

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA PRZEWODNOŚĆ HYDRAULICZNĄ POPIOŁU LOTNEGO

Mariola WASIL*

Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Przewodność hydrauliczna jest jednym z parametrów określających przydatność popiołów lotnych do budowy ziemnych. W pracy przedstawiono wpływ nasycenia wodą, zawartości procentowej cementu w próbce popiołowej oraz gradientu hydraulicznego na wartość przewodności hydraulicznej. Próbki zagęszczane były przy wilgotności optymalnej metodą standardową Proctora. Badania przeprowadzono w komorze konsolidacji hydraulicznej typu Rowe'a. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że im mniejsze nasycenie próbki popiołowej wodą, tym mniejsze wartości prędkości przepływu. Zaobserwowano zmniejszenie wartości prędkości przepływu przy większej procentowej zawartości cementu w próbce.

Słowa kluczowe: popiół lotny, przewodność hydrauliczna, komora Rowe'a.

1. Wprowadzenie

Odpady energetyczne są cennym materiałem, mającym wiele możliwości wykorzystania. Stosowanie ubocznych produktów spalania powoduje zmniejszanie ilości składowisk, co wpływa na ochronę środowiska. Popioły lotne i mieszaniny popiołowo-żużłowe znajdują zastosowanie, między innymi, do: rekultywacji i makroniwelacji terenów, stabilizacji gruntów, budowy warstw uszczelniających, nasypów drogowych oraz wałów przeciwpowodziowych. O przydatności popiołów do budowy ziemnych decydują ich właściwości. Jedną z nich jest przewodność hydrauliczna.

Przepływ wody w gruncie charakteryzowany jest przez prawo Darcy'ego według wzoru (1):

$$Q = k \cdot i \cdot A \cdot t \quad (1)$$

gdzie: Q jest wydatkiem objętościowym cieczy, k stałą zwaną współczynnikiem filtracji Darcy'ego, i gradientem hydraulicznym, A polem przekroju poprzecznego, a t czasem przepływu.

Prędkość przepływu wody w całkowicie nasączonym gruncie opisuje równanie (Cartwright i Hensel, 1997):

$$v_s = \frac{v}{n} = v \cdot \frac{1+e}{e} \quad (2)$$

gdzie: v jest wydajnością przepływu określaną jako ilość wody przepływającej przez jednostkę przekroju całkowitego w jednostce czasu, n jest porowatością gruntu, a e wskaźnikiem porowatości.

Prędkość przepływu v może być opisana inną zależnością niż podana przez Darcy'ego – może być zastąpiona przez zależność nieliniową (Hansbo, 2001):

$$v = \kappa \cdot i^{(n)} \quad (3)$$

gdy $i \leq i_1$, natomiast gdy $i \geq i_1$ wzorem:

$$v = \kappa n i_1^{n-1} \cdot (i - i_0) \quad (4)$$

gdzie: κ jest współczynnikiem filtracji opisanym zależnością eksponencjalną, $i_1 = i_0 n / (n - 1)$ jest wartością gradientu wymaganą do całkowitego pokonania oporu lepkości wody przepływającej w gruncie, i_0 jest określonym, początkowym gradientem hydraulicznym, natomiast n jest parametrem obliczeniowym.

W publikacjach anglojęzycznych k jest określane jako przewodność hydrauliczna (*hydraulic conductivity*). Przewodność hydrauliczna zależna jest od parametrów ośrodka i cieczy, która przez ten ośrodek przepływa. Do parametrów tych należą: gęstość i lepkość przepływającej cieczy, a także uziarnienie i porowatość gruntu (Cartwright i Hensel, 1997).

Pojęcie filtracji jest związane z ruchem wody w gruncie, natomiast przewodność hydrauliczna ma szersze znaczenie – określa również przepływ substancji chemicznych przez ośrodki nie w pełni nasycone (Zabielska-Adamska, 2006). W publikacjach polskich k bywa nazywane przepuszczalnością hydrauliczną (Garbulewski, 2000).

W gruntach spoistych filtracja występuje dopiero po przekroczeniu początkowego gradientu hydraulicznego

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: m.wasil@doktoranci.pb.edu.pl

i_0 . W gruntach tych przepływ wody utrudniony jest przez wodę błonkową, która wypełnia pory. Filtracja może nastąpić, gdy naprężenie ścinające wywołane gradientem hydraulicznym w błonkach wody przekroczy opór na ścinanie, który zależy od lepkości wody błonkowej. Lepkość wody błonkowej jest tym większa, im błonki wody są cieńsze (Pisarczyk, 2001).

