
VALIDE d.o.o.,
Kladezna ul. 20, Ljubljana
projektiranje, inženiring in tehnično svetovanje
vrednotenje podjetij, nepremičnin, strojev in opreme
izelava in izdaja energetskih izkaznic

tel.: 01-283-20-30, fax.: 01-283-20-31, GSM: 041-617-136, e-mail: info@valide.si

MESTNO GLEDALIŠČE LJUBLJANSKO
ELABORAT SANACIJE BETONSKIH POVRŠIN FASADE

Predlog sanacije

Naročnik: **MESTNO GLEDALIŠČE LJUBLJANSKO**
Čopova 14
1000 Ljubljana

številka poročila: **P-37/17 - ps**

poročilo pripravila: **Alan Sodnik, univ.dipl.inž.grad.**
Iztok Leskovar, univ.dipl.inž.grad.

odgovorni predstavnik podjetja **Gabrijela Kovačič Sodnik**

kraj, datum: **Ljubljana, maj 2017**

mapa: 1
izvod: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

VSEBINA:

- 1) Uvod
- 2) Predlog sanacije
- 3) Vrste materialov in tehnološki postopki sanacije
- 4) Kontrola kvalitete uporabljenih materialov in izvedenih del
- 5) Projektantski popis del s predizmerami in oceno stroška
- 6) Priloge

1 Uvod

Na podlagi naročila MGL, Čopova 14, Ljubljana smo skladno s ponudbo opravili ogled poškodb fasadnih površin ab fasadnih plošč na objektu MGL na Čopovi ulici v Ljubljani in glede na ugotovitve izvedenih preiskav pripravili predlog sanacije betonskih površin.

V poročilu o izvedenih preiskavah (poročilo št. P-37/17, april 2017) na fasadi smo podali naslednjo oceno stanja fasade, ki predstavlja izhodišče za izdelavo predloga sanacije. Ocena stanja je (bila) naslednja (citiramo) :

Oceno stanja fasadnih površin podajamo ločeno za ulično fasado, na kateri je bila pred leti že izvedena sanacija in zaščita ter za ostale fasadne površine (dvoriščna fasada), na kateri do danes še ni bilo izvedenih nobenih sanacijskih posegov.

Na ulični fasadi je obseg poškodb zaradi korozije armature omejen. Izvedena sanacija, predvsem pa zaščitni premaz površin je upočasnil proces korozije. Z zaščitnim premazom je bil zmanjšan nadaljnji prodor karbonatizacije v beton, po drugi strani pa je premaz zmanjševal tudi prodor vlage v notranjost betona. Prisotnost vlage v betonu pa je potreben pogoj za razvoj korozije (galvanski člen!).

Na parapetu terase na notranji površini parapeta, kjer sanacija in zaščita nista bili izvedeni in, kjer so armaturne palice praktično brez zaščitnih plasti betona, je korozija povzročila izrazito zmanjšanje nosilnih presekov armature!

Ne glede na obseg poškodb bo v okviru celovite sanacije poleg ostalih posegov nujna tudi t.i. realkalizacija betona, saj je karbonatizacija na več mestih že dosegla globino vgrajene armature.

Na dvoriščni fasadi do danes še ni bila izvedena nikakršna sanacija in/ali zaščita armiranega betona. Obseg in intenzivnost poškodb sta zato bistveno večji , kot na ulični fasadi. Globina karbonatizacije je praktično na celotni površini fasade že dosegla globino vgrajene armature. Zaščitna sposobnost betona v okolici armatura je zato močno zmanjšana, rezultati pa so vidni v intenzivnosti in obsegu korozije. Poleg korozijskih poškodb so na betonskih površinah prisotne tudi poškodbe zaradi procesov zmrzovanja in odtaljevanja (mrežne razpoke, luščenje agregatnih zrn iz cementne matrike...).

Za dolgotrajno rešitev bo poleg ostalih sanacijskih posegov potrebno izvesti tudi realkalizacijo betona in nadomeščanje močnejše poškodovanih armaturnih palic, katerih nosilni preseki so zmanjšani za več kot cca 25 %.

