

STATICKE ZATAŽOVACIE SKÚŠKY

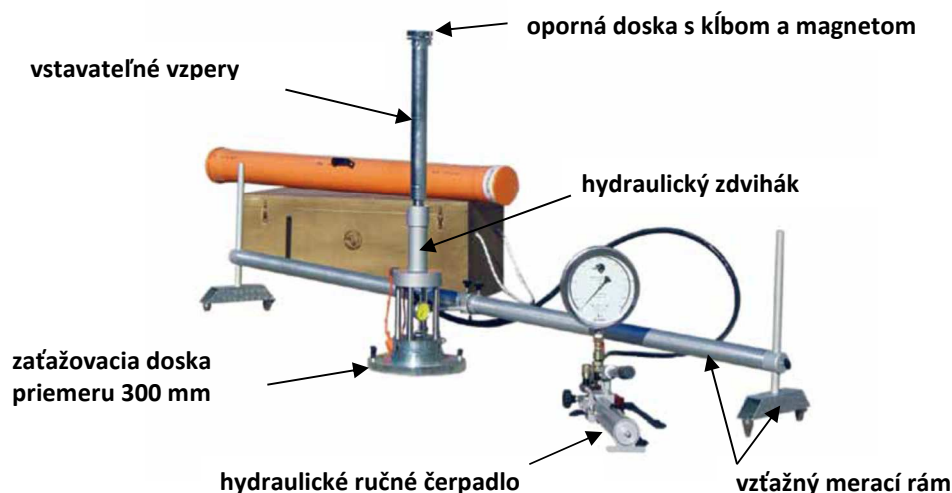
Na úlohe „KE, Modernizácia električkových tratí MET v meste Košice, 2. etapa, UČS 17“ bolo realizovaných podľa požiadaviek projektanta 28 ks statických zaťažovacích skúšok. Statické zaťažovacie skúšky boli realizované vedľa koľajnicových pásov v mieste, kde je trať budovaná s panelov BKV, v úseku kde je trať budovaná ako otvorená konštrukcia boli realizované za hlavami pražcov, resp. v osi koľaje. Statické zaťažovacie skúšky vykonali pracovníci Geofos, s.r.o. v dňoch 18. 4. 2021 až 23. 4. 2021. Kopané sondy pre realizáciu statických zaťažovacích skúšok boli predkopávané strojne kolesovým rýpadlom a do konečnej podoby boli upravované ručne. Hĺbka kopaných sond bola od 1,0 – 1,1 m od temena koľajnice, nivelety. Ako protizáťaž na realizáciu skúšky bolo použité kolesové rýpadlo.

Pre upresnenie charakteru testovanej zeminy boli z kopaných sond odobraté vzorky pre laboratórium mechaniky zemín.

STATICKÁ ZATAŽOVACIA SKÚŠKA – všeobecne

Spočíva vo vyvodzovaní požadovaného merného tlaku na tuhú zaťažovaciu dosku kruhového prierezu priemeru 300 mm pomocou hydraulického zdviháka za účelom zistenia únosnosti konštrukčných vrstiev a podložia násypových telies dopravných stavieb, skládok odpadu, vodohospodárskych, priemyselných a iných stavieb, resp. zeminy podložia v prirodzenom uložení.

Lahká statická zaťažovacia zostava



Na predmetnej ulohy sme v plnom rozsahu dodržali zásady a technologický postup prípravy a realizácie statických zaťažovacích skúšok v zmysle predpisu ŽSR TS 4.

Montáž skúšobného zariadenia

Povrch testovanej vrstvy jemnozrnných zemín s premenlivým obsahom piesčitej a štrkovitej frakcie bol nenarušený a rovný, pričom prípadné nerovnosti sme vyrovnali suchým rovnozrnným kremičitým pieskom. Striktne sme dodržiavali podmienku inštalácie zaťažovacej dosky, ktorá spĺňala kritériá dostatočnej tuhosti (v zmysle STN 73 6190) vo vodorovnej polohe. Montáž skúšobného zariadenia po osadení zaťažovacej dosky pokračovala kompletizáciou jednotlivých prvkov zaťažovacej zostavy (vstavateľné vzpery, hydraulický zdvihák a oporná doska s kĺbom a magnetom). Príprava zaťažovacej skúšky bola ukončená po osadení vzťažného meracieho rámu, ktorého rozopretie a stabilizáciu zabezpečovali vysúvateľné hrotové podpery.

