

WPLYW WARUNKÓW TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWYCH NA WYTRZYMAŁOŚĆ ZAWIESIN TWARDNIEJĄCYCH STOSOWANYCH DO BUDOWY PRZEGRÓD PRZECIWFILTRACYJNYCH METODĄ WIBRACYJNĄ W WAŁACH PRZECIWPOWODZIOWYCH

Joanna RYCHARSKA, Magdalena BORYS

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Inżynierii Wodnej i Melioracji

Słowa kluczowe: metoda wibracyjna, przegrody przeciwfiltracyjne, wały przeciwpowodziowe, wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe, warunki termiczno-wilgotnościowe, zawiesziny twarde

Streszczenie

W artykule omówiono wyniki: laboratoryjnych badań podstawowych parametrów pięciu zawieszin twardniejących, wykonanych według różnych receptur, najczęściej stosowanych do budowy przegród przeciwfiltracyjnych metodą wibracyjną, laboratoryjnych badań wpływu różnych warunków termiczno-wilgotnościowych na wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe wybranej zawiesziny twardniejącej, używanej w ww. metodzie, terenowo-laboratoryjnych badań stanu przegrody przeciwfiltracyjnej, wykonanej metodą wibracyjną, eksploatowanej przez 4 lata.

Stwierdzono, że materiał powstały po stwardnieniu zawiesziny twardniejącej i mieszaniny zawiesziny twardniejącej z piaskiem ulega z czasem destrukcji pod wpływem zmian temperatury (przemarzania), czego następstwem jest zmniejszenie jego wytrzymałości na ściskanie. Najbardziej zmniejszyła się wytrzymałość próbek cyklicznie zamrażanych w temperaturze -20°C i odmrażanych w wodzie w temperaturze pokojowej.

Ten sam efekt zaobserwowano w przegrodach przeciwfiltracyjnych wykonanych w wałach przeciwpowodziowych po 4 latach eksploatacji.

Adres do korespondencji: dr inż. J. Rycharska, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Inżynierii Wodnej i Melioracji, al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31 w. 229, e-mail: j.rycharska@itep.edu.pl

WSTĘP

W przypadku budowli ziemnych stale lub okresowo piętrzących wodę oraz ich podłoża często występuje konieczność uszczelnienia w celu ograniczenia przepływu wody i zapewnienia bezpieczeństwa tych budowli. W ostatnich latach, w ramach modernizacji wałów przeciwpowodziowych bardzo często wykonuje się pionowe przegrody przeciwfiltracyjne z tzw. zawieszin twardniejących. Według normy europejskiej, dotyczącej wykonawstwa ścian szczelinowych [PN-EN 1538:2000], zawieszina twardniejąca to materiał, który twardnieje z upływem czasu, zawierający cement lub inne spoiwo, oraz dodatkowe materiały, jak: il (bentonit), granulowany żużel wielkopiecowy, popioły lotne (PFA), wypełniacze i domieszki.

Jedną z częściej stosowanych metod wykonywania przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin twardniejących w wałach przeciwpowodziowych jest metoda wibracyjna [BORYS, 2006; 2008]. W tej metodzie rodzimy grunt rozpycha się wibratorem w kształcie teownika lub skrzydełka, a na jego miejsce włącza się zawieszinę, która po stwardnieniu tworzy ciekłą przegrodę filtracyjną. Grubość przegrody w dużym stopniu zależy od rodzaju gruntu w miejscu jej wykonywania i może wynosić od kilku do 30 cm. Jej głębokość jest warunkowana możliwościami sprzętowymi i może dochodzić do 15 m.

Jednym z podstawowych parametrów, decydujących o bezpieczeństwie przegród przeciwfiltracyjnych, branych pod uwagę zarówno w trakcie obliczeń projektowych, jak i w ocenie stanu już wykonanych budowli, jest wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe. Świadczy ona głównie o parametrach mechanicznych, ale w pewnym stopniu również o właściwościach filtracyjnych materiału, a tym samym o jego przydatności do wykonania ww. przegród.

Dane dotyczące wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe materiału przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin twardniejących są niezwykle istotne, gdyż – jak wynika z nielicznych informacji zawartych w literaturze – omawiane przegrody z czasem ulegają uszkodzeniom [KLEDYŃSKI, 1989]. Prawdopodobnie przebieg procesu destrukcji zależy m.in. od występowania określonych warunków termiczno-wilgotnościowych. Warunki te są różne w poszczególnych częściach korpusu i podłoża wałów przeciwpowodziowych. Ze względu na ich zróżnicowanie można wyróżnić następujące strefy:

- stałego nasycenia wodą (poniżej położenia zwierciadła wody gruntowej w warunkach niskiego stanu);
- zmiennej wilgotności – od stanu suchego do mokrego (np. w części korpusu ulegającej nawilgotnieniu jedynie w okresie spiętrzenia wody);
- stałej małej wilgotności i okresowego silnego przesychnienia (w górnej strefie korpusu, w której nie następuje nawilgotnienie gruntu nawet w czasie okresowego spiętrzenia wody, a uwilgotnienie zależy jedynie od ilości opadów atmosferycznych);

- okresowego przemarzania, przy czym przemarzaniu może ulegać grunt o różnej wilgotności, w skrajnych przypadkach – nasycony wodą lub znajdujący się w stanie suchym.

