

Výsledky presiometrických skúšok

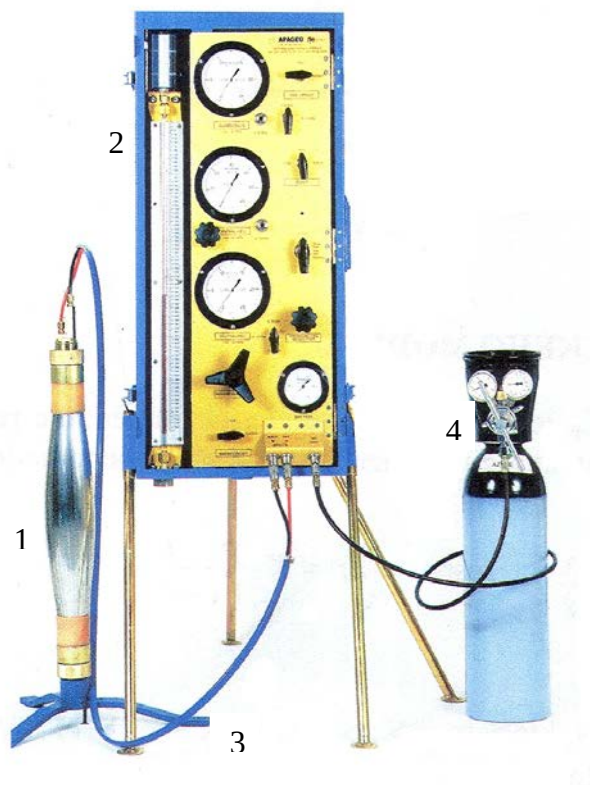
V rámci podrobného inžinierskogeologického prieskumu na trase **Diaľnice D1 Turany - Hubová**, vykonali pracovníci terénnej skupiny spoločnosti DPP Žilina, s.r.o, v období 03. až 05. 2019 v 32 presiometrických vrtoch spolu 113 ks presiometrických skúšok pre plánované objekty diaľnice D1 v danom úseku.

Presiometrické skúšky - metodika

Podstata presiometrickej skúšky spočíva v realizácii zaťažovacej skúšky radiálnym tlakom na stenu malopriemerového vrtu pomocou presiometrickej sondy. Presiometrická sonda zapustená do vrtu umožňuje meranie jeho deformácií v potrebnej hĺbke indikáciou objemových zmien kvapaliny v presiometrickom prístroji.

Na úlohe bol použitý Menardov presiometer fy APAGEO - pozri obr.1, kde je zobrazené kompletne skúšobné zariadenie, pozostávajúce z týchto hlavných častí:

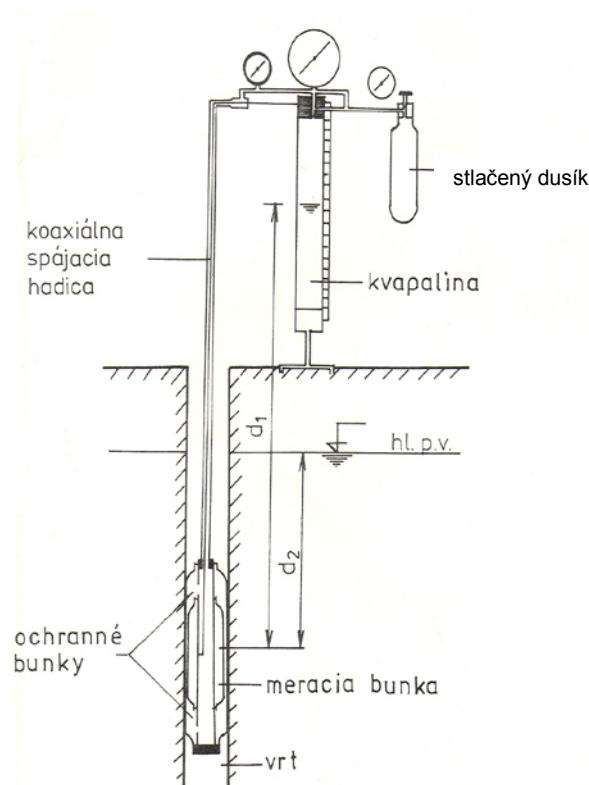
- 1 - sonda
- 2 - vlastný merací -presiometrický prístroj
- 3 – koaxiálna vysokotlaká hadica
- 4 – tlaková nádoba so stlačeným dusíkom



