




PROTOKOL O ZKOUŠCE

č.: 3203-H022/21

Zadavatel:	Projekce iGeo, s.r.o. Nám. 25. října 1899/11, 602 00 Brno		
Název zakázky:	Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH		
Číslo zakázky:	21 0713		
Laboratorní zkoušky:			
Předmět zkoušek:	zkoušky hornin		
Počet vzorků:	4		
Datum příjmu:	06.12.2021		
Provedené laboratorní zkoušky:			
Fyzikální vlastnosti:			
<ul style="list-style-type: none">- stanovení objemové hmotnosti - postup viz [1]- stanovení vlhkosti - postup viz [1]			
Mechanické vlastnosti:			
<ul style="list-style-type: none">- stanovení pevnosti v jednoosém (prostém) tlaku - ČSN EN 1926- stanovení pevnosti v příčném tahu - postup viz [1]- stanovení parametrů smykové pevnosti dle Mohr-Coulomba (výpočet)- stanovení pevnosti ve sřihu v kombinaci s tlakem zkouškou na nepravidelných tělesech - postup viz [1]			
[1] Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin, část III - mechanika hornin, ČGÚ, Praha 1987			
Provedení zkoušek:			
Zahájení zkoušek:	07.12.2021	Ukončení zkoušek:	16.12.2021
Protokol vystaven:	17.12.2021	Počet listů:	9
Protokol vypracoval:	Ing. Ivo Pavlík 		
Kontroloval a schválil:	Ing. Ivo Pavlík, vedoucí úseku		
		 Šmahova 1244/112, 627 00 Brno DIČ CZ46344942 	



VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH

Číslo zakázky: 21 0713

Číslo vzorku:			210713/01	210713/02	210713/03	210713/04	
Sonda:			V2	V24	V25	V26	
Hloubka odběru vzorku:		m	0,1 - 0,8	odlom	odlom	odlom	

Fyzikální vlastnosti:

Vlhkost horniny v dodaném stavu	w	%	0,35	2,53			
Objemová hmotnost *)	ρ_{ds}	kg.m ⁻³	2556	2445			
Objemová hmotnost po vysušení	ρ_n	kg.m ⁻³	2547	2385			

Mechanické vlastnosti:

Pevnost v prostém tlaku stanovená na pravidelných tělesech *)	$\sigma_{c,ds}$	MPa	61,9				
Pevnost v příčném tahu *)	$\sigma_{pt,ds}$	MPa	4,7				
Parametry smykové pevnosti *)	$\tau_{0,ds}$	MPa	15,95	1,45			
	φ_{ds}	°	35,47	39,79			

Makroskopický popis horniny:	Granitoid navětralý	Granitoid silně zvětralý	Granitoid zcela zvětralý až rozložený	Granitoid zcela zvětralý až rozložený	
Zatřídění horniny dle ČSN 73 6133	R2	(R5 - R6)	(G3 G-F)	(G3 G-F)	
Poznámka			Dodané vzorky - hornina zcela zvětralá až rozložená má charakter šterku slabě zpevněného - při manipulaci se rozpadá na šterková zrna. Požadované zkoušky v laboratoři mechaniky hornin na vzorcích nelze provést.		

*) při vlhkosti v dodaném stavu



Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH

Číslo zakázky: 21 0713

Stanovení pevnosti v jednoosém (prostém) tlaku

Zkušební těleso: válečky

Označení vzorku		Průměr vzorku		Výška vzorku	Síla na mezi porušení	Pevnost v tlaku	Pevnost průměrná	Poznámka
Číslo vzorku	Zkušební těleso	d_1	d_2	v	F	σ	$\sigma_{prům}$	
		mm	mm	mm	kN	MPa	MPa	
210713/01	1	49,4	49,3	50,0	70,8	37,0	61,9	vyřazeno ze zpracování
	2	49,4	49,3	50,3	106,4	55,6		
	3	49,6	49,5	50,5	126,6	65,7		
	4	49,5	49,2	50,4	100,5	52,5		
	5	49,4	49,6	50,5	122,9	63,9		
	6	49,5	49,6	50,4	138,8	72,0		



Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH

Číslo zakázky: 21 0713

Stanovení pevnosti v příčném tahu

Zkušební těleso: válečky

Označení vzorku		Průměr vzorku		Délka vzorku	Síla na mezi porušení	Pevnost v příčném tahu	Pevnost průměrná	Poznámka
Číslo vzorku	Zkušební těleso	d_1	d_2	l	F	σ	$\sigma_{prům}$	
		mm	mm	mm	kN	MPa	MPa	
210713/01	1	49,5	49,5	51,1	15,9	4,0	4,7	
	2	49,4	49,5	50,0	17,7	4,6		
	3	49,6	49,5	50,4	21,1	5,4		
	4	49,4	49,5	46,0	21,3	6,0		
	5	49,0	48,5	44,0	12,3	3,6		vyřazeno ze zpracování



Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH

Číslo zakázky:

Stanovení parametrů smykové pevnosti podle Mohr - Coulomba

Laboratorní číslo vzorku:

Stav horniny při zkouškách:

Pevnost v tlaku σ_c : 61,9 MPa

Pevnost v příčném tahu σ_{Ptp} : 4,7 MPa

Pevnostní čára v oblasti tlaků - přímka s parametry :

$\tau_0 = 15,95$ MPa

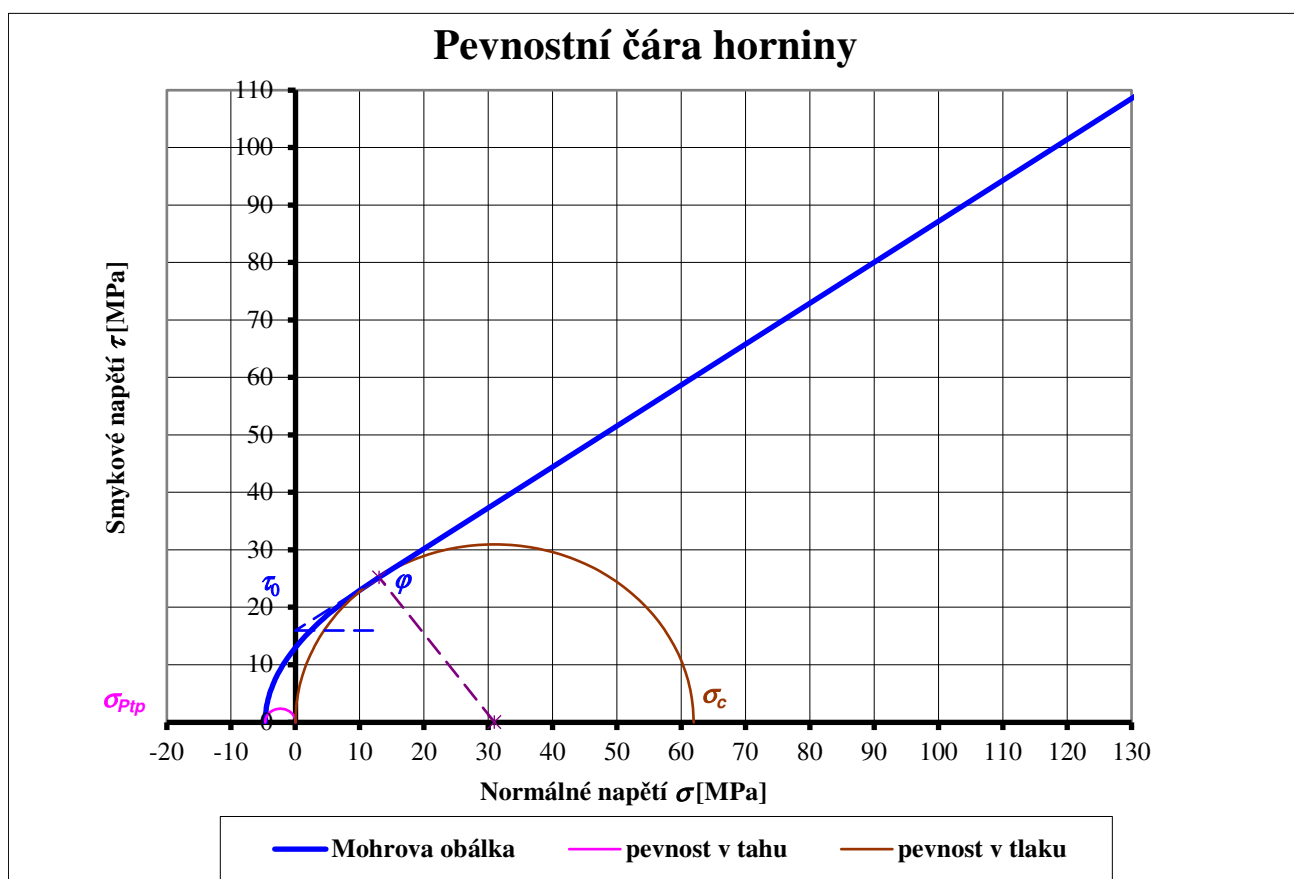
$\phi = 35,47^\circ$

Pevnostní čára v přechodové oblasti a oblasti tahů - parabola 2. stupně

Souřadnice styčného bodu

$\sigma = 12,992371$ MPa

$\tau = 25,207659$ MPa



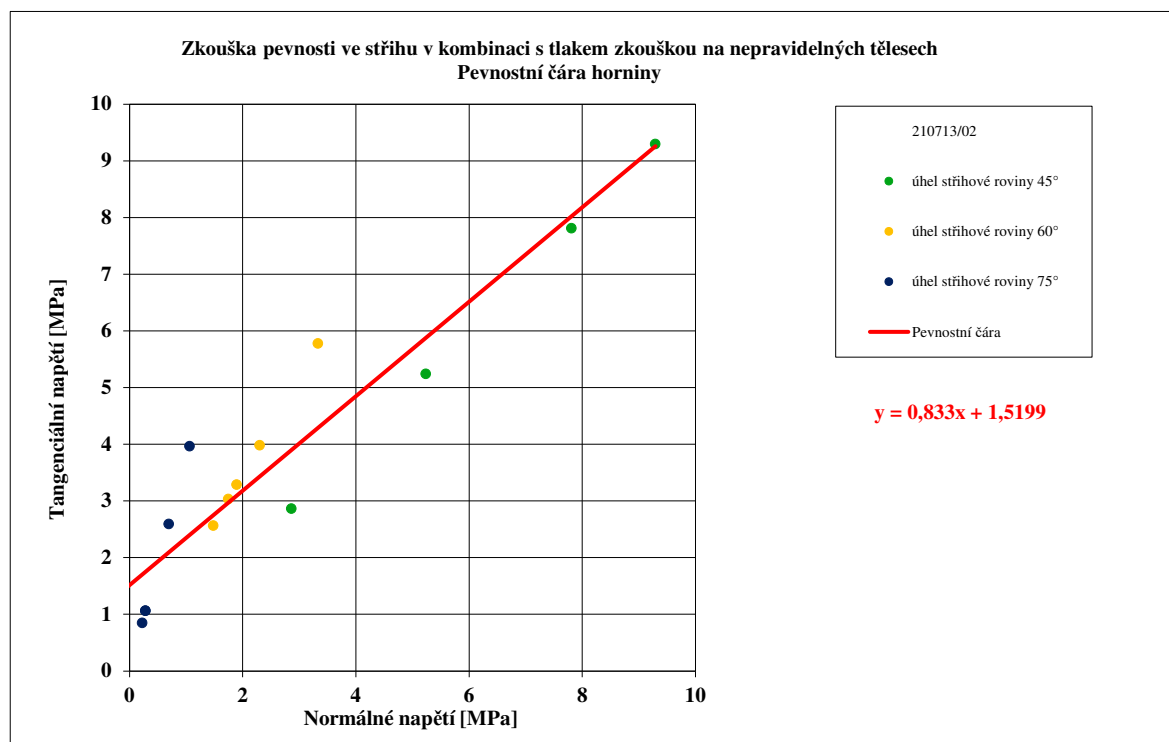


Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH
Číslo zakázky: 21 0713

Stanovení pevnosti ve střihu v kombinaci s tlakem zkouškou na nepravidelných tělesech

