

Maciej Hawrysz, Janusz Morył

Charakterystyka odkształcalności osadów Jeziora Turawskiego

Description of compressibility of the sediments from Turawskie Lake

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań ścisłości osadów Jeziora Turawskiego, ich skład granulometryczny, zawartość substancji organicznej i charakterystykę innych właściwości fizycznych. Badania były prowadzone w aspekcie oceny stanu ekologicznego tego zbiornika i jego ewentualnej rewitalizacji. Uzyskane wyniki pozwoliły wydzielić warstwy geotechniczne i parametry charakteryzujące ich właściwości fizyczne i mechaniczne.

Słowa kluczowe: badania gruntów, osady denne

Abstract: The paper presents the results of compression tests performed on the contemporary lake-bottom sediments from Turawskie Lake. The investigations were carried out in the frame of the wide-range project undertaken for purification of this lake. The results of the engineering geological investigations allow the classification of the sediments and the estimation of the parameters characterized some of their physical and mechanical properties.

Key words: soil investigations, lake-bottom sediments

Wstęp

Historia Jeziora Turawskiego sięga lat 30. ubiegłego wieku, bowiem piętrzenie wody w tym akwenie rozpoczęło w 1938 r. Planowany poziom piętrzenia został osiągnięty na początku 1948 r. po ukończeniu budowy obwałowań. Wówczas powierzchnia jeziora wynosiła 20,7 km², a pojemność około 110 mln m³. Główne funkcje zbiornika to retencja wód, ochrona przeciwpowodziowa, produkcja energii oraz rekreacja.

Równocześnie z rozpoczęciem funkcjonowania zbiornika postępował proces wypełniania misy jeziornej osadami nanoszonymi przede wszystkim przez główne

cieki zasilające zbiornik, tj. Małą Panew i Libawę, oraz w wyniku abrazji jego brzegów. W latach 80. zagadnienie to zostało szczegółowo przeanalizowane przez Teisseyre'a (1984). Od czasu badań Teisseyre'a upłynęło ponad 20 lat i w tej sytuacji ustalenie aktualnej kondycji Jeziora Turawskiego, a także możliwości jego rewitalizacji wymagało podjęcia specjalistycznych badań.

W ramach projektu badawczego pt. „Ocena stanu ekologicznego Jeziora Turawskiego w celu opracowania działań na rzecz jego naprawy” realizowanego przez Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego na zlecenie Pełnomocnika Rządu do Spraw „Programu dla Odry 2006” wykonano bardzo szeroki zakres prac badawczych uwzględniających zarówno sam zbiornik, jak i jego otoczenie. W ramach zrealizowanego programu prowadzono badania parametrów geotechnicznych współczesnych osadów dennych Jeziora Turawskiego. W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę ściśliwości młodych, współczesnych osadów jeziornych, które w znacznej części są gruntami organicznymi. Badania te miały na celu ustalenie danych do projektu wydobywania i składowania osadów dennych, który był rozważany jako jeden z wariantów rewitalizacji Jeziora Turawskiego.

Metodyka badań

Pobór próbek do badań laboratoryjnych

Osady akumulujące w Jeziorze Turawskim zostały rozpoznane otworami badawczymi wykonanymi ze specjalnie skonstruowanej, pływającej platformy badawczej wyposażonej w odpowiednią aparaturę i sprzęt do pobierania próbek o nienaruszonej strukturze i wilgotności spod lustra wody. Rozmieszczenie otworów badawczych przedstawiono na rycinie 1. Na potrzeby badań geologiczno-inżynierskich pobrano próbki osadów z 31 otworów, przeważnie z głębokości od zera do kilkunastu centymetrów. Jedynie w czterech otworach udało się pobrać próbki do głębokości około 1,5 m. Wielkość pobieranych próbek była ograniczona, co determinowało zakres wykonywanych badań. Zaledwie kilka próbek zostało pobranych w ilości umożliwiającej swobodne prowadzenie badań laboratoryjnych.

