

VII.

GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ
GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **PRIMJENA OPSERVACIJSKIH METODA U PROJEKTIRANJU GRAĐEVNIH JAMA U STIJENSKOJ MASI**

Lecture: **APPLICATION OF OBSERVATION METHODS IN DESIGNING BUILDING PITS IN ROCK MASS**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

izv. prof. dr. sc. **Željko Arbanas** / Assoc. prof. Dr. Sc., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Hrvatska / Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka, Croatia, zeljko.arbanas@gradri.uniri.hr



Sažetak

Pri izvedbi iskopa građevnih jama i podzemnih otvora u stijeni, stijenska masa osnovni je element podgradne konstrukcije, jer preraspodjelom naprezanja ona „nosi sama sebe“. Pri tome je njezina kvaliteta predodređena u in situ uvjetima, koji su daleko od kontroliranih, a zbog heterogenosti i sustava diskontinuiteta, stijenska masa se u pravilu rijetko ponaša kao kvazikontinuum. Osnove projektiranja u inženjerstvu u stijenskoj masi definirao je Bieniawski kao načela koja usmjeravaju projektiranje i izvedbu konstrukcija u stijenskoj masi. Na navedenim načelima razvijena je većina projektnih metodologija za takve konstrukcije, a projektno načelo o optimizaciji upućuje na potrebu primjene opservacijske metode i interaktivnog projektiranja konstrukcija. U radu se opisuje način određivanja parametara čvrstoće i deformabilnosti stijenske mase prema općeprihvaćenim klasifikacijama. Objasniti će se načela opservacijske metode u inženjerstvu u mehanici stijena te sustav interaktivnog projektiranja prema Eurocode 7 (HRN-EN-1997) na primjeru građevne jame Zagrad B u Rijeci.

Ta jama je izvedena u središtu grada, neposredno uz garažni kompleks Zagrad A, za potrebe izgradnje 4 podzemne etaže garažnog prostora te stambeno-poslovnog kompleksa iznad garaža. Gradnja građevne jame počela je u travnju 2012. godine, a završena je u siječnju 2014. godine. Cjelokupan iskop proveden je u vapnencima, ali je zbog okolne gradnje, zahvat izrazito složen. Lokacija je okružena blokom stambenih zgrada starih oko 100 godina na sjeveru, etažnosti P +7, udaljenih 4 m od ruba građevne jame na sjevernoj strani lokacije 24 m ispod platoa temeljenja zgrade i garažno-stambeno-poslovnim centrom Zagrad A s građevnom jamom udaljenom 9 m sa zapadne strane. Iskop nove građevne jame izveden je vertikalno uz postojeću zgradu, 18 m ispod plitkih temelja zgrade. Najsloženija situacija je prema jugu: približno paralelno s građevnom jamom na udaljenosti od 9 do 16 m od planiranog ruba iskopa položen je željeznički tunel. Izgrađen je 1872. godine bez podgradnog sustava, sa samo 5 do 9 m nadsloja, a dno iskopa građevne jame približno je 5 m niže od nivelete tunela. Također, u budućnosti je predviđeno i širenje tunela, što se u geotehničkim analizama i projektu sanacije tunela i iskopa građevne jame moralo uzeti u obzir.

Nakon složenih analiza u kojima su sagledane sve interakcije građevina te utjecaji gradnje, pristupilo se izvedbi radova. U prvoj fazi mlaznim betonom i štapnim sidrima ojačani su tuneli (2011.), nakon čega se radio iskop za pristupnu prometnicu položenu iznad postojećeg tunela. Tijekom izvođenja radova u sklopu opservacijske metode projektiranja uspostavljen je monitoring, koji se odnosi na mjerenje, promatranje i praćenje ponašanja podgradnih sustava, ugradnju vertikalnih inklinometara i horizontalnih deformetara, mjernih ćelija na sidrima, te geodetskih točaka kao i na mjerenje prema fazama iskopa. Uspostavljena procedura interaktivnog projektiranja omogućila je promjene potrebne u zahvatima ojačanja stijenske mase na zasjecima građevne jame.

Ključne riječi: stijenska masa, opservacijska metoda, Eurocode 7, monitoring, interaktivno projektiranje

Tema:	GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ	nastavak
Theme:	GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA	
Predavanje:	PRIMJENA OPSERVACIJSKIH METODA U PROJEKTIRANJU GRAĐEVNIH JAMA U STIJENSKOJ MASI	
Lecture:	APPLICATION OF OBSERVATION METHODS IN DESIGNING BUILDING PITS IN ROCK MASS	

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

izv. prof. dr. sc. **Željko Arbanas** / Assoc. prof. Dr. Sc., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Hrvatska / Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka, Croatia, zeljko.arbanas@gradri.uniri.hr



80

Summary

In excavation of building pits and underground openings in rock, rock mass is the main element of the supporting structure, because it „carries oneself“ due to the rearrangement of stress within the rock mass itself. The quality of rock mass is predetermined by the „in situ“ conditions, which cannot be controlled, and due to heterogeneity and discontinuity, rock mass rarely acts as quasicontinuum. Bieniawski defined the principles that are guidelines for designing and executing structures in rock mass. These principles were the basis for the development of most design technologies for rock mass structures, and the optimization design principle stresses the need for observational method and interactive designing. The presentation will describe how to determine the parameters for rock mass strength and deformability in line with the empirical criteria set by generally accepted rock mass classification. Principles of observation method in rock mechanics engineering will be elaborated, as well as the system of interactive designing according to Eurocode 7 (HRN-EN-1997) on the example of the building pit Zagrad B in Rijeka.

Zagrad B is the location of the future garage with 4 underground levels and the residential and commercial complex above ground. The building pit Zagrad B is located in the centre of Rijeka, next to the existing complex Zagrad A. Construction of the building pit started in April 2012, and it was completed in January 2014. Entire excavation was executed in limestone, but the intervention was complex due to the existing surrounding structures. These included a block of 100-year-old 7-storey residential buildings on the north, 4 m away from the edge of the building pit and Zagrad A, a residential and commercial complex with a garage, with the existing building pit 9 m away from the west. The new building pit was excavated vertically along the existing building 18 m under the building's shallow foundations. On the south side, the situation was the most intricate: nearly parallel to the building pit lies the existing railway tunnel, 9 to 16 m away from the pit edge. It was constructed in 1872 without any support system, with an overlay of only 5 to 9 m, and the bottom of the building pit is around 5 m lower than the tunnel level. The tunnel is foreseen for expansion, which also had to be considered in geotechnical analyses of both the tunnel rehabilitation project and the building pit excavation project.