Stav vzorků při zkoušce: dodaný

Označení vzorku		Úhel střihové roviny	Střihová plocha tělesa	Síla na mezi porušení	Celkové napětí	Nomálové napětí	Tangenciální napětí	Poznámka
Číslo vzorku	Zkušební těleso	α	A	F	σ_c	σ	τ	
		°	mm ²	kN	mm ²	kN	MPa	
210713/02	1/1	45	1160,0	29,9	25,8	18,23	18,23	vyřazeno ze zpracování
	1/2		1080,0	8,0	7,4	5,24	5,24	
	1/3		890,0	3,6	4,0	2,86	2,86	
	1/4		860,0	11,3	13,1	9,29	9,29	
	1/5		670,0	7,4	11,0	7,81	7,81	
	2/1	60	870,0	3,3	3,8	1,90	3,28	
	2/2		870,0	4,0	4,6	2,30	3,98	
	2/3		1050,0	7,0	6,7	3,33	5,77	
	2/4		490,0	1,5	3,0	1,48	2,56	
	2/5		600,0	2,1	3,5	1,75	3,03	
	3/1	75	730,0	0,8	1,1	0,28	1,06	
	3/2		670,0	2,8	4,1	1,06	3,96	
	3/3		1000,0	1,1	1,1	0,28	1,06	
	3/4		570,0	0,5	0,9	0,23	0,85	
	3/5		410,0	1,1	2,7	0,69	2,59	



Parametry pevnostní čáry horniny:

$$\varphi_0 = 39,79^\circ$$

$$\tau_0 = 1,4501 \text{ MPa}$$



Název zakázky: Liberec - ul. Dr. M. Horákové, LMH

Číslo zakázky: 21 0713

Metodika laboratorních zkoušek

1. Fyzikální vlastnosti

1.1 Objemová hmotnost horniny (ρ_d je udávána v kg.m^{-3})

Vyjadřuje objemovou hmotnost všech součástí horniny, obsažených v objemové jednotce – tedy pevné fáze, tekuté fáze i dutin. Objemovou hmotnost horniny je možno stanovit třemi způsoby, odvislými od tvaru a velikosti zkoušených tělísek:

- určením na pravidelných tělesech (krychle, hranoly, válečky) měřením a vážením,
- vážením na suchu i ve vodě (metoda hydrostatických vah),
- v případě pórovitých těles (až charakteru zemin) nebo v případě hornin náchylných k objemovým změnám vlivem sycení či vysoušení na parafínem obalených tělískách vážením na suchu i ve vodě (metoda hydrostatických vah).

U dodaných vzorků byla objemová hmotnost určena postupy a) a c).

- Objemová hmotnost se určí z rozměrů vzorku a jejich hmotnosti jako podíl hmotnosti vzorku a jeho objemu, tedy ze vztahu

$$\rho = m / V \quad [\text{kg.m}^{-3}],$$

kde m je hmotnost vzorku,
 V je objem vzorku.

- Je-li těleso obaleno parafínem, pak se objemová hmotnost určí dle vztahu

$$\rho = m / ((m_1 - m_2) / \rho_k - (m_1 - m) / \rho_p),$$

kde m je hmotnost tělesa při okamžité vlhkosti,
 m_1 je hmotnost tělesa stanovená vážením na vzduchu,
 m_2 je hmotnost tělesa s parafínovým povlakem stanovená vážením ve vodě na hydrostatických vahách,
 ρ_k je objemová hmotnost vody,
 ρ_p je objemová hmotnost parafínu.

1.2 Vlhkost (w udávána v %)

Vyjadřuje poměr hmotnosti vody ve vzorku, kterou lze odstranit vysušením vzorku při teplotě 105°C do ustálené hmotnosti, k hmotnosti suché pevné fáze horniny. Vlhkost lze určit ze vztahu

$$w = (m_1 - m_2) / (m_2 - m) \cdot 100 \quad [\%],$$

kde m_1 je hmotnost nádoby s horninou při původní vlhkosti,
 m_2 je hmotnost nádoby s vysušenou horninou,
 m je hmotnost prázdné nádoby.



2. Mechanické vlastnosti

2.1 Pevnost horniny v jednoosém prostém tlaku (σ_c - udávaná v MPa)

Jedná se o zkoušku, při které je pravidelné zkušební těleso plynule zatěžováno v laboratorním lisu kapacity 3000 kN jednoosým tlakem až do porušení. Pevnost se vypočte podle vztahu

$$\sigma_c = F / A \quad [\text{MPa}],$$

kde F je největší síla dosažená při zkoušce,
 A je počáteční příčný průřez zkoušeného tělesa.

