

# PRIKAZ ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME PILOTIMA MALOG PROMJERA PROTECTION OF THE EXCAVATION BY MEANS OF SMALL DIAMETER PILES

DAMIR ČORKO, mr. dipl.ing.građ, "Conex" s p.o. Zagreb  
DAVORIN LOVRENČIĆ, dipl.ing.građ, "Conex" s p.o. Zagreb

## SAŽETAK:

Piloti malog promjera (mikropiloti) mogu se koristiti za racionalno rješenje niza raznih geotehničkih problema. Posebna pogodnost je što se mogu izvoditi i priručnim tehnologijama prilagođenim konkretnom problemu, ali i tehnološkim mogućnostima izvoditelja.

U članku je prikazana izvedba zaštite građevinske jame i susjednih objekata izvedbom čeličnih mikropilota, s posebnim osvrtom na proračune takovih konstrukcija. Naša iskustva u tom smislu nisu velika, te smo primorani nekritički koristiti podatke iz literature kao i visoke faktore sigurnosti. Eventualna iskustva ostalih sudionika ovog skupa, bila bi sigurno od velike koristi za daljnje unapređenje i kvalitetnije projektiranje takovih konstrukcija.

## SUMMARY:

Small diameter piles could be used effectively in order to solve a number of geotechnical assignments. Their particular advantage lies in the fact that they can be installed using makeshift techniques which could be adjusted to a specific site or to the technological means of a contractor.

The paper deals with the protection of the excavation and adjacent buildings by means of small diameter steel piles. Static analysis of the retaining structure is described. The authors have scarce experience with such type of structures and therefore are forced to use high factors of safety. Probable suggestions by other parties involved in this field would be beneficial.

## UVOD

U samom centru Zagreba (Jurišićeva ul. 19) predviđeno je da se unutar prostora dvorišta izgradi novi poslovni objekt. Na lokaciji je postojao objekt s podrumom koji je trebalo odstraniti, te je to bilo od utjecaja na rješenje sanacije (istovremeno rušenje i izvedba zaštitne konstrukcije). Tik uz stranice dvorišta nalaze se po cijelom obodu stari objekti, a jedini pristup je kroz kućnu vežu širine 2,50 a visine cca 3,50 m. Uz sam pločnik nalazi se vrlo frekventna tramvajska pruga, na kojoj se ni u jednom momentu nije smio prekinuti promet.

Projektom je predviđeno da se po cijeloj površini dvorišta izvede podrum, dok bi nadzemni dio zauzimao cca 50 % površine. "Ustupak" projektanta je bio da se za zaštitno konstrukciju koristi pojas duž oboda debljine od samo 8 cm!, a uz dubinu iskopa 5,20 m (uz liftove 7,0 m). Temelji susjednih objekata (osim jednog) duboki su od 80 do 180 cm.

Dva osnovna kriterija su bila presudna za odabir tehnologije izvedbe zaštite, i to:

- nemogućnost pristupa lokaciji bilo kakovoj mehanizaciji većoj od manjeg kamiona
- pojas širine 8 cm kojeg se može koristiti za izvedbu zaštite

Naravno trebalo je projektirati konstrukciju koja je i po cijeni koštanja prihvatljiva.

Rješenje je bilo izvedba mikropilota kao privremene zaštite, kako iskopa i susjednih temelja, tako i kao podloga za izvedbu hidroizolacije budućeg objekta.

## OPIS ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE

Na slici 1. prikazana je dispozicija zaštitne konstrukcije, a na slici 2. shematizirani geotehnički profil tla. Osnovu zaštite čine dva reda pilota promjera cca 8 cm. Piloti prvog reda nagnuti su 5° a unutarnji red je nagnut 30°, tako da je konstrukcija u "prevjesu" prema iskopu. Piloti su na vrhu povezani naglavnom gredom koja je ujedno poduhvatila susjedne temelje. Proračun je pokazao da je potrebno ostvariti i dodatne oslonce te su u tom smislu izvedena dva reda štapnih sidara.

