

PRIMER OPREDELITVE STRIŽNE TRDNOSTI PERMOKARBONSKEGA KOMPLEKSA KLASTITOV ZA IZVEDBO STABILNEGA VKOPA NA AVTOCESTI MALENCE - ŠMARJE SAP

Franc Vidic, dipl.ing.gradb., GEOTEC LJUBLJANA d.o.o.

Irena Colarič, dipl.ing.geol., ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ, INŠTITUT ZA GEOTEHNIKO IN PROMETNICE

POVZETEK: Popolna odsotnost člankov v tej glavni temi je bila vzpodbuda avtorjema za poročanje na posvetovanju na Bledu o strižnih trdnostih in stabilitetni presoji do 20 m globokega vkopa v hribinah permokarbonskega kompleksa za avtocesto Malence - Šmarje Sap. Merodajne povprečne strižne trdnosti elementov in kompleksnega sestava permokarbonskih klastitov smo določali za projektne rešitve vkopa po eksperimentalnih metodah Bartona in Bienjavskega. Metodologija avtorjev je bila uporabljena za oceno trdnosti hribin in napovedi hribinskih tlakov pri predorskih gradnjah. Laboratorijske preiskave strižnih trdnosti vzorcev preperin in hribin so bile izvedene v direktnih in Robertsonovih strižnih aparatih z usmerjenimi laminami strukture preizkušancev vzporedno z deformacijami in pravokotno nanje nestandardni preizkusi. Iz obeh metod določanja strižnih odpornosti vzorcev in situ in v laboratoriju smo iskali korelacije in merodajne strižne trdnosti raziskovanega hribinskega kompleksa. Na osnovi opravljenih raziskav in predpisanih drenažnih del smo predlagali izvedbo vkopa brez oporne konstrukcije iz prvotnega projekta. Raziskava je nakazala korelacijo med obema metodama določitve strižne trdnosti hribine. Tovrstne metode raziskav bodo lahko v bodoče vodilo za stabilnostne ocene vkopov v heterogenih permokarbonskih hribinskih kompleksih. V črnkastem grafitoidnem skrilavcu in glinovcu se pojavljajo zdrsi vkopov, odvisni samo od kota strižnega odpora brez kohezijske trdnosti v vkopu za Kočevsko cesto na Škofljici.

THE CASE OF DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH OF PERMO-CARBON CLASTITE COMPLEX FOR CARRYING OUT A STABLE CUTTING ON A HIGHWAY MALENCE - ŠMARJE SAP

Franc Vidic B. C. E., GEOTEC LJUBLJANA d.o.o.

Irena Colarič B. S. Geol. E., INSTITUTE FOR RESEARCH IN MATERIALS AND STRUCTURES, INSTITUTE FOR GEOTECHNICS AND TRAFFIC WAYS

SUMMARY: The complete absence of papers on this main theme has been an impulse for the authors to refer on The 1st Slovenian Geotechnical Conference on Bled (93) about shear strengths and stability estimation of up to 20 m deep cutting in permo-carbon complex rock for the highway Malence - Šmarje Sap. Relevant average shear strengths of elements and complex composition of permo-carbon clastites have been determined for project solutions of the cutting according to Barton's and Bienjavski's experimental methods. The authors' methodology was applied to estimate rock strengths and prediction of rock pressures for tunnel construction. Laboratory tests on shear strengths of completely weathered rocks were performed on direct and Robertson's shear testers with oriented test specimen structural laminas in the parallel and perpendicular direction to the deformations. Correlations and relevant shear strengths of the explored rock complex were searched for by means of both site and laboratory methods of shear strength determination. On the basis of performed research and prescribed drainage works, the cutting was carried out without supporting structure foreseen in the original project. A correlation between both methods of rock shear strength determination was found. The achieved research method could be the future aid to carry out stability estimations of cutting in heterogeneous permo-carbon rock complexes. Sliding of rock depending on the shear resistance angle only and without any cohesion strength have been observed in the blackish graphitoid schists and siltstone within the cutting of the main road for Kočevje at Škofljica.

