

KOMPARACIJA REZULTATA DOBIJENIH ISPITIVANJEM ŠIPOVA KOJI SU IZVEDENI RAZLIČITIM TEHNOLOGIJAMA U ISTIM GEOLOŠKIM USLOVIMA

Marija Krstić*, Nikola Božović*, Stefan Mitrović**

* *Institut IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd,
marija.krstic@institutims.rs, nikola.bozovic@institutims.rs*

** *Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља
Александра 73, smmitrovic@grf.bg.ac.rs*

REZIME

U radu je prikazana komparacija rezultata ispitivanja šipova, opitom statičkog probnog opterećenja na vertikalnu silu pritiska za objekat "GRINFILD" postrojenja za proizvodnju čokolade u Novom Sadu. Prikazana su tri ispitivanja šipa izvedena u istoj geološko-geotehničkoj građi terena koji su izvedeni različitim tehnologijama. Razmatraće se CFA šip prečnika Ø600 mm, SDP šip prečnika Ø510mm i Franky šip prečnika Ø520mm. Dužine ispitivanih šipova iznose $L = 16.0$ m.

KLJUČNE REČI: šipovi, statičko probno opterećenje, CFA šip, SDP šip, Franky šip

COMPARISON OF RESULTS OBTAINED BY TESTING OF PILES DERIVED BY DIFFERENT TECHNOLOGIES IN THE SAME GEOLOGICAL CONDITIONS

ABSTRACT

The paper is present a comparison of the test results of piles, by testing the static load on the vertical pressure force for the "GRINFILD" facility of the chocolate production plant in Novi Sad. Three tests of piles performed in the same geological-geotechnical structure of the terrain, which were performed with different technologies, are presented. CFA pile diameter Ø600 mm, SDP pile diameter Ø510mm and Franky pile diameter Ø520mm will be considered. The lengths of the tested piles are $L = 16.0$ m.

KEY WORDS: piles, static test load, CFA pile, SDP pile, Franky pile

UVOD

Savremeno doba diktira kratke rokove kako za izradu projekata tako i za izvođenje radova. Stoga je od velikog značaja unapređivanje tehnologija izvođenja sa ciljem da se ubrza proces gradnje, a smanje troškovi. I pored svih unapređenja kojima se podstiče građevinska industrija, od najvećeg značaja je da izvedeni objekti imaju odgovarajući stepen sigurnosti. Zato je potrebno da se sprovedu detaljne analize i eksperimentalna istraživanja kako bi se nove tehnologije uporedile sa već priznatim i poznatim postupcima izvođenja i zadovoljili svi kriterijumi u pogledu nosivosti i funkcionalnosti. U poslednje vreme, varijanta izvođenja šipova SDP tehnologijom je čest izbor projekatana i izvođača radova. Zbog toga ovaj rad predstavlja uporednu analizu nosivosti SDP šipa sa zastupljenijim tehnologijama izvođenja kao što su CFA i Franky šipovi.

GEOLOGIJA

Predmetna lokacija leži u ostacima nekadašnjeg meandra Dunava koji prolazi kroz poslednji stadijum aluvijalno-barskog procesa, zabarena depresija poznata pod imenom Kaćanski Rit ili Veliki rit. Lokacija ima sve morfološke karakteristike klasične mrtvaje – bare obrasle visokim barskim rastinjem i promenljivim stepenom ovodnjenosti koji je

direktno zavisio od količine padavina, ali prvenstveno od kolebanja nivoa reke Dunav.

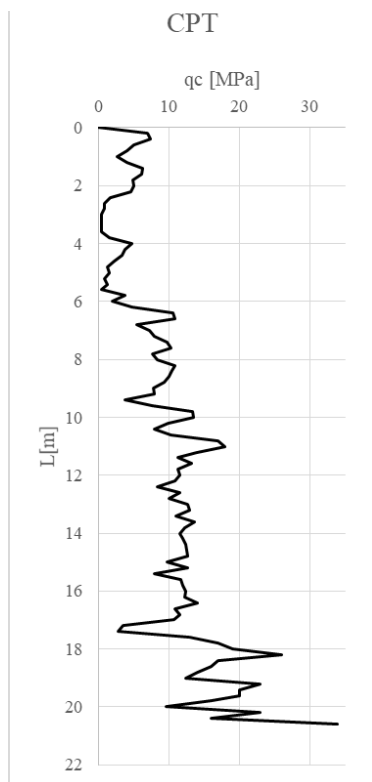
Geološki sastav terena i fizičko-mehaničke karakteristike:

