

OCENA STANU OBWAŁOWAŃ PRZECIWPOWODZIOWYCH WYKONANYCH Z NAMUŁÓW ORGANICZNYCH NA PRZYKŁADZIE ŻUŁAW ELBLĄSKICH

Magdalena BORYS, Joanna RYCHARSKA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Inżynierii Wodno-Melioracyjnej

Słowa kluczowe: filtracja, grunt organiczny, obwałowania przeciwpowodziowe, stateczność, wilgotność, wskaźnik zagęszczenia, wytrzymałość na ścinanie, zawartość części organicznych

Streszczenie

Obwałowania przeciwpowodziowe w Polsce na wielokilometrowych odcinkach są zbudowane z miejscowych gruntów organicznych, w tym bardzo często z namułów. Sytuacja taka ma miejsce między innymi na Żuławach Wiślanych, gdzie – ze względu na miejscowe warunki – do budowy obwałowań chroniących tereny depresyjne od wieków stosowano grunty organiczne. Tylko w basenie jeziora Druzno na Żuławach Elbląskich znajduje się około 160 km obwałowań z gruntów organicznych, głównie namułów, wykonanych przed rokiem 1939 i później częściowo zmodernizowanych.

W 2002 r. badaniami geotechnicznymi objęto pięć, różniących się czasem eksploatacji, odcinków obwałowań przeciwpowodziowych położonych w basenie Jeziora Druzno, w tym obwałowania jeziora Druzno na polderach Nowe Dolno i Dzierzgonka oraz obwałowania rzeki Fiszewka. Jednym z odcinków był odcinek doświadczalny wykonany w latach 80. XX w. pod nadzorem naukowym IMUZ i SGGW.

Cechą charakterystyczną obwałowań zbudowanych z gruntów organicznych jest duże zróżnicowanie ich cech fizycznych: zawartości części organicznych, wilgotności, wytrzymałości na ścinanie oraz wskaźnika zagęszczenia. Ich postępujące osiadanie, nierównomierne na długości nasypu, jest związane z posadowieniem na bardzo głębokich złożach różnego typu gruntów organicznych: namułów, gytii i torfów.

W artykule przedstawiono analizę stanu technicznego i bezpieczeństwa obwałowań wykonanych z namułów organicznych na wybranych, przykładowych odcinkach. Ocenę przeprowadzono na podstawie wyników szczegółowych badań geotechnicznych, obliczeń stateczności i filtracji.

Adres do korespondencji: doc. dr hab. M. Borys, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Inżynierii Wodno-Melioracyjnej, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31 w. 232, e-mail: m.borys@imuz.edu.pl

WSTĘP

Większość obwałowań przeciwpowodziowych w Polsce to obwałowania stare, eksploatowane od wielu dziesięcioleci. Dawniej prawie wszystkie obwałowania budowano z gruntów miejscowych pobranych z wierzchnich warstw. Najczęściej były to grunty pochodzenia aluwialnego, często zawierające części organiczne, a nawet grunty typowo organiczne, takie jak namuły organiczne, gytie bądź torfy.

Jednym z rejonów Polski, gdzie – ze względu na miejscowe warunki – do budowy obwałowań od wieków stosowano grunty organiczne, są Żuławy. Tylko w basenie Jeziora Druzno znajduje się około 160 km obwałowań z gruntów organicznych, głównie namulów. Zostały one zbudowane przed rokiem 1939, a w okresie powojennym były częściowo modernizowane.

Wyniki badań wykonanych na przykładowych odcinkach takich obwałowań, specyficznych ze względu na zastosowanie do ich budowy gruntów organicznych, są przedmiotem prezentowanego artykułu.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBWAŁOWAŃ

Badaniami objęto pięć, różniących się czasem eksploatacji, odcinków obwałowań przeciwpowodziowych, położonych w basenie jeziora Druzno na Żuławach Elbląskich, w tym (tab. 1, rys. 1):

- południowe obwałowania jeziora Druzno na polderze Nowe Dolno (odcinki 1., 2., 3.);
- obwałowania rzeki Fiszewka na wysokości Gronowa (odcinek 4.);
- południowy wał czołowy jeziora Druzno na polderze Dzierzgonka (odcinek 5.).

Odcinek 1. jest odcinkiem doświadczalnym długości 60 m, wybudowanym pod nadzorem IMUZ i SGGW pod koniec lat osiemdziesiątych. Jest on zbudowany z namułu organicznego i na połowie długości posadowiony na geowłókninie, a na połowie – bezpośrednio na naturalnym podłożu organicznym.

Pozostałe badane odcinki obwałowań wybudowano przed rokiem 1939. Odcinki 2., 3. i 5. były objęte pracami modernizacyjnymi pod koniec lat 90. i w latach 2000–2002 (tab. 1), natomiast odcinek 4. nigdy nie był modernizowany.

Odcinek 4. jest w dużym stopniu zniszczony. W czasie występowania wysokich stanów wód powierzchniowych obserwowano lokalne przelewanie się wody przez koronę oraz przesieki przez korpus wału. Również na zmodernizowanym odcinku 5., podczas długotrwałych wezbrań wód w rzece i jeziorze Druzno (np. w styczniu 2002 r.) występowały liczne przecieki przez korpus wału. Dotyczy to fragmentów niezabezpieczonych dotychczas, w ramach prac modernizacyjnych, ścianką szczelną (tab. 1).



