

MIKROSTRUKTURY I MIKROTEKSTURY BIOGENICZNYCH GRUNTÓW WĘGLANOWYCH NA TLE ICH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH

UKD 624.131.27:624.131.43 + 624.131.439:537.533.35(438.17)

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH W ŚWIETLE DOTYCHCZAS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W praktyce inżynierskiej zachodzi często konieczność posadowienia obiektów na gruntach słabych. Grunty organiczne stwarzają wiele problemów geotechnicznych. Najbardziej charakterystyczny układ kompleksu organicznego w czwartorzędowej pokrywie Polski przedstawiono poniżej.

Rodzaj gruntu	miąższość (m)
gleba	0,2–0,3
gleba (± torf)	0,5–1,0
torf (± gytie)	0,3–1,5
biogeniczne utwory węglanowe (kreda jeziorna i gytie)	1,0–9,0

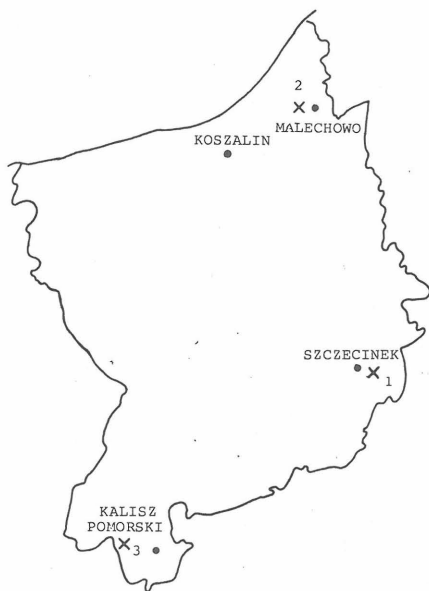
Utworami podścielającymi osady organiczne są piaski drobno- lub średnioziarniste, czasem zawierające ziarna żwiru. Konieczna jest zatem znajomość parametrów wytrzymałościowych tych gruntów oraz określenie czynników mających najwyższy wpływ na te parametry. Praca dotyczy biogenicznych utworów węglanowych (kreda jeziorna i gytie). Mimo licznych prac (1, 5, 7, 9, 12, 13) dotyczących badań tych utworów w aspekcie geologiczno-inżynierskim, brakuje ogólnej geotechnicznej charakterystyki tych gruntów. Specyfika ich polega na bardzo dużej zmienności właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych. Mówiąc najogólniej, czwartorzędowe utwory węglanowe o różnej miąższości (1,0–9,0 m) i barwie uzależnionej od domieszek, charakteryzują się: zmienną zawartością (pod względem ilościowym i jakościowym) szczątków fauny i flory, niejednorodnością strukturalną i teksturalną, dużą wilgotnością (od kilkudziesięciu do kilkuset procent), zmiennym składem chemicznym (różna procentowa zawartość SiO_2 , Fe_2O_3 , SO_3 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , Cl), co do którego nie da się ustalić żadnych prawidłowości.

W konsekwencji tego charakterystyka geologiczno-inżynierska tych gruntów jest specyficzna dla danego zbiornika sedimentacyjnego (staw, jezioro, starorzecze, rynna glacialna). Klasyczne badania standardowe, ze względu na niejednorodność omawianych gruntów, są niewystarczające.

Analiza prac (1, 5, 7, 9, 12, 13) dotyczących badań biogenicznych gruntów węglanowych wykazała, że nie ma wyraźnej korelacji między parametrami mechanicznymi a właściwościami fizyczno-chemicznymi, w przeciwieństwie do gruntów mineralnych, dla których uzyskiwano wyraźne zależności. Utwory jeziorne (kreda jeziorna i gytie) – jako ośrodek gruntowy – charakteryzują się zdolnością do dużych odkształceń pod wpływem obciążeń. Charakterystyczną cechą tych gruntów jest duża wrażliwość strukturalna (5, 12).

