

Geotechnická spoločnosť - GES, spol. s r.o.

Lamačská cesta 8, 811 04 Bratislava

tel. 0915 723 220 e-mail : geo-ges@orangemail.sk

IG PRIESKUMNÉ PRÁCE V LOKALITE

Biely Kostol - základná škola

Laboratórne geotechnické skúšky zemín

BRATISLAVA, JÚL 2020



O B S A H

	str.
1. Úvod	1
2. Popisné a klasifikačné skúšky zemín	1
3. Stanovenie súčiniteľa filtrácie nesúdržných zemín z kriviek zrnitosti	2
4. Nepriame stanovenie súčiniteľa filtrácie súdržných zemín z empirickej závislosti	2
5. Zhodnotenie výsledkov laboratórnych skúšok	3
5.1 Zatriedenie zemín	3
5.2 Filtračné vlastnosti zemín	3

Použitá literatúra, dokumentácia a normatívy

Prílohová časť :

Príloha 1 Súhrnný prehľad výsledkov laboratórnych skúšok zemín

Príloha 2 Zobrazenie súčiniteľov filtrácie podľa vrtovej hĺbky odberu
a zatriedenia zemín

Príloha 3 Krivky zrnitosti a výsledky klasifikačných skúšok zemín

1. Úvod

V predkladanej správe uvádzame výsledky laboratórnych geotechnických skúšok zemín, ktoré boli vykonané v rámci inžiniersko geologických prieskumných prác v lokalite "Biely Kostol - základná škola". Vzorky boli dodané a laboratórne práce špecifikované spoločnosťou STAS – stavby a sanácie, s.r.o. Trnava. Celkom boli do laboratória dodaných 3 porušené vzorky so zachovaním prirodzenej vlhkosti (ozn. PV). Prehľad vrstiev, hĺbok odberu, označenia vzoriek a výsledkov laboratórnych skúšok uvádzame v prílohe 1.

Náplňou skúšobného programu bolo stanovenie :

- základných popisných a klasifikačných charakteristík zemín,
- priepustnosti nesúdržných zemín nepriamym spôsobom z kriviek zrnitosti,
- priepustnosti súdržných zemín nepriamym spôsobom z empirickej závislosti.

Laboratórne skúšky a merania boli vykonané v plnom rozsahu v našom laboratóriu podľa metodík príslušných STN a literatúry uvedenej v prílohe.

2. Popisné a klasifikačné skúšky zemín

☐ Zrnitostné zloženie sme zisťovali hustomernou skúškou kombinovanou s premývaním a preosieváním. Obsah frakcií nad 0,125mm bol zistený preosieváním na sitách, zrnitostné zloženie frakcie pod 0,125mm bolo stanovené nepriamou hustomernou metódou. Krivky zrnitosti sú vykreslené v prílohe 3, kde sú zeminy aj pomenované podľa STN 72 1001 : 2010 "Klasifikácia zemín a skalných hornín".

Z kriviek zrnitosti štrkov a pieskov boli v prílohe 1 vyhodnotené nasledujúce parametre :

- číslo nerovnozrnnosti $C_u = d_{60}/d_{10}$,
- číslo krivosti krivky zrnitosti $C_c = (d_{30})^2/(d_{10} \cdot d_{60})$,
kde d_{10} , d_{30} a d_{60} sú priemery zŕn (mm) prislúchajúce 10, 30 a 60% prepadu.

Vlhkosť v prirodzenom uložení (w_{nc}) bola stanovená sušením pri teplote 105°C až do ustálenia hmotnosti podľa STN 72 1012 : 1981 "Laboratórne stanovenie vlhkosti zemín".

Okrem celkovej vlhkosti (w_{nc}) bola výpočtom stanovená aj korigovaná vlhkosť zŕn priemeru 0÷0,5mm, ktorú označujeme (w_{nj}) a ktorá bola použitá pre výpočet indexu konzistencie (I_c), nakoľko konzistenčné medze sa určujú na frakcii zŕn 0÷0,5mm. Taktiež podľa STN 72 1001 : 2010 diagram plasticity (normový obr.2) platí pre častice a zrná s veľkosťou $d < 0,5\text{mm}$. Pre prirodzenú vlhkosť w_{nc} dostaneme prepočtom pri obsahu zŕn nad 0,5mm ($P_{d>0,5\text{mm}}$) korigovanú vlhkosť jemnej frakcie w_{nj} nasledovne :

$$w_{nj} = 100 \cdot w_{nc} / (100 - P_{d>0,5\text{mm}}),$$

kde $P_{d>0,5\text{mm}}$ je obsah zŕn nad 0,5mm stanovený podľa kriviek zrnitosti v prílohách. K uvedenému prepočtu poznamenávame, že korekcia vlhkosti je správna pre obsah zŕn $P_{d>0,5\text{mm}} < 30\%$. Pri vyššom obsahu piesčitej frakcie slúži len na orientačné stanovenie vlhkosti w_{nj} a indexu konzistencie I_c .