Rys. 1. Położenie badanych odcinków obwałowań

Fig. 1. Location of characteristic embankment sections

Wymienione obwałowania chronią gospodarstwa rolne, grunty orne oraz łąki przed zalewaniami wód powierzchniowych. Szacuje się, że obwałowania jeziora Drużno chronią obszar o powierzchni około 906 ha, obwałowania Fiszewki – ok. 9 000 ha, a wał czołowy jeziora Drużno w obrębie polderu Dzierżgonka – ok. 1 800 ha.

METODY BADAŃ

W ramach badań terenowych wykonano:

- pomiary geodezyjne, tj. niwelację osi korony wału, przekrojów poprzecznych jego korpusu i terenu przyległego;
- badania geotechniczne, których celem było określenie rodzaju i stanu gruntu wbudowanego w korpus wału oraz gruntu rodzimego w jego podłożu i bezpośrednim sąsiedztwie.

W wyznaczonych przekrojach geotechnicznych wykonano po 3 otwory wiertnicze: w koronie wału, od strony międzywala i od strony zawala. W korpusie obwałowania wykonano badania wytrzymałości na ścinanie obrotową sondą krzyżakową oraz określono współczynnik filtracji metodą infiltrometru pierścieniowego.

Z odwiertów pobrano próbki gruntu, w których w warunkach laboratoryjnych określono: wilgotność naturalną, zawartość części organicznych, zawartość węglanów wapnia, skład granulometryczny oraz gęstość objętościową szkieletu gruntowego. Określono także wskaźnik zagęszczenia na podstawie maksymalnej gęstości objętościowej uzyskanej z badań metodą Proctora.

W celu sprawdzenia możliwości utraty stateczności obwałowań w wyniku osunięcia się gruntu wzdłuż cylindrycznej powierzchni poślizgu, wykonano obliczenia numeryczne, stosując program oparty na uproszczonej metodzie Bishopa.

Podczas badań terenowych wykonano ogólny opis obwałowań, zinwentaryzowano miejsca występowania lokalnych przesięków oraz sporządzono dokumentację fotograficzną.

WYMIARY KORPUSÓW BADANYCH OBWAŁOWAŃ

Szerokości i rzędne korony oraz nachylenia skarp wszystkich przebadanych odcinków obwałowań są bardzo zróżnicowane (tab. 2). Obwałowania te nie spełniają wymagań stawianych piętrzącym budowiom ziemnym w zakresie dopuszczalnych odchyień wymiarów korpusu [Roboty ..., 1994; Wały ..., 1982]. W tym jednak specyficznym przypadku, odchylenia nachylenia skarp, szczególnie skarpy odwodnej w kierunku jej łagodniejszego nachylenia, są korzystne dla stateczności tych nasypów i zwiększają możliwości ograniczania uszkodzeń wywołanych falowaniem wody w jeziorze Druzno.

Tabela 2. Cechy morfometryczne badanych obwałowań

Table 2. The morphometric features of studied embankments

Odcinek Section	Szerokość korony wału Crest's width m	Wysokość ponad teren od strony Elevation above the ground from m		Nachylenie skarpy od strony Slope inclination from 1 : n	
		międzywałą riverside	zawalą opposite	międzywałą riverside	zawalą opposite
		1.	2,5–2,7	0,84–1,10	2,44–2,87
2.	2,5–3,3	0,79–0,93	1,96–2,63	1:3,6–1:5,6	1:2,4–1:2,6
3.	3,0–3,4	0,93–1,97	1,96–2,13	1:2,4	1:2,4
4.	2,5–2,8	0,84–1,01	1,04–1,34	1:2,0–1:4,8	1:2,8–1:3,2
5.	2,6–3,0	1,11–1,32	1,42–1,54	1:1,9–1:2,7	1:1,7–1:2,6

W czasie budowy odcinka 1. i modernizacji odcinków 2. i 3., przed ponad 10 laty, projektowano koronę tych obwałowań na rzędnej 6,70 m. Przeprowadzona w 2002 r. niwelacja wykazała, że osiadanie korony w stosunku do rzędnej projektowanej wyniosło w tym czasie, na tych odcinkach, od 0,06 m do 0,20 m.

Nie zauważono znaczącego wpływu geowłókniny, zastosowanej na fragmencie doświadczalnego odcinka 1. na styku nasypu z podłożem, na osiadanie rzędnej korony tego nasypu (rys. 2). Obserwowane nieco większe, w stosunku do sąsiednich (rzędu 0,02–0,09 m), osiadanie w przekroju 3. należy raczej wiązać z istnieje-

niem w podłożu nasypu w tym przekroju słabszej warstwy w postaci gytii z namułem organicznym o miąższości ponad 1 m.

PARAMETRY GEOTECHNICZNE GRUNTÓW W PODŁOŻU I W KORPUSACH OBWAŁOWAŃ

PODŁOŻE OBWAŁOWAŃ

Podłoże obwałowań przeciwpowodziowych na Żuławach Elbląskich jest zbudowane z miejscowych gruntów pobranych z warstw wierzchnich. Grunty te są utworami holoceniowymi sedymentacji bagienno-aluwialnej, reprezentowanymi głównie przez namuły organiczne oraz gytie z lokalnymi soczewkami torfów [GARBULEWSKI, 1992].