W nienasyconych gruntach spoisty objętość wody wypływającej z próbki jest inna niż objętość wody wprowadzonej do próbki. Grunty całkowicie nasycone mają wszystkie pory wypełnione wodą, w związku z czym ilości wody wprowadzanej do próbki i z niej wypływającej są sobie równe (Lipiński i Wdowska, 2005).

Mitchell i inni (1965) podali wzór (5), w którym wartość współczynnika filtracji gliny pylastej jest uzależniona od stopnia wilgotności S_r :

$$k = \frac{\gamma_w}{\mu} \frac{C_F V_S^2}{A_S^2} \frac{e^3}{(1+e)} S_r^3 \quad (5)$$

gdzie: C_F jest stałą określającą kształt ziaren, μ lepkością płynu, γ_w ciężarem właściwym cieczy, A_S zwilżonym przekrojem poprzecznym próbki, a V_S oznacza szkieletu gruntowego.

Powyzsza zależność wskazuje na znaczny wpływ nasycenia porów gruntu wodą na przewodność hydrauliczną tego gruntu. Przewodność hydrauliczna maleje wraz ze zmniejszeniem stopnia wilgotności S_r .

Celem pracy jest przedstawienie wpływu wybranych czynników – nasycenia wodą, gradientu hydraulicznego, naprężenia efektywnego oraz dodatku cementu – na przewodność hydrauliczną popiołu lotnego oznaczaną w warunkach laboratoryjnych.

2. Przewodność hydrauliczna odpadów energetycznych

Gray i Lin (1972) badali próbki popiołu lotnego z węgla kamiennego częściowo i całkowicie nasyconego wodą. Przewodność hydrauliczna przy maksymalnej gęstości objętościowej określonej standardową metodą Proctora, wynosiła od $5 \cdot 10^{-5}$ m/s do $8 \cdot 10^{-7}$ m/s. Według klasyfikacji Pazdro i Kozerskiego (1990) odpowiada to charakterystyce filtracji gruntu od słabo przepuszczalnego do półprzepuszczalnego. Wartość przewodności jest stosunkowo niska, pomimo zawartości wolnych przestrzeni w popiele od 8 do 14%, co zmniejsza prawdopodobieństwo przesiąkania wody gruntowej i niebezpieczeństwo wymywania pierwiastków ciężkich z popiołu. Zastosowanie do popiołów dodatku wapna lub cementu jeszcze bardziej zmniejsza przewodność hydrauliczną zagęszczonego popiołu lotnego.

Zabielska-Adamska (2006) oznaczała przewodność hydrauliczną popiołu lotnego z węgla kamiennego, zagęszczonego metodą standardową i zmodyfikowaną Proctora w zakresie wilgotności $w_{opt} \pm 5\%$. Badania przeprowadzane były w komorze Rowe'a, w której bada się filtrację próbek nasączonych za pomocą ciśnienia

wyrównawczego. Próbki miały średnicę 15 cm i wysokość 5 cm. Po osiągnięciu parametru Skemptonia $B = 0,8$ i po konsolidacji próbek popiołowych przeprowadzono badania filtracji przy przepływie pionowym – z dołu ku górze. Wyniki badań przewodności hydraulicznej nasączonych próbek popiołowych, zagęszczonych metodą standardową, zawierały się w zakresie wartości $1,4 \cdot 10^{-7}$ – $3,7 \cdot 10^{-10}$ m/s, natomiast wyniki badań próbek zagęszczonych metodą zmodyfikowaną – w zakresie $7,3 \cdot 10^{-8}$ – $1,3 \cdot 10^{-9}$ m/s. Na prędkość przepływu miała wpływ wilgotność popiołu przy jego zagęszczaniu. Wpływ ten był zredukowany przy wyższych naprężeniach efektywnych. Najmniejszą przewodność hydrauliczną uzyskano przy wilgotności $w_{opt} + 5\%$.

Kim i in. (2005) badali mieszaniny popiołowo-żużlowe o różnych zawartościach popiołu (50%, 75%, 100%) pochodzące z dwóch źródeł spalania. Mieszaniny zagęszczano do 95% maksymalnej gęstości objętościowej uzyskanej przy standardowym zagęszczaniu metodą Proctora, przy wilgotności optymalnej. Pomierzone wartości przewodności hydraulicznej zmieniały się od $1 \cdot 10^{-7}$ do $3 \cdot 10^{-8}$ m/s. Kiedy zawartość popiołu w mieszaninie wzrastała z 50 do 100%, wartości przewodności hydraulicznej zmniejszały się. Większa powierzchnia właściwa popiołów lotnych zwiększa opór przepływu przez przestrzenie międzyziarnowe żużla.

