



M-TEST, meritve v tehniki, MARJAN FILIPIČ s.p.

Ulica bratov Mivšek 31, 1353 Borovnica – SLO

tel: +386 031 843 151 e-mail: m-test@siol.net

ID št. za DDV: SI 60226285 ; MŠ: 8234582000 ; IBAN: SI56 0202 7026 2772 424

Borovnica: 25. 02. 2020

Arh. št: P06-02-20

Poročilo o deformacijskih preiskavah vzorcev kamnin odvzetih v PC Sežana

Naročnik:

GEOENG & Co. d.o.o.

Pot na Fužine 45

1000 Ljubljana

Marjan Filipič s.p.



 **M-TEST, meritve v tehniki**
MARJAN FILIPIČ s.p.
Ulica bratov Mivšek 31
1353 Borovnica -SLO

Izdelava elaborata in izvedba preiskav:

Marjan Filipič

VSEBINA

T.1	UVOD	2
T.2	UPORABLJENA OPREMA ZA PREISKAVE.....	2
T.3	IZVEDBA PREISKAV	3
T.4	REZULTATI IN KOMENTAR K REZULTATOM.....	4

PRILOGE

Priloga G. 1 do G.5

**Grafični prikazi merjenih parametrov z iz vrednotenimi
numerični rezultati deformacijskih konstant**

T.1 UVOD

Od podjetja Geoeng & Co. d.o.o. smo dobili naročilo za izvedbo deformacijskih preiskav vzorcev kamnin, ki so bili odvzeti iz jeder vrtin izvedenih v sklopu geološko – geotehničnih raziskav v PC Sežana.

Podrobnejši podatki o mikrolokaciji odvzema posameznega vzorca nam niso bili posredovani, navajamo le oznako vrtine in globinskega odseka za posamezni preskušane.

Dostavljeni valjasti vzorci so bili ustrezno predhodno obdelani tako, da je bila zagotovljena paralelnost in gladkost osnovnih ploskev ter višina preskušanca v vrednosti cca 2 x premer.

Preiskave smo izvedli 24.2.2020 v laboratoriju podjetja Geoinženiring d.o.o. s kombinacijo uporabe opreme, ki je v lasti tega podjetja (stiskalnica) in v lasti M-TEST (senzorika, akvizicijska enota in software).

Preskusi so bili izvedeni po neakreditiranem postopku v okviru standarda ASTM D7012 (Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures).

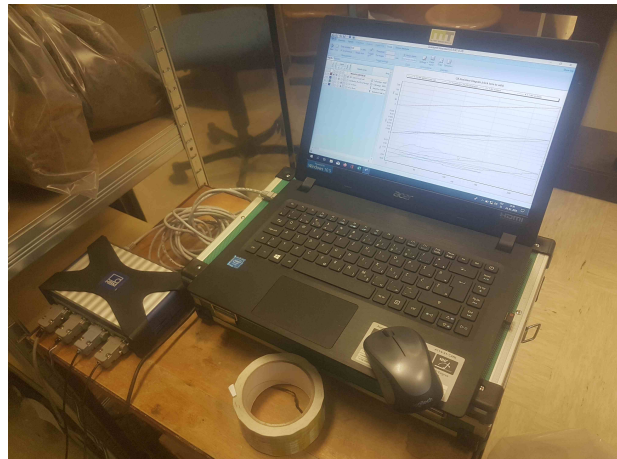
Naknadno so bili vzorci s strani Geoinženiring d.o.o. preiskani tudi trdnostno v enoosnem stanju (UCS), vrednosti informativno navajamo tudi v rezultatih tega poročila.

T.2 UPORABLJENA OPREMA ZA PREISKAVE

Deformacijsko obremenilne teste smo izvajali na hidravlični stiskalnici proizvajalca Soiltest kapacitete 1200 kN, ki smo jo opremili z elektronskim dinamometrom kapacitete 250 kN. Ta elektronski dinamometer nam je omejeval maksimalno silo, ki smo jo lahko vršili na vzorec.

Vzdolžne deformacije smo merili z dvema preciznima elektronskima merilcema z merilnim območjem ± 2 mm. Senzorja merita deformacije na željeni dolžini – bazi (v našem primeru na dolžini 100mm). Na vzorec smo jih namestili diametralno nasprotno. Prav tako smo diametralno nasprotno namestili dva LVDT senzorja prečnih deformacij, s katerima smo točkovno merili spremembe premera vzorca med obremenjevanjem.

Vsa sensorika je bila povezana z 24-bitno akvizicijsko enoto HBM Quantum-X -MX440, ki omogoča ojačanje in filtracijo el. signalov. Enota je bila preko USB vodila povezana na računalnik, kjer je posebna programska oprema skrbela za vizualizacijo in shranjevanje merskih signalov.



Slika 1: uporabljena oprema

T.3 IZVEDBA PREISKAV

Preskušancem smo najprej določili gostoto in sicer po postopku z linearnim merjenjem, t.j. z izmero dimenzij posameznega preskušanca in tehtanjem. Rezultate podajamo v prilogah ter preglednici 1.