☐ Konzistenčné medze boli zisťované štandardnými postupmi na frakcii zeminy vytriedenej na site s priemerom ôk 0,5mm. Stanovené boli :

- medza plasticity w_P (%),
- medza tekutosti w_L (%),
- index plasticity $I_P = w_L - w_P$ (%),
- index konzistencie $I_C = (w_L - w_{nj})/I_P$ (-).

Medzu tekutosti sme stanovili podľa Britskej metódy BS1377: Pt2;1990 kužeľovou skúškou, pričom parametre kužeľa sú 30°/80g. Skúška je zhodná so štvorbodovou metódou podľa STN 72 1014 : 1968 "Laboratórne stanovenie medze tekutosti zemín". Medza plasticity sa zisťovala metódou podľa STN 72 1013 : 1968 "Laboratórne stanovenie medze plasticity zemín".

3. Stanovenie súčiniteľa filtrácie nesúdržných zemín z kriviek zrnitosti

Na vyčíslenie súčiniteľov filtrácie nesúdržných zemín z kriviek zrnitosti sme použili Beyer-Schweigerov vzťah, ktorý má tvar (Mucha, I. & Šestakov, V., 1987) :

$$k_f = 7,5 \cdot 10^6 \cdot C \cdot d_{10}^2, \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

kde $C = a \cdot (d_{60}/d_{10})^b$. Hodnoty charakteristických priemerov zŕn d_{10} a d_{60} sa dosadzujú v metroch, pričom súčinitele "a" a "b" vyjadrujú vplyv uľahnutosti zeminy podľa tabuľky 1.

Tab.1 Súčinitele "a", "b" vyjadrujúce vplyv hutnosti na súčiniteľ filtrácie

Súčiniteľ	a	b
Kypŕy stav (K)	0,015	-0,150
Stredne uľahnutý (SU)	0,012	-0,204
Uľahnutý (U)	0,010	-0,230

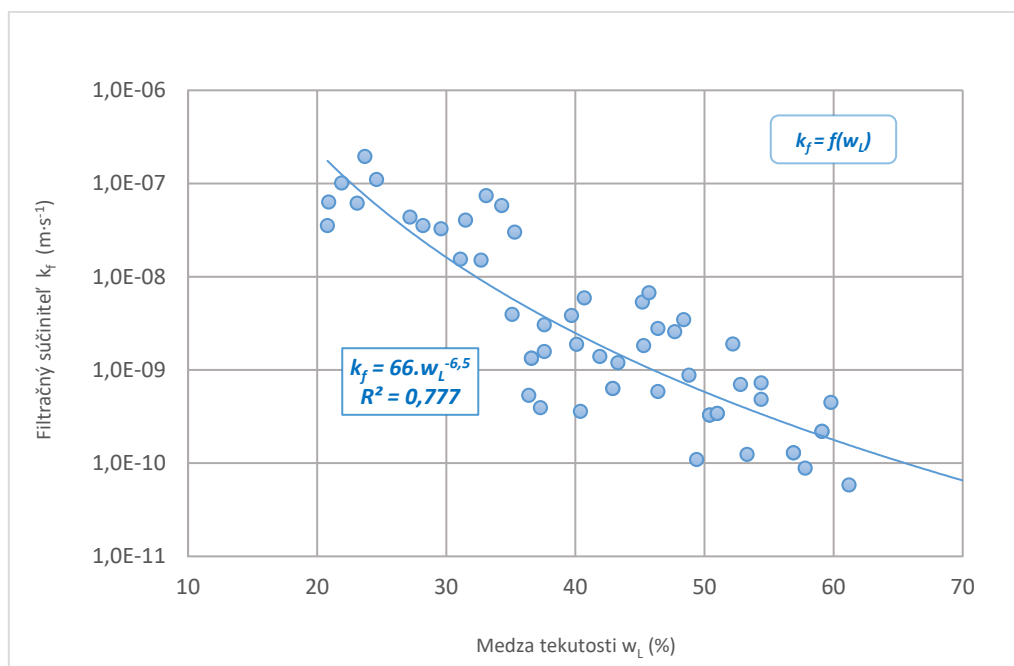
4. Nepriame stanovenie súčiniteľa filtrácie súdržných zemín z empirickej závislosti

Stanovenie súčiniteľa filtrácie na základe charakteristických priemerov zŕn d_{10} , resp. d_{ef} odvodených z kriviek zrnitosti súdržných zemín pomocou rôznych empirických vzorcov je nevhodné, nakoľko priemery zŕn sa nachádzajú mimo pomerne úzkych intervalov zŕn, pre ktoré boli tieto vzťahy odvodené.