Obr.1

Pri realizácii presiometrických skúšok sme v jadrových vrtoch $\Phi = 76\text{mm}$ použili meraciu bunku typu NX - $\Phi = 74\text{mm}$. Uvedený postup bol uplatnený pri 113 skúškach v 32 jadrových vrtoch.

Na obr.2 je zobrazená schéma a princíp meracieho skúšobného zariadenia.



Obr.2

Vlastná skúška sa realizuje vždy pri minimálne šiestich zaťažovacích stupňoch (nenulových tlakových úrovniach). Zvyšovanie tlakov je postupné, pričom objemy môžu byť aj rovnaké - nezmenené. Veľkosť zaťažovacích stupňov sa volí v závislosti na skúšanom horninovom prostredí a na inercií membrány použitej presiometrickej sondy.

Zmena deformácie sa zaznamenáva pre každý zaťažovací stupeň v intervaloch 15, 30 a 60 sekúnd od ustálenia tlaku v meracej a ochranných bunkách. Do meracej bunky sa privádza voda alebo nemrznúca kvapalina, do ochranných buniek tlak plynu (stlačený dusík).

Účelom presiometrických skúšok je získať informácie o deformačno-pevnostných charakteristikách horninového prostredia až do štádia jeho porušenia. Zo skúšok je možné určiť:

- začiatok pružnoplastickej fázy namáhania, tlak p_0
- medzu dotvárania, tlak p_f
- medzu limitného tlaku p_{lim} (zodpovedajúcemu medznej únosnosti prostredia)
- presiometrický modul E_p

Pre vyhodnotenie presiometrických skúšok - výpočet presiometrického modulu E_p je potrebné poznať inerciu presiometrickej sondy. Pred sériou presiometrických skúšok je preto nevyhnutné vykonať kalibráciu - ciachovanie sondy na povrchu terénu pri atmosférickom tlaku za účelom zistenia :

- rozťažnosti sondy v oceľovej rúre so známym priemerom, kde sa zistí objem sondy bez tlaku (V_s) a koeficient rozťažnosti (vyjadrenie objemovej straty);
- rozťažnosti a odolnosti plášťa a membrány sondy (vyjadrenie tlakovej straty).

Výpočet presiometrického modulu

Presiometrický modul E_p je modulom distorzie a charakterizuje pseudoplastickú fázu skúšky - deformácie horninového prostredia. Hodnota presiometrického modulu E_p sa určí pomocou vzorca:

$$E_p = K \cdot \frac{\Delta p}{\Delta V}, \quad \text{príp. } E_p = K \cdot \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}$$

kde:

- K - koeficient sondy, ktorý sa určí zo vzťahu $K = 2(1+\nu) \cdot (V_o + V_m)$
- ν - Poissonovo číslo
- V_o - objem sondy
- V_m - priemerný objem vrtu v mieste skúšky medzi tlakmi p_1 a p_2 $V_m = (V_1 + V_2)$
- p_1, p_2 - tlaky v pružno - plastickej fáze deformácie (zeminy), prípadne v pružnej fáze deformácie (horniny)
- V_1, V_2 - objem vrtu v mieste skúšky pri tlaku p_1 a p_2

V zmysle platnej legislatívy a odbornej publikácie „Poľné skúšky zemín“ - M. Matys, O. Ťavoda, M. Cuninka, 1990 vyd. Alfa sme vyčíslili hodnoty modulov pretvárnosti E_{def} prepočtom z presiometrického modulu E_p nasledovne:

$$\text{Najskôr bolo potrebné vypočítať hodnoty oedometrického modulu } E_{oed} = \frac{E_p}{\alpha},$$

kde α - je reologický koeficient, ktorého hodnota je premenlivá od 0,25 - 1,00 podľa typu zeminy, hutnosti a pomeru $\frac{E_p}{p_{lim}}$ zeminy.

