

Laboratorní cvičení č.2

Měření hydraulických charakteristik půd: Koeficient nasycené hydraulické vodivosti K_s a retenční čára

Úkoly:

- na neporušeném vzorku půdy v Kopeckého válečku stanovte retenční čáru v blízkosti nasycení kombinací měření na podtlakovém aparátu s porézní deskou a na pískovém tanku. Vykreslete retenční čáru pro naměřené hodnoty a také pro hodnoty které vám budou dodány vyučujícím. Určete hodnotu nasycené vlhkosti θ_s . Na retenční čáře vyznačte polní vodní kapacitu a bod vadnutí.
- zjistěte objemovou hmotnost půdy ρ_d v Kopeckého válečku, vypočítejte pórovitost p
- na neporušeném vzorku stanovte pomocí přístroje KSAT, Meter koeficient nasycené hydraulické vodivosti metodami s konstantním a proměnným spádem
- postupy měření, výsledky vašich měření a výsledky měření na jedné další půdě zpracujte do „Zprávy o půdních charakteristikách“

Základní pojmy

Retenční čára vyjadřuje vztah mezi půdní vlhkostí a sací tlakovou výškou v rovnovážném stavu. Je základní hydraulickou charakteristikou, která vyjadřuje schopnost půdy udržet vodu

Objemová hmotnost je hustota půdy průměrovaná přes celý objem vzorku tj. přes minerální zrna i prostor mezi nimi (póry)

Koeficient nasycené hydraulické vodivosti K_s je hydraulickou charakteristikou, která vyjadřuje schopnost vést vodu. Má rozměr rychlosti a odpovídá rychlosti proudění vody při jednotkovém spádu potenciálu.

podrobný výklad teorie a přehled použitých metod naleznete v přednáškách on-line: *Retenční čára a Hydraulická vodivost* (Hydropedologie nebo Pedologie) na webových stránkách K143

Práce budou na cvičení prováděny v pořadí kroků 1, 4, 2 + 3

1. Stanovení retenční čáry v blízkosti nasycení na porézní desce a pískovém tanku

princip metody: Půdní vzorek plně nasycený vodou je usazen na porézní médium (dále uvažujme např. porézní skleněnou sintrovou desku), s malými póry a tudíž vysokou vstupní hodnotou vzduchu. Sintrová deska je plně nasycena vodou a je připojena na zdroj podtlaku, ten se vytváří buď vývěvou nebo nejčastěji gravitačně v systému spojených nádob. Tento zdroj podtlaku resp. negativní tlakové výšky musí být stabilní a regulovatelný. Po usazení půdního vzorku na sintrovou desku se půdní vzorek se začne odvodňovat. Po určité době se tlakové výšky v půdě v sintrové destičce vyrovnají a celý systém se dostane do rovnovážného stavu. Poté je vážením zjištěna objemová vlhkost vzorku a je určena tlaková výška h . Tyto dva údaje představují jeden bod retenční čáry. Opakováním postupu pro sérii různých tlakových výšek získáme retenční čáru . Pro různé rozsahy tlakových výšek se používá různých porézních médií. V našem cvičení budeme retenční čáru měřit nejprve na podtlakovém aparátu s deskou ze sintrového skla pro tlakové výšky 0 až cca -20

cm a poté určíme jeden bod r.č. pro tlakovou výšku -100 cm na pískovém tanku. Výsledek bude tvořit jednu retenční čáru.

pomůcky: předem nasycený půdní vzorek v Kopeckého válečku, trychtýř se sintrovým sklem, plastová hadička, třícestný kohout, 10 ml byreta, laboratorní stojan, stříčka, Petriho miska, elektronická váha, kádinka, formulář

pracovní postup:

