

Geostatički proračuni sanacije klizišta šipovima

Slobodan Ćorić, Dragoslav Rakić, Dušan Berisavljević



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Geostatički proračuni sanacije klizišta šipovima | Slobodan Ćorić, Dragoslav Rakić, Dušan Berisavljević | Zbornik radova osmog naučno-stručnog međunarodnog savetovanja - Geotehnički aspekti građevinarstva | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0005751>

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340660377>

GEOSTATIC CALCULATIONS FOR LANDSLIDE STABILIZATION BY PILES

Conference Paper · November 2019

CITATIONS

0

READS

25

3 authors:



Slobodan Ćorić

28 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

SEE PROFILE



Dragoslav Rakic

University of Belgrade

67 PUBLICATIONS 54 CITATIONS

SEE PROFILE



Dusan Berisavljevic

Institute of Transportation CIP

19 PUBLICATIONS 32 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Contribution to municipal waste geotechnical classification [View project](#)



WBIF (Western Balkans Investment Framework), EWBIF: WB13-SER-TRA-01, [View project](#)



**SAVEZ GRAĐEVINSKIH
INŽENJERA SRBIJE**
*ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS
OF SERBIA*

GEOTEHNIČKI ASPEKTI GRAĐEVINARSTVA

ZBORNIK RADOVA
OSMOG NAUČNO-STRUČNOG MEĐUNARODNOG SAVETOVANJA

*EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE
GEOTECHNICS IN CIVIL ENGINEERING
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Editor: Prof. emeritus dr Radomir Folić



Vrnjačka Banja, 13. - 15. novembar 2019.

GEOSTATIČKI PRORAČUNI SANACIJE KLIZIŠTA ŠIPOVIMA

Slobodan Ćorić, Dragoslav Rakić, Dušan Berisavljević

*Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7,
sloba.coric@gmail.com*

REZIME

U ovom radu su, polazeći od rezultata geotehničkih istraživanja, prikazani geostatički proračuni sanacije klizišta vertikalnim šipovima. Metodologija proračuna je složena, jer podrazumeva interakciju klizišta i stabilizirajućih šipova. Stoga se simultano analiziraju stabilnost klizišta i stabilnost šipova. Prilikom određivanja bočne otpornosti tla oko šipova koristi se metoda Brinč Hansena koja uzima u obzir trodimenzionalne uslove u tlu i može da se primeni u složenim geološkim uslovima koji su česti u Srbiji. Analize stabilnosti klizišta vrše se odgovarajućim metodama granične ravnoteže. Predloženim postupkom proračuna omogućeno je da otpornost čitave klizne površine, u sadejstvu sa šipovima, realizuje zahtevanu vrednost faktora sigurnosti klizišta. U vezi sa tim, u radu su prikazani svi bitni činioci.

KLJUČNE REČI: sanacija klizišta, interakcija klizišta i šipa, bočna otpornost šipova, stabilnost klizišta i šipova

GEOSTATIC CALCULATIONS FOR LANDSLIDE STABILIZATION BY PILES

ABSTRACT

In the paper are presented, on the basis of the geotechnical investigations results, geostatic calculations for landslide stabilisation by vertical piles. The calculation methodology is complex, because it is based on the interaction between landslide and stability piles. In accordance to that, landslide stability analysis and pile stability analysis are carried out simultaneously. The lateral resistance of piles is calculated by Brinch Hansen method. It includes three-dimensional effects of surrounding soil and can be applied in complex geological conditions which are very often in Serbia. The landslide stability is analysed by appropriate limit equilibrium methods. In proposed calculation procedure is assumed that complete sliding surface, together with piles, contribute to a target value of safety factor of the landslide. Accordingly, all relevant factors are presented in the paper.

KEY WORDS: landslide stabilization, landslide-pile interaction, lateral resistance of piles, stability of landslide and piles

UVOD

Prilikom sanacije klizišta važno je, pre svega, poznavanje geoloških karakteristika terena a posebno oblika kliznog tela, čvrstoće smicanja duž klizne površine i stanja podzemnih voda. U vezi sa tim treba reći da, u najvećem broju slučajeva, klizišta u Srbiji zavise od geoloških uslova u terenu. Zbog toga, treba da se vrši detaljno proučavanje svakog pojedinačnog klizišta, analizira njegova stabilnost i definišu optimalne sanacione mere (Lokin i sar., 2000).

