

PREZENTACIJA STANJA KONSTRUKCIJE LANSIRNE RAMPE “TORPEDA”

Presentation of Condition of “Torpedo” Launchingramp Structure

Davor Šamanić*, d.i.a., **Igor Petrović**, dipl. ing.
Grad Rijeka, Odjel gradske uprave za razvoj, urbanizam,
ekologiju i gospodarenje zemljištem, Rijeka, Hrvatska

Sažetak

Već se na prvi pogled može shvatiti da je riječ o ruševini impozantnog, tehnički složenog zdanja, koja godinama stoji zapuštena, neupotrebljavana za namjenu za koju je građena – lansirna rampa za testiranje torpeda. Od opreme danas ništa nije sačuvano. Konstrukcija je u različitim fazama raspadanja: drveno je krovšte istrunulo tako da je najveći dio urušen ili opasno prijeti da će se srušiti, opeke su ispucale, a armiranobetonski elementi su zbog bujanja korozije odbacili zaštitni sloj betona pa je armatura izravno izložena na svim konstruktivnim dijelovima. I pod-morski dio konstrukcije znatno je oštećen kemijskom i mehaničkom agresijom valova. Radi objektivnog sagledavanja stanja konstrukcije, Grad Rijeka je naručio, a Institut građevinarstva Hrvatske proveo kemijska i mehanička ispitivanja svojstava građiva konstrukcije, s namjerom da se razina oštećenja iskaže i numeričkim veličinama. Sanacija sadašnjeg stanja bila bi skupa i dvojbenog rezultata s obzirom na metode koje nam stoje na raspolaganju. Nažalost, moramo konstatirati da je izvorno stanje lansirne rampe Torpeda zauvijek, nepovratno izgubljeno, ali ono što nikako ne bi trebalo biti izgubljeno jest povijesna istina o kojoj bi lansirna rampa, pa makar i u obliku replike, morala svjedočiti. Znanost i struka trebaju odrediti namjenu tako da i budući naraštaji imaju potrebu i želju doći na ovo mjesto te pogledati i čuti priču o proizvodnji i testiranju prvih torpeda.