METODY BADAŃ

Zakres badań obejmował:

- laboratoryjne badania podstawowych parametrów pięciu zawieszin twardniejących, wykonanych według różnych receptur, najczęściej stosowanych do budowy przegród przeciwfiltracyjnych metodą wibracyjną;
- laboratoryjne badania wpływu różnych warunków termiczno-wilgotnościowych na wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe wybranej zawiesziny twardniejącej, używanej w ww. metodzie;
- terenowo-laboratoryjne badania stanu przegrody przeciwfiltracyjnej, wykonanej metodą wibracyjną, eksploatowanej przez 4 lata.

Laboratoryjne badania podstawowych parametrów zawieszin twardniejących, stosowanych do budowy przegród przeciwfiltracyjnych metodą wibracyjną. Suche składniki do sporządzenia zawieszin ważono za pomocą wagi laboratoryjnej o dokładności 2,0 g. Mieszanie składników odbywało się mechanicznie z prędkością ok. 1 200 obr.·min⁻¹ przez 20 minut.

Badano zawiesziny w stanie ciekłym oraz zawiesziny po 28 dniach twardnienia. Zawiesziny w stanie ciekłym przebadano (zgodnie z zaleceniami zawartymi w normie PN-EN 1538:2002, odnoszącymi się do przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin) pod kątem takich parametrów, jak: gęstość objętościowa (metoda wagowa), lepkość umowna (lejek Marsha), odstój dobowy, czas wiązania (aparata Vica-ta). Kolejnym badaniom poddano próbki (sześciiany o bokach 15 cm zgodnie z PN-EN 12390-1:2002), przechowywane przez 14 dób w powietrzu w szczelnych pojemnikach, a następnie przez 14 dób pod wodą, w temperaturze +18°C. Po 28 dobach oznaczono ich wytrzymałość w aparacie jednoosiowego ściskania z prędkością statycznego nacisku na próbki 1 MPa·s⁻¹ [PN-EN 12390-3:2002]. Wszystkie badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Laboratoryjne badania wpływu warunków termiczno-wilgotnościowych na wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek wybranej zawiesziny twardniejącej. Do badań wybrano reprezentatywną zawieszinę W1, sporządzoną z bentonitu sodowego (1% obj.), cementu (2% obj.), popiołu lotnego (29% obj.), mielonego żużla wielkopieczowego (25% obj.) i wody (43% obj.). Charakteryzowała się ona m.in. zadowalającą lepkością umowną, stosunkowo krótkim czasem wiązania, wystarczającą wytrzymałością na ściskanie jednoosiowe po 28 dobach twardnienia, a zarazem miała aktualną aprobatę techniczną i była w ostatnich latach powszechnie stosowana do budowy przegród przeciwfiltracyjnych.

Badano wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek, które po 28 dobach twardnienia poddano:

- cyklicznemu zamrażaniu i odmrażaniu pod wodą lub w powietrzu,
- stałemu przechowywaniu pod wodą lub w powietrzu,
- cyklicznym zmianom wilgotności – przechowywaniu naprzemiennie pod wodą i w powietrzu.

Cykliczne zamrażanie i odmrażanie. Czas wystarczający do pełnego zamrożenia (1 doba) i odmrożenia (1 doba) próbek o danej masie został określony na podstawie wskazań czujnika temperatury umieszczonego wewnątrz nich. Pojedynczy cykl badawczy polegał na zamrażaniu próbek przez 1 dobę w temperaturze $-20\pm 5^{\circ}\text{C}$, a następnie odmrażaniu przez kolejną dobę. Próbki odmrażano w warunkach całkowitego zanurzenia ich w wodzie, w temperaturze ok. $+18^{\circ}\text{C}$, bądź w powietrzu, w temperaturze $+20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Po kolejnych cyklach zamrażania i odmrażania badano wytrzymałość na ściskanie. Pomiary prowadzono do chwili rozpadu próbek.

Stałe suszenie. Cykl badawczy polegał na pozostawieniu próbek na 2 doby w powietrzu w temperaturze $+20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Wytrzymałość na ściskanie badano po upływie: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 i 210 dób.

Stałe nasycanie wodą. Badanie polegało na pozostawieniu próbek na określony czas w pełnym zanurzeniu pod wodą w temperaturze $+18^{\circ}\text{C}$. Wytrzymałość na ściskanie mierzono po upływie: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 i 210 dób.

Naprzemiennie nasycanie wodą i suszenie. Próbki zawieszin i mieszaniny przetrzymywano w pojemnikach z wodą (ze zwierciadłem wody utrzymującym się co najmniej 2 cm ponad powierzchnią próbek) przez 1 dobę. Po upływie tego czasu wyjmowano je z wody i przez kolejną dobę suszono w powietrzu w temperaturze $+20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Po: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 i 210 dobach cyklicznego nasycania próbek wodą i suszenia badano wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe.