Skład granulometryczny namułów jest zbliżony do składu granulometrycznego pyłów piaszczystych, piasków gliniastych, glin i glin pylastych. Zawartość części organicznych jest duża – od 3 do 30%, zawartość CaCO_3 wynosi 1–5%, a wilgotność – od 17 do 65%.

Gytie mają skład granulometryczny właściwy dla pyłów piaszczystych, glin i glin pylastych. Zawartość części organicznych wynosi w nich od 6 do 30%, zawartość CaCO_3 – od 1 do powyżej 5%, a wilgotność – od 23 do 156%.

Zawartość części organicznych w torfach wynosi od 46 do 69%, CaCO_3 – poniżej 1%, a wilgotność – od 150 do 700%.

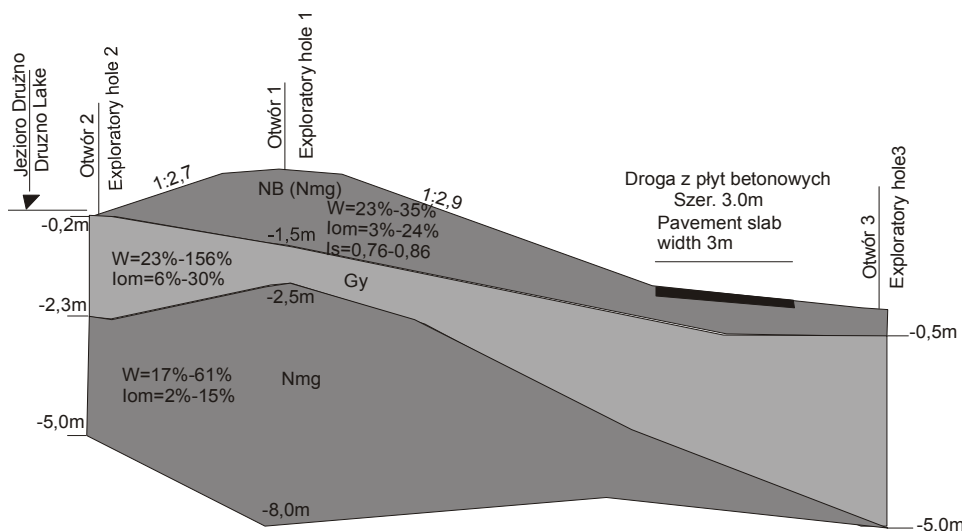
Bezpośrednio pod gruntami organicznymi zalegają piaski, najczęściej drobnoziarniste.

OBWAŁOWANIA JEZIORA DRUŻNO

Korpusy badanych obwałowań przeciwpowodziowych jeziora Drużno (odcinki 1., 2., 3. i 5.) są zbudowane głównie z namułów organicznych, a w głębszych warstwach – z gytii (rys. 3, 4).

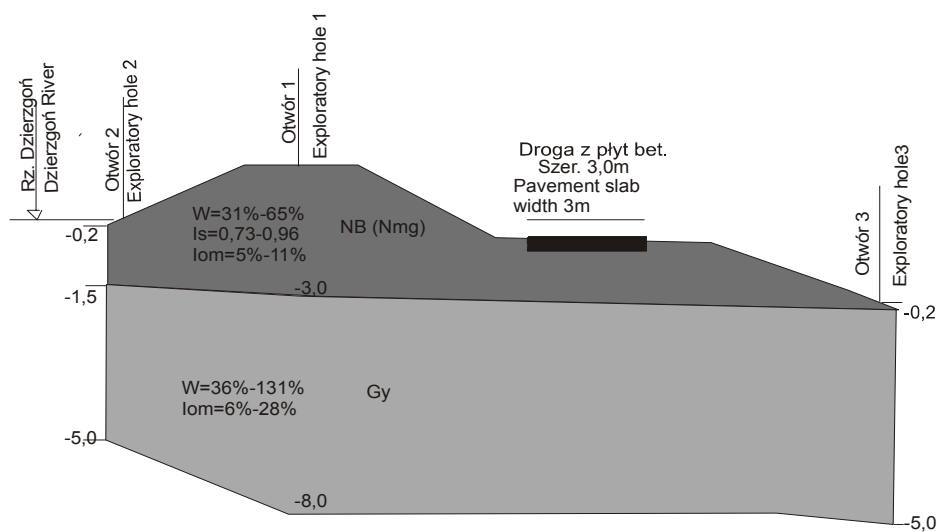
Namuły organiczne pod względem składu granulometrycznego odpowiadają pyłom piaszczystym, glinom pylastym i piaskom pylastym. Zawartość części organicznych wynosi w nich od 3 do 24%, a wilgotność od 12 do 65%. Wskaźnik zagęszczenia I_s na odcinkach 1., 2., 3. i 5. wynosi od 0,51 do 0,99, a jego wartość średnia $I_{s\bar{s}}$ – 0,75. Maksymalna wytrzymałość na ścinanie, pomierzona połową sondą krzyżkową, wynosi od 43 do 90 kPa, a wytrzymałość resztkowa – od 26 do 35 kPa.

Zawartość części organicznych w gytiach występujących w dolnej części korpusów wynosi 6–30%, wilgotność – 23–156%, a zawartość węglanu wapnia jest większa niż 1%.