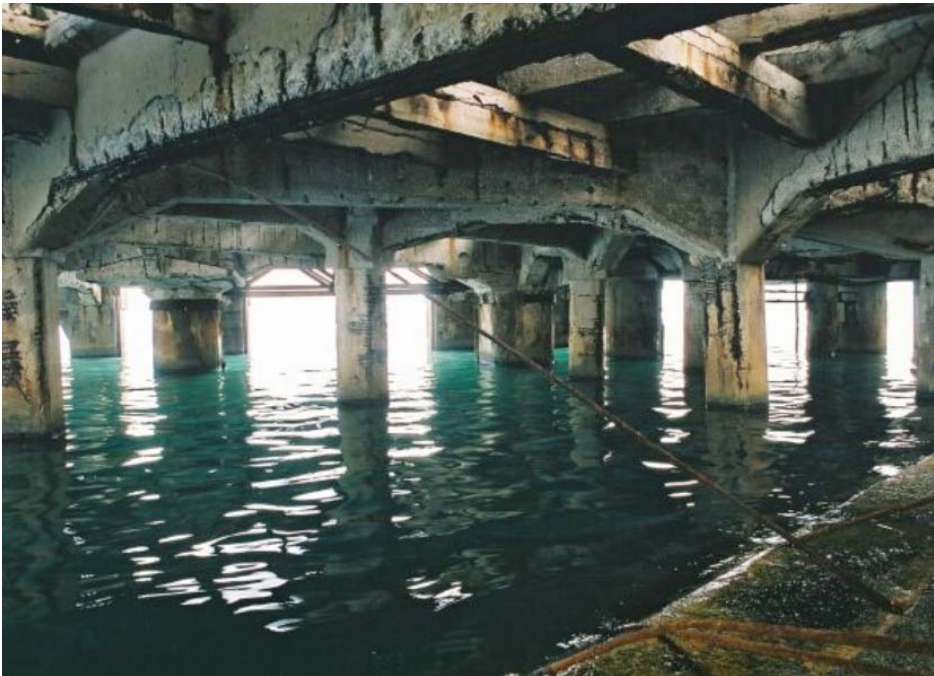
* davor.samanic@rijeka.hr

UZROCI PROPADANJA

Kao globalni uzroci propadanja odmah se nameću starost objekta (oko 80 godina) i njegova lokacija u blizini morske obale. Nažalost, u vrijeme gradnje objekta nije se posvećivalo dovoljno pažnje upravo ovoj drugoj činjenici. U to vrijeme za određivanje pouzdanosti konstrukcije vrijedili su samo kriteriji nosivosti elemenata konstrukcije, dok se armirani beton u smislu trajnosti smatrao gotovo idealnim materijalom u kojem je čelik besprijekorno zaštićen alkalnošću betona. Ova alkalnost, danas znamo, može se vrlo brzo narušiti agresivnošću okoline u kojoj se armirani beton nalazi, ako se ne posveti dovoljno pažnje njegovoj izradi i zaštiti. Vizualnim pregledom mogu se utvrditi mnoga mjesta segregacije i pretjerane propusnosti te na pojedinim mjestima neprimjerena debljina zaštitnog sloja od samo 2 cm. Ovakav beton, nepovoljan po svojoj strukturi pora, to jest vrstama i rasporedu pora u nepovoljnoj mikroklimi koju karakterizira agresivna sredina blizine morske obale te jaki udari vjetra u zimskom razdoblju koji nose fine čestice morske vode sa znatnom količinom klorida i sulfata i pod pritiskom ih utiskuju u pore betona, nikako ne može pružiti dovoljnu zaštitu ugrađenoj armaturi. Ovaj transport agresivnih plinova, vode i otopljenih tvari u beton omogućen je difuzijom, kapilarnim uvlačenjem i naročito pritiskom koji stvaraju udari vjetra. Sve to u betonu izaziva niz kemijskih reakcija koje mijenjaju svojstva betona, razaraju ga i smanjuju mogućnost zaštite čelika. Oštećenje betona u morskoj okolini rezultat je odvojenih reakcija koje se zbivaju više-manje istovremeno. Pod djelovanjem



ugljičnog dioksida, u vlažnoj okolini dolazi do karbonatizacije betona, što za posljedicu ima smanjenje alkalnosti betona i taloženje obloga aragonita i kalcita. Djelovanjem sulfata $MgSO_4$ dolazi do stvaranja čvrstoga sekundarnog gipsa $CaSO_4$ koji izaziva bujanje te magnezijevog hidroksida koji se taloži u obliku ružnih obloga na betonu. Kloridi (magnezijev, kalcijev) također izazivaju vrlo nepovoljne učinke taloženja, izlučivanja i bujanja stvaranjem kloroaluminata, etringita, tomasita i drugih nepovoljnih spojeva. Nagomilavanje štetnih spojeva u strukturi betona na razini armature ima za posljedicu započinjanje kemijskog i elektrokemijskog procesa korozije armature. Korozijom betonskog željeza stvara se željezni hidroksid koji zauzima 2–2,5 puta veći volumen nego betonsko željezo



pa dolazi do bujanja armature koje je dovoljno veliko da dođe do pucanja betona. Javljanju se karakteristične pukotine duž armature. Ta je pojava posebno izražena kada armatura nema dovoljno debeli zaštitni sloj betona.

Pri kemijskoj koroziji dolazi do direktnih kemijskih reakcija između čelika i plinovitih tvari kao što su kisik, klor, plinoviti spojevi sumpora i ugljičnog dioksida. Kao rezultat ove korozije na površini metala formira se tanka opna, sloj produkata korozije, koja često usporava daljnji tijek korozijskog procesa, što se može vidjeti na dijelovima konstrukcije koji su zaštićeni od izravnih vanjskih utjecaja. Ako se, međutim, započeti proces ne zaustavi na odgovarajući način, opna će postajati sve deblja, odvojiti će se od osnovnog materijala i proces korozije će se nastaviti.

Elektrokemijska korozija moguća je isključivo u prisutnosti elektrolita, a može je inicirati čak i sloj vlage debljine nekoliko mikrometara. Pri elektrokemijskoj koroziji na površini čelika stvara se mnoštvo mikrogalvanskih elemenata, pri čemu je ovdje rastvaranju izložen materijal anode. Ovaj oblik korozije osobito je opasan jer se raspadanje metala zbiva i do dvjesto puta brže nego pri kemijskoj koroziji.

