

ZAŠTITA DUBOKE GRAĐEVINSKE JAME U SLOŽENIM UVJETIMA URBANE SREDINE

Orešković M.¹, Ivandić K.², Lebo Ž.³

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin, Hrvatska

³Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

Sažetak: U radu je prikazan proces projektiranja i izvedbe duboke građevinske jame u složenim uvjetima urbane sredine. Zahvat je bio složen, jer je trebalo raditi u suhom, šljunkovitom tlu s kotom iskopa ispod razine podzemne vode, a sve u neposrednoj blizini susjednih, plitko temeljenih objekata. Prikazan je i tijek izvedbe zaštitne konstrukcije. Uz stečena iskustva, zaključeno je kako zaštititi duboke građevinske jame u određenim okolnostima.

Ključne riječi: duboke građevinske jame, geotehnička sidra, stupovi od mlazno injektiranog tla, vodo-propusnost, ispitivanje nosivosti, potporne konstrukcije

Abstract: The paper gives an overview of design and performance processes of deep construction pit in difficult conditions in urban areas. The complexity of the entire procedure is determined by the fact that it was necessary to ensure the dry work in the gravel soil with elevation of the excavation below the groundwater level, all in close adjacent, shallow-based facilities. The performance of protective structures during constructions is shown, with emphasis on the perceived problems and ways of their solving. Taking into consideration accumulated experience, the solution of the task of protecting the deep construction pit in specific circumstances is provided..

Key words: deep construction pit, geotechnical anchors, jet grouting columns, water permeability, bearing capacity testing, retaining structures

1. UVOD

Na varaždinskoj lokaciji, uz Zagrebačku i Supilovu ulicu tijekom 2007. i 2008. godine napravljena je privremena zaštita građevinske jame za Poslovnu građevinu Dilatacija "I". Spomenuti objekt je planiran s dvije podzemne etaže, dubine iskopa oko 8.5 metara.

Privremena konstrukcija zaštite građevinske jame imala je sljedeće fazame izvedbe:

1. stabilnost vertikalnog iskopa,
2. stvaranje vodonepropusne zaštitne barijere za rad u suhom,
3. ograničavanje pomaka zaštitne konstrukcije i susjednih objekata na prihvatljivu mjeru,
4. gospodarski kriterij izabranog rješenja,

S obzirom na to da je planirana dubina iskopa ispod razine podzemne vode u šljunkovitom, krupnozrnatom materijalu velike vodopropusnosti i s obzirom na blizinu objekata po cijelom tlocrtu građevinske jame, izvedba zaštitne konstrukcije bila je složen geotehnički zahvat.

Rad obuhvaća i okolnosti u kojima je projektirana i izvedena privremena zaštita građevinske jame. Spominju se iskustva dobivena tijekom izvedbe, a predlažu se i postupci za buduće lične zahvate.

Slika 1. prikazuje kopanje građevinske jame kako bi se napravila naglavna greda prvog reda sidara. Po cijelom tlocrtu građevinske jame su susjedni objekti.



Slika 1. Pogled na građevinsku jamu uz neposrednu blizinu susjednih objekata

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE RJEŠENJA

Ovo poglavlje daje uvjete u kojima je projektirano osnovno rješenje, a prikazani su i osnovni elementi potporne konstrukcije i horizontalnog vodonepropusnog čepa.

2.1. Geotehnički uvjeti

Geotehnička istraživanja na predmetnoj lokaciji proveli su u više navrata različiti nosioci geotehničkih elaborata. U ranijoj fazi istražnih radova definiran je sljedeći raspored slojeva temeljnog tla:

- nasip 0.8 – 1.1 m od humusa i građevinskog otpada
- sitni zaglinjeni šljunak GC, dubina 1.5 – 2.0 m
- šljunak s povećanim sadržajem pijeska GS na 3.1 – 4.3 m
- do 15 m čisti do prašinsti dobro graduirani šljunak GW/GM, vrlo zbijen s maksimalnim poluzaobljenim zrnom do 6 cm.