2 Predlog sanacije

Na armiranobetonskih fasadnih površinah so torej prisotne izrazite korozijske poškodbe armature in z njimi povezane poškodbe zaščitnih plasti betona v obliki razpok in odstopanja le-teh od podlage. Poleg omenjenih poškodb so prisotne tudi razpoke in poškodbe zaradi procesov zmrzovanja in odtajanja. Za preprečitev nadaljnjih korozijskih procesov je potrebno poleg čiščenja površin z vodnim curkom pod visokim pritiskom, čiščenja in zaščite razgaljenih in korodiranih armaturnih palic, sanacije poškodovanih zaščitnih plasti betona in zmrzlinško poškodovanih betonov ter injektiranja razpok z epoksidno injekcijsko smolo, izvesti tudi preplastitev vseh površin s polimerizirano cementno malto, s katero bomo dosegli delno realkalizacijo betona. Globina karbonatizacije je namreč na večini površin dosegla globino vgrajene armature. Za dolgoročno sanacijo je prav tako pomembno, da sanirane površine zaščitimo z zaščitnim sistemskim premazom, ki bo zagotovil vodotesnost površin in s tem preprečeval vstop vode v beton. Zunanje fasadne površine bodo neposredno izpostavljene vsem klimatskim pogojem, kot tudi UV žarkom. Zato predlagamo, da se za zaščito uporabi visokokvalitetni sistemski zaščitni premaz, ki bo poleg vodotesnosti in paropropustnosti zagotovil tudi elastičnost in trajno premoščanje ev. mikrorazpok v podlagi.

Na mestih močno korodiranih armaturnih palic (ocena nad 25 % nosilnega preseka) se le-te nadomestijo z dolepljenjem lamel in/ali tkanine iz ogljikovih vlaken.

Podrobnejši opis predloga sanacije (postopkov) je tako naslednji:

- odstranitev vseh slabo sprijetih in poškodovanih delov betona ter poškodovanih in razpokanih zaščitnih plasti betona nad in ob korodirani armaturi z lahкими odkopnimi kladivi,
- čiščenje vseh betonskih površin z vodnim curkom pod visokim pritiskom do ca. 400 barov. Na čelni fasadi ,kjer je bila pred leti že izvedena sanacija in v okviru le-te tudi zaščitni premaz se za čiščenje uporabi vodni curek z dodatkom abraziva, ki bo omogočil odstranitev premaza v celoti,
- mehansko čiščenje razgaljenih armaturnih palic z vodnim peskanjem peskanjem,
- zaščita očiščenih armaturnih palic z visokopolimeriziranim cementnim premazom, ki vsebuje inhibitorje korozije,
- reparacija vseh poškodb in odstranjenih zaščitnih plasti betona nad in ob armaturi ter zmrzlinško poškodovanega betona s polimeriziranimi cementnimi maltami do obstoječe zunanje konture,
- injektiranje razpok z nizkoviskozno epoksidno injekcijsko smolo,
- dolepljenje lamel iz ogljikovih vlaken (S&P 150/2000 tip 50/1,2) na mestih prekomerno korodiranih armaturnih palic,
- dolepljenje tkanine iz steklenih ali ogljikovih vlaken (S&P G-Sheet 50/50 ali S&P C-Sheet 240) na površinah, kjer se prekomerna korozija armaturnih palic pojavlja na zakjučenih površinah - na več sosednjih armaturnih palicah hkrati,
- preplastitev vseh površin na ab stebrih s polimerizirano cementno malto (relakalizacija) v min debelini 1 cm na ulični in stranski fasadi oz. 1,5 cm na dvoriščni fasadi, kjer sta obseg in globina poškodb dosti večja,

- izvedba zaščite vseh ab površin z vodotesnim, elastičnim UV odpornim polimernim sistemskim premazom (primer + elastična polnitev + elastični premaz 2x).

Poleg omenjenih posegov se v okviru celovite sanacije izvede tudi sanacija stikov med posameznimi ab ploščami, ki so zatesnjene s trajnoelastičnim kitom. Kit v njih je na več mestih razpokan ali odstopa od podlage in je že izgubil velik del svoje elastičnosti. Zato predlagamo, da se kit v fugah med ab ploščami zamenja v celoti.