The works started after all possible interactions of the structures and the effects of the construction were analyzed. In the first phase, the tunnel was reinforced with shotcrete and anchor rods in 2011, after which the works on the access road that passes over the tunnel started. In accordance with the applied observation design method, behaviour of support systems was measured, observed and tracked by means of vertical inclinometers, horizontal deformation meters, measuring cells on anchors, geodetic reference points and measurements conducted for each phase of the excavation. The interactive design procedure enabled necessary modifications in rock mass strengthening on building pit's cuts.

Keywords: rock mass, observation method, Eurocode 7, monitoring, interactive design

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **OJAČANJE TEMELJA STUPA ŽELJEZNIČKOG MOSTA SAVA-ZELENI U ZAGREBU**
Lecture: **REINFORCEMENT OF PIER FOUNDATIONS OF THE RAILWAY BRIDGE "SAVA-ZELENI" IN ZAGREB**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

dr. sc. Igor Sokolić, dipl.ing.građ. / Dr. Sc. C. E., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska/Croatia,
igor.sokolic@geotehnicki-studio.hr
Bojan Vukadinović, dipl.ing.građ. / B.Sc.C.E., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska/Croatia,
bojan.vukadinovic@geotehnicki-studio.hr



Sažetak

U radu su opisani geotehnički radovi na sanaciji temelja stupa željezničkog mosta Sava-zeleni u Zagrebu. Temelji su ojačani u sklopu rekonstrukcije i održavanja mosta kako bi se povećala njegova nosivost za nova opterećenja. Djelovanja na konstrukciju mosta i temelje, u skladu s novom kategorizacijom, uvjetovala su ojačanje temelja stupa na kojem je nepomični ležaj konstrukcije mosta. Kako bi se preuzele relativno velike horizontalne sile kočenja vlakova te njihov moment djelovanja, izvedena je grupa vertikalnih i kosih pilota. Grupa pilota sadržava ukupno 24 bušena, armiranobetonska pilota, promjera $d=1000$ mm, dužine 24,5 m. Piloti su kosi s otklonom od vertikale u rasponu od 6 do 10 stupnjeva. Povezani su naglavnom gredom debljine 3,3 m, koja je preko 'ab plašta' vezana za tijelo starog stupa mosta. Proračun grupe pilota i temelja starog stupa složen je proračun interakcije tla i konstrukcije, proveden u suvremenom računalnom programu Ensoft GROUP. Program omogućava modeliranje grupe pilota povezane krutom naglavnom gredom. Piloti su modelirani kao štapni elementi, a temeljno tlo je modelirano Winklerovim oprugama. Opruge su nelinearno-plastične, a oblik naponsko deformacijske krivulje te pripadna krutost i čvrstoća prilagođeni su karakterističnim vrstama tla (meke gline, krute gline, pijeska i sl.). Parametri modela tla određeni su na temelju standardnih geotehničkih istražnih radova koji sadržavaju: laboratorijsku klasifikaciju tla, ispitivanje tla standardnim penetracijskim pokusom te ispitivanje nedrenirane čvrstoće tla (jednoosna čvrstoća u laboratoriju, terenski pokusi ručnim penetrometrom i ručnom krilnom sondom).

U radu je prikazan i proračun konstrukcije u računalnom programu Plaxis 3D. Proračun je proveden kako bi se procijenio doprinos trodimenzionalnih utjecaja, ponajprije utjecaja masivnog temelja na preraspodjelu opterećenja u sustavu piloti - naglavna greda - postojeći temelj - tlo. Proračun je izveden pomoću Hardening soil modela tla, čiji su parametri krutosti određeni na temelju usporednog iskustva, razvijenog na rezultatima povratnih i parametarskih analiza opažanih potpornih konstrukcija na području Zagreba.

U sklopu kontrole kojom se provjerava kvaliteta izvedbe pilota, na lokaciji je provedeno statičko ispitivanje test-pilota. Ispitan je vertikalni, bušeni i armiranobetonski pilot promjera $d=600$ mm i dužine 24,5 m. Sustav za ispitivanje sastojao se od 8 radijalno raspoređenih sidara za preuzimanje kontratereta, povezanih naglavnom čeličnom kapom. Ispitivanje je provedeno do maksimalnog opterećenja od 4500 kN u koracima od 500 kN. Vrijeme održanja sile pri opterećenju iznosilo je 60 minuta, a pri rasterećenju i ponovnom opterećenju 10 minuta. Na temelju rezultata ispitivanja provedena je verifikacija proračunskog profila tla, te je učinjena kalibracija parametara tla. Za kalibrirane vrijednosti tla provedena je ekstrapolacija rezultata za pilot promjera $d=1000$ mm, čime su potvrđene pretpostavke proračunskog modela.

Metodologija proračuna interakcije pilot – tlo – postojeći temelj uz primjenu računalnog programa Ensoft GROUP, a koja se temelji na rezultatima standardnih geotehničkih istražnih radova, ocjenjena je kao vrlo primjenjiva za tlo karakteristično za aluvijalne nanose rijeke Save na području Zagreba. Ponašanje sustava za horizontalno opterećenje provjereno je neovisnim pristupom uz primjenu metode konačnih elemenata, a vertikalno ponašanje pilota ispitano je statičkim pokusom na terenu.