Rys. 3. Przykładowy przekrój poprzeczny wału jeziora Druzno (km 0+050), obiekt 1.; W – wilgotność, I_{om} – zawartość części organicznych, I_s – wskaźnik zagęszczenia, NB – nasyp budowlany, Gy – gytja, Nmg – namuł gliniasty

Fig. 3. Characteristic lateral cross-section of Lake Druzno embankment (km 0+050), section 1; W – moisture content, I_{om} – organic matter content, I_s – degree of compaction, NB – embankment, Gy – gyttja, Nmg – clayey aggregate mud

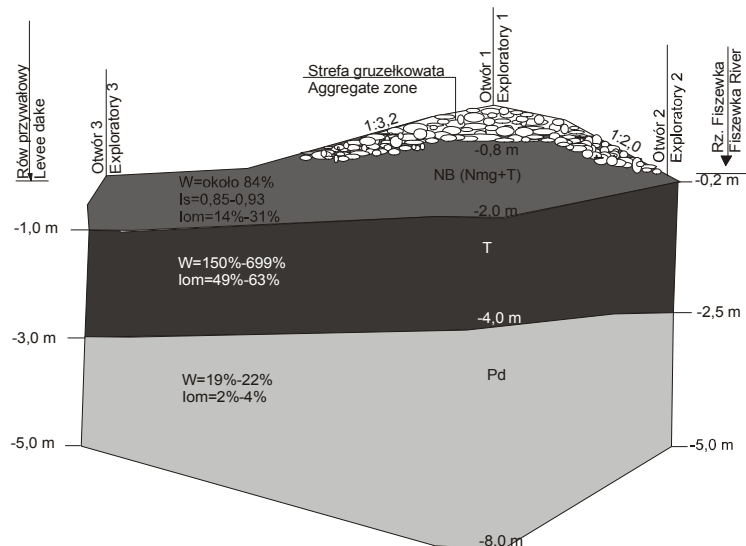


Rys. 4. Przykładowy przekrój poprzeczny wału jeziora Druzno, polder Dzierzgonka (km 0+800), obiekt 5., objaśnienia jak na rysunku 3

Fig. 4. Characteristic lateral cross-section of Lake Druzno embankment, Dzierzgonka Polder (km 0+800), section 5, explanations as in fig. 3.

OBWAŁOWANIA RZEKI FISZEWKA

Korpus obwałowania rzeki Fiszewka (odcinek 4.) jest zbudowany głównie z namulów organicznych, namulów z wkładkami torfowymi oraz murszu torfowego (rys. 5).



Rys. 5. Przykładowy przekrój poprzeczny wału rzeki Fiszewka (km 0+100), obiekt 4.; Pd – piasek drobny, T – torf, pozostałe objaśnienia jak na rys. 3

Fig. 5. Characteristic lateral cross-section of the Fiszewka River embankment (0+100 km), section 4; Pd – fine sand, T – peat, other explanations as in fig. 3

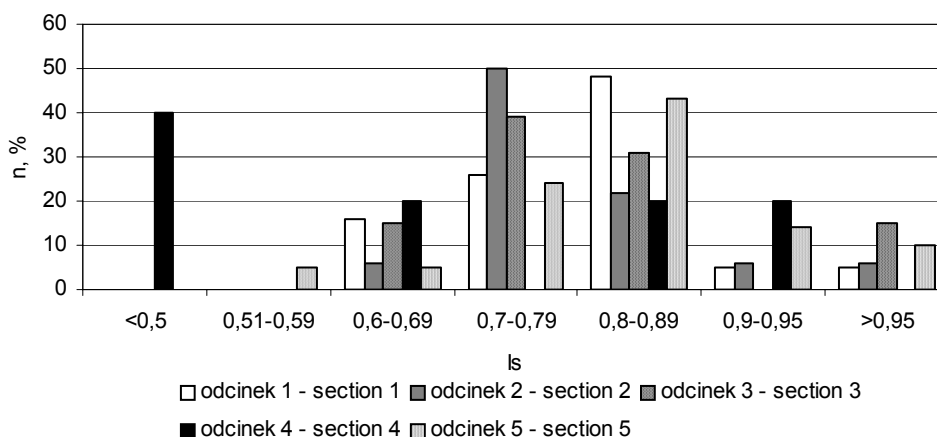
Namuly organiczne pod względem składu granulometrycznego odpowiadają pyłom piaszczystym. Zawartość części organicznych w namulach wynosi od 14 do 31%, zawartość CaCO_3 – od 1 do 3%, wilgotność – od 58 do 84%. Wskaźnik zagęszczenia I_s wynosi od 0,85 do 0,93, a I_{ss} – 0,88. Maksymalna wytrzymałość na ścinanie omawianych utworów wynosi od 34 do 94 kPa, a wytrzymałość resztkowa od 20 do 46 kPa.

Zawartość części organicznych w namulach z wkładkami torfów wynosi 16–20%, a zawartość CaCO_3 – 13%. Wilgotność zmienia się od 103 do 120%. Wskaźnik zagęszczenia tych utworów oszacowano na około 0,63. Maksymalna wytrzymałość namulów na ścinanie wynosi 34 kPa, a wytrzymałość resztkowa – 23 kPa.

Zawartość części organicznych w murszach torfowych w korpusie omawianych obwałowań wynosi od 25 do 27%, a zawartość CaCO_3 – od 1 do 3%. Wilgotność zmienia się od 125 do 143%. Wskaźnik zagęszczenia I_s w korpusach wynosi od

0,41 do 0,49, a I_{s5} – 0,45. Maksymalna wytrzymałość murszu torfowego na ścinanie w korpusie obwałowania wynosi 53 kPa, a wytrzymałość resztkowa 28 kPa.

