



Eksperimentalno ispitivanje monoaksijalne čvrstoće očvrslе troske

*Stručni rad/ Professional paper
Primljen/Received: 14. 6. 2018.;
Prihvaćen/Accepted: 4. 7. 2018.*

Adis Skejić

Gađevinski fakultet u Sarajevu, Doc. dr. sc, dipl.ing.građ.

Mladen Kapor

Gađevinski fakultet u Sarajevu, asistent, dipl.ing.građ.

Đenari Čerimagić

Gađevinski fakultet u Sarajevu, Prof. dr. sc, dipl.ing.geol

Sažetak:

U sklopu idejnog projekta sanacije zasutog kolektora u krugu TE „Kakanj“ provedeno je uzorkovanje i laboratorijsko ispitivanje uzoraka očvrslе troske. Cilj istražnih radova je da se utvrde geotehnički parametri koji će usloviti mjere ojačanja oštećenog kolektora. U ovom radu su prikazani detalji uzorkovanja i rezultati eksperimentalnog ispitivanja monoaksijalne čvrstoće uzoraka očvrslе troske. Laboratorijsko ispitivanje izvršeno je na ukupno 11 uzoraka oblika valjka prečnika 5 cm i visine 5 cm odnosno 10 cm. Utvrđene vrijednosti monoaksijalne čvrstoće na pritisak iznose od 1,76 MPa do 28,65 MPa. Rezultati pokazuju funkcionalnu zavisnost dubine uzorkovanja i čvrstoće. Također, monoaksijalna čvrstoća raste sa porastom zapreminske težine. U radu je prikazana i procedura usvajanja geotehničkih parametara čvrstoće i deformabilnosti očvrslе troske. Parametri čvrstoće i deformabilnosti očvrslе troske usvojeni se primjenom Hoek-Brown-ovog kriterija čvrstoće koristeći programski paket RocLab. Ulazni podaci za procjenu Mohr-Coulomb-ovih parametara čvrstoće i deformabilnosti ocijenjeni su na osnovu istražnih radova, a u radu je opisan način na koji je usvojen svaki od parametara.

Ključne riječi: očvrsla troska, monoaksijalna čvrstoća, Hoek-Brown, Mohr-Coulomb

Experimental testing of monoaxial strength of cemented slag

Abstract:

As part of the remedation design of the backfilled collector in the circuit of the TE "Kakanj", sampling and laboratory testing of cemented slag samples was performed. The aim of the investigation works is to determine the geotechnical parameters that will define the remediation measures of the damaged collector. This paper presents the details of the sampling and results of the experimental testing of the monoaxial strength of samples of cemented slag. Laboratory testing was performed on a total of 11 cylindrical samples with 5 cm diameter and 5 cm or 10 cm height. The measured values of monoaxial strength ranges from 1,76 MPa to 28,65 MPa. The results show the functional dependence of the depth of sampling and strength. Also, monoaxial strength increases with increasing slag volume weight. The paper also shows the procedure for adopting the geotechnical parameters of strength and deformability of the cemented slag. The strength and deformability parameters of the cemented slag were adopted according the Hoek-Brown's strength criteria using the RocLab software. Input data for the evaluation of Mohr-Coulomb's strength and deformability parameters were evaluated on the basis of investigative work, and the paper shows the principles for parameter selection.

Key words: cemented slag, monoaxial strength, Hoek-Brown, Mohr-Coulomb.



