

BADANIE LABORATORYJNE PRZEPUSZCZALNOŚCI GLIN ZWAŁOWYCH PRZY ZMIENNYM SPADKU HYDRAULICZNYM W ASPEKcie ICH PRZYDATNOŚCI DO PEŁNIENIA FUNKCJI BARIERY GEOLOGICZNEJ

MARTA CHADA [marta.chada@pgi.gov.pl],
ADAM ROGUSKI [adam.roguski@pgi.gov.pl], MICHAŁ JAROS [michal.jaros@pgi.gov.pl]
Program Geozagrożenia i Geologia Inżynierska,
Zespół Laboratoriów PIG-PIB

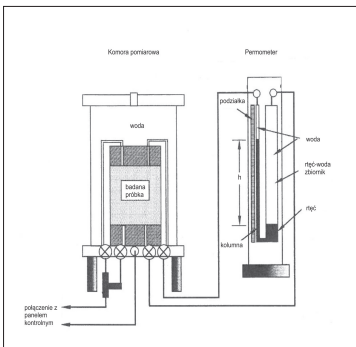
Cel:

Badanie przepuszczalności gruntu jest wymagane przy projektowaniu lokalizacji składowisk odpadów i parametryzacji warstw pełniących funkcję barier geologicznych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r.). Laboratoryjne oznaczenie współczynnika filtracji k do oceny przydatności warstw glin jako bariery geologicznej przeprowadzono przy użyciu systemu pomiarowego „Trautwein” przy użyciu metody zmiennego spadku hydraulicznego i stałej objętości (FHCV) opisanej w normie ASTM D 5084 [Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter].

Przedmiot badań:

Do badań przepuszczalności wykorzystano próbki o nienaruszonej strukturze NNS i naturalnej wilgotności NW, kategorii próbki A (zgodnie z EN ISO 22475-1) i klasy jakości 1. Próbki do badań laboratoryjnych typowano z rdzeni wiertniczych o średnicy 100 mm. W laboratorium, przed przeprowadzeniem badania, wytypowane próbki docinane były do formy cylindrycznej o wymiarach 30x70 mm.

Obiektem badań były próbki glin zwałowych z rejonu projektowanego składowiska. Są to osady zlodowacenia środkowopolskiego, barwy szarobrunatnej, ciemnej, silnie piaszczyste, miejscami pyłowe o zmiennej zawartości frakcji zwirowej. Wykonane uziarnienia wskazują, że litologicznie próbki reprezentowane są przez gliny piaszczyste i podrzędnie piaszki gliniaste o procentowej zawartości poszczególnych frakcji: $f_z < 0,2-8,5\%$, $f_{p-51,3-75,3\%}$, $f_{f-14,7-32,5\%}$, $f_{s-5,3-52,0\%}$ i wilgotności naturalnej $w_n < 8,6-13,7\%$.



Aparatura:

W laboratorium CBLS do oznaczenia współczynnika filtracji zastosowano system pomiarowy składający się z trzech elementów:

1. tablicy pomiarowej, służącej do zadawania i kontrolowania ciśnienia oraz pomiaru zmian objętości próbki gruntu i przepływu wody,
2. komory pozwalającej wyznaczać ciśnienie,
3. permometru umożliwiającego przyspieszenie badań poprzez wymuszenie jednakowego dopływu i odpływu wody.

Rysunek 1. System pomiarowy do badań przepuszczalności hydraulicznej gruntów.

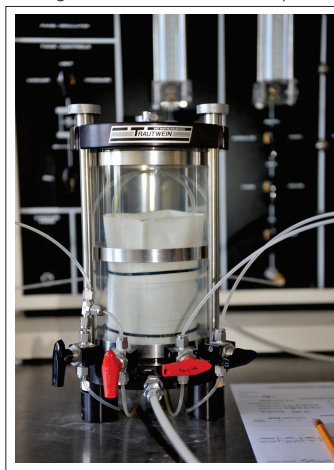


Figura 1. Komora do badań współczynnika filtracji, Typ: PIG-PIB



Figura 2. Panel do systemu pomiarowego „Trautwein” do badania współczynnika filtracji gruntów spoistych, Typ: PIG-PIB

Metodyka:

Laboratoryjne oznaczenie współczynnika filtracji k do oceny przydatności warstwy glin jako bariery geologicznej przeprowadzono przy użyciu systemu pomiarowego „Trautwein” przy użyciu metody zmiennego spadku hydraulicznego i stałej objętości (FHCV) opisanej w normie ASTM D 5084 [Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter]. W zastosowanej metodzie FHCV badana próbka, w trakcie nasycenia, nie zmienia objętości, ponieważ system pomiarowy (Rys. 1.) wykorzystuje zamknięty obieg przepływu wody przez badaną próbkę. Zamknięty obieg wody w czasie badania osiągnięto przez połączenie rurek doprowadzających i odprowadzających wodę z próbki z kolumną wypełnioną rtęcią (tzw. „permometr”).

