

VAŽNOST GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA I IZBORA PARAMETARA, ULOGA NADZORNOG INŽENJERA PRI POJAVI KLIZIŠTA

Željko Lebo

Tehničko veleučilište u Zagrebu

Sažetak

Građenje na kosinama uvijek donosi opasnost od nestabilnosti. Klizišta se javljaju najčešće nakon perioda jakih kiša ili topljenja snijega, ali i tijekom građenja koje se u pravilu događa tako brzo da se uglavnom biraju manji faktori sigurnosti. Da bi se izbjeglo klizanje, ili da se minimizira vjerojatnost klizanja, pažljivi geotehnički istražni radovi u suradnji s geolozima su ključni. Međutim, zbog nepoznate i duge povijesti i krajnje varijabilnosti tla, izbor geotehničkog modela i odgovarajućih parametara je vrlo delikatni zadatak – posebno u sukobu s insistiranjem na minimiziranju troškova. Projektanti – pod pritiskom investitora da smanje sve troškove – ozbiljno su izazvani da biraju parametre tla optimistično što može voditi do bitno većih konačnih troškova. Prikazuje se slučaj zaštite građevne jame zgrade tlocrta 5860m² koju je trebalo usjeći u padinu za 6,7 do 23,5 m dubine. Tijekom građenja, iznenadno aktiviranje klizišta uzrokovalo je podizanje dna građevne jame, pucanje naglavne grede zaštitne konstrukcije, te štete na okolnim kućama. U takvoj situaciji nadzorni inženjer je odmah poduzeo mjere sanacije uz hitno zatrpavanje građevne jame i zaustavljanje svih ostalih radova na gradilištu. Predložio je dodatne geotehničke istražne radove, te zatražio valorizaciju postojećih projektnih rješenja i analizu stabilnosti s novim rezultatima istraživanja uz novo rješenje potporne konstrukcije.

Ključne riječi: *građenje na kosini, klizište, geotehnički istražni radovi, nadzorni inženjer*

Abstract

Construction works on the slopes always bring some risk of slope instability. Slope failures are the most often after periods of heavy rain or snow melting, but also in periods of construction which are rather short and therefore for which lower margins of safety are usually chosen. To avoid

landslides, or to minimize the chances of initiating one, careful geotechnical investigation and cooperation with geologists is crucial. However, due to unknown and long history and extreme variability of the ground, the choice of geotechnical model and corresponding parameters is a very delicate task – especially when confronted with insisting on minimizing the costs. Designers – under the pressure of investors to cut all the costs – are heavily tempted to choose soil parameters optimistically which may lead to significantly higher costs in the end.

A case history is presented where a 5830 m² building was to be cut into slope on the North of Zagreb for 6,7 to 23,5 m deep, on an ancient landslide. During construction, a sudden landslide activation caused pit bottom to raise, retaining structure to break, and surrounding houses to start sliding. Supervising engineer immediately ordered urgent compacting of the excavated material back to the excavation and suspension of all other activities, and asked for additional geotechnical investigation and valorization of the existing design, with stability analysis based on new investigation results, as well as new solution for the retaining construction.

Key words: *construction works on slope, landslide, geotechnical investigation, supervising engineer*

1. UVOD

Građenje na kosinama često je vezano za opasnost od nestabilnosti koje investitori teško prepoznaju, tako da pritisak za smanjivanjem troškova može voditi do konačnog povećanja troškova [1]. U radu se prikazuje aktiviranje prepoznatog umirenog klizišta nastalo tijekom izvedbe vrlo duboke građevne jame na nagnutom terenu na sjeveru Zagreba, nastalo zbog štednje, a s rezultatom privremenog zaustavljanja građenja, potrebe za novim istražnim radovima i novim projektnim rješenjem.