Zkoušky pevností v prostém tlaku byly realizovány na válečkách o délce rovnající se jejich průměru připravených nařezáním dodaného vrtného jádra. Zkoušky pevností v prostém tlaku byly provedeny za vlhkosti v dodaném stavu.

2.2 Pevnost horniny v příčném tahu (σ_{pt} - udávaná v MPa)

Zkušební tělesa (válečky nařezané z vrtného jádra) jsou zatěžována diametrálně ve dvou protilehlých přímkách rovnoměrně rostoucí silou až do porušení, které nastává rozštěpením tělesa vzniklým tahovým napětím v rovině, spojující protilehlá místa, ve kterých působí zatížení. Pevnost v příčném tahu se pak určí ze vztahu:

$$\sigma_{pt} = 0,637 \cdot F / (d \cdot l) \quad [\text{MPa}],$$

kde F je největší síla dosažená při zkoušce,
 l je délka zkušebního tělesa (délka plochy porušení),
 d je průměr zkušebního tělesa.

Zkoušky pevností v příčném tahu byly provedeny za vlhkosti v dodaném stavu.

2.3 Pevnost ve střihu v kombinaci s tlakem na nepravidelných tělesech

Podstatou zkoušky je stanovení pevnostní čáry horniny z bodů střihových pevností stanovených při různých kombinacích normálového a smykového napětí. Zkouška se provádí na cca 15-ti kusových úlomcích přibližně krychlového tvaru o rozměrech hrany 30 – 40 mm. Zkušební tělesa jsou umístěna do forem krychlového tvaru o hraně 50 mm, ve kterých jsou následně zabetonována s tím, že smyková plocha je předurčena uprostřed výšky krychle cca 2 mm mocnou vrstvou parafínu.

Pro vlastní zkoušku jsou připravená zkušební tělesa (po řádném vytvrdnutí betonu) rozdělena do tří skupin. Při zkoušce se pak pro každou skupinu použije jiný úklon matric vkládaných mezi čelisti lisu – 45°, 60° a 75°.

Při zkoušce jsou zkušební tělesa vkládána do matrice tak, aby parafínová vrstva ve středu tělesa byla orientována podél střihové hrany matrice. Na zkušební tělesa se pak umístí horní díl matrice, krycí díl a válečkové ložisko. Následně jsou zkušební tělesa zatěžována v laboratorním lisu do porušení. Po jejich usmýknutí se vyjmou z lisu obě poloviny, obrys tělesa se překreslí na fólii a střihová plocha se zplanimetruje.

Z velikosti síly na mezi porušení se určí pro každé zkoušené těleso normálové napětí na střihové ploše pomocí vztahu

$$\sigma_{Ni} = F_i / A_i \cdot \cos \alpha_i \quad [\text{MPa}],$$

tangenciální napětí pak pomocí vztahu



$$\tau_{Ni} = F_i / A_i \cdot \sin \alpha \quad [\text{MPa}],$$

kde A_i je stříhová plocha tělesa [mm],

F_i síla na mezi porušení [kN],

α_i úhel stříhové roviny [°].

Vypočtená napětí se vynesou do grafu závislosti tangenciálního napětí na normálovém a body představujícími výsledky zkoušek se proloží pevnostní čára horniny. Výsledky zkoušky jsou parametry pevnostní čáry určené rovnicí

$$\tau = \tau_0 + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

2.4 Stanovení smykových parametrů horniny dle Mohr-Coulomba

Smykové parametry jsou stanoveny ze znalosti hodnot pevností v tlaku a tahu, které se vykreslují kružnicemi v Mohrově diagramu. Pevnostní čára horniny – Mohrova obálka sestává ze dvou částí: v oblasti tahu a v tlakové oblasti po bod dotyku s kružnicí prostého tlaku jako parabola 2. stupně, v dalším pokračování jako přímka se sklonem tečny paraboly v místě dotyku ke kružnici prostého tlaku.

Parametry smykové pevnosti jsou dány vzdáleností průsečíku uvedené přímky s osou pořadnic od počátku Mohrova diagramu – parametr τ_0 (odpovídající soudržnosti c v mechanice zemin) a sklonem přímky, jenž charakterizuje úhel vnitřního tření φ .