

## Ćwiczenie nr 5

### Wyznaczanie współczynnika filtracji.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z przepływem cieczy w ośrodku porowatym oraz metodami wyznaczania współczynnika filtracji.

## 1. Wprowadzenie

### 1.1 Część teoretyczna

Ruch wody gruntowej nazywamy filtracją lub przesączaniem. Przepływ odbywa się w ośrodku porowatym (grunt przepuszczalny), w przypadku swobodnego zwierciadła wody gruntowej dzięki spadkowi jej zwierciadła. Ruch odbywa się w wolnych przestrzeniach pomiędzy ziarnami – w drożnych porach. Opis takiego ruchu jest niezmiernie trudny i dlatego w praktyce wprowadzono model matematyczny opisujący ruch wody w ośrodku porowatym, w którym natężenie przepływu  $Q$  jest równe wielkości rzeczywistej, natomiast pole powierzchni przekroju poprzecznego  $F$  jest określone nie jako suma powierzchni porów lecz jako fikcyjna powierzchnia zawierająca również powierzchnię wypełnioną przez ziarna gruntu. Średnią prędkość przemieszczania się cieczy można określić wykorzystując równanie ciągłości:

$$Q = F \cdot v \quad [5.1]$$

gdzie:

$Q$  – natężenie przepływu; [ $m^3/s$ ],

$F$  – pole powierzchni przekroju poprzecznego; [ $m$ ],

$v$  – średnia prędkość przepływu; [ $m/s$ ].

Rzeczywiste prędkości ruchu cieczy w drożnych porach są oczywiście znacznie większe ponieważ pole powierzchni zajmowanej przez pory jest tylko częścią przyjmowanego w obliczeniach pola powierzchni  $F$ . Za wyjątkiem gruntów o dużych średnicach ziaren (np. w rumoszu skalnym) prędkości przepływu są bardzo małe i panuje ruch laminarny. Przyjmuje się, że górną jego granicą jest liczba *Reynoldsa*  $Re \leq 5$  określana z zależności:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad [5.2]$$

gdzie:

$Re$  – liczba Reynoldsa; [-],

$v$  – średnia prędkość przepływu; [ $m/s$ ],

$d$  – średnica miarodajna ziaren; [ $m$ ],

$\nu$  – kinematyczny współczynnik lepkości; [ $m^2/s$ ].

Pod pojęciem średnicy miarodajnej ziaren gruntu  $d$  rozumie się wielkość  $d_{10}$  z krzywej uziarnienia, rozumianą jako średnicę ziaren gruntu rozdzielającą na wykresie uziarnienia ziarna drobniejsze – stanowiące 10% wagi całej próbki.

W zakresie ruchu laminarnego prędkość przepływu wody określa prawo *Darcy*:

$$v = k \cdot I \quad [5.3]$$

gdzie:

**k** – współczynnik filtracji; [m/s],

**I** – spadek zwierciadła wody; [-].

Z powyższego wzoru wynika, że współczynnik filtracji jest liczbowo równy prędkości przepływu wody w ośrodku porowatym, jeżeli spadek wynosi 1. Wartość współczynnika filtracji zależy od rodzaju gruntu, wielkości uziarnienia, ciężaru i lepkości cieczy. W praktyce temperatura wody podziemnej nie podlega znacznym zmianom i jest uzależniona od głębokości, na której występuje. Zwykle ujmowane wody podziemne mają temperaturę zbliżoną do 10°C i dla tej temperatury podawane są współczynniki filtracji. W przypadku badań prowadzonych przy innych temperaturach cieczy wartość współczynnika należy przeliczyć wg zależności:

$$k_{10} = k_t \frac{v_t}{v_{10}} \quad [5.4]$$

gdzie:

**k<sub>10</sub>** – współczynnik filtracji w temperaturze 10 °C; [m/s],

**k<sub>t</sub>** – współczynnik filtracji w temperaturze t °C; [m/s],

**v<sub>10</sub>** – kinematyczny współczynnik lepkości w temperaturze 10 °C; [m<sup>2</sup>/s],

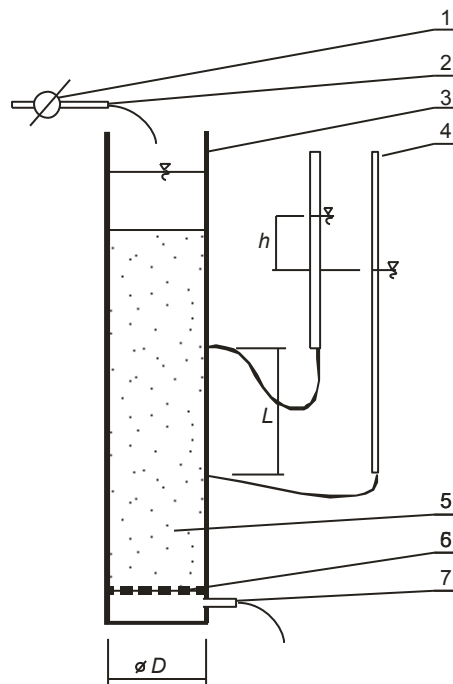
**v<sub>t</sub>** – kinematyczny współczynnik lepkości w temperaturze t °C ; [m<sup>2</sup>/s].