Vzorci smo kontrolirano obremenjevali do maksimalne razpoložljive sile 250 kN (oz. vertikalne napetosti nekaj nad 25 MPa) tako, da smo izvedli tudi eno razbremenilno zanko. V prilogah podajamo iz vrednotene vrednosti deformacijskih konstant in sicer:

- D deformacijski modul določen na odseku od razbremenjenega stanja do navedenega % porušne napetosti
- E modul elastičnosti določen na linearnem odseku
- E₂ modul razbremenitve določen na razbremenilni zanki
- ν Poissonov količnik določen na odseku navedenega % porušne napetosti

Vzorci so razvidni iz fotografij podanih v prilogah.

T.4 REZULTATI IN KOMENTAR K REZULTATOM

V spodnji preglednici podajamo povzetek pridobljenih rezultatov. Detajlnejših statističnih analiz zaradi nizkega števila vzorcev nismo izvedli, pač pa podajamo le povprečne vrednosti.

	GOSTOTA	ENOOSNA TL.TRDNOST	DEFORMACIJSKI PARAMETRI			
	ρ	UCS	D	E	E_2	ν
vz.	[Mg/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
V-1, 8.1 - 8.4 m	2.664	42.9	41985	43297	42457	0.30
V-4, 3.7 - 4.0 m	2.732	76.6	58913	58403	59764	0.32
V-4, 4.3 - 4.6 m	2.704	93.6	55133	58667	60678	0.21
V-4, 4.6 - 4.9 m	2.677	63.8	44881	47579	47848	0.23
V-7, 3.1 - 3.4 m	2.672	39.6	21582	23635	28062	
povprečje	2.690	63.3	44499	46316	47762	0.27

Preglednica 1: povzetek rezultatov

Izvedene preiskave nam povedo sledeče ugotovitve:

- Razmerje med najnižjo in najvišjo ugotovljeno deformacijsko konstanto je skoraj 3, kar je pogojeno s sistemom oz. razporeditvijo razpok na posameznem vzorcu, ki nato pri preskusu rezultirajo v razporeditev napetosti in deformacij .



Slika 2: sub vertikalna primarna razpoka in sekundarna razpoka kot posledica obremenitve med preskusom (vzorec V-7, 3.1 - 3.4 m)

- **Primerjava povprečnih deformacijskih, elastičnih in razbremenilnih modulov je v logičnem redosledu in vse skupaj znotraj odstopanja do 10%, kar kaže na izjemno elastičen material v preiskovanem napetostnem območju (do vertikalne napetosti ca. 25 MPa).**
- **Izrednotenje Poisonovega količnika je v danem primeru manj zanesljivo določeno, saj je bila meritev bočnih deformacij izvedena točkovno (za razliko od vertikalnih, kjer je bila zajeta baza na razdalji 100 mm).**
- **Izrednoteni parametri predstavljajo vrednosti določene na reprezentativnih vzorcih po standardiziranih postopkih v laboratorijskih pogojih (enoosno napetostno stanje). Le z upoštevanjem teh omejitev in drugih v poročilu podanih pripomb, kakor tudi v kombinaciji z natančnim terenskim geološkim kartiranjem, se smiselno aplicirajo na širši hribinski masiv.**



M - TEST, meritve v tehniki
MARJAN FILIPIČ s.p.

Objekt: **PC SEŽANA**

Naročnik: **Geoeng & Co. d.o.o.**

Vrtina: **V-1**

Globina [m]: **8.1 - 8.4**

Material: **apnenec**

Datum odvzema vzorca: .

