

Stručni rad
Professional paper
UDC: 624.13“722“(497.6 RS)

INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI ZA NADVOŽNJAK NP1 NA KORIDORU Vc

Neđo Đurić¹, Petar Mitrović¹, Anđa Đujić¹, Snežana Tadić¹

¹*Tehnički institut Bijeljina, E.mail: tehnicki@tehnicki-institut.com*

REZIME

Koridor Vc je dio mreže TEM transportne infrastrukture Jugoistočne Evrope, koji prolazi kroz Bosnu i Hercegovinu. Trasa počinje na sjeveru od rijeke Save, odnosno granice Hrvatske do Jadranskog mora. Za potrebe izrade projektne dokumentacije od idejnog rješenja do glavnog projekta, provedena su određena istraživanja terena u dijelu trase i objekata na trasi autoputa koji prolazi kroz Republiku Srpsku. Istraživanja sa pratećim laboratorijskim ispitivanjima i izradom tehničke dokumentacije trajala su oko 3 godine.

Na trasi autoputa nalazi se veći broj objekata, za koje su posebno rađena određena istraživanja i laboratorijska ispitivanja. U radu će se prikazati rezultati istraživanja i ispitivanja, kao i geotehnički proračuni za optimalne dubine temeljenja objekta nadvožnjaka NP1, stac. km 1+400,00

Ključne riječi: autoput, inženjerskogeološka istraživanja, istražni radovi, geostatičke analize

ENGINEERING GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATION WORKS FOR OVERPASS NP1 CORRIDOR Vc

ABSTRACT

Corridor Vc is part of the TEM network of transport infrastructure of South East Europe, passing through Bosnia and Herzegovina. The route starts in the north of the Sava River, and the Croatian border to the Adriatic Sea. For the purposes of design documents from conceptual design to the project, carried out the definition of research in the field of track and facilities on the route of the highway that passes through the Republic of Serbian. Studies with additional laboratory tests and production of technical documentation lasted about 3 years.

On the motorway there are a large number of objects, which are specifically done some research and laboratory testing. The paper will show rezultati research and testing, and geotechnical calculations for the optimal depth of the foundation building the overpass NP1, Staci. 1 km +400,00.

Keywords: highway, engineering research, research, analysis geostatic

UVOD

Na dijelu trase autoputa koridor Vc od granice sa Hrvatskom, Svilaj – Novi Grad na stac. km 1+400,00 nalazi se nadvožnjak NP1, dimenzija 82,0 x 12,0 m, koji je u sklopu objekata petlje Odžak, slika 1. Planirani istražni radovi za širi prostor bili su ograničeni zbog nepristupačnosti terena usljed

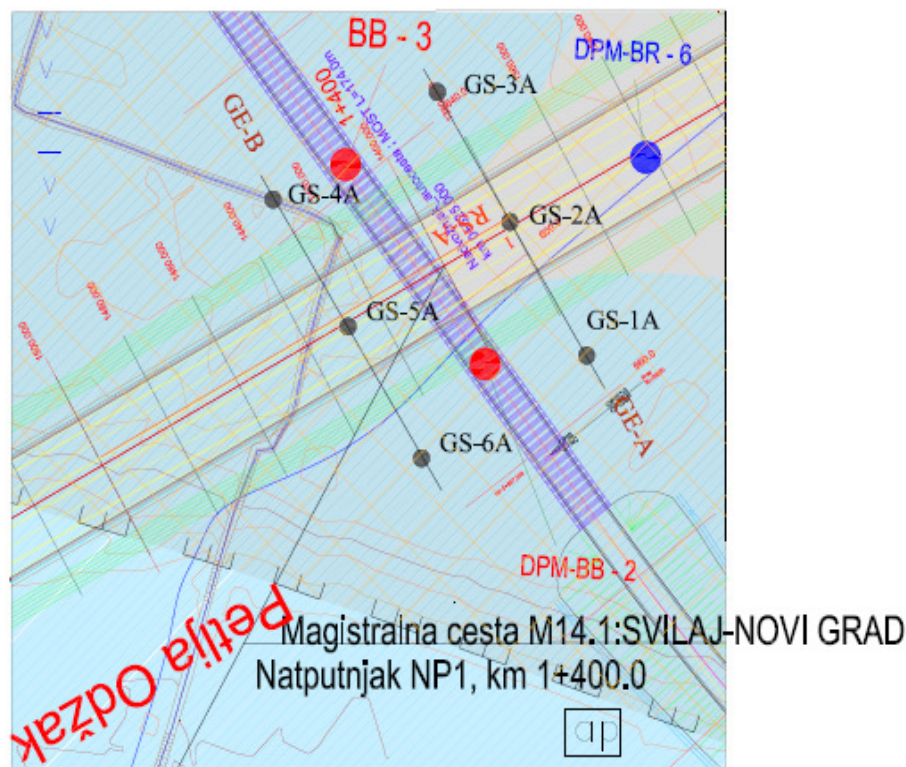
prisustva mina, zatim melioracionih kanala i zamočvarenosti terena. Uvažavajući stanje na terenu, djelimično je izmijenjen obim i vrsta istražnih radova, ali dovoljan za sagledavanje osnovnih podataka o terenu.