Opisani procesi korozije zbivaju se naročito brzo u kiselim i neutralnim sredinama, dok su u alkalnim znatno usporeniji. Ispitivanja su pokazala da je za potpuno isključenje mogućnosti korozije čelika potrebna alkalnost definirana veličinom $\text{pH} \geq 11,8$. Da bi se potrebna alkalnost održala tijekom potrebnoga vijeka eksploatacije konstrukcije, potrebno je pri izradi betona projektirati i izrađivati takve sastave mješavina i postupke ugrađivanja, koji će betonu osigurati odgovarajuću homogenost, poroznost, vodopropusnost, plinopropusnost, prionivost cementnog kamena i agregata, čvrstoću – naročito vlačnu te mineraloške i kemijske karakteristike, kako bi mogao odgovoriti uvjetima agresivne sredine.

PRETHODNI RADOVI

Da bi se detaljno mogli odrediti sanacijski postupci, količine, vremenski resursi, a time i cijena sanacije, potrebno je obaviti sljedeće prethodne radove:

- prikupljanje, sistematizacija i obrada postojeće dokumentacije, konzervatorska istraživanja i izrada konzervatorskog elaborata sa smjernicama i prijedlogom zahvata
- izrada arhitektonskog snimka postojećeg stanja građevine
- određivanje buduće namjene objekta
- izrada projekta sanacije u sklopu kojega je potrebno obaviti istraživanje konstrukcije iznad i ispod mora (ronilački pregled s videosnimanjem), a naročito ispitati kvalitetu betona i čelika (tlačnu čvrstoću, zaštitne slojeve, dubinu karbonatizacije i prodiranja klorida, koroziju, vlačnu čvrstoću, položaj u presjeku) te provesti statičku provjeru postojećeg stanja i odrediti metode i postupke dovođenja konstrukcije u eksploatacijsko stanje za buduću namjenu, sve prikazati izvedbenim nacrtima prema pravilima struke te izraditi troškovnik s dokaznicom mjera.

NAČIN SANACIJE AB KONSTRUKCIJE

Vizualnim pregledom utvrđena su mjesta na konstrukciji s najvećim oštećenjima koja karakterizira lisnata korozija armature u debljini od 6 do 8 mm te potpuno odvajanje zaštitnog sloja betona. Na tim je mjestima došlo i do

smanjenja površine armature i do 80%, a veza između čelika i betona gotovo je potpuno narušena. Neprimjereno tanke vilice sasvim su nestale ili su prekinute zbog korozijskog procesa. Zbog tih se razloga javila jasna potreba statičkog provjeravanja pojedinih elemenata konstrukcije u zatečenom stanju. Statičkim računom potrebno je ustanoviti minimalno potrebnu količinu armature u svim kritičnim presjecima, koju će sanacijom biti potrebno održati. Sama sanacija treba se odvijati u nekoliko radnih faza, već prema stupnju oštećenja elemenata. AB stupove i grede pročelja klase oštećenja 5, kojih prema vizualnom pregledu ima najviše, potrebno je sanirati sljedećim radnim postupcima.

1. Priprema podloge

Priprema podloge vrlo je važan korak u postupku sanacije i ako mu se ne posveti dovoljno pažnje, može biti uzrok neuspjeha sanacije. Osnovno je pravilo u postupku pripreme površine odstraniti sve oštećene i labave dijelove betona, da se osigura čista i zdrava podloga za nanošenje novoga materijala. Na gredama i armiranobetonskim stupovima potrebno je odstraniti kompletan zaštitni sloj betona koji je izložen vanjskim nepovoljnim utjecajima jer je taj sloj zasićen kloridima i zahvatila ga je duboka karbonatizacija pa ne može štiti čelik. Dijelove betona koji su se raspucali ili se počeli odlamati, potrebno je mehaničkim alatima odvojiti (odštemati) do zdravog betona. Alati za štemanje moraju biti lagani da se ne ošteti struktura betona po dubini. Kutovi pri štemanju moraju se izvesti okomito na površinu betona. Na mjestima gdje su pukotine na nivou armature i armatura zahvaćena lisnatom korozijom, potrebno je odštemati beton najmanje 1 cm iza armature. Daljnje čišćenje betona provesti pjeskarenjem. Pjeskariti se može samo abrazivom ili abrazivom i vodom pod visokim pritiskom. Armaturu oštećenu korozijom potrebno je pjeskarenjem očistiti do metalnog sjaja i stupnja SA 2 1/2 prema DIN 55928. Sve tako očišćene površine potrebno je dobro otprašiti komprimiranim zrakom.