Datum testa: **24/2/2020**

Premer [mm]: **111.3**

Višina [mm]: **219.8**

Masa [g]: **5694.8**

Gostota [Mg/m^3]: **2.664**

horizontalne def. merodajne le do začetka

Opombe: **razbremenjevanja (kasneje dislokacija senzorja zaradi razpoke!)**



deformac. modul (40% poruš. trd.) **D [MPa]: 41985**

modul elastičnosti na linear. delu **E [MPa]: 43297**

modul razbremenitve **E₂ [MPa]: 42457**

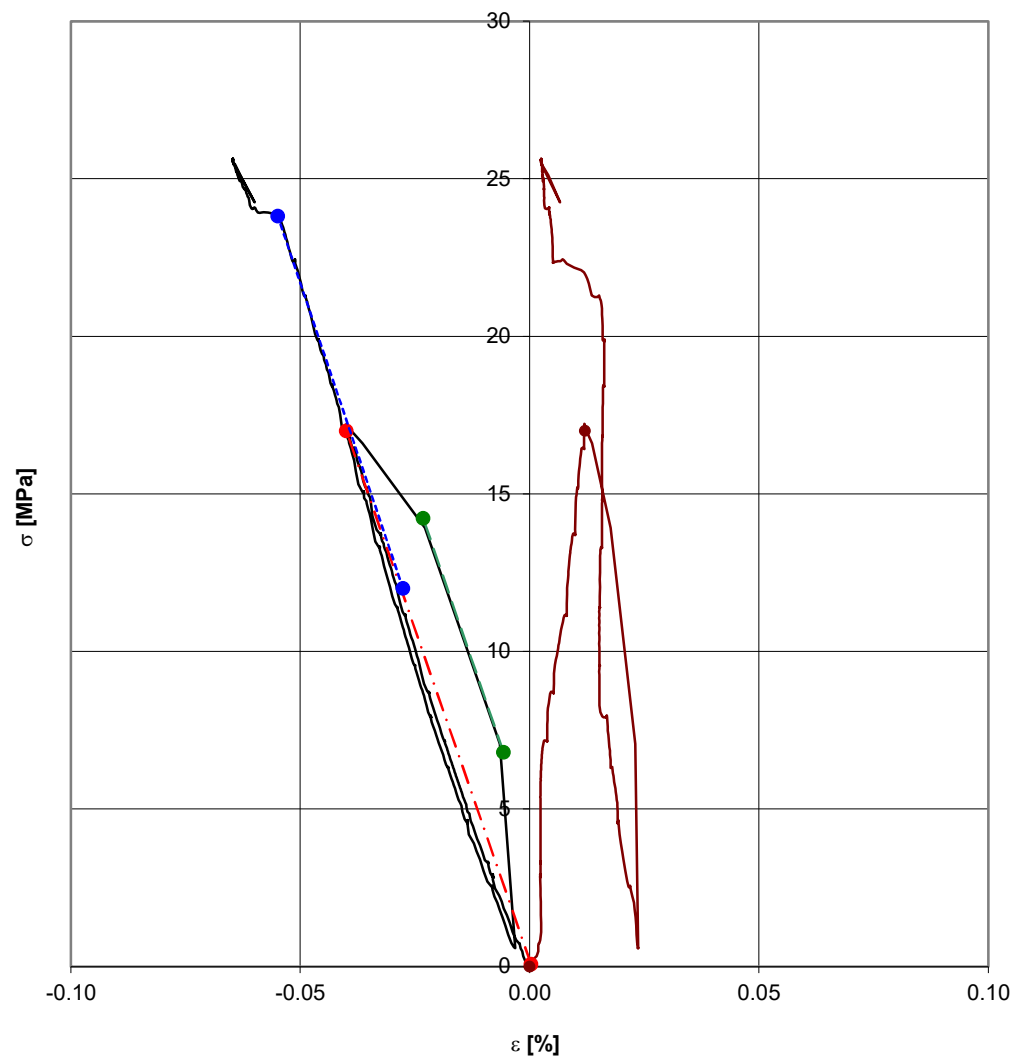
Poissonov količnik (40% poruš. trd.) **v: 0.30**