Ako orientačné a informatívne odporúčame uvažovať hodnoty filtračných súčiniteľov k_f , ktoré sme vyhodnotili z empirickej závislosti (obr.1) zostavenej z našich archívnych priamych laboratórnych meraní filtračných súčiniteľov na neporušených vzorkách zemín tried F4, F6 a F8.

Empirická závislosť súčiniteľa filtrácie (k_f) od medze tekutosti (w_L) má mocninový tvar :

$$k_f = 66 \cdot (w_L)^{-6,5}. \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (2)$$



Obr.1 Empirická závislosť filtračného súčiniteľa od medze tekutosti w_L zemín tried F4/CS, F6/CL-CI a F8/CH ($n = 56$)

Z grafu na obr.1 je zrejme, že filtračný súčiniteľ súdržných (jemnozrnných) a zmesových (ílovito-piesčitých) zemín vykazuje pomerne vysokú variabilitu, nakoľko okrem medze tekutosti (w_L) vplýva na priepustnosť aj mnoho ďalších faktorov, ako je rozpätie a tvar krivky zrnitosti, pórovitosť zeminy (n), stupeň nasýtenia pórov vodou (S_r) a ich priechodnosť, a tiež aj aktivita ílovitých minerálov. Z uvedených dôvodov, takto odvodené filtračné súčinitele poskytujú len orientačnú informáciu o priepustnosti zemín.

Výsledky výpočtov podľa vzťahov (1) a (2) sú uvedené v prílohe 1 a pre názornosť sú zobrazené podľa vrstev, hĺbky odberu a zatriedenia zemín stĺpcovým diagramom v prílohe 2.

5. Zhodnotenie výsledkov laboratórnych skúšok

5.1 Zatriedenie zemín

Z vykonaných zrnitostných rozborov a klasifikačných skúšok zemín odobratých v rámci IG prieskumných prác v lokalite "Biely Kostol - základná škola" vyplýva, že z celkového počtu analyzovaných vzoriek $n = 3$ boli jednotlivé geotechnické typy zemín zastúpené nasledovne :

Súdržné zeminy

- Íly s nízkou plasticitou (CL) triedy F6 $n = 1$ vzorka.

Nesúdržné zeminy

- Piesky ílovité (SC) triedy S5 $n = 1$ vzorka,
- Štrky s prímiesou jemnej zeminy (G-F) triedy G3 $n = 1$ vzorka.

5.2 Filtračné vlastnosti zemín

Filtračné súčinitele vyhodnotené podľa Beyer-Schweigerovho vzťahu pre nesúdržné zeminy v stredne uľahlom stave (SU) a podľa empirickej závislosti pre súdržné zeminy (prílohy 1 a 2) dosahujú pre jednotlivé geotechnické typy zemín nasledujúce hodnoty :

- Íly nízkoplastické F6/CL $k_f = 6,54 \cdot 10^{-9} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
- Piesky ílovité S5/SC $k_f = 1,62 \cdot 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
- Štrky s prímiesou jemnej zeminy G3/G-F $k_f = 2,89 \cdot 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

V tabuľkách 2 a 3 uvádzame kritériá na slovné hodnotenie priepustnosti a drenážnej schopnosti zemín podľa Head, K. H., 1982.

Tab.2 Hodnotenie priepustnosti zemín podľa súčiniteľa filtrácie

Hodnotenie priepustnosti zemín	Súčiniteľ filtrácie k_f ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
prakticky nepriepustné	$< 1 \cdot 10^{-9}$
veľmi nízko priepustné	$1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-7}$
nízko priepustné	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-5}$
stredne priepustné	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-3}$
vysoko priepustné	$1 \cdot 10^{-3} >$

Tab.3 Hodnotenie drenážnej schopnosti zemín podľa súčiniteľa filtrácie

Hodnotenie drenážnej schopnosti zemín	Súčiniteľ filtrácie k_f ($m \cdot s^{-1}$)
žiadna	$< 1 \cdot 10^{-8}$
zlá	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-6}$
dobrá	$1 \cdot 10^{-6} >$

Podľa vyššie uvedených kritérií (tab.2 a 3) hodnotíme íly triedy F6/CL ako "veľmi nízko priepustné". Piesky triedy S5/SC sú "stredne priepustné" a štrky triedy G3/G-F sú "stredne priepustné".

