

MECHANIKA ZEMIN I

LABORATORNÍ CVIČENÍ: VLHKOST, KONZISTENČNÍ MEZE, ZATŘÍDĚNÍ ZEMIN

ÚVOD, CÍL CVIČENÍ

Mechanické vlastnosti zemin závisejí kromě mineralogie zejména na velikosti částic a stavu zeminy. Při zanedbání struktury lze stav hrubozrnné zeminy charakterizovat ulehlostí, u jemnozrnné zeminy vlhkostí. Na základě jednoduchých zkoušek zrnitosti a limitních ulehlostí, nebo vlhkosti a konzistenčních mezí je tedy možno zeminy zařadit do tříd. V nenáročných případech či při předběžných studiích je možné podle zařídění navrhnout a posoudit stavební konstrukci, například stabilitu zemního tělesa, základ stavby apod (při zanedbání stavu, tj. velmi zhruba). Cílem cvičení je seznámit se s principem zkoušek a zařídění zemin, nikoliv s normovým postupem.

I. "POLNÍ" POPIS A ODHAD KONZISTENCE

Před stanovením vlhkosti odhadněte na vzorku přirozené vlhkosti, o jakou zeminu se jedná a jakou má konzistenci - zeminu popište a pojmenujte, jako při popisu a pojmenování v terénu. **Výsledek uveďte v 'protokolu' na str. 3.**

II. STANOVENÍ VLHKOSTI

Množství vody obsažené v zemině se standardně určuje vysušením zeminy při teplotě 110°C. U zemin s krystalicky vázanou vodou (např. s obsahem sádrovce), či u zemin s vyšším obsahem organických látek (>5%) však dochází vysušením při uvedené teplotě k chemickým změnám a tuto teplotu (resp. metodu) proto použít nelze.

Postup (zjednodušený; detaily a normový postup vizte v ČSN EN ISO/TS 17892-1 (ČSN721007)):

1. Zvážíme prázdnou, čistou a vysušenou váženku a nezapomeneme si zapsat její číslo či název.
2. Do váženky vložíme alespoň 30 až 50 g zeminy (při větších zrnech se požaduje větší navážka) a váženku se zeminou zvážíme.
3. Otevřenou váženku vložíme do sušárny s teplotou 110±5°C.
4. Po vysušení do ustálené hmotnosti (zpravidla další den, podrobnosti vizte např. v uvedené ČSN) váženku vyjmeme, přiklopíme a necháme vychladnout na teplotu, která neovlivní vážení, tj. alespoň na teplotu, kdy ji lehce udržíme v ruce. Při chladnutí je nutno zabránit přístupu vzdušné vlhkosti k vysušené zemině (exikátor, zabroušené víčko apod.)
5. Po zchladnutí zvážíme váženku s vysušenou zeminou.

Hodnoty zapisujeme do přiložených formulářů. Vlhkost se vypočte z definice $w = M_w / M_{ds}$, tj. hmotnost vody odstraněné ze zeminy sušením dělená hmotností vysušené zeminy. Uvádí se v procentech nebo jako prosté číslo, ale vždy na tři platné číslice. Stanovení proveďte alespoň pro dvě měření.

III. KONZISTENČNÍ MEZE - MEZ TEKUTOSTI A MEZ PLASTICITY

Mez tekutosti je vlhkost zeminy, při níž zemina přechází ze stavu plastického do stavu tekutého. Určuje se kuželovou zkouškou nebo zkouškou v Casagrandeho přístroji. Mez plasticity je vlhkost zeminy, při níž se váleček o průměru 3 mm, připravený předepsaným způsobem, začíná drolit na kousky o délce 8-10 mm. Obě hodnoty konzistenčních mezí jsou v podstatě vlhkostmi, při nichž má zemina jistou smluvní neodvodněnou pevnost s_u , k jejímuž vyčerpání dojde při zkoušce.