Statična presoja

V okviru statične presoje oziroma kontrole obremenitev smo opravili pregled razpoložljive projektne dokumentacije, ki se nanaša na armiranobetonske fasadne elemente. S strani naročnika nam je bila posredovana originalna projektna dokumentacija in sicer:

- MGL, prizidek k mestnemu gledališču, statika in opažni načrti, mapa A, G.I.P. Gradis, Biro za projektiranje Ljubljana, številka projekta 859, julij 1971;
- MGL, prizidek k mestnemu gledališču, statični izračun, številka projekta 859, junij 1972;
- MGL, prizidek k mestnemu gledališču, detajlni statični izračun I. del, številka projekta 859, oktober 1972;
- MGL, prizidek k mestnemu gledališču, detajlni statični izračun II. del, številka projekta 859, maj 1973.

Po pregledu navedene projektne dokumentacije povzemamo najpomembnejše podatke in dejstva, ki se nanašajo na armiranobetonske fasadne elemente:

- (a) V tehničnem poročilu statičnega izračuna je navedeno (citiram): *»Fasade tvorijo armiranobetonski elementi, ki so vlti na mestu samem in so zaradi delovanja temperature in krčenja betona primerno dilatirani.«*
- (b) Fasadni elementi so debeline 10 cm, armirani z gladko (konstruktivna armatura $\varnothing 6$, Č0200) in rebrasto armaturo (vsa ostala armatura, ČBR 40-1), projektirana kvaliteta betona pa je MB 300, iz statičnega izračuna izhaja, da za fasadne plošče zadošča minimalna armatura.
- (c) Elementi so preko konzolnih nosilcev »obešeni« na osnovno konstrukcijo objekta.
- (d) Stena fasadnega elementa je torej debeline 10 cm in armirana z »dvojno« armaturo in sicer z vertikalnimi armaturnimi palicami $\varnothing 10$ in horizontalnimi armaturnimi palicami $\varnothing 8$.
- (e) Posledica dimenzije in razporeda vgrajene armature in geometrije fasadnega elementa je med drugim tudi majhna debelina zaščitne plasti betona. Ta je sicer v skladu s takrat veljavnimi predpisi, ne nudi pa zadostne zaščite armature pred zunanjimi vplivi.

Ob ogledu opravljenem marca 2017 je bilo ugotovljeno na najmočnejše poškodovanih armaturnih palicah lokalno zmanjšanje njihovega preseka tudi do 50% (notranja stran parapetnega zidu na južni fasadi), na ostalih razkritih delih armature na južni fasadi do 30%, na dvoriščni fasadi pa na mestih razkrite armature do 40%.

Ker so ab fasadni elementi relativno tanki, poškodovani deli in korozija armature se večinoma nahajajo na robovih elementov menimo, da bi najbolj primeren način nadomestitve korodirane armature bil z doleplanjem tkanine iz steklenih vlaken S&P G-Sheet 50/50, ki ima vlakna razporejena v obeh medseboj pravokotnih smereh. Glede na to, da so fasadne plošče armirane z minimalno armaturo je nadomestna »armatura«, ki jo predstavljajo steklena vlakna zadostna. Tudi za poškodovane površine fasade na severni strani (dvorišče), kjer je armatura mestoma razkrita na večji površini (praktično brez zaščitnega sloja) je po našem mnenju uporaba tkanine iz steklenih vlaken primerno nadomestilo za korodirano armaturo. Glede na zgornje navedbe menimo, da bo obseg potrebnih ojačitev z uporabo lamel iz ogljikovih vlaken minimalen in (morda) omejen na lokalne ojačitve.

Posamezna mesta poškodb s prisotnostjo korodirane armature se medsebojno razlikujejo, vsako ima svoje lastnosti, predvsem dostopnost in same dimenzije in obseg poškodovanega mesta. Obseg pokrivanja korodirane armature je potrebno določiti po opravljenem čiščenju korozije, zaradi tega bo natančen obseg potrebnih površin/dolžin ojačitev določen med potekom sanacijskih del na samem objektu sproti.

