

3.5.1

TEHNIČNO POROČILO

1. SPLOŠNI PODATKI

Naročnik : MESTNA OBČINA LJUBLJANA
Mestni trg 1, 1000 Ljubljana

Objekt: **SANACIJA OPORNEGA ZIDU NA LONČARSKI STEZI V LJUBLJANI**

Projektant: STABI d.o.o.
Ulica Koroškega bataljona 22, 1231 Ljubljana – Črnuče

Vrsta načrta: PZI

Št. načrta: 21-N-2015

2. PROJEKTNE OSNOVE

- Geodetski posnetek; izdelal LUZ d.d.
- Poročilo o zaključnem pregledu objektov Lončarska steza 5, 6, 6a, 8a in 6c v Ljubljani; Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.; oktober 2012.
- Poročilo o stanju kamnitega zidu ob Lončarski stezi v Ljubljani; Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.; september 2014.
- Geološko geotehnično poročilo »Sanacija opornega zidu na Lončarski stezi v Ljubljani«; izdelal Stabi d.o.o.; št. elaborata 30-G-2014; september 2014.

3. NAMEN IN LOKACIJA OBJEKTA

Na kamnitem opornem zidu dolžine 18,5 m ob Lončarski stezi, ki vodi na Ljubljanski grad s Streliške ulice, so se v zadnjih letih poškodbe bistveno povečale. Oporni zid poteka ob desnem robu steze, gledano v smeri gradu, od stanovanjskega objekta Lončarska steza 6c naprej. Oporni zid varuje z nasipom urejen plato dimenzij cca. 10 x 17 m nad Lončarsko stezo v območju zasebne parcele objekta 6c. Svetla višina zidu je cca. 3,0 m na spodnjem robu in se proti zgornjemu robu zniža na cca. 2,3 m. Zid je razpokan s širino razpok do 12 mm, izbočen (horizontalne deformacije), cementno vezivo razpada, fuge se drobijo in odpadajo.

Poškodbe zidu in bližnjih stanovanjskih objektov so bile evidentirane in opazovane od leta 2009 naprej, ko se je pričela gradnja nove telovadnice ob Waldorfski šoli na Streliški ulici 12.

Izbira konstrukcijske zasnove sanacije opornega zidu pogojuje več specifičnih dejavnikov lokacije:

- Omejen dostop za gradbeno mehanizacijo zaradi majhne širine Lončarske steze, ki je na odseku od odcepa s Streliške ceste do konca opornega zidu 2,85 – 3,20 m.
- V primeru izvedbe pilotov v zaledju opornega zidu omejen delovni plato za izvedbo pilotov in hkrati zaželen tudi čim manjša dodatna obremenitev zaledja z gradbeno mehanizacijo zaradi mejnega stanja obstoječe konstrukcije.
- V primeru izvedbe novega opornega AB zidu zamudna in tvegana gradnja, saj pri odstranitvi dela obstoječega zelo poškodovanega kamnitega zidu obstaja možnost porušitve celotnega zidu v kamniti izvedbi. Začasne izkopne brežine bi bilo potrebno varovati z armaturno mrežo, torkret betonom in pasivnimi sidri. Neposredna bližina stanovanjskega objekta ob nasprotni strani Lončarske steze pogojuje precejšen poseg v izkop za zagotovitev zadostne proste širine za izvedbo sidranja.

Izbrana zasnova sanacije je izvedba mikropilotne stene s piloti premera 30 cm v zaledju obstoječega opornega zidu, zgoraj povezanih z AB vezno gredo. Del pilotov se za omejitev pomikov izvede poševno v zaledje. Po končani izvedbi mikropilotov se obstoječi kamniti zid odstrani, vidna stran pilotov pa se ponovno pozida s kamni v betonu. Krajši severni del zidu, ki nima zalednih pritiskov, se izvede kot plitvo temeljen oporni zid s kamnito pozidavo.