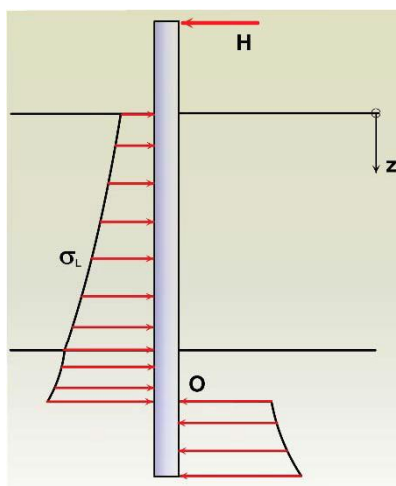
U ovom radu ćemo, polazeći od toga da su prethodno izvršena geotehnička istraživanja, prikazati geostatičke proračune koji se koriste kod sanacije klizišta vertikalnim šipovima.

ODREĐIVANJE BOČNE NOSIVOSTI TLA METODOM BRINČ HANSENA

Određivanje bočne nosivosti vertikalnog šipa opterećenog horizontalnom silom je složen inženjerski problem koji je posledica interakcije šipa i okolnog tla. On zavisi od čvrstoće okolnog tla, krutosti šipa, načina oslanjanja njegove glave kao i od rastojanja između šipova.

Prilikom određivanja bočne nosivosti tla oko šipa, po pravilu se čine određena uprošćenja kako bi se dobilo rešenje koje je prihvatljivo za geotehničku praksu. To se može da uradi na više načina (Ito, et al, 1975; Tomlinson, 1980), a u ovom radu mi ćemo prikazati metodu Brinč Hansena.

Brinč Hansen (Hansen, 1961) je predložio metodu za određivanje bočne otpornosti tla opterećenog horizontalnom silom H (Slika 1).



Slika 1. Metoda Brinč Hansena
Figure 1. Brinch Hansen's method

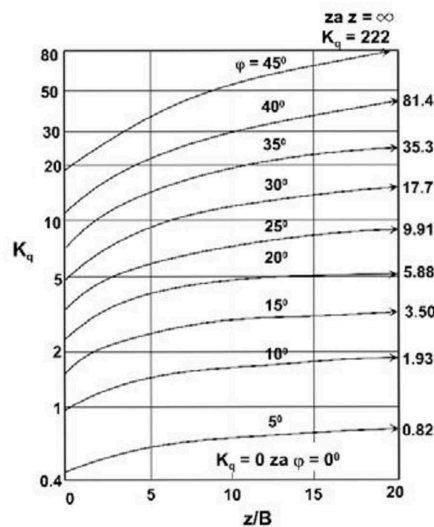
Ova metoda se odnosi na krute vertikalne šipove koji, pod dejstvom sile H , rotiraju oko tačke O . Veličina bočnih pritisaka σ_L , koja uzima u obzir trodimenzionalne uslove u kojima se šip nalazi i koja predstavlja razliku bočnih pritisaka, ispred i iza šipa, određuje se iz sledeće jednačine:

$$\sigma_L = q \cdot K_q + c \cdot K_c \quad (1)$$

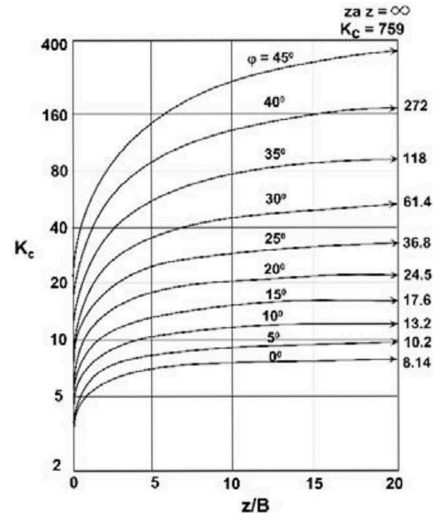
gde je:

σ_L – bočni pritisak na dubini z
 $q = \sigma_V$ – vertikalni napon na dubini z
 c – kohezija
 K_q, K_c – koeficijenti bočnog pritiska tla

Dijagrami za određivanje koeficijenta K_q i K_c dati su na Slikama 2 i 3. Na ovim dijagramima B je širina/prečnik šipa, a ϕ je ugao unutrašnjeg trenja.



Slika 2. Koeficijent bočnog pritiska tla koji zavisi od vertikalnog napona
 Figure 2. Coefficient of lateral pressure which is dependent of vertical stress (Brinch-Hansen, 1961)



Slika 3. Koeficijent bočnog pritiska tla koji zavisi od kohezije (Brinch Hansen, 1961)
 Figure 3. Coefficient of lateral pressure which is dependent of cohesion (Brinch-Hansen, 1961)

Brinch Hansenova metoda može da se primeni i u homogenim i u heterogenim terenskim uslovima i to kako za drenirane tako i za nedrenirane uslove. Stoga je ona pogodna za primenu u složenim terenskim uslovima koji su česti u Srbiji (Ćorić i sar., 2018).