Terenowo-laboratoryjne badania stanu przegrody przeciwfiltracyjnej z zawiesiny twardniejącej w wale przeciwpowodziowym po kilkuletnim okresie eksploatacji. Do badań została wytypowana przegroda przeciwfiltracyjna, wykonana w 2003 r. metodą wibracyjną w korpusie i podłożu (z namulów organicznych i torfów) obwałowania Kanału Wieprz-Krzna. Do budowy przegrody użyto zawiesiny twardniejącej, sporządzonej według receptury zbliżonej do receptury laboratoryjnie badanej zawiesiny W1.

Przy ścianach przegrody wykonano dwie odkrywki głębokości 1,5–2,0 m korparką podsiębierną o pojemności łyżki ok. $1,0\text{ m}^3$. Po odsłonięciu przegrody i jej ręcznym oczyszczeniu wizualnie oceniono jej stan, a następnie wycięto z niej, z głębokości 1,0–1,5 m, po kilka (6–8) próbek o nienaruszonej strukturze (NNS), o średnicy 0,10 m i wysokości 0,30 m. W laboratorium oznaczono ich wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe.

WYNIKI BADAŃ

PARAMETRY ZAWIESIN TWARDNIEJĄCYCH STOSOWANYCH DO BUDOWY PRZEGRÓD PRZECIWFILTRACYJNYCH METODĄ WIBRACYJNĄ

Przeprowadzone rozpoznanie wykazało, że w praktyce krajowej do budowy przegród przeciwnfiltracyjnych w wałach przeciwpowodziowych metodą wibracyjną najczęściej stosuje się zawiesiny twardniejące cementowo-bentonitowo-wodne z wypełniaczami w postaci popiołu lotnego, mielonego żużla wielkopieczowego lub mączki wapiennej. Na podstawie analizy wyników badań podstawowych właściwości pięciu wybranych zawiesin stwierdzono, że charakteryzują się one: gęstością objętościową – od 1,45 do 1,50 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, lepkością umowną – od 39 do 49 s, początkiem czasu wiązania – od 48 do 240 h, końcem czasu wiązania – od 71 do 290 h, odstożem dobowym – od 2,3 do 8,0% oraz wytrzymałością na ściskanie jednoosiowe po 28 dniach twardnienia – od 0,31 do 2,40 MPa.

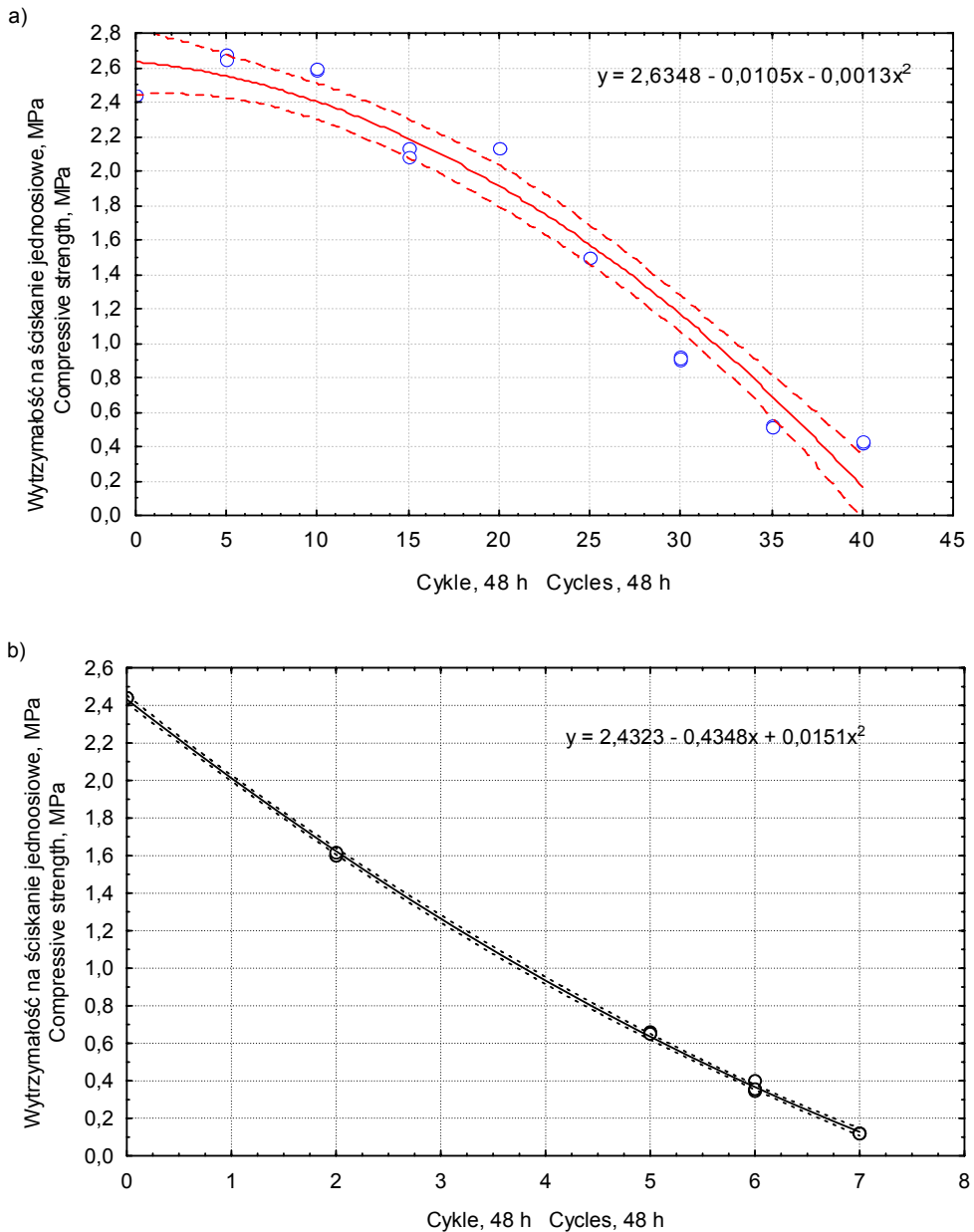
WPŁYW WARUNKÓW TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWYCH NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE JEDNOOSIOWE PRÓBEK ZAWIESINY TWARDNIEJĄCEJ W1

