

DYNAMICKÉ PENETRAČNÉ SKÚŠKY

Na úlohe „KE, Modernizácia električkových tratí MET v meste Košice, 2. etapa, UČS 18“ sme pre splnenie požiadaviek projektanta realizovali celkovo **8 ks** dynamických penetračných skúšok s celkovou metrážou 42,9 m.

Cieľom dynamických penetračných sond bolo overiť deformačné parametre konštrukčných vrstiev ako aj horninového prostredia, tvoriace podložie koľajového zvršku. Sondy dynamickej penetrácie dopĺňujú informácie z prieskumných vrtov a statických zaťažovacích skúšok. Sondy dynamickej penetrácie vykonali pracovníci CAD-ECO a.s., Bratislava T. Cedzo a M. Sinak v dňoch 17. 4. 2021 a 18. 4. 2021 ťažkou dynamickou penetračnou súpravou **DPH od fy STITZ GmbH**.

Tabuľka 1 Prehľad sond dynamickej penetrácie

Označenie sondy	Dátum realizácie	Hĺbka (m)	Poznámka
DPS18-01	17.4.2021	0,6	ukončená z dôvodu vysokého počtu úderov – metodika skúšky
DPS18-02	17.4.2021	6,0	-
DPS18-03	17.4.2021	6,0	v osi odvrátny asfaltobetón 5 cm
DPS18-04	17.4.2021	6,0	-
DPS18-05	17.4.2021	6,0	-
DPS18-06	17.4.2021	6,3	-
DPS18-07	17.4.2021	6,0	-
DPS18-08	18.4.2021	6,0	-

Predmetom dynamickej penetračnej skúšky je stanovenie **mernej** (špecifickej) **hodnoty dynamického penetračného odporu q_{dyn}** , ktorý vyjadruje počet úderov na vnik normou stanovenej hĺbky (v našom prípade 10 cm) baranom zarážaného sondovacieho sútyčia ukončeného penetračným hrotom do zeminy, tak v prirodzenom uložení ako aj v zhutnených, prípadne nezhutnených sypaninách vyťažených z horninového prostredia alebo vzniknutých ako odpadový materiál z priemyselnej výroby, respektíve úpravy nerastných surovín. Hmotnosť barana, výška jeho pádu, frekvencia jeho úderov za minútu ako aj rozmery penetračného hrotu sú normované.

Na základe korelačných vzťahov viacerých autorov a v zmysle **STN 72 1032 „Dynamická penetračná skúška“** a **STN EN ISO 22476-2: 2005 (Dynamic probing)** je možné z q_{dyn} vypočítať viaceré geotechnické charakteristiky.

U nesúdržných zemín (hlavne - uľahnutosť, modul pretvárnosti a uhol vnútorného trenia) a u súdržných zemín (hlavne – konzistencia, modul pretvárnosti a neodvodnená pevnosť).

Zistené charakteristiky by mali poskytnúť predovšetkým reálny priebeh stupňa konsolidácie v mieste realizácie sondy dynamickej penetrácie.

Skúšobné zariadenie – pre realizáciu sondy ťažkej dynamickej penetrácie od fy STITZ GmbH tvorí:

- pneumatický baran S – 100,
- prídavné zariadenie,

- vzduchový agregát S – 200,
- úderník ,
- spriahnuté tri podpory pre fixáciu pneumatického barana,
- sondážne tyče,
- pevné a tzv. sondážne hroty „na stratenó“

Príprava realizácie sondy ťažkej dynamickej penetrácie spočíva v osadení spriahnutých troch podpier pre fixáciu pneumatického barana nad vytýčeným skúšobným miestom. Po montáži úvodnej sondážnej tyče s uchytením hrotu a úderníka nasleduje jej centrácia s podmienkou zabezpečenia osovosti pôsobiaceho pneumatického barana s prídavným zariadením (spolu 50 kg) na úderník úvodnej sondážnej tyče. Po splnení týchto podstatných kvalitatívnych podmienok sa vykoná prepojenie tlakovej hadice zo vzduchového agregátu (s motorom Honda) na pneumatický baran a naštartovanie motora s následnou realizáciou sondy dynamickej penetrácie.

Parametre použitého prístroja :

- priemer hrotu 43,70 mm
- vrcholový uhol hrotu 90°
- hmotnosť pneumatického barana s prídavným zariadením 50 kg
- výška pádu barana 50 cm, ± 3 cm
- priemer tyčí 32 mm
- dĺžka tyčí 1 m
- počet úderov za 1 min: 26 až 40 krát
- použitý hrot "na stratenó"

Postup prác :

Pri kontinuálnom zarážaní skúšobného hrotu sa zaznamenával počet úderov barana (v sérii) potrebný k zarazeniu hrotu o každých 10 resp. 20 cm (N_{10} resp. N_{20}). Z počtu úderov potrebných na zarazenie sondy o 10 cm (N_{10}) a z parametrov prístroja bol vypočítaný merný dynamický penetračný odpor q_{dyn} podľa tzv. holandského vzorca:

$$q_{dyn} = Q^2 \times h / A \times s \times (Q + q) \quad [\text{kPa}] \quad [1]$$

kde :

Q = tiaž barana [kN]

h = výška pádu barana [m]

q = tiaž penetračnej sondy [kN] = hrot + sútyčie + kovadlina + kôš

A = prierezová plocha hrotu [m²]

