate steps in order that phenomena prior to prevent.