Obzirom na privremeni karakter konstrukcije piloti su predviđeni od čeličnih cijevi promjera 3" (76,2 mm), stijenke debljine 4.05 mm. Cijevi su ispunjene cementnim mortom (injektiranjem odozdola). Za spoj s naglavnim blokom, na vrhu pilota je ugrađena čelična šipka (rebrasta armatura), koja je bila utisnuta u cementnu ispunu cijevi.

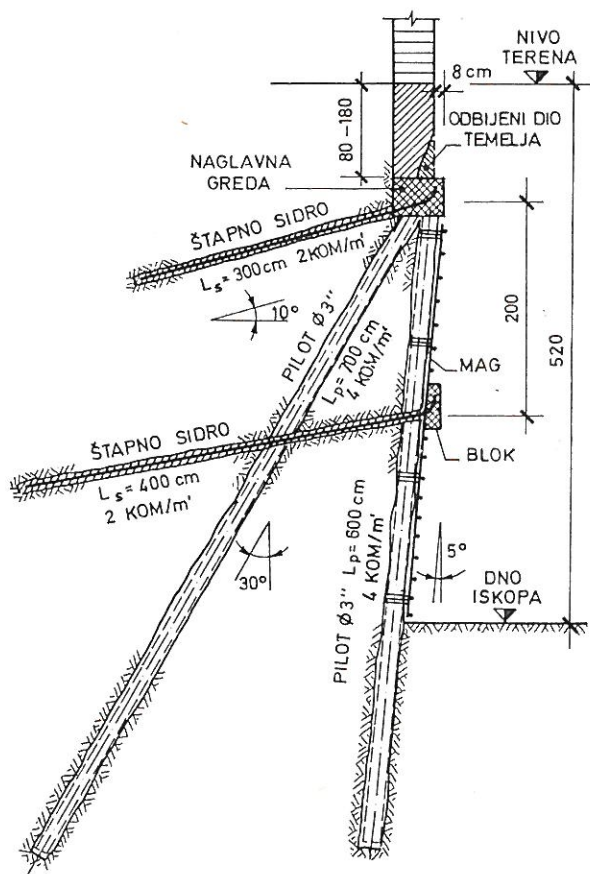
Izvedeno je ukupno 602 pilota čija duljina se kretala od 6,0 do 7,5 m. Nastavljanje (produžjenje) cijevi izvedeno je običnim varom na sučeljak.

Nakon iskopa na pilote je pričvršćene armaturna mreža kojom je spriječeno urušavanje tla, te tankostijena monijerka na koju se ugrađivala hidroizolacija.

## IZVEDBA PILOTA

Za izvedbu pilota koristila se tehnologija koja se obično koristi za ugradnju cijevi ispod cesta, za ugradnju štapnih uzemljenja, i sl. Radi se o pneumatskim zabijalima, odnosno probijačima, čija frekvencija udaraca iznosi cca 300 udaraca/min. Ovakova frekvencija je dobar odabir između nisko i visoko frekventnih zabijala, jer se pokazalo da nije od štetnog utjecaja na građevinske konstrukcije, a nisu potrebne velike energije zabijanja koje uobičajeno traže klasični (spori) zabijači.





SL.1. KARAKTERISTIČAN PRESJEK ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE

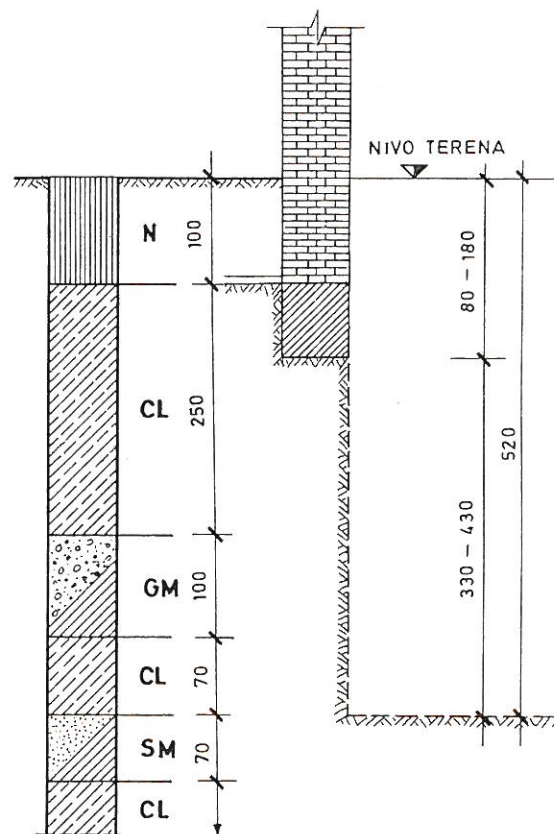
Potvrda ovoga je u tome, što izvedeni radovi u neposrednoj blizini zidanih, starih objekata s trošnom temeljnom konstrukcijom nisu uzrokovali pojavu oštećenja.

U principu se prvo probijačem izvela rupa dubine cca 3 m, a zatim se postavila cijev (sa šiljatim vrhom - improvizirano izvedenim zarezivanjem stijenci cijevi i varenjem povinutih dijelova) koja se nabijačem zabila na potrebnu dubinu.

Sam nabijač i probijač su cjevasti elementi promjera desetak centimetara, duljine oko dva metra, a težine kojih dvadesetak kilograma (lako su s njima baratala dva radnika, pa čak i jedan). Gumenim crijevima dovodio se zrak iz uobičajenih građevinskih kompresora. Oprema je tako konstruirana da se energija udaraca kompenzira unutar zabijala, pa nije potreban neki posebni (teži) malj.

Dnevni učinci kretali su se od 7 do max 18 pilota. Na dijelu gradilišta nalazio se sloj vrlo zbijenog pa i cementiranog šljunka te je tu učinak bio manji, dok je ukupni prosječni učinak bio cca 12 pilota na dan (nešto manje od sata po pilotu).

Oprema za izvedbu pilota dobavljena je od poduzeća "Bora Vrtalne Naprave" d.o.o. iz Ljubljane, s tim da je odgovarajuće modificirana za konkretan zadatak.



SL.2. GEOTEHNIČKI PROFIL

#### ŠTAPNA SIDRA

Za osiguranje stabilneta izvedena su dva reda štapnih sidara. Duljina gornjeg reda bila je 3,50 m, a donjeg 4,50 m. Sidra su izrađena od rebraste armature  $\phi$  19 mm. Bušotine za sidra izvedene su malom ručnom bušilicom snage 4,5 KS, koju poslužuju 2 radnika. Promjer bušotine bio je 66 mm. Sidra su injektirana odozdo odgovarajućim injekcijama. Jednim sidrom obuhvaćena su po dva pilota.

#### OSVRT NA PRORAČUN ZAŠTITNE KONSTRUKCIJE

Mikropiloti korišteni su u ovom slučaju za prijenos vertikalnih sila (temelji susjednih objekata) odnosno horizontalnih sila (horizontalni pritisci tla).

Dimenzioniranje ovih pilota na vertikalne sile je relativno jednostavno. Iskustva pokazuju da piloti, iako malih dimenzija, mogu prenijeti značajna opterećenja putem trenja po plaštu pilota, čije se specifične vrijednosti kreću od:

- cca 100 - 150 kN/m<sup>2</sup> za prah i glinu,
- cca 150 - 200 kN/m<sup>2</sup> za pijesak, a
- cca 200 - 300 kN/m<sup>2</sup> za šljunak.

Analiza prijenosa horizontalnih sila je nešto složenija, a prema podacima kojima raspolažu autori članka, objavljenih podataka za takovu vrstu proračuna je dosta malo, a naročito manjkaju veličine koje su direktno potvrđene mjerenjima (testiranjem).

