

Ewa Wojnicka-Janowska

Charakterystyka geotechniczna węglanowych osadów jeziornych ze złoża „Szumiąca”

The geotechnical characteristic of lake carbonate sediments from “Szumiąca” deposit

Streszczenie: Gytia wapienna i kreda jeziorna są węglanowymi osadami jeziornymi. Tak jak inne grunty organiczne, charakteryzują się niekorzystnymi parametrami geotechnicznymi i zaliczane są do tzw. gruntów słabych. Kreda jeziorna i gytia wykazują duże zróżnicowanie właściwości fizyko-mechanicznych w zależności od rodzaju i zawartości części mineralnych i organicznych. W związku z dużą zmiennością rozpatrywanych gruntów uogólnienia są możliwe tylko dla wybranych rejonów ich występowania. Niniejszy artykuł przedstawia charakterystykę geotechniczną węglanowych osadów jeziornych pochodzących ze złoża „Szumiąca”.

Słowa kluczowe: kreda jeziorna, gytia, charakterystyka geotechniczna

Abstract: Gyttja and lake marl are lake carbonate sediments. Like other organic soils are characterized by disadvantageous geotechnical parameters are numbered to so called weak soils. Lake marl and gyttja show great physically mechanical differentiation according to the kind and content of mineral and organical elements. In connection with great variability of examined soils, generalizations are possible only for selected areas of their occurrence. The present article shows the geotechnical characteristic of carbonate sediments originated from “Szumiąca” deposit.

Key words: lake marl, gyttja, geotechnical characteristic

Wstęp

Gytia wapienna i kreda jeziorna są węglanowymi osadami jeziornymi powstałymi w wyniku zarastania zbiorników wodnych przy jednoczesnym rozkładzie i mineralizacji roślin oraz organizmów zwierzęcych znajdujących się w wodzie. Osady jeziorne, tak jak inne grunty organiczne, charakteryzują się niekorzystnymi parametrami geotechnicznymi i zaliczane są do tzw. gruntów słabych. Niska wytrzymałość

oraz duża ściśliwość węglanowych osadów jeziornych stwarzają cały szereg trudności na etapie badań, projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych. W związku z dużą zmiennością rozpatrywanych gruntów uogólnienia są możliwe tylko dla wybranych rejonów występowania gytii i kredy jeziornej.

Niniejszy artykuł przedstawia wstępną charakterystykę geotechniczną węglanowych osadów jeziornych pochodzących ze złoża „Szumiąca”.

Charakterystyka złoża „Szumiąca”

Obszar złoża znajduje się we wschodniej części Pojezierza Lubuskiego, pomiędzy miejscowościami Szumiąca i Gościkowo.

Złoże kredy jeziornej „Szumiąca” zalega w dolinie glacialnej, po obu stronach rzeki Paklicy (lewobrzeżnego dopływu Odry); z tego względu zostało ono podzielone na dwa pola: północne pole A oraz południowe pole B. Wzdłuż koryta rzeki Paklicy zalegają jakościowo najlepsze fragmenty złoża o największej miąższości kopaliny. Średnia miąższość złoża w polu A wynosi 3,3 m, a wartość maksymalna – 5,6 m, w polu B – 3,2 m, przy wartości maksymalnej – 5,4 m.

Występujące w rejonie złoża utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez osady akumulacji lodowcowej: gliny zwałowe, piaski i żwiry fluwioglacjalne oraz osady akumulacji wodnej: utwory rzeczne, jeziorne i bagienne. Nadkład złoża stanowi kilkudziesięciocentymetrowa warstwa gleby torfowej lub warstwa torfu o miąższości dochodzącej do 4,5 m (przy średniej grubości 1,2 m). W spągu złoża zalegają piaski drobne lub różnoziarniste szare albo ciemnoszare. Poziom wody gruntowej na obszarze złoża występuje na głębokości od 0,4 do 1,6 m poniżej powierzchni terenu.

Właściwości fizyczne i chemiczne węglanowych osadów jeziornych złoża „Szumiąca”

W analizie wykorzystano wyniki badań laboratoryjnych, uzyskane na próbkach gytii i kredy jeziornej pobranych ze złoża „Szumiąca”. W miejscu pobrania próbek osady węglanowe osiągały miąższość 3,8 m. Próbkę NNS pobrano z różnych głębokości, od 0,9 m do 3,5 m. Struktura pobranego gruntu była jednorodna; barwa kremowa, przechodząca na głębokości 2,3 m w jasnoszaro-zieloną. Poziom wody gruntowej w miejscu pobrania próbek znajdował się na głębokości 1,2 m p.p.t.

Wszystkie materiały opracowano statystycznie i zestawiono w tabelach 1–3. W ramach opracowania dla parametrów ustalono: rozstęp R (zakres zmienności badanego parametru), wartość średnią \bar{x} , odchylenie standardowe s oraz współczynnik zmienności v (zdefiniowany $v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$).