Příprava vzorku:

- Jílovitá zemina (s částicemi menšími než 0,5 mm) se rozdruží (např. nastrouhá) a vloží do misky. Hlinité zeminy je rovněž nutno mechanicky rozpojit (bez drcení částic a zrn) a prosát sítím 0,5 mm. Podle ČSN se zemina nesmí sušit a lze ji proto na sítěch pouze promývat. My použijeme zjednodušený nelegální postup, vysušení na vzduchu. Ke zkoušce se použijí pouze částice menší než 0,5 mm.
- Za stálého míchání se přidává destilovaná voda a vzorek se nožem či špachtlí prohněte až do stavu homogenní pasty.
- Pro rovnoměrné rozdělení vlhkosti je třeba vzorek nechat uležet (homogenizovat): miska se uloží na alespoň 24 hodin do PVC sáčku nebo do vzduchotěsné nádoby.

III a. Postup stanovení meze plasticity (detaily a normový postup vizte v ČSN EN ISO/TS 17892-12 (ČSN721007))

1. Připravená homogenizovaná zemina se znovu pečlivě promíchá.
2. Menší množství pasty se v ruce hněte do doby, kdy válečky tvořené v dlani se začínají drolit při průměru cca 3mm. Při takové vlhkosti se zemina zformuje do tvaru válce průměru 6 mm (případně do tvaru kuličky - dle ČSN).
3. Prsty ruky se na podložce válí za stálého tlaku tak, aby ztenčení válce na průměr 3 mm bylo dosaženo po 10 - 15 cyklech.
4. Vzorek má právě vlhkost na mezi plasticity, pokud se při dosažení průměru 3 mm začne drolit na válečky 8 - 10 mm dlouhé.
5. Válečky o vlhkosti na mezi plasticity se okamžitě ukládají do vzduchotěsné nádoby (váženky). Měření vlhkosti (vážení) se provede s množstvím minimálně 5g zeminy.
6. U každého vzorku se provedou 3 stanovení vlhkosti ad 2 až 5.

Vlhkosti na mezi plasticity pro tři stanovení se spočtou s přesností na desetiny procenta. Podle ČSN se ze dvou stanovení, která se od sebe méně liší (max. 2%), spočte aritmetický průměr, zaokrouhlí se na celá procenta a uvede jako vlhkost na mezi plasticity w_p .

Pozn.: výsledek zkoušky je do značné míry subjektivní, závislý na laborantovi, jeho pečlivosti a rutině.

III b. Postup stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou (v našem případě používáme kužel 60g/60° – detaily případně vizte v ČSN)

1. Homogenizovaná zemina v misce (bez vzduchových bublin!) je v kontaktu s kuželem (při pohybu misky je viditelná stopa v zemině).
2. Kužel se uvolní na dobu 5 ± 1 s. Zaznamená se konečná hloubka penetrace. Kužel se vyjme ze zeminy a očistí. Povrch zeminy v misce se zarovná (přidá se vlhká zemina) a postup se opakuje, dokud se dvě následující penetrace neliší maximálně o 0,4 mm. Potom se z penetrační zóny odebere vzorek pro stanovení vlhkosti. Jako odpovídající penetrace se uvažuje průměr dvou posledních měření.
3. Postup se opakuje nejméně třikrát za použití stejného vzorku, ale při různých vlhkostech. Je třeba získat alespoň 4 měření penetrace, která jsou rovnoměrně rozložena v penetračním rozsahu 7-15 mm.

Výsledky se vynesou v semilogaritmickém zobrazení (vlhkost) vs (log penetrace). Vlhkost na mezi tekutosti se stanoví interpolací z regresní přímky. Pro kužel 60 g a 60° w_L odpovídá penetraci 10 mm.

