

Badania wpływu dodatku biopolimeru na przepuszczalność piasku średniego

Mgr inż. Marcin Biliniak¹, mgr inż. Katarzyna Baryłka¹, mgr inż. Mateusz Wiszniewski², dr inż. Zdzisław Skutnik¹

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

²Gaziantep University, Faculty of Engineering

Wykorzystanie biodegradowalnych (przyjaznych środowisku) dodatków polepszających właściwości gruntu jest przedmiotem wielu badań i analiz. Do takich substancji należą niewątpliwie naturalne biopolimery, które cechuje wysoka lepkość, plastyczność, stabilność w szerokim zakresie temperatur, pH bliskie obojętnego oraz odporność na działanie promieniowania UV i mikroorganizmów. Wykorzystanie biopolimerów do poprawienia niektórych właściwości gruntu opisano w kilku publikacjach [1, 2, 4, 6]. Prace dotyczą wpływu dodatku biopolimeru na właściwości mieszaniny kaolinu, bentonitu oraz piasku, a także skutków ich aplikowania do gruntów spoistych. W artykule opisano możliwość zastosowania biopolimeru – gumy ksantanowej jako dodatku do gruntu niespoistego – piasku średniego w celu zmniejszenia przewodności hydraulicznej. Prezentowane wyniki badań mają charakter wstępny oraz wyznaczają kierunek dalszej analizy badawczej biopolimerów jako dodatków polepszających wybrane właściwości gruntu.

MATERIAŁY I METODY

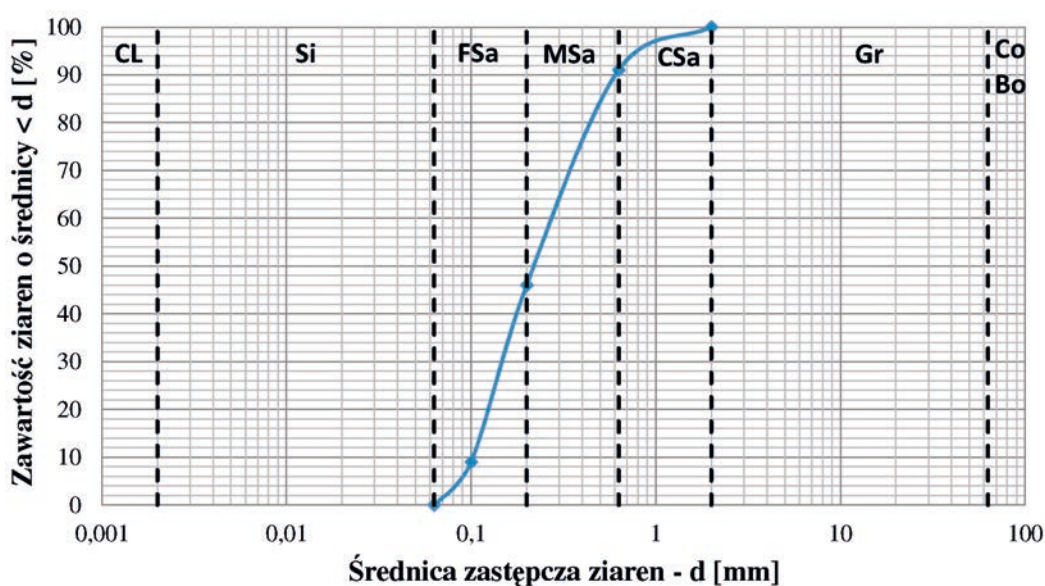
Do badań wykorzystano kwarcowy piasek średni oraz gumę ksantanową. Piasek pochodził z punktu wydobycia piasku

wiślanego znajdującego się w Warszawie. Na podstawie analizy granulometrycznej grunt zakwalifikowano jako piasek średni (MSa), średnice ziaren zawierają się w przedziale $0,063 \div 2,0$ mm. Na rys. 1 przedstawiono otrzymaną krzywą uziarnienia badanego piasku średniego. Wskaźniki charakteryzujące uziarnienie gruntu, czyli wskaźnik krzywizny uziarnienia i wskaźnik różnoziarnistości, wynoszą odpowiednio: $C_c = 0,83$, $C_u = 2,55$, a średnica miarodajna $d_{10} = 0,11$ mm.