Badania parametrów identyfikacyjnych i klasyfikacyjnych

Dla wszystkich pobranych próbek osadów oznaczono skład granulometryczny metodą sitową lub pipetową, wilgotność naturalną w_n , gęstość objętościową ρ , zawartość substancji organicznej I_{om} metodą Tiurina (Grabowska-Olszewska, 1990; Myślińska, 2001). Ponadto dla większości próbek osadów spoistych określono granice konsystencji w_p i w_L , a na ich podstawie wartość wskaźnika plastyczności I_p (Myślińska, 2002). Umożliwiło to wykorzystanie nomogramu Casagrande'a do klasyfikacji gruntów drobnoziarnistych według ISO 2002.

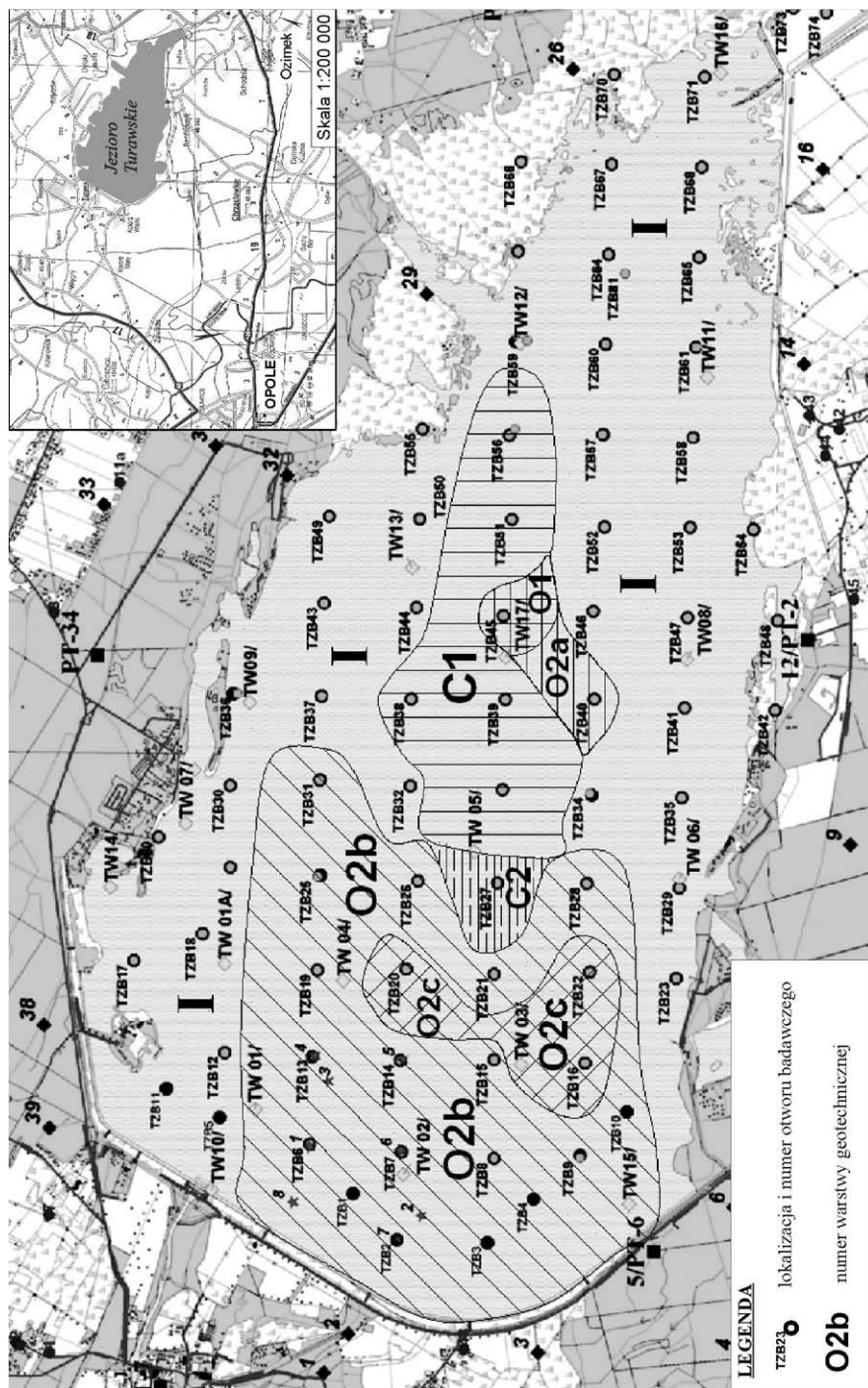
W wyniku przeprowadzonych badań identyfikacyjnych i klasyfikacyjnych określono wartości parametrów fizycznych wydzielonych warstw geotechnicznych. Do