Porównując wartości wskaźnika zagęszczenia na poszczególnych obiektach (rys. 6), można stwierdzić, że wskaźnik zagęszczenia I_s w korpusach wałów modernizowanych przed około 10 laty metodą udarową w osi wału (odcinki 2. i 3.) i wału wybudowanego w tym samym okresie od podstaw (odcinek 1.), mieści się w granicach 0,62–0,99, przy czym większość wyników (ponad 70%) wynosi od 0,7 do 0,89. W przypadku wału modernizowanego przed około rokiem, bez stosowania metody udarowej (odcinek 5.), notowane są wartości $I_s = 0,51$ –0,59. Natomiast w przypadku bardzo starego, niemodernizowanego obwałowania (odcinek 4.) blisko 40% notowanych wyników $I_s < 0,5$, a wartości $I_s > 0,95$ w ogóle nie zanotowano.



Rys. 6. Histogram rozkładu wskaźników zagęszczenia I_s korpusów badanych obwałowań

Fig. 6. The distribution histogram of the compaction index I_s in analysed embankments

WARUNKI FILTRACYJNE

Określone w trakcie badań terenowych współczynniki filtracji w korpusach obwałowań wynoszą od 10^{-4} do 10^{-6} $m \cdot s^{-1}$ (tab. 3). Wynika z tego, że przepuszczalność gruntów w korpusach obwałowań jest porównywalna z przepuszczalnością piasków pylistych, piasków drobnych, a nawet piasków średnich. Namuły organiczne w złożach naturalnych są gruntami słabo przepuszczalnymi, o współczynnikach filtracji od 10^{-8} do 10^{-10} $m \cdot s^{-1}$ [BORYS i in., 2002]. Wynika z tego, że namuły organiczne wbudowane w korpusy obwałowań ulegają z czasem stopniowej degradacji, objawiającej się między innymi zwiększoną przepuszczalnością.

Tabela 3. Czas ustalania się natężenia przepływu filtracyjnego przez wał określony na podstawie terenowych badań współczynnika filtracji

Table 3. The time of stabilization of the filtration flow across the embankment, based on field tests

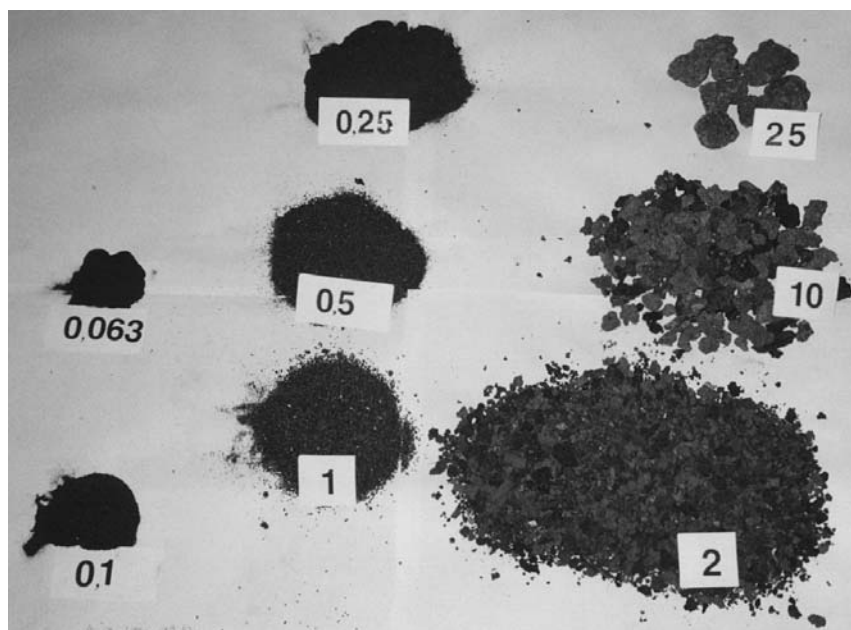
Odcinek Section	Współczynnik filtracji z badań The permeability coefficient from studies $m \cdot s^{-1}$		Czas ustabilizowania się natężenia przepływu, h Stabilization time of a rate of flow, h	
	w środku korony in the middle of embankment crest	na skarpie odpowietrznej on the airward slope	w środku korony in the middle of embankment crest	na skarpie odpowietrznej on the airward slope
1.	0,00015	0,0003	201,42	100,71
2.	0,00012	0,0001	304,7	364,6
3.	0,00006	0,0000012	471,0	235,8
4.	0,00004	0,00015	4,91	0,99
5.	0,000008	0,00006	236,27	31,5

Potwierdzają to obserwacje poczynione na odcinku 4. w wale Fiszewki (rys. 5), gdzie w koronie obwałowania wykonano odkrywkę. Stwierdzono występowanie w niej agregatów gruntu (zbryleń) o średnicy dochodzącej do 0,03 m (fot. 1, 2). Z krzywej uziarnienia (rys. 7) uzyskanej na podstawie analizy agregatowej tego gruntu wynika, że pod względem składu granulometrycznego można go porównać