- Před zahájením měření naplňte podtlakový aparát vodou tak, aby pod deskou ze sintrovaného skla nebyly zachyceny velké bubliny a hladina vody v byretě byla ve výšce cca 2 cm pod úrovní povrchu sintrové destičky (při spojení podtlakového aparátu a byrety pomocí ventilu).
- Zapište čtení na stupnici byrety (A) v ml do řádky $i = 1$ tabulky formuláře „Vyhodnocení retenční čáry“.
- Změřte výšku povrchu sintrové destičky v trychtýři nad srovnávací rovinou Z_{sintr} a zaznamenejte ji do formuláře.
- Z misky s vodou vyjměte neporušený půdní vzorek v Kopeckého válečku. Vzorek identifikujte podle čísla vyraženého nebo napsaného na válečku.
- Nasycený vzorek zvažte (m_{sat}) a nasadte (sítkou dolů) na sintrované sklo. Vodu, která případně vytekla do petriho misky, vylijte opatrně na povrch vzorku (nikoliv na povrch sintrové destičky). Hladina vody v byretě začne stoupat a ustálí se na nové úrovni. Odečtěte na stupnici byrety hodnotu v ml a zapište ji do sloupce B do tabulky. Změřte výšku hladiny vody v byretě nad deskou stolu h'_i a zaznamenejte do i -tého řádku tabulky.
- Kohoutem opatrně do kádinky vypusťte cca 2 ml vody z byrety a kohout nastavte do mezipolohy ve které jsou všechny výstupy uzavřeny. Pozor na polohu kohoutu! Poloha OFF musí při vypouštění směřovat do hadičky vedoucí k trychtýři. Poznamenejte do tabulky čtení na byretě (A) v ml. Kohoutem znovu propojte byretu a trychtýř. Po ustálení hladiny vody zaznamenejte stav vody v byretě (B) v ml. Tento bod postupu opakujte až do okamžiku, kdy hladina v byretě bude zhruba 20 cm pod úrovní povrchu sintrové destičky, zaznamenávejte vždy hodnoty A, B a h' pro každý krok $i = 2$ až n
- Po ukončení měření na sintrové destičce vzorek zvažte (m_{sintr}). Tato hodnota je pouze kontrolní a nepoužívá se pro výpočet retenční čáry.
- Otevřete víko pískového tanku a nasadte vzorek (okrajem se sítkou dolů). Odečtěte na stupnici převýšení povrchu pískového tanku nad hladinou vody v byretě. Tato hodnota odpovídá hodnotě tlakové výšky v pískovém tanku (h_{pt}). V našem případě bude většinou nastaveno $h_{\text{pt}} = -100$ cm až -150 cm
- **Nejdříve po 24h** přijďte v otevíracích hodinách do laboratoře, připravte si hliníkovou váženku, zvažte ji a zapište si její číslo a hmotnost ($m_{\text{váženka}}$) do formuláře. Vyjměte vzorek z pískového tanku, vzorek shora přiklopte váženkou, překopte jej sítkou vzhůru a společně s váženkou zvažte (m_{pt}). Nyní sejměte nylonovou sítku s gumovým kroužkem a zvažte je ($m_{\text{sítka}}$). Vzorek vložte do sušárny nastavené na 105°C .
- **Nejdříve po dalších 24h** přijďte v otevíracích hodinách do laboratoře, vyjměte váženku se vzorkem ze sušárny (!pomocí chňapky!) a zvažte ($m_{\text{suš}}$). Vysypte půdu z válečku a vyčistěte váleček drátěným kartáčkem. Zvažte prázdný váleček ($m_{\text{váleček}}$).

- Nyní je možné přepočítat hrubé hmotnosti označené čárkou (m_{sat}' , m_{sitr}' , m_{pt}' a $m_{suš}'$) na čisté hodnoty vyjadřující pouze hmotnost půdy.

Vyhodnocení experimentu:

vyhodnocení experimentu proved'te do tabulky označené jako **Vyhodnocení měření retenční čáry**. Cílem je vypočítat rovnovážné objemové vlhkosti θ a jim odpovídající sací tlakové výšky h .

Vypočtete objemovou vlhkost nasyceného vzorku θ_s (v retenční čáře odpovídá tato vlhkost sací tlakové výšce $h = 0$, viz tabulka)

$$(\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})$$

kde: V je vnitřní objem válečku (cm^3)
 ρ_w je hustota vody (1 g cm^{-3})
 m_{sat} je hmotnost **vody** v plně nasyceném vzorku
 (g)

Vypočtete objemovou vlhkost pro každou hodnotu sací tlakové výšky h_i pro každé i -té snížení hladiny vody v byretě. Hodnoty h_i a θ_i zapisujte do tabulky. První řádek tabulky ($i = 0$) obsahuje hodnotu nasycené vlhkosti θ_s , která odpovídá sacímu tlaku $h = 0$. Další hodnoty vlhkostí vypočítáte pomocí vztahu:

$$(\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})$$

kde V_{wi} je objem vody, který vytekl ze vzorku v i -tém kroku.

Tlakové výšky h_i jsou vždy dány rozdílem geodetických výšek středu vzorku a hladiny vody v byretě. Protože se jedná o negativní (sací) tlakové výšky mají hodnoty záporné znaménko.