Jeftinije rješenje ponovo se pokazalo skupljim. U ljeto 2011. godine u Zagrebu, na prostoru između ulice Dunjevac i Sokolovac na k.č.br. 1512/1 k.o. Črnomerac (padina sjevero istočno od bolnice Sveti Duh), započela je izvedba građevne jame za stambeno poslovnu građevinu veličine 5830 m² s podzemnom garažom uz ukopavanje i zasjecanje terena u padinu s denivelacijama od 6.70 do 23.50 m. U ranoj fazi izvedbe zaštitne konstrukcije građevinske jame došlo je do aktiviranja klizišta i izravne ugroženosti stabilnosti obiteljskih kuća. U radu se opisuje proces postupanja stručnog nadzora u izvanrednim situacijama s posebnim naglaskom na poduzimanje hitnih mjera za sprečavanje širenja aktiviranog klizišta. Jedan od najvećih izazova nakon aktiviranja klizišta bila je ocjena razine stabilnosti klizišta, te ugroženosti susjednih objekata koji su već zahvaćeni klizanjem. Stoga je bilo potrebno poduzeti hitne mjere privremene sanacije s ciljem zaustavljanja proširenja klizišta, provesti nova opsežnija geotehnička i geološka istraživanja, zatim analizirati rezultate te izraditi projekt trajne sanacije klizišta i ojačanja zaštitne konstrukcije građevne jame na dijelu gdje još nije došlo do klizanja tla. Posebna pažnja poklonjena je provedbi stručnog nadzora nad izvedbom geotehničkih radova u pogledu kontrole kvalitete, provedbi hitnih mjera, praćenju pomaka, ažuriranju i interpretaciji

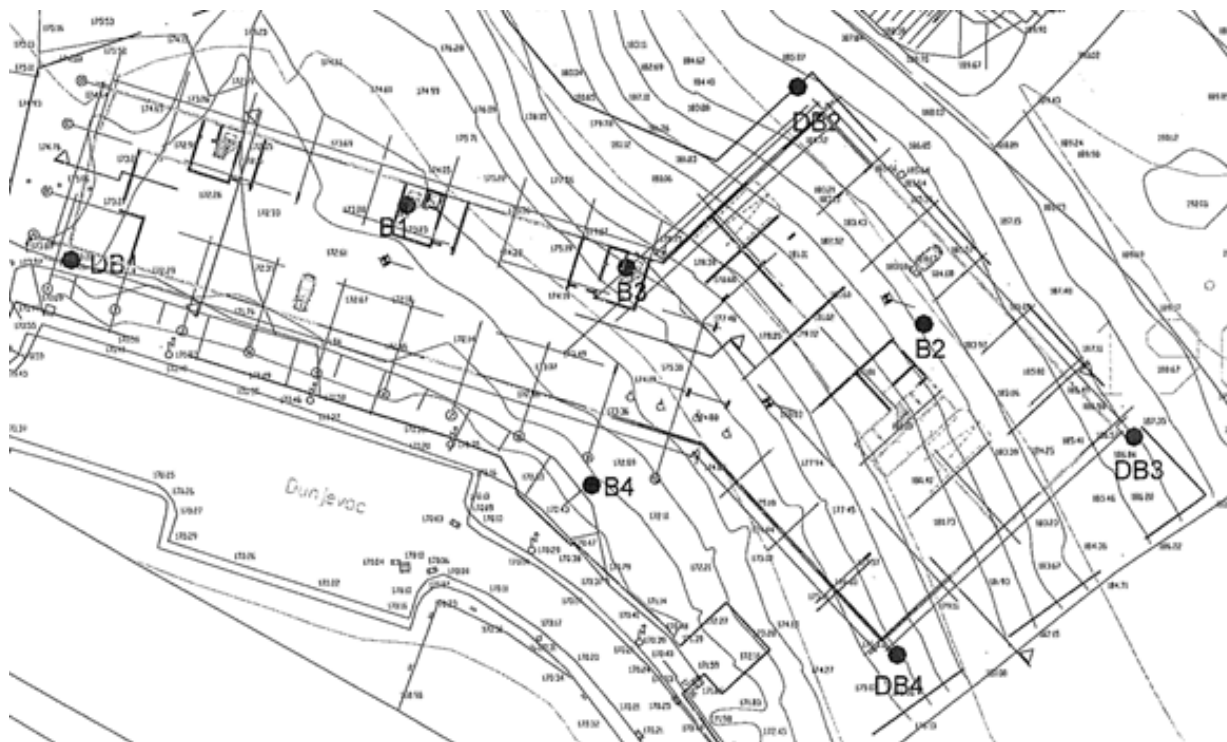
rezultata mjerenja u tako složenim uvjetima izvedbe.



