

**SANACIJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA OŠTEĆENIH BOMBARDOVANJEM
RAFINERIJE NAFTE U PANČEVU**
**REPAIRMENT OF BUILDING FACILITIES DAMAGED DURING BOMBING OF
PANČEVO OIL REFINERY**

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC 665.64.041.004.69

Rad primljen / Paper received: 6.6.2001.

Adresa autora / Author's address:

Prof.dr Mihailo Muravljev, Tihomir Kovačević, dipl.inž. Vladeta Matović, dipl.inž.

Institut za materijale i konstrukcije, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

Miodrag Pavišić, dipl.inž. Milenko Popović, dipl.inž.

Institut "Kirilo Savić", Vojvode Stepe 51, Beograd

Ključne reči

sanacija građevinskog objekta, armirano-betonska konstrukcija, oštećenje

Keywords:

repairment of building facility, reinforced concrete structure, damage

Izvod

Predstavljena su karakteristična rešenja sanacije oštećenih objekata, čiji je stepen oštećenja bio takav da se postavilo pitanje "rušiti ili sanirati". Radi se o objektima od kojih su neki, osim značajnih oštećenja prouzrokovanih udarima projektila, bili izloženi i dodatnom procesu degradacije - dejstvu požara. Konkretno, rad tretira sanaciju rashladnog tornja, cevnih mostova, temelja peći, zgrade energana i konstrukcija S-100. U svim navedenim projektima primenjena su tehničko-tehnološka rešenja sa što manjom eliminacijom postojećih konstrukcijskih elemenata, pri čemu su osim vraćanja na prethodno stanje, uzimani u obzir i dodatni zahtevi proistekli iz potrebe instalisanja novih delova opreme. Sva navedena tehničko-tehnološka rešenja zasnovana su na korišćenju najsavremenijih materijala i postupaka sanacije, uključujući poštovanje propisa o aseizmikom građenju.

Summary:

This paper presents typical solutions for repairment of damaged facilities, in which the degree of damage was such that the question "demolish or repair" was posed. The facilities concerned were those in which some of them, beside significant damage caused by projectile blows, were subjected to additional process of degradation - fire action. Concretely, this paper deals with reparation cooling tower, pipe bridges, furnace foundatio, and power house and S-100 structures. In all designs technical-technologic solutions where applied with least possible elimination of existing structural elements, while beside returning to the previous state additional requirements resulting from the need to install new parts of equipment were taken into account. All stated technical-technologic solutions are based on applying advanced materials and procedures, following the regulations on seismic construction

UVOD

Usled bombardovanja od strane NATO avijacije oštećen je vrlo veliki broj objekata u krugu Rafinerije nafte' Pančevo (RNP), pri čemu se ta oštećenja nisu odnosila isključivo na procesnu opremu, već u velikom obimu i na građevinske objekte. Ova oštećenja su bila takvog stepena da se sasvim umesno u pojedinim slučajevima postavljalo pitanje "rušiti ili sanirati". Dileme su bile prisutne stoga što su pojedini objekti, osim značajnih oštećenja prouzrokovanih udarima projektila, bili izloženi i dodatnom procesu degradacije - dejstvu požara. Zbog toga je bilo potrebno, u okviru dijagnostike stanja objekta, odrediti i svojstva materijala za koja se sumnjalo da su u određenom stepenu degradirana. Zbog svega navedenog, pre donošenja odluke o saniranju ili rušenju oštećenih objekata, bilo je neophodno sprovesti sledeću proceduru:

- vizuelno - makroskopski pregled;
- snimanje i opisivanje registrovanih oštećenja;

- snimanje geometrije objekta sa svim deformacijama elemenata;
- uzimanje i ispitivanje uzoraka materijala (u prvom redu betona i čelika);
- sprovođenje kontrolnih proračuna;
- analiza svih podataka dobijenih realizacijom prethodnih tačaka;
- procena stanja objekta i zaključak u vezi mogućnosti sanacije ("rušiti ili sanirati");
- predlog sanacionog rešenja.