Zbývá vypočítat poslední bod retenční čáry měřený na pískovém tanku. Na pískovém tanku je nastavena hodnota sací tlakové výšky $h_{pt} = -100 \text{ cm}$ až -150 cm . Vypočtete vlhkost vzorku po měření na pískovém tanku takto:

$$(\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})$$

Vykreslete graf retenční čáry $\theta - h$ pro měřený rozsah sacích tlakových výšek. Upozornění: tlaková výška se poněkud nestandardně vynáší na osu y .

Po naměření a vypočtení bodu retenční čáry pro tlakovou výšku nastavenou na pískovém tanku si vyžádejte od vyučujícího (emilem, nebo osobně) další body r.č. pro tlakové výšky 330 cm , 1 bar , 3 bar , 7 bar a 15 bar . **Při vyžádání dat nezapomeňte uvést hodnotu θ_s .**

2. Stanovení objemové hmotnosti půdy v Kopeckého válečku

$$(\text{g cm}^{-3})$$

kde $m_{suš}$ je hmotnost suché půdy vzorku (g)

3. Výpočet pórovitosti

Pórovitost zjistíme výpočtem z objemové hmotnosti a na základě měrné hmotnosti zjištěné při cvičení č. 1

4. Měření koeficientu nasycené hydraulické vodivosti K_s

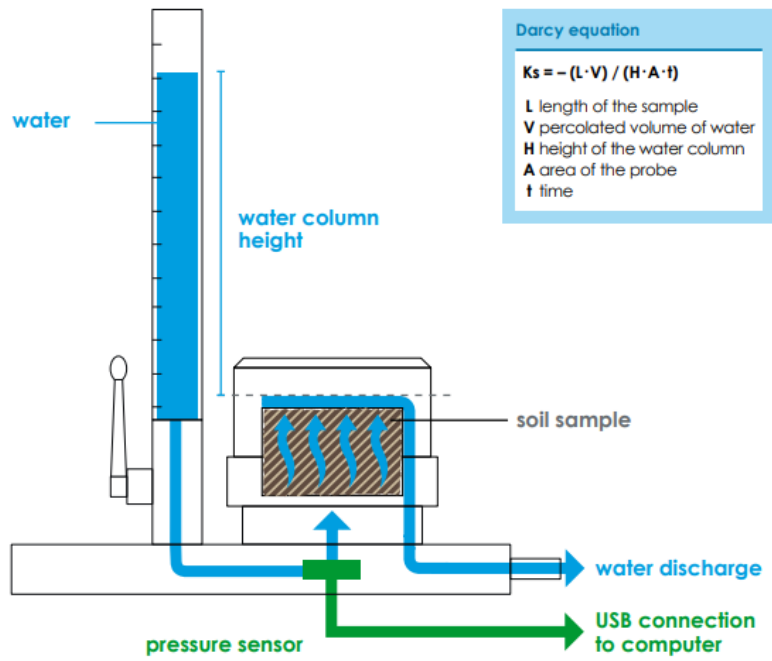
princip metody měření K_s metodou s konstantním spádem: *Neporušeným, plně nasyceným vzorkem půdy voda protéká ustálenou rychlostí a při konstantním spádu hydraulických výšek. Úkolem je pomocí Darcyho zákona stanovit koeficient nasycené hydraulické vodivosti K_s .*

princip metody měření K_s metodou s proměnným spádem: *Měření při proměnném spádu je založeno na stejném principu, ale spád se v průběhu měření mění a výpočet K_s se provádí pomocí Darcyho zákona integrovaného přes hydraulické výšky.*

pomůcky: neporušený půdní vzorek o průměru 84 mm v nerezovém válečku; přístroj KSAT

pracovní postup: postupujte podle návodu k přístroji KSAT, Meter Group a podle pokynů vyučujícího

Nejprve proved'te měření metodou s proměnným spádem (Falling Head Technique). Na stejném vzorku potom proved'te měření metodou s konstantním spádem (Constant Head Technique). Vyhodnocení měření provádí automaticky ovládací program přístroje. Zaznamenejte si výsledek měření K_s metodou s proměnným spádem a K_s změřené metodou s konstantním spádem. Princip výpočtu bude podrobně vysvětlen na přednáškách a modelový výpočet bude procvičen na 6. cvičení.



Obrázek 1. Funkční schema přístroje KSAT.