Složenost geološke građe terena i nemogućnost izvođenja dovoljnog broja istražnih bušotina, zahtijevala je istraživanja koja se mogu izvesti. Tako su provedena geofizička istraživanja i terenski opit DPM-a. Dobiveni podaci poslužili su u dovoljnoj mjeri da se stekne slika o terenu i predlože određena rješenja.

Provedeni geostatički proračuni za definisani model terena, pokazali su da se može vršiti duboko fundiranje nadvožnjaka NP1 u slojevima šljunka. Za datu nosivost šipova, slijeganja su zadovoljavajuća. Ipak predlaže se statičko testiranje pilota za svaku inženjerskogeološku jedinicu, kako bi se potvrdila predložena metodologija.

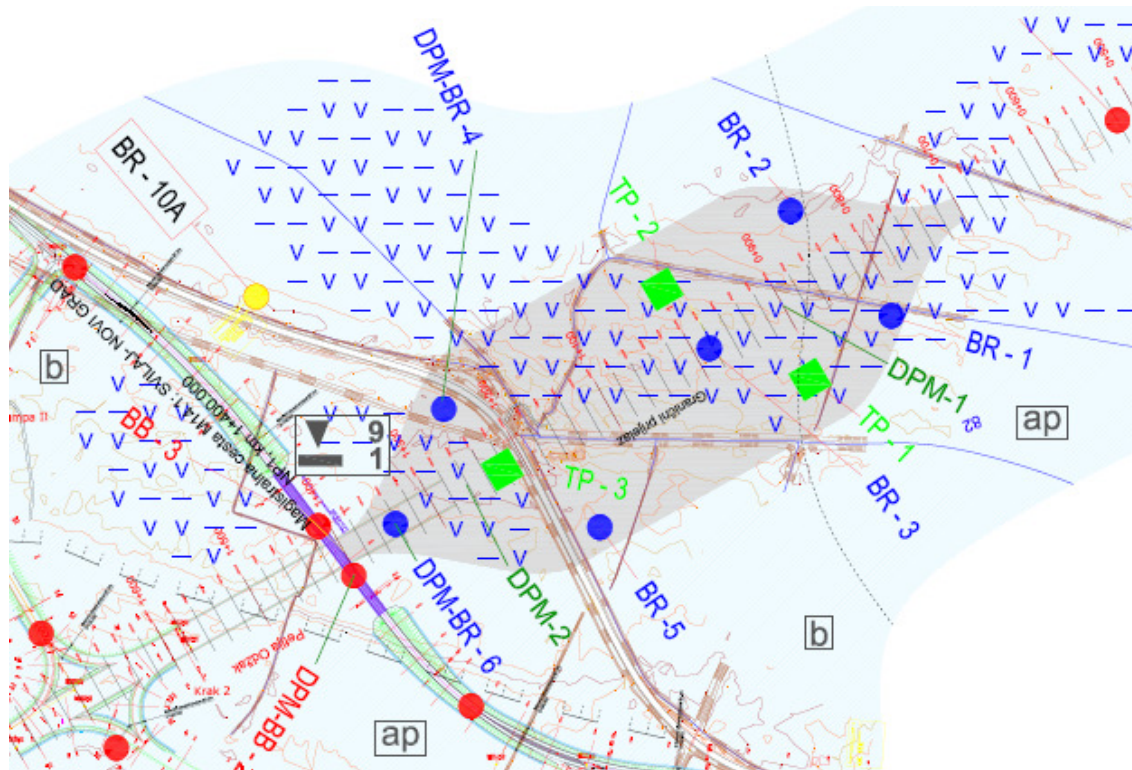
GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Prema geomorfološkim karakteristikama posmatrano šire, teren pripada akumulacionom reljefu južne Posavine. U geološkoj građi terena zastupljeni su kvartarni sedimenti pleistocenske (Q_1) i holocenske (Q_2) starosti. Pleistocenske starosti su nerasčlanjeni sedimenti riječnih terasa (t_1 i t_2), a holocenskim pripadaju savremeni sedimenti riječnog korita (a), sedimenti poplavnih područja (ap) i barski sedimenti (b), slika 2.



