**dynamické penetračné skúšky**

Na úlohe **„Rekonštrukcia ciest a mostov II/526 Devičie – Senohrad a II/527 Dobrá Niva – Senohrad – II. etapa – úseky ciest v okrese Zvolen“** sme pre splnenie požiadaviek objednávateľa realizovali **6 ks** dynamických penetračných skúšok s celkovou metrážou **15,2 m**. Sondy boli realizované v blízkosti vybraných mostov na ceste II/526 a II/527.

Cieľom dynamických penetračných sond bolo overiť hrúbku jednotlivých litologických vrstiev a stanoviť ich deformačno-pevnostné parametre. Sondy dynamickej penetrácie dopĺňajú informácie získané z realizovaných prieskumných vrtov. Sondy dynamickej penetrácie vykonali pracovníci CAD-ECO a.s., Bratislava Ing. Š. Bondra, Mgr. Tomáš Cedzo a p. Š. Konkolovský dňa 22. 4. 2020 ťažkou dynamickou penetračnou súpravou **DPH od fy STITZ GmbH.**

*Tabuľka 1 Prehľad sond dynamickej penetrácie*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Označenie sondy** | **Dátum realizácie** | **Súradnice v JTSK** | | | **Hĺbka (m)** | **Číslo prílohy** |
| **x** | **y** | **z** |
| DPSZ-01 | 22.4.2020 | 1268878,26 | 415562,09 | 632,60 | 1,9 | 5.1.1 |
| DPSZ-02 | 22.4.2020 | 1265133,49 | 418842,19 | 439,40 | 2,4 | 5.1.2 |
| DPSZ-03 | 22.4.2020 | 1265147,08 | 418832,06 | 439,70 | 1,3 | 5.1.3 |
| DPSZ-04 | 22.4.2020 | 1261573,13 | 422011,56 | 382,00 | 4,0 | 5.1.4 |
| DPSZ-05A | 22.4.2020 | 1265246,19 | 418708,60 | 444,50 | 4,4 | 5.1.5 |
| DPSZ-05B | 22.4.2020 | 1265246,19 | 418708,60 | 444,50 | 1,2 | 5.1.6 |

Predmetom dynamickej penetračnej skúšky je stanovenie **mernej** (špecifickej) **hodnoty dynamického penetračného odporu** **qdyn**, 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 **qdyn** vypočítať viaceré geotechnické charakteristiky.

U nesúdržných zemín hlavne - uľahnutosť, modul pretvárnosti a uhol vnútorného trenia a u súdržných zemín hlavne – konzistenciu, modul pretvárnosti a neodvodnenú 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 podpery pre fixáciu pneumatického barana,
* sondážne tyče,
* pevné a tzv. sondážne hroty „na strateno“,
* a ako doplňujúci prvok - odberný vzorkovač

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 strateno"

*Postup prác :*

Pri kontinuálnom zarážaní skúšobného hrotu sa zaznamenával počet úderov barana (v sérii) potrebný k zarazeniu hrotu o každých 10 resp. 20 cm ( N10 resp. N20 ). Z počtu úderov potrebných na zarazenie sondy o 10 cm ( N10 ) a z parametrov prístroja bol vypočítaný merný dynamický penetračný odpor **qdyn** podľa tzv. holandského vzorca:

**qdyn** = Q2 x h / A x s x (Q + q) [kPa] [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:

**qdyn** = a **.** N [2]

kde :

a = Q2 x h / A x s x (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 Drehmomentschlüssel S-350, pričom z hodnôt nameraného krútiaceho momentu Mv je možné určiť počet úderov barana potrebný na prekonávanie plášťového trenia tzv. hodnotu "N" plášťové. Pre dynamický penetromer je možné podľa švédskych experimentov redukovať počet úderov o vplyv trenia podľa vzťahu:

N10 = x **.** Mv [3]

kde : Mv= 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 **qdyn** sme pre odčítané štatisticky priemerné hodnoty určovali jednotlivé parametre geotechnických vlastností v zmysle literatúry 2, 3 a 4 (pozri skúšobné protokoly v prílohe 5.1).

