

SILNIČNÍ A GEOTECHNICKÁ LABORATOŘ

podklady do cvičení
KALIFORNSKÝ POMĚR ÚNOSNOSTI

Ing. Marek Mohyla
Místnost: C 315
Telefon: 597 321 362
E-mail: marek.mohyla@vsb.cz

DPL - Lehká dynamická penetrace

Dotčené normy a předpisy

- ČSN EN ISO 22476-2 (72 1004) Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 2: Dynamická penetrační zkouška

Penetrační zkoušky obecně

- Statické penetrační zkoušky
- Dynamické penetrační zkoušky

Základní rozdělení dynamických penetračních zkoušek

- DPL – lehká dynamická penetrace
- DPM – střední dynamická penetrace
- DPH – těžká dynamická penetrace
- DPSH – velmi těžká dynamická penetrace

Účel zkoušky

Cílem dynamických penetračních zkoušek je stanovení odporu zemin a poloskalních hornin in-situ proti vnikání kužele. K zarážení kužele se používá „konstantní síla“ která je dána beranem o známé hmotnosti a konstantní výšce pádu. Penetrační odpor je pak definován jako počet úderů potřebných k zarážení kužele o stanovenou hloubku. Dynamické penetrační zkoušky jsou nepřímé a slouží jako doplňující k přímému geotechnickému průzkumu, nejčastěji jako doplněk geologických vrtů. Z výsledků penetračních zkoušek v konfrontaci s jiným zdrojem informací (např. geologickými vrty) lze vysledovat následující závěry:

- určení rozhraní jednotlivých geologických vrstev do hloubky cca 10 m v závislosti na geologickém prostředí, za ideálních podmínek pro zkoušku až 20 m,
- pevnostní a deformační vlastnosti zemin,
- v případě výskytu nesoudržných zemin (z podkladů geolog. vrtů) lze určit jejich index relativní ulehlosti,
- v případě výskytu soudržných zemin (z podkladů geolog. vrtů) lze určit jejich konzistenční stav,
- lokalizace velmi ulehlých vrstev podloží (např. potřebné ke stanovení hloubky paty opřené/plovoucí piloty),
- nalezení kritických poloh s oslabenou pevností (např. smykové plochy svahů),
- posouzení vhodnosti prostředí pro použití zaráženého pažení (štetovnice),

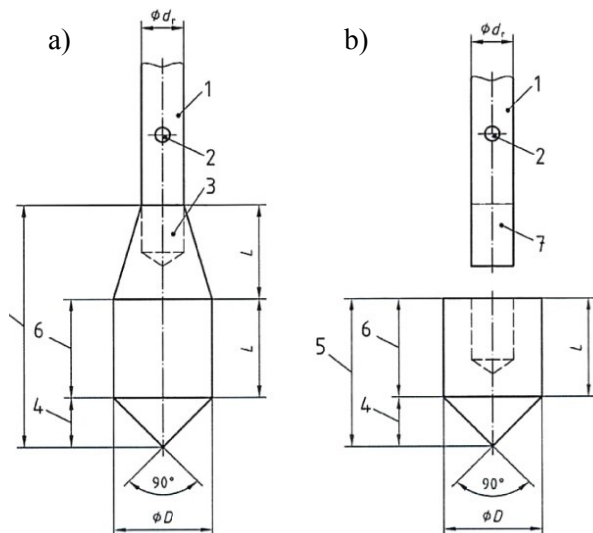
- lokalizace poloh postižených sufozí v místech s intenzivním prouděním podzemní vody (v blízkosti řek, netěsných kanalizačních stok apod.),
- penetračními zkouškami je možné efektivně provádět kontrolu hutnění zemního tělesa, hlubokých zásypů apod.

Součásti zařízení

- kužel – vrcholový úhel 90°; průměr 0,025 m; kužel může být zajištěný (pevný kužel) pro opětovné použití, nebo volný pro jedno použití (kužel na ztraceno).

Legenda

- a) pevný kužel (typ kužele 1)
- b) kužel „na ztraceno“ (typ kužele 2)
- 1 nástavná tyč
- 2 vstříkovací otvor (volitelné)
- 3 závitové připojení
- 4 vrchol kužele
- 5 kužel
- 6 plášť
- 7 zásuvné připojení
- L délka pláště
- D průměr základny
- dr průměr tyče



Obr.1. Schéma kužele [1]