V skalných horninách α závisí od stupňa porušenia a odporúča sa použiť :

- v horninách s veľkou puklinovitosťou $\alpha = 0,33$
- v horninách so strednou puklinovitosťou $\alpha = 0,50$
- v horninách s malou puklinovitosťou $\alpha = 0,66$

Pragmatickú charakteristiku deformačno-pevnostných vlastností horninového prostredia, resp. základových pomerov je najvhodnejšie vyjadriť modulom pretvárnosti E_{def} .

Modul pretvárnosti E_{def} sa získa z hodnoty E_{oed} pomocou známeho vzťahu

$$E_{def} = E_{oed} \cdot \beta$$

kde β - súčiniteľ prevodu medzi E_{def} a E_{oed} je závislý od Poissonovho čísla ν (podľa porovnateľnej skúsenosti v zmysle STN 73 1001 z r.1993).

Na základe uvedených vzťahov sme vypočítali výsledné hodnoty modulov pretvorenia E_{def} pre 113 presiometrických skúšok realizovaných v 32 jadrových vrtoch. Súhrnné výsledky deformačno-pevnostných charakteristík v jednotlivých hĺbkach jadrových vrtov sú uvedené v tabuľke č. 1.

Literatúra

1. Ménard, L. : Interpretácia výsledkov presiometrických skúšok, Sols Soils No 26, 1975
2. Ťavoda, O., Matys, M. : Využitie presiometrických skúšok pri návrhu základovej konštrukcie, VÚIS Bratislava, 1976
3. STN 72 1004 Presiometrická skúška, 1990
4. Matys, M., Ťavoda, O., Cuninka, M. : Poľné skúšky zemín, vyd. Alfa, 1990