Tabela 1. Parametry geotechniczne wydzielonych warstw na podstawie wyników badań identyfikacyjnych i klasyfikacyjnych
 Table 1. Geotechnical parameters of the soil layers distinguished on the basis of the results of the investigation tests

Profil stratygraficzno-litologiczny	Opis litologiczno-genetyczno-stratygraficzny	Nr warstwy geotech.	Symbol gruntu		Skład granulometryczny				Parametry fizyczne				
			wg PN	wg ISO	f _z %	f _p %	f _r %	f _i %	w _n %	ρ g/cm ³	w _L %	I _p	I _{om} %
współczesne osady mineralne	niespoiste piaski średnie drobne i pylaste	I	Ps, Pd, Pπ, Ps//Pπ	Sa	1	94	5	0	14,4	2,04	-	-	0
	mało spoiste piaski gliniaste, pyły, pyły piaszczyste	C1	Pg, π, π _p	c1Sa, saclSi, saSi	0	43	49	8	36,5	2,05	31	7	0,6
	średnio spoiste pył piaszczysty z wkładkami gliny pylastej związanej	C2	π _v //G _{pe}	c1Si	0	12	65	23	35,9	1,92	34	13	0
współczesne osady organiczne	namuły piaszczyste nisko organiczne (l-or) (piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły)	O1	Nmp (Pg, π _p , π, π/G)	saclsiOr, c1saOr, clsiOr	0	39	51	10	64,8	1,49	43	8	3,8
	namuły gliniaste - nisko organiczne (l-or) (gliny piaszczyste)	O2a	Nmg (Gp)	c1saOr	1	62	22	15	58,1	1,75	39	8	2,6
	- średnio organiczne (m-or) (pyły, gliny pylaste)	O2b	Nmg (π, G, G _{pe})	clsiOr, siOr	0	11	71	18	277,9	1,16	240	45	9,7
	- wysoko organiczne (h-or) (pyły, gliny pylasto-zwięzłe)	O2c	Nmg (π, G _{pe})	saclOr, siOr	0	15	70	15	288,7	1,19	233	53	22,7

Objaśnienia symboli klasyfikacyjnych według ISO 14688:2002:

grunty mineralne: Sa – piasek, saSi – pył piaszczysty, c1Sa – piasek gliniasty, clSi – pył gliniasty, saclSi – pył piaszczysto-gliniasty; grunty organiczne: siOr – organiczny pył, saclOr – organiczny il piaszczysty, c1saOr – organiczny piasek gliniasty, clsiOr – organiczny pył piaszczysty, saclsiOr – organiczny pył piaszczysto-gliniasty, l-or – grunt nisko organiczny I_{om} = 2–6%, m-or – grunt średnio organiczny I_{om} = 2–20%, h-or – grunt wysoko organiczny I_{om} > 20%



Ryc. 1. Szkic lokalizacji otworów badawczych i wydzielonych warstw geotechnicznych osadów dennych

Fig. 1. Sketch of localization of the test wells and the geotechnical layers distinguished in the lake-bottom sediments

wydzielenia warstw przyjęto kryteria dwu klasyfikacji, tj. klasyfikacji gruntów budowlanych według normy PN-86/B-02480 oraz wprowadzanej klasyfikacji według standardu ISO 2002 (International Standard ISO 2002).

W tabeli 1 przedstawiono warstwy geotechniczne wydzielone na podstawie uśrednionych wyników badań składu granulometrycznego oraz parametrów fizycznych. Występowanie wydzielonych warstw pokazano na rycinie 1.