Zawisza i Pomietło (2011) przeprowadzili badania wpływu zagęszczenia na przewodność hydrauliczną żużli wielkopieczowych oraz mieszanek żużla z popiołem lotnym. Współczynnik filtracji zmniejszał się wraz ze wzrostem dodatku popiołu. Próbki zagęszczano do wartości wskaźnika zagęszczenia: $I_s = 0,90, 0,95$ i $1,00$. Żużel wielkopieczowy osiągnął współczynnik filtracji rzędu 10^{-2} m/s, natomiast mieszaniny żużla z popiołem lotnym w ilości 10%, 20% i 30% dodatku popiołu lotnego, uzyskały współczynnik filtracji odpowiednio: 10^{-3} m/s, 10^{-4} m/s i 10^{-8} m/s. Wskaźnik zagęszczenia również miał wpływ na przewodność hydrauliczną. Materiał o najniższej wartości $I_s = 0,90$ miał największą wartość współczynnika filtracji, zaś próbki o $I_s = 1,00$ – wartość najmniejszą. Wskaźnik zagęszczenia miał najmniejszy wpływ na współczynnik filtracji w przypadku próbek o najmniejszej zawartości procentowej popiołu.

Palmer i in. (2000) przeprowadzili badania przewodności hydraulicznej popiołu krzemianowego, w laboratorium i w terenie, w celu ustalenia czy mieszaniny popiołu krzemianowego z innymi materiałami – popiołem wapniowym, piaskiem i żużlem – mogą być zagęszczane do uzyskania przewodności hydraulicznych mniejszych niż 10^{-9} m/s – maksymalnych dopuszczalnych przepuszczalności hydraulicznych dla warstw izolujących składowiska odpadów. Zbadane w laboratorium mieszaniny z popiołem wapniowym i żużlem uzyskały wartości przewodności hydraulicznej niższe od 10^{-9} m/s. Mieszanki popiołu krzemianowego, żużla i dodatku 20-30% popiołu wapniowego, były zagęszczane metodą zmodyfikowaną przy wilgotności od 9 do 23% i pielęgnowane 7 dni w komorze o wilgotności 100%. Zaobserwowano spadek przewodności hydraulicznej wraz

ze wzrostem wilgotności przy zagęszczaniu – najniższe wartości przy $w = 18\%$. Znacznie wyższe wartości przewodności hydraulicznej uzyskano przy mniejszej wilgotności przy zagęszczaniu – $4,1 \cdot 10^{-8}$ m/s przy $w = 9,3\%$ (z dodatkiem 20% popiołu wapniowego). Przy wzroście wilgotności powyżej 18% przewodność hydrauliczna nieznacznie wzrastała i przyjmowała wartość $2,7 \cdot 10^{-9}$ m/s przy $w = 22,6\%$ (z dodatkiem 30% popiołu wapniowego). Dodatek 20-30% popiołu wapniowego redukuje przepuszczalność hydrauliczną.

Ghosh i Subbarao (1998) przeprowadzili badania na krzemianowym popiele lotnym w celu zbadania wpływu stabilizacji wapnem i gipsem na przewodność hydrauliczną. Dodatek wapna do popiołu lotnego redukuje przewodność hydrauliczną, a dodatek gipsu pozwala zredukować przewodność jeszcze bardziej. Wszystkie mieszanki popiołu lotnego z wapnem oraz popiołu lotnego z wapnem i gipsem wykazywały spadek przewodności hydraulicznej wraz ze wzrostem czasu twardnienia. Zagęszczony popiół lotny z dodatkiem 10% wapna i 1% gipsu po 28 dniach twardnienia miał przewodność hydrauliczną $8 \cdot 10^{-10}$ m/s, w porównaniu do naturalnego popiołu lotnego o przewodności hydraulicznej $4,5 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Kalinski i Yerra (2005) badali próbki popiołowe z zawartością cementu 5, 10 i 15%. Przeprowadzono badania w celu oceny wpływu wilgotności, zawartości cementu, czasu twardnienia i sposobu zagęszczenia na przewodność hydrauliczną zagęszczonego popiołu lotnego stabilizowanego cementem. Przy zagęszczaniu stosunkowo suchych mieszanek popiołowo-cementowych ($w < 20\%$) k jest niezależne od energii zagęszczenia i przyjmuje wartość rzędu 10^{-7} m/s. Przy wilgotności 20% i wilgotności optymalnej, sposób zagęszczenia wpływa na k – jego wartość zmniejsza się, kiedy wzrasta energia zagęszczenia (ze standardowej do zmodyfikowanej energii w badaniu Proctora). Przy wilgotności większej od wilgotności optymalnej k przyjmuje wartości rzędu 10^{-8} m/s niezależnie od metody zagęszczenia.

