

Obvladovanje kakovosti pri sanaciji armirano betonskih silosov za cement

Quality Management in the Reconstruction of the Reinforced Concrete Cement Powder Silos

Zdenko Ipavec - Mirko Soković - Bojan Grum

V članku je podan primer obvladovanja kakovosti pri ureditvi površin armirano betonskih objektov - konkretno silosov za skladiščenje cimenta. Obravnavan je celoten potek projekta, od posnetka začetnega stanja, definiranja želenega stanja, načrtovanja postopkov sanacije, preverjanja ustreznosti načrta, izbire izvajalca, sistemskega zagotavljanja kakovosti izvedbe del od izvajalca, nadziranja kakovosti izvedbe del od naročnika sanacije, do preverjanja dosežene kakovosti od zunanje neodvisne strokovne ustanove.

© 2000 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: obvladovanje kakovosti, beton armirani, saniranje objektov, silosi za cement)

In this paper a sample of a quality management in the reconstruction of a reinforced concrete objects - specially surfaces (walls) of silos for the cement powder warehousing is described. All project phases have been studied: silos condition recording before reconstruction, reconstruction aim definition, reconstruction activity planning, reconstruction plan verification, executor selection, systematic reconstruction quality assurance by executor, supervision of reconstruction quality by investor and verification by an external independent institution.

© 2000 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: quality management, reinforced concrete, objects reconstruction, cement silos)

0 UVOD

Silosii so pomembni industrijski objekti z vidika uporabnosti, varnosti, gospodarnosti, trajnosti pa tudi estetskega videza in vkapljanja v okolje. Glede na svojo velikost, obliko in namen uporabe - ter po drugi strani prepričanje o betonu kot trajnem in ekološko sprejemljivem materialu - so silosi običajno grajeni kot armirano betonske konstrukcije [1].

Pričakovana doba trajanja armirano betonskih konstrukcij je najmanj 50 let. V praksi se dogaja, da je ta doba tovrstnih objektov zaradi napak krajša od pričakovane. Do napak prihaja tako pri postopku projektiranja kakor tudi pri gradnji in uporabi objektov. Tudi ustrezno projektirane in grajene armirano betonske objekte je treba med uporabo občasno pregledovati in vzdrževati. Betonu in kovinski armaturi grozi propadanje, ki lahko z opustitvijo potrebnih vzdrževalnih posegov povzroči težko popravljive poškodbe.

V Salonitu Anhovo smo se s takšnimi poškodbami objekta soočili na armirano betonskih silosih (sl. 1), v katerih skladiščimo cement. Silosi

so zaradi svoje funkcije izpostavljeni trajnim in ponavljajočim notranjim mehanskim obremenitvam (vibracije), podtlaku in visokim temperaturam v celicah silosov. V svojem okolju pa še dodatno zunanji vplivom (mehanske obremenitve, vreme, agresivno ozračje, mikroorganizmi itn.), ki na objektu povzročajo fizikalne, kemijske in biološke procese, kar privede do pojava poškodb na zunanjih betonskih površinah.

Zaradi napak, ki so bile narejene pri gradnji silosov, in nevdzdrževanja objekta v času 21-letne uporabe, so na zunanjih površinah silosov nastale takšne poškodbe, da je bila ogrožena njihova funkcionalnost - silosi niso bili več za vodo neprepustni. Najpomembnejše poškodbe so bile [2]:

– **Odstopanje betona na mestih opažnih lukenj**
Na mestih opažnih lukenj so po končani gradnji ostala vbetonirana kovinska sidra. Opažne luknje so bile zaprte s cementno malto. Čas je pokazal, da postopek zapiranja teh lukenj ni bil ustrezen. Plast cementne malte nad ostankom kovinskega sidra je bila pretanka, kar je omogočilo vdor agresivnih snovi iz ozračja in s tem korozijo sider.



Sl. 1. Silosi za skladiščenje cementa

Korozija je sčasoma povzročila odstopanje betona na nekaterih od teh mest (sl. 2a), kar je bil vzrok za prepustnost sten silosov za vodo.