Ovde se napominje da je u okviru predloga sanacionih rešenja data samo ideja za izvođenje sanacije uz navođenje osnovnih tačaka rešenja, pri čemu se podrazumevalo da se za svaki projekt koji na ovakav način dobije "zeleno svetlo" izradi glavni, odnosno detaljni projekt sanacije.

S obzirom na karakter sanacionih radova, koji je u opštem slučaju nemoguće u celini obuhvatiti projektnim rešenjima, pri svakoj sanacionoj intervenciji se podrazumevalo i dodatno učešće projektanta tokom izvođenja radova, a u svojstvu tzv. projektantskog nadzora. To je jedini ispra-

van postupak u fazi izvođenja radova i samo se na taj način može, u saradnji između izvođača i projektanta, doći do optimalnih rešenja, kako u smislu nosivosti, tako i u smislu funkcionalnosti i trajnosti objekta.

U daljem je dat kratak prikaz sanacionih rešenja za nekoliko objekata u okviru RNP, pri čemu se radi o projektima u okviru kojih su iznađena takva tehničko-tehnološka rešenja koja su zahtevala najmanja moguća uklanjanja tehnološke opreme, kao i najmanja moguća eliminisanja (rušenja) pojedinih konstrukcijskih elemenata. Osim toga, objekti nisu uvek samo vraćani na prethodno stanje, već su uzimani u obzir i dodatni zahtevi, proistekli iz potrebe instalisanja nekih novih delova opreme u sklopu pojedinih objekata. Sva navedena tehničko-tehnološka rešenja koriste najsavremenije materijala i postupke sanacije, uključujući poštovanje propisa o aseizmičkom građenju o kojima nije vođeno računa u vreme projektovanja i građenja pojedinih objekata.

Ovde se ističe da je detaljniji opis dijagnostike stanja i načina sanacije dat samo za objekt Energane, jer je to najveći objekt sa izuzetno velikim obimom oštećenja tokom bombardovanja.

RASHLADNI TORANJ

Ovaj objekt se sastoji iz četiri identične celine od kojih su dva dela bila potpuno porušena, jedan deo značajno oštećen, a jedan deo praktično neoštećen (prisutne samo manje prsline i pukotine).

Sanacija je urađena tako što su potpuno porušeni delovi zamenjeni identičnim novim delovima, dok je značajno oštećeni deo saniran tako što je deo konstrukcije, uz prethodno odstranjivanje zdrobljenog betona iz pojedinih zona, vraćen putem hidrauličkih presa u prethodno stanje. Nakon ovoga pristupilo se dodavanju potrebne armature u odštemovanim zonama i "plombiranju" svih ovih zona specijalnim betonima visoke početne i krajnje čvrstoće. Na ovaj način omogućeno je vrlo brzo oslobađanje konstrukcije od sistema podupirača i preduzimanje drugih sanacionih radova, u prvom redu injektiranju prsline i pukotina epoksi smolama. Ovim je za vrlo kratko vreme omogućen rad predmetnog postrojenja sa 50% kapaciteta.

CEVNI MOSTOVI I TEMELJI OPREME U OKVIRU FCC RNP

Stepen oštećenja ovog objekta je prikazan na sl. 1. Sanacioni radovi podrazumevali su potpunu zamenu nekih porušениh stubova kao i reparaturu stubova koji su oštećeni samo površinski. U prvom slučaju, kod tri stuba primenjen je sledeći postupak:

- rušenje od vrha približno do nivoa platoa na delu cevni mostova, pri čemu je od postojećih stubova zadržana armatura - budući ankeri za nov stub - dužine cca 1,0 m;
- izravnavanje oštemovane horizontalne površine stuba dodatnim betonom u sloju potrebne debljine;
- obeležavanje tačne pozicije centra stuba na novougrađenom betonskom sloju postavljanjem "srčanika" R ϕ 19 mm;
- nov - montažni stub postavljen je u tačno propisan položaj i u tom položaju fiksiran primenom 3 kose zatege;

- postavljanje projektovanih uzengija i odgovarajuće oplata, kao i betoniranje donjeg dela stuba u visini cca 1,00 m betonom MB 40.