Drenážna schopnosť, t.j. schopnosť odvádzať vodu štrkov triedy G3/G-F a pieskov triedy S5/SC je "dobrá". Íly triedy F6/CL nemajú "žiadnu drenážnu schopnosť".

V Bratislave 02.07.2020

GEOTECHNICKÁ SPOLOČNOSŤ - GES
spol. s r.o.

Lamačská cesta 8, 811 04 Bratislava



Vypracoval : Ing. P. Dovičín

Použitá literatúra, dokumentácia a normatívy

Head, H.,1982 : Soil laboratory Testing - Volume 2. Permeability, Shear strength and Compressibility tests. Pentech Press – London

Mucha, I. & Šestakov, V.,1987 : Hydraulika podzemných vôd. ALFA/SNTL - Bratislava

STN 72 1001 : 2010 Klasifikácia zemín a skalných hornín

STN 72 1012 : 1981 Laboratórne stanovenie vlhkosti zemín

STN 72 1013 : 1968 Laboratórne stanovenie medze plasticity zemín

STN 72 1014 : 1968 Laboratórne stanovenie medze tekutosti zemín

EC7 - STN EN 1997-1: 2005 – Navrhovanie geotechnických konštrukcií
Časť 1 : Všeobecné pravidlá

EC7 - STN EN 1997-2: 2008 – Navrhovanie geotechnických konštrukcií
Časť 2 : Prieskum a skúšanie horninového prostredia

Príloha 1 Súhrnný prehľad výsledkov laboratórnych skúšok zemín z lokality Biely Kostol - základná škola

Označenie vrtu a hĺbky odberu vzorky	Označenie vzorky	Obsah frakcií zŕn					Charakteristické priemery zŕn, číslo nerovnozrnnosti a krivosti					Prirodzená vlhkosť, konzistenčné medze, index plasticity a index konzistencie					Druh zeminy		Súčiniteľ filtrácie
		Íl	Prach	Íl + Prach	Piesok	Štrk	d ₁₀	d ₃₀	d ₆₀	C _u	C _c	w _{nc}	w _P	w _L	I _P	I _c	Trieda	Symbol	k _f
		%	%	%	%	%	mm	mm	mm	-	-	%	%	%	%	-			m·s ⁻¹
V-2, hl.1,7-1,8m	PV1	21,8	58,8	80,6	19,3	0,1						16,50	20,4	34,6	14,2	1,27	F6	CL	6,54E-09
V-2, hl.3,7-3,8m	PV2	2,9	16,3	19,2	42,8	38,0	0,021	0,20	1,70	81,0	1,1	6,05	13,6	21,0	7,4	-	S5	SC	1,62E-05
V-2, hl.20,5-20,6m	PV6	2,6	11,1	13,7	37,7	48,6	0,030	0,31	4,70	156,7	0,7	14,76	-	-	-	-	G3	G-F	2,89E-05

Poznámky :

PV - porušené vzorky so zachovaním prirodzenej vlhkosti

d₁₀, d₃₀ a d₆₀ - priemery zŕn (mm) pre 10, 30 a 60% prepadu

C_u = d₆₀/d₁₀ - číslo nerovnozrnnosti

$C_c = (d_{30})^2 / (d_{10} \cdot d_{60})$ - číslo krivosti krivky zrnitosti

w_{nc} - prirodzená vlhkosť zeminy - hmotnostná (%)