Wpływ cyklicznego zamrażania i odmrażania. Tendencja zmian wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe po kolejnych cyklach była wyraźnie spadkowa, przy czym warunki, w jakich próbki ulegały odmrażaniu, miały bardzo wyraźny wpływ na osiągnięte wartości tej wytrzymałości.

Wytrzymałość w cyklu „0” wynosiła ok. 2,4 MPa. Wytrzymałość próbek odmrażanych w powietrzu utrzymywała się na podobnym poziomie do 10. cyklu, a następnie zaczęła się zmniejszać, by po 25. cyklu osiągnąć 1,5 MPa, a po 40. cyklu – ok. 0,4 MPa (rys. 1).

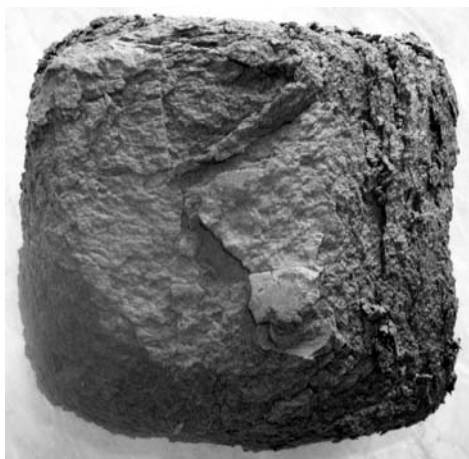
Wytrzymałość próbek, które odmrażano w warunkach pełnego nasycenia wodą, zaczęła zdecydowanie zmniejszać się już od 1. cyklu badawczego. Po 5. cyklu wynosiła ona ok. 0,7 MPa, po 6. – 0,4 MPa, a po 7. – ok. 0,1 MPa (rys. 1). Po 5 cyklach na próbkach zawiesiny pojawiły się liczne pęknięcia i złuszczenia (fot. 1), a po 7. cyklu próbki zaczęły ulegać całkowitemu rozpadowi, podczas gdy wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek cyklicznie zamrażanych i odmrażanych w powietrzu przez ten sam okres (do 7 cykli) stale utrzymywała się na podobnym (początkowym) poziomie.

Wpływ stałego suszenia. Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek do 40. doby stałego wysychania zwiększała się, osiągając wartość ok. 3,1 MPa. Po tym okresie zaczęła się zmniejszać – po 210 dobach wynosiła ok. 1,7 MPa (czyli o 28% mniej w porównaniu z wartością początkową, wynoszącą ok. 2,4 MPa) – rysunek 2.