Nasuto tlo-refulisan pesak n^P: Nasuto prilikom uređivanja močvarnog terena u debljini 2,2 m. Pesak je sitan do srednjezrn, loše granulacije, ujednačenog sastava.

Humificirano tlo h^t: jasno izraženo tamno smeđe boje sa žilicama i korenjem biljaka. Dominantno prašinastog sastava. Debljina 2,2 m.

Muljevito – peskovita glina gl^{mp}: Homogeno sivo – plava glina sa dosta primesa organske materije, sive boje. Srednje do visoke plastičnosti, mekog stanja konzistencije. Debljine do 1,5 m.

Prašina peskovoto glinovota Pr^{p-gl}: Niskoplastična prašina sa promenljivim



Slika 1. Kriva promene otpora prodiranja konusa po dubini q_c - CPT opit

Figure 1. Curve of change of cone penetration resistance by depth q_c - CPT experiment

učešćem peskovite frakcije. Debljina do 1,2m.

Pesak P: Dominantno srednje zrno, dobro zbijen i slabo stišljiv sive boje. Debljine do 5,8m.

Pesak P*: Dobro zbijen, sitan i prašinstan jednoličan i loše granulisan sive boje sa primetnim mirisom organske materije. Debljine do 15,9m.

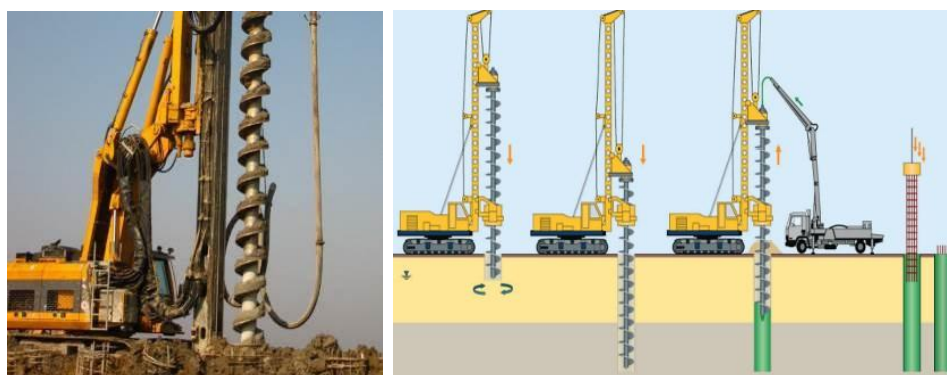
Tabela 1. Geotehnički računski model terena
Table 1. Geotechnical computational model of the terrain

R.B.	Sloj	Debljina (m)	γ (kN/m)	Φ (step)	c (kPa)	Ms (kPa)	qc (MPa)
1	n^p i h^t	4,4	19,6	31	0	18,3	0,5-4,0
2	g^{lmp}	1,5	18,6	22	10	4,16	0,4-3,8
3	Pr^{p-gl}	1,2	18,6	28	5	6,1	5,4-10,8
4	p	5,8	18,4	30,5	3	9,0	7,6-18,0
5	P*	15,9	19,6	32	0	14,4	4,0-25,0

TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA ŠIPOVA

CFA (Continuous Flight Auger System) tehnologija izvođenja šipova

Način izrade CFA šipova se sastoji iz tri faze: bušenje svrdlom do potrebne dubine, zatim se na vrh beskonačne spirale namontira izlaz betonske pumpe i kontrolisano se ugrađuje beton kroz središnji otvor beskonačne spirale od dna bušotine na više, uz postepeno izvlačenje beskonačne spirale iz bušotine i po završenom betoniranju, uz pomoć vibratora u svež beton se ugrađuje ranije pripremljen armaturni koš. Kontinualno svrdlo čini zidove bušotine stabilnim, što eliminiše upotrebu zaštitnih kolona i bentonita. Prečnici šipova su od 200mm do 1200mm.