Slika 1. Položaj SPG Dunjevac i SG Sokolovac iznad bolnice Sv. Duh u Zagrebu

2. GEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE PODLOGE LOKACIJE

Prije izrade projekta zaštite građevne jame provedena su geotehnička istraživanja kroz dva geotehnička elaborata. Prvi elaborat [2] zasnovan je na izvedbi 4 bušotine koje prikazuje Slika 1 oznakama B, i tlo je općenito okarakterizirano kao



Slika 2. Položaj bušotina (B) [2] i dodatnih bušotina (DB) [3] na predmetnoj parceli. bušotina (DB) [3] na predmetnoj parceli.

teren u padu nagiba 15° s uslojenošću od površine prema dnu bušenja; prepoznati su sljedeći slojevi: I sloj; (CI/CH) glina srednje do visoke plastičnosti, teško gnječive konzistencije, žuto smeđe boje s malo kongrecija oksida
 II sloj; (CG/CS/CM) mješavina gline, šljunka, pijeska i praha, s prisutnošću kongrecija, teško gnječive konzistencije, srednje do visoke plastičnosti
 III sloj; (CH) glina visoke plastičnosti, teško gnječive konzistencije, žutosmeđe boje
 IV sloj; (CH) glina visoke plastičnosti, polučvrste konzistencije, laporovita, sivo zelene-smeđe boje. Razina podzemne vode zabilježena je u svim bušotinama od 4.0 m do 7.20 m mjereno od površine terena.

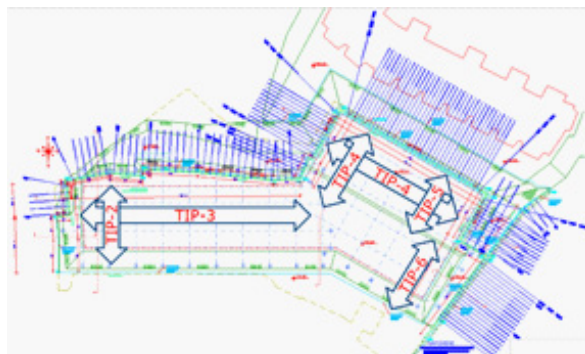
Prema geotehničkom elaboratu, tlo na lokaciji je svrstano u razred A. Temeljenje građevine je predviđeno na armiranobetonskoj ploči; nosivost tla s obzirom na slom tla pod temeljem je ocijenjena zadovoljavajućom, a slijeganja tla ispod dopuštenih granica. Analizom stabilnosti postojeće padine kao i poblizje određenim elementima padina je svrstana u kategoriju II. Uvjetno stabilne padine.

Na zahtjev projektanta zaštitne konstrukcije građevne jame, izvedeni su dodatni geotehnički istražni radovi [3] sa svrhom dopunjavanja prvog elaborata geološkim karakteristikama lokacije i mehaničkim svojstvima tla potrebnima za provjeru stabilnosti (čvrstoća i deformabilnost tla). U tu svrhu izvedene su 4 dodatne bušotine koje prikazuje Slika 2 oznakama DB, i jedan inklinometar. U drugom elaboratu su obuhvaćene geološke i hidrogeološke karakteristike lokaliteta. Tu je navedeno da je u Prostornom planu grada Zagreba iz 2001. godine lokacija buduće građevine na srednjem dijelu značajno nagnute padine cca 18° od sjeveroistoka prema jugozapadu i spada u II. kategoriju, Uvjetno stabilni tereni. Na Detaljnoj inženjerskogeološkoj karti [4] na predmetnoj lokaciji označeno je umireno klizište katastarski broj 353. Također, navedeno je da nagnutost postojećih stabala ukazuje na površinsko puzanje padine koje je izraženo na zapadu lokacije. Razina podzemne vode zabilježena je u svim bušotinama od 5.50 do 12.0 m mjereno od površine terena. Ostala mehanička svojstva tla i uslojenosti slojeva u bitnome se ne razlikuju od prvog elaborata [2].

3. KARAKTERISTIKE ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE PRIJE AKTIVIRANJA KLIZIŠTA

Za potrebe osiguranja izvedbe građevinskih radova u sigurnom predviđena je privremena zaštitna konstrukcija kao usidrena pilotska stijena, sastavljena od armiranobetonskih pilota povezanih na vrhu naglavnom armiranobetonskom gredom, te pridržanih sidrima preko vezne grede.

Zbog složenosti terena i smještaja građevine, zaštitna konstrukcija je podijeljena u 6 tipova, a svaki od tipova je imao različite geometrijske karakteristike pilotske stijene kako pokazuje Slika 3. Piloti su izvedeni postupkom bušenja i betonirani kontraktor postupkom.