4. OBSTOJEČI KOMUNALNI VODI

V vozišni konstrukciji obstoječe ceste potekajo TK vodi, plinovod, meteorni kanal in vodovod. Z izkopi se ne sme poseči v območje vodov. Najbližje poteka TK vod, ki se obstoječemu zidu približa na cca. 40 cm, proti koncu kamnitega zidu pa je izveden tudi priključek za objekt 8b, ki prečka obstoječi zid. Pred pričetkom gradnje je potrebno TK vod situacijsko in višinsko točno zakoličiti.

5. GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE RAZMERE

Širše obravnavano področje gradijo permokarbonske kamnine (C, P) – skrilav meljevec, glinovec in peščenjak svetlo rjave, sive in temno sive barve. Plasti se med seboj menjujejo in so zaradi preteklih tektonskih premikov lahko pregnetene in pretрте. Večinoma so prekrte z različno debelo plastjo preperine, ki jo sestavlja pretežno meljna in pusta glina z gruščem meljevca in peščenjaka.

Zaledje kamnitega zidu je približno v debelini 2,0 – 2,5 m nasuto s peščeno meljno glino srednje gnetne konsistence s prodnički in gruščem skrilavca. Do globine 4,5 m sledi grušč skrilavega meljevca in peščenjaka, z glinastim vezivom. Na kontaktu z umetnim nasipom je vezivo mokro in mehko (oslabljena kontaktna plast). Globlje se menjujejo plasti preperelega skrilavega meljevca rjavo sive barve in glinastega skrilavca rjave in črne barve. Vmes se pojavljajo kompaktni kosi peščenjaka in posamezne oslabljene cone (vlažno in zaglinjeno, npr. na globini 7,3 – 7,7 m). Na zgornjem intervalu (približno na globini 4,5 – 6,4 m) je hribina zelo preperela, večinoma še razpadla v grušč. Do končne globine vrtanja 10,0 m kompaktna penetrabilna hribina ni bila dosežena, preperela hribina pa je v gostem gostotnem stanju. Voda je bila v vrtini ugotovljena na globini 9,0 m.

6. STANJE OBSTOJEČEGA OPORNEGA ZIDU

Kamniti oporni zid dolžine cca. 18,5 m vzdolž Lončarske steze ob objektu Lončarska steza 6c je v slabem stanju, ki se je bistveno poslabšalo v času gradnje prizidka Waldorfske šole na Streliški ulici 12 med letoma 2009 in 2012. Zaradi možnega vpliva gradbišča na sosednje objekte je bil v času gradnje vzpostavljen monitoring okoliških stanovanjskih objektov in opornega kamnitega zidu. V okviru opazovanja opornega zidu je bil izveden vizualni pregled zidu, meritve razpok na reperjih in plombah ter geodetske meritve na vgrajenih reperjih tarčah. Meritve na opornem zidu so se dodatno izvedle po končani gradnji v septembru 2014.

Zid je najbolj poškodovan ob hišni številki 6c, kjer je tudi teren (plato) v zaledju zidu vidno poseden. Prisotne so vzdolžne in poševne razpoke širine do 5 mm, posamezne do 12 mm. Betonsko vezivo propada, vezivo v fugah se drobi in odpada. Očitne so horizontalne deformacije (izbočenje) zidu, zid pa se tudi poseda in drsi vzdolž Lončarske steze, kar je dobro opazno na skrajnem spodnjem robu zidu. Tu se je zid premaknil v taki meri, da ni več možno zapiranje vrtnih vrat ob stanovanjskem objektu.

Meritve razpok v obdobju 2009 – 2012 so večinoma pokazale povečanje razpok do cca. 2 mm. V obdobju po končani gradnji v obdobju 2012 – 2014 so se razpoke povečale za 0,2 – 1,2 mm, ugotovljeni strižni premiki razpok pa so 0,6 mm. Geodetske meritve (en reper za višinske pomike in dve tarči za meritve horizontalnih deformacij) kažejo, da se je v celotnem opazovanem obdobju (2010 – 2014) oporni zid posedel za cca. 9 mm, od tega je velikostni red posedka po končani gradnji (2012 – 2014) cca. 1,5 mm. Izmerjeni horizontalni pomiki so v celotni opazovani dobi (2010 – 2014) cca. 18 mm v smeri proti Streliški ulici (izbočenje zidu).