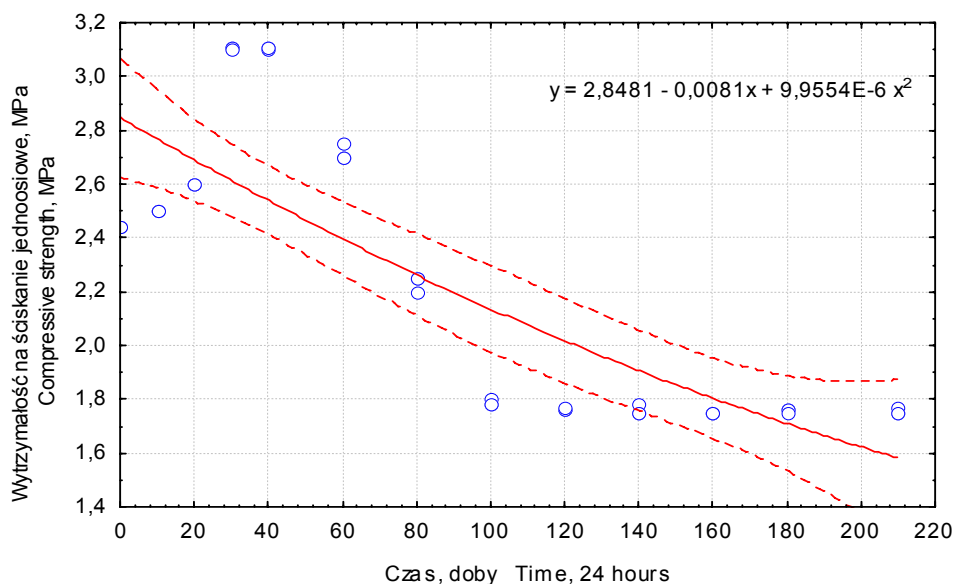
Rys. 1. Zależność wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe próbek zawiesiny W1 od liczby cykli zamrażania i odmrażania: a) w powietrzu; b) w warunkach pełnego nasycenia wodą [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Fig. 1. The dependence of the compressive strength of samples of self-hardening slurry W1 on the number of freezing and defrosting cycles in: a) air, b) at full water saturation [BORYS, RYCHARSKA, 2008]



Fot. 1. Pęknięcia i złuszczenia na powierzchni próbek zawiesiny W1 po 5 cyklach zamrażania i odmrażania w warunkach pełnego nasycenia wodą (fot. J. Rycharska)

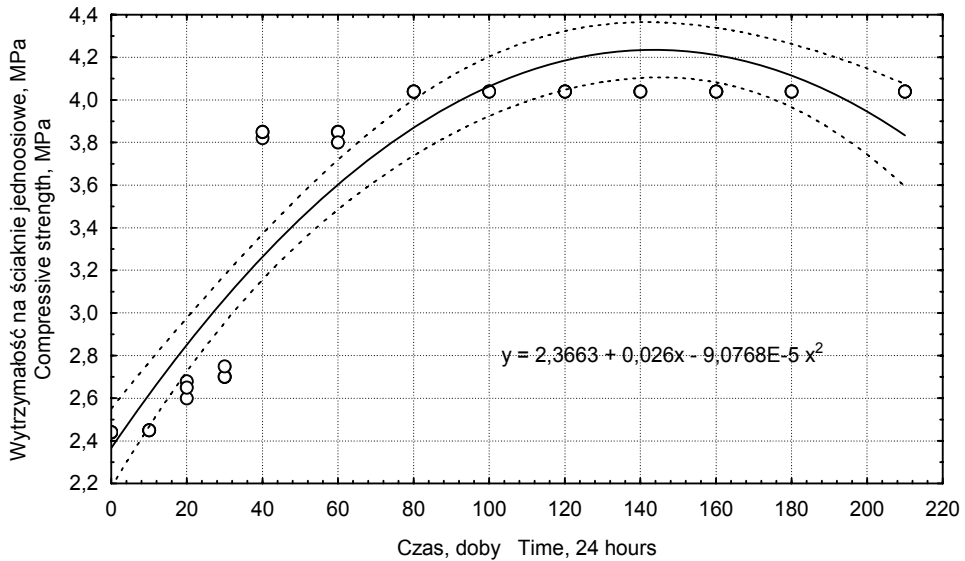
Photo 1. Cracks and peelings on the surface of samples W1 after 5 cycles of freezing and defrosting at full water saturation (phot. J. Rycharska)



Rys. 2. Zależność wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe próbek zawiesiny W1 od czasu stałego suszenia [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

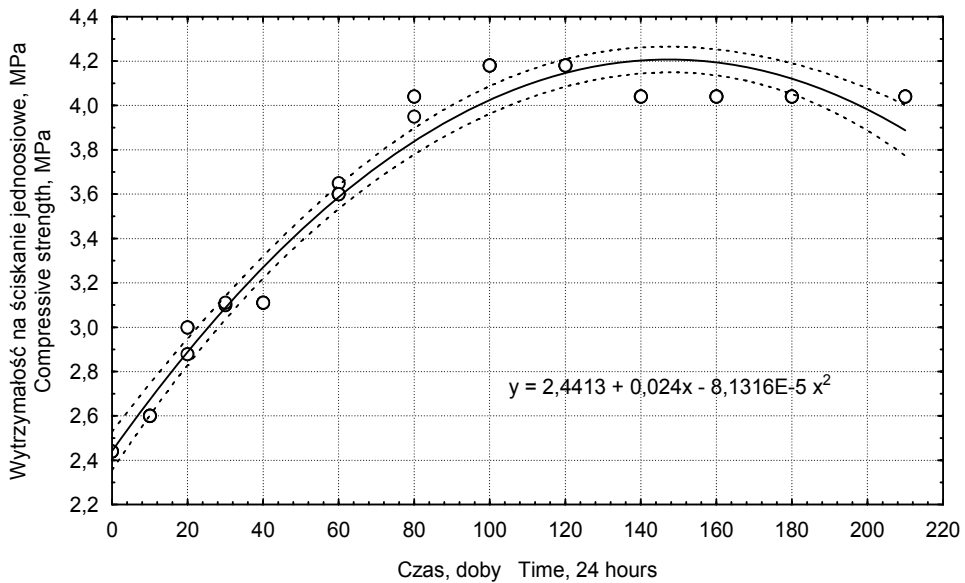
Fig. 2. The dependence of the compressive strength of samples of self-hardening slurry W1 on the time of fixed desiccation [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Wpływ stałego nasycenia wodą. Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe przez cały okres przechowywania w warunkach nasycenia wodą wykazywała tendencję rosnącą. Wytrzymałość początkowa (w cyklu „0”) wynosiła ok. 2,4 MPa. Do 80. doby zwiększała się, osiągając wartość ok. 4,0 MPa, utrzymywaną do 210. doby badań (rys. 3).