Slika 3. Tipovi zaštitne konstrukcije prije aktiviranja klizišta [5]

Glavni projekt zaštite građevne jame [6] obuhvaća naponsko deformacijsku analizu kao i analizu stabilnosti obzirom na klizanje za svih šest tipova zaštite. Za analizu je korišten programski paket Plaxis (2D model konačnih elemenata), a za konstitucijski model tla je uzet nelinearni hiperbolični Hardening soil model. U svim fazama projektom je dokazana pouzdanost odabranog sustava zaštite građevne jame za odabrane geotehničke modele. Analize globalne stabilnosti građevne jame za pojedine geotehničke modela provedene su prema Phi-c redukciji (smanjenje parametara čvrstoće do otkazivanja), a ne metodom granične ravnoteže. Projektom su predviđena, a kasnije djelomično izvedena prednapeta geotehnička sidra različite nosivosti (250 do 610 kN) i duljine 9 do 23 m, a korišten je sustav Dywidag. Kod izvedbe sidara primjenjen je postupak naknadnog injektiranja („post-grouting“).

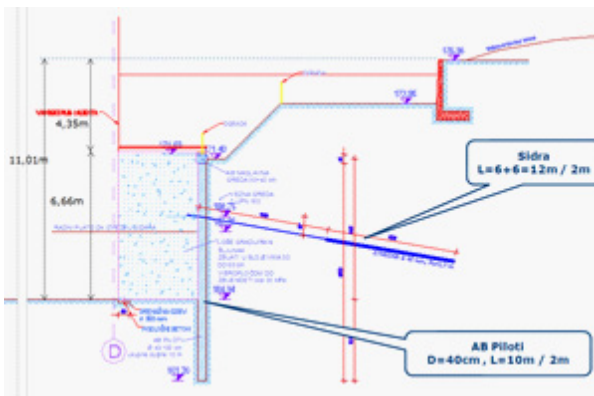
4. IZVEDENI RADOVI PRIJE AKTIVIRANJA KLIZIŠTA, POZICIJA TIP-3



Slika 4. Iskop krajem srpnja 2011. [7]

Svi radovi su izvedeni sukladno projektnoj dokumentaciji uz stručni geotehnički nadzor. Svako izvedeno sidro je tehnički ispitano i zaklinjeno na traženu vrijednost vlačne sile prema programu ispitivanja. Za svako geotehničko sidro koje nije zadovoljilo kriterije prihvatljivosti izvedeno je zamjensko sidro.

Prema terminskom planu prvi segment temeljne ploče predviđen je za izvedbu u dijelu građevne jame na potezu gdje je zaštita građevne jame TIP-3. Kako ilustrira Slika 5, zaštita TIP-3 se sastojala od pilotske stijene AB pilota promjera 40 cm i duljine 10 m, na osnom razmaku 2 m, povezanih naglavnom AB gredom 50x40 cm, utegnutih jednim redom geotehničkih sidra duljine 6+6=12 m preko čelične vezne grede. Slika 6 prikazuje iskop i zaštitnu konstrukciju TIP 3.



Slika 5. Skica rješenja zaštitne konstrukcije za TIP-3 [6]



Slika 6. Iskop i zaštitna konstrukcija TIP-3 [7]



Slika 7. Iskop i zaštitna konstrukcija početkom kolovoza 2011. [7]

5. AKTIVIRANJE KLIZIŠTA

Nakon perioda duge suše od oko mjesec dana bez oborina i s iznimno velikim vrućinama, dana 25.08.2011. godine u popodnevним satima na dijelu gdje je upravo dovršen iskop tla do projektirane dubine (cca -6.70 m od naglavnice), na zapadnoj strani građevinske jame, došlo je do pojave izdizanja tla u jami kako pokazuje Slika 8, te do velikih deformacija i puknuća naglavne grede pilotske stijene kako pokazuje Slika 9. Drobljenje

naglavne grede 25.08.2011. [7]U tom trenutku drugi dijelovi građevne jame nisu bili zahvaćeni klizanjem.