3) Vrste materialov in tehnološki postopki sanacije

Čiščenje in priprava površin

- Za čiščenje površin se uporabi vodni curek pod visokim pritiskom ca. 400 barov.
- Po čiščenju morajo biti površine zdrave, brez nečistoč in labilnih ali slabo vezanih delcev betona.
- Površinska natezna trdnost betona po čiščenju mora biti višja od 1,5 MPa (pull off metoda) .
- Za odstranjevanje razpokanih vogalov oz. betonov nad korodirano armaturo se uporabijo lahka odkopna kladiva.
- Na čelnih in stranskih površinah je zaradi nanosa predvidene preplastitve (realkalizacija betona) potrebno v celoti odstraniti tudi obstoječi zaščitni premaz . V ta namen se vodnemu curku po potrebi dodaja abraziv !

Čiščenje in zaščita korodiranih in razgaljenih armaturnih palic

- Čiščenje korodiranih armaturnih palic naj poteka z vodnim peskanjem do kovinskega sijaja. Suho peskanje glede na pozicijo objekta ni dovoljeno (prekomerno prašenje).
- Po čiščenju razgaljenih armaturnih palic je predvidena izvedba zaščitnega premaza. Zaščitni premaz naj bo polimer-cementni premaz, ki vsebuje inhibitorje korozije (npr.: SikaTop Armatec 110 Epocem).

Sanacijske malte

- Vsi okruški, neravnine in odstranjeni betoni nad in ob korodirani armaturi se po zaščiti armaturnih palic sanirajo s sanacijskimi maltami. Izbrane sanacijske malte naj bodo enokomponentne, neskrčljive in ojačane z mikroarmaturo polimernega izvora. Vsebujejo naj inhibitorje korozije.
- Uporabijo naj se malte razreda R4 po EN 1504-3.
- Sprijemna natezna trdnost malte s podlago mora zadostiti naslednjim pogojem:
 - sprijemna natezna trdnost : > 1,5 MPa,
 - minimalna posamična vrednost: 1,0 Mpa (npr.: sanacijska malta Sika MonoTop 412N).

Injektiranje razpok in odprtih delovnih stikov

Razpoke in odprti delovni stiki, katerih širine presegajo red velikosti lasnice (ca. 0,15 mm) se injektirajo z epoksidno smolo. Uporabi se nizkoviskozna epoksidna smola za injektiranje.

Tehnološki postopek injektiranja je naslednji:

- izžlebljenje razpok s sekači na električnih udarnih kladivih oz. s kotno brusilko. Razpoke se izžleblijo v širini ca. 1,0 cm in globine ca. 1.0 cm,
- vrtanje in vgradnja injektirnih nastavkov ter tesnitev razpoke z epoksidno maso, v primeru, da je na površinah predvidena tudi preplastitev ali zaščitni premaz je potrebno izvesti tudi posip epoksidne mase v utoru s kvarčnim peskom,
- injektiranje epoksidne smole pod visokim pritiskom

Za injektiranje razpok naj se uporabi nizkoviskozna epoksidna injekcijska smola. Lastnosti epoksidne injektirne smole naj bodo naslednje:

| | |
|---------------------------|-----------------|
| viskoznost (pri 20°C): | 300-500 mPa x s |
| tlačna trdnost: | 60 MPa |
| upogibna natezna trdnost: | 50 MPa |

(npr.: epoksidna injekcijska smola Sikadur 52 Injection)

Preplastitev površin

- Za preplastitev in finalno izravnavo površin pred izvedbo zaščitnih premazov naj se uporabi enokomponentna, mikroarmirana in neskrčljiva cementna malta. Debelina preplastitve naj bo min 0,5 cm na čelnih in stranskih fasadnih površinah in 1,0 cm na dvoriščni fasadi.
- Uporabijo naj se malte razreda R3 po EN 1504-3 z naslednjimi lastnostmi:
 - sprijemna natezna trdnost malte s podlago: > 1,5 MPa,
 - minimalna posamična vrednost: 1,0 Mpa (npr.: Sika MonoTop 723 E; za debelino 1,0 cm v dveh slojih !).