– **Poškodbe betona zaradi korozije kovinske armature**

Na nekaterih mestih je bila jeklena armatura pri gradnji silosov nepravilno nameščena (tik pod površino betona). Debelina betonske plasti zato ni bila zadostna za zaščito armature pred korozijo. Korozija armature je povzročila značilno odstopanje betona nad armaturo (sl. 2b).

– **Poraščenost betona z lišaji oz. mahom**

Posamezna področja silosov (predvsem na senčni

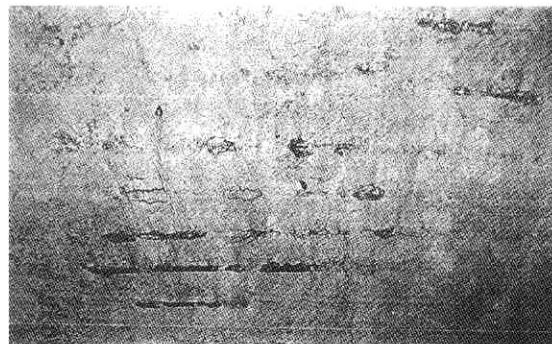
strani) so bila poškodovana zaradi prevelike poroznosti in vpojnosti betona. V pore se je zaradi zadrževanja vlage naselil mah (sl. 2c), kar je še pospešilo propadanje površinskega sloja betona.

1 ODLOČITEV ZA SANACIJO

Strokovni pregled silosov cementa Pakirka v podjetju Salonit Anhovo je bil osredotočen na stanje vodotesnosti objekta in kakovost vgrajenega betona. Namen pregleda je bil ugotoviti dejansko stanje objekta, odkriti vzroke zamakanja in vidnih poškodb



a)



b)



c)

Sl. 2. Prikaz značilnih poškodb: a) odstopanje betona zaradi korozije kovinskega sidra, b) posledice korozije armature, c) posledice prevelike poroznosti betona

na betonskih površinah ter predlagati ustrezne sanacijske ukrepe. Po pregledu je bilo izdelano *Poročilo o pregledu stanja objekta*.

Glede na vrsto in obsežnost poškodb ter vpliv poškodb na funkcionalnost silosov, so se v podjetju Salonit Anhovo d.d. odločili za takojšnje, celovito popravilo. To naj bi obsegalo popravilo treh armirano betonskih silosov s kupolasto strešno konstrukcijo, kakor tudi vse spremljevalne objekte v skupni površini 15.000 m².

1.1 Definiranje želenega stanja - glavnih ciljev popravila

Cilji, ki so si jih zastavili so bili:

- ⇒ zagotoviti neprepustnost za vodo celotnega objekta;
- ⇒ zaščititi betonske površine pred preveliko vpojnostjo in s tem zmanjšati možnost ponovnega nastajanja poškodb;
- ⇒ zagotoviti ustrezen estetski videz objekta, ki stoji na občutljivi lokaciji ob smaragdni reki Soči.

1.2 Določitev potrebnih postopkov za doseg ciljev

Za doseg zastavljenih ciljev oz. želeno kakovosti je bil potreben sistemski postopek po korakih [3]:

1. Načrtovanje postopkov dela - izdelava projekta popravila
2. Preverjanje ustreznosti načrta - revizija projekta
3. Izbira ustreznega izvajalca del
4. Obvladovanje kakovosti izvedbe del
5. Preverjanje dosežene kakovosti

Zaradi velikosti in oblike objekta, preprostejšega postopka, ekonomske upravičenosti in tudi načrtovanega časovnega roka izvedbe naj bi sanacijska dela izvajali z uporabo visečih gradbenih odrov oziroma po alpinistično-vrvni metodi, za kar mora biti izvajalec del še posebej usposobljen.

2 PREDSTAVITEV PROJEKTA POPRAVILA

2.1 Načrtovanje postopkov dela - izdelava projekta

Izdelava projekta je bila s podelitvijo projektne naloge poverjena Podjetju za svetovanje, projektiranje in izvajanje specialnih del - Constructa d.o.o. Idrija, ki ima s tovrstnimi popravili bogate izkušnje. Projekt je bil izdelan v skladu s sedanjimi zakoni, tehničnimi predpisi, pravilniki, splošno priznanimi normativi in standardi, ki veljajo za to področje. Projekt je obsegal:

- tehnološki projekt za izvedbo popravila,
- izmere površin, ki so potrebne popravila,
- popis del z upoštevanim obsegom posameznih del.