Przywołane publikacje wskazują na wpływ wielu czynników na przepuszczalność odpadów energetycznych. Obserwuje się spadek przepuszczalności przy wzroście wilgotności przy zagęszczeniu, podobnie jak w gruntach spoistych. Wzrost wskaźnika zagęszczenia redukuje wartość współczynnika filtracji. Na zmniejszenie wartości przewodności hydraulicznej ma wpływ również dodatek wapna, gipsu lub cementu. W przypadku mieszanin popiołowo-żużlowych – im większa procentowa zawartość popiołu, tym uzyskuje się mniejsze wartości przepuszczalności.

3. Badania własne przewodności hydraulicznej popiołu lotnego w komorze Rowe'a

3.1. Metodyka badań

Komorza Rowe'a jest rodzajem konsolidometru zaprojektowanym w latach sześćdziesiątych XX wieku przez profesora P. W. Rowe'a (Rowe i Barden, 1966).

Aparat wyposażony jest w system hydraulicznego obciążania próbek, umożliwia pomiar ciśnienia wody w porach gruntu, przepływ cieczy w różnych kierunkach oraz badanie próbek o dużych średnicach. Hydrauliczny system obciążania próbek sprawia, że próbka nie jest narażona na efekt wibracji. Łatwo można zadać ciśnienie o wartości do 1000 kPa nawet dla próbek o dużych średnicach (Head, 1986). Widok ogólny komory Rowe'a przedstawia rysunek 1.

Badania przewodności hydraulicznej w komorze konsolidacyjnej Rowe'a można przeprowadzać przy określonym naprężeniu efektywnym, z przepływem wody pionowym lub poziomym (promieniowym). Przewodność hydrauliczna może być mierzona na założonym poziomie ciśnienia wyrównawczego podczas badania konsolidacji, przy obciążeniu równomiernym lub swobodnym, w zależności od zastosowanej płyty przekazującej obciążenie – sztywnej lub wiotkiej.

Schemat komory Rowe'a do badania przewodności hydraulicznej z przepływem pionowym przedstawiono na rysunku 2.