2. Zaštita armature

Zaštita armature mora uslijediti za oko dva sata nakon provedenog čišćenja armature. Armatura se zaštićuje zaštitnim dvokomponentnim cementno polimernim specijalnim premazima premazivanjem četkom. Ova sredstva izvrsno prijanjaju na čelik, električki ga izoliraju od okoline i istovremeno daju dobru vezu s reparaturnim mortovima koji će se poslije nanositi. Ova zaštita armature može se provesti i premazivanjem armature epoksidnom smolom u dva sloja, s time da se drugi sloj posipa kvarcnim pijeskom radi što bolje veze s reparaturnim mortom ili se reparaturni mort nanosi na još neočvršli drugi epoksidni premaz po sistemu mokro na mokro.

Svi upotrijebljeni materijali moraju biti ispitani prije upotrebe od ovlaštene institucije i pod redovitim nadzorom za vrijeme izvođenja radova.

3. Dodavanje armature koja nedostaje u presjeku

Po čitavoj dužini elemenata potrebno je postaviti nove vilice prema prethodno provedenom proračunu i izrađenim nacrtima te ih zavariti za zdrave i očišćene dijelove postojećih vilica i glavne armature. Nadzorni inženjer obavezan je obaviti pregled očišćene armature i ustanoviti ima li je dovoljno u svim presjecima, uspoređujući mjerenje postojećih profila s izračunatom minimalnom količinom u statičkom računu. Ako se negdje pokaže nedostatak armature, potrebno ju je nadomjestiti u potrebnoj količini zavarivanjem za zdrave očišćene postojeće profile. Zbog nemogućnosti otvaranja baš svih presjeka u fazi projektiranja, kvalitetan je nadzor prijeko potreban.

Nakon privarivanja dodatne armature (vilica), potrebno je obaviti zaštitu dodatne armature, naročito spojeva nove i postojeće armature, postupcima opisanim u točki 2.

4. Utvrđivanje i injektiranje eventualnih pukotina u dubinu betona

Ako se nakon čišćenja površinskog sloja betona ustanovi postojanje lokalnih pukotina koje se protežu dalje u dubinu betonskog elementa, potrebno je provesti pripremu pukotine i injektiranje epoksidnom dvokomponentnom smolom s dodatkom inertnog punila u obliku kvarcnog pijeska, granulacije i količine ovisno o veličini pukotine. Injektiranje treba obaviti injektorom pod pritiskom kroz pripremljene cjevčice i to odozdo prema gore, kako bi se lakše odvijalo istiskivanje zraka.

5. Nanošenje adhezijskog sloja

Prije nanošenja bilo kojega reparaturnog morta, mora se nanijeti adhezijski sloj za što bolju vezu starog betona i novih zaštitnih slojeva. Adhezijski sloj sastoji se od praskaste i tekuće komponente, a prema potrebi se dodaje voda. Praškasti dio je višekomponentna smjesa na bazi cementa i aditiva, a tekuća je komponenta koncentrirana polimerna komponenta koja se može disperzirati u vodi i tako napraviti željenu konzistenciju morta. Vezni je mort uvijek tekuće konzistencije. Najprije se zamiješa polimerna disperzija s odgovarajućom količinom vode prema uputama proizvođača, a zatim se u tako pripremljenu otopinu stavlja praškasta komponenta uz intenzivno miješanje (spiralom na električnoj bušilici) dok se ne dobije gustoća pogodna za nanošenje četkom (rasprostiranje 220 mm prema HRN U.M2.012). Smjesa mora mirovati 10 minuta, a zatim se ponovno dobro promiješa uz eventualno prilagođivanje konzistencije. Adhezijski sloj nanosi se na blago navlaženu površinu starog

betona utrljavanjem četkom koja ima dugačka plastična vlakna kako bi se odstranio preostali zrak u otvorenim porama betona. Uraštanjem kristala adhezijskog sloja u stari beton stvara se čvrsta veza između starog betona i novih slojeva te realkalizira stari beton koji postaje vodonepropustan i tako se obnavlja pasivna zaštita armature.