Z vidika zagotavljanja kakovosti je bil najpomembnejši tehnološki projekt, ki je na podlagi

ugotovljenega stanja betonskih površin določal:

- potrebne tehnološke postopke oz. faze dela,
- kakovost uporabljenih materialov.

2.2 Preverjanje ustreznosti načrta - revizija projekta

Glede na pomembnost projekta so se v podjetju Salonit Anhovo odločili za dodatno preverjanje ustreznosti, predvsem tehnološkega projekta sanacije. Ker niso imeli ustreznega znanja in izkušenj s tovrstnimi sanacijami, so to nalogo zaupali za to usposobljeni, neodvisni strokovni ustanovi - Gradbenemu inštitutu ZRMK, Ljubljana.

2.3 Izbira ustreznega izvajalca

Na podlagi preverjenega projekta za izvedbo popravila sledi iskanje ponudb pri izvajalskih podjetjih, ki so specializirana za tovrstna dela. Pri izbiri najustrežnejšega ponudnika je treba, poleg cene in roka za izvedbo popravila, še posebej poudariti sposobnost izvajalca, da zagotovi kakovostno izvedbo del. Pomembno je preveriti:

- ugled na trgu (reference),
- zagotavljanje kakovosti (sistem zagotavljanja kakovosti),
- zaupanje izvajalca v kakovost svoje storitve (ponujene garancije).

2.4 Obvladovanje kakovosti izvedbe sanacijskih del

Posamezne udeležence in njihove vloge v postopku obvladovanja kakovosti pri izvedbi sanacijskih del prikazuje slika 3.

2.4.1 Zagotavljanje kakovosti izvedbe del od izvajalca

Izvajalec obvladuje kakovost izvedbe del tako, da dela izvaja po "*Programu zagotavljanja kakovosti*", ki ga je izdelal pred pričetkom sanacije. Osnova za izdelavo programa zagotavljanja kakovosti je tehnološki projekt sanacije, ki določa zahteve glede uporabljenih materialov in tehnoloških postopkov za izvedbo sanacije.

V "*Programu zagotavljanja kakovosti*" je izvajalec zapisal:

- navodila za izvajanje posameznih postopkov oz. faz dela,
- načrt izvajanja tekočega notranjega nadzora.

2.4.1.1 Navodila za izvedbo posameznih postopkov

Izvajalec del je v sodelovanju z zastopnikom investitorja in zunanjega nadzora izdelal navodila za izvajanje posameznih, pri sanaciji uporabljenih tehnoloških postopkov, imenovana tudi "*Postopkovna navodila*":



Sl. 3. Model obvladovanja kakovosti pri sanaciji armirano betonskih silosov

- Navodilo št. 1: Priprava podlage
- Navodilo št. 2: Protikorozijska zaščita kovinskih delov
- Navodilo št. 3: Reprofilacija poškodb na betonskih površinah
- Navodilo št. 4: Zaščita betonov s hidroizolacijskim premazom
- Navodilo št. 5: Površinska zaščita betonskega plašča silosov
- Navodilo št. 6: Površinska zaščita betonske strehe silosov

Navodila za posamezen postopek dela opredeljujejo:

- ⇒ namen in obseg izvajanja,
- ⇒ referenčno dokumentacijo,
- ⇒ predpogoje,
- ⇒ varnostne zahteve in omejitve,
- ⇒ tehnološka navodila za izvedbo postopka,
- ⇒ kriterije ustreznosti izvedbe postopka,
- ⇒ izvajanje nadzora.

V sklopu navodil za izvedbo postopkov so bila, skladno z navodili, pripravljena tudi poskusna polja s predlaganim sanacijskim sistemom ter končnim premazom. Kataster posameznih polj na strehi ter na plašču silosa prikazuje slika 4a, test oprijemne trdnosti ("pull-off" test) slika 4b, testno polje s končnim premazom pa slika 4c. Izvedeni testi na teh poljih so potrdili

kataloške vrednosti za predlagane materiale kakor tudi pravilnost navodil.