Dva stuba su, pak, sanirana izvođenjem čeličnog omotača - plašta oko svakog postojećeg stuba. U ovom slučaju između "starog betona", koji je dobijen nakon štemovanja svih degradiranih delova (a najmanje do dubine zaštitnog sloja betona do armature), i čeličnog plašta, ugrađen je odgovarajući sitnozrni beton koji je obezbedio zajednički rad postojećeg betona i novog čelika.

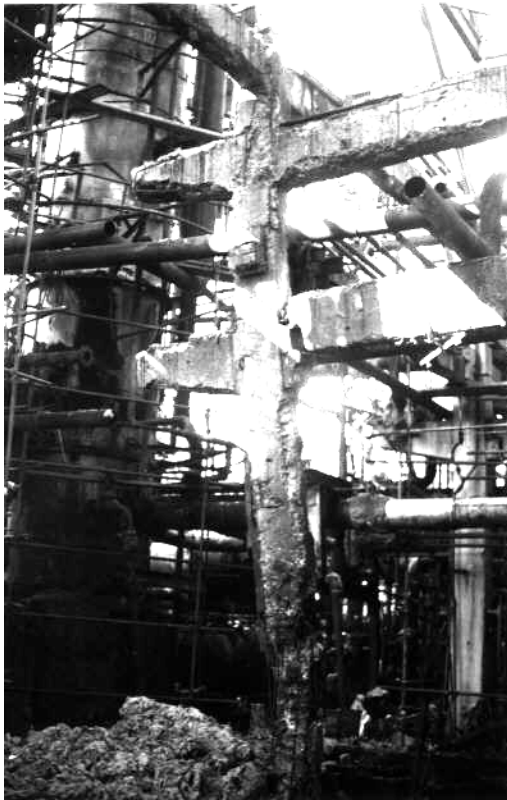
Ostali stubovi, koji su uglavnom oštećeni površinski (sa izuzetkom donjih krajeva koji negde imaju i dublja oštećenja), sanirani su odgovarajućim reparaturnim betonima i/ili malterima. Sanaciji je prethodila priprema koja se sastojala u uklanjanju štemovanjem svih oštećenih delova betona, pri čemu je to štemovanje bilo dovoljno duboko - dok se nije došlo do "zdravog" betona. Prilikom štemovanja nije oštećena postojeća armatura stubova. S obzirom da su na nekim stubovima primenom opisanog načina pripreme dobijena i vrlo značajna slabljenja preseka, takvi stubovi su obezbedeni primenom odgovarajućih kosih zatega ili nekim drugim postupkom ukrućivanja.

Postojeće podužne i poprečne rigle, koje su pre bombardovanja činile kontinualan sistem završnih rigli ramova, a koje su toliko oštećene da su morale biti zamenjene novim, sanirane su na sledeći način:

- Odstranjivanjem u celini ili pojedinih delova.
- Pri odstranjivanju delova podužnih rigli iz dela betonske konstrukcije koji se zadržava ostavljena je sva postojeća podužna armatura u dužini cca 1,00 m radi ostvarivanja veze sa armaturom dela koji će se docnije betonirati.
- Kako je predviđeno da se svi predmetni delovi izvedu betoniranjem na licu mesta, po završetku rušenja montirana je oplata koja se oslanjala na donje nosače.
- U izvedenu oplatu montirana je armatura koja je spojena zavarivanjem sa postojećom armaturom.
- Po završetku napred navedenih radova pristupilo se betoniranju rigli i vrhova stubova sa kojima su one povezane betonom MB 30, pri čemu je primenom odgovarajuće oplata obezbedeno dobijanje iste geometrije kao ranije.