Rys. 3. Zależność wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe próbek zawiesiny W1 od czasu stałego nasycania jej wodą [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Fig. 3. The dependence of the compressive strength of samples of self-hardening slurry W1 on the time of fixed water saturation [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

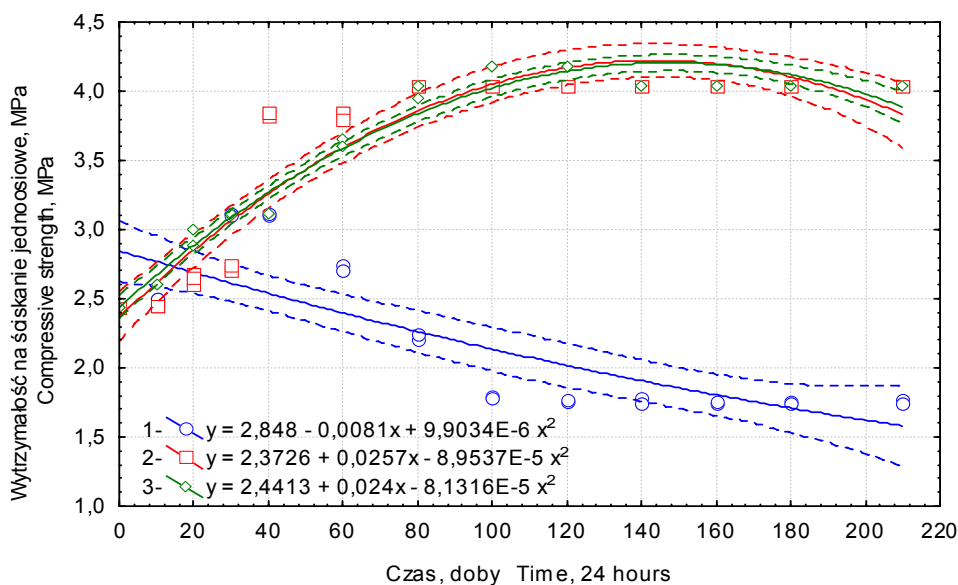


Rys. 4. Zależność wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe próbek zawiesiny W1 od liczby dni naprzemiennego nasycania wodą i suszenia [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Fig. 4. The dependence of the compressive strength of samples of self-hardening slurry W1 on the number of days of alternate water saturation and desiccation [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Wpływ naprzemiennego nasycania wodą i suszenia. Do 120. doby wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe naprzemiennie nasycanych wodą i suszonych próbek stwardniałej zawiesiny wykazywała wyraźne tendencje wzrostowe. Później zaczęła nieznacznie się zmniejszać, a po 210 dobach osiągnęła wartość ok. 4,0 MPa, czyli o nieco ponad 65% większą w porównaniu z wytrzymałością początkową (rys. 4).

Porównanie zmian wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe próbek stwardniałej zawiesiny w różnych warunkach termiczno-wilgotnościowych. Największą wytrzymałość osiągnęły próbki przechowywane w warunkach stałego nasycania wodą (rys. 5). Od 100. do 120. doby utrzymywała się ona na poziomie ok. 4,2 MPa, a po 210 dniach zmniejszyła się do ok. 4,0 MPa. Podobną wytrzymałością w kolejnych dobach badania charakteryzowały się próbki naprzemiennie nasycane wodą i suszone. Wyraźne zmniejszenie wytrzymałości (o 28%) wystąpiło w próbkach poddanych stałemu wysychaniu, a największe – w cyklicznie zamrażanych i odmrażanych, szczególnie przechowywanych podczas odmrażania w warunkach pełnego nasycenia wodą (po 7 cyklach uległy one rozpadowi).