Należy przypuszczać, że istotnym elementem mającym bezpośredni wpływ na parametry mechaniczne tych gruntów jest ich struktura i tekstura. Głównym wskaźnikiem budowy wewnętrznej gruntów biogenicznych jest zawartość szczątków organicznych oraz substancji mineralnych. Niejednorodność strukturalna i teksturalna jest uwarunkowana nie tylko ilością i rodzajem fauny, co udowodnił W. Schmidt (10), ale charakterem i sposobem wypełnienia przez nie przestrzeni gruntowej.

Taka sama procentowa zawartość szczątków organicznych może występować w gruntach o budowie jednolitej, ziarnistej, włóknistej, gąbczastej, natomiast ich parametry wytrzymałościowe będą się znacznie różnić. Wyniki analizy mikroskopowej szczątków organicznych gytii (11) wykazują zawartość detrytusu roślinnego i humusu (ok. 45%), szczątków zwierzęcych w postaci drobnych ślimaków i małży (ok. 32%), szczątków roślinnych (ok. 15%) i frakcji mineralnej (ok. 8%). Dlatego w czasie badań *in situ* urządzeniami o małych wymiarach (5) można wyznaczyć wytrzymałość na ścinanie agregatu substancji organicznej, lokalnie występującego w tej części gruntu. Tak określona wytrzymałość na ścinanie będzie zaniziona w stosunku do rzeczywistej. Analogiczna sytuacja może wystąpić w czasie badań w aparacie trójosiowego ścinania. Próbką gruntu, o kształcie walca, zawierająca lokalnie



Ryc. 1. Mapa woj. koszalińskiego z lokalizacją złóż, z których pobrano próbki do badań.

1 – złożo Marcelin, 2 – złożo Grabowo, 3 – złożo Prostynia.

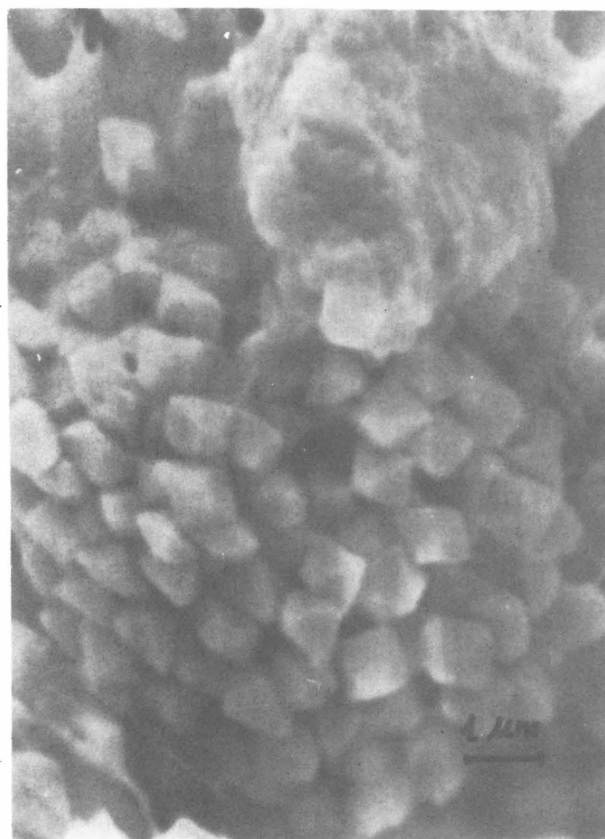
Fig. 1. Map of the Koszalin voivodeship and location of sampled deposits.

1 – Marcelin deposits, 2 – Grabowo deposit, 3 – Prostynia deposit.

zwiększoną ilość szczątków organicznych i mająca w związku z tym specyficzną strukturę i teksturę, może wykazywać parametry wytrzymałościowe znacznie różniące się od parametrów wytrzymałościowych innych próbek.