Prsline na pojedinim armiranobetonskim elementima sanirane su injektiranjem niskoviskozne epoksi smole.

Temelji tehnološke opreme su sanirani primenom odgovarajućeg reparaturnog betona putem kojeg je u potpunosti obezbedena (vraćena) ranija geometrija temelja. Ugrađivanju reparaturnog betona prethodilo je štemovanje postojećeg elementa radi uklanjanja svih oštećenih delova betona, što znači da je ovaj postupak sproveden sve dok se nije došlo do potpuno "zdravog" betona. Prilikom štemovanja u principu nisu uklanjani postojeći čelični elementi (postolja i njihovi ankeri) za povezivanje tehnološke opreme za betonsku konstrukciju. Oni elementi koji nisu bili oštećeni i mogli su dalje da budu korišćeni (o čemu je odluku donosilo ovlašćeno lice iz NIS-RNP), pri štemovanju su privremeno fiksirani tako da ostanu u ranijem položaju. Ukoliko je, pak, bila potrebna zamena takvih čeličnih elemenata, oni su bili uklonjeni, pri čemu su pre ugrađivanja reparaturnog betona postavljeni odgovarajući ankeri za njihovo povezivanje sa betonskom konstrukcijom. Podlivni sloj kod svih temelja izveden je malterima na bazi epoksi smole.



Slika 1. Oštećenja cevnih mostova

TEMELJI PEĆI BA101

Uvidom u raspoloživu tehničku dokumentaciju konstatovano je da je peć bila oslonjena na armiranobetonsku konstrukciju u vidu stubova i temelja - samaca koji nisu bili međusobno povezani temeljnim gredama. Tokom bombardovanja došlo je do potpunog rušenja peći i armiranobetonskih stubova - oslonaca peći, kao i do delimičnog rušenja postojećih temelja - samaca. Nakon raščišćavanja ruševina, pregledom na licu mesta je konstatovano prisustvo temelja - samaca za nošenje peći u tri ose, dok su u druge tri ose temelji - samci bili uništeni.

S obzirom na takvo stanje na lokaciji nove peći BA 101, predviđeno je potpuno isključivanje iz funkcije svih preostalih temelja - samaca, pri čemu je kao temeljna konstrukcija za prihvatanje peći i prateće opreme predviđena nova armiranobetonska ploča debljine 40 cm, čija je donja površina izrađena u nivou gornjih površina postojećih temelja - samaca (kota -1.40). Ispod donje površine nove armiranobetonske temeljne ploče ugrađen je sloj podložnog betona MB 15 u debljini od 10 cm. Taj sloj je izveden preko tampona od zbijenog šljunka kojim je iznivalisana površina preko koje je izveden podložni beton i nova armiranobetonska temeljna ploča.

Nova armiranobetonska temeljna ploča je od betona MB 30 i u nju je ugrađena sva armatura koja je postojala kao armatura ranijih temelja. Ta, stara armatura je prethodno savijena tako da "padne" u okvir novoprojektovane ploče.

Stubovi - oslonci, kako same peći BA 101, tako i drugi (mali) stubovi - oslonci smešteni uz peć za prihvatanje prateće opreme, izvedeni su tako da "izlaze" iz nove temeljne ploče i istih su geometrijskih karakteristika kao ranije prisutni stubovi - oslonci. To je podrazumevalo da se u svim stubovima - osloncima koji su oslonjeni na novu temeljnu ploču, a koji su takođe izrađeni od betona marke MB 30, naprave i ankeri koji su u svemu odgovarali ranijem rešenju.

