

MECHANIKA ZEMIN I

LABORATORNÍ CVIČENÍ 2: PROPUSTNOST ZEMIN

ÚVOD, CÍL CVIČENÍ

Propustnost κ [m^2] vyjadřuje schopnost pórovitého prostředí propouštět tekutinu. Veličina κ je nezávislá na vlastnostech tekutiny. Součinitel propustnosti k (součinitel filtrace, hydraulická vodivost) je součinitel z Darcyho zákona $v = k i$. Mezi propustností a součinitelem propustnosti platí vztah k [ms^{-1}] = $\kappa \gamma / \mu$; μ [$\text{Pa}\cdot\text{s}$] je dynamická viskozita. Experimentálně se stanovuje k , z něhož lze spočítat κ .

Cvičení seznamuje s jednoduchým přístrojem, umožňujícím měření k (velmi) propustných zemín ($k > 10^{-6} \text{ms}^{-1}$). Cílem je demonstrovat Darcyho zákon, mez laminárního proudění a ověřit závislost propustnosti na pórovitosti zeminy. K experimentům se použije křemenný písek z Prahy-Zbraslavi. Byla odstraněna zrna menší než 0,25 mm a větší než 2 mm, efektivní průměr $D_{10} \approx 0,3$ mm, hustotu zrn (specifickou hmotnost) uvažujte 2650 kgm^{-3} . Písek se bude zkoušet v ulehším a kyprém stavu. Měření se provede při různých hydraulických gradientech, aby bylo možné sledovat závislost průtokové rychlosti na gradientu.

Cílem cvičení *není* měření normovým postupem podle ČSN EN ISO/TS17892-11 „Stanovení propustnosti zemín při konstantním a proměnném spádu“ (ani předchozí ČSN721020). Měřit se bude součinitel propustnosti pro vodovodní vodu, bez opatření zajišťujících její odvětrání, nebude se provádět přepočty na viskozitu vody při srovnávací teplotě apod.

POSTUP

Komora propustoměru je průhledný válec o vnitřním průměru 50mm, v němž je připraven vzorek zeminy o suché hmotnosti 200g. Zemina je nasycena vodou. Před měřením i v jeho průběhu je třeba vizuálně kontrolovat nasycení systému vodou (zda nejsou ve vzorku či v přístroji bubliny vzduchu, případně přístroj odvětrávat).

Množství proteklé vody se měří odměrným válcem. Vzhledem k relativně velké propustnosti zeminy se předpokládá, že průtok je od počátku měření ustálený. Každé měření se provádí tak dlouho, aby bylo možné objem vody spolehlivě odměřit, tj. aby proteklo alespoň 50 až 100 cm^3 (při nejnižších gradientech alespoň 20 cm^3).

Hydraulický gradient se stanoví z rozdílu výšek na vtoku a výtoku a z výšky vzorku. Výška vodního sloupce na vtoku nad srovnávací rovinou se odečte na piezometrické trubici, výška výtoku se zjistí před zahájením prvního měření (a při případné změně výšky).

1. Ulehlý písek

Nejprve se provede měření propustnosti při co nejmenším gradientu i (cca 0,3). Pro další měření se postupně zvyšuje výška hladiny na vtoku tak, aby i bylo postupně *např.* cca $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; 1; 2; 4; 6; 10. Výška vzorku, množství proteklé vody, čas a výšky hladin z každého měření se zapisují do přiložené tabulky. Na závěr se provede měření s proměnným gradientem. Při něm voda do vzorku vtéká z trubice a poloha hladiny během měření klesá. Zjistí se poloha hladiny v trubici vzhledem k výšce výtoku na začátku a na konci sledovaného časového intervalu. Provedou se alespoň dvě měření. Z průměru a výšky vzorku, průměru trubice, času a polohy hladin se spočte koeficient filtrace.

2. Kyprý písek

Po skončení měření s ulehkým pískem se vzorek nakypří hydraulickým gradientem větším než 1 působícím proti gravitaci. Zvyšujte postupně gradient a sledujte chování vzorku. Pokuste se zaznamenat první náznaky „ztekucení“ a odpovídající hydraulický gradient. Po nakypření vzorku změřte jeho výšku a postupujte jako ad 1, včetně měření při proměnném hydraulickém gradientu. Před každým dalším měřením při jednotlivých hydraulických gradientech ověřte výšku vzorku, protože pórovitost extrémně nakypřeného vzorku se může při proudění směrem dolů postupně snižovat.

VYHODNOCENÍ

- Spočítejte hodnoty průtoků, rychlostí, hydraulických gradientů, součinitelů propustnosti, Reynoldsova čísla R_e a pórovitostí při všech měřeních propustnosti s konstantním gradientem ($R_e = (D_{ef} \times v \times \rho_w) / \mu$, dynamickou viskozitu vody μ najdete v literatuře, tabulkách apod).
- Vyneste závislost filtrační rychlosti v na hydraulickém gradientu i pro ulehlý i kyprý písek a z grafů $v : i$ posuďte platnost Darcyho zákona.
- Určete, zda jste prováděli měření při laminárním a/nebo turbulentním proudění. Určete R_e pro přechod z laminárního do turbulentního proudění pro zkoušenou zeminu.
- Jaká je závislost propustnosti na pórovitosti?
- Spočítejte hodnoty k naměřené v propustoměru s proměnným gradientem a porovnejte je s měřeními s konstantním gradientem.
- Stanovte k nějakou vhodnou nepřímou metodou – empirickým vztahem dle Hazena, Terzaghiho, případně jiným.
- Podářilo se vám odhadnout velikost hydraulického gradientu, při němž došlo ke „ztekucení“ zeminy?
- K výsledkům a grafům připojte také komentář k jednotlivým bodům. Komentujte také přesnost měření k v použitém přístroji, reprezentativnost takového měření pro polní podmínky, preferenční cesty proudění atd.

Jméno:

Datum:

průměr vzorku [m]:

plocha vzorku [m²):

MĚŘENÍ SOUČINITELE PROPUSTNOSTI PŘI KONSTANTNÍM GRADIENTU

1. Ulehlý písek

výška vzorku [m]	výška hladiny vtoku [m]	výška hladiny výtoku [m]	čas [s]	objem proteklé vody [m ³]	průtok [m ³ s ⁻¹]	průtoková rychlost [ms ⁻¹]	hydraulický gradient	součinitel filtrace [ms ⁻¹]	pórovitost vzorku	Reynoldsovo číslo

2. Kyprý písek

výška vzorku [m]	výška hladiny vtoku [m]	výška hladiny výtoku [m]	čas [s]	objem proteklé vody [m ³]	průtok [m ³ s ⁻¹]	průtoková rychlost [ms ⁻¹]	hydraulický gradient	součinitel filtrace [ms ⁻¹]	pórovitost vzorku	Reynoldsovo číslo

MĚŘENÍ SOUČINITELE PROPUSTNOSTI PŘI PROMĚNNÉM GRADIENTU

průměr vtokové trubičky [m]:

	počáteční výška hladiny [m]	konečná výška hladiny [m]	výška výtoku [m]	čas [s]	h ₁ [m]	h ₂ [m]	součinitel filtrace [ms ⁻¹]	
ulehlý písek								průměr
kyprý písek								průměr