porušna trdnost **UCS [MPa]: 42.9**

DOLOČITEV MODULA ELASTIČNOSTI IN POISSONOVEGA KOLIČNIKA NA VZ. KAMNINE

po neakreditiranem postopku v okviru standarda

ASTM D7012



— osne def. — bočne def. —●— D —●— E —●— E2 ● v

Testiral: **M. Filipič**

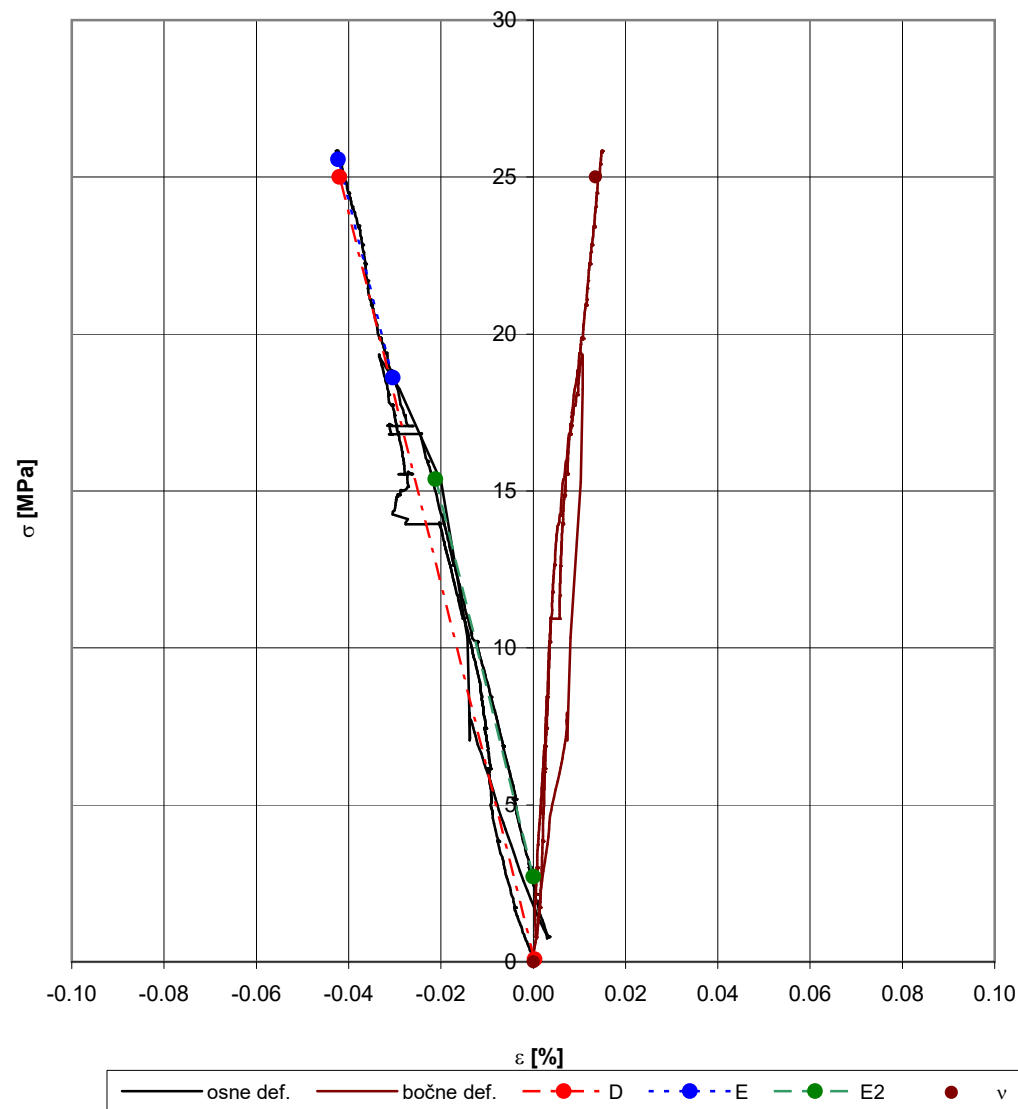


M - TEST, meritve v tehniki
MARJAN FILIPIČ s.p.

DOLOČITEV MODULA ELASTIČNOSTI IN POISSONOVEGA KOLIČNIKA NA VZ. KAMNINE
po neakreditiranem postopku v okviru standarda

ASTM D7012

Objekt: **PC SEŽANA**
Naročnik: **Geoeng & Co. d.o.o.**
Vrtina: **V-4**
Globina [m]: **3.7 - 4.0**
Material: **apnenec**
Datum odvzema vzorca: .
Datum testa: **24/2/2020**
Premer [mm]: **111.3**
Višina [mm]: **177.7**
Masa [g]: **4720.6**
Gostota [Mg/m^3]: **2.732**
Opombe:



deformac. modul (34% poruš. trd.) D [MPa]: 58913
modul elastičnosti na linear. delu E [MPa]: 58403
modul razbremenitve E₂ [MPa]: 59764
Poissonov količnik (34% poruš. trd.) v: 0.32
porušna trdnost UCS [MPa]: 76.6

Testiral : **M. Filipič**



M - TEST, meritve v tehniki
MARJAN FILIPIČ s.p.

DOLOČITEV MODULA ELASTIČNOSTI IN POISSONOVEGA KOLIČNIKA NA VZ. KAMNINE
po neakreditiranem postopku v okviru standarda