III c. Postup stanovení meze tekutosti v Casagrandeho přístroji

1. Připravená homogenizovaná zemina (vizte výše) se znovu pečlivě promíchá. Podle potřeby se přidává voda, aby se dosáhlo konzistence homogenní řídké pasty (k odhadnutí správné konzistence je třeba jisté zkušenosti).
2. Nožem či stěrkou se zemina nanese do suché a čisté misky přístroje, na její dno, kde se miska opírá o podložku.
3. Zemina se uhladí co nejmenším počtem tahů. Vytvořený koláček má mít maximální tloušťku 8 mm a povrch rovnoběžný s podložkou přístroje, je-li miska opřena o podložku; pozor: není naším úkolem misku zeminou po okraj zaplnit.
4. Vyřezávacím nožem předepsaného tvaru se vyřízne uprostřed koláčku rýha, která jej rozdělí na dvě poloviny.
5. Rychlostí dva úderů za sekundu se nechá miska dopadat na podložku, přičemž se počítají dopady.
6. V okamžiku, kdy se obě poloviny koláčku zeminy spojí v délce $12,5 \pm 0,5$ mm, úder se přeruší a jejich počet zaznamená. Počet úderů má být v rozmezí 15 až 35.
7. Z okolí místa, kde se zemina slila, se odebere nožem vzorek pro stanovení vlhkosti - alespoň 10 g.
8. Celkem se provedou alespoň čtyři měření počtu úderů, přičemž se zpravidla postupuje od nejnižší vlhkosti vzorku k vlhkosti vyšší. Data se průběžně zapisují do formulářů. Vlhkosti a jim odpovídající počty úderů se vynesou v semilogaritmickém zobrazení: na vodorovné ose logaritmus počtu úderů, na svislé ose vlhkost. Získanými body se proloží regresní přímka. Z regresní přímky se stanoví vlhkost na mezi tekutosti, která odpovídá počtu úderů $N=25$. Výsledek se zaokrouhlí na celá procenta.

Pozn.: Při zkoušce meze tekutosti se stanovuje vlhkost, při níž má zemina určitou smluvní neodvodněnou pevnost. U kuželové zkoušky jde o pevnost související s únosností podložky kužele, u Casagrandeho misky o pevnost související se stabilitou svahu zářezu vytvořeného v misce přístroje. V druhém případě je výsledek zkoušky silně závislý na energii úderu (na výšce pádu a na kvalitě podložky misky), i na opotřebenosti a čistotě misky (obdobně ale u kuželové zkoušky je výsledek závislý na čistotě a opotřebenosti kužele). Podle platné ČSN se proto upřednostňuje metoda penetrační - kuželová, která má lepší opakovatelnost a snáze se provádí.

Stanovení indexu plasticity a stupně konzistence

Hodnoty konzistenčních mezí se udávají na dvě platné číslice. V protokolech se vždy musí uvést "historie" vzorku (sušení, odchylky od normového postupu přípravy apod.)

Index plasticity se spočte ze vztahu $I_p = w_L - w_p$, kde w_L je vlhkost na mezi tekutosti a w_p vlhkost na mezi plasticity.

Stupeň (index) konzistence $I_c = (w_L - w) / I_p$.

Stupeň (index) tekutosti $I_L = (w - w_p) / I_p$.

III. ZRNITOST (detaily ... "Metodiky laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin, ČGÚ, Praha, 1987", normový postup vizte v ČSN EN ISO/TS 17892-4 (ČSN721007))

Pro praktické účely mechaniky zemin se používají dvě metody stanovení zrnitosti: hustoměrná zkouška a síťový rozbor. Obecně, obsahuje-li zemina zrna menší i větší než 0,125 mm (případně 0,06 mm, což je dolní mez pro prosévání), je třeba obě metody kombinovat. Nejsprávnější je postup prosévání s promýváním před hustoměrnou zkouškou, kdy se pro hustoměrnou zkoušku odstraní zrna, jejichž velikost nevyhovuje předpokladům Stokesova zákona pro sedimentaci. U zemin s částicemi menšími než 0,06 mm (s jistými nepřesnostmi i do 2 mm) je možno použít jednodušší a rychlejší postup prosévání s promýváním po hustoměrné zkoušce.

Postup prosévání s promýváním po hustoměrné zkoušce (zemina obsahuje zrna do 2mm)