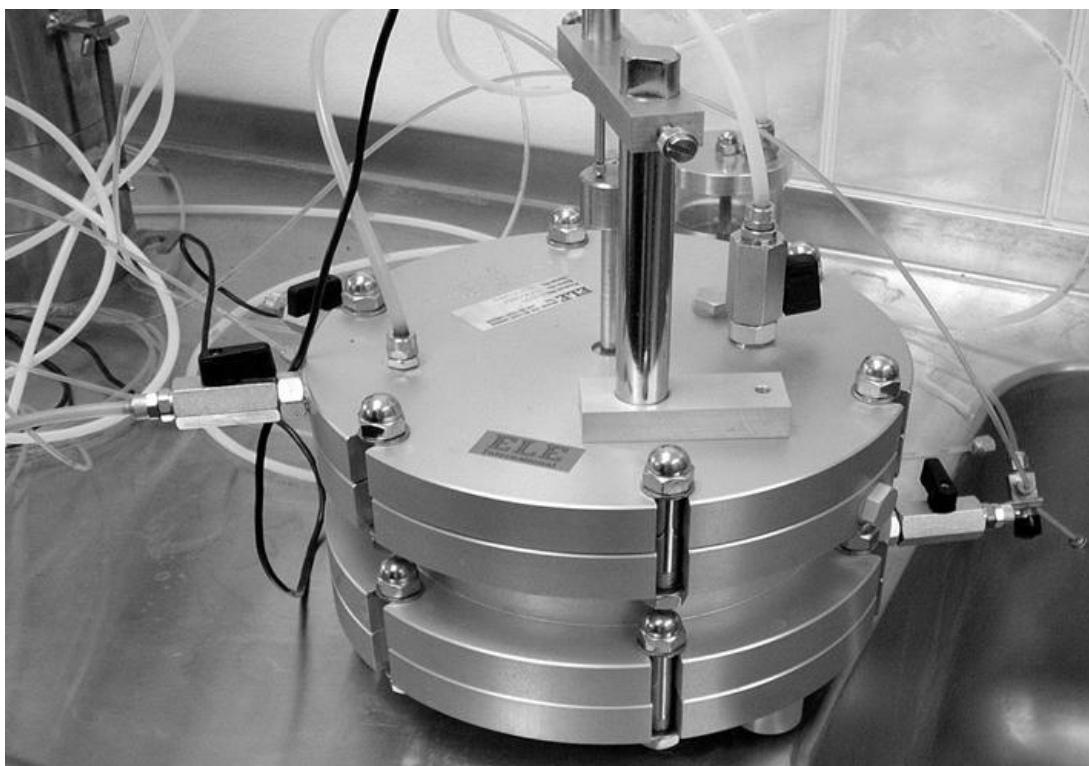
3.2. Wyniki badań

Badania przeprowadzono na popiele lotnym z Elektrociepłowni Białystok, składowanym na suchej hałdzie w Sowlanach. Popiół lotny odpowiada uziarnieniem pyłowi piaszczystemu. Wartości wybranych parametrów fizycznych przedstawiono w tabeli 1. Ścisłość badanego popiołu lotnego opisano we wcześniejszej publikacji (Wasil, 2011).

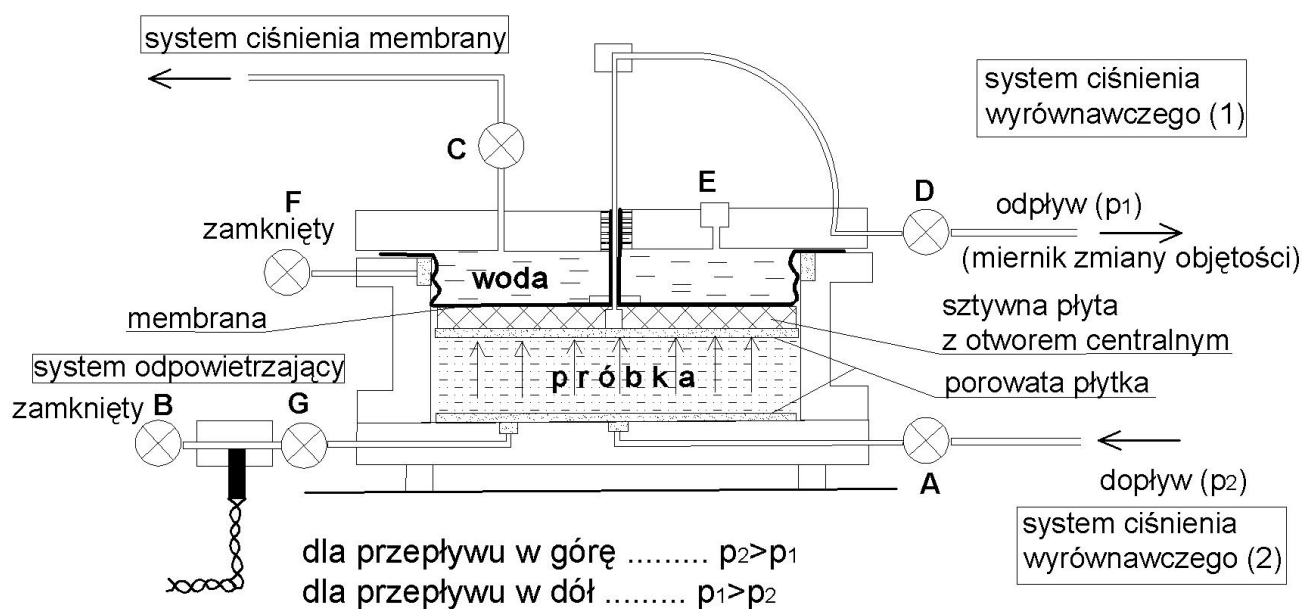
Badania właściwe przeprowadzono w komorze konsolidacji hydraulicznej typu Rowe'a na próbkach o średnicy 15 cm i wysokości 5 cm, nasycanych wodą za pomocą ciśnienia wyrównawczego (*back pressure*), do momentu uzyskania wymaganej wartości parametru Skemptona B . Próbkę nasycano do wartości parametru Skemptona B : 0,27; 0,57 oraz 0,82 – uważanego za stan quasi-nasycony (Zabielska-Adamska, 2006). Badane próbki zagęszczane były przy wilgotności optymalnej metodą standardową Proctor'a, uzyskując wartość S_r równą 0,83.