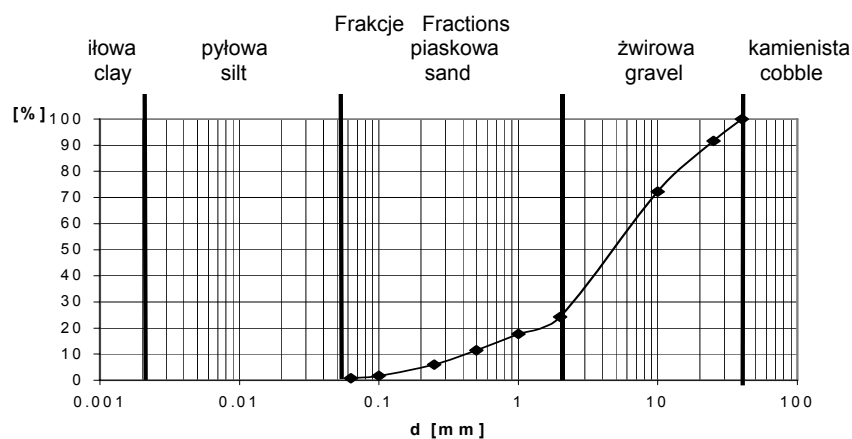
Fot. 1. Grunt zdegradowany (zbrylony) w wierzchniej warstwie obwałowania Fiszewki

Photo 1. Degraded soil in the upper layer of the Fiszewka River embankment



Fot. 2. Pozostałości na poszczególnych sitach po wykonaniu analizy agregatowej gruntu zdegradowanego (zbrylonego) z wierzchniej warstwy obwałowania rzeki Fiszewka

Photo 2. Soil particles retained on particular sieves after the analysis of organic degraded soil from the upper layer of the Fiszewka River embankment



Rys. 7. Krzywa uziarnienia zdegradowanego gruntu organicznego (zbryleń, agregatów) pobranego z wierzchniej warstwy korpusu obwałowania rzeki Fiszewka

Fig. 7. The grain-size curve of degraded organic soil sampled from the upper layer of the Fiszewka River embankment

ze zwiernem. Strefa tak zdegradowanego gruntu obejmuje wierzchnią warstwę korpusu nasypu do głębokości ok. 0,8 m poniżej korony, a więc prawie całą warstwę położoną powyżej poziomu ruchu zwierciadła wody gruntowej. Potwierdzają to również wcześniejsze badania [BORYS, 1993; MIODUSZEWSKI, 1990; OLCHAWA, 2003].

Na pozostałych obiektach, które były w ostatnich latach modernizowane, nie stwierdzono występowania tak mocno zdegradowanej warstwy gruntu.

W okresie występowania wysokich stanów wody (ostatnio na początku roku 2002), na odcinkach 4. i 5. obserwowano zjawiska filtracyjne w postaci przesieków.

Porównując parametry geotechniczne gruntu w korpusie nasypu w przekrojach, w których obserwowano przesieki z tymi, w których one nie występowały, stwierdzono wyraźnie słabsze zagęszczenie gruntu w miejscach przesieków.

Obliczono czas, po którym nastąpi ustalenie się natężenia przepływu filtracyjnego przez wał na badanych odcinkach (tab. 3). Czas ustalenia się filtracji na odcinkach 1., 2., 3., obliczony wg wzoru Erba [Wały ..., 1982], wynosi od około 100 do 470 h. Intensywna filtracja może tu zachodzić tylko w przypadku, gdy czas utrzymania się wezbrania będzie dłuższy niż obliczony. Na obiekcie Fiszewka (odcinek 4.) czas ustalania się filtracji, obliczony na podstawie parametrów wierzchniej, zdegradowanej warstwy wału, jest bardzo krótki – od 1 do 5 h. Świadczy to o zagrożeniu bezpieczeństwa tego obwałowania z powodu intensywnej filtracji podczas wezbrań. W przypadku odcinka 5. czas ustalania się filtracji obliczony na podstawie wartości współczynnika filtracji wyznaczonego na skarpie odpowietrznej wynosi około 31 h, co potwierdza obserwowane na tym odcinku występowanie przesieków w krótkim czasie po wystąpieniu wezbrania.

STATECZNOŚĆ

Współczynnik stateczności obliczono dla przykładowych przekrojów o najmniej korzystnych parametrach geometrycznych i geotechnicznych, tj. największej wysokości nad poziomem terenu, najbardziej stromych skarpach oraz najsłabszych gruntach. Wartości uzyskane we wszystkich wariantach obliczeniowych były dużo większe od dopuszczalnej minimalnej wartości wynoszącej 1,15.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki badań ilustrują stan obwałowań przeciwpowodziowych na Żuławach, zbudowanych najczęściej z miejscowych namulów organicznych z dodatkiem gytii bądź torfu. Cechą charakterystyczną tych obwałowań jest duże zróżnicowanie zawartości części organicznych, wilgotności, wytrzymałości na ścinanie oraz wskaź-

nika zagęszczenia. Niejednorodność gruntów w korpusach nasypów zwiększa znacznie pracochłonność badań, a także utrudnia ich interpretację.

Zagęszczenie nasypów zbudowanych z utworów organicznych jest na ogół niedostateczne i zmienne w przekroju. Mimo małych wartości parametrów wytrzymałościowych i zagęszczenia, warunki stateczności tych nasypów są zachowane, co jest związane z ich małą wysokością, łagodnym nachyleniem skarp oraz małym ciężarem objętościowym gruntów organicznych wbudowanych w korpus.