Debelina stene opornega zidu, ki je bila z vrtnami ugotovljena na štirih mestih, je 20 – 40 cm.

7. KONSTRUKCIJA OPORNEGA ZIDU

Tik za obstoječim opornim zidom se izvede mikropilotna stena dolžine 16,64 m, ki se na severnem robu (proti stanovanjskemu objektu Lončarska 6c) nadaljuje v krajši oporni zid dolžine 1,67 m. Skupna dolžina sanacije, s katero saniramo poškodovan odsek zidu v kamniti izvedbi, je 18,31 m.

7.1 Mikropilotna stena

Mikropilotno steno sestavlja 46 vertikalnih in 14 poševnih AB pilotov premera 30 cm in dolžine 9,0 m. Odmik osi pilotov od notranjega roba obstoječega kamnitega zidu je 0,5 m. Osnovni razmak vertikalnih pilotov je 0,30 – 0,35 m, na lokaciji vmesnih poševnih pilotov pa 0,45 m. Izjema je lokacija zadnjega poševnega pilota, kjer je zaradi obstoječega TK voda razmak 0,7 m, in mesto dilatacije grede z osnim razmakom sosednjih pilotov 0,5 m. Poševni piloti se izvedejo na osnem razmaku 0,93 – 1,05 m v nagibu vsaj 15° proti zaledju glede na vertikalo. Vsi piloti naj segajo vsaj 2,5 m v preperelo hribino, ki jo gradijo plasti skrilavega

meljevca, glinovca in peščenjaka. Mikropiloti se v osi armirajo z jekleno palico sistema Gewi premera 43 mm, ki mora obvezno izpolnjevati zahteve:

- uporaba za stalne konstrukcije (doba vsaj 100 let),
- jeklo S 670/800,
- oprema z distančniki,
- ustrezna zaščita spojev,
- dvojna korozijska zaščita,
- ustrezno opremljen zaključek na vrhu za upogibno in natezno obremenitev.

Po izvedbi pilotov se slabši beton zgornjega dela pilotov v višini 30 – 50 cm odstrani. Piloti morajo s strižnim zobom vsaj 6 cm segati v vezno gredo.

Piloti so vpeti v AB vezno gredo dimenzij $b / h = 60 / 80$ cm, ki se izvede na plast podložnega betona v debelini 10 cm. Greda je dilatirana na 2 kampadi dolžine 5,02 m in 11,62 m (dolžine po osi). Na zaledni strani je greda oblikovana v naklonu 1 : 1 (20/20 cm), proti fasadni strani pa je podaljšana v robni venec, ki ima na vidni strani konstantno debelino 25 cm. Širina robnega venca je 25 cm, z izjemo na zaključkih, kjer se na dolžini 2 m ustrezno razširi na 39 cm oziroma 50 cm za navezavo na obstoječe stanje. Zgornja površina AB grede ima nagib proti zaledni strani 4 %.

7.2 Oporni zid

Konstrukcija se na strani proti stanovanjskemu objektu Lončarska 6c zaključi s samostojnim opornim zidom dolžine 1,67 m z AB temeljem širine 1,10 m in debeline 0,6 m ter steno debeline 0,3 m. Zgornji del se oblikuje z razširjeno krono širine 0,82 m z navezavo na robni venec AB grede. Vse vidne strani se pozida s kamnom v betonu. Posebna pozornost se nameni navezavi na obstoječe stanje z natančno montažo nastavka za zapiranje kovinskih vhodnih vrat na steno zidu.