Slika 8. Pojava klizne plohe u dnu građevne jame 25.08.2011. [7]



Slika 9. Drobljenje naglavne grede 25.08.2011. [7]



Slika 10. Drobljenje AB naglavne grede. [7]



Slika 11. Širenje klizne plohe. [7]



Slika 12. Širenje klizne plohe. [7]

6. AKTIVNOSTI PO UPUTAMA NADZORNOG INŽENJERA NAKON AKTIVIRANJA KLIZIŠTA

Po zatečenoj situaciji nadzorni inženjer je naredio aktivnosti hitnog zatrpavanja građevne jame kako pokazuje i Slika 13, te mjerenje na sustavu opažanja pomaka, i markiranje pukotina improviziranim markerima (cementnom glazurom po gredi, mjernim letvama na tlu i slično).



Slika 13. Hitna mjera, zatrpavanje građevinske jame 26.08.2011 [7]

Zatrpavanje građevne jame potrajalo je do duboko u noć što je usporilo klizanje tla, ali ga nije zaustavilo. Klizanje terena se sutradan proširilo na susjednu parcelu do obiteljskih kuća u ulici Sokolovac udaljenim cca 45-50 m od zaštitne konstrukcije. Također sutradan su uočene velike pukotine u tlu susjedne parcele (širine i preko 20 cm). Klizanje tla je prouzročilo i određene štete na obiteljskim kućama (Slika 14).



Slika 14. Velika oštećenja zidova na obiteljskoj kući u ulici Sokolovac [7]

Sukladno zatečenoj situaciji nadzorni inženjer je postupio s uvođenjem sljedećih hitnih mjera na gradilištu:

1. Naredio je obustavu svih aktivnosti na gradilištu osim trenutnih hitnih mjera sanacije.
2. Obavijestio je građevinsku inpekciju i projektanta o nastaloj situaciji.
3. Dao je procjenu ugroženosti gradilišta i okoliše na temelju iskustva i rezultata mjerenja na sustavima opažanja (geodetskih repera i inklinometara).
4. Zahtijevao je dalje zatrpavanje građevne jame zemljanim materijalom uz slojevito zbijanje do kote prirodnog terena prije iskapanja.
5. Predložio je investitoru i projektantu hitno izvođenje dodatnih istražnih radova sa sukcesivnim dostavljanjem rezultata ispitivanja uz uvođenje dodatnog sustava opažanja s mjerenjem pomaka klizišta.
6. Predložio je hitnu izradu i provedbu tzv. Tehničkog rješenja za sprečavanje nastajanja šteta na susjednim objektima u ulici Sokolovac, ne čekajući izradu projekta sanacije cijelog klizišta.
7. Zatražio je provedbu stručne valorizacije postojećih projektnih rješenja za ostali dio

građevne jame (povjereno Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu),

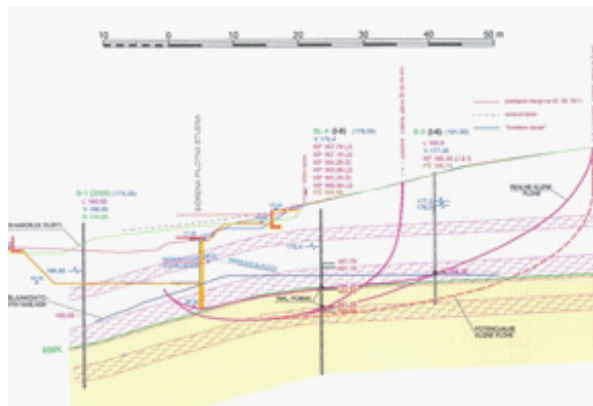
8. Predložio je investitoru da se angažiraju iskusni konzultanati radi iznalaženja tehničkog rješenja sanacije cijelog klizišta.
9. Predložio je da se hitno izradi Glavni i izvedbeni projekt sanacije klizišta uz ishოდovanje potvrde izmjene i dopune na glavni projekt.

U koordinaciji s građevinskom inspekcijom donešena je odluka o privremenom zatvaranju gradilišta u periodu od 07.10. do 06.12.2011., ali uz dovršetak hitnih mjera dok se ne izradi projekt sanacije klizišta i ojačanja zaštitne konstrukcije za cijelo gradilište.