Skład granulometryczny

Skład granulometryczny określono metodą areometryczną wg Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego.

Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Biorąc pod uwagę klasyfikację, na podstawie składu ziarnowego wg normy PN-86/B-02480, grunty zalegające na głębokości 0,9–1,3 m to w przeważającej ilości glina pylasta zwięzła, a na głębokości 1,7–3,5 m – pył piaszczysty.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań składu ziarnowego

Table 1. Grain size analysis of soil

Fracje		
Iłowa < 0,002 mm [%]	R	4–26
	$\bar{x} \pm s$	20,2 ± 8,3
	v	42,6
Pylowa 0,002–0,05 mm [%]	R	47–69
	$\bar{x} \pm s$	57,8 ± 6,6
	v	11,5
Piaskowa 0,05–2,0 mm [%]	R	17–49
	$\bar{x} \pm s$	25,4 ± 13,8
	v	54,3

Zawartość części organicznych (I_{om})

Przy określeniu zawartości części organicznych wykorzystano dane literaturowe (Gołębiowski, 1976; Wyrwicki, 1988). Przyjęto temperaturę 400°C, w której prażono próbkę przez 6 godzin z powtórzeniami do uzyskania stałej masy.

Części organiczne w znacznym stopniu wpływają na parametry geotechniczne. Analiza wyników badań pozwoliła stwierdzić, że zawartość substancji organicznej wykazuje znaczne zróżnicowanie. Wartość I_{om} zmienia się w granicach od 0,54% do 2,12% przy wartości średniej 1.01% i wysokim współczynniku zmienności $v = 51,1\%$.

Popielność (Ac)

Popielność wg danych literaturowych (Maciak, Liwski, 1979) oznacza się jako procentową zawartość popiołu w próbce, tj. wynik spalania gruntu w wysokich temperaturach: 550–800°C. Popielność oznaczono w piecu muflowym przez prażenie w temperaturze 550°C do stałej masy próbek umieszczonych w tygielkach ceramicznych.

Popielność jest jednym z czynników pozwalających na klasyfikację węglanowych osadów jeziornych oraz wpływa na zmienność parametrów fizycznych i mechanicznych. Wyniki badań zestawiono w tabeli 2.

Średnia wartość popielności wynosi 98,44%, przy jej zmienności w zakresie od 97,31% do 98,99%. Obliczony współczynnik zmienności $v = 0,6\%$ wskazuje na bardzo małe zróżnicowanie wyników oznaczeń.

Tabela 2. Zestawienie wyników badań właściwości fizycznych i chemicznych
Table 2. Physical and chemical properties of soil

	Części organiczne I_{om} [%]	Popielność A_c [%]	Zawartość $CaCO_3$ [%]	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [g/cm ³]	Gęstość właściwa ρ_s [g/cm ³]
R	0,54–2,12	97,31–98,99	74,58–100,00	43,60–80,10	1,51–1,78	2,61–2,70
±s	1,01 ± 0,51	98,44 ± 0,57	93,13 ± 10,58	67,68 ± 14,72	1,66 ± 0,10	2,63 ± 0,05
v	51,1	0,6	11,4	21,7	5,9	1,7

Zawartość węgla wapnia ($CaCO_3$)

Oznaczenie zawartości węgla wapnia przeprowadzono metodą zaproponowaną i opisaną przez Bauera, Becketta, Bie (1972). Metoda polega na rozłożeniu zawartego w gruncie węgla wapnia poprzez działanie na niego 10-procentowym roztworem kwasu solnego. Różnica mas gruntu przed reakcją i po reakcji pozwala na określenie zawartości $CaCO_3$. Zawartość węgla wapnia wyrażoną w procentach suchej masy gruntu oznaczono wg wzoru:

$$CaCO_3 = 227,4 \cdot \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} [\%]$$

w którym:

m_1 – masa zlewki z roztworem HCl oraz naczynkiem [g],

m_2 – jw. + grunt – przed reakcją z HCl [g],

m_3 – po reakcji gruntu z HCl [g].

Stosowano ok. 1 g gruntu wysuszonego w temperaturze 110°C. Metodę przetestowano na chemicznie czystym $CaCO_3$.

Zawartość węgla wapnia w złożu waha się w granicach od 74,58% do 100%, przy wartości średniej równej 93,13% oraz współczynnika zmienności wynoszącym 11,4%. Na podstawie klasyfikacji uwzględniającej popielność i zawartość $CaCO_3$, a zaproponowanej przez Ilnickiego (1979), osady zalegające na głębokości 0,9–2,4 m są kredą jeziorną. Osady z głębokości 3,0–3,5 m to gytia wapienna.