Slika 3. Tehnološki postupak izgradnje CFA bušenih šipova
Figure 2. Technological procedure for construction of CFA drilled piles

FRANKY tehnologija izvođenja šipova

"Franki" šipovi su šipovi liveni u tlu. Preporučljivo je da radni plato bude dobro isplaniran, po mogućstvu nasut, šljunkom, peskom ili šljakom koji propušta vodu i sprečava tonjenje makare.

Proces izrade: Čelična cev zahtevanog prečnika se pobija do određene dubine pomoću dizel ili hidrauličnog malja, ubacuje se projektovani armaturni koš, vrši se betoniranje do zahtevane kote i cev se izvlači uz snažno vibriranje betona. Prečnici čeličnih cevi za pobijanje su: 406, 520 i 600 mm dužine do 25 m.

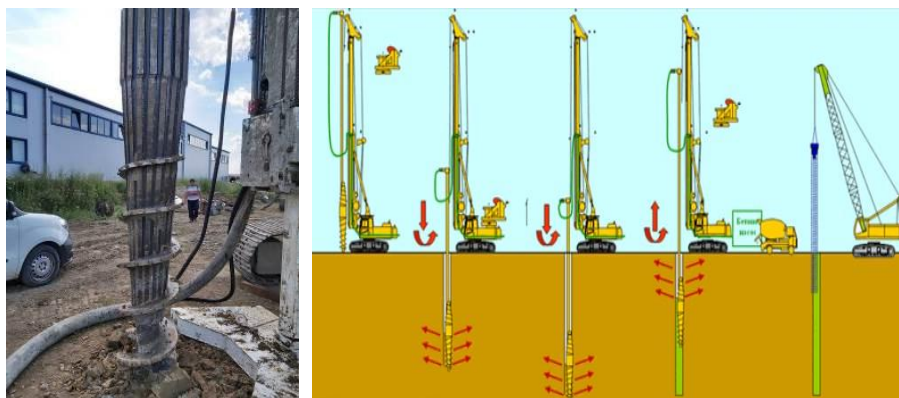


Slika 4. Tehnološki postupak izgradnje FRANKY bušenih šipova
Figure 4. Technological process of construction of FRANKY drilled piles

SDP (Soil Displacement Piles) tehnologija izvođenja šipova

SDP šipovi su bušeni šipovi liveni na licu mesta koji se izrađuju utiskivanjem burgije mašinom za bušenje uz veliki obrtni momenat. Cilindrična šupljina u tlu se za ovaj tip šipova formira zbijanjem okolnog tla pomoću specijalno oblikovanog svrdla, koji se hidraulički utiskuje uz rotaciju. Zbijanje poboljšava karakteristike tla što ovim šipovima daje povećanu nosivost po omotaču kao i bazi šipa u odnosu na bušeni šip istog prečnika. Ošupljen cevasti alat se rotira i buši po kontrolisanoj stopi prodiranja. Bušilica se naknadno povlači iz zemlje konstantnom brzinom i rotacijom. Tokom faze povlačenja beton se upumpava pod konstantnim pritiskom u ošupljenu cev burgije popunjavajući prazninu formiranu u tlu.

Čim se burgija kompletno povuče iz bušotine, armaturni koš mora biti ubačen u svež beton i postavljen do projektom određene dubine. Prečnici šipa mogu biti 360mm, 440mm, 510mm i 620mm. Prateći razvoj rotacionog pogona velikog obrtnog momenta i opreme za bušenje koja sa nastavlja, kao i sile izvlačenja veličina prečnika i dubina SDP šipova se značajno povećava i moguće je raditi SDP šipove u različitim vrstama tla uključujući glinu, mulj, treset, pesak I peskoviti šljunak. Koristeći visok pritisak generisan opremom sa novorazvijenim sistemima za kontrolu i monitoring, takođe je moguće raditi SDP šipove u krutom tlu i čak u stenama.