Primer dejanskih rezultatov preskusov oprijemne trdnosti s testi oprijemne trdnosti, izvedenih na določenem merilnem mestu (testnem polju) med sanacijo, je podan v razpredelnici 1.

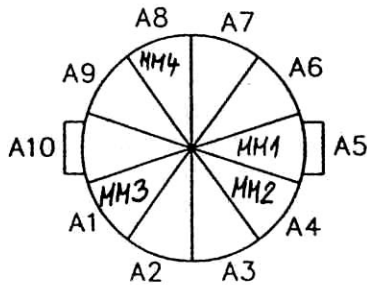
2.4.1.2 Načrt izvajanja tekočega notranjega nadzora

V načrtu izvajanja tekočega notranjega nadzora izvajalec zapiše, kako bo preverjal kakovost izvajanja sanacijskih del po posameznih fazah. Zaradi pomembnosti elementa tekočega notranjega nadzora izvajalca v celotnem sistemu zagotavljanja kakovosti sanacije, so zastopniki vseh treh pri sanaciji udeleženih strank posvetili veliko pozornosti pripravi načrta notranjega nadzora. Določili so potrebne nadzorne postopke:

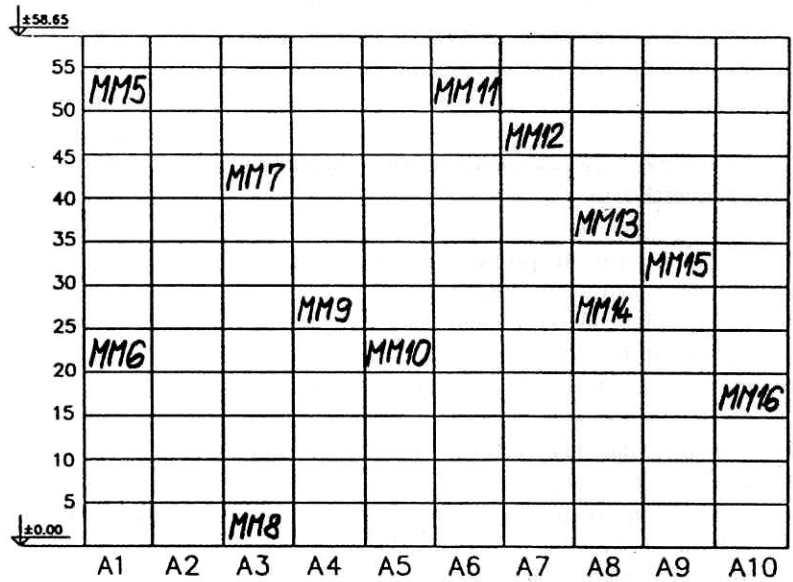
– Postopki notranjega nadzora za zagotavljanje kakovosti vgrajenih materialov:

1. razpoznavanje dobavljenega materiala,
2. preverjanje dobavljenega materiala,
3. preverjanje pogojev skladiščenja dobavljenega materiala,
4. preverjanje dokazil o ustreznosti materiala,
5. preiskava trdnosti sanacijskih malt.

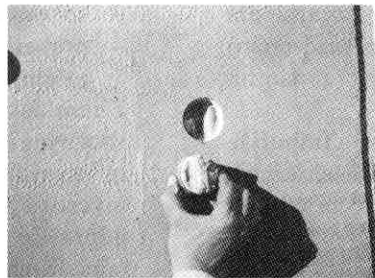
Silos A
- STREHA



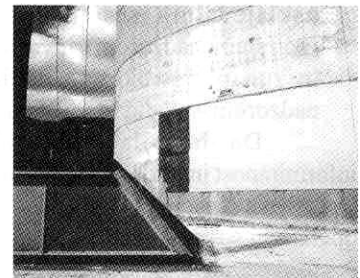
- PLAŠČ



a)



b)



c)

Sl. 4. Prikaz testnih polj in testa oprijemne trdnosti: a) kataster testnih polj na posameznem silosu, b) izvedba testa oprijemne trdnosti, c) testno polje s končnim premazom