Može se računati da piloti u ovakvim konstrukcijama djeluju kao armatura kod betonskih presjeka, a tlo ima ulogu betona. Proračuni se razlikuju obzirom na to kako (odnosno koliko) se uzima u obzir utjecaj tla, tj. veze između pilota i okolnog tla.

Prema prikazu prof. Brandla (Brandl 1988.) imamo tri načina proračuna:

- bez efekta utjecaja veze pilot - tlo
- puna veza pilot - tlo
- djelomična veza pilot - tlo

### Nema utjecaja veze pilota i tla

Ovo je konvencionalni pristup s visokim faktorima sigurnosti. Zanemaruje se interakcija pilot - tlo, a ukupni moment savijanja prenose piloti svojom krutošću:

$$M_p = \frac{M_{max}}{n} < M_{doz}$$

gdje je:

- $M_p$  . . . . . maksimalni moment savijanja po jednom pilotu
- $M_{max}$  . . . . . maksimalni moment savijanja po  $m'$  potporne konstrukcije
- $M_{doz}$  . . . . . dozvoljen moment savijanja po pilotu
- $n$  . . . . . broj pilota po  $m'$  potporne konstrukcije

### Puna veza pilot tlo

Ovo je suprotna pretpostavka od predhodne. Pilot svojom krutošću ne preuzima nikakovu silu savijanja, već se vanjski moment savijanja uravnotežuje parovima uzdužnih sila koje se javljaju u pilotima s jedne i druge strane neutralne osi presjeka.

$$M_{max} = \sum_{i=1}^k C_i * a_i = \sum_{i=1}^k T_i * a_i$$

gdje je:

- $M_{max}$  . . . . . maksimalni moment savijanja po  $m'$  potporne konstrukcije
- $C_i$  . . . . . tlačne sile po  $m'$  potporne konstrukcije
- $T_i$  . . . . . vlačne sile po  $m'$  potporne konstrukcije
- $a_i$  . . . . . krak unutarnjih sila (parova pilota)
- $k_i$  . . . . . broj parova pilota

Ovakav pristup proračunu ne može se koristiti u slučajevima kad je omjer modula elastičnosti materijala pilota i tla preveliki.

### Djelomična veza pilota i tla

Očito je da su predhodni proračuni granični slučajevi i vjerojatno je stvarno stanje negdje između. Prema tome maksimalni moment savijanja koji treba pruzeti piloti svojom krutošću na savijanje je unutar granica:

$$0 < M'' < M_{max}$$

gdje je:

- $M'' = 0$  . . . . . za pretpostavku pune veze pilot - tlo
- $M'' = M_{max}$  . . . . . isključena veza pilot - tlo
- $M_{max}$  . . . . . maksimalni moment savijanja po  $m'$  potporne konstrukcije

Maksimalni moment savijanja po  $m'$  potporne konstrukcije ( $M_{max}$ ) reducira se faktorom  $\alpha$  koji ovisi o stvarnoj vezi u kvazimonolitu.

$$M'' = \alpha * M_{max} \dots\dots\dots 0,1 < \alpha < 1,0$$

Reducirani moment savijanja ( $M''$ ) prenosi se direktno preko pilota, a ostatak se prenosi preko parova uzdužnih sila u pilotima:

$$M_{max} - M'' = M_{max} * (1 - \alpha)$$

$$C = | - T | = \frac{M_{max}}{a} * (1 - \alpha)$$

Maksimalni moment savijanja koji djeluje na pilot bio bi:

$$M_p'' = \frac{\alpha * M_{max}}{n} < M_{doz}$$

Puna veza pilot tlo ( $\alpha = 0,0$ ) je teoretska granica, koja realno ne postoji, te u praksi treba koristiti vrijednost  $\alpha = 0,1$  kao minimalnu za varijantu proračuna s punom vezom.