Ključne riječi: interakcija tla i konstrukcije, duboko temeljenje na pilotima, statički test pilota

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ** nastavak
 Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **OJAČANJE TEMELJA STUPA ŽELJEZNIČKOG MOSTA SAVA-ZELENI U ZAGREBU**
 Lecture: **REINFORCEMENT OF PIER FOUNDATIONS OF THE RAILWAY BRIDGE "SAVA-ZELENI" IN ZAGREB**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

dr. sc. Igor Sokolić, dipl.ing.građ. / Dr. Sc. C. E., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska/Croatia,
 igor.sokolic@geotehnicki-studio.hr

Bojan Vukadinović, dipl.ing.građ. / B.Sc. C.E., Geotehnički studio d.o.o., Zagreb, Hrvatska/Croatia,
 bojan.vukadinovic@geotehnicki-studio.hr



Summary

The paper describes geotechnical works on the rehabilitation of the pier foundations of the railway bridge "Sava-zeleni" in Zagreb, conducted as part of reconstruction and maintenance in order to increase its bearing capacity. Effects on the bridge structure and foundation, according to the new systematization of the bridge, required reinforcement of the foundation of the pier carrying the fixed bearing of the bridge structure. In order to take over relatively high horizontal braking forces of trains a group of vertical and inclined piles was executed. The group has 24 bored RC piles, with diameter $d=1000$ mm, 24.5 m long. The piles are inclined at the degree ranging from 6 to 9 degrees. They are connected by a head beam 3.3 m thick, that is attached to the old pier by means of an „RC mantle“. Calculation of the pile group and the old pier foundations was a complex calculation of soil-structure interaction, using modern software tool Ensoft GROUP. The software enables modeling of a group of piles connected by a stiff head beam. Piles are modeled as rod elements, while the foundation soil was modeled using Winkler spring model. Springs are nonlinear plastic, and the shape of the load deformation curve and connected stiffness and strength are adjusted to characteristic types of soil (soft clay, solid clay, sandstones, etc). Soil model parameters were determined by standard geotechnical investigation works (laboratory soil classification, soil investigation using standard penetration test and testing of undrained soil strength).

The paper also shows the structure calculation made using computer software Plaxis 3D, in order to determine the amount of 3D effects, primarily the effect of the existing massive foundation on the distribution of load in the system piles-head beam-existing foundation-soil. Hardening soil model was used, with stiffness parameters determined by comparing results from analyses of supporting structures on the Zagreb area.

As part of quality control of the executed piles, structural analysis of test piles was conducted at the site. The test pile was a vertical, drilled RC pile, with $d=600$ mm and 24.5 m long. Analysis system was composed of 8 radially distributed anchors for reverse loading, connected by steel cap. Maximum load achieved was 4500 kN, in 500 kN intervals. Time of force conservation during loading was 60 minutes, and during unloading and reloading 10 minutes. Based on the results of testing, the design soil profile was verified, and the soil parameters were calibrated. For calibrated soil parameters, the results were extrapolated for a pile with the diameter $d=1000$ mm, thus confirming the assumptions of the calculation method.

Applied calculation methodology of pile-soil-existing foundation interaction using Ensoft GROUP software, was considered as highly suitable for alluvial deposits made by the Sava River in the Zagreb area. Horizontal loading system's behaviour was verified using finite element method, while the vertical behaviour of piles was tested in the field using structural testing.

Keywords: soil-structure interaction, deep pile foundations, structural testing of piles

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **IZGRADNJA DRŽAVNE CESTE D8, DIONICA SV. KUZAM – KRIŽIŠĆE – GEOTEHNIČKI ASPEKTI OD PROJEKTA DO REALIZACIJE**
Lecture: **THE CONSTRUCTION D8 STATE ROAD, SV. KUZAM – KRIŽIŠĆE SECTION – GEOTECHNICAL ASPECTS FROM PROJECT TO REALIZATION**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Branko Miljković, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d. Zagreb, Hrvatska/Croatia,
branko.miljkovic@geokon.hr

Mladen Sigurnjak, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d., mladen.sigurnjak@geokon.hr
Ivana Šuto, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d., ivana.suto@geokon.hr



83

Sažetak

Obilaznica grada Rijeke dio je cestovnog smjera D3, (E-65) Rijeka-Split (prije magistralnog smjera M-2). Zapadno od Orehovice obilaznica ima oznaku D3, a istočni dio do Križišća imat će oznaku državne ceste D8.

Dionica Sv. Kuzam - Križišće prolazi morfološki vrlo razvedenim reljefom u neposrednom zaleđu Bakarskog zaljeva. Trasa dionice u početnom je dijelu na rubu platoa iznad Bakarskog zaljeva, gdje se nastavlja na prethodno izgrađenu dionicu Orehovica - Sv. Kuzam.

U nastavku trasa je maksimalno odmaknuta od ruba padine Zaljeva, koliko su to omogućavali prostorni uvjeti lokacije (koridor, planirana željeznička infrastruktura - ranžirni kolodvor Krasica), s tendencijom da se što manje naruši vizura krajolika.

Trasa dionice je sjeverno od državne ceste D8 (Jadranska magistrala) uzduž cijele sjeverne strane Bakarskog zaljeva do mjesta Hreljin (I. poddionica) nakon kojeg skreće prema jugozapadu i prolazi južno od državne ceste D501 (II. poddionica). Nakon završetka geotehničkih istražnih radova i projektiranja, 2009. godine početi su radovi na završnom dijelu projekta Riječka obilaznica, 9,5 km dugoj dionici Sv. Kuzam – Križišće.

U sklopu radova, nadzorne službe provele su stručni geotehnički nadzor radova temeljenja ukupno 22 objekta: vijadukata, nadvožnjaka/nathodnika, prolaza, potpornih i obložnih zidova, zida od armiranog tla kao i geotehnički nadzor radova zaštite pokosa 8 visokih usjeka. Izvodili su se radovi dubokog temeljenja na ab pilotima i zdencima, plitkog temeljenja i radovi poboljšanja temeljnog tla.

Pri odstupanjima uvjeta u tlu od projektom predviđenih bilo je potrebno modificirati projektna rješenja i pri temeljenju objekata i pri zaštiti pokosa visokih usjeka, a uz suglasnost projektanta. Zbog složenih geotehničkih uvjeta u tlu, na svim objektima koji su duboko temeljeni, kao i na 4 najviša usjeka, provedena su mjerenja deformacija i pomaka u tlu da bi se potvrdile projektne pretpostavke.