Za cijelo vrijeme sanacije obavljan je pojačani monitoring klizišta. Zbog ozbiljnosti situacije i nepredvidivosti ponašanja klizišta u jednom trenutku sustav monitoringa se sastojao od 11 inklinometara, 4 dinamometra, 3 piezometara i 25 geodetskih repera

7. DODATNA GEOLOŠKA I GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe izrade projekta sanacije aktiviranog klizišta izvedena su dodatna geotehnička i geološka istraživanja [8]. U tu svrhu je izvedeno 6 novih bušotina do dubine 25-30 m, instalirano je 5 novih inklinometara i 3 piezometra, te obrađeno oko 300 uzoraka tla. Dodatni istražni radovi su izvedeni prema programu nastalom na bazi zaključaka konzultanata i projektanta uz suglasnost investitora. Dodatnim istraživanjima, naročito geološkim evidentiraju se 3 sloja glinovitog tla koja RNK metodom [9] ukazuju na smanjene parametre posmične čvrstoće tla na većim dubinama (Slika 15)



Slika 15. Inženjerskogeološki model klizišta, TIP-3 [8]

8. DODATNA PROVJERA POSTOJEĆIH PROJEKTNIH RJEŠENJA

Dodatna provjera, odnosno valorizacija postojećeg Glavnog i izvedbenog projekta zaštite građevne jame povjerena je Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, koji u svom nalazu i stručnom mišljenju vještaka [10] navodi da je neposredni uzrok klizanja neodgovarajuća zaštita iskopa kao posljedica:

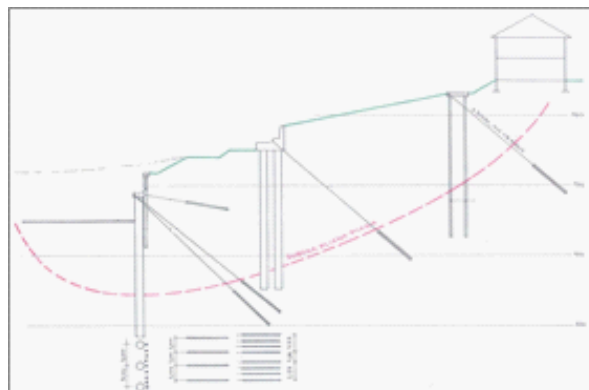
1. nesagledavanja geoloških i geotehničkih uvjeta u tlu na primjeren način i
2. izbor tehničkog rješenja zaštite iskopa neprimjerenih potencijalnom riziku

U zapažanjima valorizacije stoji da proračunski modeli nisu jasno povezani s geotehničkim istraživanjima, odnosno nedostaju obrazloženja modela i proračunskih veličina. Za koherentne materijale koji su doživjeli klizanje, tj. velike deformacije, ne mogu se primjenjivati vršni kutovi trenja, a koheziju treba uzeti samo ako za to ima indikacija. Faktori sigurnosti na proračunski pasivni slom u nožici iskopa su vrlo niski (1.2 do 1.3 za sve proračunske presjeke) što upućuje na područje većih pomaka tla kako se i vidi iz slika pomaka pilotske stijene koja se uglavnom pomiče translatorno po cijeloj visini zajedno sa sidrima., a u nekim presjecima se donji dio pilota izmiče prema jami (čije dno se osjetno izdiže). Ovi rezultati ukazuju da nije izabrana dovoljna dubina pilota.

9. IZRADA PROJEKTA SANACIJE KLIZIŠTA I OJAČANJA ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE GRAĐEVNE JAME

Analizirajući aktivirano klizište ocjenjeno je [11] da bi pridržajna sila na glavnoj potpornoj konstrukciji zaštitne građevne jame mogla biti veća od sile pasivnog otpora prema padini, zbog čega bi moglo doći do pasivnog sloma tla („prelijevanja“ tla preko zaštitne konstrukcije). Zbog toga se odlučilo aktivirano klizište presjeći međukonstrukcijom između lokalne potporne konstrukcije neposredno ispod kuća na Sokolovcu i glavne potporne konstrukcije građevne jame kako pokazuje Slika 16 [11]. Međukonstrukcija se sastojala od dva odvojena potpornja, a svaki je izveden sa 5 bušenih AB pilota promjera 1.20 m i duljine 20 m, povezanih masivnom AB naglavnom pločom usidrenom sa 6 geotehničkih sidara duljine 27 m i utegnutih silom od 400 kN.

Glavna potporna konstrukcija sanacije se sastojala od bušenih AB pilota promjera 1.20 m, duljine 20 m na osnovnom razmaku od 3 m, povezanih naglavnom gredom 140x70 cm usidrenom sidrima duljine 20+7=27 m na razmaku od 90-130 cm, utegnutih silom od 400 i 420 kN.