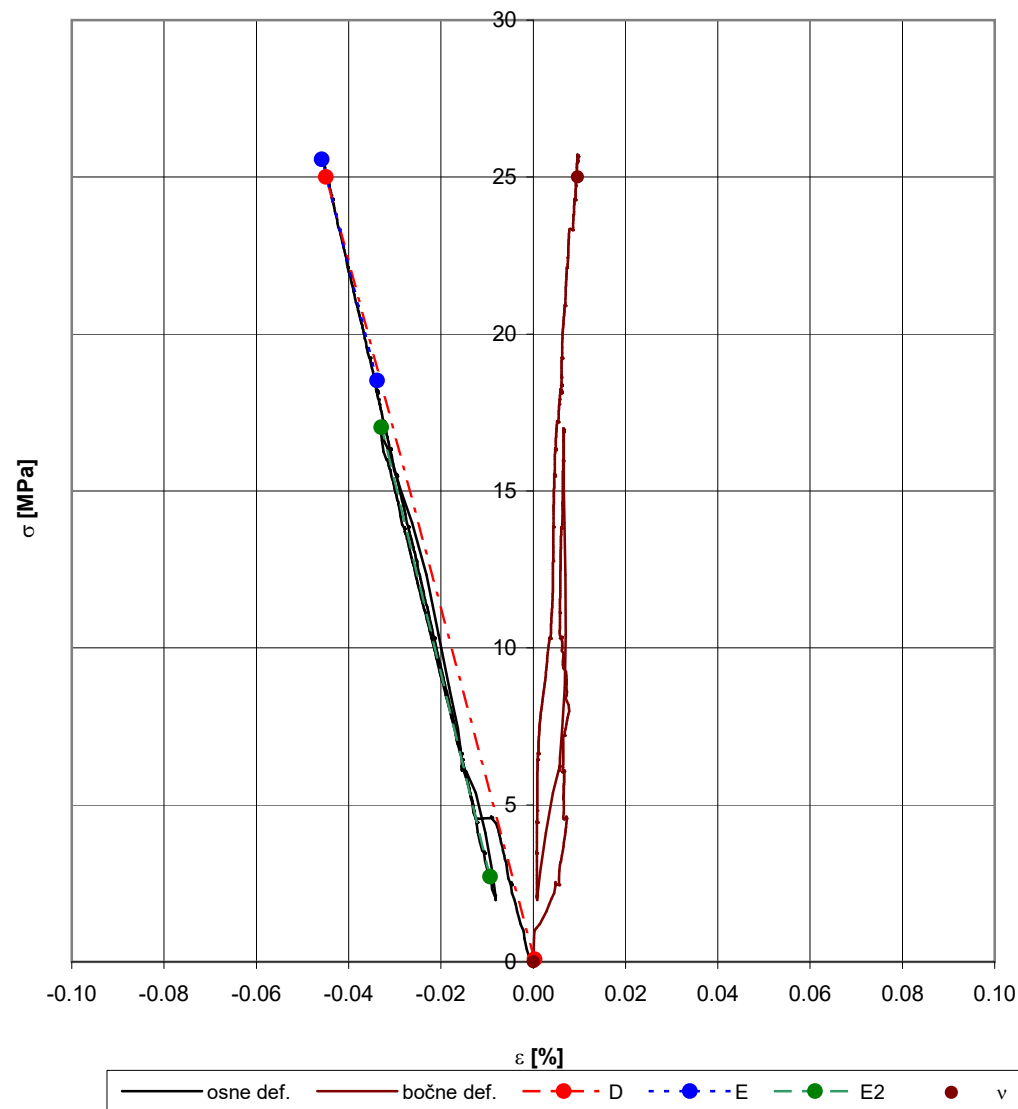
ASTM D7012

Objekt: **PC SEŽANA**
Naročnik: **Geoeng & Co. d.o.o.**
Vrtina: **V-4**
Globina [m]: **4.3 - 4.6**
Material: **apnenec**
Datum odvzema vzorca: .
Datum testa: **24/2/2020**
Premer [mm]: **111.2**
Višina [mm]: **186.6**
Masa [g]: **4898.6**
Gostota [Mg/m^3]: **2.704**

Opombe:



deformac. modul (27% poruš. trd.) D [MPa]: 55133
modul elastičnosti na linear. delu E [MPa]: 58667
modul razbremenitve E_2 [MPa]: 60678
Poissonov količnik (27% poruš. trd.) ν : 0.21
porušna trdnost UCS [MPa]: 93.6



Testiral : **M. Filipič**



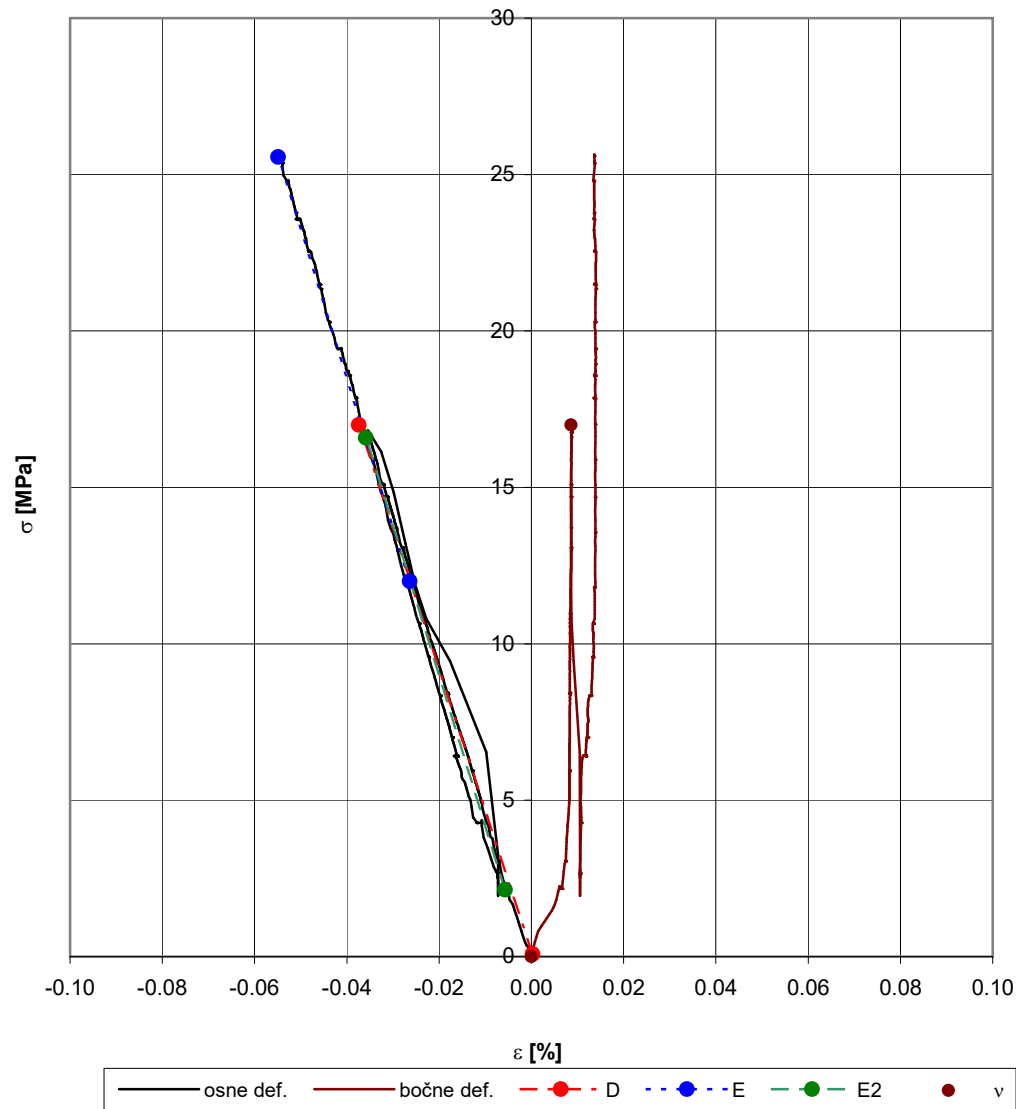
M - TEST, meritve v tehniki
MARJAN FILIPIČ s.p.