1. UVOD

U sklopu projekta sanacije zasutog kolektora u krugu TE „Kakanj“ izvedeni su istražni radovi, te uzorkovanje i laboratorijsko ispitivanje uzoraka. Istražni radovi sastojali su se od istražnog bušenja sa uzimanjem uzoraka betona i očvrslе troske (ukupno 6 bušotina koje su izvedene horizontalno u nivou 1,0 metar iznad dna kolektora u dužini od cca 1,0 m). Zatim izvođenja 3 sondažna raskopa u dnu kolektora (dubine cca 1,0 m), te mjerenjem pornog pritiska na oblozi kolektora (2 lokacije). Rezultati laboratorijskog ispitivanja monoaksijalne čvrstoće o kojima će biti govora u ovom radu pokazuju da je kolektor temeljen na očvrstloj troski te da je troska oko kolektora očvrsla ali i da sadrži diskontinuitete duž kojih se procjeđuje voda. Prilikom iskopa sondažnih raskopa u dnu kolektora pokazano je da radi o čvrstom temeljnom tlu. Značajno procjeđivanje vode uočeno je po kontaktu betona i očvrslе troske te duž diskontinuiteta u očvrstloj troski. Sondažni raskopi su pokazali da je temeljenje kolektora u sadašnjem stanju na veoma čvrstom tlu. Konkretno, istražnim radovima je utvrđeno da je temeljno tlo očvrsla troska čija debljina varira po dužini kolektora i iznosi od 0,5 m do 0,8 m ispod koje se nalazi geološki supstrat predstavljen laporima.

2. MONOAKSIJALNA ČVRSTOĆA-EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE ČVRSTOĆE OČVRSLE TROSKE

Laboratorijsko ispitivanje monoaksijalne čvrstoće intaktne očvrslе troske izvršeno je na ukupno 11 uzoraka oblika valjka prečnika 5 cm i visine 5 cm odnosno 10 cm koji su prikazani na Slici 1. Ispitivanja su provedena u laboratoriju Instituta za materijale i konstrukcije pri Građevinskom fakultetu u Sarajevu.



Slika 1: Uzorci za ispitivanje monoaksijalne čvrstoće očvrslе troske

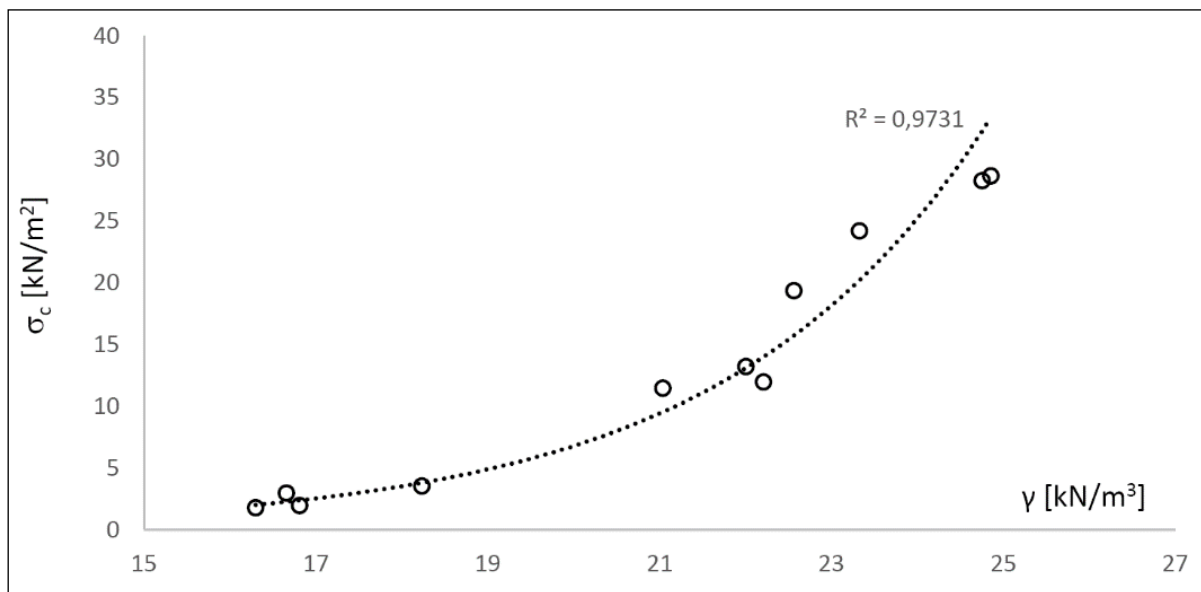
Dobiveni rezultati laboratorijskog ispitivanja prikazani su u Tabeli 1.