Badania gruntów organicznych z różnych rejonów Polski (1, 5, 9, 12, 13) wykazały, że ustalenie korelacji między parametrami wytrzymałościowymi a podstawowymi właściwościami fizycznymi, jak: wilgotność, gęstość objętościowa, gęstość objętościowa szkieletu gruntowego i inne, jest trudne. Zdaniem A. Gołębiowskiej (5) współczynnik korelacji dla zależności wytrzymałości od wilgotności jest niski i wynosi $r_{w\tau} = 0,22$. Także dla zależności wytrzymałości od gęstości objętościowej szkieletu gruntowego jest niewysoki i wynosi $r_{\gamma d\tau} = 0,44$. Współczynniki te odnoszą się do gruntów o zawartości szczątków organicznych $I_{om} < 30\%$; większe współczynniki korelacji otrzymano dla gytii o $I_{om} > 30\%$ (5). Według J.M. Swatowskiego i J.Z. Wojnickiego (12) dla zależności spójności od wilgotności współczynnik korelacji wynosi $r_{wc} = 0,85$, dla zależności spójności od gęstości objętościowej szkieletu gruntowego współczynnik korelacji $r_{\gamma dc} = 0,7773$. Najwyższe współczynniki dała korelacja wielokrotna zależności spójności od gęstości objętościowej szkieletu gruntowego i wilgotności $R = 0,9425$ (12). Dla zależności tarcia wewnętrznego od wilgotności i gęstości objętościowej szkieletu gruntowego uzyskano kolejno wartości $r_{w\phi} = 0,679$, $R_{\gamma d\phi} = 0,540$, $r_{\gamma d\phi w} = 0,78712$. Okazało się, że ani wilgotność, ani gęstość objętościowa szkieletu gruntowego nie są czynnikami bezpośrednio i decydująco wpływającymi na parametry wytrzymałościowe (1, 5, 12).

W gytiach organicznych o zawartości szczątków organicznych $I_{om} > 30\%$ istnieje szeroka zmienność gęstości objętościowej szkieletu gruntowego $\gamma d = 1,0 - 6,0 \text{ kN/m}^3$ i wilgotności naturalnej $w = 100 - 450\%$ przy małej zmienności wytrzymałości na ścinanie $\tau = 8,0 - 25,0 \text{ kPa}$. Więk-



Ryc. 2. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Prostynii badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. $10\ 000\times$.

Fig. 2. Microstructural surface of gyttja from Prostynia, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, $\times 10,000$.

szy rozrzut wytrzymałości na ścinanie uzyskano w gytiach mineralnych o $I_{om} < 30\%$, w których $\gamma d = 4,0 - 8,0 \text{ kN/m}^3$ (5). Wskaźnik wrażliwości strukturalnej S (wg Skempton) dla tych gruntów waha się w granicach $1,0 - 4,0$.