Zagrożenie bezpieczeństwa tego typu nasypów jest przeważnie związane z procesami filtracyjnymi zachodzącymi w ich korpusach. Grunty organiczne ulegają z czasem stopniowej degradacji, objawiającej się między innymi większą przepuszczalnością. W skrajnym przypadku proces degradacji może doprowadzić do przemiany strukturalnej gruntu, aż do postaci agregatów, odpowiadających pod względem uziarnienia żwirom, co stwierdzono w przypadku kilkudziesięcioletniego obwałowania rzeki Fiszewka.

Wydaje się, że sposób modernizacji tego typu obwałowań polegający na udarowym dogęszczaniu istniejącego korpusu, a następnie jego podwyższeniu i poszerzeniu jest właściwy. Na odcinkach obwałowań (odcinki 2. i 3.) zmodernizowanych tą metodą przed 10 laty nie obserwuje się niepokojących zjawisk filtracyjnych. Natomiast modernizacja obwałowania polegająca jedynie na podwyższeniu i poszerzeniu korpusu nie spełnia swojego zadania, co stwierdzono na odcinku badawczym 5., gdzie zaledwie po dwóch latach od modernizacji występowały przesieki przez korpus obwałowania.

Zjawiskiem charakterystycznym dla obwałowań z gruntów organicznych na Żuławach jest też ich postępujące, nierównomierne na długości nasypu, osiadanie. Jest to związane z posadowieniem na bardzo głębokich złożach zbudowanych z różnych typów gruntów organicznych, tj. namulów, gytii i torfów. W zależności od lokalnego układu poszczególnych warstw czy soczewek tych gruntów, proces osiadania korpusu obwałowania ma zróżnicowany przebieg. Dlatego też nasypy tego typu powinny podlegać częstym kontrolom polegającym na niwelacji korony, a obserwowane lokalne obniżenia powinny być uzupełniane w ramach bieżących prac konserwacyjnych, tak aby zapewnić bezpieczne, wymagane odpowiednimi przepisami, wzniesienie korony ponad poziomem wody.

LITERATURA

- BORYS M., 1993. Niskie nasypy z miejscowych gruntów organicznych dla potrzeb budownictwa wodno-melioracyjnego. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 158.
- BORYS M., JĘDRYKA E., FILIPOWICZ P., GENEROWICZ J., KAMIŃSKA A., KOSMULSKI J., KOWALSKI M., WOLSKI J., BARSZCZEWSKA I., 2002. Ocena stanu technicznego wybranych odcinków wałów przeciwpowodziowych na terenie Żuław Elbląskich w basenie Jeziora Druzno. Falenty: IMUZ maszyn. ss. 200.

- GARBULEWSKI K., 1992. Nasypy z namułu wzmocnionego geowłókniną. W: Krajowe doświadczenia wzmocnienia podłoża – Gdańsk 92. Materiały symp. Gdańsk 25–26 września 1992. Gdańsk: Wydaw. Politechnika Gdańska. s. 171–176.
- Wały przeciwpowodziowe. Wytyczne instruktażowe projektowania, 1982. Melior. Rol. nr 2–3 ss. 49.
- Roboty ziemne – warunki techniczne wykonania i odbioru. 1994. Warszawa: MOŚZNIŁ ss. 71.
- MIODUSZEWSKI W., 1990. Zasady oceny stanu technicznego, metod projektowania, modernizacji i technologii wykonania wałów przeciwpowodziowych na Żuławach. Falenty: IMUZ ss. 90.
- OLCHAWA A., 2003. Właściwości gruntowych kompozytów jako materiału do budowy obwałowań przeciwpowodziowych. Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. nauk. i monogr. nr 8 ss. 110.

Magdalena BORYS, Joanna RYCHARSKA

EVALUATION OF TECHNICAL STATE OF FLOOD EMBANKMENTS CONSTRUCTED FROM ORGANIC ALLUVIAL SOILS – ŻUŁAWY ELBLĄSKIE EXAMPLE

Key words: flood embankment, organic soil, organic matters contents, humidity, shear strength, consolidation index, stability, filtration

S u m m a r y

There are many kilometers of flood embankments constructed from organic soils in Poland. One of such specific regions is Żuławy Region at the Vistula River delta, where many kilometers of embankments were constructed from local organic sediments. Just in Druzno Lake Basin there are 160 km of embankments constructed from local organic formations. They are very old embankments constructed before 1939 and partly modernized later.

In 2002 the geotechnical research involved five objects: Lake Druzno on Nowe Dolno and Dzierzgonka Polders and the Fiszewka River embankments. One of them was an IMUZ and SGGW experimental section selected in 1980.

The characteristic features analysed in flood embankments constructed from organic soils were: organic matter content, humidity, shear strength and the stage of consolidation. The self-consolidation of embankments was connected mainly with organic formations: alluvial sediment, gyttia and peat.

The analysis of the technical state of such embankments is presented in the paper. The result of geotechnical investigations as well as safety analysis and seepage calculation are described.