Ključne riječi: geotehnički nadzor, državna cesta, temeljenje, geotehnika, zaštita pokosa, stručni nadzor, geotehnički projekt

Tema:	GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ	nastavak
Theme:	GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA	
Predavanje:	IZGRADNJA DRŽAVNE CESTE D8, DIONICA SV. KUZAM – KRIŽIŠĆE – GEOTEHNIČKI ASPEKTI OD PROJEKTA DO REALIZACIJE	
Lecture:	THE CONSTRUCTION D8 STATE ROAD, SV. KUZAM – KRIŽIŠĆE SECTION – GEOTECHNICAL ASPECTS FROM PROJECT TO REALIZATION	



Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Branko Miljković, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d. Zagreb, Hrvatska/Croatia,
branko.miljkovic@geokon.hr

Mladen Sigurnjak, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d., mladen.sigurnjak@geokon.hr
Ivana Šuto, dipl. ing. građ./ B.Sc. C.E., Geokon-Zagreb d.d., ivana.suto@geokon.hr

84

Summary

The City of Rijeka ring road is a part of D3 road, (E-65) Rijeka – Split (before M-2 regional road). In the section west of Orehovica the ring road is marked as D3, and the east section to Križišće as D8 state road.

Sv. Kuzam – Križišće section passes through a morphologically indented relief which is close to the Bakar Bay hinterland. In its first part the section is on the edge of the plateau above Bakar Bay, where it connects to the previously constructed Orehovica – Sv. Kuzam section.

The following part of the section is removed from the edge of the bay hillside, due to the conditions of the location (corridor, planned railway infrastructure – Krasica marshalling yard), with the aim of achieving minimum disturbance of the scenery.

The route of the section is north of the existing D8 state road (the so-called Adriatic road), along the north part of the Bakar Bay, up to place called Hreljin (1st sub-section), followed by a turn to the south-west, and then south of D501 state road (2nd sub-section).

After geotechnical exploration works and project designing, in 2009 works were started on the final part of Rijeka Ring Road Project, Sv. Kuzam – Križišće 9.5 km section.

As a part of supervising activities, expert geotechnical supervision was carried out over works on 22 constructions: viaducts, overpasses, passages, retaining walls, reinforced walls), as well as the geotechnical supervision over the works of protecting the slopes of 8 meter high cuttings. Deep foundation works were carried out on RC piles and wells, shallow foundation works, and the enhancement of foundation soil.

In the case of soil conditions deviations from the ones planed in the project design, the design had to be modified both in foundation works and in the protection of high cutting slopes, all with the consent of the main designer. Due to complex geotechnical conditions of the ground, deformations and shifts were measured on all constructions with deep foundations, as well as on 4 highest cuttings, in order to confirm project assumptions.

Keywords: geotechnical supervision, state road, foundation works, geotechnical works, protection of slopes, professional supervision, geotechnical project

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **DOGRADNJA VEZOVA BR. 26 I 27 U GRADSKOJ LUCI SPLIT**
Lecture: **EXTENSION OF BERTHS NO. 26 AND 27 AT THE PORT OF SPLIT**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Boris Zokić, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, bzokic@xnet.hr

Ivica Galasso, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, obala@st.t-com.hr

Robert Baković, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, obala@st.t-com.hr



Sažetak

U radu je opisana konstrukcija građevine dogradnje veza br. 26 i 27 u Gradskoj luci Split, a posebice je obrađen proračun interakcije betonskih temelja (pilota) s dnom - stijenskom masom u koju su upeti.

Projekt osigurava dva veza dužine 140 m te dvije rampe za ukrcaj i iskrcaj širine 30 m. To su ujedno najveće rampe projektirane u luci. Zahvat će povećati manipulativnu površinu luke za cca 2700 m², što će znatno rasteretiti i olakšati protok putnika i robe.

Čitava konstrukcija se izvodi kao polumontažna, s ab vertikalnim pilotima. Piloti se izvode bušenjem na mjestu gradnje, te se upinju u stijensku masu u dužini od cca 4,0 m. Na vrhovima pilota betoniraju se naglavne ploče. Preko njih se u kasnijoj fazi postavlja roštilj od poprečnih i uzdužnih greda. Čitava konstrukcija horizontalno se ukružuje betonom i to monolitizacijom spojeva greda s naglavicama, kao i međusobnih spojeva navedenih greda.

Osim opisane konstrukcije kao prostornog okvira, dio cjelokupnog projekta je i podvodni potporni zid, koji se nalazi ispod opisane nadgradne konstrukcije, a svrha mu je zadržavanje nasipa u zaleđu. Kako se spomenuti potporni zid temelji na nasipu, ispitana je mogućnost pojave kliznih ploha, te je u radu i to obrađeno.

Za razliku od temelja konstrukcija visokogradnje (betonski temelji samci, temeljne trake...), u ovakvim konstrukcijama temelj je sama stijenska masa u koju se upinju nosivi elementi. Određivanje svojstava stijenske mase (hridi) imat će ključnu ulogu u odzivu konstrukcije na vanjske sile.

Za takve konstrukcije mjerodavna opterećenja su horizontalna (privez i udar plovila, potres), pa je jedan od ključnih elemenata proračuna upravo proračun pilota na horizontalna opterećenja. Kako se ovdje radi o pilotima uklještenim u stijensku masu, mehanizam prenošenja bočnih sila na stijenu veoma je složen, a literatura i Eurocod 7 u ovom dijelu izrazito su šturi i nedefinirani.

U prezentaciji se iznose standardni načini proračuna u praksi ovakvih konstrukcija upotrebom Winklerova modela tla, kao i napredniji načini proračuna, koji uključuju nelinearne modele, odnosno p-y krivulje. Također, dan je osvrt na opis stijenske mase preko geološkog indeksa čvrstoće, odnosno upotreba Hoek -Brownova kriterija, što je trenutačno jedini mogući način za procijenjivanje parametara stijenske mase.