Razpredelnica 1

Sedanje stanje		Oprijemne napetosti v MPa			Povpr. v MPa	Min. v MPa	Zahteve v MPa
		meritev 1	meritev 2	meritev 3			
betonska podlaga	vrednost	3,80	3,60	3,30	3,57	3,30	min. 1,50
	pretrg	stik	stik	stik	-	-	
hidroizol. po 7 dneh	vrednost	1,30	1,70	1,50	1,50	1,30	povp. 1,50 oz. min. 0,80 /28 dni/
	pretrg	stik	30 p. 70 b	stik	-	-	

– Postopki notranjega nadzora za zagotavljanje kakovosti izvedbe del:

6. ugotavljanje karbonatizacije betona,
7. ugotavljanje ustreznosti priprave betonskih površin,
8. ugotavljanje ustreznosti čiščenja kovinskih površin,
9. preverjanje klimatskih razmer med popravilom,
10. preverjanje ustreznosti izvedbe protikorozijske zaščite,
11. preverjanje sprijemne trdnosti reparaturnih malt,

12. preverjanje sprijemne trdnosti hidroizolacijskega premaza s podlago,
13. preverjanje sprijemne trdnosti končnega barvnega premaza s podlago.

Za vsak nadzorni postopek je izdelan nadzorni list, s katerim se spremlja izvajanje postopkov. Na nadzornem listu so za vsak postopek opredeljeni:

- ⇒ način izvajanja,
- ⇒ opis izvajanja,
- ⇒ lokacija izvajanja,
- ⇒ pogostnost izvajanja,
- ⇒ kriterij kakovosti.

Poleg pogostosti izvajanja postopkov nadzora so v mrežo plaštev silosov, s predpisanim rastrom, označevali lokacijo izvedbe postopka in s tem dodatno preverjali pravilno razpršenost odvzema vzorcev oz. izvajanja določenega postopka.

2.4.2 Zagotavljanje kakovosti izvedbe sanacijskih del od investitorja

Investitor je pomembno prispeval k zagotavljanju kakovosti izvedbe del z:

- načrtovanjem in izvajanjem lastnih dejavnosti glede nadzora,
- angažiranjem in vključitvijo neodvisne strokovne ustanove v postopek sanacije.

Dejavnosti oz. naloge investitorja so bile predvsem:

- sodelovanje pri pripravi in potrditvi “Programa zagotavljanja kakovosti” sanacijskih del;
- nadziranje skladnosti izvajanja del izvajalca s programom zagotavljanja kakovosti sanacijskih del;
- organiziranje in vodenje operativnih, usklajevalnih sestankov med izvajalcem (notranjim nadzorom), investitorjem (nadzorom) in zunanjo strokovno institucijo (zunanjim nadzorom – dodatnim nadzorom).

Da bi bila zagotovljena čimboljša informiranost in usklajeno delovanje vseh udeleženi v postopku sanacije, so bili organizirani redni tedenski operativni sestanki. Na teh sestankih so:

- usklajevali mnenja in popravljali oz. dopolnjevali “Program zagotavljanja kakovosti”;
- se sproti seznanjali s potekom izvajanja sanacijskih del;
- podrobneje terminsko načrtovali dejavnosti;
- preverjali uresničevanje sprejetih dogovorov;
- se sproti seznanjali z rezultati in ugotovitvami notranjega preverjanja, nadzora in zunanjega nadzora;
- potrjevali ustreznost ali ugotavljali neustreznost izvedbe posameznih postopkov - faz dela;
- sprejemali sklepe o konkretnih ukrepih v primeru, ko rezultati preverjanja niso dosegali predpisanih vrednosti.

2.4.3 Zagotavljanje kakovosti izvedbe sanacijskih del zunanje ustanove

Zunanja neodvisna strokovna ustanova je pomembno prispevala k zagotavljanju kakovosti izvedbe sanacijskih del s tem, da je izvajala naslednje dejavnosti:

- **Sodelovanje pri pripravi in potrditvi Programa zagotavljanja kakovosti izvajalca**
Pri pripravi novega “Programa zagotavljanja kakovosti” je ta ustanova sodelovala z:
 - dajanjem nasvetov glede vsebine in oblike dokumenta,

- predlaganjem uvedbe nekaterih dodatnih nadzornih postopkov,
- predlaganjem oz. določanjem kriterijev kakovosti pri posameznih nadzornih postopkih.