- zarážecí sutyč – průměr 0,022 m; hmotnost jedné tyče 2,91kg; vyrobeny jsou z vysokopevnostní oceli pro omezení nadměrných deformací (průhyb) a opotřebení. Průhyb tyče nesmí přesáhnout 1/1000 délky [1]. Součástí sutyčů je stupnice sloužící k odečtu potřebného množství úderů o vyznačený úsek,
- kovadlina (zarážecí hlavice), funkcí kovadliny je přenášení dynamického zatížení beranu do zaráženého sutyčů. Kovadlina je vyrobena z vysokopevnostní oceli.
- beran, součást zařízení, které vyvíjí konstantní dynamickou sílu danou konstantní výškou pádu beranu na kovadlinu,
- vodící tyč – zajišťuje vedení beranu s minimálním třením a definuje výšku pádu,
- momentový klíč – slouží pro zjištění plášťového tření po každém metru penetrace. Momentový klíč musí mít rozsah nejméně 200 Nm s maximálním dělením 5 Nm [1].
- Mechanismus pro vytažení penetrační sondy s pákou.

Postup zkoušky

- před započítáním každé zkoušky je potřeba zkontrolovat rozměry, rovnost sutyčů a výšku pádu,

- soutyčí musí být do zeminy vháněno vertikálně bez nadměrného ohýbání, maximální přípustný sklon soutyčí a vodící tyče od svislice je 2%,
- rychlost beranění by se měla udržovat mezi 15 a 30 úderů/min., pauzy delší než 5 min je potřeba zaznamenat,
- průběžně se zaznamenává počet úderů potřebných k zaberanění tyče o každých 100 mm (DPL). V případě nízkého penetračního odporu se zaznamenává hloubka penetrace na jeden úder beranu,
- nejméně při každém metru penetrace je potřeba změřit moment nutný k pootočení soutyčí o 1,5 otáčky nebo do doby dosažení maximálního momentu. Naměřená hodnota momentu slouží k eliminaci plášťového tření při vyhodnocování výsledků,
- v případě dosažení 50-ti úderů potřebných o zaražení tyče o 100mm se zkouška ukončí,

Vyhodnocení zkoušky

- výsledky dynamické penetrace jsou nejčastěji prezentovány v grafické formě, ve které je znázorněn počet úderů potřebných pro zaražení soutyčí o 10 cm (N_{10}) v závislosti na hloubce penetrace.
- Hodnoty N_{10} můžou být dále vyhodnoceny odhadem zarážecí práce vykonané při penetraci soutyčí do zeminy, nebo mohou být přepočteny na dynamický odpor na hrotu q_d .

Používané vztahy [1]:

$$r_d = \frac{E_{theor}}{A \cdot e} \quad (1)$$

nebo:

$$r_d = \frac{E_{meas}}{A \cdot e} \quad (2)$$

a

$$q_d = \left(\frac{m}{m + m^l} \right) \cdot r_d \quad (3)$$

kde:

E_{theor} je vypočtená (teoretická) energie způsobená dopadem beranu na kovadlinu,

$$E_{theor} = m \cdot g \cdot h \quad (4)$$

m – hmotnost beranu [kg],

g – tíhové zrychlení [m/s^2] (Ostrava: $g = 9,81345 m/s^2$),

h – výška pádu beranu [m],

E_{meas} je skutečná zarážecí energie. Měří se v místě pod kovadlinou,

R_d a q_d hodnoty odporu [Pa],

A – plocha kužele na základně [m²],

e – průměrná penetrace na úder [m],

N_{10} – počet úderů nutných k zaražení tyče o 100mm,

m' - celková hmotnost nastavných tyčí, kovadliny a vodicích tyčí uvažované délky [kg].

Interpretace výsledků na základě zahraniční literatury

Následující srovnání výsledku je nutné brát jako orientační. Zmíněné korelace byly zjištěny na základě vzájemného srovnání série zkoušek, které byly realizovány na konkrétním staveništi v jedné geologické lokalitě. Na základě výše napsaného nelze následující výsledky zobecňovat a aplikovat pro širší použití bez dalšího ověření jinými způsoby.

Výpočet měrného dynamického odporu q_{dyn} dle doporučení ISSMFE (International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering)

$$q_{dyn} = \frac{Q}{Q+q} \frac{Q \cdot h}{A \cdot s} \quad (5)$$

kde:

h - výška pádu [m],

Q - hmotnost beranu [kg],

q - hmotnost soutyčí, kovadliny a hrotu pro příslušnou hloubku [kg],

A - plocha hrotu v příčném řezu [m²],

s - zaražení hrotu jedním úderem [m],

Určení deformačních vlastností zemin

např. BONDARIK (sprašové hlíny)

$$E_{def} = 3,09q_{dyn} - 0,57 \quad (6)$$

Uvedená korelace platí pro S, G, suché silty. Je méně spolehlivá pro soudržné zeminy a nespolehlivé pro jíly.