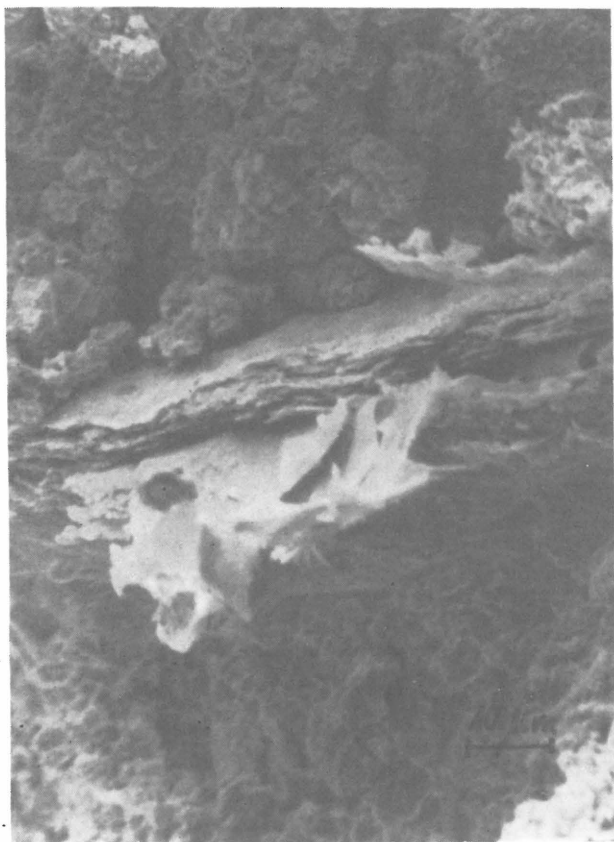
Według A. Gołębiowskiej (5) zmienność wytrzymałości tylko w $27 - 37\%$ jest spowodowana wilgotnością i gęstością objętościową szkieletu gruntowego. W $67 - 77\%$ zaś powodują ją inne przyczyny. Natomiast w badaniach J.M. Swatowskiego i J.Z. Wojnickiego (12, 13) wykazano, że zmienność spójności gruntów organicznych jest w 88% wywołana wspólnym wpływem wilgotności i gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, zmienność kąta tarcia wewnętrznego zaś jest w 62% wywołana wpływem tych czynników, a w 38% wpływem innych czynników. Zdaniem autorki czynnikiem różnicującym te grunty i mającym znaczny wpływ na uzyskiwanie zmienności i pewnej przypadkowości parametrów fizycznych i mechanicznych jest struktura i tekstura.

Grunty organiczne z rejonu Międzyrzecza (12, 13) wykazują następującą zmienność podstawowych właściwości fizyczno-mechanicznych:

$$\begin{aligned} w_n &= 54,41 - 95,86\%, \\ \gamma d &= 7,65 - 10,13 \text{ kN/m}^3, \\ \phi &= 13,0 - 26,0^\circ, \\ c &= 10,0 - 24,7 \text{ kPa}, \end{aligned}$$

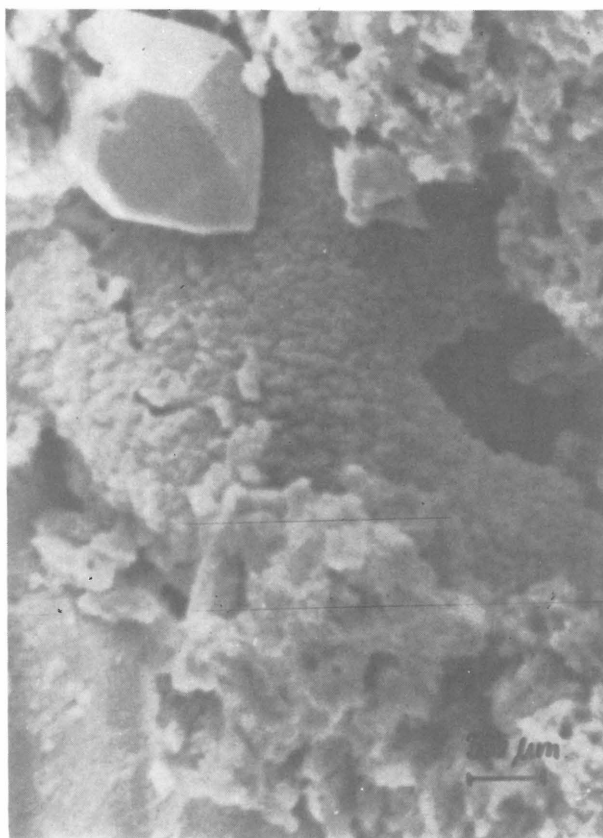
przy dużym wskaźniku wrażliwości strukturalnej.

Gęstość objętościowa gruntów organicznych zależy od ich składu, zwłaszcza od zawartości części mineralnych, oraz warunków sedymentacji i konsolidacji. W stanie naturalnym grunty słabe, do których należą m. in. biogeniczne grunty węglanowe, charakteryzują się całkowitym



Ryc. 3. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Prostynii badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. 1000×.