Rys. 5. Zależność wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe zawiesiny W1 od czasu: 1 – stałego suszenia, 2 – naprzemiennego nasycania wodą i suszenia, 3 – stałego nasycania wodą [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

Fig. 5. The dependence of the compressive strength of samples of self-hardening slurry W1 on the time of: 1 – fixed desiccation, 2 – alternate water saturation and desiccation, 3 – fixed water saturation [BORYS, RYCHARSKA, 2008]

STAN PRZEGRODY PRZECIWFILTRACYJNEJ Z ZAWIESINY TWARDNIEJĄCEJ W WALE PRZECIWPOWODZIOWYM PO KILKULETNIM OKRESIE EKSPLOATACJI

Analiza archiwalnej dokumentacji [Dokumentacja..., 2003; Kontrola..., 2003] wykazała, że wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek pobranych w trakcie wykonywania przegrody przeciwfiltracyjnej w korpusie i podłożu obwałowania Kanału Wieprz-Krzna zawierała się w granicach od 0,67 do 0,98 MPa. Po 28 dobach od wybudowania przegrody stwierdzono, że jej materiał nie stwardniał na tyle, aby możliwe było pobranie próbek do badań laboratoryjnych [Ocena..., 2003]. Wytrzymałość próbek materiału pobranego z przegrody po 2 miesiącach twardnienia wynosiła od 0,23 do 1,18 MPa, przy czym wartość 0,23 MPa zanotowano w przekroju, w którym nadal nie nastąpiło stwardnienie zawiesiny.

Oceniając wizualnie stan przegrody w obydwu odkrywkach po 4 latach eksploatacji, stwierdzono że w górnej warstwie (miąższości 0,10–0,30 m) uległa ona rozpadowi na agregaty o wymiarach 1–20 mm (fot. 2 – zniszczona część przegrody ma jaśniejszą barwę). Przykrycie przegrody od korony grobli wynosi tylko 0,30–0,40 m, a zatem zmiany strukturalne i rozpad były prawdopodobnie skutkiem przemarzania, nawilgacania i wysychania.

Nie było możliwości pobierania próbek o strukturze NNS z opisanej zdegradowanej wierzchniej warstwy. Niższa część przegrody miała stosunkowo jednolitą i zwięzłą strukturę. Zaobserwowano w niej bryłki namulów, pochodzących z grobli, o wymiarach kilku–kilkunastu centymetrów. Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe próbek pobranych z tej strefy przegrody zawierała się w granicach 0,28–0,33 MPa, a więc była mniejsza od wartości stwierdzonych w 2003 r. (tab. 1).

Tabela 1. Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe (MPa) próbek pobranych z przegrody przeciwfiltracyjnej w obwałowaniu Kanału Wieprz-Krzna

Table 1. The compression strength (MPa) of samples taken from anti-filtration in the Wieprz-Krzna flood embankment

Wartość Value	Wytrzymałość próbek pobranych z przegrody: Compression strength of samples taken from walls:		
	w trakcie wykonawstwa when made	po 2 miesiącach after 2 months	po 4 latach after 4 months
Maksymalna Maximum	0,98	1,18	0,33
Minimalna Minimum	0,67	0,23 ¹⁾	0,28
Średnia Mean	0,83	0,71	0,31

¹⁾ Materiał w przegrodzie nie w pełni związany.

¹⁾ Material in the wall not fully hardened.



Fot. 2. Widok przegrody przeciwfiltracyjnej w obwałowaniu Kanału Wieprz-Krzna po 4 latach eksploatacji (fot. *M. Borys*)

Photo 2. A view of the anti-filtration barrier in the Wieprz-Krzna flood embankment after 4 years of exploitation (phot. *M. Borys*)

PODSUMOWANIE

Podsumowując wyniki badań laboratoryjnych, można przyjąć, że najbardziej niekorzystny wpływ na wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe zawieszin twerdniejących, stosowanych do budowy przegród przeciwfiltracyjnych w wałach przeciwpowodziowych metodą wibracyjną, ma cykliczne zamrażanie i odmrażanie, szczególnie w warunkach pełnego nasycenia wodą. W sytuacji utrzymywania takich warunków termiczno-wilgotnościowych dosyć szybko (po kilkunastu dobach) dochodziło do rozpadu próbek reprezentatywnej zawiesiny W1.

Wyraźne zmniejszenie się wytrzymałości nastąpiło również w przypadku próbek poddanych stałemu suszeniu.

Nie stwierdzono ujemnego wpływu stałego pełnego nasycenia wodą, a także cyklicznego nasycania wodą i wysychania na trwałość zawiesiny. W takich warunkach jej wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe zwiększała się od momentu stwardnienia przez okres ok. 80–100 dób, po czym utrzymywała osiągniętą wartość do końca okresu badawczego, czyli do 210 dób.

Jak wykazały badania próbek pobranych z przegrody przeciwfiltracyjnej w obwałowaniu Kanału Wieprz-Krzna, charakteryzowały się one największą wytrzymałością na ściskanie jednoosiowe bezpośrednio po wybudowaniu przegrody i jej stwardnieniu. Po kilku latach eksploatacji wytrzymałość ta wyraźnie zmalała (nawet o 60%). Zmiany wytrzymałości materiału zachodzą w różnym tempie i zakresie w poszczególnych częściach przegrody. W dużym stopniu zależą one od panujących w nich warunków termiczno-wilgotnościowych. W niektórych przypadkach może dojść do częściowego rozpadu materiału przegrody. Po 4 latach eksploatacji przegrody w ograbowaniu Kanału Wieprz-Krzna stwierdzono, że jej górna warstwa, miąższości do 30 cm, uległa rozpadowi na agregaty różnej wielkości. Prawdopodobnie zmiany struktury materiału były spowodowane głównie pośred-

nim oddziaływaniem przemarzania, które doprowadziło do istotnego zmniejszenia się jego wytrzymałości na ściskanie.