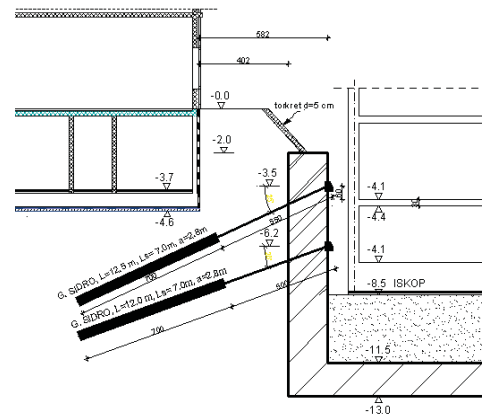
Raspored nabušenih slojeva sugerirao je da je sastav tla povoljan što se tiče upotrebe stupnjaka od mlazno injektiranog tla. Određena dvojba bila je kod količine sitnih čestica u sloju GW/GM. One bi bi eventualno mogle nepovoljno utjecati na ostvarenje projektiranih dimenzija i čvrstoće vertikalnih i stupnjaka na dijelu vodonepropusnog čepa. Geotehnički istražni radovi provedeni u kasnijim fazama ukazivali su na nezanemarivu količinu proslojaka sitnozrnatog tla po tlocrtnoj dispoziciji i po dubini građevinske jame. Rezultati istražnih radova nisu mijenjali osnovno rješenje, već su ojačali zaštitnu konstrukciju i vodonepropusni čep.

Za vrijeme terenskih radova u bušotinama je nađena podzemna voda (PPV) na 5.8 m od kote terena. Najviša razina podzemne vode je na 167.27 m n.m. i varirala je, prema elaboratu, oko 1m u promatranom razdoblju od 22 mjeseca.

2.2. Potporna konstrukcija

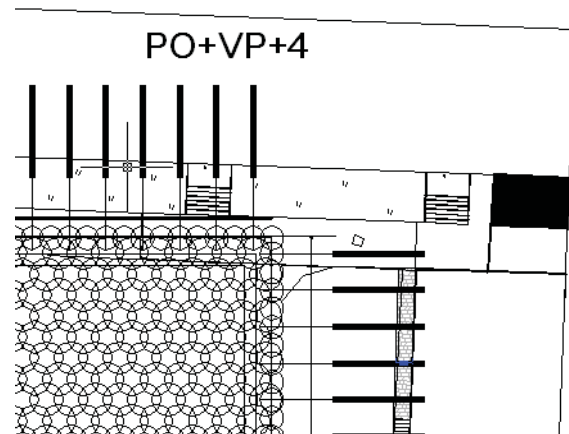
Vertikalna zaštita građevinske jame zamišljena je upotrebom mlazno injektiranih stupnjaka promjera $d = 1.8$ m, s preklapanjem od $r_p = 0.4$ m i dužinom $l = 11$ m. Spomenuti je sustav ojačan s dva reda geotehničkih sidara velike nosivosti povezanih s naglavnom gredom u oba reda. Sidra su u horizontalnom smjeru na razmaku $a = 2.8$ m. Gornje sidro $l_u = l_{sl} + l_{sid} = 5.5 + 7.0 = 12.5$ m, pod kutem $\alpha = 25^\circ$, dok u donjem redu $l_u = l_{sl} + l_{sid} = 5.0 + 7.0 = 12.0$ m, pod kutem u odnosu na horizontalu

$\alpha = 20^\circ$. Slika 2. prikazuje presjek potporne konstrukcije s vodonepropusnim čepom.



Slika 2. Presjek potporne konstrukcije
Veličina preklapanja od $r_p = 0.4$ m definirana je dopuštenom tolerancijom izvedbe stupnjaka od 2.0 %. Za dužinu stupnjaka od 11 m, dopuštena greška je 0.22 cm, što daje dodatnih 18 cm osiguranja preklapanja.

Na slici 3. je tlocrtni prikaz jednog segmenta potporne konstrukcije. Vidljive su dimenzije stupnjaka te veličina njihova preklapanja na dijelu potporne konstrukcije i vodonepropusnog čepa.



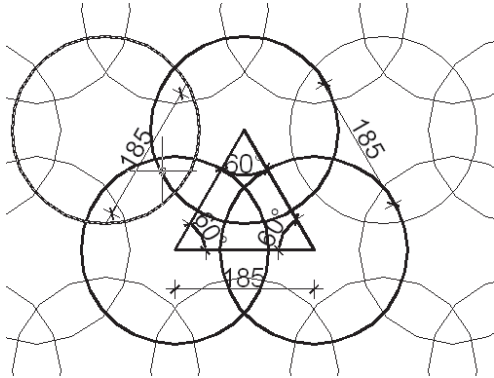
Slika 3. Prikaz dijela tlocrta građevinske jame



Slika 4. Prikaz dijela vertikalnih stupnjaka

Slika 4. Prikazuje dio vertikalne zaštitne konstrukcije na južnoj strani kod izrade gornje naglavne grede.