1. Z laboratorního vzorku (vlhkého) se odebere množství, které odpovídá cca 30 g jílu, resp. cca 50 g písčitého jílu či hlíny (to je náš případ), resp. 80 g hlinitého písku. Potřebnou hmotnost přirozeně vlhké zeminy m lze odhadnout ze vztahu $\rho_d = \rho / (1 + w)$, tj. hmotnost $M = (\text{požadovaná suchá navážka } M_d) \times (1 + w)$. Současně se odeberou vzorky pro stanovení skutečné vlhkosti.
2. Vzorek se předběžně rozdruží (strouháním jílu, rozdrobením v prstech...)
3. Předběžně rozdružený vzorek (množství jako v bodě 1.) se zváží a beze ztrát hmotnosti se vloží do misky.
4. Vzorek se v misce zalije destilovanou vodou, přidá se dispergační přísada (např. vodní sklo či hexametafosforečnan sodný) a obsah se promíchá. Dispergace probíhá nejméně 1 den.
5. Po dispergaci se zemina rozdruží (např. stlačením vzduchem, roztíráním, mixerem, případně vařením v destilované vodě... - pozor ale na ztrátu zeminy (suché hmotnosti vzorku)) a suspenze se beze ztrát hmotnosti vlije do válce. Vodou se doplní obsah na 1000 cm³ a co nejdříve se zahájí čtení. Vznikne-li po rozdružení prodleva delší než 20 hodin, je nutno rozdružení opakovat alespoň pětiminutovým mícháním ve válci.
6. Zároveň s hustoměrným čtením je nutné měřit teplotu suspenze a kontrolovat, zda nedošlo ke sražení (vločkování). Začátek sedimentace se uvažuje od okamžiku ukončení míchání. Hustoměrná čtení se provádějí v intervalu např. 1,5; 5; 15 minut; 1; 2; 4; 24 hodin. Při vyhodnocení zkoušky pomocí nomogramu se do přiložené tabulky zapisují čtení v tisícinách gcm⁻³, tj. např. hustoměrné čtení "1,0185" se запиše a vyhodnocuje jako "18,5", celé gcm⁻³ se ignorují, desetitisíciny gcm⁻³ se odhadují.
7. Po skončení hustoměrného měření se suspenze promyje, vysuší a prosévá se. Promývání se provádí na sítích 0,063 a 0,125 mm. Pro zjednodušení postupu provedeme místo promývání tzv. slévání hustoměrného válce, při němž zhruba odstraníme jemné částice, jejichž velikosti jsme již změřili hustoměrem. Sléváme tedy vždy neusazenou suspenzi po stejném časovém intervalu, po němž jsme poprvé měřili hustoměrem (*pozor na ztrátu hmotnosti!!!*). Prosévání zbytku po slévání se provede se zeminou vysušenou při 110°C. Při ručním prosévání se nejdříve prosévá svislými a vodorovnými pohyby celé sady sít tak, aby částice zeminy byly stále v pohybu. Prosévání se dokončí s každým sítím zvlášť, počínaje sítím s největšími otvory, podloženým dnem. Podstítné se vždy přidá k dalšímu hustšímu síti. Zbytky na jednotlivých sítích se zváží. Částice zachycené v sítích se odstraní (setrně, stětcem, bez poškození síta) a začlení do nadsítného.

Vyhodnocení hustoměrné zkoušky se provede pomocí nomogramů, které jsou pro jednotlivé hustoměry k dispozici v laboratoři. Při práci s hustoměrem i nomogramem si kontrolujte jeho číslo. Z výsledných hmotnostních podílů částic menších než daný průměr se sestrojí křivka zrnitosti.

IV. ZATŘÍDĚNÍ ZEMINY

Na základě křivky zrnitosti a stanovené plasticity (w_L , I_p) se zemina zatřídí podle USCS, podle ČSN EN 14688 i podle zrušených ČSN731001 a ČSN 721001. **Zatřídění uveďte ve výsledcích zkoušek na str. 5 a 6.**

Jméno:

Datum:

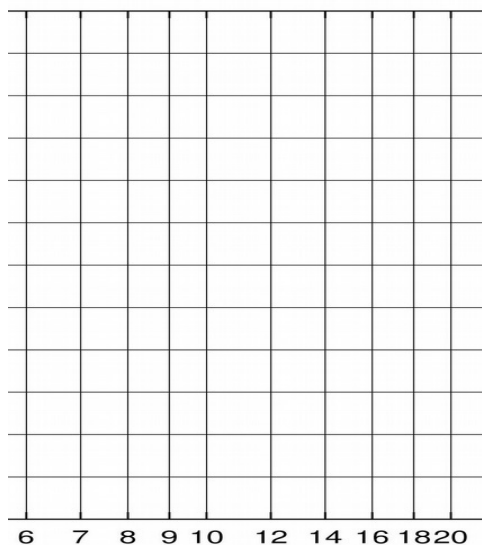
I. "POLNÍ" POPIS A ODHAD KONZISTENCE:

II. STANOVENÍ VLHKOSTI

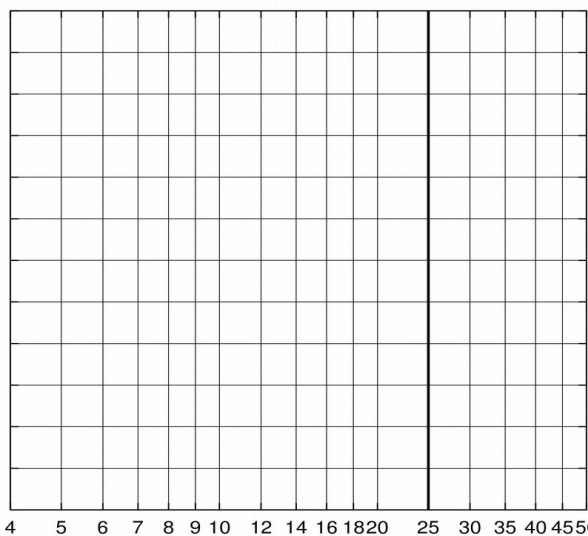
Číslo misky/váženky			
Hmotnost misky [g]			
Hmotnost vlhké zeminy s miskou [g]			
Hmotnost suhé zeminy s miskou [g]			
Hmotnost vody v zemině [g]			
Hmotnost suché zeminy [g]			
VLHKOST			

III. STANOVENÍ MEZE TEKUTOSTI A MEZE PLASTICITY

	Mez tekutosti								Mez plasticity					
	Kužel				Casagrande									
Číslo misky/váženky														
Hmotnost misky [g]														
Vlhká z. s miskou [g]														
Suchá z. s miskou [g]														
Hmotnost vody v z. [g]														
Hmotnost suché z. [g]														
Vlhkost														
Penetrace / počet úderů														-



MEZ TEKUTOSTI – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA 60/60
vodorovná osa – penetrace (logaritmické měřítko)
svislá osa – vlhkost (lineární) – ZVOLTE VHODNÉ MĚŘÍTKO!



MEZ TEKUTOSTI – CASAGRANDEHO PŘÍSTROJ
vodorovná osa – počty úderů (logaritmické měřítko)
svislá osa – vlhkost (lineární) – ZVOLTE VHODNÉ MĚŘÍTKO!

KONZISTENČNÍ MEZE A KONZISTENCE - SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

POPIS (KONZISTENČNÍ MEZE):

MEZ TEKUTOSTI

$w_L =$

MEZ PLASTICITY

$w_P =$

INDEX PLASTICITY

$I_P =$

STAV:

PŘIROZENÁ VLHKOST

$w =$

STUPEŇ KONZISTENCE

$I_C =$

STUPEŇ TEKUTOSTI

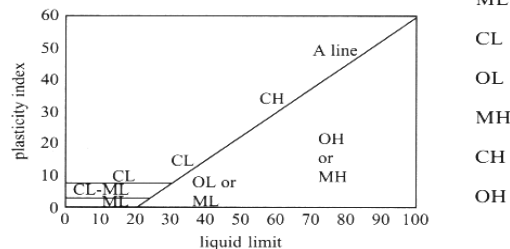
$I_L =$

V. ZATŘÍDĚNÍ ZEMINY PODLE (uved'te i symbol, plasticitu zeminy atd)

PODLE USCS:

COARSE	Gravel: more than 50% coarse fraction retained on sieve #4	Less than 5% fines	$C_u > 4, 1 \leq C_c \leq 3$	→ GW
		More than 12% fines	Not satisfying GW	→ GP
More than 50% retained sieve #200	Sand: less than 50% coarse fraction retained on sieve #4	Less than 5% fines	$C_u > 6, 1 \leq C_c \leq 3$	→ SW
		More than 12% fines	Not satisfying SW	→ SP
		Below 'A' line		→ GM
		Above 'A' line		→ GC
		Below 'A' line		→ SM
		Above 'A' line		→ SC