Rešavanjem odgovarajućih jednačina ravnoteže, kojima se definiše ponašanje vertikalnog šipa, određuje se granična horizontalna sila koja može da deluje na šip. Na osnovu toga projektuju se stabilizacione mere i vrši se sanacija klizišta šipovima.

ANALIZA STABILNOSTI KLIZIŠTA I SANACIONIH ŠIPOVA

Klizišta su, kao i druge pojave nestabilnosti terena, tesno povezana sa svojstvima geološke sredine u kojoj se javljaju. S tim u vezi od posebnog je značaja, za izbor optimalnog načina sanacije, to što su položaj i oblik površine klizanja, po pravilu, predisponirani oslabljenim zonama koje predstavljaju mehančke diskontinuitete geološke sredine. I oni se moraju, geotehničkim istraživanjima na terenu, otkriti. Ovim istraživanjima se, zapravo, utvrđuju najbitniji parametri za analizu stabilnosti i izbor sanacionog rešenja za klizište.

U ovom radu ćemo prikazati geostatičke proračune sanacije klizišta vertikalnim šipovima. Pri tome polazimo od uslova da su geotehničkim istraživanjima određeni svi parametri potrebni za projektovanje sanacionih mera (Hutchinson, 1977).

Sanacija klizišta šipovima predstavlja vrlo složen problem koji zavisi kako od klizišta tako i od šipova, odnosno od njihove interakcije. Zato njegovo rešavanje uključuje:

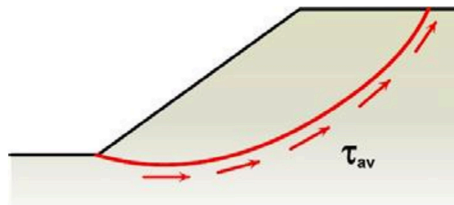
- analizu stabilnosti klizišta i
- analizu stabilnosti šipova.

Ovo će biti prikazano u nastavku teksta.

PROVERA STABILNOSTI KLIZIŠTA I ODREĐIVANJE ČVRSTOĆE SMICANJA DUŽ KLIZNE POVRŠINE

Analiza stabilnosti klizišta, i kosina uopšte, vrši se po pravilu metodama granične ravnoteže i na osnovu toga se određuje faktor sigurnosti F_s (Duncan et al., 2005; Ćorić, 2017).

U trenutku klizanja kosina/klizište se nalazi u stanju granične ravnoteže i faktor sigurnosti je jednak jedinici. Polazeći od toga, povratnom analizom može da se odredi prosečna čvrstoća smicanja duž klizne površine tla τ_{av} (Slika 4), a u slučaju reaktiviranja starih klizišta, na ovaj način se određuje rezidualna čvrstoća (Chandler, 1977).



Slika 4. Površina klizanja
Figure 4. Sliding surface

Rešavanjem sledećih jednačina ravnoteže

$$F_1 - F_2 = H_p \quad (2)$$

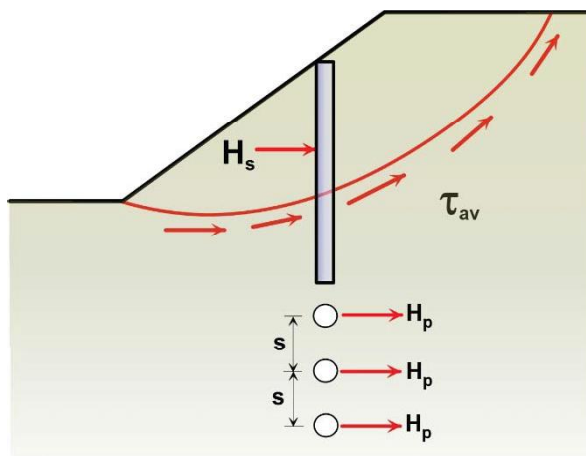
$$F_1 \cdot e_1 = F_2 \cdot e_2 \quad (3)$$

određujemo dužinu L_0 , odnosno položaj tačke rotacije O , kao i dužinu šipa ispod klizne površine L_b . Ovu dužinu bi trebalo, zbog sigurnosti, povećati za $\approx 30\%$. Na taj način je zadovoljena geotehnička nosivost šipa (Navfac, 1982; Poulos et al., 1980). A što se tiče konstruktivne nosivosti šipa, da bi se ona obezbedila potrebno je da se, za ovako određenu silu H_p , odrede presečne sile u šipu, a zatim da se izvrši dimenzionisanje šipa. U vezi sa tim treba reći da ukoliko je konstruktivna nosivost šipa manja od geotehničke nosivosti šipa, onda je ona merodavna za određivanje intenziteta horizontalne sile koju šip može da prihvati.