Slika 1. Situacioni plan nadvožnjaka NP1 na trasi autoputa koridor Vc
Figure 1 Site plan NP1 overpass on the route of the highway corridor Vc

Na lokaciji nadvožnjaka NP1 teren je subhorizontalan sa apsolutnim visinama od 86,00 – 89,00 mnm i karakteriše sedimente riječnog korita. Izdvajaju se barski sedimenti (b) i aluvijalno-plavni sedimenti (ap) na površini terena, a sedimenti mlađe i starije riječne terase (t_1 i t_2) izgrađuju dublje dijelove terena.



Slika 2. Geološke karakteristike terena
Figure 2 Geological characteristics of the terrain

Barski sedimenti (b) predstavljeni su glinom pjeskovitom, maksimalne dubine do 0,5 m, dok su aluvijalno-plavni sedimenti (ap) predstavljeni glinama sa većim učešćem prašinate frakcije preko 66% i znatno manje prašinih čestica do 18%. Moćnost sloje je oko 4,0 m.

Sedimenti mlađe riječne terase (t_1) predstavljeni su sitno do srednjezrnim pijeskom zaglinjenim, sa prisustvom glinovito-prašinate frakcije do 27%, moćnosti oko 1,5 m. Podinu pijeska izgrađuje sloj gline muljevite sa učešćem glinovite frakcije do 86%, moćnosti oko 1,5 m. Ispod gline muljevite istaložen je sloj gline prašinate sa učešćem prašinate frakcije do 83% i pjeskovitih čestica do 12%, moćnosti sloja oko 2,0 m. Najniži član sedimenata mlađe terase (t_1) izgrađen je od srednjezrnog do krupnozrnog šljunka pjeskovitog u kome su zastupljene frakcije gline i prašine do 14%, moćnosti do 4,5 m.

Sedimenti starije riječne terase (t_2) predstavljeni su sitno do srednjezrnim, rjeđe krupnozrnim šljunkom zaglinjenim. Sadržaj pjeskovite frakcije je do 37%, a glinovito-prašinih čestica do 25%. Moćnost sloja nije utvrđena istražnim radovima.

Prema hidrogeološkim karakteristikama sredine koje izgrađuju teren predstavljaju slabo do srednje vodopropusne stijene međuzrske poroznosti. U slabovodopropusne stijene izdvajaju se muljevite barske (b), aluvijalno-plavne (ap) i terasne (t_1) gline. Koeficijenti filtracije se kreću po USBR-u od $k = 1,5 \times 10^{-8} - 8,0 \times 10^{-9}$ m/s. U hidrogeološkom smislu predstavljaju hidrogeološki izolator. Srednje vodopropusne stijene međuzrske poroznosti su šljunak i pijesak. Koeficijenti filtracije po USBR-u se kreću od $k = 3,6 \times 10^{-5} - 4,0 \times 10^{-7}$ m/s i imaju funkciju hidrogeološkog kolektora.