Po otrzymaniu założonego parametru B przystępowano do konsolidacji próbek przy obciążeniach: 25, 50, 100 i 200 kPa. Następnie przeprowadzono badanie przewodności hydraulicznej popiołu przy gradientach hydraulicznych: 3, 6, 9, 12. Wyniki pomiarów: ciśnienie komorowe, ciśnienie wody w porach, przemieszczenia i zmiany objętości – były rejestrowane przez system elektroniczny.

Przeprowadzono także badania mieszanin popiołu lotnego z 2 i 5% dodatkiem cementu, zagęszczanej przy wilgotności optymalnej metodą standardową Proctora. Próbkę poddawano siedmiodniowej pielęgnacji w komorze o stałej wilgotności 95% i temperaturze około 20°C. Tabela 2 przedstawia parametry fizyczne mieszaniny popiołu lotnego z cementem.



Rys. 1. Widok ogólny komory Rowe'a



Rys. 2. Schemat komory Rowe'a do badania przewodności hydraulicznej z przepływem pionowym na podstawie Heada (1986)

Tab. 1. Parametry geotechniczne popiołu lotnego (Wasil, 2011)

d_{50} [mm]	C_U [-]	C_C [-]	ρ_s [g/cm ³]	Zagęszczenie – metoda standardowa Proctora	
				w_{opt} [%]	ρ_{dmax} [g/cm ³]
0,045	3,2	1,3	2,12	44,00	0,996

Tab. 2. Parametry fizyczne mieszanki popiołu lotnego z cementem

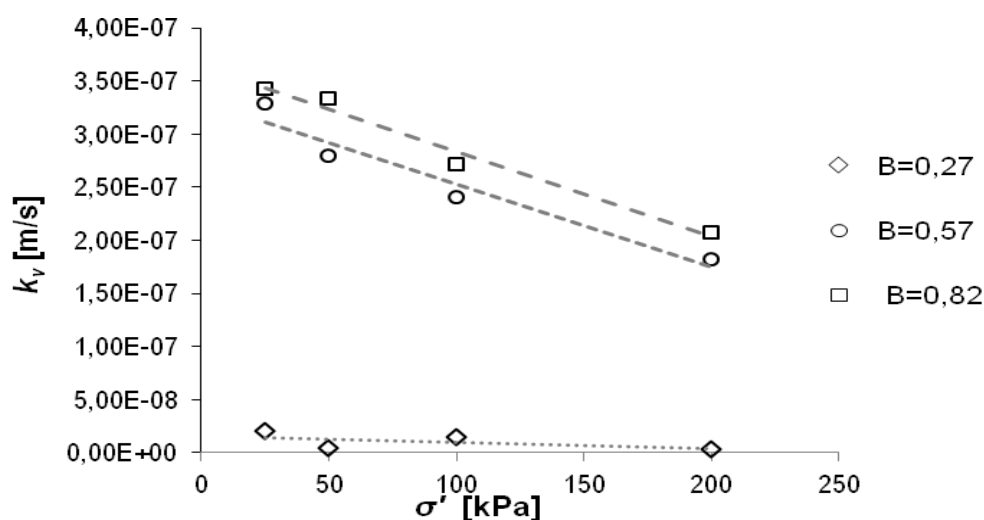
Dodatek cementu	ρ_s [g/cm ³]	Zagęszczenie metodą standardową Proctora	
		w_{opt} [%]	ρ_{dmax} [g/cm ³]
2%	2,13	42,50	1,018
5%	2,14	41,00	1,050

Na rysunku 3 zaprezentowano wyniki badań przewodności hydraulicznej sporządzone dla trzech