Zastosowana w badaniach guma ksantanowa to substancja otrzymywana na drodze fermentacji węglowodanów przez

Tabl. 1. Warunki badania próbek

	Ciśnienie w komorze [kPa]	Gradient [-]
Badanie 1	20,0	5
Badanie 2	25,0	10
Badanie 3	30,0	15
Badanie 4	40,0	5
Badanie 5	45,0	10
Badanie 6	50,0	15



Rys. 1. Krzywa uziarnienia badanego gruntu

szcep bakterii *Xanthomonas campestris*. Jest stosowana w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym oraz kosmetycznym, a także wiertniczym jako dodatek zagęszczający do płuczki. Próbkę mieszaniny piasku średniego i gumy ksantanowej były przygotowane w trzech wariantach stężenia biopolimeru: 0,25%, 0,5% oraz 1% w stosunku wagowym. Do wstępnie przygotowanej mieszaniny biopolimeru z piaskiem dodawano 10% wody (w stosunku do suchej masy mieszaniny). Początkowy wskaźnik porowatości badanego kompozytu wynosił $0,38 \div 0,41$. Powstałą mieszaninę wypełniano walcowe formy o średnicy i wysokości równej 70 mm. Następnie próbki odstawiano w zacienione miejsce na czas dojrzewania, czyli na 3, 7 lub 21 dni. Po upływie minionego czasu przeprowadzono badania przepuszczalności w nowoczesnym permeametrze (rys. 2) w Laboratorium Centrum Wodne Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW).

Permeometr umożliwia pomiar współczynnika filtracji metodą stałego gradientu poprzez zadanie różnych ciśnień na spód

oraz na górę próbki, dając jednocześnie możliwość monitorowania objętości przepływającej przez próbkę wody. Zastosowanie komory trójosiowej pozwala poddać próbkę dowolnemu naprężeniu zewnętrznemu, zatem badanie może być wykonane w stanie naprężenia *in situ*. Gumowa membrana idealnie przylega do próbki, uniemożliwiając przepływ wody poza strukturą badanego materiału. Przed rozpoczęciem badania przeprowadzono nasączenie oraz konsolidację próbki. Właściwe badanie polega na pomiarze objętości przepływającej przez próbkę wody w jednostce czasu [3]. Każdą z próbek poddano sześciu badaniom, przy dwóch różnych naprężeniach efektywnych oraz trzech różnych gradientach.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

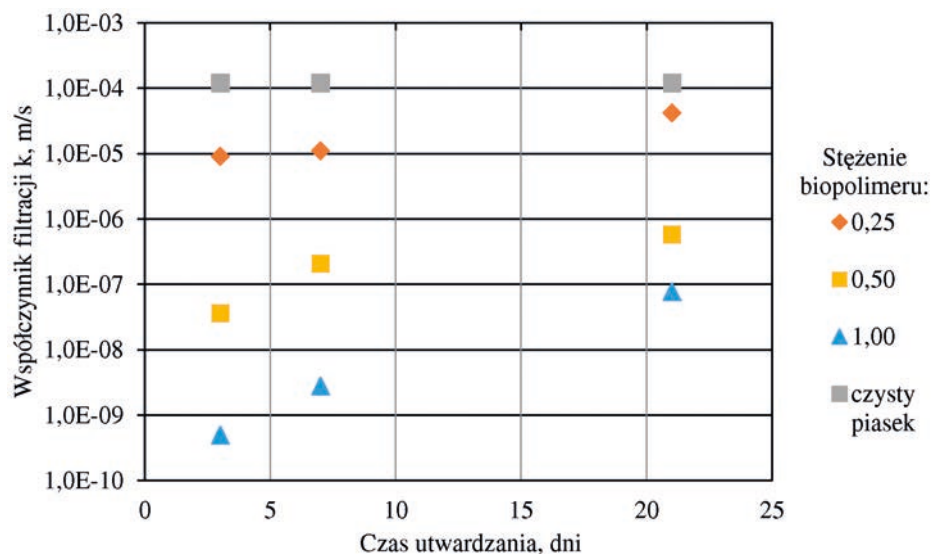
Przeprowadzone badania potwierdziły, że wartość współczynnika filtracji mieszaniny piasku średniego z gumą ksantanową