Koeficijent " $\alpha$ " ovisi o nizu faktora. Veći je što je manji promjer pilota, a veće trenje po plaštu, uz uvjet da je razmak pilota 1,75 do 2 promjera pilota (udaljenost između prvih redova pilota sa svake strane neutralne osi). Prihvatljivo je da je taj razmak cca 2,5 do 3,5 promjera.

Nažalost autorima članka nisu dostupni podaci o konkretnim kriterijima za određivanje koeficijenta " $\alpha$ " te su morali birati vrijednosti na strani sigurnosti (teoretski principi nisu bili od velike pomoći jer nemamo na raspolaganju podatke konkretno mjerenih vrijednosti, kao ni bilo kakova druga iskustva u tom smislu).

Konkretno, uzeta je vrijednost od  $\alpha = 0,8$ . Tijekom izvedbe pokazalo se da je stvaran koeficijent sigurnosti bio visok. Nije bilo ni najmanjih popuštanja zaštitne konstrukcije, a nisu se pojavila nikakova oštećenja na susjednim (nekim i izrazito trošnim) objektima.

Prilikom razrade slijedećih sličnih projekata smanjili smo ove faktore, ali kako ti objekti još nisu izvedeni, ne mogu se izvući konkretni pokazatelji. Nadamo se da će nam eventualna iskustva kolega, pa i na ovom savjetovanju pomoći u otklanjanju bar nekih dilema.

### ZAKLJUČAK

U članku je u osnovnim crtama prikazan specifičan način zaštite građevinske jame u jednoj gustoj urbanoj cjelini, izvedbom mikropilota kao osnovne zaštitne konstrukcije. Oprema koja je korištena malih je dimenzija i nije bilo problema dopremiti ju na gradilište s vrlo ograničenim mogućnostima pristupa. Kratki rokovi izvedbe uvjetovali su da se istovremeno izvodi više faza



rada (od rušenja starog podruma pa do radova hidroizolacije). Kako se radilo o radilištu tlocrtnih dimenzija cca 26,0 \* 32,0 m bilo je važno da svaki sudionik zauzme što manje prostora tijekom radova.

Učinci rada (trajanje izvedbe), cijena koštanja zaštite, kao i minimalni prostor koji je bio "potrošen" za zaštitnu konstrukciju, pokazali su da je predviđen način zaštite bio odgovarajući.

Navedeni projekt, od početnih geotehničkih istraživanja, preko projekta rušenja postojećeg objekta, zaštite iskopa i temelja susjednih građevina, hidroizolacije i same temeljne konstrukcije novog objekta (ove projektne zadatke treba riješiti cjelovito tako da budu kompatibilni u svim svojim detaljima), izradilo je poduzeće "Conex". Osim toga zajedno sa svojim kooperantima, poduzećem "Grasa" i "Brizar" iz Zagreba, "Conex" je i izveo sve spomenute radove.

#### LITERATURA:

Brandl, H. 1988. The interaction between soil groups of small diameter bored piles. Deep Foundations on bored and auger piles, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield: str. 3 - 16

Čorko, D., Lovrenčić, D. 1992. Mikropiloti u funkciji ojačanja i sanacije temelja. Stručni seminar za sanaciju ratom oštećenih objekata - Popravci i ojačanja objekata, Zagreb

Čorko, D., Lovrenčić, D., Svirčev, S. 1992. Mikropiloti u funkciji ojačanja i sanacije temelja. Radni sabor, Graditelji u obnovi Hrvatske, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktera, Brijunski otoci: knjiga II str. 265-270

Čorko, D., Marić, B., Lovrenčić, D., Svirčev, S. 1994. Possibilities of using makeshift techniques in construction of root piles. XIII International conference on soil mechanics and foundation engineering, New Delhi: u tisku

Lizzi, F. 1985. Pali radice (root piles) and reticulated pali radice. Underpinning, Surrey universiti press, Glasgow / London: str. 84 - 151