Kako je istaknuto, svi propisi koji se odnose na bočno opterećene pilota u stijenskoj masi izrazito su šturi i nedefinirani, a i same metode za opis stijenske mase poopćene su pa projektiranje takvih konstrukcija zahtijeva velik oprez u odabiru parametara za proračun interakcije temelja s tlom.

Ključne riječi: dogradnja veza br. 26 i 27 u Gradskoj luci Split, ab bušeni piloti, montažna gradnja, horizontalne i poprečne grede, naglavne ploče, proračun pilota na horizontalna opterećenja, Winklerov model tla, nelinearne p-y krivulje, Hoek-Brownov kriterij

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
 Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

nastavak

Predavanje: **DOGRADNJA VEZOVA BR. 26 I 27 U GRADSKOJ LUCI SPLIT**
 Lecture: **EXTENSION OF BERTHS NO. 26 AND 27 AT THE PORT OF SPLIT**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Boris Zokić, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, bzokic@xnet.hr

Ivica Galasso, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, obala@st.t-com.hr

Robert Baković, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Obala d.o.o. Split, Hrvatska/Croatia, obala@st.t-com.hr



86

Summary

Theme of the presentation is the structure of the „Extension of berths 26 and 27 in the Port of Split“, focus being on the calculation of interaction between the concrete foundations (piles) and the seabed – rock mass to which they are fixed.

The scope of the project are 2 berths along the coast, 140 m long, as well as two loading wharfs 30 m wide, which are also the biggest designed wharfs in the port. The entire intervention will increase the maneuverable area by approximately 2700 sq.m which will facilitate the flow of passengers and goods through the port.

The structure is semi-precast, with vertical RC piles. Piles are bored in situ and fixed to the rock mass in the length of around 4.0 m. Pile caps are concreted on top of the piles. At a later stage a grillage consisting of cross and longitudinal beams will be laid on pile caps. The entire structure will be horizontally fixed by concreting joints between beams and pile caps, as well as of joints between the beams themselves.

Integral part of the project is also the submersed retaining wall located under the described structure, with the function of retaining embankment. Since the retaining wall has its foundations in the embankment, possibility of slip planes was examined, which will also be included in this presentation.

Unlike the building foundations (pad foundations, strip foundations, etc.), the foundation of such structures is the rock mass to which the bearing elements are fixed. Determining the rock mass properties will play a key role in the response of the structure to external forces.

Horizontal loads (vessel tie up and hit, earthquake) are the loads applicable for such structures, and one of the main elements in calculation is the calculation of piles for horizontal loads. Since the piles are fixed to rock mass, the mechanism of transfer of lateral forces is a very complex process. In this area, technical literature and Eurocode 7 are very scarce and undefined.

The presentation will demonstrate standard calculation methods of such structures used in practice by applying the Winkler soil model, as well as some of the advanced methods using nonlinear, i.e. p-y curves. The description of rock mass according to geological strength index (GSI), i.e. the use of Hoek-Brown failure criterion, currently the only possible way to assess the rock mass parameters, will also be addressed.

As already mentioned, all available regulation that apply to lateral loading of piles in rock mass are very scarce and undefined and the methods used to describe rock mass are quite general, so designing such structures requires caution when choosing parameters for calculating foundation-soil interaction.

Keywords: extension of berths no. 26 and 27 in the Port of Split, RC bored piles, precast construction, horizontal and cross beams, pile caps, pile calculation for horizontal loads, Winkler soil model, nonlinear p-y curves, and Hoek-Brown failure criterion

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **SPECIFIČNOSTI IZVEDBE SIDRENE ARMIRANOBETONSKE DIJAFRAGME MOJ DVOR U ZAGREBU**

Lecture: **SPECIFIC FACTS OF ANCHORED RC DIAPHRAGM WALL „MOJ DVOR“ IN ZAGREB**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

mr.sc. Željko Lebo, dipl.ing.građ./ Mr.Sc.C.E., Tehničko veleučilište u Zagrebu, Hrvatska/
Polytechnic of Zagreb, Croatia, zlebo@tvz.hr

prof.dr.sc. Krešo Ivandić, dipl.ing.građ./ Dr.Sc.C.E., Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet
Varaždin, Hrvatska / University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering, Varaždin, Croatia,
kreso.ivandic@gfv.hr



Sažetak

U radu se opisuju izvedba i održavanje armiranobetonske sidrene dijafragme Moj Dvor u Zagrebu. Dijafragma je izvedena kao privremena potporna konstrukcija u urbanoj sredini. Prikazane su faze njezine izvedbe s naglaskom na uočene probleme te načini njihova rješavanja. Složenost zahvata, među ostalim čimbenicima (zakrivljen tlocrt), određena je i time što je bilo potrebno osigurati rad u suhom u šljunkovitom, izrazito vodopropusnom tlu, s kotom iskopa znatno ispod razine podzemne vode, a u neposrednoj blizini susjednih objekata.

Na izvedbi, odnosno osiguranju zadane denivelacije dijafragmom Moj Dvor razabiru se tri specifičnosti.

Kao prvo, radi se o izrazito zakrivljenom tlocrtnom obliku jame sličnom „djetelini s četiri lista“, što zahtijeva posebnu pozornost pri spajanju panela i izvedbi sidara, gdje je moguće „prostorno sudaranje“ geotehničkih sidara u konveksnom dijelu jame.

Kao drugo, nepredviđeno su prekinuti radovi na više od 30 mjeseci u fazi izvedbe skoro polovice broja 1. reda geotehničkih sidara (od ukupno 2 reda predviđenih projektom). Nakon prekida radova (2006.) trebalo je korigirati osnovno rješenje, prije nego što se radovi nastave. Korekcija je trebala kompenzirati statičko djelovanje izvedenih privremenih sidara. Osnovni prijevori nastali su zbog nemogućnosti da se donese pouzdan zaključak o procjeni ponašanja geotehničkih sidara, a na okolnost višestrukog premašivanja planiranog roka njihova statičkog djelovanja.