FINE
 Less than 50% retained sieve #200
 $LL < 50$
 $LL > 50$



Poznámky:

síto č. 200 má otvory 0,075mm;
 síto č. 4 má otvory 4,75mm;
 O =organic soil; Pt = peat;
 $LL \equiv w_L$ (liquid limit)
 Fines (F) = clay (C) + silt (M)

ORGANIC SOILS

→ Pt

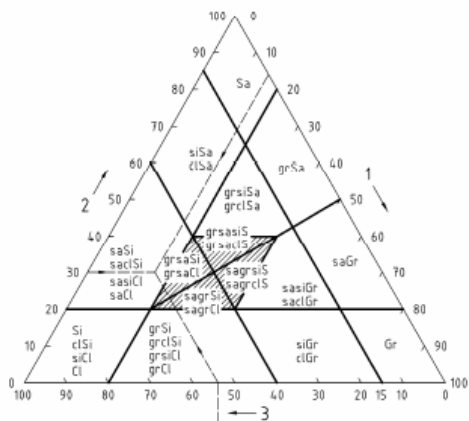
PODLE ČSN EN ISO 14688 (721003):

ČSN EN ISO 14688-2

Tabulka B.1 – Pomocné hodnoty pro dělení minerálních zemín na základě obsahu rozdílných frakcí

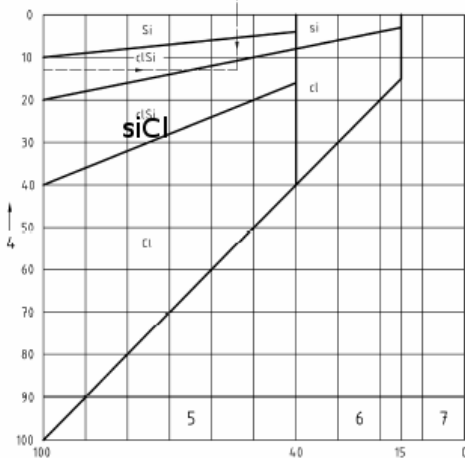
Frakce	Obsah frakce ve wt % materiálu ≤ 63 mm	Obsah frakce ve wt % materiálu ≤ 0,063 mm	Jméno zeminy	
			Upravený název	Hlavní název
Štěrka	20 až 40		štěrkové	štěrka
Písek	> 40		píscitě	písek
Hlína + jíl (jemnozrnné zeminy)	5 až 15	< 20	mírně hlinité	hlína hlína jíl jíl
	15 až 40	≥ 20	mírně jílovité	
		< 20	hlinité	
		≥ 20	jílovité	
		< 10	jílovité	
> 40	10 až 20	hlinité		
	> 40	hlinité		

wt = váhová procenta (weight)

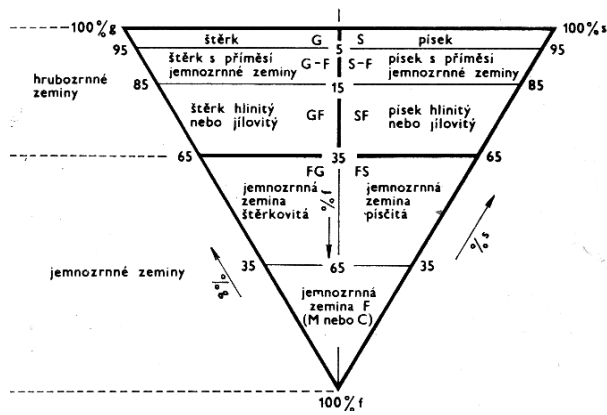


Legenda

- obsah štěrku (2 mm - 63 mm)
 - obsah písku (0,063 mm - 2 mm)
 - obsah jemnější frakce (< 0,063 mm)
 - obsah jílu v % z celkové hmotnosti hrubé a jemné frakce zeminy (velikost zrna < 63 mm)
 - jemnozrnné zeminy (hlína a jíl)
 - zeminy o různé zrnitosti (hlinité nebo jílovité štěrky a písky)
 - hrubozrnné zeminy (štěrky a písky)
 - zemina
- Další viz tabulku A.1.



PODLE ČSN 721001 (zrušena):



PODLE ČSN 731001 (zrušena):