DOLOČITEV MODULA ELASTIČNOSTI IN POISSONOVEGA KOLIČNIKA NA VZ. KAMNINE
po neakreditiranem postopku v okviru standarda

ASTM D7012

Objekt: **PC SEŽANA**
Naročnik: **Geoeng & Co. d.o.o.**
Vrtina: **V-4**
Globina [m]: **4.6 - 4.9**
Material: **apnenec**
Datum odvzema vzorca: .
Datum testa: **24/2/2020**
Premer [mm]: **111.4**
Višina [mm]: **221.2**
Masa [g]: **5768.4**
Gostota [Mg/m^3]: **2.677**

Opombe: **horizontalne def. merodajne le do začetka razbremenjevanja (kasneje dislokacija senzorja !)**



deformac. modul (27% poruš. trd.) D [MPa]: 44881
modul elastičnosti na linear. delu E [MPa]: 47579
modul razbremenitve E_2 [MPa]: 47848
Poissonov količnik (27% poruš. trd.) ν : 0.23
porušna trdnost UCS [MPa]: 63.8

Testiral : **M. Filipič**



M - TEST, meritve v tehniki
MARJAN FILIPIČ s.p.

Objekt: **PC SEŽANA**

Naročnik: **Geoeng & Co. d.o.o.**

Vrtina: **V-7**

Globina [m]: **3.1 - 3.4**

Material: **apnenec**

Datum odvzema vzorca: .

Datum testa: **24/2/2020**

Premer [mm]: **111.4**

Višina [mm]: **195.2**

Masa [g]: **5081.6**

Gostota [Mg/m^3]: **2.672**

Opombe: **horizontalne def. niso merodajne za**

izvrednotenje Poissonovega količnika (lokalna razpoka)