Slika 16. Rješenje sanacije klizišta Dunjevac za TIP-3 [11]

10. PROJEKT OJAČANJA KONSTRUKCIJE ZAŠTITE GRAĐEVNE JAME

Analizama rezultata dodatnih istraživanja, te izborom novih parametara čvrstoće i geometrije slojeva došlo se do spoznaje da su potrebna značajna pojačanja postojeće potporne konstrukcije. Stoga je projektant odlučio korigirati postojeća projektna rješenja za sva ostala rješenja zaštite (TIP-4, 5 i 6), pa je izrađen Projekt ojačanja konstrukcije za zaštitu građevne jame gdje nije došlo do klizanja tla [12] [13].



Slika 17. Izvedba nove zaštitne konstrukcije krajem ožujka 2012. [7]

Svi geotehnički radovi su uspješno dovršeni u ljeto 2012. godine, a stambeno poslovna građevina Dunjevac dovršena je 2013. god.



Slika 18. Zaštitna konstrukcija i izvedba temeljne ploče krajem svibnja 2012 [7]

11. ZAKLJUČAK

Parametri posmične čvrstoće (kohezija i kut unutarnjeg trenja) ispitivani su u više navrata i u raznim institucijama (laboratorijima). Prva serija pokusa provedena je u Geoekspertu godine 2008. [2] iz čijih rezultata se može iščitati pad posmične čvrstoće na dubini između +160.00 i +163.00 mm. Također kut trenja u gornjem dijelu tla (iznad +170.00 mm) je veći od 20°, dok je kut trenja na većoj dubini između 10° i 15°. Prema dodatnim istraživanjima iz korelativnih odnosa između indeksa plastičnosti i kuteva unutarnjeg trenja uočava se da vrijednosti kuteva trenja variraju između 8° i 26°. Vrijednosti indeksa plastičnosti IP variraju između 19 i 50 %. Uočavaju se slojevi visokog indeksa plastičnosti, odnosno slojevi niske vrijednosti kuta trenja za profile tla na mjestu aktiviranog klizišta i na mjestu najveće denivelacije (TIP-4) između gornjeg objekta Sokolovac i donjeg objekta SPG Dunjevac. [8]

Treba naglasiti da za izbor parametara čvrstoće u tlu iste klasifikacijske oznake (ovdje CH) i nepravilnom izmjenom vrijednosti granica tečenja (a time i indeksa plastičnosti) ne postoji pouzdan postupak odabira „reprezentativnih“ vrijednosti. U dosta širokom spektru vrijednosti odabire se ona za koju projektant vjeruje da je stupanj sigurnosti zadovoljen i da se troškovi izvedbe mogu na racionalan način opravdati. Dakle proračunom se dokazuje sigurnost, a proračunski parametri se

odabiru ispitivanjima, korelacijama i iskustvom. U glavnom projektu zaštite građevne jame kod iznalaženja sustava zaštitne konstrukcije građevne jame nije analizirana mogućnost postojanja bilo kakvih dubljih ili plićih kliznih ploha (navodi se samo površinsko puzanje padine), premda je u geotehničkim elaboratima navedena spoznaja da se radi o „starom umirenom klizištu“. No, klizište Dunjevac se aktiviralo s dubokom kliznom plohom i to u periodu bez padalina s dugim sušama i velikim vrućinama.

Projektne parametri s kojima se ušlo u geostatičke modele glavnog projekta zaštite građevne jame su podcijenjeni (uzimane su uglavnom veće vrijednosti parametara otpornosti), što je dovelo do ekonomski prihvatljivog, ali tehnički nesigurnog rješenja. Takvim pristupom došlo je do aktiviranja klizišta na zapadnom dijelu građevne jame dok je na ostalom dijelu stvarna (ne)sigurnost ostala nedokazana jer su radovi po starom projektu obustavljeni.