W początkowym etapie badania następuje nasycenie badanej próbki. Ponieważ przepuszczalność jest większa w ośrodkach, w których pory wypełnione są powietrzem, konieczne jest doprowadzenie próbki do stanu całkowitego nasycenia wodą. Nasycenie prowadzono przy ciśnieniu wyrównawczym (back pressure) 300 kPa i ciśnieniu efektywnym w przedziale 60-400 kPa przez około 24 godziny. Wartość ciśnienia efektywnego uzależniono było od głębokości pobrania badanej próbki. Po nasyceniu badanej próbki odłączano komorę z próbką od panelu kontrolnego i podłączano do kolumny z rtęcią („permometr”). Następowo przemieszczano rtęć w kolumnie co generuje spadek hydrauliczny i przepływ wody przez badaną próbkę. W metodzie FHCV stóp rtęci opada proporcjonalnie do przepuszczalności badanej próbki.

W trakcie pomiaru odczytywano na liniowej podziałce kolumny wysokość stupa rtęci oraz czas. Z różnicy poziomów stupa rtęci oraz czasu obliczano wartość współczynnika filtracji k . W momencie osiągnięcia równowagi przez stóp rtęci spadek hydrauliczny w próbce wynosi zero, następuje koniec testu pomiarowego.

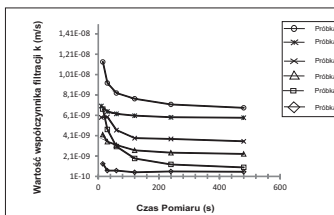


Figura 3. Wyniki badania przepuszczalności glin zwałowych z zastosowaniem metody FHCV.

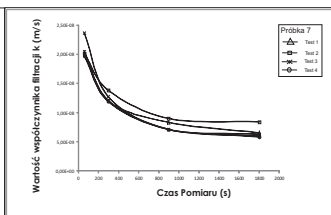


Figura 4. Wyniki badania przepuszczalności dla próbki gliny zwałowej (testy powtórzone) z zastosowaniem metody FHCV.

Wyniki badań:

Obliczenie wartości współczynnika filtracji k przeprowadzono na podstawie wzoru:

$$K = \left(\frac{a_{in} \cdot a_{out}}{a_{out} + a_{in}} \cdot \frac{1}{G_{Hg} \cdot T} \right) \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\Delta t} \cdot \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

gdzie:

- a_{in} – powierzchnia przekroju kolumny zawierającej rtęć,
- a_{out} – powierzchnia przekroju zbiornika rtęć-woda,
- G_{Hg} – gęstość rtęci,
- L – wysokość próbki,
- A – powierzchnia przekroju próbki,
- t_1 – czas startu pomiaru,
- t_2 – czas zakończenia pomiaru,
- h_1 – wysokość stupa rtęci w t_1 ,
- h_2 – wysokość stupa rtęci w t_2 .

Wartość współczynnika filtracji przy temperaturze standardowej (20°C) obliczono według wzoru:

$$K_{20} = R_T \cdot K, \text{ gdzie: } R_T = 2,2909(0,9842)^{1/T}$$

oraz:

k_{20} – współczynnik filtracji w temperaturze 20 °C,

R_T – stosunek lepkości wody w

temperaturze przeprowadzenia pomiaru

do lepkości wody w temperaturze 20 °C,

T – średnia temperatura otoczenia w

trakcie przeprowadzenia pomiaru.

Diagramy (Figura 1, 2) pokazują typowe wyniki oznaczenia przepuszczalności glin zwałowych uzyskane w metodzie pomiarowej FHCV. Na Figurze 3 pokazano wartości uzyskanych współczynników filtracji, pomiary prowadzono w czasie 480 s.

Na Figurze 3 pokazano pomiary (testy powtórzone) wykonane dla jednej próbki w czasie około 1800 s. Na diagramie można zauważyć etap przejściowy w pomiarach (300 s) w trakcie którego znacznie spada wartość współczynnika filtracji k co można wiązać ze zmianą w wielkości ciśnienia porowego w tym przejściowym etapie pomiaru.