2.3. Vodonepropusni čep



Slika 5. Dimenzije i tlocrtni raspored stupnjaka da dijelu vodonepropusnog čepa

Na Slici 5. Su dimenzije projektiranih stupnjaka s tlocrtnim rasporedom preklapanja, koji tvore vodonepropusni čep. Postignuta geometrija i čvrstoća stupnjaka provjerena je izvedbom pokusnih stupnjaka. Geometrijska i mehanička svojstva pokusnih stupnjaka za vodonepropusni čep kontrolirana su njihovim otkopom na površinskom dijelu, bušenjem, uzimanjem uzoraka stupnjaka te ispitivanjem tehničkih uvjeta.

3. TIJEK RADOVA

Kod iskopavanja ispod drugog reda naglavne grede, na sjevernoj strani građevinske jame došlo je do provale materijala i vode u jamu. Količina materijala bila je oko 3 m³. Na taj način razrahljeno je tlo između susjednih objekata i jame. Otvorila se kaverna, koja je predstavljala opasnost za one u blizini odrona.



Slika 6. Mjesto prodora vode nakon hitne sanacije istoga

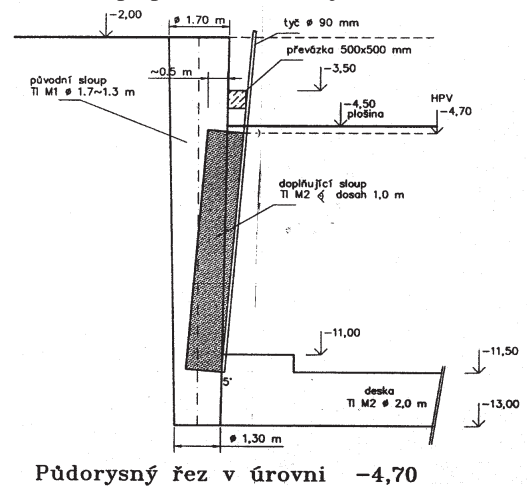
Dosizanjem konačne kote iskopa, voda je neprestano dotjecala u jamu pa se nije mogla graditi temeljna ploča. Slika 7. Prikazuje prodiranje vode u jamu.



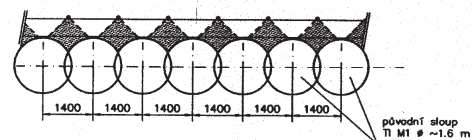
Slika 7. Dotok vode u jamu

4. KOREKCIJA OSNOVNOG RJEŠENJA

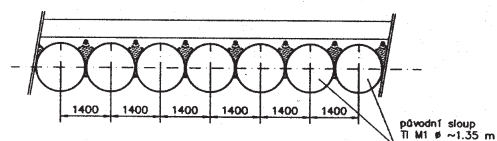
Na temelju zatečenog stanja zaključilo se da treba ojačati vertikalne stupnjake potporne konstrukcije prije svega zbog neplaniranih proboja vode i zemljanog materijala (šljunka i prašinstog šljunka). To je ostvareno novim redom stupnjaka od mlazno injektiranog tla promjera 80 cm na kontaktima starih, već postojećih stupnjaka većih promjera. Injektiranje smjese bilo je usmjereno samo u prostor između postojećih stupnjaka, ciklički rotaciono s kutem do 120 stupnjeva. U smjesu se dodavala i određena količina aditiva za bubrenje, kako bi brtvljenje bilo što efikasnije. Slika 8. prikazuje na koji način je sanirana vertikalna potporna konstrukcija.



Půdorysný řez v úrovni -4,70



Půdorysný řez v úrovni -11,50



Slika 8. Rješenje sanacije usmjerenim mlaznim injektiranjem između postojećih stupnjaka

Da bi se stupnjaci korektno napravili, trebalo je izjednačiti porne tlakove s obje strane građevinske jame. Pojavili su se hidraulički gradijenti pa se nisu mogli napraviti stupnjaci određenih geometrijskih i mehaničkih svojstava. Zato je zaustavljeno crpljenje vode (čime je jama potopljena), te je izveden nasip (berma) po obodu građevinske jame dovoljne širine za manipulaciju strojem. Nakon ojačanja vertikalne stijene od stupnjaka pristupilo se crpljenju vode i nastavku iskopavanja. Na slici 9. vidi se kontrolirano potapanje jame.