N = počet úderov na vnik hrotu o 10 resp. 20 cm

s = vnik hrotu o 10 resp. 20 cm

V rovnici [1], ktorá je v súlade s čl.5.5 STN 72 1032 sú pre určitý parameter veličiny Q, h, s, A konštantné, pričom q rastie skokom v pravidelných intervaloch (1 m) pri pridávaní novej tyče. Rovnicu [1] možno potom zjednodušiť na tvar:

$$q_{dyn} = a \cdot N \quad [2]$$

kde :

$$a = Q^2 \times h / A \times s \times (Q + q)$$

Hodnoty súčiniteľa "a" sú pre jednotlivé hĺbkové intervaly dané dĺžkou tyčí a boli vypočítané vopred (zostavené do tabuľky). Dynamický odpor "N" bol dosadený do vzorcov a zmenšený o vplyv parazitného trenia sútyčia. Trenie na sútyčí bolo merané momentovým kľúčom typu TONA -TMK 03, pričom z hodnôt nameraného krútiaceho momentu M_v je možné určiť počet úderov barana potrebný na prekonávanie plášťového trenia tzv. hodnotu "N" plášťové. Pre dynamický penetrometer je možné podľa švédskych experimentov redukovať počet úderov o vplyv trenia podľa vzťahu:

$$N_{10} = x \cdot M_v \quad [3]$$

kde :

M_v = krútiaci moment [Nm]

x = parameter podľa DIN, $x = 0,04$

Pri výpočte a vykreslení grafu výsledkov penetračných skúšok sme využili rovnice a vzťahy uvedené v STN 72 1032. Obdobne pre interpretáciu a určenie fyzikálno-mechanických vlastností, pričom na základe priebehu krivky merného dynamického odporu q_{dyn} sme pre odčítané štatisticky priemerné hodnoty určovali jednotlivé parametre geotechnických vlastností v zmysle literatúry 2, 3 a 4 (Príloha 6.1.1 až 6.1.8).

Sondy dynamickej penetrácie z dôvodu úpravy koľajových pásov boli prevažne realizované v trávnom poraste. Sonda DPS18-01 bola ukončená v hĺbke 0,6 m z technologických dôvodov (veľký počet úderov), bola 2x opakovaná v okruhu cca 0,7 m. Viac pokusov nebolo možné realizovať z dôvodu stretu s podzemnými sieťami. Sonda DPS18-03 bola realizovaná v osi koľajového pásu, kde bola odvítaná 5 cm hrubá vrstva asfaltobetónu. Sondy DPS18-05 a DPS18-08 boli realizované vo väčšej vzdialenosti od koľajových pásov.

Územie obrátiska je pokryté antropogénnymi sedimentami - navážka. V mieste koľajových pásov a v ich tesnej blízkosti sú tvorené cca 1 m hrubou vrstvou štrku zle zrneného (G2/GPY) až štrku ílovitého (G5/GCY). Jedná sa o konštrukčné vrstvy železničného zvršku ako aj o vrstvu vylepšujúcu parametre zemnej pláne. Mimo koľajových pásov (zeleň) má navážka hrúbku cca 0,3 m a má charakter siltu štrkovitého (F1/MGY).

Pod vrstvou navážok je do hĺbky 2 – 3 m pod súčasným terénom vrstva fluviálnych ílov strednej až vysokej plasticity (F6/CI, F8/CH) pevnej konzistencie. Hlbšie boli overené fluviálne štrky a piesky charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnnej zeminy až štrkov zle zrnených (G3/G-F, G2/GP) s piesčitými polohami charakteru piesku s prímiesou jemnozrnnej zeminy (S3/S-F) až piesku ílovitého (S5/SC). Fluviálne štrky a piesky sú prevažne stredne uľahnuté.

Z analýzy výsledkov realizovaných sond dynamickej penetrácie vyplýva:

- konštrukčné a podkladové vrstvy koľajového zvršku sú budované zo štrku zle zrneného až štrku ílovitého (G2/GPY, G5/GCY). Hrúbka vrstiev je cca 1 m. Štrky sú stredne uľahnuté až veľmi uľahnuté ($I_D = 0,53 - 1,00$) s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 53,7 - 157,8$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 65$ MPa;
- fluviálne íly so strednou plasticitou až íly s vysokou plasticitou (F6/CI, F8/CH) sú pevnej konzistencie ($I_c = 1,06 - 1,27$) s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 7,9 - 12,6$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 11$ MPa;

- fluviálne štrky a piesky až íly boli sondami dynamickej penetrácie overené do hĺbky 6,3 m. Štrky sú charakteru štrku s prímесou jemnozrnnej zeminy (G3/G-F), sú prevažne stredne uľahnuté ($I_d = 0,37-0,92$) s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 58,4 - 195,4$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 95$ MPa. Piesky sú charakteru piesku s prímесou jemnozrnnej zeminy (S3/S-F) až piesku ílovitého lokálne s prechodmi až do ílu piesčitého (S5/SC, F4/CS). Piesky sú prevažne stredne uľahnuté ($I_d = 0,44-0,81$) s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 6,6 - 27,7$ MPa s odporúčanou hodnotou $E_{DPS} = 15$ MPa.

Zoznam použitej literatúry :

- | | |
|---|---|
| 1. STN 72 1032: | Dynamická penetračná skúška |
| 2. STN 72 1001: | Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii |
| 3. STN 73 1001: | Základová pôda pod plošnými základmi |
| 4. STN EN ISO 22476-2: | Dynamic probing |
| 5. Matys, M. - Ťavoda, O.- Cuninka, M.: | Poľné skúšky |

V Žiline 1. 6. 2021

Ing. Martin Sinak