Treća specifičnost jest da su prekinuti radovi na izvedbi podzemnih etaža upravo u trenutku dovršetka geotehničkih radova izvedbe sidrene ab dijafragme (izveden je samo jedan segment od cca 1/5 površine temeljne ploče). Nepredviđen zastoj trajao je od veljače do listopada 2010., ali uz redovita tehnička opažanja. Rezultati tehničkog praćenja (pomaka i sila u sidrima) dostavljena su svim sudionicima u gradnji i bili su u granicama projektom predviđenih. Međutim, nakon listopada 2010. godine prekinuta su sva mjerenja na sustavu tehničkog praćenja, a nisu nastavljeni građevinski radovi izvedbe podzemnih etaža. Od tada nije poznato tehničko stanje građevinske jame.

Izravna posljedica nepoštivanja uobičajenih i prijeko potrebnih tehničkih postupaka i mjera u situacijama promjene svojstva potpornih konstrukcija, što se tiče trajanja obavljanja njezine funkcije, jest neprihvatljivo narušavanje osnovnih kriterija propisane sigurnosti i pouzdanosti svih građevina.

U radu su izneseni zaključci stvoreni na temelju iskustva stečenog tijekom tehničkog praćenja i održavanja zaštitnih konstrukcija sidrenih armiranobetonskih dijafragmi u zatečenim okolnostima.

Ključne riječi: Moj Dvor, dijafragma, sidro, prekid, tehničko praćenje, održavanje, pouzdanost

Tema:	GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ	nastavak
Theme:	GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA	
Predavanje:	SPECIFIČNOSTI IZVEDBE SIDRENE ARMIRANOBETONSKE DIJAFRAGME MOJ DVOR U ZAGREBU	
Lecture:	SPECIFIC FACTS OF ANCHORED RC DIAPHRAGM WALL „MOJ DVOR“ IN ZAGREB	

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

mr.sc. Željko Lebo, dipl.ing.građ./ Mr.Sc.C.E., Tehničko veleučilište u Zagrebu, Hrvatska/
Polytechnic of Zagreb, Croatia, zlebo@tvz.hr

prof.dr.sc. Krešo Ivandić, dipl.ing.građ./ Dr.Sc.C.E., Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet
Varaždin, Hrvatska / University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering, Varaždin, Croatia,
kreso.ivandic@gfv.hr



88

Summary

The paper gives an account of construction and maintenance of the anchored RC diaphragm wall „Moj Dvor“ in Zagreb. The diaphragm wall is a provisional retaining structure in the urban centre of Zagreb. The progress of construction with the focus on the problems and their solutions is shown. The intervention was complex due to, among other factors such as curved layout, the works being executed in dry, gravely, very water permeable soil, with the level of excavation greatly under the ground water level and close to the neighbouring structures.

Three specific facts can be observed on securing the required delevelling by a diaphragm wall „Moj Dvor“.

The first fact is that the pit has an extremely curved layout in the shape of a 4-leaf clover which requires special attention during assembly of panels and anchoring, as there was a possibility of spatial collision of the ground anchors in the convex part of the pit.

The second fact is that there was an unforeseen suspension of works for over 30 months after half of the anchors from the 1st row were already installed (two rows were foreseen by the design). This suspension of works in 2006 resulted in the correction of the original solution prior to the continuing of works. The correction was aimed at compensation of the structural action of installed provisional anchors. Main dilemma was the fact that it was impossible to make a reliable conclusion regarding the evaluation of the ground anchor behaviour taking into account the fact that the working life of the anchors' structural action was exceed multiple times over.

The third fact is that the works on the construction of underground levels were suspended at the time of completion of ground anchors in the anchored RC diaphragm wall (only one segment was executed amounting to around one fifth of the foundation plate area). The subject suspension of works lasted from January to October 2010 with regular technical monitoring. The results of technical monitoring (shifts and forces in the ground anchors) were regularly delivered to all participants in the construction and were within the limits foreseen by the design. However, after October 2010 all measurements that were a part of technical monitoring were suspended, and the construction works of the underground floors were discontinued. Since then there are no information on the technical condition of the building pit.

Disregard of standard and necessary technical procedures and measures in the event when the properties of the retaining structures and the duration of its functions change, result in unacceptable violation of the basic criteria of prescribed limits of safety and reliability of all structures.

The paper presents conclusions made from the experience in conducting technical monitoring and maintenance of anchored RC diaphragm walls in the existing conditions.

Keywords: Moj Dvor, diaphragm wall, ground anchor, suspension, technical monitoring, maintenance, reliability

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **GEOTEHNIČKI PROJEKT MOSTA PREKO RIJEKE DRAVE**
Lecture: **GEOTECHNICAL DESIGN OF THE BRIDGE OVER THE DRAVA**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

mr.sc. Krešimir Bolanča, dipl.ing.građ./ M.Sc.C.E., HEP d.d., kresimir.bolanca@hep.hr

Marko Biščan, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., marko.biscan@igh.hr

Luka Bolfan, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., luka.bolfan@igh.hr

Goran Dizdar, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., goran.dizdar@igh.hr

Ivan Kundakčić, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., ivan.kundakcic@igh.hr



Sažetak

Most preko rijeke Drave na cestovnom koridoru Vc će biti jedan od najdužih i konstruktivno najzahtjevnijih mostova u Republici Hrvatskoj. Konstrukciju čini ovješeni spregnuto čelični sklop i betonska polumontažna konstrukcija na inundacijama (većina raspona je duljine 35,0 m). Glavnu rasponsku konstrukciju čini ovješeni čelični spregnuti sanduk raspona 100 m + 220 m + 100 m, dva armiranobetonska pilona A oblika i visine 75 m, te zatege. Ukupna duljina objekta je 2485 m.

Temeljenje svih oslonaca je projektirano na armiranobetonskim bušenim pilotima $\Phi 150$ cm. Piloni ovješnog rasponskog sklopa temeljeni su u dvije grupe od 25 pilota, duljine 30 m i povezani su naglavicama promjenjive visine od 2,5 do 4,5 m. Stupovi u inundacijama temeljeni su na pilotima duljine 18, 22 i 25 m.