7.3 Izvedba vidne strani oporne konstrukcije

Po izvedbi mikropilotov in AB grede se obstoječi kamniti zid odstrani, piloti pa se očistijo zemljine z vodnim curkom. Na uvrtna sidra se namestijo armaturne mreže Q196 s preklopom vsaj 30 cm ter izvede izravnava z brizganim betonom v debelini vsaj 5 cm (med posameznimi piloti do cca. 20 cm). Pri nanašanju betona naj se zagotovi razdalja brizgalne šobe cca. 1 m od brežine, beton pa nanaša čimbolj pravokotno na brežino. Obvezno se uporabi mokro mešanico torkretnega obrizga. Pred izvedbo torkret betona se na armaturne mreže pritrdi armatura za sidranje kamnite obloge (4 kom / 1 m^2).

Na plast podložnega betona debeline 10 cm se izvede temelj širine 0,8 – 1,0 m in debeline 0,6 m, na katerega se temelji kamnita pozidava vidne strani. Temelj se izvede v treh kampadah dolžine 5,02 m in $2 \times 5,81$ m, ki so ločene z dilatacijami širine 2 cm. Vzдолžni nagib temelja je 7,4 – 8,8 °. Na zgornji strani temelja se z dodatno plastjo podložnega betona zagotovi naklon proti zunanji strani. Kamni različnih velikosti se sproti polagajo v svež beton v

razmerju cca. 30 % beton, 70 % kamni. Vidne fuge se izvedejo poglobljene za cca. 3 – 5 cm in zapolnijo s cementno malto.

8. OPIS DETAJLOV

8.1 Odvodnjavanje

Na lokacijah poševnih pilotov se po odstranitvi kamnitega zidu izvrtja vrtine za vgradnjo PVC izcednic premera 100 mm (14 kom). Zaledna odprtina izcednic se pred namestitvijo ovije v filterski geosintetik.

8.2 Ograje

Na kroni obstoječega kamnitega zidu je nameščena mrežna žična ograja, ki se pred sanacijo demontira, po končani sanaciji pa ponovno privijači na AB gredo.

V času gradnje se okolica gradbišča zaščiti z zaščitno ograjo višine 2,5 m, sidrano z zalednimi jeklenimi vrvmi.

8.3 Delovni in dilatacijski stiki

Med kampadami grede je predvidena dilatacija v izvedbi »pero – utor«, dilatacijske rege med kampadami temelja in med krono opornega zidu in AB gredo pa se izvedejo v ravnem stiku.

Širina dilatacijskih reg je 2 cm in se zapolnijo s stiroporom. Na vidni strani se rege zaprejo z zaključnim trakom za rege, na zasuti strani pa se vgradi zunanji tesnilni trak za rege širine vsaj 25 cm, ki se mehansko zaščiti v širini vsaj 35 cm.

V stik novih konstrukcijskih elementov z obstoječimi se vgradi trda penasta plošča. Na vidni strani se stik zapolni s s trajno elastičnim zapolnitvenim materialom in trajno elastično maso za stike, na zasuti strani pa se vgradi zunanji tesnilni trak za rege, ustrezne oblike za stik stari – novi elementi po detajlu.

V delovni stik med temeljem in steno AB opornega zidu se vgradi nabrekajoči tesnilni trak.

8.4 Hidroizolacija

Vsi betonski elementi se izvedejo iz vodoneprepustnega betona PV-II.

9. MONITORING OBJEKTA

9.1 Kontrola zveznosti pilotov

Vsaj na polovici pilotov (vsak drugi pilot) naj se izvede kontrola zveznosti pilotov z enostavno nedestruktivno metodo PIT (Pile Integrity Tester).

9.2 Meritve pomikov

Za kontrolo pomikov konstrukcije se v robni venec vbetonira po ena merilna prizma za meritve 3D pomikov. Točne lokacije se določijo ob izvedbi.

Nulta meritev se izvede takoj po končani sanaciji, naslednja dva meseca po zaključeni sanaciji, nadaljnjo dinamiko meritev pa se določi glede na rezultat prve meritve in po dogovoru z naročnikom.