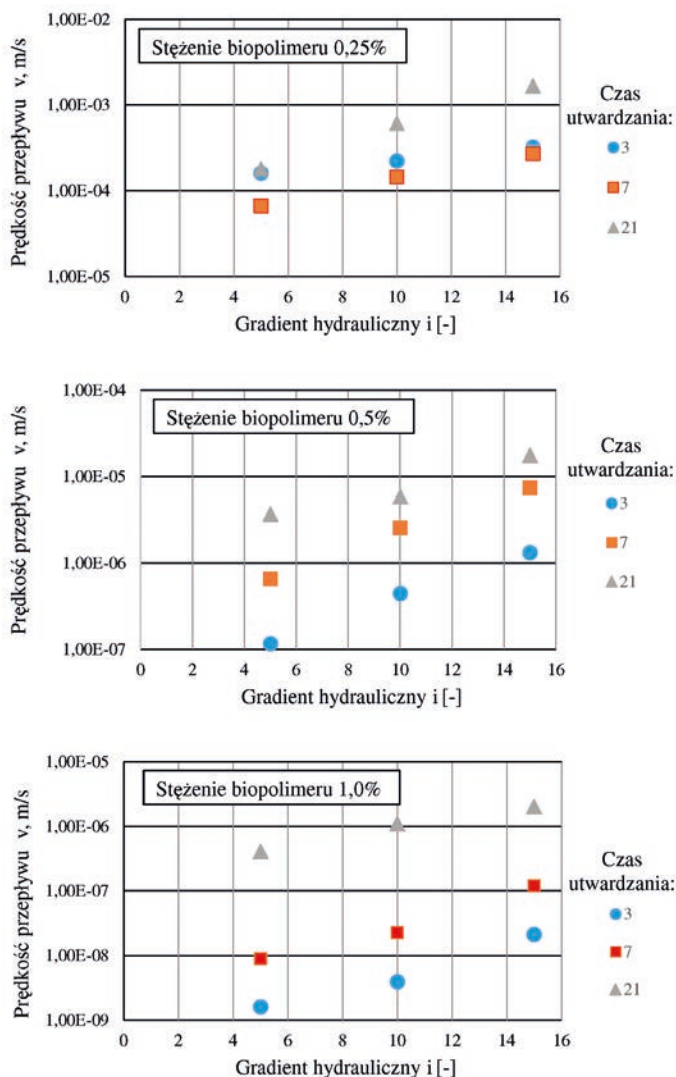
Rys. 2. Aparatura badawcza

Tabl. 2. Wyniki badań współczynnika filtracji piasku średniego w zależności od stężenia biopolimeru oraz czasu utwardzania próbki

Stężenie biopolimeru [%]	Czas utwardzania [dni]	k [m/s]
Czysty piasek	–	1,2E-04
0,25	3	9,1E-06
	7	1,1E-05
	21	4,2E-05
0,50	3	3,6E-08
	7	2,1E-07
	21	5,8E-07
1,00	3	5,0E-10
	7	2,8E-09
	21	7,8E-08



Rys. 3. Wartości współczynnika filtracji w zależności od czasu utwardzania i stężenia biopolimeru w mieszaninie piasku średniego i biopolimeru



Rys.4. Wpływ czasu utwardzania na prędkość przepływu wody przez próbkę

wą zależy zarówno od ilości dodanego biopolimeru, jak również czasu utwardzania próbki. W tabl. 2 oraz na rys. 3 przedstawiono wyniki badań, tj. zależności współczynnika filtracji od zawartości biopolimeru i czasu utwardzania próbki.