Terasni sedimenti (t_1 i t_2) karakterišu prisustvo vodonosnika u propusnim stijenama međuzrske poroznosti. Vodonosnik je formiran u dva horizonta, od kojih je prvi moćnosti 1,5 m, a moćnost drugog horizonta nije utvrđena. Horizonti su razdvojeni vodonepropusnim sedimentima. Nivo

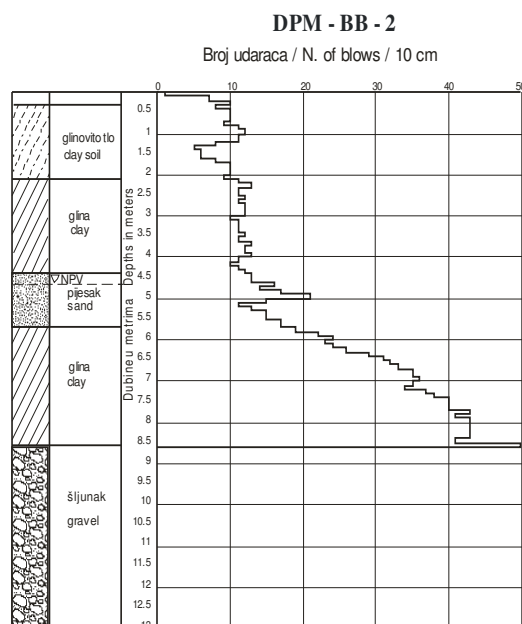
podzemnih voda kreće se oko 3,9 m. Prihranjivanje vodonosnika vrši se od padavina iz pliokvartarnih sedimenata i rijeke Save.

Savremenih geološki procesi karakterišu zamočvarenje, obzirom da je teren ravničarski. To je posljedica zadržavanja atmosferskih, poplavnih i/ili podzemnih voda na površini terena u dužem periodu. Lokacija NP1 podložna je poplavama od strane podzemnih voda, koje za vrijeme visokih nivoa lako dospiju na površinu, jer se u površinskoj zoni prostiru pjeskoviti sedimenti kroz koje se voda lako infiltrira. Nivo podzemnih voda zavisan je i od nivoa vodostaja rijeke Save gdje se ostvaruje direktna hidraulička veza. Voda na površini terena ostaje sve dok ne opadne nivo rijeke Save. Na užim lokacijama urađeni su melioracioni kanali, tako da se teren brzo isuši. U prirodnim uslovima teren je uslovno stabilan.

PROVEDENI ISTRAŽNI RADOVI

Nepristupačnost terena djelimičnu je uslovia promjenu obima i vrste istražnih radova. Tako umjesto planiranih šest (6) istražnih bušotina dubine 10,0 – 15,0 m, urađene su dvije bušotine, a na mjestima planiranih bušotina izvedeni su opiti DPM. U radijusu oko 500,0 m urađeno je detaljno geološko kartiranje terena u razmjeri 1:5000 i 1:1000. Registrovano je stanje i sastav površinskog dijela tla, kao svih inženjerskogeoloških i hidrogeoloških procesa i pojava koji bi mogli imati uticaja na izgradnju i eksploataciju objekta.

Opiti DPM-a kao zamjenski radovi za istražno bušenje, provedeni su do dubine 10,0 m. DPM predstavlja terenski penetracioni opit gdje teg od 20,0 kg gravitaciono pada sa visine 0,5 m. Na svakih 0,1 m bilježi se broj udaraca, a opit traje do postizanja 50 udaraca za dubinu prodiranja šiljka od 0,1 m. Prema važećim standardima DIN 4094 i EC 7, određuje se relativna čvrstoća i zbijenost, te stišljivost i otpor na smicanje površinskih naslaga, slika 3.



Slika 3. Dijagram dinamičke otpornosti tla
Figure 3 Diagram of the dynamic resistance of ground

Geofizička istraživanja provedena su metodom geoelektričnog sondiranja i refrakcionog profiliranja. Urađeno je devet (9) geoelektričnih sondi i jedan (1) refrakcioni profil duž osovine puta, dužine 120,0 m. Izdvojene su tri sredine, a dobiveni podaci uglavnom odgovaraju podacima dobivenim istražnim bušenjem i laboratorijskim ispitivanjima za iste sredine.