deformac. modul (50% poruš. trd.) **D [MPa]: 21582**

modul elastičnosti na linear. delu **E [MPa]: 23635**

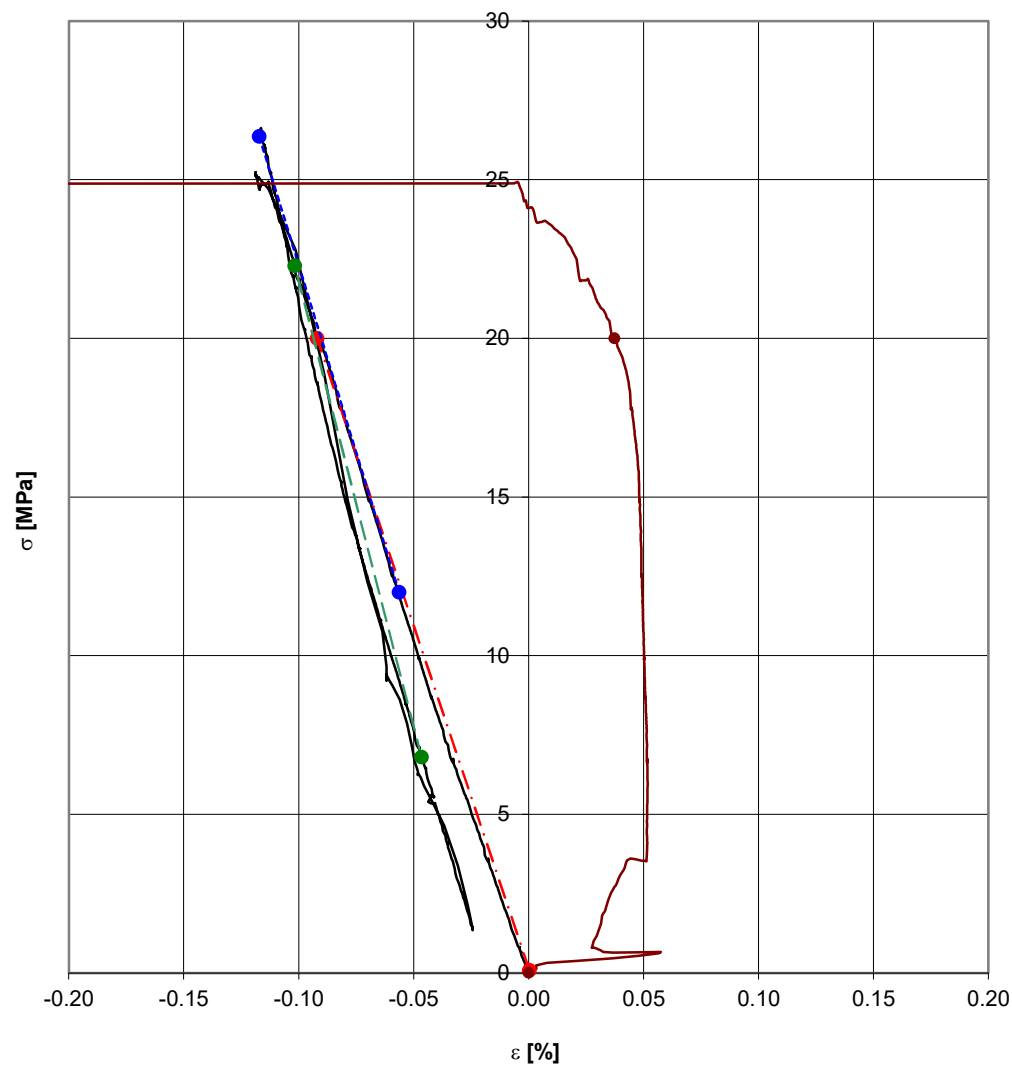
modul razbremenitve **E₂ [MPa]: 28062**

Poissonov količnik (50% poruš. trd.) **v:**

porušna trdnost **UCS [MPa]: 39.6**

DOLOČITEV MODULA ELASTIČNOSTI IN POISSONOVEGA KOLIČNIKA NA VZ. KAMNINE po neakreditiranem postopku v okviru standarda

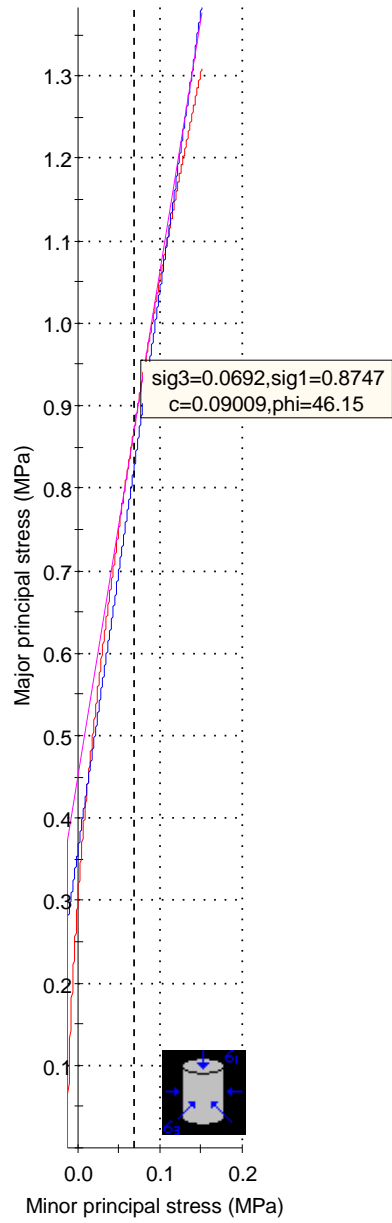
ASTM D7012



— osne def. — bočne def. —●— D —●— E —●— E₂ ● v

Testiral: **M. Filipič**

LOG center A - preperel do zmerno preperel razpokan apnenec do gl 3,5 m



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 61.5 MPa
 GSI = 29.7 $m_i = 9$ Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (Ei) = 44499 MPa