Badania parametrów odkształcalności osadów

Pobrane z odwiertów próbki osadów Jeziora Turawskiego były w stanie płynnym. Jak wiadomo, grunty w tym stanie nie wykazują żadnej wytrzymałości strukturalnej i zachowują się jak ciecz lepka. Badania ściśliwości wymagały przeprowadzenia próbek w stan plastyczny. Uzyskanie tego stanu dla omawianych osadów uzyskano, odsączając grawitacyjnie wodę w temperaturze 20°C, przy wilgotności powietrza około 50% przez okres 7–9 tygodni, aż do przejścia materiału gruntowego z konsystencji płynnej do plastycznej.

Badania prowadzono dla 16 próbek, w klasycznych edometrach mechanicznych w zakresie ściśliwości pierwotnej do 200 kPa.

Sposób przygotowania próbek oraz zakres badań były związane z oceną możliwości składowania wydobytych z dna jeziora osadów na lądzie.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2, w której podano między innymi wartości edometrycznych modułów ściśliwości pierwotnej M_o w dwu zakresach, tj. $Ds' = 25\text{--}100$ kPa i $Ds' = 100\text{--}200$ kPa. Analiza wyników badań edometrycznych zwraca uwagę na fakt, iż wartości modułów edometrycznych w obu przyjętych zakresach obciążeń dla próbek zakwalifikowanych do warstw C1, C2, O1, O2a (osady mało i średnio spoiste mineralne i nisko organiczne) są zbliżone. W związku z tym, biorąc pod uwagę wyniki badań odkształcalności osadów Jeziora Turawskiego w aspekcie ich ewentualnego składowania na lądzie, można wydzielone na podstawie parametrów fizycznych warstwy geotechniczne zweryfikować do czterech o następujących, uśrednionych edometrycznych modułach ściśliwości:

- osady niespoiste (piaszczyste) – warstwa I
 - w zakresie $Ds' = 25\text{--}100$ kPa $M_o = 3,2$ MPa,
 - w zakresie $Ds' = 100\text{--}200$ kPa $M_o = 7,2$ MPa,
 - osady mało i średnio spoiste mineralne i nisko organiczne – warstwy C1, C2, O1, O2a
 - w zakresie $Ds' = 25\text{--}100$ kPa $M_o = 1,5$ MPa,
 - w zakresie $Ds' = 100\text{--}200$ kPa $M_o = 2,9$ MPa,
- osady spoiste średnio organiczne – warstwa O2b
 - w zakresie $Ds' = 25\text{--}100$ kPa $M_o = 0,4$ MPa,
 - w zakresie $Ds' = 100\text{--}200$ kPa $M_o = 0,6$ MPa,
- osady spoiste wysoko organiczne – warstwa O2c
 - w zakresie $Ds' = 25\text{--}100$ kPa $M_o = 0,7$ MPa,
 - w zakresie $Ds' = 100\text{--}200$ kPa $M_o = 1,1$ MPa.

Tabela 2. Zestawienie wyników badań edometrycznych modułów ścisłości
 Table 2. Statement of compression moduli obtained from the oedometric tests

Nr próby i przelot warstwy	Opis makroskopowy	Nr w-y	r_1	r_2	w_1	w_2	M_o 0,025–0,1 MPa	M_o 0,1–0,2 MPa	
			g/cm ³	g/cm ³	%	%	MPa	MPa	
TZB 6	0,00–0,60	Gлина пыласта звязла, жаснобрунатна, нwd	O2b	1,140	1,644	173,4	150,7	0,30	0,28
TZB 8	0,00–0,13	Gлина пыласта, szara, нwd	O2b	1,157	1,207	215,4	153,3	0,35	0,47
TZB 13	0,00–0,35	Gлина пыласта, brunatnoszara, нwd	O2b	1,185	1,311	151,4	128,6	0,47	0,67
TZB 16	0,00–0,08	Pył, глина пыласта, ciemnoszary-czarny, нwd	O2c	1,188	1,327	259,3	178,5	0,65	1,1
TZB 21	0,00–0,23	Gлина пыласта звязла, brunatno-szara, нwd	O2b	1,181	1,283	214,5	136,7	0,45	0,66
TZB 27	0,12–0,44	Pył piaszczysty, жаснобрунатny, нwd	C2	1,92	1,345	31,2	24,5	1,60	4,23
TZB 27	0,44–1,60	Piasek średni, jasnoszary, mokry	I	1,981	2,011	10,5	6,3	3,20	4,18
TZB 31	0,00–0,20	Gлина пыласта звязла, ciemnoszary, нwd	O2b	1,128	1,198	173,5	141,8	0,32	0,145
TZB 33	0,31–0,97	Pył, jasnozdawny, нwd	C1	2,031	2,110	17,1	22,4	1,32	2,56
TZB 34	0,00–0,10	Piasek drobny, szary, нwd	I	2,040	2,145	14,3	10,2	3,43	9,16
TZB 45	0,67–1,34	Gлина пiaszczysta, жаснобрунатnoszara, нwd	O2a	1,750	1,893	36,7	30,3	1,74	3,33
TZB 45	1,34–1,70	Gлина пыласта, ciemnoszara, нwd	O1	1,548	1,683	72,1	58,7	1,47	2,57
TZB 51	0,33–0,58	Pył, szarobrunatny, нwd	O2a	1,428	1,595	35,5	26,3	0,70	1,21
TZB 51	0,58–1,08	Piasek gliniasty, jasnoszarożółty, нwd	C1	2,071	2,165	31,4	25,5	2,27	3,58
TZB 57	0,00–0,22	Piasek średni, жаснобрунатny, нwd	I	2,054	2,121	13,1	8,6	2,88	10,1
TZB 59	0,00–0,38	Piasek drobny, жаснобрунатny	I	2,092	2,186	17,4	12,4	3,44	5,36