Dodatnim analizama i izborom novih parametara čvrstoće i geometrije slojeva došlo se do spoznaje da su potrebna značajna pojačanja potporne konstrukcije (promjene u promjeru i dubini pilota te duljini geotehničkih sidara). Stoga je odlučeno korigirati postojeća projektne rješenja i na dijelovima jame gdje nije došlo do klizanja tla. Izbor proračunskih parametara kod sanacije klizišta i ojačanja konstrukcije je vrlo pažljivo analiziran (s geotehničkog i geološkog aspekta) kao i stupanj rizika u želji da se postignu dva cilja:

1. sigurnost u pogledu mehaničke otpornosti i stabilnosti zaštitne konstrukcije
2. dokazati investitoru da su financijski troškovi sanacije i ojačanja minimizirani do granice racionalnog stupnja radne i trajne sigurnosti i ekonomske opravdanosti

12. LITERATURA

- [1] Ž. Sokolić, »Klizišta - mogućnost smanjenja šteta,« Polytechnic & Design, svez. 1, br. 1, pp. 49-56, 2013.
- [2] Geoekspert, »SO Dunjevac, Zagreb, Geotehnički elaborat: GT-08-10-02,« Zagreb, 2008 (10).
- [3] Prizma, SPG Dunjevac, Geotehnički elaborat TD-102/08, Zagreb, 2009 (03).
- [4] HGIG, »Detaljna inženjerskegeološka karta Zg-33 „Podsljemenske urban-

- izirane zone“,« Zagreb, 2007.
- [5] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt zaštite građevne jame, Izvedbeni projekt: TD-14/11, Zagreb, 2011 (04).
- [6] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt zaštite građevne jame, Glavni projekt: TD-103/08, Zagreb, 2009 (9).
- [7] Ž. Lebo, Arhiva nadzornog inženjera za geotehničke radove – fotodokumentacija, atesti, izvješća i druga tehnička dokumentacija, Zagreb, 2012.
- [8] RNK-GeoMod, Završni inženjerskogeološki elaborat s inženjerskogeološkim (geotehničkim) modelom padine i prijedlogom daljnjih mjera“, Elaborat br. E-206-2011, Zagreb, 2011 (11).
- [9] Ž. Ortolan, Formiranje prostornog inženjerskogeološkog modela dubokog klizišta s više kliznih ploha, Doktorska dizertacija, Zagreb, 1996.
- [10] T. Ivšić, Nalaz i mišljenje građevinskog vještaka, Klizište između ulica Dunjevac i Sokolovac u Zagrebu: PB 42-R1-882/11, 2011 (12).
- [11] F. Verić, »Ocjena uzroka klizanja i uspješnosti sanacijskih radova na stabilizaciji terena, SPG Dunjevac u Zagrebu, Stručno mišljenje,« Zagreb, 2012 (12).
- [12] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt ojačanja konstrukcije za zaštitu građevne jame, Glavni projekt: TD-46/11, Zagreb, 2011 (12).
- [13] Ž. Lebo i F. Verić, »Sanacija klizišta „Dunjevac“ u Zagrebu,« u Sanacija, tehničko praćenje i održavanje u geotehnici, 6. savjetovanje Hrvatskog geotehničkog društva, Zadar, 2013.
- [14] Geoplan, Završno izvješće nadzornog inženjera za geotehničke radove, Zagreb, 2012 (12).
- [15] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt sanacije klizišta, Glavni projekt: TD-32/11, Zagreb, 2011 (11).
- [16] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt sanacije klizišta, Izvedbeni projekt: TD-44/11, Zagreb, 2011 (11).
- [17] Prizma, SPG Dunjevac, Projekt ojačanja konstrukcije za zaštitu građevne jame, Izvedbeni projekt: TD-47/11, Zagreb, 2011 (12).
- [18] A. Skempton, »Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory,« Geotechnique, svez. 35, br. 1, pp. 3-18, 1985.
- [19] IGH, »Pisana izjava izvođača o radovima na sustavu opažanja za SPG Dunjevac,« Zagreb, 2012 (12).

AUTOR



Mr.sc. Željko Lebo, dipl.ing. građ. diplomirao je i magistrirao na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ovlašteni inženjer s iskustvom voditelja gradilišta, projektanta, konzaltinga i stručnog nadzora nad građenjem na nizu kapitalnih objekata u zemlji i inozemstvu, ali i laboratorija. Posebno se bavi projektiranjem i geotehničkim nadzorom kod zaštite građevnih jama, AB dijafragmi, pilota, mlaznog injektiranja, čeličnog žmurja, poboljšanja tla, sanacije klizišta. Član je Tehničkog odbora TO-221 u Hrvatskom zavodu za norme. U nastavi je radio na Građevinskom fakultetu u Zagrebu i Osijeku. Viši je predavač na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu gdje radi na više geotehničkih predmeta, a nositelj predmeta Geotehnologija i sunositelj predmeta Tuneli.