Slika 2. Tehnološki postupak izgradnje SDP bušenih šipova
Figure 2. Technological process of construction of SDP drilled piles

UPOREĐIVANJE DOBIJENIH REZULTATA NA TERENSKIM ISPITIVANJIMA

Ispitivanje šipova opitom statičkog probnog opterećenja na vertikalnu silu pritiska izvršeno je opitom u kome su kao potisno sredstvo upotrebijene dve hidraulične prese pojedinačnog kapaciteta 250 t. Prese su se odupirale o kontra teret, tj. balast izgrađen od betonskih blokova i čeličnih profila.

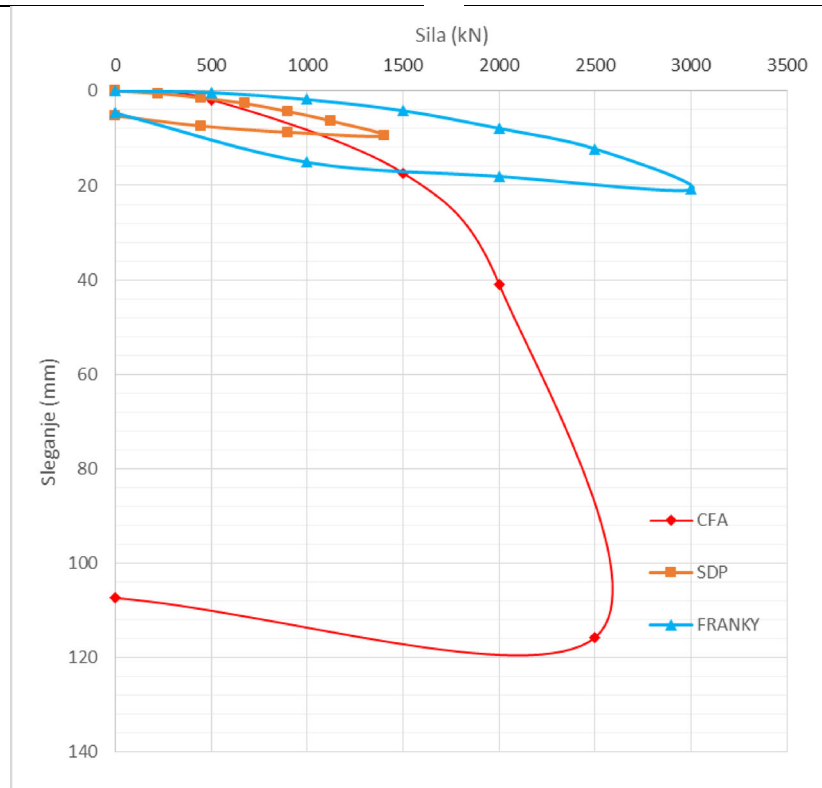


Slika 5. a.)Konstrukcija za odupiranje Kontra teret –balast b.)položaj hidraulične prese u toku ispitivanja
Figure 5. a.) Resistance construction Counter load - ballast b.) position of hydraulic press during testing

Sila kojom se vršilo ispitivanje aplicirana je putem hidrauličnih presa koje su se odupirale o balast. Merenje sleganja ispitivanog šipa pratilo se na četiri digitalna komparatera koji su bili vezani za referentne grede pod uglom od 90°. Predviđeni programi ispitivanja SDP, CFA i Franky šipova prikazani su u Tabelama 2 i 3. Rezultati ispitivanja šipova prikazana su na Grafiku 1.

Tabele 2 i 3. Predviđeni program nanošenja opterećenja i rasterećenja za Franky, CFA i SDP šipove
 Table 2 and 3. Planned load and unloading program for Franky, CFA and SDP piles

Program za Franky i CFA šipove		Program za SDP šip	
Veličina opterećenja u	Veličina sile	Veličina opterećenja u	Veličina sile
(%)	(kN)	(%)	(kN)
25	500	25	225
50	1000	50	450
75	1500	75	675
100	Q_r=2000	100	Q_r=900
125	2500	125	1125
155	Q_{max}=3000	155	Q_{max}=1400
100	2000	100	900
50	1000	50	450
0	0	0	0