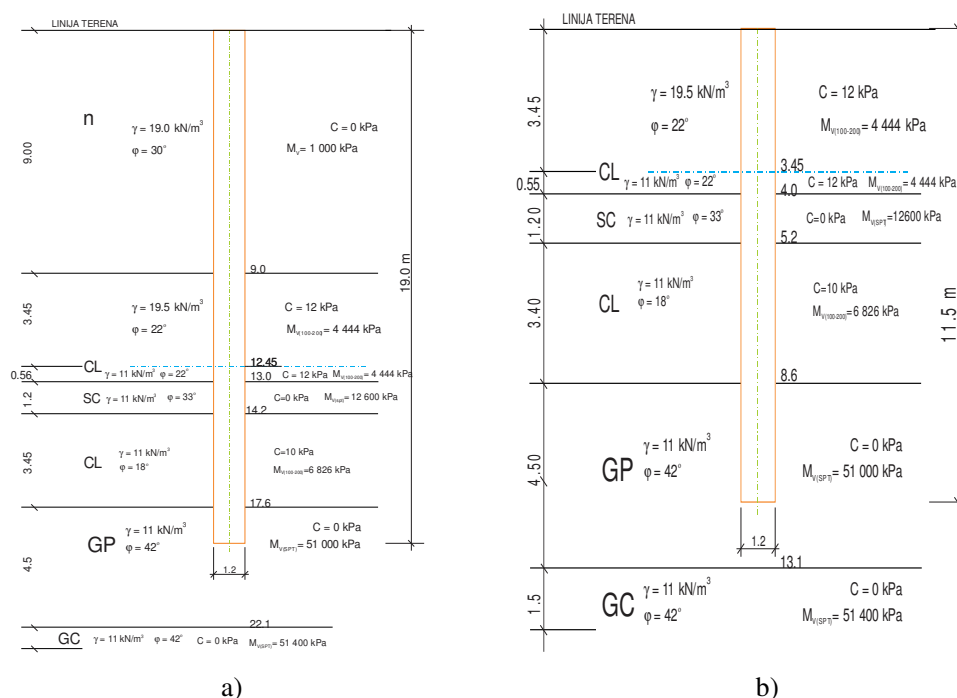
Laboratorijska ispitivanja provedena su na uzorcima uzetim na terenu tokom istražnog bušenja. Za litološke članove koji imaju značajan uticaj na stabilnost objekta, određene su fizičko-mehaničke karakteristike, a za dalje proračune uzete su srednje vrijednosti. Za nevezane materijale, mehaničke karakteristike određene su na osnovu podataka SPT. Dobivene vrijednosti računskim putem, korigovane su literaturnim podacima i iskustvenim saznanjima, tako da su iskazane vrijednosti u funkciji stabilnosti objekta.

ANALIZE GEOTEHNIČKIH USLOVA TEMELJENJA

Analiza geotehničkih uslova podrazumijevala je određivanje nosivosti šipa na karakterističnim mjestima, ispod upornjaka S_1 i S_4 , te ispod srednjih stubova S_2 , i S_3 , kao i slijeganje grupe šipova na istim mjestima.

Fundiranje natputnjaka dato je na šipovima prečnika 1,2 m, gdje minimalna dozvoljena nosivost jednog šipa $N = 4.000,00$ kN. Šipovi se rade bušenjem u sredini tla III i IV kategorije, prema GN – 200.

Geotehnički model terena urađen je do dubine 15,0 m od površine terena, odnosno od kote 86,30 mm do kote 71,30 mm. Model terena čine litološki kompleksi prikazani na sa svojim otporno-deformabilnim svojstvima, slika 4. Litološki slojevi CL i SC nemaju otporno-deformabilna svojstva pogodna za duboko fundiranje objekta, dok slojevi GP i SC imaju ta svojstva veoma povoljna. Nivo podzemne vode registrovan je na koti 82,45 mm.