Objaśnienia: r_1 – gęstość objętościowa próbki przed badaniem, r_2 – gęstość objętościowa próbki po badaniu, w_1 – wilgotność próbki przed badaniem, w_2 – wilgotność próbki po badaniu, M_o 0,025–0,1 – wartość edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej w zakresie obciążeń $s' = 25$ –100 kPa, M_o 0,1–0,2 – wartość edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej w zakresie obciążeń $s' = 100$ –200 kPa

Podsumowanie

Badane grunty Jeziora Turawskiego są osadami bardzo młodymi, powstającymi w specyficznym reżimie zbiornika zaporowego. Można przyjąć, że są one w fazie powstawania – fazie sedymentogenezy. Osady te są całkowicie nieskonsolidowane,

brak w nich jakichkolwiek silniejszych wiązań strukturalnych. Przejawia się to między innymi bardzo niskimi wartościami gęstości objętościowej osadów spoiстых. Sporadyczne wysokie gęstości objętościowe w próbkach osadów niespoistych prawdopodobnie wynikają z obecności w nich domieszek metali ciężkich.

Duża ściśliwość osadów wynika z wysokiej wilgotności próbek przed badaniem oraz z zawartości znacznej ilości substancji organicznej. Trudno jest jednak ustalić jednoznaczne zależności korelacyjne pomiędzy poszczególnymi parametrami. Przyczyniają się do tego różne stosunki ilościowe pomiędzy fazą mineralną a substancją organiczną, różne wiązania pomiędzy tymi składnikami oraz zróżnicowany skład chemiczny i stopień mineralizacji wody porowej.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań geologiczno-inżynierskich osadów Jeziora Turawskiego w aspekcie ich wydobywania i składowania, należy zwrócić uwagę na ich wyraźne strefowe zróżnicowanie. Lokalizacja wydzielonych warstw geotechnicznych przedstawiona na rycinie 1 może służyć do opracowania planu selektywnego ich wydobywania. Jednocześnie wyniki badań wykazały, że wydobyty bezpośrednio z dna zbiornika osad musi być deponowany w odpowiednich silosach, umożliwiającym odsączanie wody. Dopiero po przejściu w stan plastyczny osadów te mogą być składowane na odkładach.

Literatura

- Teisseyre A.K., 1984. Osady denne Jeziora Turawskiego w świetle badań geologicznych. *Geologia Sudetica* XVIII, 1: 21–55.
- Grabowska-Olszewska B., 1990. *Metody badań gruntów spoiстых*. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Myślińska E., 2002. *Laboratoryjne badania gruntów*. PWN, Warszawa.
- Myślińska E., 2001. *Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania*. PWN, Warszawa.
- PN-86/B-02480. *Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów*.
- International Standard ISO 14688:2002. *Geotechnical investigation and testing. Identification and classification of soil*.