Właściwości fizyczne

Parametry fizyczne gruntu, tj.: gęstość właściwą szkieletu gruntowego, gęstość objętościową, wilgotność naturalną, oznaczono zgodnie z zaleceniami normy PN-88/B-04481.

Wilgotność naturalna pobranych próbek gruntu zmienia się w granicach od 43,60% do 80,10%. Wartość średnia wynosi 67,68%, a współczynnik zmienności $v = 21,7\%$. Nie stwierdzono jednoznacznej zależności pomiędzy wartością wilgotności naturalnej a głębokością pobrania próbek.

Gęstość objętościowa gruntu wykazuje zmienność w zakresie $1,51 \text{ g/cm}^3$ – $1,78 \text{ g/cm}^3$, przy wartości średniej równej $1,66 \text{ g/cm}^3$ oraz zróżnicowaniu wynoszącym $v = 5,9\%$. Należy zwrócić uwagę, że wartość gęstości objętościowej maleje z głębokością, co prawdopodobnie jest spowodowane zagęszczeniem górnych partii gruntu, wywołanym odwodnieniem złoża.

Gęstość właściwa szkieletu gruntowego próbek pobranych z różnych głębokości zawiera się w przedziale $2,61$ – $2,70 \text{ g/cm}^3$. Wartość średnia $\rho_s = 2,63 \text{ g/cm}^3$. Zróżnicowanie gęstości właściwej szkieletu gruntowego jest bardzo małe, o czym świadczy współczynnik zmienności wynoszący $1,7\%$.

Stopień plastyczności

Granice konsystencji, tzn. granicę plastyczności i płynności, oznaczono za pomocą penetrometru automatycznego typu AP-4/2. W penetrometrze zastosowano końcówkę stożkową o kącie wierzchołkowych 30° i masie układu 76 g , co odpowiada parametrom stożka Wasiliewa. Oznaczenia granic konsystencji dokonano na podstawie metodyki przedstawionej w literaturze (Wasiliew, 1953). W Polsce bardziej popularna w użyciu jest granica płynności oznaczana metodą Casagrande’a. W związku z powyższym przeliczono otrzymane granice płynności wg Wasiliewa (\bar{w}_L) na granicę płynności wg Casagrande’a (w_L) za pomocą wzoru umieszczonego w normie PN-88/B-04481.

Średnie wartości granicy plastyczności (w_p) i granicy płynności wg Wasiliewa (\bar{w}_L) oraz wg Casagrande’a (w_L) przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie średnich wartości granicy plastyczności, granic płynności oraz stopnia plastyczności

Table 3. Mean values of plastic limit, liquid limits and liquidity index

w_p [%]	\bar{w}_L [%] wg Wasiliewa	w_L [%] wg Casagrande’a	I_L [-]
39,75	60,00	83,10	0,64

Obliczeń stanu gruntu dokonano, wykorzystując granicę płynności wg Casagrande’a. Uśredniona wartość stopnia plastyczności (I_L), badanych próbek gruntu równa jest $0,64$. Według klasyfikacji normowej, stan gruntu określono jako miękkoplastyczny.

Właściwości mechaniczne węglanowych osadów jeziornych złoża „Szumiąca”

Wytrzymałość na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie określono za pomocą laboratoryjnej sondy krzyżakowej LSO-1, na próbkach NNS, pobranych ze złoża do cylindrów o średnicy 7 cm . Wyniki zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie parametrów mechanicznych
Table 4. Mechanical properties of soil

Parametr		
Wytrzymałość na ścinanie τ_r [kPa]	R	5,08–23,07
	$\bar{x} \pm s$	$15,31 \pm 6,76$
Kąt ścinania ϕ [stopień]	R	25,37–31,63
	$\bar{x} \pm s$	$28,07 \pm 3,22$
Spójność c_u [kPa]	R	1,00–9,58
	$\bar{x} \pm s$	$4,78 \pm 4,38$
Moduł ściśliwości pierw. M_0 [MPa]		
zakresy obciążeń:	R	0,61–1,20
0–12,5 kPa	\bar{x}	0,98
12,5–25 kPa	R	1,17–4,42
	\bar{x}	2,48
25–50 kPa	R	1,68–4,88
	\bar{x}	3,00
50–100 kPa	R	1,78–6,10
	\bar{x}	3,46
100–200 kPa	R	2,14–13,04
	\bar{x}	6,03
200–400 kPa	R	2,69–14,12
	\bar{x}	6,15

Wytrzymałość na ścinanie zmienia się w granicach od 5,08 kPa do 23,07 kPa, uzyskując wartość średnią równą 15,31 kPa.

Oznaczenie kąta ścinania i spójności wykonano aparatem bezpośredniego ścinania AB-1 produkcji ZAN-UJ Kraków. Zasady badań i opracowanie wyników oparto na metodyce przedstawionej w normie PN-88/B-04481 oraz literaturze (Piaskowski, 1979).