Slika 4. Geotehnički model terena za nadvožnjak NP1
a) stubovi S_1 i S_4 , b) stubovi S_2 i S_3 ,
Figure 4 Geotechnical terrain model for the overpass NP1
a) poles S_1 and S_4 , b) poles S_2 and S_3 ,

Geotehnički model terena za natputnjak NP1 urađen je na mjestima ispod upornjaka S_1 i S_4 i na mjestima ispod srednjih stubova S_2 i S_3 . Od površine terena, odnosno kote 86,30 mm do dubine 15,0 m, geotehnički model terena čine sljedeći litološki kompleksi i tipovi stijena tla, datih u tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Geotehnički model terena za nadvožnjak NP1 – stubovi S₁ i S₄
 Table 1. Geotechnical terrain model for the overpass NP1 - poles S₁ and S₄

| Geotehnički model terena | Deblj. sloja (m) | NPV (m) | Zap. tež. γ (kN/m ³) | Ugao unu. trenaja φ^0 | Kohezija c (kPa) | Modul stiš. Mv (kPa) | Poiss. broj μ |
|--------------------------|------------------|---------|---|-------------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| Nasip | 9,0 | 3,85 | 19,00 | 30 | 0,00 | 1.000,00 | |
| Glina prašin. pjeskovita | 3,45 | | 19,50 | 22 | 12,00 | 4.444,00 | 0,3 |
| | 0,55 | | 11,00 | 22 | 12,00 | 4.444,00 | 0,3 |
| Pijesak prašinast | 1,20 | | 11,00 | 33 | 0,00 | 12.600,00 | 0,4 |
| Glina prašinasta | 3,40 | | 11,00 | 18 | 10,00 | 6.826,00 | 0,4 |
| Šljunak pjeskovit | 4,50 | | 11,00 | 42 | 0,00 | 51.000,00 | 0,4 |
| Šljunak zaglinjen | 3,00 | | 11,00 | 42 | 0,00 | 51.400,00 | 0,4 |

Tabela 2. Geotehnički model terena za nadvožnjak NP1 – stubovi S₂ i S₃
 Table 2. Geotechnical terrain model for the overpass NP1 - poles S₂ and S₃

| Geotehnički model terena | Deblj. sloja (m) | NPV (m) | Zap. tež. γ (kN/m ³) | Ugao unu. trenaja φ^0 | Kohezija c (kPa) | Modul stiš. Mv (kPa) | Poiss. broj μ |
|--------------------------|------------------|---------|---|-------------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| Glina prašin. pjeskovita | 3,45 | 3,85 | 19,50 | 22 | 12,00 | 4.444,00 | 0,3 |
| | 0,55 | | 11,00 | 22 | 12,00 | 4.444,00 | 0,3 |
| Pijesak prašinast | 1,20 | | 11,00 | 33 | 0,00 | 12.600,00 | 0,4 |
| Glina prašinasta | 3,40 | | 11,00 | 18 | 10,00 | 6.826,00 | 0,4 |
| Šljunak pjeskovit | 4,50 | | 11,00 | 42 | 0,00 | 51.000,00 | 0,4 |
| Šljunak zaglinjen | 1,50 | | 11,00 | 42 | 0,00 | 51.400,00 | 0,4 |

Geostatičke analize urađene su za duboko fundiranje na bušenim šipovima, kroz analizu nosivosti šipova i slijeganje grupe šipova. Nosivost šipova analizirana je po metodi Brinch Hansen-a, posebno za svako stubno mjesto, a rezultati su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Nosivost šipova analizirana po metodi Brinch Hansen-a
 Table 3. Load piles analyzed by the method of Brinch Hansen's

| Stubno mjesto | Tip fundiranja | Metoda | Dimenzije temelja (m) | Dubina fundiranja (m) | Dozvoljena nosivost (kPa) |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Upornjaci S ₁ i S ₄ | Duboko fundiranje | Brinch Hansen-a | Φ 1,2 | 19,00 | 10.196,22 |
| Srednji stubovi S ₂ i S ₃ | | | | 11,50 | 4.840,07 |

Dobivene vrijednosti su zadovoljavajuće u odnosu na traženu minimalnu dozvoljenu nosivost šipa 4.000,00 kN. Odabrani prečnik šipa 1,20 m, omogućava da se isti fundiraju u tlu grupe GP.

Analiza slijeganja grupe šipova urađena je u odnosu na vrijednost dozvoljenog opterećenja dobivenih po metodi Brinch Hansen-a. Na lokacijama S₁ i S₄, analiza slijeganja provedena je za grupu od tri šipa, a na lokacijama stubova S₂ i S₃ za grupu od četiri šipa, tabela 4.