Orientacyjne współczynniki filtracji zestawiono w tabeli nr 1:

Rodzaj gruntu	k [m/s]
otoczaki	$> 2,32 \cdot 10^{-3}$
żwiry czyste	$2,32 \cdot 10^{-3} \div 1,16 \cdot 10^{-3}$
żwiry piaszczyste	$1,74 \cdot 10^{-3} \div 0,87 \cdot 10^{-3}$
piaski gruboziarniste żwirowate	$1,16 \cdot 10^{-3} \div 0,58 \cdot 10^{-3}$
piaski gruboziarniste	$0,87 \cdot 10^{-3} \div 0,29 \cdot 10^{-3}$
piaski średnioziarniste	$0,29 \cdot 10^{-3} \div 0,12 \cdot 10^{-3}$
piaski drobnoziarniste	$0,12 \cdot 10^{-3} \div 0,23 \cdot 10^{-2}$
piaski drobnoziarniste zaglinione lub pylaste	$23 \cdot 10^{-6} \div 12 \cdot 10^{-6}$
piaski gliniaste zbite	$4,6 \cdot 10^{-6} \div 0,9 \cdot 10^{-6}$
glina piaszczysta	$4,6 \cdot 10^{-6} \div 0,058 \cdot 10^{-6}$
gliny	$\leq 0,058 \cdot 10^{-6}$
torf słabozmineralizowany	$52 \cdot 10^{-6} \div 12 \cdot 10^{-6}$
torf średniozmineralizowany	$12 \cdot 10^{-6} \div 1,74 \cdot 10^{-6}$
torf silniezmineralizowany	$1,74 \cdot 10^{-6} \div 0,116 \cdot 10^{-6}$
osady denne z dużą zawartością związków organicznych	$1,0 \cdot 10^{-6} \div 0,01 \cdot 10^{-6}$
iły	$1,0 \cdot 10^{-12} \div 0,1 \cdot 10^{-12}$

## 2. Opis stanowiska badawczego

### 2.1. Zestaw do badań



Oznaczenia: 1 – miernik natężenia przepływu, 2 – doprowadzenie wody, 3 – naczynie wypełnione badanym gruntem, 4 – rurka piezometryczna, 5 – badany grunt, 6 – warstwa podtrzymująca badany grunt, 7 – odprowadzenie wody.

Zestaw składa się z rury 3, z zamontowaną w dolnej części siatką podtrzymującą badany grunt 5. Woda doprowadzana jest poprzez miernik natężenia przepływu 1 przewodem 2. Przepływa przez badany grunt i odpływa w dolnej części rury 6 przewodem 7. Do rury 3 podłączone są rurki piezometryczne 4 za pomocą przewodów gumowych.

## 3. Część doświadczalna

### 3.1 Przebieg ćwiczenia

Zmierzyć temperaturę wody  $t$ . Wykonać pomiar średnicy wewnętrznej  $D$  oraz odległości pomiędzy punktami podłączenia piezometrów  $L$ . Po uruchomieniu pompy przez prowadzącego ćwiczenie odczytać natężenie przepływu  $Q$  na przepływomierzu 1. Odczekać do momentu ustabilizowania się poziomu zwierciadła wody w rurze 3 ponad badanym gruntem dla osiągnięcia stałej wartości ciśnienia. Następnie odczytać różnicę poziomów zwierciadła wody w rurkach piezometrycznych  $h$ . Różnica poziomów wody w rurkach piezometrycznych  $h$  odniesiona do długości  $L$  jest spadkiem linii ciśnienia:

$$I = \frac{h}{L} \quad [5.5]$$

Przekształcając równanie [5.3] i uwzględniając równania [5.1] oraz [5.5] otrzymamy:

$$k = \frac{4QL}{\pi D^2 h} \quad [5.6]$$

Powyższy wzór określa współczynnik filtracji w temperaturze wody  $t$ . Otrzymaną wartość przeliczyć dla temperatury  $10\text{ }^\circ\text{C}$  wg wzoru [5.4].

#### 4. Zawartość sprawozdania

1. Wyniki pomiarów i obliczeń.
2. Zestawienie tabelaryczne wyników w tabeli wg schematu

Lp.	D [m]	t [°C]	L [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	h [m]	k <sub>t</sub> [m/s]	k <sub>10</sub> [m/s]
1	2	3	4	5	6	7	8
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

3. Przeprowadzić dyskusję wyników.