6. Nanošenje gruboga reparaturnog morta

Grubi reparaturni mort nanosi se neposredno nakon nanošenja adhezijskog sloja po sistemu “mokro na mokro”. Grubi reparaturni mort obično je višekomponentna mješavina izrađena na bazi mineralnih sirovina, s dodatkom aditiva i specijalnih plastičnih vlakana s maksimalnim zrnem agregata do 4 mm. Zamiješan s vodom u omjeru koji je propisao proizvođač, nanosi se gleterom na prethodno utrljan vezni sloj i to u slojevima do 5 cm. U slučaju potrebe restauracije većih debljina, slijedeći sloj se nanosi na prethodni u potrebnoj debljini za dva do četiri sata (ovisno o temperaturi okoline), to jest u vrijeme kraja vezivanja i početka očvršćavanja prethodnog sloja. Ovaj sloj djeluje kao brana za ulazak agresivnih tvari u beton, mikroarmatura od plastičnih vlakanaca smanjuje rizik pojave pukotina i u slučaju većih debljina morta te realkalizira stari beton i obnavlja pasivnu zaštitu čelika. Tlačna čvrstoća ovog





sloja mora biti minimalno 40 MPa, a čvrstoća na savijanje 6 MPa. Uvijek je potrebno pripremiti svježu količinu koju se može ugraditi za vrijeme obradivosti ovog morta.

Prije upotrebe reparaturnog morta potrebno je ispitivanjem dokazati zahtijevanu kvalitetu, a redovitim uzimanjem uzoraka i ispitivanjem dokazati postojanost kvalitete za vrijeme rada.

7. Nanošenje završnog premaza

Završni premaz najbolje je nanositi na vezani, a još ne očvršli prethodni sloj. Ako to nije vremenski moguće, prethodni je sloj potrebno lagano navlažiti. Ovaj premaz također mora biti višekomponentna smjesa na bazi cementa, mineralnih sirovina, aditiva te polimernih disperzija minimalne prionjivosti od 1,5 MPa na čistu betonsku podlogu. Ovaj sloj nanosi se četkom na sve vidljive i atmosferskim utjecajima izložene površine betona radi poboljšavanja tlačne i vlačne čvrstoće, elastičnih svojstava, kemijske i erozijske otpornosti te ujednačavanja boje zaštitnog sloja betona. U slučaju da se ovaj sloj izvodi pri visokim ljetnim temperaturama, djelovanju vjetra i sličnim uvjetima koji u znatnoj mjeri smanjuju relativnu vlagu, potrebno je njegovanje raspršivanjem fine vodene maglice u trajanju od dva dana. Ako se ovaj sloj ne nanosi odmah na reparaturni mort, potrebno ga je njegovati raspršivanjem fine vodene maglice u trajanju najmanje tri dana te štititi od eventualnih ekstremnih atmosferskih utjecaja.

Prije upotrebe završnog premaza potrebno je ispitivanjem dokazati zahtijevanu kvalitetu, a redovitim uzimanjem uzoraka i ispitivanjem dokazati postojanost kvalitete za vrijeme rada.

NAČIN SANACIJE ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Čišćenje čelične konstrukcije od korozije pjeskarenjem i nanošenje zaštitnih premaza, a na mjestima na kojima je korozija ugrozila nosivost prethodno obaviti pojačanja u skladu sa statičkim proračunom.

NAČIN SANACIJE DRVENE KONSTRUKCIJE

Vizualnim pregledom ustanovljeno je vrlo loše stanje drvene konstrukcije (krovište) i najvjerojatnije će biti potrebno u potpunosti je zamijeniti novom.

Sve nekonstruktivne dijelove građevine potrebno je obnoviti materijalima i načinom propisanim konzervatorskim elaboratom.