Korelace mezi q_{dyn} a E_{def}

- modul přetvárnosti pro jemnozrnné zeminy:

$$E_{def} = 2 \cdot q_{dyn} \quad (7)$$

- modul přetvárnosti pro štěrkovité zeminy:

$$E_{def} = 9 \cdot q_{dyn} \quad (8)$$

Určení hutnosti nesoudržných zemin

např. SANGLERAT – pro S a G, přepočít N_{30} (SPT 51mm, 63 kg, 50 cm) na N_{10}

Tab.1. Hutnost písků a štěrků [2]

I_D	SPT N_{30}	DPT	
		N_{10} (písek)	N_{10} (písek a štěrk)
< 0,2	< 4	< 2	< 1,6
0,2 - 0,4	4 - 10	2 - 6	1,6 - 5,4
0,4 - 0,6	10 - 30	6 - 21	5,4 - 19,4
0,6 - 0,8	30 - 50	21 - 39	19,4 - 34
0,8 - 1,0	> 50	> 39	> 34

Určení relativní ulehlosti:

$$I_D = 0,0262 \cdot q_{dyn} + 0,1077 \quad (9)$$

Určení konzistence soudržných zemin

$$I_c = 0,48 \cdot \sqrt{q_{dyn}} \quad (10)$$

Určení únosnosti

R_d hlín a písčitých hlín (Gochfeld, Žorník)

Tab.2. Únosnost základové půdy

N_{10}	< 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
q_{dyn} [MPa]	< 1	1	3	5	7
R_d [MPa]	0,05	0,1	0,25	0,4	0,55

Vztah pro výpočet únosnosti základové půdy pod plošnými základy pro nesoudržné zeminy [2]:

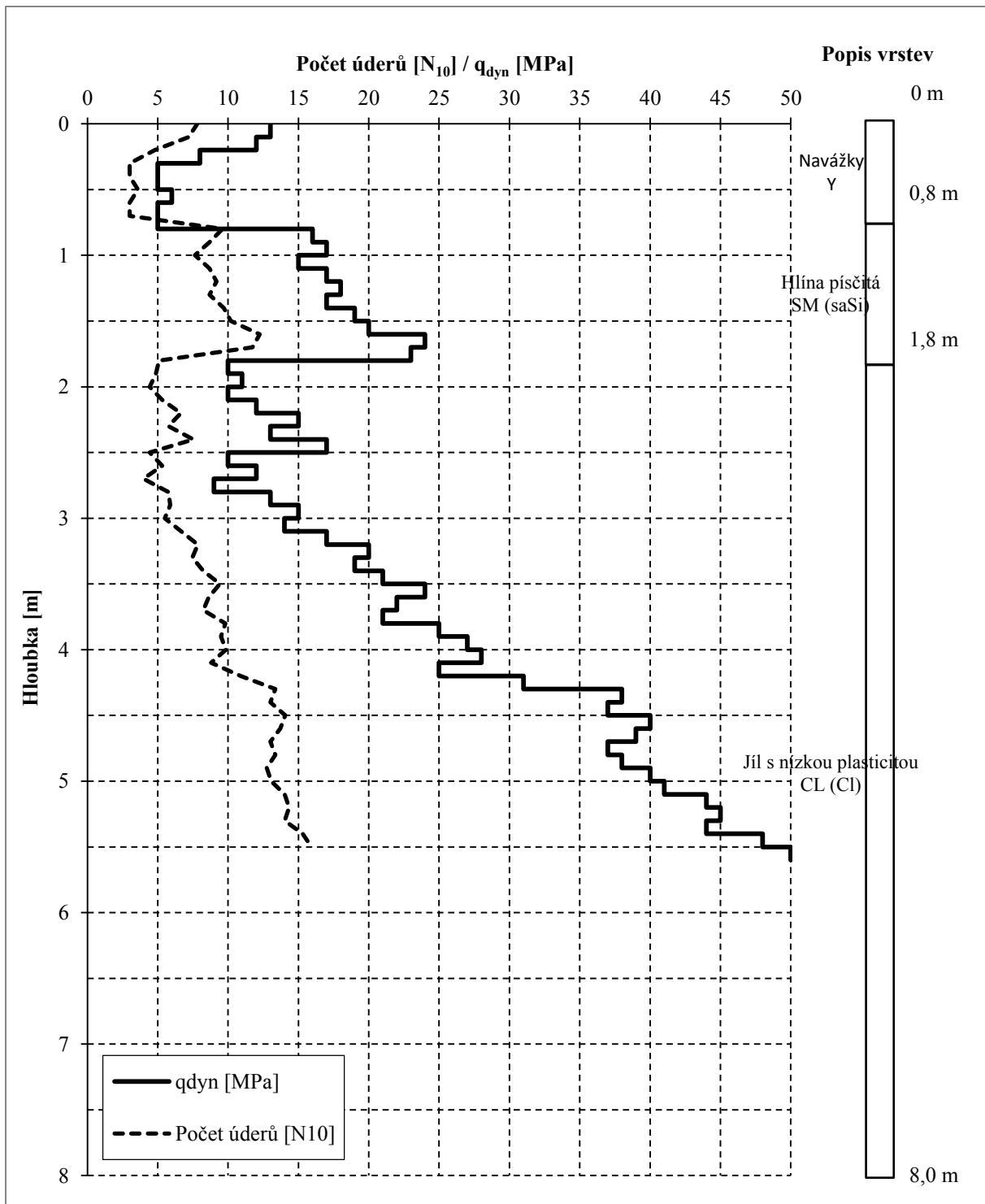
$$R_d = \frac{q_{dyn}}{20} \quad (11)$$

Určení pevnostních charakteristik

Tab.3. Určení úhlu vnitřního tření φ_{ef} pro písky (Gochfeld, Žornik)

N ₁₀	q _{dyn} [MPa]	písek φ_{ef} [°]		
		hlinitý	jemnozrný	středně až hrubozrný
3	2	26	28	30
5	3,5	28	30	33
10	7	30	33	36
15	11	32	35	38
20	14	34	37	40
25	17,5	35	38	41

Vzorový příklad vyhodnocení Lehké dynamické penetrace



Obr. 1 Grafická interpretace výsledků lehké dynamické penetrace

REFERENCE

- [1] ČSN EN ISO 22476-2 (72 1004) *Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 2: Dynamická penetrační zkouška*. ICS 13.080.05; 93.020 Praha: ÚNMZ, červen 2005.
- [2] Sanglerat G. *The Penetrometer and Soil Exploration. Developments in Geotechnical Engineering 1*. Elsevier Publishing: New York 1972, ISBN: 0-444-40976-9.

Příloha č. 1 Schéma lehké dynamické penetrace (DPL)



Příloha č. 2 Souhrnný protokol pro lehkou dynamickou desku

Název lokality:

Poloha (x, y, z; GPS souřadnice; staničení):

Objednatel / číslo zakázky:

Název zakázky a lokalita:

Zhotovitel:

Zkušební technik:

Datum zkoušky:

Typ dynamické penetrace:

Vybavení zkontrolováno a je ve shodě s EN ISO 22476-2, 5.1; Ano / Ne *) dne:

Polní náčrt (měřítko 1: / bez měřítka) *)

s uvedením přímého geotechnického průzkumu (např. vrty):

Další informace:

Podpis:

Jméno odpovědného technika:

Příloha č. 3 Formulář pro záznam naměřených hodnot dynamické penetrace

Záznamy naměřených hodnot a výsledků zkoušky dynamické penetrace									
Zhotovitel:			Číslo zakázky:			Příloha:			
Objednavatel / název projektu:									
Dynamická penetrační zkouška									
č:					datum:				
Typ dynamické penetrační zkoušky: DPL									
Poloha (x, y, z; GPS souřadnice; staničení):									
Hloubka	N ₁₀	Hloubka	N ₁₀	Hloubka	N ₁₀	Hloubka	N ₁₀	Hloubka	N ₁₀
0,1		2,1		4,1		6,1		8,1	
0,2		2,2		4,2		6,2		8,2	
0,3		2,3		4,3		6,3		8,3	
0,4		2,4		4,4		6,4		8,4	
0,5		2,5		4,5		6,5		8,5	
0,6		2,6		4,6		6,6		8,6	
0,7		2,7		4,7		6,7		8,7	
0,8		2,8		4,8		6,8		8,8	
0,9		2,9		4,9		6,9		8,9	
1,0		3,0		5,0		7,0		9,0	
M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]	
1,1		3,1		5,1		7,1		9,1	
1,2		3,2		5,2		7,2		9,2	
1,3		3,3		5,3		7,3		9,3	
1,4		3,4		5,4		7,4		9,4	
1,5		3,5		5,5		7,5		9,5	
1,6		3,6		5,6		7,6		9,6	
1,7		3,7		5,7		7,7		9,7	
1,8		3,8		5,8		7,8		9,8	
1,9		3,9		5,9		7,9		9,9	
2,0		4,0		6,0		8,0		10,0	
M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]		M [Nm]	
Další údaje:									
Hladina podzemní vody:									
Jméno a podpis odpovědného technika:									