Na meracom ráme bol namontovaný kĺbový držiak s digitálnym snímačom deformácií v rozsahu 50,00 mm a presnosťou 0,01 mm. Meranie zatlačania dosky boli realizované ako jednobodové.

Realizácia zaťažovacej skúšky

Pred začatím zaťažovacej skúšky, keď došlo k rozopretiu skúšobného zariadenia – zaťažovacej zostavy o rám kolesového rýpadla pomocou minimálneho aktivačného tlaku – 0,01 MPa vyvedeného hydraulickým čerpadlom na dobu 30 sekúnd, sme dosku úplne odľahčili. Následne sme snímač deformácií vyregulovali do nulovej polohy a začali s vyvodzovaním zaťaženia v 2 zaťažovacích a v 2 odľahčovacích cykloch. Uplatňovali sa pritom 4 zaťažovacie stupne a 4 odľahčovacie stupne s maximálnym kontaktným napätím 0,20 MPa. Vzrast zaťaženia z jedného stupňa na druhý bol pozvoľný a na každom stupni sa musel udržiavať bez kolísania až do ustálenia deformácie, čo predstavovalo, že v priebehu 5 minút bola zmena $\leq 0,05$ mm. Zatiaľ čo v prvom zaťažovacom cykle dochádzalo k dotláčaniu jednotlivých prvkov zaťažovacej zostavy vrátane dosadenia zaťažovacej dosky na kontakte so skúšaným horninovým prostredím, **druhý zaťažovací cyklus**, ktorý nasledoval ihneď po doznení odľahčenia, už poskytol reálny obraz o pretvárných charakteristikách skúšanej zeminy, resp. navážky tvoriacej konštrukčnej vrstvy podvalového podlažia a zemnej pláne električkovej trate.

Vyhodnotenie zaťažovacej skúšky

Pri vyhodnotení statického modulu pretvárnosti E_0 sme vychádzali z rovnice „1“ v zmysle TNŽ 73 6312 Navrhovanie konštrukčných vrstiev podvalového podlažia. Pre návrh podvalového podlažia je rozhodujúca znalosť statického modulu v najnepriaznivejších klimatických podmienkach, tie sa zohľadňujú redukčným súčiniteľom z , takto redukovaný modul pretvárnosti $E_{0r} = E_0 \cdot z$, sa vypočíta podľa vzťahu „2“.

$$E_0 = \frac{1,5 \cdot p \cdot r}{y} \quad (1)$$

$$E_{0r} = E_0 \cdot z \quad (2)$$

kde:

- E_0 - statický modul pretvárnosti zistený zaťažovacou skúškou in situ [MPa];
- E_{0r} - redukovaný statický modul pretvárnosti [MPa];
- p - merný tlak pod zaťažovacou doskou [MPa];
- r - polomer zaťažovacej dosky [m];
- y - celkové priemerné zatlačenie zaťažovacej dosky [m];
- z - opravný súčiniteľ závislý na stupni konzistencie skúšanej vrstvy [-].