Geotehnički istražni radovi sastojali su se od istražnog bušenja, laboratorijskih i CPTU ispitivanja. Izveden je CPTU na svakom drugom osloncu, a bušotina na svakom četvrtom osloncu. Dubina ispitivanja bila je do 35 m. U geotehničkom elaboratu obavljena je procjena likvefakcijskog potencijala tla. Naime, tlo na lokaciji je likvefabilno - gotovo u potpunosti građeno od slojeva sitnozrnog pijeska, jednolike graduiranosti i rahle do srednje zbijenosti, uz visoku razinu podzemne vode.

U geotehničkom projektu provedena je detaljna obrada geotehničkih podataka, proračuni nosivosti bušenih pilota na vertikalnu i horizontalnu silu i proračuni slijeganja grupe pilota. Definiran je program kontrole i osiguranja kvalitete, u kojem su definirana ispitivanja nosivosti pilota, inegriteta pilota kao i ugradnja šljunčanih drenova za izbjegavanje rizika od pojave likvefakcije. Također je definiran i program opažanja slijeganja.

Vertikalne nosivosti pilota određene su pomoću empirijske β metode i efektivnim naprezanjima. Proračuni grupe pilota (pomaci i unutrašnje sile) provedeni su pomoću programa PLAXIS 3D i GROUP 7,0, koristeći nelinearne modele tla. Određeni su Winklerovi koeficijenti u horizontalnom i vertikalnom smjeru (oko pilota i ispod pilota) kao ulazni podaci za statički proračun konstrukcije.

Prije izrade izvedbenog projekta provedeno je ispitivanje vertikalne nosivosti pilota statičkim postupkom na četiri probna polja. Nosivost istih pilota ispitana je i dinamičkim postupkom (PDA). Ispitane nosivosti bile su $\pm 20\%$ od proračunskih vrijednosti, što je odlično slaganje. Tijekom građena je, kao dio kontrolnih ispitivanja, 35 pilota ispitano dinamičkim postupkom, a interpretirane nosivosti također su bile u granicama $\pm 20\%$ od proračunskih vrijednosti.

Kao mjera izbjegavanja rizika od pojave likvefakcije, na kritičnom su dijelu objekta (ovješeni dio, tj. prijelaz preko Drape) oko pilota dilatacijskih stupišta i oko pilota pilona ugrađeni šljunčani piloti koji osiguravaju dreniranje tla pri brzom porastu poraznih tlakova.

Ključne riječi: bušeni piloti, ispitivanje nosivosti pilota statičkim i dinamičkim postupkom, nelinearni modeli tla, likvefakcija

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
 Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

nastavak

Predavanje: **GEOTEHNIČKI PROJEKT MOSTA PREKO RIJEKE DRAVE**
 Lecture: **GEOTECHNICAL DESIGN OF THE BRIDGE OVER THE DRAVA**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

mr.sc. Krešimir Bolanča, dipl.ing.građ./ M.Sc.C.E., HEP d.d., kresimir.bolanca@hep.hr
 Marko Bišćan, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., marko.biscan@igh.hr
 Luka Bolfan, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., luka.bolfan@igh.hr
 Goran Dizdar, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., goran.dizdar@igh.hr
 Ivan Kundakčić, dipl.ing.građ./ B.Sc.C.E., Institut IGH d.d., ivan.kundakcic@igh.hr



90

Summary

Bridge over the Drava on the Corridor Vc will be one of the longest and most complex bridges in Croatia. The structure consists of a composite steel assembly and concrete semi-precast structures on inundations (most spans have the length of 35.0 m). Main span structure consists of cable-stayed composite steel box with spans 100 m + 220 m + 100 m, two RC A-shaped pylons 75 m high and tie rods. Total length of the bridge is 2485 m.

Foundations of all supports are designed as RC bored piles $\Phi 150$ cm. Foundations of the pylons are two groups with 25 piles each, 30 m long, connected with head beams with height ranging from 2.5 to 4.5 m. Piers in inundations have foundations on piles 18, 22 and 25 m long.

Geotechnical investigation works consisted of exploratory drilling, laboratory and CPTU testing. CPTU was conducted on every second support and a drill hole on every fourth. Exploratory depth went down to 35 m. The geotechnical report contained an evaluation of soil liquefaction potential. Namely, the soil at the bridge location is liquefiable, almost completely composed of fine-grained sand with high level of underground water.

Detailed analysis of geotechnical data was conducted within the scope of the geotechnical report, as well as the calculation of the bearing capacity of bored piles to vertical and horizontal forces and calculation of settling of a pile group. A quality control program was also defined, containing testing of pile bearing capacity, their integrity and construction of gravel drains to avoid risk of liquefaction. A program for monitoring settling was also defined.

Vertical bearing capacity of piles was determined using an empirical β method and effective stress. Calculations of the pile group (shifts and internal forces) were made using PLAXIS 3D and GROUP 7, 0 software, applying nonlinear soil models. As entry data for the structural calculation, Winkler coefficients in horizontal and vertical direction (around and under the piles) were used.

Prior to preparation of the working design, testing of vertical bearing capacity of the piles was conducted applying the structural method on four test fields. The bearing capacity of these piles was also tested using the dynamic method (PDA). Tested bearing capacities deviated $\pm 20\%$ from calculated values, which represented an excellent match. During construction, as part of control testing 35 piles were tested using the dynamic method and interpreted capacities were within the $\pm 20\%$ of calculated values.

As a measure against the occurrence of liquefaction, on critical part of the structure (cable-stayed segment over the Drava River) around the piles of the expansion piers and around the piles of the pylons, additional gravel piles were constructed that provide for soil drainage in case of rapid increase of pore pressure.