Hoek-Brown Criterion

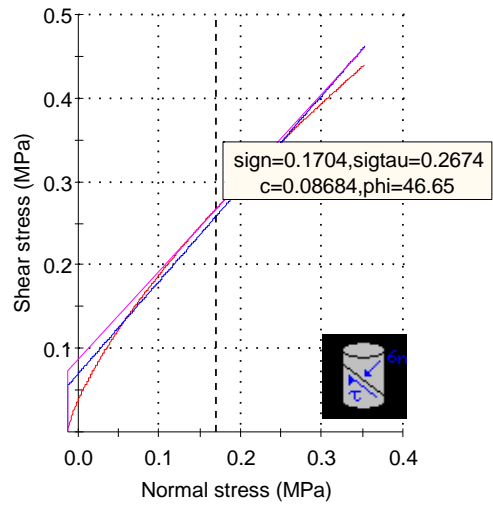
$m_b = 0.189$ $s = 3.76e-5$ $a = 0.523$

Mohr-Coulomb Fit

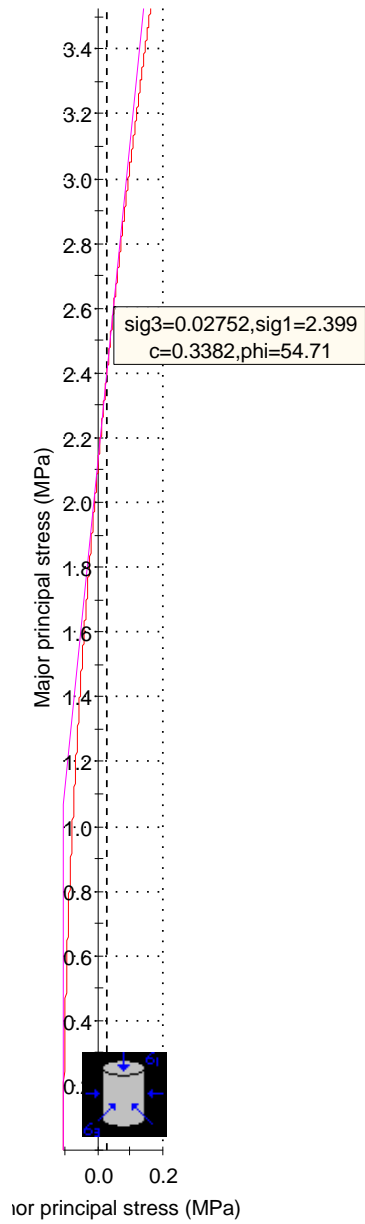
cohesion = 0.069 MPa friction angle = 48.05 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.012 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.299 MPa
 global strength = 3.108 MPa
 deformation modulus = 1581.67 MPa



LOG center A - zmerno preperel do kompakten razpokan apnenec gl veè kot 5,0 m



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 63.3 MPa
 GSI = 53.5 m_i = 9 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (E_i) = 46316 MPa

Hoek-Brown Criterion

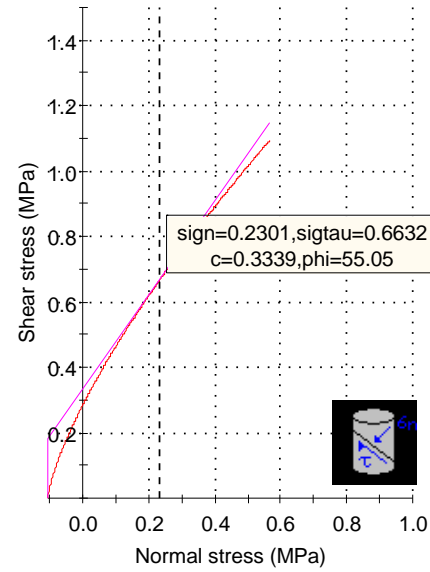
m_b = 0.699 s = 0.0012 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.295 MPa friction angle = 56.49 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 2.113 MPa
 global strength = 7.072 MPa
 deformation modulus = 6217.16 MPa





GEOENG&CO.

Nosilnost tal pod plitvimi temelji

Objekt: Log center A, točkovni tem., privzeto $L = 1 \text{ m}$, $B = 1 \text{ m}$

Lokacija: Fernetiči

Občina Sežana

Podatki:

Strižni kot: φ (°) 48,050
Kohezija: c' (kPa) 0,000
Prostorninska teža tal: γ (kN/m³) 26,000

Širina temelja B (m): ($B < L$) 1,000
Dolžina temelja: L (m) 1,000
Globina temelja: D (m) 0,700
Nagnjenost temeljne ploskve α (°) 0,000

Vertikalna sila: V (kN) 2100,000
ekscentričnost v smeri B : e_B (m) 0,050
ekscentričnost v smeri L : e_L (m) 0,050
Horizontalna sila v smeri B : H_B (kN) 210,000
Horizontalna sila v smeri L : H_L (kN) 210,000

Varnost: F_φ 1,250
Varnost: F_c 1,400

Rezultati:

Projektni strižni kot: φ_d (°) 41,7 $m_B =$ 1,500
Projektna vrednost c'_d (kPa) 0,0 $m_L =$ 1,500
Teža tal ob temelju: $q = \gamma D$ (kPa) 18,2 $m =$ 1,500

Koeficient N_c 90,305 Koeficient N_q 81,38 Koeficient N_γ 143,08
Koeficient b_c 1,000 Koeficient b_q 1,000 Koeficient b_γ 1,000
Koeficient s_c 1,673 Koeficient s_q 1,665 Koeficient s_γ 0,700
Koeficient i_c 0,794 Koeficient i_q 0,796 Koeficient i_γ 0,683

Horizontalna sila: H (kN) 297,0 $\theta =$ 0,79
Širina centr.obr.tem. B' (m) 0,90
Dolžina centr.obr.tem. L' (m) 0,90
Ploščina: $A' = B' \cdot L'$ (m²) 0,81

Obtežba temelja: $p = V/A'$ (kPa) 2593

Nosilnost tal: q_f

2762 kPa

Priloga R.6