Tabuľka 1: Prehľad statických zaťažovacích skúšok v UČS 17

UČS	Označenie skúšky	Príloha	JTSK		Hĺbka od nivelety [m]	Dátum realizácie	Zatriedenie zeminy STN 72 1001	Celkové priemerné zatlačenie zaťažovacej dosky y [mm]	Modul pretvárnosti E_0 [MPa]	Opravný súčiniteľ z [-]	Modul pretvárnosti redukovaný $E_{0r} = E_0 \cdot z$ [MPa]	Poznámka
			X [m]	Y [m]								
UČS 17	SZS17-01	6.2.1	1243065,3700	262162,2500	1,1	23.4.2021	G3/G-F	0,49	90,20	0,95	85,69	
	SZS17-02	6.2.2	1243037,1100	262070,9400	1,1	23.4.2021	G3/G-F	0,48	92,00	0,95	87,40	
	SZS17-03	6.2.3	1243021,9900	261972,4400	1,1	23.4.2021	G5/GC	0,25	171,50	0,85	145,78	
	SZS17-04	6.2.4	1242973,6000	261801,0500	0,9	22.4.2021	G5/GC	0,46	86,10	0,85	73,19	
	SZS17-05	6.2.5	1242952,5400	261697,1600	0,9	22.4.2021	G3/G-F	0,28	157,80	0,95	149,91	
	SZS17-06	6.2.6	1242931,8500	261592,5100	0,9	22.4.2021	F4/CS	0,81	51,10	0,70	35,77	
	SZS17-07	6.2.7	1242911,5800	261485,5400	0,9	22.4.2021	G5/GC	0,43	99,70	0,85	84,75	
	SZS17-08	6.2.8	1242913,1600	261379,9100	0,9	22.4.2021	G5/GC	0,43	99,70	0,85	84,75	
	SZS17-09	6.2.9	1242956,7800	261343,5000	0,9	21.4.2021	F4/CS	1,75	23,60	0,70	16,52	
	SZS17-10	6.2.10	1243032,9200	261290,2000	1,1	21.4.2021	F2/CG	0,58	71,30	0,80	57,04	
	SZS17-11	6.2.11	1243114,3939	261237,4056	1,1	21.4.2021	F6/CI	2,95	13,40	0,60	8,04	
	SZS17-12	6.2.12	1243200,3847	261177,8043	1,1	21.4.2021	F4/CS	0,54	76,60	0,70	53,62	
	SZS17-13	6.2.13	1243279,8484	261122,1287	1,1	21.4.2021	F6/CI	2,04	19,40	0,60	11,64	
	SZS17-14	6.2.14	1243362,9891	261063,9074	1,1	20.4.2021	F4/CS	1,27	32,60	0,70	22,82	
	SZS17-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-16	6.2.15	1243498,5124	260948,4738	1,1	20.4.2021	F6/CI	2,23	17,80	0,70	12,46	
	SZS17-17	6.2.16	1243590,9600	260867,8746	1,1	20.4.2021	F6/CI	1,65	24,00	0,60	14,40	
	SZS17-18	6.2.17	1243666,2361	260802,2685	1,1	20.4.2021	F6/CI	1,19	33,30	0,60	19,98	
	SZS17-19	6.2.18	1243742,0191	260736,2187	1,1	20.4.2021	F6/CI	0,73	54,20	0,60	32,52	
	SZS17-20	6.2.19	1243816,6448	260671,0311	1,1	20.4.2021	F5/MI	1,53	25,90	0,60	15,54	
	SZS17-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-22	6.2.20	1243930,1852	260572,0502	1,1	19.4.2021	F2/CG	0,55	75,20	0,80	60,16	
	SZS17-23	6.2.21	1244005,5124	260506,4517	1,1	19.4.2021	F6/CI	1,62	24,40	0,60	14,64	
	SZS17-24	6.2.22	1244080,7519	260440,9691	1,2	19.4.2021	F7/MH	4,08	9,70	0,50	4,85	
	SZS17-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-28	6.2.23	1244293,5268	260255,7300	1	19.4.2021	F7/MH	2,22	17,80	0,50	8,90	
	SZS17-29	6.2.24	1244371,2801	260197,5102	1	18.4.2021	F8/CH	1,29	30,70	0,50	15,35	
	SZS17-30	6.2.25	1244432,5714	260151,4362	1	18.4.2021	F6/CI	1,57	25,20	0,60	15,12	
	SZS17-31	6.2.26	1244524,3867	260082,6158	0,9	18.4.2021	F5/MI	3,17	12,50	0,60	7,50	
	SZS17-32	6.2.27	1244601,1956	260024,9042	0,7	18.4.2021	G5/GC	0,95	43,50	0,85	36,98	
	SZS17-33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	SZS17-34	6.2.28	1244674,0169	259970,5313	0,7	19.4.2021	F7/MH	3,03	13,10	0,50	6,55	

Zatriedenie testovaných zemín v zmysle STN 72 1001 sme vykonali na základe odobratých vzoriek z podložia zaťažovacej skúšky. Záznamy o priebehu jednotlivých statických zaťažovacích skúšok s ich pracovným diagramom sú uvedené v prílohách č. 6.2.1 až 6.2.28. Trasa bola rozdelená na 6 charakteristických úsekov, podrobne sú uvedené v texte záverečnej správy, kapitola 2.3.