1.0 UVOD

Na odseku avtoceste od km 96,8698 do km 96,9881 je bil v vkopu v permokarbonsko pobočje predviden podporni zid (slika 1). Nadzorni inženir Republiške uprave za ceste J. Perovšek je naročil raziskavo možnosti opustitve podpornega zidu s povečanjem vkopne brežine in volumna odkopa.

2.0 GEOTEHNIČNA OPREDELITEV VKOPA

Desni vkop v pobočje (gledano proti Šmarju-Sap) je v celoti v permokarbonskem kompleksu. Za opredelitev strukturnih geoloških odnosov, geotehničnih karakteristik in hidroloških razmer smo delno že odprto pobočje za oporni zid detajlno skartirali. V času kartiranja je bila sestava hribin odkrita le na območju med profiloma P 146 in P 150, ostalo pobočje pa je bilo prekrito z glinasto meljnimi preperinami z gruščnatimi fragmenti pobočnih preperin.

Hribinsko osnovo sestavljajo permokarbonski skladi (PC) temno sivih in črnih, tanko plastovitih glinastih skrilavcev z vmesnimi folijami ali vložki sivega peščenjaka ($d \leq 50$ cm). V slojevitih paketih se pojavljajo še plasti kremenovega konglomerata, lezike kremenca in mestoma samice črnega apnenca do 200 mm. Vse opredeljene plasti so tektonsko močno povite in pretrte (pregnetene) ter praktično neprepustne, v času kartiranja suhe. Skupna debelina teh plasti je od nivoja vkopa avtoceste do 5 m nad vkopom.

Nad opisanim raščenim permokarbonskim paketom se pojavlja cona močno preperelega permokarbonskega

skrilavca, svetlo rjave do rumene barve z vmesnimi plastmi preperelega kremenovega peščenjaka.

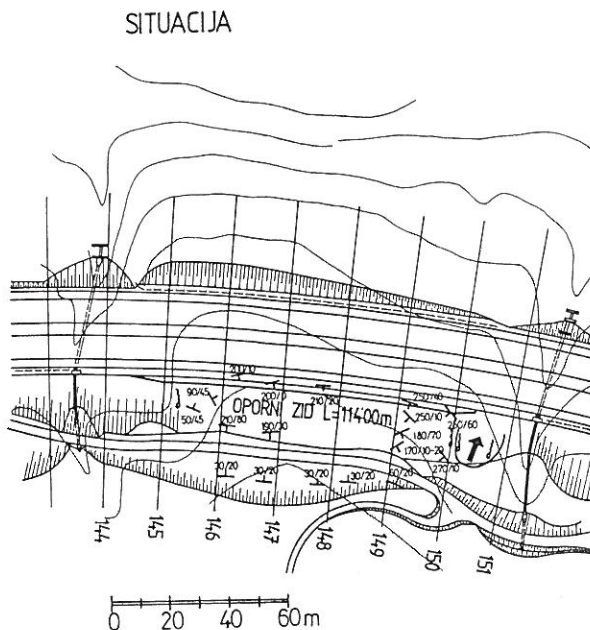
V zgornjem delu je vsled preperevanja skrilavcev in peščenjakov preperina v meljasto in glinastem grušču s fragmenti peščenjaka in laporja, vendar je plastovitost te cone še opazna. Plast je debela od $\approx 1,5 - 4,5$ m.

Tik pod humusom se nahaja plast preperine matičnih zemljin v obliki srednje do težkognetne, puste do mastne gline rumenorjave barve, s posameznimi vmesnimi kosi - bolj ali manj preperelega skrilavca in peščenjaka. Debelina preperinskega pokrova varira od $\approx 1,0 - 2,5$ m.

Na celotnem kartiranem območju so smeri vpada na površini vidnih plasti različne, koti vpada pa se gibljejo od 0 (horizontalne plasti) do 80 (skoraj navpične pl.). Glede na dobljene smeri in kote vpada smo v končni fazi konstruirali prognoistično krivuljo poteka plasti (na prerezhih na sliki 3 prikazane črtkano), ki kaže na neenakomerno, vendar v celoti nagubane plasti.