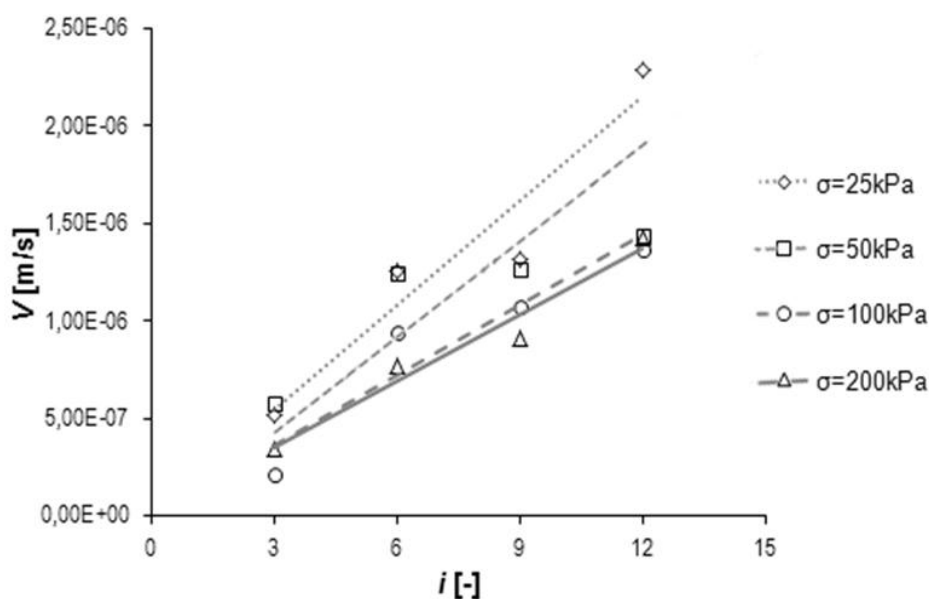
wybranych próbek, zagęszczanych przy wilgotności optymalnej o różnym stopniu nasycenia określanym współczynnikiem Skemptona B (0,82; 0,57 i 0,27).

Rysunki 4 i 5 przedstawiają wykresy zależności prędkości przepływu od gradientu hydraulicznego po uwzględnieniu poprawek, które zastosowano w celu wyeliminowania wpływu niekontrolowanego przepływu przy ścianie komory. Poprawki obliczono zakładając, że przy gradiencie hydraulicznym $i = 0$ prędkość przepływu jest równa zero (Zabielska-Adamska, 2006).

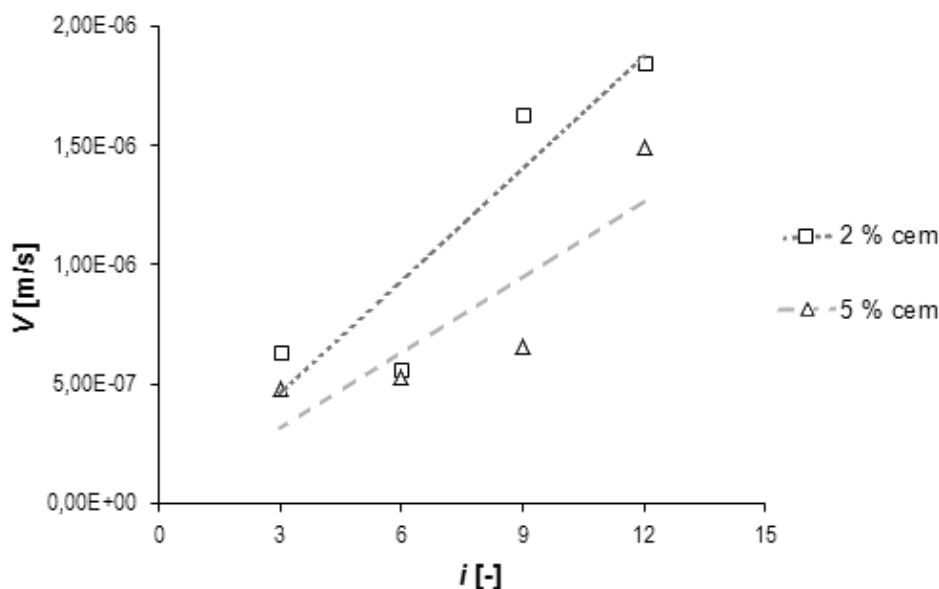
Na rysunku 5 pokazano zależność $v(i)$ dla próbek o różnej zawartości cementu w stanie quasi-nasyconym (dla próbki o zawartości cementu 2% $B = 0,80$, a dla 5% – 0,88).



Rys. 3. Przewodność hydrauliczna popiołu lotnego zagęszczonego przy w_{opt} metodą standardową Proctora, przy gradiencie hydraulicznym $i = 12$



Rys. 4. Przewodność hydrauliczna popiołu lotnego zagęszczonego przy w_{opt} metodą standardową Proctora w zależności od gradientu hydraulicznego, przy naprężeniu σ' równym: 25, 50, 100 i 200 kPa



Rys. 5. Przewodność hydrauliczna mieszanki popiołu lotnego z różną zawartością cementu, zagęszczonej przy w_{opt} metodą standardową Proctora w zależności od gradientu hydraulicznego, przy naprężeniu $\sigma' = 200$ kPa

5. Wnioski

Na podstawie wyników badań własnych można stwierdzić, że:

1. Nasycenie popiołu lotnego ma wpływ na uzyskane wartości przewodności hydraulicznej. Najmniejszą przewodność hydrauliczną miała próbka o $B = 0,27$. Próbkę popiołową nasyconą do wartości parametru Skemptona $B = 0,57$ oraz $B = 0,82$ miały zbliżone wartości prędkości przepływu, z czego można wnioskować, że nasycenie tych próbek wodą jest wystarczające, aby przepływ wody był ustabilizowany.
2. Wraz ze wzrostem gradientu hydraulicznego, który wynosił 3, 6, 9 i 12, wzrasta prędkość przepływu wody przez próbkę. Ponadto na przewodność hydrauliczną ma wpływ naprężenie efektywne – zwiększanie naprężenia oddziaływującego na próbkę powoduje spadek wartości prędkości przepływu. Najmniejsze wartości prędkości przepływu uzyskano przy $i = 3$ i $\sigma' = 200$ kPa, zaś największe przy $i = 12$ i $\sigma' = 25$ kPa.
3. Zaobserwowano wpływ dodatku cementu na przewodność hydrauliczną popiołu – im większa procentowa zawartość cementu, tym mniejsza prędkość przepływu wody przez próbkę popiołową.

Literatura

Cartwright K., Hensel B. R. (1997). Hydrogeology. W: Geotechnical Practice for Waste Disposal. Daniel D. E. (Ed.). Chapman & Hall, London, England 1997.

Garbulewski K. (2000). Dobór i badania gruntowych uszczelnień składowisk odpadów komunalnych. SGGW, Rozprawy Naukowe i Monografie Nr 235, Warszawa, 2000.

Gray D. H., Lin Y. K. (1972). Engineering properties of compacted fly ash. *Journal of the Soil Mechanics & Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 98, 361-380.

Ghosh A., Subbarao C. (1998). Hydraulic conductivity and leachate characteristics of stabilized fly ash. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 124, 812-820.

Hansbo S. (2001). Consolidation equation valid for both Darcian and non-Darcian flow. *Géotechnique*, Vol. 51, 51-54.

Head K. H. (1986). Manual of Soil Laboratory Testing. Vol. 3: Effective Stress Tests. Pentech Press Ltd, London, England 1986.

Kalinski M. E., Yerra P. K. (2006). Hydraulic conductivity of compacted cement-stabilized fly ash. *Fuel*, Vol. 85, 2330-2336.

Kim B., Perezzi M., Salado R. (2005). Geotechnical properties of fly and bottom ash mixtures for use in highway embankments. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 131, 914-924.

Lipiński M. J., Wdowska M. K. (2005). Wpływ niepełnego nasycenia na charakterystyki przepuszczalności gruntów spoistych. *Przegląd Naukowy WIKS SGGW, Rocznik XIV, Zeszyt 1 (31)*, 122-131.

Mitchell J. K., Hooper D. R., Campanella R. G. (1965). Permeability of compacted clay. *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE*, Vol. 91, SM4/1965, 41-63.

Palmer B. G., Edil T. B., Benson C. H. (2000). Liners for waste containment constructed with class F and C fly ashes. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 76, 193-216.

Pazdro Z., Kozerski B. (1990). Hydrogeologia Ogólna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.

Pisarczyk S. (2001). Gruntoznawstwo Inżynierskie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.

Rowe P. W., Barden L. (1966). A new consolidation cell. *Géotechnique*, Vol. 16, 2/1966, 162-170.

Wasił M. (2011). Ścisłość nasyconego popiołu lotnego. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, Vol. 2, 91-96.

- Zabielska-Adamska K. (2006). Popiół lotny jako materiał do budowy warstw uszczelniających. *Politechnika Białostocka*, Białystok 2006.
- Zawisza E., Pomieńko M. (2011). Wodoprzepuszczalność mieszanek odpadów hutniczych i energetycznych. *Przeгляд Górnicy*, Tom 66, Nr 1-2, 68-71.

INFLUENCE OF SELECTED FACTORS ON HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF FLY ASH

Abstract: Hydraulic conductivity is one of the parameters which are used to determine usefulness of fly ash to earth structures. The paper presents the influence of some factors on value of permeability, such as: water-saturation, the addition of cement in the sample, hydraulic gradient and effective stress. The samples were compacted at optimum moisture content by means of Proctor's method. Research was carried out in Rowe's consolidation cell. It was found that the smaller water-saturation of fly ash sample, the lower the flow velocity. Higher percentage of cement in the sample affects the decrease of the flow velocity.