V Žiline august 2019

Ing. Jozef Majerčák

Tabuľka č. 1

skúška číslo	vrt číslo	hlbka merania (stred sondy) [m]	litologický typ horniny	Poissonovo číslo ν	medza dotvárania p_t [MPa]	limitný tlak p_{lm} [MPa]	presomerický modul E_p [MPa]	modul prevárnosti E_{def} [MPa]
1	JMP-1	13,2	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,14	12,50	129,0	142,5
2		14,2	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,18	18,50	200,7	221,7
3		18,2	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,15	21,00	204,2	225,5
4		19,0	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,15	15,00	147,0	162,4
1	JMP-2	10,2	ílovec, úplne až silno zvetraný	0,35	2,19	5,50	36,9	38,2
2		15,7	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,24	44,00	213,7	264,7
3		16,7	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,24	45,00	244,1	302,4
1	JMP-3	9,6	ílovec s laminami siltovca až pieskovca, silno zvetraný	0,30	2,18	8,50	53,4	65,9
2		10,5	ílovec s laminami siltovca až pieskovca, laminovaný	0,30	2,20	10,00	110,4	121,9
3		17,9	ílovec s laminami siltovca až pieskovca, laminovaný	0,25	2,14	30,00	300,0	371,6
4		18,7	ílovec s laminami siltovca až pieskovca, laminovaný	0,25	2,15	42,00	286,8	355,2
1	JMP-5	12,2	ílovec, silno zvetraný, tenkolaminovaný až čriepkovitý	0,35	1,32	2,70	24,7	22,9
2		16,5	striedanie pieskovca a ílovca, s prevahou pieskovca, slabo spevnený	0,30	2,10	4,50	43,5	48,0
3		23	striedanie pieskovca a ílovca	0,30	2,16	8,20	85,6	94,5
4		24	striedanie pieskovca a ílovca	0,30	2,17	10,50	139,0	153,6
1	JMP-6	11,4	ílovec, silno zvetraný, tenkolaminovaný až čriepkovitý	0,35	0,96	1,90	12,8	13,2
2		11,9	ílovec, silno zvetraný, tenkolaminovaný až čriepkovitý	0,35	0,75	1,12	23,4	21,7
3		18,9	striedanie siltovca a ílovca, s prevahou siltovca	0,30	1,90	3,05	49,7	54,9
4		19,7	ílovec, laminovaný	0,30	1,60	3,10	38,8	0,0
1	JMP-7	15,7	ílovec, stredne zvetraný, laminovaný	0,30	2,09	6,50	71,2	78,6
2		16,7	ílovec, stredne zvetraný, laminovaný	0,30	2,10	9,50	113,1	125,0
3		23,5	ílovec, laminovaný	0,30	2,11	14,00	136,4	150,6
4		24,2	ílovec, laminovaný	0,30	2,11	10,00	118,9	131,3
1	JMP-8	15,7	ílovec, tekt. porušený, laminovaný	0,35	0,88	2,35	33,0	30,5
2		16,2	ílovec s polohami siltovca až pieskovca, tekt. porušený, laminovaný	0,35	1,47	3,10	40,5	37,5
3		17	ílovec s polohami siltovca až pieskovca, tekt. porušený, laminovaný	0,35	2,04	4,00	27,8	28,7
1	JMP-9	12,7	striedanie ílovca a siltovca, úplne až silno zvetraný, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,36	3,60	34,4	31,8
2		13,7	siltovec až pieskovca, silno zvetraný	0,30	2,16	7,00	46,3	51,1