Badania wykonano na próbkach o strukturze nienaruszonej NNS, o wymiarach $6,0 \times 6,0 \times 2,0$ cm, przy prędkości ścinania 0,4 mm/min. Próbki przed badaniem były konsolidowane bezpośrednio w aparacie AB-1, przy naprężeniach σ_n równych 12,4; 36,2; 80,6; 110,7 oraz 132,8 kPa. Za kryterium ścięcia przyjęto wytrzymałość gruntu przy odkształceniu poziomym próbki wynoszącym 10%.

Uzyskane wartości kąta ścinania badanych gruntów wykazują stosunkowo wysoką wartość i mieszczą się w granicach od $25,37^\circ$ do $31,63^\circ$ (średnio $28,07^\circ$), przy niskich wartościach spójności średnio 4,78 kPa.

Moduły ściśliwości pierwotnej

Badania ściśliwości wykonano w edometrach EL-1 produkcji ZAN-UJ Kraków przy wykorzystaniu zaleceń normy PN-88/B-04481. Zgodnie z normą stosowano stopnie obciążeń 12,5; 25; 50; 100; 200 i 400 kPa oraz czasy odczytów wysokości próbki. Dokładność odczytu zmian wysokości próbki wynosiła 0,002 mm.

Próbki konsolidowano przy poszczególnych stopniach obciążenia od 8 do 10 dni.

W wynikach badań uwzględniono odkształcenia własne edometru. Badania przeprowadzono przy pełnym nawodnieniu próbek. Na podstawie badań obliczono edometryczne moduły ścisłości pierwotnej M_0 zestawione w tabeli 4.

Moduły ścisłości pierwotnej wzrastają w miarę wzrostu obciążeń. Przy mniejszych obciążeniach ich wartość średnia wynosi ok. 1 MPa. Przy zakresie obciążeń 200–400 kPa moduły ścisłości M_0 zmieniają się w granicach od 2,69 MPa do 14,12 MPa przy średniej wartości ok. 6 MPa.

Podsumowanie

- Badane grunty pochodzące z miejscowości Szumiąca są osadami węglanowymi pochodzenia jeziornego i wg klasyfikacji Ilnickiego (1979), na podstawie zawartości węglanu wapnia i popielności należy osady zaliczyć do kredy jeziornej lub gytii wapiennej.
- Pod względem składu ziarnowego grunty te należy zaliczyć do gliny pylastej związanej lub pyłu piaszczystego.
- Wilgotność naturalna osadów zmienia się od 43,60% do 80,10%, przyjmując wartość średnią 67,68%.
- Gęstość objętościowa osadów zmienia się w granicach od 1,51 g/cm³ do 1,78 g/cm³, natomiast gęstość właściwa od 2,61 g/cm³ do 2,70 g/cm³.
- Badane grunty występują w stanie miękkoplastycznym.
- Kąt ścinania oznaczony w naprężeniach całkowitych zmienia się w zakresie od 25,37° do 31,63°. Określona w sondzie LSO-1 wytrzymałość na ścinanie kredy jeziornej i gytii zmienia się w zakresie od 5,08 do 23,07 kPa.
- Edometryczne moduły ścisłości pierwotnej oznaczone w zakresie 0–400 kPa są zależne od zakresu obciążeń i zmieniają się w granicach od 0,98 MPa do 6,15 MPa.
- Przedstawione wyniki badań stanowią wstępną charakterystykę geotechniczną osadów węglanowych z Szumiącej i są podstawą do dalszych badań.

Literatura

- Bauer H.P., Beckett P.H., Bie S.W., 1972. A rapid gravimetric method for estimating Calcium carbonate in soils. *Plant and Soil* nr 37.
- Ilnicki P., 1979. Zasady określania przydatności złóż gytii wapiennej do produkcji nawozów wapniowych. *Mat. konf.: „Kreda jeziorna i gytie”*. PTPNoZ Oddz. Ziemi Lubuskiej, Gorzów Wlkp.–Lubniewice.
- Gołębiewski R., 1976. Osady dennie Jezior Raduńskich. *GTM*. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Gdańsk.
- Maciak F., Liwski S., 1979. Ćwiczenia z torfoznawstwa. Skrypt SGGW AR w Warszawie.
- Piaskowski A., 1979. Wytyczne oznaczania spójności i kąta tarcia wewnętrznego gruntów budowlanych. Instrukcja ITB nr 225, Warszawa.
- Wasiliew W.M., 1953. *Osnovy sowremennoj metodiki i tehnika laboratornykh opredelenij fizyčeskikh svojstw gruntow*. Goołstrojizdat, Moskwa.
- Wyrwicki R., 1988. *Analiza derytograficzna skał ilastych*. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