Dodatek biopolimeru do piasku średniego powoduje zmniejszenie jego przepuszczalności. Naturalny biopolimer w połączeniu z wodą tworzy lepłą zawiesinę, która wypełnia przestrzeń pomiędzy cząsteczkami gruntu, zmniejszając znacząco jego porowatość efektywną. Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że dodatek gumy ksantanowej w ilości 0,25% odniesionej do masy suchego piasku średniego daje wyraźne efekty. Czterokrotne zwiększenie dawki gumy ksantanowej do stężenia 1,00% obniża wartość współczynnika filtracji nawet do 1 000 000 razy, co wykazali również inni badacze [7]. Należy również zwrócić uwagę na czas utwardzania mieszaniny. Próbki o mniejszej wilgotności, a więc poddane dłuższym czasom utwardzania, są bardziej przepuszczalne. W wyniku zmniejszenia wilgotności lepka zawiesina zmniejsza swoją objętość, co ułatwia przepływ filtrującej wody. Powyższą zależność doskonale widać na rys. 4, gdzie prędkość przepływu wody w trakcie badania jest większa dla próbek, które poddano dłuższym

czasom utwardzania. Podczas badań wraz z wzrostem gradientu hydraulicznego proporcjonalnie zwiększano ciśnienie w komorze, tak aby utrzymać stałą wartość naprężenia efektywnego. Wartość współczynnika filtracji każdej próbki pomierzono przy dwóch różnych naprężeniach efektywnych, jednak nie zaobserwowano, aby stan naprężenia znacząco wpływał na przewodność hydrauliczną badanej mieszaniny.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdziły, że dodatek biopolimeru do gruntu niespoistego powoduje wyraźne zmniejszenie jego przewodności hydraulicznej. Zastosowanie gumy ksantanowej do tworzenia nieprzepuszczalnych barier wokół składowisk odpadów, w wałach przeciwpowodziowych czy też wykopach fundamentowych wykonywanych w gruntach niespoistych może okazać się możliwe [5]. Zastosowanie gumy ksantanowej oraz innych biopolimerów pochodzenia mikrobiologicznego jako biodegradowalnych ulepszeń gruntu wymaga bardziej szczegółowego rozpoznania ich właściwości chemicznych, wytrzymałościowych, odkształceniowych oraz filtracyjnych przy uwzględnieniu licznych czynników środowiskowych, takich jak: cykliczne nawadnianie i przesuszanie, zmiany temperatur, itp. Należy również określić sposób aplikacji biopolimeru do gruntu w naturalnych warunkach. Przeprowadzone badania stanowią pozytywną przesłankę do dalszego rozpoznania biopolimerów jako ulepszeń stosowanych w inżynierii geotechnicznej.

LITERATURA

1. Li Y., Yang I. C.-Y., Lee K.-I., Yen T. F.: Subsurface application of *Alcaligenes eutrophus* for plugging of porous media. Premuzic, E. T., Woodhead, A., *Microbial Enhanced Oil Recovery - Recent Advances*. Amsterdam, 1993, 65-77.
2. Li Y., Yang I.C.-Y., Lee K.-I., Yen T. F.: In situ biological encapsulation: biopolymer shields. Hinchee, R. E., Anderson, D. B., Metting Jr., F. B., Saylor, G. D. *Applied Biotechnology for Site Remediation*. Boca Raton, FL, 1994, 275-286.
3. Lipiński M., Koda E., Wdowska M. K.: Laboratory assessment of permeability of a groundwater protective barrier. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW*, 2007.
4. Martin G. R., Yen T. F., and Karimi S.: Application of biopolymer technology in silty soil matrices to form impervious barriers. *Proceeding of 7th Australia-New Zealand Geomechanics Conference*, Adelaide, Australia, 1996.
5. Skutnik Z., Bajda M.: Ocena jakości przesłony przeciwfiltracyjnej wykonanej w technologii DSM za pomocą sondowań geotechnicznych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 2008, R. 17, z. 4, 153-162.
6. Stewart T. L., Fogler H. S.: Biomass plug development and propagation in porous media. *Biotechnology and Bioengineering*, February 5, 353-363, 2001.
7. Wiszniewski M., Skutnik Z., Cabalar A. F.: Laboratory assessment of permeability of sand and biopolymer mixtures. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW*, 2013.