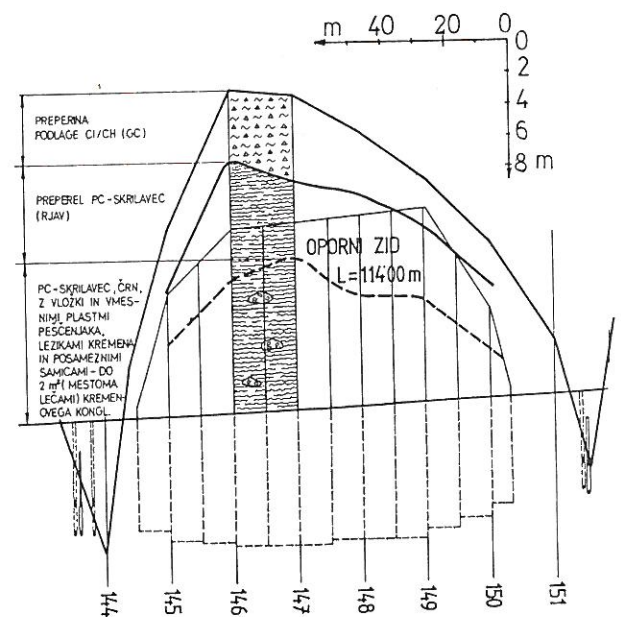
Na območju odkopa za cestno traso, je v nekaterih mestih opaziti znotraj gube popolnoma pretrto cono, kjer izgine kakršnakoli plastovitost oziroma je zabrisana zaradi pretrtosti. Vidnih posameznih ali sistemov razpok ni bilo opaziti, so pa same plasti dilatirane ali zapolnjene z zdrobino.

V pobočju sta se pojavljala dva koncentrirana izvira ob ploskvah omejenega kontakta, na več mestih se je pobočje vlažilo tako, da smo v profilih 145 in 146 opazili do nekaj metrov debelo razmočeno cono. V površinskem preperinskem glinasto gruščnatem do



Slika 1. Vkop avtoceste

VZDOLŽNI PROFIL VKOPA



Slika 2. Geotehnični vzdolžni profil vkopa

meljno peščenem sloju smo predvidevali občasno saturacijo odvisno od atmosferskih razmer ali topljenja snega.

3.0 MERODAJNE POVPREČNE KARAKTERISTIKE TAL

3.1 Površinska glinasto meljna preperina z gruščem in lečami peska

Ta cona je debela povprečno 2 m, vezivo je v težkognetnem do poltrdnem trenutnem konsistenčnem stanju. V že izvedenem (delnem) vkupu se je ta cona ohranjala stabilna in suha. Podzemna voda v opisanih pojavnostih (2) se je pojavljala v sledečem zelo degradiranem permokarbonskem kompleksu.

3.2 Preperela permokarbonska cona

Ob površini tal pod preperinskim pokrovom (3.1) se pojavlja preperela in degradirana cona osnovne hribine. Ta cona je bila ocenjena na raziskanem pobočju v debelini povprečno 2 m. Struktura preperele cone je podobna kot v raščeni hribini, folije preperin med sestavnimi elementi pa imajo že podobne strižne karakteristike kot zemljine ali polhribine.

3.3 Cona pretežnega permokarbonskega skrilavca

Coniranje hribinske podlage smo podrobneje izvedli zaradi natančnejšega pregleda spreminjanja strižnega odpora z globino, medtem ko je struktura hribine podobna kot v prepereli coni (3.2).

4.0 VREDNOTENJE TRDNOSTI HRIBIN PO BARTONU IN BIENJAVSKEM

Na terenu smo poleg geološkega kartiranja izvedli tudi opredelitve hribinskih con po kvalitetnih kriterijih Bartona in Bienjavskega (1).