Recenzenci:

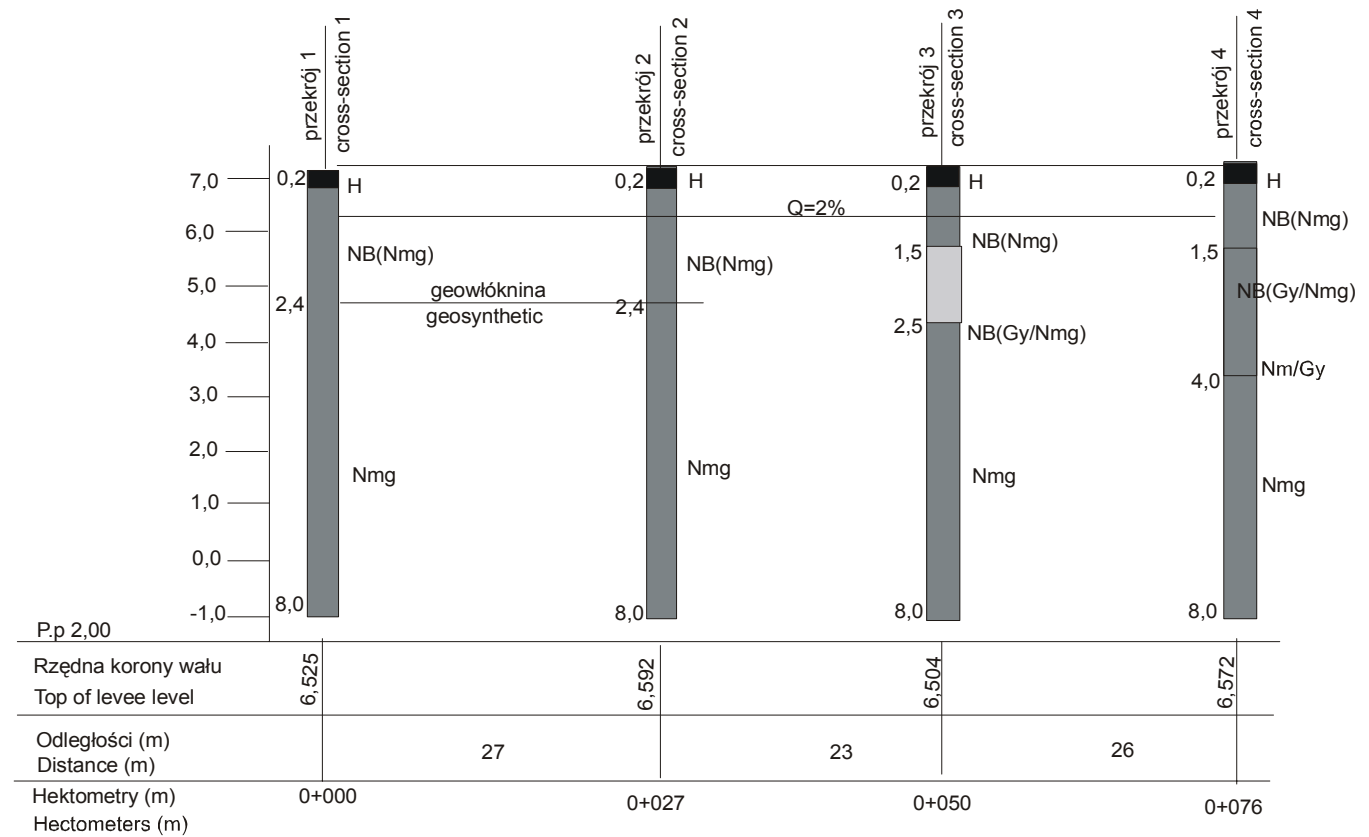
dr hab. inż. Zbigniew Lechowicz

prof. dr hab. Waldemar Mioduszeowski

Praca wpłynęła do Redakcji 06.01.2004 r.

Tabela 1. Wybrane ogólne dane badanych odcinków obwałowań**Table 1.** Selected characteristics of the studied embankment sections

Nr odcinka Section number	Położenie Location	Czas budowy Date of construction	Czas wykonania modernizacji Date of modernization	Rodzaj modernizacji Modernization type
1.	południowe obwałowania jeziora Druzno na polderze Nowe Dolno The southern Druzno Lake embankment, Nowe Dolno Polder	koniec lat 80. XX w. end of the 80's of the XX c.	–	–
2., 3.	jw. as above	przed 1939 r. before 1939	lata 90. XX w. i 2000–2002 the 90's of the XX c. and 2000–2002	– dogęszczenie gruntu w korpusie obwałowania metodą udarową compaction of soils (percussive method) – przebudowa korony wału (podwyższenie i poszerzenie) z zastosowaniem gruntów miejscowych embankment crown reconstruction with local grounds (elevation and widening)
4.	obwałowanie Fiszewki Fiszewka River embankment	przed 1939 r. before 1939	–	–
5.	wał czołowy jeziora Druzno na polderze Dzierzgonka Druzno Lake embankment, Dzierzgonka Polder	przed 1939 r. before 1939	rok 2001 the 2001 year	– podwyższenie wału z zastosowaniem miejscowych namulów i gytii elevation of the embankment with local alluvia and gyttja – wykonanie ekranu przeciwnieprzepuszczalnego construction of a watertight screen



Rys. 2. Profil podłużny wału jeziora Druzno, polder Nowe Dolno, odcinek 1.; Q – przepływ, H – warstwa humusowa, NB – nasyp budowlany, Nmg – namuł organiczny, Gy – gytia

Fig. 2. The longitudinal profile through Lake Druzno embankment, Nowe Dolno Polder, section 1; Q – flow, H – humus layer, NB – embankment, Nmg – organic aggregate mud, Gy – gyttja