ENERGANA

U cilju preciznog i detaljnog utvrđivanja stanja u kome je konstrukcija objekta Energane bila posle bombardovanja, urađeni su sledeći pregledi i ispitivanja:

- Detaljan vizuelni pregled konstrukcije kojim su obuhvaćeni svi konstruktivni elementi sistema: stubovi, rigle, podvlake i ploče, što je obuhvatilo evidentiranje svih zapaženih oštećenja, snimanje i opis oštećenja, fotografisanje oštećenih mesta.
- Ispitivanje pritiskne čvrstoće betona primenom kombinovanog postupka: uzorkovanjem - vađenjem cilindara - kernova i nedestruktivnog ispitivanja - sklerometrom (JUS U.M1.048).
- Snimanje geometrije konstrukcije, uključujući geodetska snimanja položaja karakterističnih čvornih tačaka sistema duž ortogonalnih pravaca po etažama, sa ciljem da se snimi njihov tačan položaj i odstupanja od projektovanog položaja izazvana ekscresnim eksplozivnim opterećenjem i nastalim oštećenjima.

- Modeliranje postojećeg statičkog sistema konstrukcije sa redukovanom krutošću konstruktivnih elemenata na osnovu evidentiranih oštećenja i sproveden proračun za uticaj dejstva sopstvene težine. Evidentirana su mesta na kojima je došlo do prekomernih opterećenja kao posledica redistribucije uticaja.

Svi pregledani elementi su podeljeni u tri osnovne grupe: uslovno slomljen, oštećen (za saniranje), neoštećen. Kriterijum za procenu i donošenje zaključka o uslovnom lomu nekog elementa određen je sledećom definicijom:

"Uslovnim lomom se smatra stanje armirano betonskog elementa koji je pretrpeo oštećenje tipa pukotine^{*} (ili više oštećenja tipa prslina čiji je zbir širina na dužini od 200 mm veći od 2 mm), koji se pruža po celoj visini preseka, kao i trajnu deformaciju $\geq 1/50$ ". Navedena definicija je, uz modifikaciju koja se odnosi na kritičnu vrednost širine prslina, usvojena iz standarda JUS U.M1.047 - "Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma"

Pretpostavljena granična širina prslina od 2 mm trebalo bi da odgovara uslovima dostizanja napona tečenja u armaturi. Egzaktnim proračunom stanja napona u datom preseku i za date uslove oštećenja (inverznim postupkom), potrebno je dokazati vrednost napona u armaturi i betonu.

Da bi se izbegli terminološki nesporazumi, za označavanje oštećenja tipa prslina usvojena je klasifikacija predložena od strane Prof. T. Radojčića /1/ prema kojoj treba razlikovati pojmove:

- prve prslina (nevidljive);
- prslina (max 0,4 mm);
- prskotine i
- pukotine (neposredno pred lom).

Čitav ovaj postupak pregleda i evidentiranja oštećenja otvorio je niz pitanja i ukazao na nedovoljnost i nedostatke teorije graničnih stanja betonskih konstrukcija, kako u pogledu procene stepena oštećenosti armirano betonskih elementa, tako i u pogledu definisanja uslova pojave loma u betonskom elementu. Naime, analiza graničnog stanja ne uzima u obzir stanje propagacije prslina u betonu i ne definiše uslove nestabilnosti oštećenja i nastupanja loma, već samo određuje postupke proračuna širine prslina i rastojanja prslina i propisuje kriterijume za granične vrednosti ovih parametara. Ovi parametri, međutim, ne mogu da se smatraju indikatorima uslova stabilnosti prslina, već samo predstavljaju alarmne signale za stanje loma koje bi moglo da nastupi. U stvari, i sam pojam "širine prslina" je relativan, jer je širina promenljiva, povećavajući se idući duž prslina od njenog vrha.

Istraživanja na armirano betonskim elementima opterećivanim do loma, pokazala su da proces loma nastupa najpre dostizanjem granice plastičnosti u armaturi, a potom sledi lom pritisnutog dela betonskog preseka.