Eksperimentalni odnos kvalitete hribin je opredeljen z razmerjem Q

$$Q = RQD/J_n \cdot J_r/J_a \cdot J_w/SRF \quad (1)$$

kjer pomeni

RQD	kvaliteta hribine ločkovana od 0 - 100
J_n	število sistema razpok in razmak
J_r	hrapavost najslabših razpok in njih dimenzije
J_a	stopnja preperelosti polnila ali kontakta razpoke
J_w	zavodnjenost hribine ali dotok vode
SRF	obremenjenost - stanje napetosti v hribini

Navedene elemente smo določali na terenu na (voljenem) 1 m² opazovane hribine in na karakterističnih mestih.

Vrednotenje kvalitete hribin v conah smo izvršili za glinaste skrilavce s folijami peščenjaka v prepereli in

degradirani coni in dobili sledeče vrednosti v minimalnem do maksimalnem razponu

RQD	= 20 min	30 max
J_n	= 15 (močno slojevito)	15
J_r	= 1,5	1,0
J_a	= 3,0 meljno glinasto polnilo, nezmeščano	3,0 isto
J_w	= 0,66	1,0
SRF	= 5	5

Med seboj zmnožene vrednosti po eksperimentalnem obrazcu (1) dajejo vrednosti:

$$Q = 20/15 \cdot 1,5/3 \cdot 0,66/5 = 0,09 \text{ zelo slaba "hribina"}$$

$$Q = 30/15 \cdot 1/3 \cdot 1/5 = 0,13$$

Koli strižnega odpora

$$\varphi = 27^\circ, \quad \varphi = 21^\circ \quad (J_r = 1,5 \quad J_a = 3)$$

$$\text{do } \varphi = 18^\circ \quad (J_r = 1,0 \quad J_a = 3).$$

K tem vrednostim kota strižnega odpora (aproksimiranim) lahko v dreniranih pogojih računamo na neko povprečno preostalo kohezijo c ali adhezijo med sloji.

Za skrilavce in peščenjake v podlagi pod preperelo cono so bili vrednostni elementi opredeljene v razponu:

RQD	= 30	RQD	= 25
J_n	= 12	J_n	= 15
J_r	= 2	J_r	= 1,5
J_a	= 2	J_a	= 3
J_w	= 1,0	J_w	= 0,66
SRF	= 5	SRF	= 7,5

$$Q = 30/12 \cdot 2/2 \cdot 1/5$$

$$Q = 25/15 \cdot 1,5/3 \cdot 0,66/7,5$$

$$Q = 0,5 \text{ slaba hribina}$$

$$Q = 0,07 \text{ zelo slaba hribina}$$

Ocenjeni koti strižnega odpora te cone so:

$$\varphi_1 = 45^\circ \quad \varphi_3 = 23^\circ$$

$$\varphi_2 = 22^\circ \quad \varphi_4 = 20^\circ$$

Hribinski kompleks v naravi ne bi bil stabilen pri dobljenih strižnih kotih, zato smo upoštevali za analize stabilnosti tudi delež minimalne kohezije.

Klasifikacijo hribinskega kompleksa smo okarakterizirali s

$$\varphi_{mer.} = 25^\circ \text{ do } \varphi_{mer.} = 27^\circ \quad c_{mer.} = 5 \text{ do } 10 \text{ kPa}$$

5.0 DODATNE LABORATORIJSKE PREISKAVE

Naknadno smo raziskali še strižne karakteristike površinske gline in melja težkognetne konsistence (5 preiskav).

Različne preiskave hribinskih vzorcev pa smo izvedli v Robertsonovi celici v pogojih vgradnje vzorcev:

- vzporedno s sloji skrilavcev
- pravokotno na slojevitost skrilavcev
- zdrobljene vzorce v direktnih strižnih aparatih in pri različnih saturacijah
- preiskave razpadljivosti

Rezultati preiskav so prikazani v tabeli 1.