Ze względu na niekorzystne oddziaływanie mrozu na przegrodę w rozwiązaniach projektowych powinno uwzględnić się przykrycie warstwą gruntu odpowiedniej grubości, wynoszącej od 1,0 do 1,2 m. W okresie przymrozków lub dużego nasłonecznienia świeżo wykonaną przegrodę z zawiesziny powinno się niezwłocznie zabezpieczać poprzez jej przykrycie np. matami ze słomy, a następnie jak najszybciej warstwą gruntu.

Wyniki badań, prowadzonych na obwałowaniach Kanału Wieprz-Krzna, potwierdziły, że w przypadku wykonawstwa cementowo-bentonitowych przegród przeciwfiltracyjnych w utworach organicznych zmniejszają się wartości ich parametrów wytrzymałościowych i następuje spowolnienie procesu twardnienia pod wpływem chemicznego oddziaływania tych utworów [BORYS, RYCHARSKA, 2008].

LITERATURA

- BORYS M., 2006. Metody modernizacji obwałowań przeciwpowodziowych z zastosowaniem nowych technik i technologii. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 126.
- BORYS M., 2008. Wytyczne wykonawstwa pionowych przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin twardniejących w korpusach i podłożu wałów przeciwpowodziowych. Materiały Instruktażowe. Procedury 125/9. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 20.
- BORYS M., RYCHARSKA J., 2008. Wpływ przemarzania i zmian wilgotności na przegrody przeciwfiltracyjne z zawieszin twardniejących w wałach przeciwpowodziowych. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 72.
- Dokumentacja powykonawcza wykonania cienkościennej przesłony cementowo-bentonitowej w technologii WIPS. Remont Kanału Wieprz-Krzna w km 0+000÷8+860 odc. Oleśniki-Łopiennik Dln.-Borowica, 2003. Ożarów Mazowiecki: Keller Polska Sp. z o.o., maszyn.
- KLEDYŃSKI Z., 1989. Wykorzystanie statystycznego planowania doświadczeń w poszukiwaniu mrozo odpornej zawiesziny twardniejącej. Gospodarka Wodna nr 9 s. 181–184.
- Kontrola jakości robót związanych z wykonaniem przesłony bentonitowo-cementowej na zadaniu „Remont Kanału Wieprz-Krzna w km 0+000÷8+850”, 2003. Warszawa: BBPW AQUA-GEO maszyn.
- Ocena jakości wykonania pionowych cienkich przesłon przeciwfiltracyjnych z mieszanin cementowo-bentonitowych w wałach przeciwpowodziowych na wybranych obiektach wykonana w oparciu o badania terenowe i laboratoryjne, 2003. Falenty: IMUZ maszyn.
- PN-EN 1538:2002 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe.
- PN-EN 1239-1:2002 Badania betonu. Cz. 1. Kształt, wymiar i inne wymagania dotyczące próbek do badania form.
- PN-EN 12390-3:2002 Badania betonu. Cz. 3. Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania.

Joanna RYCHARSKA, Magdalena BORYS

**THE EFFECT OF MOISTURE AND TEMPERATURE CONDITIONS
ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF SELF-HARDENING SLURRIES
USED TO CONSTRUCT ANTI-FILTRATION BARRIERS
BY THE VIBRATORY METHOD IN FLOOD EMBANKMENTS**

Key words: compressive strength, flood embankments, self-hardening slurries, slurry walls, temperature and moisture conditions, vibratory method

S u m m a r y

The paper presents results of laboratory analyses of basic parameters of 5 self-hardening slurries used for making anti-filtration walls by vibratory method, of laboratory tests of the effect of various thermal and moisture conditions on the compressive strength of one such slurry, and of a field study of an anti-filtration wall made with this method and exploited for 4 years.

Results of laboratory tests showed that self-hardening slurry mixed with sand and subjected to freezing underwent deformation and destruction, which resulted in decreased strength of slurry walls material. The highest strength reduction was observed after freezing at -20°C and defrosting in full water-saturated conditions at room temperature. After a few cycles many fissures and cracks were observed and the samples totally lost their previous structure.

The same effects were observed in anti-filtration barriers in flood embankments after four year of exploitation. The changes of compressive strength in particular parts of anti-filtration barriers occurred at different rate and depended on moisture and temperature conditions.

Recenzenci:

prof. dr hab. Stanisław Pisarczyk

dr hab. Eugeniusz Zawisza, prof. UR

Praca wpłynęła do Redakcji 21.10.2009 r.