ODREĐIVANJE RASTOJANJA IZMEĐU ŠIPOVA KOJE OBEZBEĐUJE POTREBNU STABILNOST KLIZIŠTA

Osovinsko rastojanje između šipova s (Slika 7) određujemo iz sledeće jednačine

$$s = \frac{H_p}{H_s} \quad (4)$$



Slika 7. Klizište sanirano šipovima
Figure 7. Landslide stabilized by piles

Na ovaj način obezbeđujemo realizaciju potrebne otporne sile H_s , odnosno dobijanje traženog faktora sigurnosti, za klizište sanirano šipovima.

PROVERA STABILNOSTI SANIRANOG KLIZIŠTA

Kada proveravamo stabilnost klizišta saniranog šipovima (Slika 7), polazimo od uslova da se superponiraju otpori tla duž klizne površine i otpori koji su posledica interakcije šipa i okolnog tla. Tako da se faktor sigurnosti F_s određuje iz sledeće jednačine

$$F_s = \frac{R_s + H_s}{D_s} \quad (5)$$

gde je:

R_s – otporne sile u klizištu

H_s – otporne sile od šipova

D_s – gurajuće sile u klizištu

Ovakvim pristupom problemu određivanja stabilnosti klizišta omogućeno je da se:

- otporne sile, duž čitave klizne površine, odupiru klizanju i
- deo kliznog tela, koji je ispred šipova, uključi u realizovanje otporne sile H_s .

Kao posledica ovoga, dobija se racionalno rešenje sanacije klizišta vertikalnim šipovima.

Inače, sve analize stabilnosti klizišta vrše se, po pravilu, metodama granične ravnoteže. U geotehničkoj praksi kod nas se, za složene klizne površine, često koriste metode Janbua i Morgenstern Prajsa. A u slučaju kružnih kliznih površina koristi se metoda Bišopa i tada se u jednačini (5), umesto sila javljaju momenti.

ZAKLJUČAK

Geostatičkim proračunima sanacije klizišta treba da prethode geotehnička istraživanja kojima se određuju najbitniji parametri za analizu stabilnosti i sanaciju klizišta.

Sanacija klizišta vertikalnim šipovima je posledica interakcije šipa i okolnog tla. Stoga je, u postupku projektovanja sanacionih mera, potrebno da se izvrši simultana analiza stabilnosti klizišta i stabilizirajućih šipova.

Određivanje bočne geotehničke nosivosti vertikalnih šipova je trodimenzionalni problem i može uspešno da se reši primenom metode Brinč Hansena. Ova metoda može uspešno da se primeni na klizištima u složenim geotehničkim uslovima, koji su česti u Srbiji.

Analize stabilnosti klizišta vrše se odgovarajućim metodama granične ravnoteže. Pri tome, polazi se od uslova da otpornosti klizne površine i šipova združeno doprinose povećanju stabilnosti klizišta.

U radu su prikazani svi elementi koji predloženu metodologiju proračuna saniranja klizišta šipovima čine celovitom. U vezi sa tim treba naglasiti da njena primena podrazumeva pravilno inženjersko rasuđivanje, u svim fazama projektovanja sanacionog rešenja.

LITERATURA:

- Chandler, R.J.: Back analysis techniques for slope stabilization works: a case record. *Geotechnique* Vol. 27, No. 4, 1977, pp. 479-495.
- Ćorić, S.: Geostatički proračuni (IV izdanje). Časopis Izgradnja i Srpsko društvo za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo, Beograd, 2017. str. 460.
- Ćorić, S., Rakić, D., Ćorić, St. Basarić, I.: Bočna nosivost i pomeranja vertikalnih šipova opterećenih horizontalnim silama, *Građevinski materijali i konstrukcije*, br. 61, 2018, pp. 111-127.
- Duncan, J.M., Wright, S.G.: *Soil strength and slope stability*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2005, pp. 297.
- Hansen, J. B.: The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces, Danish Geotechnical Institute, Bulletin No. 12, Copenhagen, 1961.
- Hutchinson, J.N.: The assesment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and types of slope movement, *Bulletin IAEG.*, No. 16, 1977, pp.131-155.
- Ito, T., Matsui, T., Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles, *Soil and Foundation*, Vol. 15, No. 4, 1975., pp. 43-59.
- Lokin, P, Ćorić, S.: Metodologija istraživanja klizišta, *Rudarstvo*, Broj 17-18, Tuzla, 2000.
- NAVFAC, Design Manual DM -7.1., *Soil mechanics*, Department of the Navy, Alexandria, 1982.
- Poulos, H. G. and Davis, E. H.: *Pile foundation analysis and design*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- Tomlinson, M. J.: *Foundation design and construction*, The Pitman book, London, 1980.