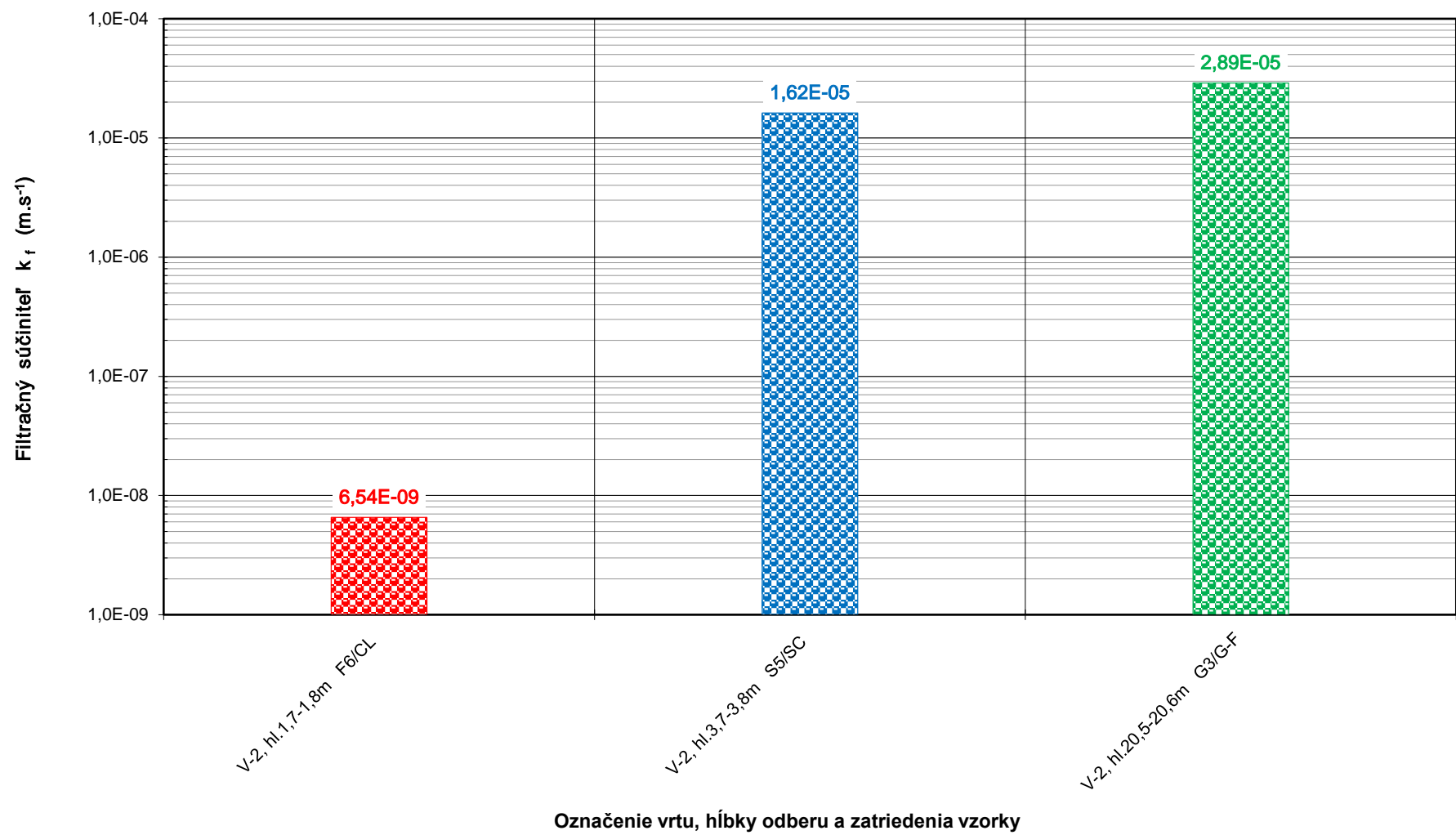
w_p - medza plasticity (%)

w_L - medza tekutosti (%)

I_P - index plasticity (%)

I_C - index konzistencie (-)

k_f - súčiniteľ filtrácie (m·s⁻¹)



Príloha 2 Zobrazenie súčiniteľov filtrácie zemín podľa vrtov, hĺbky odberu a zatriedenia zemín



Označenie vzorky a miesta odberu		Obsah frakcií zŕn					Kvalitatívne znaky zemín						Klasifikácia zemín podľa		
Ozn. vzorky	Vrt a hĺbka odberu vzorky	Íl (%)	Prach (%)	Íl+prach (%)	Piesok (%)	Štrk (%)	$P_{d>0,5mm}$ (%)	w_{nc} (%)	w_{nj} (%)	w_L (%)	I_P (%)	I_C (-)	STN 72 1001		
													Trieda	Symbol	Názov
PV1	V-2, hl. 1,7-1,8m	21,8	58,8	80,6	19,3	0,1	0,50	16,50	16,58	34,6	14,2	1,27	F6	CL	Íl s nízkou plasticitou
PV2	V-2, hl. 3,7-3,8m	2,9	16,3	19,2	42,8	38,0	54,60	6,05	-	21,0	7,4	-	S5	SC	Piesok ílovitý
PV3	V-2, hl. 20,5-20,6m	2,6	11,1	13,7	37,7	48,6	60,10	14,76	-	-	-	-	G3	G-F	Štrk s prím. jemnej zeminy

Príloha 3 Krivky zrnitosti a výsledky klasifikačných skúšok zemín odobratých z vrtu V-2 v lokalite Biely Kostol - základná škola