Tabela 1 : Rezultati ispitivanja monoaksijalne čvrstoće na uzorcima H/D = 1 i H/D = 2

uzorak	D [m]	H [m]	M [g]	A [m ²]	V [m ³]	F [kN]	γ [kN/m ³]	σ_c (MPa)
1	0,05	0,1	443	0,0019635	0,00019635	38	22,56180	19,35324
2.1.	0,05	0,1	458	0,0019635	0,00019635	47,5	23,32574	24,19155
2.2.	0,05	0,05	244	0,0019635	9,8175E-05	56,25	24,85363	28,64788
2.3.	0,05	0,05	243	0,0019635	9,8175E-05	55,5	24,75177	28,26591
3.1.	0,05	0,1	432	0,0019635	0,00019635	25,9	22,00157	13,19076
3.2.	0,05	0,1	436	0,0019635	0,00019635	23,5	22,20529	11,96845
4a1	0,05	0,1	327	0,0019635	0,00019635	5,8	16,65397	2,953915
4a2	0,05	0,1	320	0,0019635	0,00019635	3,45	16,29746	1,757070
4b1	0,05	0,05	165	0,0019635	9,8175E-05	3,8	16,80676	1,935324
4b2	0,05	0,05	179	0,0019635	9,8175E-05	6,9	18,23279	3,514141
5	0,05	0,1	413	0,0019635	0,00019635	22,5	21,03391	11,45915

Rezultati iz Tabele 1 su prikazani dijagramom na Slici 2, čime je pokazana veza zapremine težine očvršle troske i monoaksijalne čvrstoće. Iz dijagrama se može vidjeti da čvrstoća raste sa porastom zapremine težine očvršle troske. Za proračun mjerodavnih parametara čvrstoće i deformabilnosti analizirat će se dijapazon parametara između donjeg i gornjeg praga izmjerenih vrijednosti čvrstoća.



Slika 2: Zavisnost zapremine težine i monoaksijalne čvrstoće



3. ODREĐIVANJE PARAMETARA ČVRSTOĆE I DEFORMABILNOSTI OČVRSLE TROSKE

U ovom poglavlju će biti prikazana procedura usvajanja geotehničkih parametara čvrstoće i deformabilnosti očvrsle troske.

Parametri čvrstoće i deformabilnosti očvrsle troske usvojeni su primjenom Hoek-Brown-ovog kriterija čvrstoće koristeći programski paket RocLab (Hoek, 1990). Ovaj kriterij čvrstoće podrazumijeva izotropan materijal, a predstavlja funkciju glavnih naprežanja σ_1 i σ_3 pri slomu (izraz 1).

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_c^2} \quad (1)$$

gdje su : σ_1 -veće glavno naprežanje pri slomu;

σ_3 - manje glavno naprežanje pri slomu;

σ_c - monoaksijalna čvrstoća na pritisak intaktne stijene;

m, s – empirijski parametri čvrstoće stijene.

Navedeni postupak usvajanja parametara čvrstoće i deformabilnosti uobičajen je geotehničkoj inženjerskoj praksi i smatra se adekvatnim za primjenu u praktičnim problemima.