Grafik 1. Prikaz dijagrama sila-sleganje pri opterećenju i rasterećenju za CFA, SDP i Franky šipove
 Graph 1. Display of force-settlement diagrams under load and unloading for CFA, SDP, Franky piles

GRANIČNA NOSIVOST ŠIPA

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja pristupa se određivanju granične nosivosti prema dve metode:

Metoda Chin-Kondner

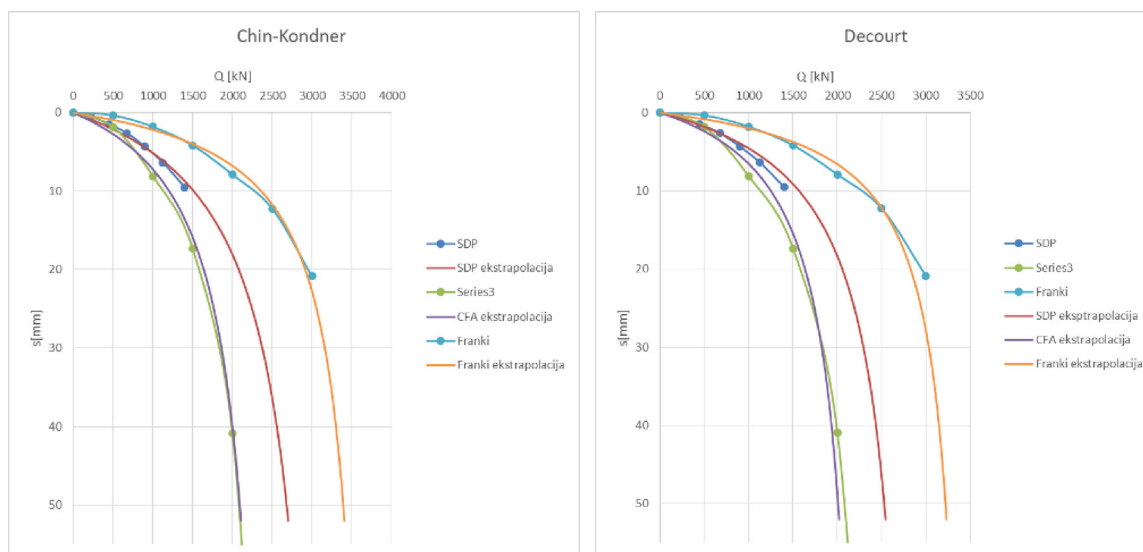
Za sleganja s koja su u području većih opterećenja i većih merenih sleganja, opterećenje Q u funkciji sleganja s se aproksimira hiperbolom u obliku $s/Q=C1s+C2$, gde su $C1$ i $C2$, parametri prave transformisane hiperbole koji se mogu odrediti iz izmerenih veličina sleganja. Kada sleganje teži beskonačnosti, asimptotska vrednost opterećenja Q daje moguću definiciju granične nosivosti šipa kao $Q_u=1/C1$.

Metoda Decourt

Određuje se prava uređenog para tačaka $(Q/s, Q)$. Tako dobijena linearna funkcija ima tendenciju da preseče apscisu (osu opterećenja). Koeficijent $C1$ opisuje nagib prave, dok $C2$ presek sa apscisom. Tada se granično opterećenje određuje kao $Q_u=C2/C1$. Kriva sila-sleganje može se sračunati kao $Q= C2s/(1-C1s)$ i potrebno je da što bolje aproksimira izmerenu sila-sleganje krivu.

Tabela 4. Prikaz rezultata granične nosivosti šipa
Table 4. Presentation of the results of the ultimate bearing capacity of the pile

	Chin Kondner	Decourt
	(kN)	(kN)
SDP	3320	2990
CFA	2360	2200
FRANKY	3800	3550



Grafik 2. Prikaz dijagrama sila-sleganje pri opterećenju i rasterećenju za CFA, SDP i Franky šipove po metodi Chin-Kondner i Decourt

Graph 2. Display of force-settlement diagrams under load and unloading for CFA, SDP and Franky piles by Chin-Kondner and Decourt method