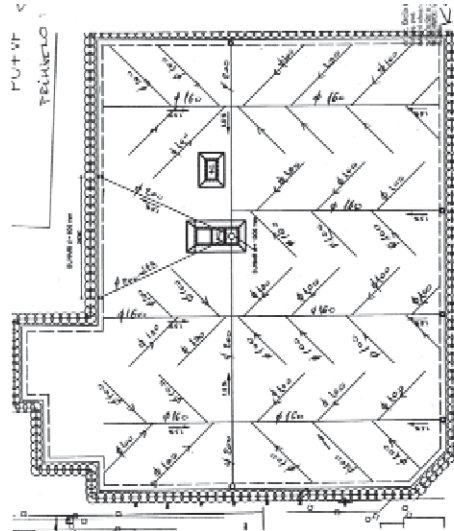
Slika 9. Kontrolirano potapanje jame

Slika 10. prikazuje izvedeni nasip uz obod građevinske jame potreban za gradnju dodatnih stupnjaka.



Slika 10. Potopljena jama prije sanacije stupnjaka

Budući da je vode bilo previše, a nije se mogla adekvatno crpiti, napravljen je gusti drenažni sustav za prikupljanje i crpljenje ove vode. Zbog manje propusnih sitnozrnih materijala (slojeva) nije bilo moguće postići stupnjake vododrživog horizontalnog čepa potrebnih volumena i čvrstoća. Problem je i u tome da nije moguć direktan uvid u izvedeni stupnjak. Svako ispitivanje postignute geometrije i kvalitete može biti samo posredno, preko odgovarajućih geofizičkih ispitivanja ili djelomično na ograničenom broju uzoraka. Na slici 11. vidi se naknadno izvedeni drenažni sustav.



Slika 11. Skica drenažnog sustava za prikupljanje i crpljenje procjedne vode

Izvedbom dodatnih stupnjaka nisu otklonjeni problemi oko vododrživosti i stabilnosti vertikalnih stupnjaka. Daljnjim iskopavanjem do konačne kote voda je i dalje povremeno prodirala. Na dijelu sjeverne strane jame, kada je izvedeno oko 4/5 temeljne ploče te veći dio zidova druge etaže, prilikom iskopavanja voda je curila istodobno na više mjesta. Ovi prodori se nisu mogli sanirati „standardnim“ metodama, odnosno umetanjem cijevi za naknadno injektiranje i brtvljenjem brzovezujućim sredstvima. Stoga se trebalo pristupiti učinkovitijem rješenju da ne dođe do potapanja jame. Jedna od varijanti bila je izvedba dodatnog reda mlaznih stupnjaka s vanjske strane jame. Problem s ovom varijantom je bio taj što bi onda trebalo ponovno potopiti jamu, a što bi drastično povećalo troškove izgradnje. Stoga je sanacija obavljena zabijanjem dodatnih mini talpi neposredno uz vertikalne stupnjake te kampadnim dobetoniravanjem i injektiranjem brzovezujućom smjesom. Radovi su bili teški, jer se količina vode za crpljenje povećavala zbog ispiranja sitnih čestica na mjestima prodora, a tlak vode povećavao se daljnjim iskopavanjem. Na slici 12. vidi se primjena mini talpi da se spriječi prodor vode i tla na sjevernoj strani jame.



Slika 12. Korištenje mini talpi radi sprečavanja prodora vode i tla

5. ZAKLJUČAK

Zamjećuje se relativno velika osjetljivost mlazno injektiranih stupnjaka većih promjera (>1 m) na točnost izvedbe i na kvalitetu ovisno o karakteristikama zatečenog tla. Stoga se predlaže upotreba stupnjaka manjih promjera u dva ili više redova. Neovisno o odabranom rješenju treba obratiti pozornost na vrsnoću izvedbe, a sve s ciljem poštivanja projektirane geometrije i mehaničkih svojstava stupnjaka. Korištenjem mlazno injektiranih stupnjaka za izvedbu vodonepropusnog čepa ne može se posve isključiti prodiranje vode. . Zato treba predvidjeti drenažu dna građevinske jame. Ako je tlo jako loše, međusobnim dogovorom treba napraviti dodatne stupnjake, a promotriti i potpurnu konstrukciju te susjedne objekte. U projektu se definiraju kriteriji dopuštenih pomaka, ali i količina vode koja se procjeđuje kroz dno i potpurnu konstrukciju. U svim situacijama treba odgovorno djelovati.

6. LITERATURA

- [1] Tehnički propis za betonske konstrukcije, NN 139/09 i NN 14/10
- [2] HRN EN 1997-1:2008, Eurokod 7, Geotehničko projektiranje – 1. dio, Opća pravila (EN 1997-1:2004)
- [3] HRN EN 1997-2:2008, Eurokod 7, Geotehničko projektiranje – 2. dio, Eurocode 7, Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla, (EN 1997-2:2007)
- [4] Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, HRN 1990., Sl. List. 15/90
- [5] Execution of special geotechnical works – Jet grouting, European Standard, EN 12716, European Committee for Standardization, 2001.