3		16,4	siltovec až pieskovec, stredne zvetraný, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,15	7,20	66,7	73,6
4		17,2	ílovec s polohami siltovca, tenkolaminovaný až listočkovitý, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,56	2,80	29,9	27,7
1	JMP-10	14,3	ílovec, laminovaný, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,07	2,35	34,8	32,2
2		15,3	striedanie pieskovca a ílovca, slabo spevnený	0,35	2,25	4,10	37,4	38,7
3		18,5	striedanie pieskovca a ílovca, slabo spevnený	0,35	2,25	4,20	31,2	32,2
4		19,5	striedanie pieskovca a ílovca, slabo spevnený	0,35	1,44	2,75	20,0	20,7
1	JMP-11	17,9	jemnozrnný pieskovec až siltovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,16	23,00	180,3	223,4
2		18,7	jemnozrnný pieskovec až siltovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,17	18,00	235,4	291,6
3		19,5	jemnozrnný pieskovec až siltovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,17	22,00	223,5	276,9
1	JMP-12	11,7	jemnozrnný pieskovec, slabo spevnený	0,30	1,79	7,00	51,7	63,8
2		12,7	jemnozrnný pieskovec, slabo spevnený	0,30	1,81	8,00	51,7	63,8
3		16,6	ílovec, s laminami pieskovca, laminovaný	0,30	1,84	10,00	107,1	118,3
4		17,4	jemnozrnný pieskovec, s polohami ílovca	0,25	1,95	19,50	184,8	228,9
1	JMP-13	12,5	jemnozrnný pieskovec, slabo spevnený	0,25	2,07	10,00	104,2	129,1
2		13,2	jemnozrnný pieskovec, slabo spevnený	0,25	2,08	9,50	96,2	119,2
3		18,9	ílovec, s laminami pieskovca, stredne zvetraný, laminovaný	0,30	2,08	14,50	150,9	166,6
4		19,7	ílovec, s laminami pieskovca, stredne zvetraný, laminovaný	0,30	2,08	14,00	169,2	186,9
1	JMP-15	10,8	jemnozrnný pieskovec, slabo spevnený	0,30	1,96	4,30	51,4	56,8
2		11,6	ílovec, tektonicky porušený	0,30	1,98	4,00	41,4	45,7
3		20,4	ílovec, laminovaný až tenkovrstevnatý	0,30	2,00	7,50	101,2	111,7
4		21,2	ílovec, laminovaný až tenkovrstevnatý	0,30	2,02	8,00	106,0	117,1
1	JMP-16	6,5	ílovec, úplne až silno zvetraný, tekt. porušený	0,30	0,99	2,90	49,4	54,6
2		7,5	ílovec, tekt. porušený laminovaný	0,30	1,20	2,80	45,2	49,9
3		19,5	ílovec, laminovaný až tenkovrstevnatý	0,25	2,33	39,00	230,2	285,2
4		20,4	ílovec, laminovaný až tenkovrstevnatý	0,25	2,33	37,00	363,1	449,9
1	JMP-17	13,3	jemnozrnný pieskovec s laminami ílovca, veľmi tenkovrstevnatý	0,25	2,07	9,00	108,9	134,9
2		14,1	ílovec, tekt. porušený, charakteru tvrdej zeminy	0,30	2,06	4,50	39,1	48,2
3		22	ílovec, s polohami siltovca až pieskovca, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,15	9,00	94,9	104,8
4		22,8	ílovec, s polohami siltovca až pieskovca, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,17	10,00	122,2	135,0