– **Izvajanje dodatnega nadzora kakovosti vgrajenih materialov in kakovosti izvedbe posameznih faz popravila**

Neodvisna strokovna ustanova je obvladovala kakovost vgrajenih materialov z:

- nadzorom nad izvajanjem postopkov za zagotavljanje kakovosti vgrajenih materialov izvajalčeve notranjega nadzora;
- lastnim izvajanjem preiskav nekaterih pri sanaciji vgrajenih materialov (npr. preiskavo upogibnih in tlačnih trdnosti pri sanacijskih maltah).

V okviru dodatnega nadzora kakovosti izvedbe posameznih faz sanacije je neodvisna strokovna institucija:

- sproti spremljala rezultate notranjega nadzora izvajalca in opažanja nadzora investitorja,
- izvajala lastne nadzorne preglede in preiskave,
- preverjala oprijemne trdnosti končnega zaščitnega premaza.

Z rezultati preskusov in preiskav je neodvisna strokovna ustanova sproti seznanjala investitorja in izvajalca na operativnih sestankih pri investitorju. Po končanih posameznih fazah popravila je izdelala tudi pisno poročilo o opravljenih nadzornih pregledih in preiskavah.

– **Potrjevanje ustreznosti izvajanja posameznih faz popravila**

Po končani posamezni fazi popravila je neodvisna nadzorna ustanova potrdila ustreznost izvedbe te faze na temelju:

- informacij nadzora investitorja,
- rezultatov notranjega nadzora izvajalca,
- rezultatov lastnih nadzornih pregledov in preiskav.

Ustreznost izvedbe posamezne faze popravila je potrdila s podpisom na nadzorni list izvajalčevega notranjega nadzora v rubriko “Kontrola kakovosti potrdil: _____”.

3 SKLEPNE UGOTOVITVE

Popravilo poškodb in zaščita fasadnih površin silosov daje armirano betonskemu objektu ustrezno zaščito in preprečuje nastanek novih poškodb, zagotavlja vodotesnost objekta in mu podaljšuje dobo obstojnosti. Kljub svoji masivnosti objekt daje pridih svežine. Z izbranimi barvami, ki posnemajo zaščitni znak podjetja Salonit Anhovo – kombinacija modre in zelene barve, ki daje turkizni učinek, barvo reke Soče – je ustvarjeno “sožitje” med betonskim objektom in lokacijo objekta, to je dolino ob prelepi reki Soči.

Menimo, da je zelo pomembno, da se takega popravila lotimo sistematično, po korakih, ki so predstavljeni v prispevku. V fazo priprave popravila je pametno vložiti veliko časa in energije, le tako se lahko pričakuje načrtovan potek izvedbe del in

doseganje zelene kakovosti.

Rezultat dobro pripravljenih in vodenih popravilnih del je (v obravnavanem primeru) uspešno dokončana sanacija okoli 15.000 m² betonskih površin silosov (sl. 5).



Sl. 5. Končni videz saniranih silosov za beton

4 LITERATURA

- [1] Čebular, U. (1999) Sanacija silosov cementa Pakirka, *Gradbenik*, 1999/7-8, str. 56-57.
- [2] Ipavec, Z. (1999) Zagotavljanje kakovosti pri sanaciji betonskih silosov, Diplomsko delo S109, *Fakulteta za strojništvo*, Ljubljana.
- [3] Projekt sanacije silosov cementa, št. projekta: 156-G/98 Constructa d.o.o., Idrija, 1998.

Naslovi avtorjev: Zdenko Ipavec, dipl.inž.str.
Salonit Anhovo, d.d.
5210 Anhovo

doc.dr. Mirko Soković
Fakulteta za strojništvo
Univerze v Ljubljani
Aškerčeva 6
1000 Ljubljana

Bojan Grum, univ.dipl.inž.grad.
Constructa d.o.o.
Hajdrihova 28
1000 Ljubljana

Prejeto: 4.2.2000

Sprejeto: 5.4.2000