Zaščitni premazni sistem

Za zaščito površin naj se uporabi visokokvalitetni zaščitni premaz, ki bo poleg vodotesnosti in paropropustnosti zagotovil tudi elastičnost in trajno premoščanje ev. mikrorazpok v podlagi.

Premaz se mora izvesti v 4 slojih in sicer:

- primer +
- elastični izravnalni sloj +
- elastični premaz 2x.

Sprijemna natezna trdnost s podlago (pull-off) ca. 0,5 do 1,0 Mpa.

(npr.: Sika Beton Imun sistem, ki ga sestavljajo : Sikagard 551 Elastic primer, Sikagard 545 W Elastofill in Sikagard 550 W Elastic 2x).

Dolepljenje karbonskih lamel in karbonske tkanine

Na mestih prekomerno korodiranih armaturnih palic (preko ca 25 % nosilnega preseka) se le-te nadomestijo z dolepljenjem karbonskih lamel S&P tipa 500/2000 širine 5cm in debeline 1, 2 mm.

Lepljenje se izvede na predhodno očiščene, brušene površine z epoksidnim lepilom. Zahtevana prijemna natezna trdnost (pull off) lamel s podlago je min 1, 5 MPa.

Na površinah, kjer se prekomerna korozija armaturnih palic pojavlja na zakjučenih površinah-na več sosednjih armaturnih palicah hkrati, se le-te nadomestijo z dolepljenjem tkanine iz steklenih ali ogljikovih vlaken S&P G-Sheet 50/50 ali S&P C-Sheet 240. Zaradi geometrijskih omejitev ojačitev z lamelami, je predvidena uporaba tkanine tudi na robovih ab elementov, kjer je prisotna korozija armature. Površine lamel oziroma tkanine se obdelajo z epoksidnim premazom, na katerega se nanese kvarčni posip, kar bo zagotovilo ustrezno sprijemljivost cementne preplastitve s podlago.

4) Kontrola kvalitete materialov in izvedenih del

Kontrolo kvalitete mora izvajalec sanacijskih del organizirati na 3 nivojih in sicer:

- z zagotovitvijo veljavnih potrdil o kvaliteti uporabljenih materialov skladno z zahtevami, ki so podane v predhodnem poglavju;
- s kontrolo kvalitete uporabljenih materialov v času izvajanja sanacijskih del in
- s kontrolo kvalitete izvedenih del.

Obseg in vrste preiskav v okviru tekoče kontrole kvalitete :

Čiščenje in priprava površin

Odstranjevanje poškodovanih betonov z lahкими odkopnimi kladivi

- vizualni pregled
- pretrkavanje površin in preveritev, ali so slabo sprijeti deli betona odstranjeni

Čiščenje površin

- vizualni pregled
- izvedba preskusov natezne sprijemne trdnosti na očiščenem betonu (pull off metoda), število preskusov: min. 1kom / 150 m²

Zaščita armature

- vizualni pregled očiščenih armaturnih palic,
- preveritev čistosti armaturnih palic pred izvedbo zaščitnega premaza; stopnja Sa 2,5 po švedski lestvici, št. preskusov min. 5 na 100 m¹ očiščenih armaturnih palic,
- preveritev debeline zaščitnega premaza min. na 5 mestih na 100 m¹ zaščitnih armaturnih palic.

Sanacijske malte

- odvzem vzorcev sanacijske malte in preskus tlačne in upogibne trdnosti malte, pogostost preiskav: 2 seriji (3 vzorci),
- preizkus sprijemne natezne trdnosti malte s podlago (pull off), pogostost preskusov: 1 kom/200 m² repariranih površin.

Zaščitni premazi

- preizkus sprijemne natezne trdnosti zaščitnega premaza s podlago (pull off), pogostost preskusov: 1 kom/200 m² zaščitnih površin.

Karbonske lamele

- preskus natezne sprijemne napetosti med lamelo in podlago po metodi pull off min. na 6 mestih.

Meritve temperature in relativne vlažnosti

Med izvajanjem sanacijskih del se mora na gradbišču kontinuirano izvajati meritve temperature in relativne vlažnosti zraka.