Pokušaji da se problem reši direktnom primenom mehanike loma, deluju "nategnuto" budući da se prema osnovnoj pretpostavci mehanike loma, analiza stabilnosti

prslina sprovodi pod uslovom koji podrazumeva jednu prslinu u neoštećenoj sredini. Navedeno međutim ne odgovara stanju u betonskom materijalu gde je dokazano prisustvo mikro prslina i drugih oštećenja i pre nego što je materijal podvrgnut opterećenju (preexisting microcracks).

Pored napred navedene klasifikacije oštećenja date u dijagnostici stanja, projektanti sanacije su utvrdili da se oštećenja na objektu, odnosno na njegovim konstrukcijskim elementima, manifestuju i na sledeće načine:

- kao potpuno rušenje celokupnih elemenata ili njihovih delova;
- kao izuzetno velike deformacije armiranobetonskih elemenata (naročito se odnosi na neke od stubova, ali i na izvestan broj ploča i greda, što je utvrđeno geodetskim snimanjem);
- kao "duboka" ili totalna oštećenja pojedinih delova armiranobetonskih elemenata;
- kao površinska oštećenja - u najvećoj meri zaštitnih slojeva - ali u nekim slučajevima i oštećenja većih dubina (5-6 cm) pojedinih stubova, armirano betonskih greda i ploča;
- kao prslina (pukotine) u armiranobetonskim elementima;
- kao plića ili dublja oštećenja poda i tehnoloških kanala na koti poda u mašinskoj sali i kotlarnici.

Na sl. 2. i 3. data su neka karakteristična oštećenja.

Ovde se napominje da su pri delovanju NATO avijacije u potpunosti uništeni delovi čelične krovne konstrukcije, kao i celokupan krovni pokrivač objekta. Pored toga, kao što je napred rečeno, ima i u potpunosti porušenih betonskih elemenata i njihovih delova u okviru armiranobetonske konstrukcije objekta. Prilikom snimanja stanja konstatovano je da je uništeno preko 80% fasadne obloge od fasadnih opeka i da je u potpunosti uništen jedan od protivpožarnih zidova. Konstatovano je da velika oštećenja postoje u sanitarnom čvoru objekta u okviru aneksa, a da je skoro u potpunosti uništena i bravarija (zajedno sa staklom) na fasadama. Podovi u objektu su takođe praktično potpuno uništeni. S obzirom na snimljeno stanje objekta, u okviru projekta sanacije armiranobetonski elementi su bili izloženi sledećim tretmanima:

- izrada novog elementa na mestu prethodnog koji je potpuno srušen, odnosno odstranjen sa lica mesta;
- uklanjanje odnosno zamena celog armiranobetonskog elementa koji u sklopu novog rešenja objekta prestaje da bude u funkciji (na primer, postojeća kranska staza), ili koji je u toj meri oštećen da zamena celog elementa novim elementom predstavlja jedino ispravno rešenje;
- zamena dela elementa armiranobetonske konstrukcije u onoj zoni koja je značajno oštećena (na primer, delovi oštećenih ploča, greda i stubova);
- ojačanje postojećih armiranobetonskih nosača dodavanjem čeličnih elemenata (ovaj postupak se odnosio na nosače - grede sa kosim pukotinama u oslončkim zonama u delu objekta iznad mašinske sale);
- sanacija armiranobetonskih elemenata vraćanjem ("povlačenjem") u prvobitno stanje (postupak koji se primenjuje na izrazito deformisanim konstrukcijskim elementima koje je trebalo prethodno delimično porušiti, a nakon toga ih vratiti u prvobitno - nedeformisano stanje, odnosno sanirati na mestima delimičnog rušenja);

* Radi preciznosti u postupku pregleda i evidentiranja oštećenja i donošenja zaključaka, definisano je i značenje termina "pukotina" u gore navedenoj definiciji: "Pukotinom se smatra oštećenje armirano betonskog elementa tipa "prslina" čija širina je ≥ 2 mm."