Keywords: bored piles, testing of pile bearing capacity using static and dynamic method, nonlinear soil models, liquefaction

Tema: **GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ**
Theme: **GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA**

Predavanje: **SPECIFIČNOST TEMELJENJA PRISTANIŠTA TERMINALA ZA RASTRESITE TERETE U LUCI PLOČE**

Lecture: **SPECIFIC CHARACTERISTICS OF FOUNDATIONS OF THE BULK CARGO TERMINAL IN THE PORT OF PLOČE**

Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Matija Bandić, Investinženjering , Zagreb, Hrvatska/Croatia, matija.bandic@gin.hr

Branimir Galjan, Investinženjering , Zagreb, Hrvatska/Croatia, branimir.galjan@gin.hr



Sažetak

Pristanište za rastresite terete je konstrukcija dužine 317 m i širine 30 m, s pristupnim mostom dužine 56 m i širine 22 m. Temeljnu konstrukciju pristaništa čine 264 komada čeličnih cijevnih pilota, i to: 119 kom Ø1219 mm (debljine stjenke 22,2 mm), 61 kom Ø1320 mm (25,4 mm) i 84 kom Ø1524 mm (28,6 mm). Piloti se zabijaju do dubine u rasponu od 50 do 51 m (apsolutna kota). Morsko dno je izjaružano na kotu -20 m. Piloti se ugrađuju s plivajućeg pontona na kojem je dizalica velike nosivosti (700 t), konstrukcija za pridržavanje i fino pozicioniranje pilota i oprema za vibrozabijanje. Pilot se zabija vibracijskim čekićem mase 20 t, a određivanje kriterija prihvatljivosti zabijanja provodi se 24 sata nakon zabijanja, i to slobodno padajućim čekićem mase 21 t s visine od 75 cm.

Proračun nosivosti pilota napravljen je na temelju 8 ispitnih bušotina i 17 CPT (statički penetracijski pokus) sondiranja. Tri bušotine i dva CPT ispitivanja provedena su na neposrednoj lokaciji konstrukcije pristaništa. Projekt predviđa da se svaki pilot zabije minimalno 10 m u sloj prašinstog šljunka (GM), koji je na apsolutnoj dubini od oko 35,5 m i seže do 54 m dubine. Samo jedna bušotina na lokaciji pristaništa dosegla više od dubine temeljenja (B-1, i to za 1,8 m) te se utjecaj stvarne debljine sloja šljunka i sloja gline (CH), koji se nalazi ispod sloja šljunka nije mogao predvidjeti proračunom.

Proračun nosivosti pilota proveden je u skladu s francuskim standardom (franc. Fascicule 62-V), te je za pilot Ø1200 mm izračunata ukupna nosivost 11,5 MN (plašt preuzima 73%), a za pilot Ø1500 mm nosivost iznosi 15,3 MN (plašt preuzima 68%).

Ispitivanjem provedenim u sklopu projekta trebalo je dokazati da krajnje granično stanje (ULS) neće biti dosegnuto ako se pilot optereti na 215 % radnog opterećenja. Također je zahtijevano da se na 10 % pilota dinamički ispita nosivost. Izvođač je predložio alternativni pristup kojim bi se na većem broju pilota provelo dinamičko (DLT) umjesto statičkog ispitivanja nosivosti (SLT).

Izvođačev prijedlog, pregledan i odobren od nadzora, prihvatili su i projektant i revident projekta. DLT se obavlja prema odobroj proceduri i rasteru.

U radu se daje osvrt na tehnologiju izvedbe, odobreni kriterij zabijanja pilota i na dinamička ispitivanja nosivosti pilota (DLT).

Ključne riječi: čelični cijevni piloti, vibracijsko zabijanje, kriteriji nosivosti, DLT, SLT

Tema:	GEOTEHNIČKI PROJEKTI U HRVATSKOJ	nastavak
Theme:	GEOTECHNICAL PROJECTS IN CROATIA	
Predavanje:	SPECIFIČNOST TEMELJENJA PRISTANIŠTA TERMINALA ZA RASTRESITE TERETE U LUCI PLOČE	
Lecture:	SPECIFIC CHARACTERISTICS OF FOUNDATIONS OF THE BULK CARGO TERMINAL IN THE PORT OF PLOČE	



Predavač, tvrtka i adresa / Lecturer, firm and address:

Matija Bandić, Investinženjering , Zagreb, Hrvatska/Croatia, matija.bandic@gin.hr

Branimir Galjan, Investinženjering , Zagreb, Hrvatska/Croatia, branimir.galjan@gin.hr

92

Summary

Bulk cargo terminal is a structure 317 m long and 30 m wide with the access bridge that is 56 m long and 22 m wide. The terminal's foundations are composed of 264 steel tubular piles: 119 pcs \varnothing 1219 mm (thickness of wall 22.2 mm), 61 pcs \varnothing 1320 mm (25.4 mm) and 84 pcs \varnothing 1524 mm (28.6mm). The piles are driven to the depth of 50 to 51 m (absolute level). The seabed was excavated to the level of -20 m. The piles were installed from the floating pontoon with a high lifting capacity crane (700 tons), structure for holding and positioning of the piles and vibro-driving equipment. The pilots were driven by a 20 ton vibro hammer while the criteria of acceptable driving were determined 24 hours after the driving, using a 21-ton freefall hammer from the height of 75 cm.

Calculation of the pile bearing capacity was made using data from 8 test boreholes and 17 CPT probings. Three boreholes and two CPT tests were conducted on the location of the terminal. The design has foreseen the driving of each pile at least 10 m into the layer of silty gravel (GM) at the absolute level of approximately 35.5 m and reaching to the depth of 54 m. Only one borehole at the location of the terminal went deeper than foundation depth (B-1, by 1.8 m), so the effect of the real thicknesses of the layers of gravel and clay (CH) could not be foreseen by the calculation.

Calculation of the pile bearing capacity was made according to the French standard (Fascicule 62-V). The total calculated bearing capacity for the \varnothing 1200 mm pile was 11.5 MN (pile skin takes over 73%), and for the \varnothing 1500 mm pile the capacity was 15.3 MN (pile skin takes over 68%).

The design required that the testing proves that the ultimate limit state (ULS) will not be reached if the pile is loaded with 215% of working load. Another requirement was that bearing capacity of 10% of the piles be dynamically tested. The Contractor proposed dynamic load testing (DLT) as an alternative to static load testing (SLT) on as many piles as possible.

Contractor's proposal was reviewed and accepted by the supervising engineer, designer and design reviewer. DLT was conducted according to approved procedure and grid.

The presentation will also give an overview of the construction technology, approved criterion for pile driving as well as of the conducted dynamic load testing of the piles.

Keywords: steel tubular piles, vibro-driving, loading capacity criteria, DLT, SLT