ZAKLJUČAK

U skladu sa Zakonom o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, Zakonom o vlasništvu i Zakonom o gradnji, financiranje održavanja i očuvanja kulturnih dobara obveza je vlasnika. Stoga bi sustav zaštite trebao osigurati stvaranje što je moguće povoljnijih uvjeta za opstanak kulturnih dobara, a njihovi vlasnici moraju poduzimati mjere redovita održavanja te spriječiti svaku radnju kojom bi izravno ili neizravno moglo doći do ugrožavanja spomeničkih vrijednosti kulturnog dobra i uopće njegova integriteta. Sustav gospodarenja zaštićenom graditeljskom baštinom poznaje tri subjekta koja su meritorna, a to su: vlasnici, država i korisnici. U tu svrhu prijeko je potrebno definirati status vlasništva promatranog objekta, odnosno ingerenciju obveza održavanja i saniranja temeljem narečenih zakona.

S obzirom na recentno stanje objekta, potrebno je naručiti i izraditi arhitektonski snimak trenutačnog stanja lansirne rampe te detaljni geodetski snimak obalnog i podvodnog terena oko samog objekta.

Posebno je važno detaljno snimiti stanje konstrukcije pod morem s obzirom na iskustvene primjere koji govore da su najkritičniji presjeci i stanje konstrukcije upravo tamo. Potrebno je izraditi građevinsku prosudbu koja obuhvaća detaljnu analizu postojećeg stanja cijelog objekta, izraditi tehnička ispitivanja i provjere mehaničkog stabilneta gradiva i temeljnog tla te prijedlog saniranja s aproksimativnim troškovnikom.

Potrebno je definirati novu namjenu promatranog prostora te izraditi konzervatorski elaborat koji će detaljno definirati uvjete kategorizacije spomeničke

baštine budući da će to biti ulazni parametri za daljnje postupke saniranja, odnosno rekonstrukcije kulturnog dobra.

Izraditi i donijeti Detaljni plan uređenja koji će cjelovito sagledati širi prostor, dati analizu postojećeg stanja instalacija i prijedlog novih namjena te će prometno, funkcionalno, oblikovno i prostorno uklopiti objekt kulturne baštine u prostor u kojem se nalazi. Izvaci iz plana i provedba parcelacije po donošenju plana, stvorit će pretpostavke za daljnje intervencije u prostoru.

Nakon dobivanja svih relevantnih ulaznih podataka, naručiti i izraditi glavni projekt sanacije i rekonstrukcije kompletnog objekta lansirne rampe koji će uzeti u obzir zatečeno stanje kao i prikaz stanja nakon rekonstrukcije, odnosno da glavni projekt s detaljnim troškovnikom osim uobičajenih dijelova (arhitektonski, građevinski i projekti instalacija) mora sadržavati i dokaze da je nosivost temeljnog tla zadovoljavajuća, da će postojeći građevni proizvodi koji su ugrađeni u dijelove objekta nakon rekonstrukcije zadovoljiti propisane uvjete, da je objekt primjeren za rekonstrukciju kao cjelina i slično. Nakon glavnog naručiti i izraditi izvedbeni projekt rekonstrukcije.

Summary

It is evident that the torpedo testing launching ramp, a structure that once was very impressive, technically complex structure is now in ruins and is no more serving the purpose for which it was built for. Its present poor condition is the result of years of neglect. No equipment has been preserved till today. Structure is in various stages of destruction: wooden roof-truss is all rotten, being mostly demolished or dangerously close to being demolished, cracks are visible on the bricks, and reinforced concrete elements are left without concrete cover due to excessive corrosion activity resulting in reinforcement being directly exposed on all constructive parts. The underwater part of the structure is also significantly damaged, both by chemical and mechanical aggressive activity of the waves. In order to make comprehensive evaluation of the condition of the structure, the representatives of the City of Rijeka engaged experts from Civil Engineering Institute of Croatia to conduct chemical and mechanical tests of the structure materials' characteristics with the aim of demonstrating the level of destruction also in the numbers. Sanation of the existing state would require significant expenses, probably resulting with very doubtful outcome considering the methods being available. Unfortunately, it has to be stated that the original launching ramp structure is irrevocably destroyed and therefore lost forever, but what should not be lost is the historical truth to be testified of, even through the launching ramp existing as a replica. Scientists alongside experts should find the appropriate way to make it possible even for the future generations to feel the need for visiting the place and being aware of the historical meaning of the pioneering work on torpedo manufacturing and testing.