Slika 2. Oštećenja stubova



Slika 3. Oštećenja međuspratne ploče

- popravka zaštitnog sloja armiranobetonskih elemenata (podrazumevaju se mesta lokalnih oštećenja u debljini zaštitnih slojeva, kao i mesta do dubine 5-6 cm);
- zaptivanje i injektiranje prslina i pukotina u armiranobetonskim elementima.

Osim napred navedenih sanacionih intervencija, predviđena je i izrada novih armiranobetonskih zidova – aseizmičkih platana - sa debljinama 15 cm, od betona MB 30.

Ovde se napominje da su navedena aseizmička platna povezana sa postojećom konstrukcijom, pri čemu su u platnima ostavljeni i potrebni otvori za komunikaciju (vrata). U ovim zidovima - platnima je bilo moguće izvoditi i otvore za provođenje instalacija (koji nisu mogli biti definisani u projektu sanacije).

Da bi se obezbedila potrebna krutost objekta u tavančnim (horizontalnim) ravnima i da bi se eliminisale prisutne denivelacije ploča na kotama 4,158 i 9,20, preko ovih ploča je po prethodno izvedenim sanacionim intervencijama predviđena i izrada dodatnih ploča od betona modifikovanog polimerom prosečne debljine 8 cm. Ove ploče su armirane armaturnom mrežom MGA 500/560 - Q188 i sprežu se sa "starim" betonom preko koga su izvedene upotrebom odgovarajućeg premaza za vezu stari-novi beton.

S obzirom da se uz ovaj objekat pravi čelične konstrukcija nove energane, u kojoj postoji i čelična kranska staza, u okviru projekta sanacije predviđena je izrada čelične kranske staze umesto postojeće armiranobetonske, koja je bila potpuno porušena ili značajno oštećena. U vezi sa ovim, predviđena su takva rešenja elemenata armiranobetonske konstrukcije koja omogućavaju da se na njih osloni i nova čelična kranska staza.

Na osnovu mašinskih podloga i usaglašavanja sa naručiocem, krovna konstrukcija objekta u zonama u kojima je bila porušena, projektovana je tako da po svojoj geometriji (visinskim kotama i nagibima) predstavlja nastavak krova na novoj energani. U vezi sa ovim, "podignuta" je krovna konstrukcija stare energane na delu između osa B-C i C-D tako, što je u redu D armiranobetonska konstrukcija podignuta na potreban nivo izradom odgovarajućih armiranobetonskih elemenata, dok je na delu B-C to ostvareno izradom nove čelične konstrukcije u vidu sistema kratkih čeličnih stubova i nosača podignutih na potrebnu visinu. Na taj način cela krovna konstrukcija stare energane (osim aneksa) izvedena je od čelika, a njeno oivičavanje je rešeno armiranobetonskim elementima - "vencima" - podignutim do potrebnih visina.

Krovni pokrivač na celokupnom objektu, uključujući i deo aneksa, je projektovan u vidu "Durisol" ploča debljine 10 cm. Na delu aneksa "Durisol" ploče su oslonjene na prethodno sanirane postojeće armiranobetonske nosače, koji su "nivelisani" izradom malterskih slojeva maksimalne debljine 3-4 cm. Preko "Durisola" je na delu aneksa izvedena termoizolacija, dok je preko celokupne krovne površine objekta predviđena hidroizolacija na bazi sintetičkih traka. Ovakav izbor rešenja krovne konstrukcije i hidroizolacije omogućio je da se krovni pokrivač na mestima potrebnim za unošenje opreme u kotlarnicu na jednostavan način ukloni, i isto tako na jednostavan način dovede u prethodno stanje.

SERIJA 100

Sanacioni radovi u ovom slučaju podrazumevali su ugrađivanje reparaturnog betona. Ovome je prethodilo štemovanje postojećeg elementa radi uklanjanja svih oštećenih delova betona, što znači da je ovaj postupak sproveden sve dok se nije došlo do potpuno "zdravog" betona. Prilikom štemovanja u principu nisu uklanjani postojeći čelični elementi (postolja i njihove ankere) za povezivanje tehnološke opreme za betonsku konstrukciju.