10. MATERIALI

Beton:

C 25/30, XC2, PV-II	- AB uvrtni piloti,
C 25/30, XC2, PV-II	- AB temelji,
C 25/30, XC2, XF3, PV-II	- vezna AB greda,
C 25/30, XD1, XF2, PV-II	- stena AB zidu,
C 25/30, XC2	- polnilni beton (kamni v betonu),
C 12/15	- podložni beton.

Armatura:

- rebrasta armatura: S 500,
- zaščitna plast betona: 5 cm.

Armatura pilotov:

- Palice sistema Gewi (ali primerljiv proizvod) premera 43 mm, S 670/800, dvojna korozijska zaščita, glava pilota za natezno in upogibno obremenitev.

Karakteristike zasipov:

- Tamponski drobljenec TD 0/22,
- $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$; $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,0$; zgoščenost $\geq 98 \%$.

Asfaltne plasti:

- Nosilna plast v debelini 5 cm: AC 16 base 70/100 A4,
- Obrabno zaporna plast v debelini 3 cm: AC 8 surf 70/100 A4.

11.0 TEHNOLOGIJA GRADNJE

11.1 Pripravljalna dela

- 1.) Sanacija dostopne makadamske ceste v dolžini 200 m, ki omogoča dostop do objektov nad obravnavano lokacijo z zgornje strani (sanacija udarnih jam, večjih neravnin ipd.).
- 2.) Pritrditev merilnih stekelc oz. kontrolnih plomb iz polimernocementne malte preko razpok na obstoječih zalednih kamnitih zidovih za evidentiranje morebitnih dodatnih poškodb.
- 3.) Začasna presaditev rastlin v zaledju opornega zidu z ustrezno zaščito za ponovno saditev po končanih delih.
- 4.) Demontaža obstoječe mrežne ograje in ustrezna zaščita za ponovno montažo.
- 5.) Priprava delovnega platoja za izvedbo mikropilotov. Zgornje plasti – travnato rušo s humusom in plodno zemljo se odrine v debelini 20 – 30 cm na začasno deponijo in zaščiti za ponovno vgradnjo po končanih delih. Izvajalec si pripravi stojišča gosenic.
- 6.) Zagotovi se varen dvig stroja za pilotiranje na delovni plato v zaledju obstoječega opornega zidu.
- 7.) Točno se zakoliči TK vod, ki prečka obstoječi zid in po potrebi korigira konstrukcijo (lokacija poševnega pilota, lokalno opustitev temelja ipd.).
- 8.) Okolica gradbišča, predvsem objekti v neposredni bližini, se zaščiti pred udarci kamnitih delov zidu (morebitno odpadanje, rušitvena dela). V ta namen se postavi ograjo višine 2,5 m z enojnim palvis pletivom, sidrano z zalednimi jeklenimi vrvmi, in z debelino žice vsaj 2,7 mm.
- 9.) Izvajalec pripravi elaborat ureditve gradbišča in tehnološki elaborat, ki ga potrdi investitor, nadzor in projektant. Pri tem se upošteva predvsem:
 - Predvideti lažja in manjša transportna sredstva zaradi omejenega dostopa (širina Lončarske steze 2,9 m).
 - Čimlažja gradbena mehanizacija na platoju za obstoječim opornim zidom.
 - Mehanizacija, ki ni v uporabi, se umakne s platoja ali postavi čimbolj v zaledje zidu.

11.2 Izvedba nove oporne konstrukcije

I. Izvedba mikropilotne stene

- I.1 Izdelava mikropilotov dolžine 9 m, ki se izvajajo v vsaj dveh fazah – najprej vsak drugi vertikalni pilot, nato še vmesne vertikalne in poševne pilote.
- I.2 Izvedba izkopa za AB vezno gredo. Odstranitev zgornjega dela obstoječega zidu v višini 0,5 – 1,0 m.
- I.3 Odstranitev slabega betona pilotov – zgornji del v višini cca. 30 – 50 cm.
- I.4 Meritve zveznosti na polovici pilotov.

- I.5 Izvedba podložnega betona, polaganje armature, izdelava dilatacij in betoniranje AB vezne grede z robnim vencem.
- I.6 Izvedba zasipa za AB gredo z izkopnim materialom.