Pregled rezultatov laboratorijskih preiskav zemljin z lokacije : AC MALENCE - ŠMARJE SAP

Vzorci vkopa AC	Opis vzorcev zemljin in hribin	Klasifikacija AC	Nar. vlaga	Konsistenčni meji			Indeks plastičnosti	Količ. konsistence	
				w	w _p	w _j			
				%	%	%			
Vkop AC med P 150 in P 149	Vz.-1	PC skrilavec, pretrt, črn	(CL)	6.2	19.7	31.9	12.2	2.1	
	Vz.-2	PC skrilavec, pretrt, temno siv	(ML)	3.7	23.9	29.7	5.8	4.5	
	Vz.-3	PC skrilavec, pretrt, črn	(ML)	1.0	ni plastičen				
	Vz.-4	PC skrilavec, pretrt, črn	(ML)	2.1	20.3	24.3	4.0	5.6	
	Vz.-5	Preperina PC skrilavca, rjava	(ML)	5.4	24.6	29.1	4.5	5.3	
	Vz.-6	PC skrilavec, pretrt, črn	(CL)	3.9	18.3	24.8	6.5	3.2	

Vzorci vkopa AC		Prostorninski teži		Obročni strig		Robertsonov strig	
		mokra	suha		kohezija		kohezija
		kN/m ³	kN/m ³	o	kPa	o	kPa
Vkop AC med P 150 in P 149	Vz.-1	22.1	20.8	14	10	*23 +30	0 40
	Vz.-2	23.3	22.5	25	4	*30 +36	10 14
	Vz.-3	26.9	26.6	28	7	*34 +36	12 26
	Vz.-4	26.7	26.2	27	6	*34 +36	30 26
	Vz.-5	23.7	22.5	29	6	*35 +37	26 22

* preplavljen, močno vpija vodo
+ nepreplavljen

6.0 POGOJI IZVEDBE VKOPOV BREZ OPORNEGA ZIDU

6.1 Povzetek sestave tal

Iz stabiliziranega kartiranja so vidne tri cone:

- glinasta preperina z meljem, humusom, fragmenti permokarbonskega skrilavca, težkogetne do poltrdne konsistence
- prepereli permokarbonski skrilavec sive rjavkaste barve s folijami preperelih kontaktov, redki vložki in sloji peščenjaka
- permokarbonska osnova pretežno črnega glinastega skrilavca z vložki peščenjaka in konglomerata

V drugi in tretji coni se lokalno izceja voda pretežno iz pretrtega peščenjaka, kar je treba zajeti z drenažo.

6.2 Ocenjene strižne odpornosti hribin v naravi

V raziskovanih hribinah je določitev merodajnih strižnih karakteristik kompleksen problem glede na neizdelano metodologijo ugotavljanja strižnega odpora in situ. Iz klasifikacij smo ocenili

- preperine glin in melja φ_{mer} 20 - 24°
 c_{mer} 5 - 10 kPa
- preperina permokarbonska φ_{mer} 25 - 27°
 c_{mer} 5 kPa
- permokarbonski kompleks φ_{mer} 27°
 c_{mer} 5 kPa

7.0 PREDLOG IZVEDBE NAKLONA BREŽIN

Na osnovi teh privzetkov smo ocenili, da bo mogoče izvesti naklon brežine 1:2 z bermom za cestno deviacijo v primerni višini po dogovoru s projektanti.

Po izvedenih preiskavah bo preiskušeni naklon še s stabilnostnimi analizami.

7.1 Sanacijska in drenažna dela

Lokalno se bodo lahko nagibi hribine ujeli z nagibi plasti in zato z možnimi usadi večjih in manjših razmerij.

Te naj bi sanirali z drenažnimi ključi in gruščnatimi posipi.