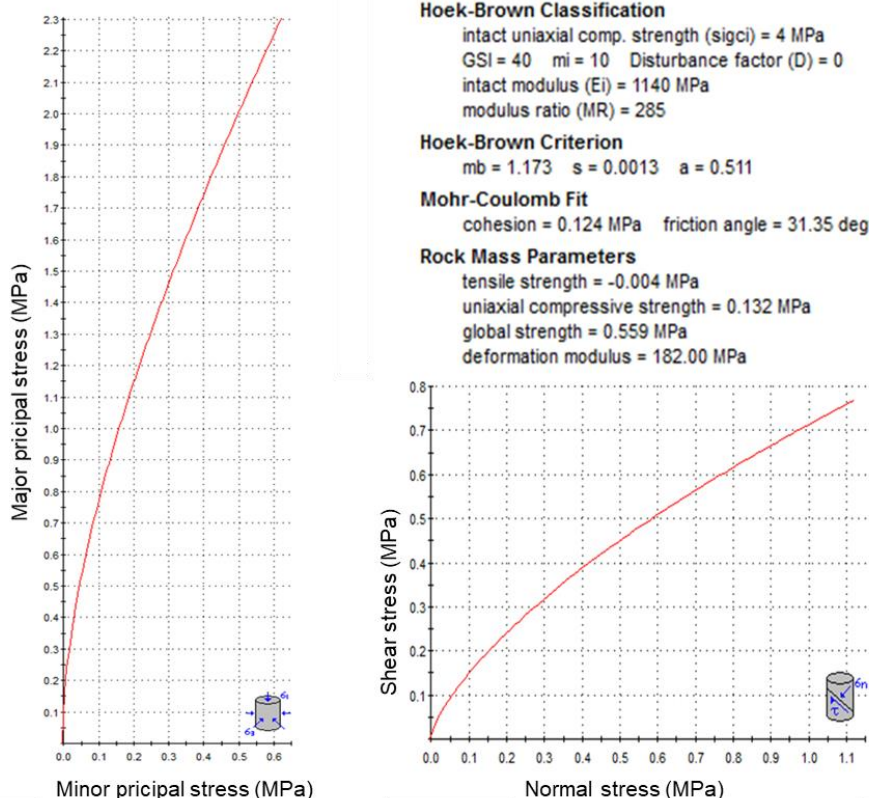
Ulazni podaci za procjenu Mohr-Coulomb-ovih parametara čvrstoće i deformabilnosti ocijenjeni su na osnovu istražnih radova.

Ulazni podaci za određivanje parametara čvrstoće Mohr - Coulomb-ovog modela iz Hoek-Brown-ovog kriterija prikazani su zajedno sa rezultatima na Slici 3. Monoaksijalna čvrstoća usvojena je približno donjoj granici vrijednosti izmjerenih na ukupno 11 uzorka. Konkretno, usvojena je veličina od 4,0 MPa.

Veličina GSI = 35 usvojena je na osnovu istražnih raskopa i uočenog stanja horizontalnih bušotina iz kojih je vršeno uzorkovanje.

Rang napona za koji se vrši „uklapanje“ Mohr – Coulomb-ove anvelope je izabran definisanjem dubine tunela od 70,0 m, što definiše red veličine naprežanja koje se očekuje na dubini izvedenog tunela.

Ostali ulazni parametri za ocjenu čvrstoće i deformabilnosti očvrsle troske prikazani su na slici 3.



Slika 3 : Ulazni podaci i parametri Mohr-Coulomb-ovog modela očvrse troske

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se prikažu rezultati eksperimentalnog ispitivanja monoaksijalne čvrstoće uzoraka očvrse troske. Isto tako, prikazan je i postupak usvajanja parametara čvrstoće i deformabilnosti očvrse troske. Ti parametri usvojeni su primjenom Hoek-Brown-ovog kriterija čvrstoće koristeći programski paket RocLab.

Utvrđene vrijednosti monoaksijalne čvrstoće na pritisak iznose od 1,76 MPa do 28,65 MPa.

Usvojeni parametri čvrstoće i deformabilnosti očvrse troske su:

- ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 32^\circ$,
- kohezija $c = 130,0$ kPa,
- Poisson-ov koeficijent, $\nu = 0,25$ i
- Referentni modul deformabilnosti, $E_{ref} = 130,0$ MPa.

Također, pokazano je i zavisnost monoaksijalne čvrstoće i zapreminske težine očvrse troske gdje se vidi da monoaksijalna čvrstoća raste sa porastom zapreminske težine

LITERATURA

1. Idejni projekat sanacije izlaznog dijela kolektora TE u Čatićima;
2. Hoek, E. (1990, June). Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion. In Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts (Vol. 12, No. 3, pp. 227-229).