II. Izvedba vidne strani konstrukcije – se izvaja po kampadah dolžine 5 – 6 m (dolžina posamezne kampade temelja)

- II.1 Odstranitev obstoječega kamnitega zidu pred pilotno steno, delno ročno, delno z uporabo lažje mehanizacije. Ohrani naj se kompaktne kose za ponovno vgradnjo.
- II.2 Rezanje asfalta.
- II.3 Izkop do kote dna temelja za kamnito oblogo.
- II.4 Čiščenje odkopane površine AB pilotov z vodnim curkom.
- II.5 Uvrtavanje sider za pritrditev armaturnih mrež.
- II.6 Izvedba izvrtin za izcednice na lokacijah poševnih mikropilotov in vgradnja izcednic premera 100 mm.
- II.7 Postavitev armaturnih mrež in sider za kamnito oblogo, izvedba brizganega betona.
- II.8 Izvedba AB temelja.
- II.9 Izvedba kamnite pozidave do AB robnega venca. Delno se bodo lahko uporabili bolj kompaktni kosi kamnitih blokov porušenega zidu. Na vidni strani se obloga poravna s sprednjim robom robnega venca. Fuge se zapolni s cementno malto.
- II.10 Posebna pozornost se nameni navezavi na obstoječe stanje na obeh robovih – na zgornjem robu navezava na obstoječi betonski zid, na spodnjem robu natančna izvedba z vgradnjo nastavka za vrtna vrata. Vse mere in navezave se preveri in prilagodi na mestu.
- II.11 Vgradnja tamponske plasti z ustreznim komprimiranjem.
- II.12 Ročna vgradnja asfaltnih plasti.

Dela se izvaja v suhem vremenu.

Ob izvedbi naj se zagotovi strokovni geomehanski nadzor.

V kolikor se ugotovi bistvena odstopanja od pričakovanih razmer in poteka del, se določi dodatne ukrepe oziroma korigira in dopolni predpisane ukrepe.

11.3 Zaključna dela

Povrnitev vseh tangiranih površin v obstoječe stanje:

- vgradnja plodne zemljine in humusa na platoju v zaledju zidu z zatravitvijo,
- ponovna posaditev začasno odstranjenih rastlin,
- oblaganje površin na vhodu na zasebno parcelo s tlakovci,
- ponovna montaža mrežne ograje na AB gredo.

12. STATIČNI RAČUN

Statični račun pilotne stene je izveden s programom Plaxis 8.0 (metoda končnih elementov) po projektnem pristopu 1 (SIST EN 1997-1), ki zahteva izračun z dvema kombinacijama varnostnih faktorjev. Dimenzioniranje betonskih prerezov je izvedeno po EC2.

Pri dimenzioniranju pilotov so upoštevane karakteristike za jeklene palice Gewi Plus. V primeru uporabe drugačnega proizvoda je potrebno ponovno preveriti nosilnost.

13. ZAKLJUČEK

Za vse postopke, opremo, materiale in detajle, ki niso posebej navedeni, veljajo splošni in posebni pogoji investitorja ter ostale priznane tehnične norme, predpisi in standardi. Izvajalec mora za uporabljene materiale pridobiti izjave o skladnosti.

Izvajalec mora s svojo organizacijo del zagotoviti varnost pri delu (obdelati v elaboratu varstva pri delu) ter voditi vso s predpisi in tenderjem zahtevano tehnično dokumentacijo.

Izvajalec pred pričetkom gradnje izdela elaborat ureditve gradbišča in tehnološki elaborat, ki ga potrdi nadzor, investitor in projektant.

Potrebno je dosledno upoštevati navodila v projektu in nadzora na terenu. O vsaki spremembi ali odstopanju dejanskih razmer od predvidenih je potrebno obvestiti projektanta in geomehanika.

Odgovorni projektant:

Lara Humar, dipl.inž.grad.

Ljubljana, april 2015