Tabuľka č. 1

skúška číslo	vrt číslo	hĺbka merania (stred sondy) [m]	litologický typ horniny	Poissonovo číslo ν	medza dotvárania p_t [MPa]	limitný tlak p_{lm} [MPa]	presomerický modul E_p [MPa]	modul prevárnosti E_{def} [MPa]
1	JMP-18	9,8	ílovec, tekt. porušený, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,24	2,45	33,3	30,8
2		10,8	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,04	8,00	99,2	109,6
3		19,1	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,30	2,15	8,50	122,8	135,7
4		20,1	ílovec, laminovaný až listočkovitý	0,30	2,14	6,20	66,6	73,5
1	JMP-19	15,4	ílovec, tekt. porušený, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,19	2,25	34,7	32,1
2		16	ílovec, tekt. porušený, listočkovitý až laminovaný	0,30	1,60	3,70	47,5	52,5
3		21,5	ílovec až siltovec, laminovaný	0,30	1,98	10,50	136,7	150,9
1	JMP-20	11,6	ílovec, rozložený až úplne zvetraný, charakteru ílovej zeminy pevnej konzistencie	0,35	0,43	0,93	13,5	12,5
2		12,4	ílovec, laminovaný	0,30	1,81	4,30	62,3	76,8
3		15,7	ílovec, charakteru tvrdej zeminy	0,35	1,48	2,50	38,4	35,6
4		16,7	ílovec, laminovaný až tenkovrstevnatý	0,30	1,70	8,50	134,5	148,6
1	JMP-21	14,65	ílovec, laminovaný až listočkovitý	0,30	1,67	6,50	91,2	100,7
2		15,4	ílovec, laminovaný až listočkovitý, tekt. porušený	0,30	1,46	3,40	41,1	45,4
3		18,6	ílovec, laminovaný až veľmi tenkovrstevnatý	0,25	1,88	17,00	209,0	258,9
4		19,5	ílovec, laminovaný, tekt. porušený	0,30	1,29	2,65	44,5	49,1
1	JMP-22	12,7	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,13	43,00	340,0	421,3
2		13,7	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,13	41,00	272,9	338,1
3		15,7	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	1,93	43,00	401,8	497,7
4		16,7	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,15	40,00	402,1	498,1
1	JMP-23	15,6	slieňovec, silno zvetraný, s polohami slienitého vápenca	0,30	1,77	20,00	140,3	154,9
2		16,3	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,28	1,98	24,00	163,0	189,8
1	JMP-24	13,7	slieňovec, silno zvetraný, s tenkými vrstvami slien. vápenca	0,30	1,76	23,00	146,1	161,4
2		14,5	slieňovec, silno zvetraný, s tenkými vrstvami slien. vápenca	0,30	1,54	6,00	65,5	72,3
3		18,2	slieňovec, s tenkými vrstvami slien. vápenca	0,25	1,77	22,00	221,4	274,3
1	JMP-25	11	slieňovec, tekt. porušený	0,35	2,15	4,40	34,9	32,3
2		11,8	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,15	37,00	303,6	376,0
1	WMP-1	11,8	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,02	30,00	276,1	342,1
2		12,8	slieňovec, stredne až slabo zvetraný	0,30	2,02	10,50	101,4	112,0
3		21,5	slieňovec, stredne až slabo zvetraný	0,30	1,88	11,00	82,3	90,9
4		22,5	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,13	41,00	163,4	202,4
1	WMP-2	14,3	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,05	48,00	267,4	331,2
2		14,9	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,06	45,00	489,8	606,8
3		15,7	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,08	42,00	285,9	354,2
1	WMP-3	14,2	slieňovec, stredne až slabo zvetraný	0,30	2,18	13,00	110,9	122,5
2		17,2	slieňovec, s polohami slienitého vápenca	0,25	2,16	44,00	228,1	282,6
1	WMP-4	7,7	štrk s prímiesou jemnozrnnnej zeminy G3/G-F	0,25	2,19	11,50	110,3	183,1
2		18,4	slieňovec, stredne až slabo zvetraný	0,30	2,19	11,50	114,7	126,7
1	WMP-5	8,8	slieňovec, s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný, charakteru zeminy	0,35	0,30	0,95	7,7	9,5
2		9,8	slieňovec, s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný, charakteru zeminy	0,35	0,42	1,30	25,1	26,0
3		18,6	slieňovec, s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný, charakteru zeminy	0,35	1,47	2,85	26,7	27,6
4		19,5	slieňovec, s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný	0,35	1,30	2,90	38,6	39,9
1	WMP-6	5,5	slieňovec, s úlomkami slien. vápenca, silno zvetraný až rozložený, charakteru zeminy - zosuvné del	0,35	1,43	2,10	12,9	16,0
2		6,4	slieňovec s úlomkami slien. vápenca, silno zvetraný až rozložený, charakteru zeminy - zosuvné del	0,35	0,59	1,35	13,5	14,0
3		13,9	slieňovec s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný	0,35	1,04	2,50	25,8	26,6
4		14,8	slieňovec s polohami slienitého vápenca, silno zvetraný	0,35	1,46	3,80	35,3	36,5
1	JZP-1	4,4	suť ílovito-kamenitá, charakteru štrku ílovitého (G5/GC)	0,30	1,74	3,50	31,8	47,1
2		5,4	slieňovec, rozložený až silno zvetraný, s úlomkami slien. vápenca	0,30	1,95	3,70	33,0	48,8
3		11,2	vulkanická brekcía	0,30	1,36	4,50	48,0	53,0
1	JVP-1	15,7	slienitý vápenec, s polohami slieňovca	0,25	2,04	38,00	306,4	379,6
2		16,5	slienitý vápenec, s polohami slieňovca	0,25	2,05	36,00	379,2	469,8
3		17,5	slienitý vápenec, s polohami slieňovca	0,25	2,04	37,00	247,3	306,3
4		19	slienitý vápenec, s polohami slieňovca	0,25	2,05	36,00	331,3	410,4
1	JVP-2	3,7	suť kamenito-ílovitá, charakteru ílu štrkovitého (F2/CG)	0,35	0,94	2,30	15,2	18,9
2		4,7	suť kamenito-ílovitá, charakteru ílu štrkovitého (F2/CG)	0,35	0,76	1,70	18,2	16,8
3		6,3	suť kamenito-ílovitá, charakteru ílu štrkovitého (F2/CG)	0,35	0,69	1,15	8,8	10,9
4		7,3	suť kamenito-ílovitá, charakteru ílu štrkovitého (F2/CG)	0,35	1,26	2,20	17,2	21,3