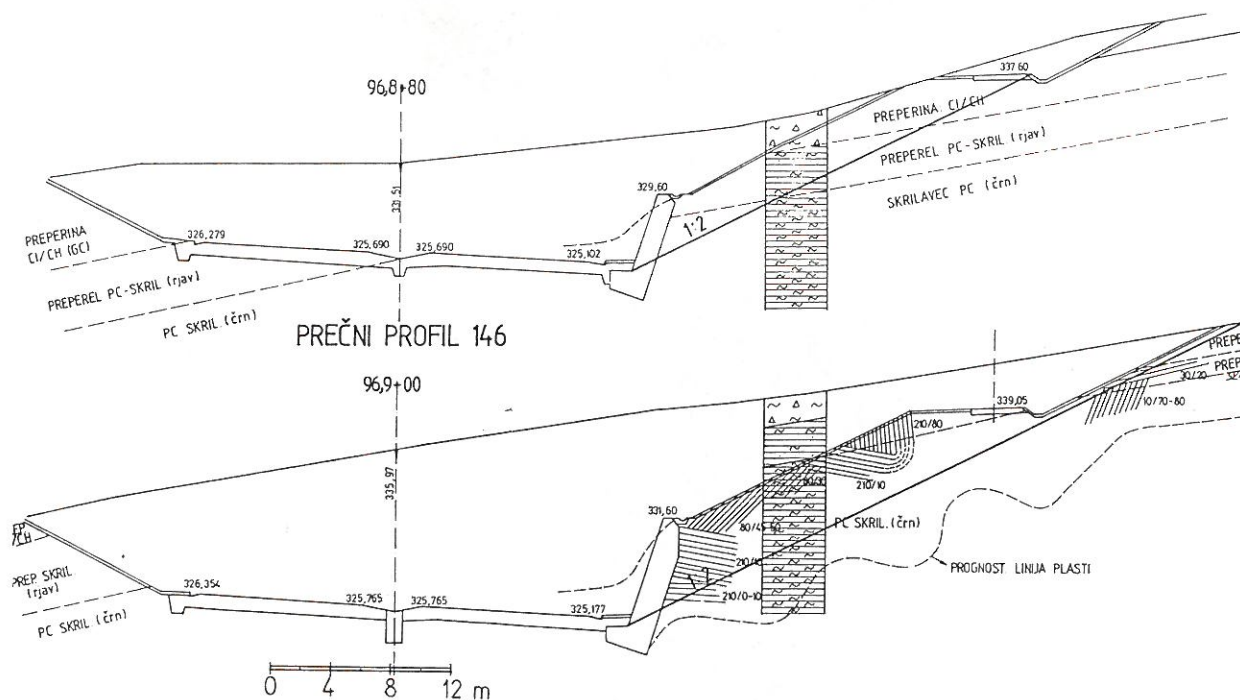
Vsa lokalna izcejanja vode iz hribine je potrebno skrbno drenirati po padnici pobočja v plitvih drenažah in posipih.

Ob cesti je obvezna vzdolžna drenaža, ki se mora izvesti s takojšnjim zasipom drenažnega agregata (zavarovanega s folijo).

7.2 Obstoječi plaz

Obstoječi plaz v profilu bo s poglobitvijo izkopa praktično odstranjen, vodo iz tega območja se spelje v drenaže.

PREČNI PROFIL 145



Slika 3. Opredelitev hribin vkopa in izvedbeni nagib

8.0 ZAKLJUČKI

Permokarbonski kompleks je sestavljen v tem vkopu pretežno iz rjavih in temnosivih skrilačev s folijami peščenjaka in grudami kremenovega konglomerata. Iz pobočja se izceja na več mestih hribinska voda, katera je zajeta z drenažnimi objekti.

Na osnovi raziskav je predlagan in izveden vkop v permokarbonski kompleks z nagibi 1:2 in z bermo, ki služi lokalni cesti.

Dosedaj se niso pojavile nestabilnosti v izvedenem vkopu (slika 3).

LITERATURA

- N. Barton, R. Lien, J. Lunde, Engineering Classification of Rock Masses for Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol. 6/4 1974.
- F. Vidic, Nosilnost sider v slabo nosilnih permokarbonskih flišoidnih hribinah, JDMHPD, Split.
- I. Colarič, F. Vidic, Geotehnično poročilo o raziskavah vkopa km 96,86980 - 96,98811 ø 141-151 in predlog izvedbe nagibov brežin.