Z realizovaných statických zaťažovacích skúšok vyplýva nasledovné:

- v UČS 17 bolo realizovaných 28 ks SZS v hĺbke 0,7 – 1,1 m pod niveletou v úrovni uvažovanej zemnej pláne a 6 ks SZS nebolo realizovaných z technických príčin a možného stretu a poškodenia podzemných vedení;
- v úseku km 0,000 – 0,170 bola realizovaná SZS17- 01 v hĺbke 1,1 m, ktorou sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 85,7$ MPa. V úseku bola realizovaná aj sonda dynamickej penetrácie DPS17-01, ktorá v úrovni od 1,0 do 1,6 m detegovala vrstvu navážky charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3/G-FY) s prechodom do fluviálnych pieskov až ílov s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 52,3$ MPa. Je nutné upozorniť, že pri absencii štrkovej navážky je nutné uvažovať s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 10$ MPa;
- v úseku km 0,170 – 0,800 bola realizovaná SZS17- 02 až SZS17-06 v hĺbke 0,9-1,1 m, ktorou sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 35,7 - 149,9$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{or} = 85$ MPa. V úseku boli realizované sondy dynamickej penetrácie DPS17-02 až DPS17-07, ktorými bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v hĺbke od 1,0 do 1,6 m v rozmedzí $E_{DPS} = 15,2 - 22,8$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 16$ MPa. Statické zaťažovacie skúšky SZS17-04, SZS17-05, SZS17-06 nebolo možné realizovať v hĺbke 1,1 m pod TK. Pri výkope sond v úzkom priestore (0,4 m) medzi podvalmi dochádzalo k opakovanému vypadávaniu kameniva z koľajového zvršku a podkladných vrstiev. Skúška bola preto realizovaná v hĺbke 0,9 m;
- v úseku km 0,800 – 0,990 boli realizované SZS17- 07 a SZS17-08 v hĺbke 0,9 m, ktorou sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 84,75$ MPa. V úseku boli realizované sondy dynamickej penetrácie DPS17-08 až DPS17-10, ktorými bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v hĺbke od 1,0 do 1,6 m v rozmedzí $E_{DPS} = 4,96 - 8,46$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 7$ MPa. Statické zaťažovacie skúšky nebolo možné realizovať v hĺbke 1,1 m pod TK. Pri výkope sond v úzkom priestore (0,4 m) medzi podvalmi dochádzalo k opakovanému vypadávaniu kameniva z koľajového zvršku a podkladných vrstiev. Skúška bola preto realizovaná v hĺbke 0,9 m;
- v úseku km 0,990 – 1,370 boli realizované SZS17- 09 a SZS17-12 v hĺbke 0,9 – 1,1 m, ktorými sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 8,04-57,04$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{or} = 30$ MPa. V úseku boli realizované sondy dynamickej penetrácie DPS17-11 až DPS17-14, ktorými bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v hĺbke od 1,0 do 1,6 m v rozmedzí $E_{DPS} = 2,97 - 38,88$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 8$ MPa;
- v úseku km 1,370 – 1,800 boli realizované SZS17- 13 až SZS17-16 v hĺbke 1,1 m, ktorými sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 11,6-22,82$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{or} = 15$ MPa. V úseku boli realizované sondy dynamickej penetrácie DPS17-14 až DPS17-19, ktorými bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v hĺbke od 1,0 do 1,6 m v rozmedzí $E_{DPS} = 4,63 - 14,55$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 9,5$ MPa;
- v úseku km 1,800 – 3,320 boli realizované SZS17- 17 až SZS17-34 v hĺbke 0,7 - 1,1 m, ktorými sa stanovil redukovaný modul pretvárnosti $E_{or} = 4,85-60,16$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{or} = 19$ MPa. V úseku boli realizované sondy dynamickej

penetrácie DPS17-20 až DPS17-34, ktorými bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v hĺbke od 1,0 do 1,6 m v rozmedzí $E_{DPS} = 6,32 - 75,84$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 10$ MPa.

Zoznam použitej literatúry

- | | |
|---------------------|--|
| 1. STN 72 1006 | Kontrola zhutnenia zemín a sypanín |
| 2. TNŽ 73 6312 | Navrhovanie konštrukčných vrstiev podvalového podložia |
| 3. Predpis ŽSR S4 | Železničný spodok |
| 4. EN ISO 33 476-13 | Plate loading test (Zaťažovacia skúška doskou) |
| 5. STN 72 1001 | Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii |

V Žiline 21. 6. 2021

Ing. Martin Sinak