***Z analýzy výsledkov realizovaných sond dynamickej penetrácie vyplýva:***

**Most cez potok Litava za Senohradom (ev. č. 526-009)**

Sondou DPSZ-01 (632,60 m) hĺbky 1,9 m boli overené fluviálne sedimenty charakteru ílu štrkovitého F2/CG až ílu so strednou plasticitou F6/CI pevnej až veľmi pevnej konzistencie, ktoré môžeme charakterizovať odvodeným modulom pretvárnosti v intervale EDPS = 12,68 – 20,43 MPa s odporúčanou hodnotou 16 MPa. Od hĺbky 1,3 m majú sedimenty charakter uľahnutého štrku ílovitého G5/GC (EDPS = 51,53 MPa) až stredne uľahnutého štrku dobre zrneného G1/GW (EDPS = 355,45 MPa).

**Most cez potok Krupinica v osade Zábava (ev. č. 527-037)**

Sondami DPSZ-02 (439,40 m) hĺbky 2,4 m a DPSZ-03 (440,10 m) hĺbky 1,3 m boli overené fluviálne sedimenty charakteru ílu štrkovitého F2/CG tuhej konzistencie, ktoré môžeme charakterizovať odvodeným modulom pretvárnosti v intervale EDPS = 7,92 – 13,36 MPa s odporúčanou hodnotou 11 MPa. Od hĺbky cca 0,8 m majú sedimenty charakter stredne až veľmi uľahnutého štrku siltovitého G4/GM a štrku s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F charakterizovaný odvodeným modulom pretvárnosti v intervale EDPS = 64,19 – 90,14 MPa s odporúčanou hodnotou 75 MPa. Sondy boli ukončené na balvanitých polohách charakteru štrku zle zrneného G2/GP až štrku dobre zrneného G1/GW charakterizovaného odvodeným modulom pretvárnosti v intervale EDPS = 239,53 – 318,83 MPa s odporúčanou hodnotou 270 MPa.

**Most cez zátopové územie za obcou Sása (ev. č. 527-041)**

Sondou DPSZ-04 (382,00 m) hĺbky 4,0 m boli overené fluviálne sedimenty charakteru ílu so strednou plasticitou F6/CI tuhej až pevnej konzistencie, ktoré môžeme charakterizovať odvodeným modulom pretvárnosti v intervale EDPS = 3,64 – 8,08 MPa s odporúčanou hodnotou 5 MPa. Od hĺbky 1,4 m majú sedimenty charakter uľahnutého štrku ílovitého G5/GC (EDPS=52,37MPa), ktorý striedajú stredne až veľmi uľahnuté piesky siltovité S4/SM charakterizované odvodenou hodnotou modulu pretvárnosti v intervale EDPS = 9,62–13,95 MPa s odporúčanou hodnotou 11 MPa.

**Rámový priepust P21844 na ceste II/527**

Sondou DPSZ-05A,B (444,50 m) hĺbky 4,4 m resp. 1,2 m boli overené antropogénne navážky charakteru siltu štrkovitého F1/MGY až štrku siltovitého G4/GMY, štrku s prímesou jemnozrnnej zeminy G3/G-FY a štrku zle zrneného G2/GPY do hĺbky cca 1,6 m. Fluviálne íly majú charakter tuhých až pevných ílov so strednou F6/CI až vysokou plasticitou F8/CH, ktoré môžeme charakterizovať odvodenou hodnotou modulu pretvárnosti v intervale EDPS = 2,30 – 11,00 MPa s odporúčanou hodnotou 5 MPa. Tenkú vrstvu fluviálneho štrku môžeme charakterizovať ako veľmi uľahnutý štrk ílovitý G5/GC (EDPS=56,46 MPa). Sondou bola v hĺbke 3,8 – 4,4 m overená vrstva piesku ílovitého S5/SC s odvodenou hodnotou modulu pretvárnosti EDPS = 10 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 20. 5. 2020 Ing. Štefan Bondra