Tabela 4. Pregled rezultata proračuna slijeganja šipova
Table 4. Summary results of the calculation of settlement of pile

| Stubno mjesto | Metoda proračuna granič. optereć. | Sila/napon (kN/kPa) | Prečnik šipa (m) | Dužina šipa (m) | Baterija šip. (broj) | Modul stiš. Mv (kPa) | Slijeg. (cm) |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|--|-----------------|
| S ₁ i S ₄ | Brinch Hansen-a | 10.196,22/ 92,02 | 1,20 | 19,00 | 3 | n 1.000 CL 4.444 CL 4.444 SC 12.600 CL 6.826 GP 51.000 GC 51.400 | 5,81 |
| S ₂ i S ₃ | | 4.840,07/ 214,67 | 1,20 | 11,50 | 4 | CL 4.444 CL 4.444 SC 12.600 CL 6.826 GP 51.000 GC 51.400 | 4,80 |

Navedena slijeganja pokazuju da se šipovi trebaju fundirati u sloju šljunka GP. Dozvoljena veličina slijeganja je 10% od veličine prečnika šipa. Ostvareno slijeganje šipova nalazi se u tom okviru. Maksimalna razlika diferencijalnog slijeganja između šipova je 1,015 cm, što se nalazi u granicama dozvoljenog.

Prije početka izrade šipova, neophodno je uraditi preliminarni test pilota kao i radni test pilota za svaku inženjerskogeološku jedinicu. Predlaže se statičko tastiranje pilota postupkom MLT (postupak održavanje sile). Rezultati preliminarni test pilota treba da potvrde ispravnost predviđene tehnologije i stvarnu nosivost pilota.

Tokom izvođenja i eksploatacije šipova postoji mogućnost zagađenja podzemnih voda, zbog čega se moraju primjenjivati posebne mjere zaštite. U sklopu redovnog pregleda i održavanja neophodno je postaviti repere, koji bi se geodetski pratili po posebnom programu. Na taj način mogu se na vrijeme otkloniti uzroci eventualnih povećanih deformacija.

ZAKLJUČAK

Lokacija na kojoj se nalazi nadvožnjak NP1 čini subhorizontalan teren sa apsolutnim visinama od 86,00 – 89,00 mm. Karakteriše sedimente riječnog korita, gdje se izdvajaju se barski sedimenti (b) i aluvijalno-plavni sedimenti (ap) na površini terena, a sedimenti mlade i starije riječne terase (t₁ i t₂) izgrađuju dublje dijelove terena.

Geostatičke analize provedene su za uslove dubokog fundiranja za upornjake i srednje stubove, pri čemu su dobivene sljedeće vrijednosti. Za upornjake S₁ i S₄, gdje prečnik šipa Φ 1,20 m i L = 19,00 m, nosivost šipa po metodi Brinch Hansen-a je Q_f = 10.196,22 kN. Za srednje stubove S₂ i S₃, gdje prečnik šipa Φ 1,20 m i L = 11,50 m, nosivost šipa po istoj metodi je Q_f = 4.840,07 kN.

Analize slijeganja urađene su za grupe šipova. Slijeganja za upornjake S₁ i S₄, za grupu od tri šipa Φ 1,20 m i L = 19,00 m iznose 5,81 cm, a za srednje stubove S₂ i S₃, za grupu od četiri šipa Φ 1,20 m i L = 11,50 m iznose 4,80 cm. Razlika diferencijalnog slijeganja između šipova je 1,015 cm, što se nalazi u granicama dozvoljenog.

LITERATURA

1. Bowles J.: Foundation analysis and desing. Exploration, sampling, and in situ soil, measurements. Fifth edition. Publisher: McGraw Hill Higher Education, 1997.
2. Đurić N.: Osnove geologije i inženjerske geologije. Građevinski fakultet Subotica, 2009.
3. Maksimović M.: Mehanika tla, treće izdanje. Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
4. Najdanović N.:Mehauika tla u inženjerskoj praksi. Rudarski institut Beograd, Zemun, 1981.
5. Glavni projekat. Autoput – koridor Vc, lot 1 Svilaj – Vukosavlje. Grupa projekata C. Inženjerskogeološki i hidrogeološki istražni radovi i geotehnički projekat, 2010.