Iz izmerenih krivih može se uočiti da SDP tehnologija šipova povoljno utiče na odgovor šipa pri dejstvu aksijalne sile pritiska. Nivo opterećenja do koga je ispitan SDP šip je manji u odnosu na preostala dva šipa. Razlog za to je što je SDP šip prvi ispitan šip i balast koji je postavljen kao reakciono opterećenje nije bio dovoljne težine da bi se nastavilo sa opterećivanjem. Međutim, već pri početnim inkrementima, SDP šip izražava veću krutost u poređenju sa CFA šipom, tj. razvijaju se manje deformacije za isti nivo opterećenja. Ako se uporede vrednosti granične nosivosti dobijene metodama hiperboličke ekstrapolacije, može se uočiti da je nosivost SDP šipa veća za 40% od nosivosti CFA šipa, a manja za 14% od nosivosti Franki šipa prema metodi Chin-Kondner, odnosno veća za 36% od nosivosti CFA šipa, a manja za 19% od nosivosti Franki šipa prema metodi Decourta. Hiperbolička ekstrapolacija ima veću pouzdanost ukoliko je šip bliže ostvarenju granične nosivosti u testu opterećenja, kao što je to bio slučaj pri ispitivanju CFA šipa. Dalje povećanje opterećenja SDP šipa uticalo bi na veću tačnost ekstrapolacije, međutim razlike u ostvarenim sleganjima za isti nivo opterećenja, govore o povećanoj rezervi nosivosti SDP šipa u odnosu na CFA šip. Zaključuje se da postupak zbijanja tla pri izvođenju SDP šipa ima pozitivan efekat na povećanje nosivosti, s druge strane uvećanje baze kod Franki šipa i postupak njenog izvođenja značajno utiču na prednost po kriterijumu nosivosti u odnosu na preostale metode izvođenja.

ZAKLJUČAK

U radu je prikazano ponašanje SDP, CFA i Franky šipa pod dejstvom aksijalne sile pritiska. Sva tri šipa su izvedena u istim geološkim uslovima, iste dužine i približnog prčnika. Ispitivanje je pokazalo da SDP tehnologija ima prednost u odnosu na CFA tehnologiju posmatrajući kriterijum nosivosti, dok je Franki šip prema tom kriterijumu najkonkurentnija metoda. Međutim, ako se posmatra kriterijum efikasnosti izvođenja, CFA i SDP tehnologija svakako imaju prednost u odnosu na Franki tehnologiju.

Najbolji princip za utvrđivanje ponašanja šipa pod dejstvom aksijalne sile pritiska je statičko ispitivanje šipova jer se meri sleganje šipa pri dejstvu realnog opterećenja koje se očekuje da će delovati u eksploataciji objekta. Ovo je vremenski i finansijski najzahtevnije ispitivanje šipa, ali u pogledu preciznosti i verodostojnosti rezultata, ova metoda daje najverovatnija rešenja. Rezultati ispitivanja probnih šipova pre početka radova mogu uticati na odabir tehnologije ispitivanja, kao i na izmene u projektu fundiranja koje mogu značajno smanjiti ukupnu cenu projekta. Odabir odgovarajuće tehnologije izvođenja pored ispunjavanja kriterijuma nosivosti pretno je da obezbedi efikasnost izvođenja u smislu što boljeg učinka.

LITERATURA

- Projektno-tehnička dokumentacija i fotodokumentacija ispitivanja šipova, Arhiva Instituta IMS. Milan Maksimović, Mehanika tla, Beograd 2008.
 Slobodan Čorić, Geostatički proračuni, Beograd 2006.
 Chin, F.K. "Estimation of the Ultimate Load of Piles Carried to Failure", Proc.2nd Southeast Asia. Conference on soil Engineering,1970.

Santrač P., Zoltan V., Bajić Ž.: Karakteristike i analiza nosivosti šipova sistema „FDP”, Geotehnički aspekti građevinarstva 2019.

<https://www.ecanet.com/uploads/files/Resources/FDP-905-657-2.pdf>

<https://lhr.rs/cfa-2/>

<https://lhr.rs/sdp-fdp-sipovi/>

<https://lhr.rs/franky-simplex-2/>