Pre ugrađivanja reparaturnog betona, oštemovane površine "starog" betona su premazane odgovarajućim premazom za vezu stari-novi beton ("grund"), s tim da je novi beton preko izvedenog premaza ugrađen na principu "mokro na mokro".

Stubovi S U/25 i S U'/25 su sanirani izvođenjem čeličnog omotača - plašta oko svakog postojećeg stuba (sl. 4). U ovom slučaju između "starog betona", koji će je dobijen nakon štemovanja svih degradiranih delova, i čeličnog plašta, ugrađen je odgovarajući sitnozrni beton koji obezbeđuje zajednički rad postojećeg betona i novog čelika.



Slika 4. Sanacija stuba

Ostali stubovi, kako platforme, tako i cevni mostova, koji su uglavnom oštećeni površinski (sa izuzetkom donjih krajeva koji negde imaju i dublja oštećenja), sanirani su odgovarajućim reparaturnim betonima i/ili malterima. Sanaciji je prethodila priprema koja se sastojala u uklanjanju štemovanjem svih oštećenih delova betona, pri čemu se išlo do "zdravog" betona. S obzirom da se na nekim stubovima primenom opisanog načina pripreme došlo i vrlo

značajnog slabljenja preseka, takvi stubovi su bili obezbeđeni primenom odgovarajućih "teških" skela.

Betoniranju, odnosno malterisanju o kome je napred bilo reči prethodilo je nanošenje premaza za vezu stari-novi beton, pri čemu je betoniranje odnosno malterisanje koje je docnije sledilo izvedeno po principu "mokro na mokro".

Nakon završetka sanacije stubova u osama U i U' se pristupilo sanaciji grede na koti + 9,00. Sanaciji ove grede prethodilo je podupiranje posude i njeno privremeno oslanjanje na sanirane stubove. Pri ovome, posuda je osigurana i sajlama od prevrtanja, obzirom na njenu visinu. Nakon ovoga se pristupilo štemovanju grede - uklanjanje oštećenog betona "do zdravog", popravci postojeće armature, montiranje nove, postavljanju oplata i betoniranju.

Injektiranje prslina koje su postojale na pojedinim armiranobetonskim elementima izvedeno je na način definisan u "Tehničkim uslovima za izvođenje specifičnih sanacionih radova predviđenih projektom".

ZAKLJUČAK

Od navedenih pet objekata prva tri su već u potpunosti sanirana i praktično u pogonu. Ovome su doprinela projektovana tehničko-tehnološka rešenja koja su omogućavala relativno brzo izvođenje sanacionih radova i, što je najvažnije, postupke koji nisu iziskivali veći obim demontaže postojeće tehnološke opreme. Ovo se posebno odnosi na objekat cevni mostova, gde je praktično ceo sistem neoštećenih cevi bio prisutan "na licu mesta" tokom izvođenja građevinskih - sanacionih radova. Praktično identična sanacija je na objektima Energana i S-100, gde su radovi još u toku, i gde takođe nije postojala potreba za uklanjanjem opreme. Primera radi, u objektu Energane radovi se izvode u mašinskoj sali, gde nijedan uređaj nije morao da bude uklonjen, kao i na koti 9,20, gde se radovi izvode bez uklanjanja postojećih bojlera. U slučaju konstrukcije S-100 koja prihvata vrlo značajno opterećenje od posude, ta posuda i dalje stoji na konstrukciji na kojoj se izvode radovi, uz primenu privremene konstrukcije za podupiranje. Kao što se vidi iz navedenih primera, samim tim što se pri izvođenju građevinskih radova ne uklanja prisutna oprema, ostvaruju se vrlo značajni finansijski efekti i osetno se smanjuju rokovi izvođenja radova.

Literatura

1. M. Ivković, T. Radojčić i M. Ačić, "Granična stanja betonskih konstrukcija".