Fig. 3. Microstructural surface of gytija from Prostynia, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×1,000.



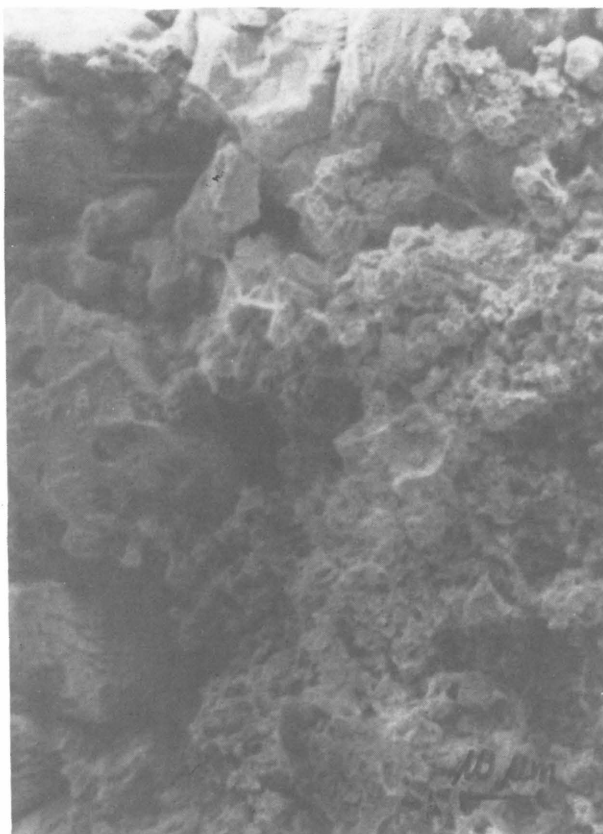
Ryc. 4. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Prostynii badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. 3000×.

Fig. 4. Microstructural surface of gytija from Prostynia, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×3,000.



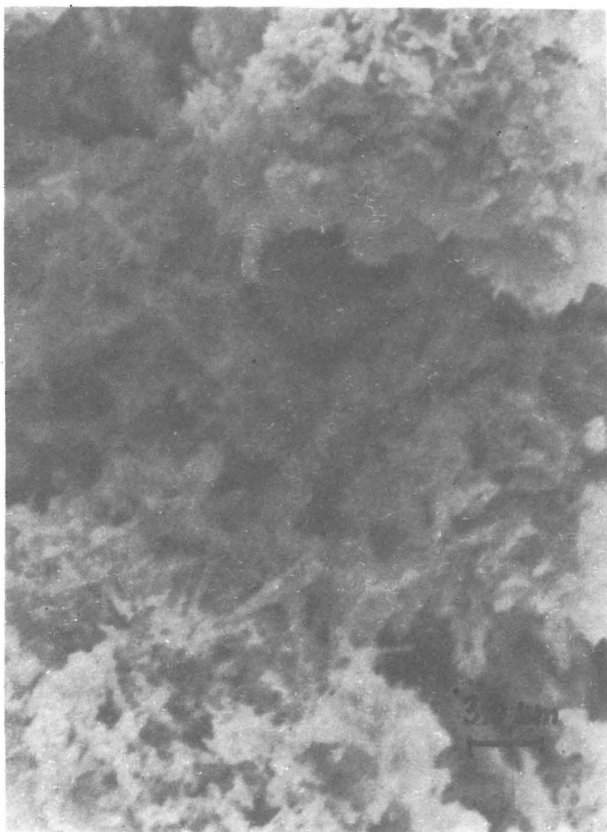
Ryc. 5. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Marcelina badana za pomocą mikroskopu skaningowego, firmy Jeol, pow. 3000×.

Fig. 5. Microstructural surface of gytija from Marcelin, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×3,000.



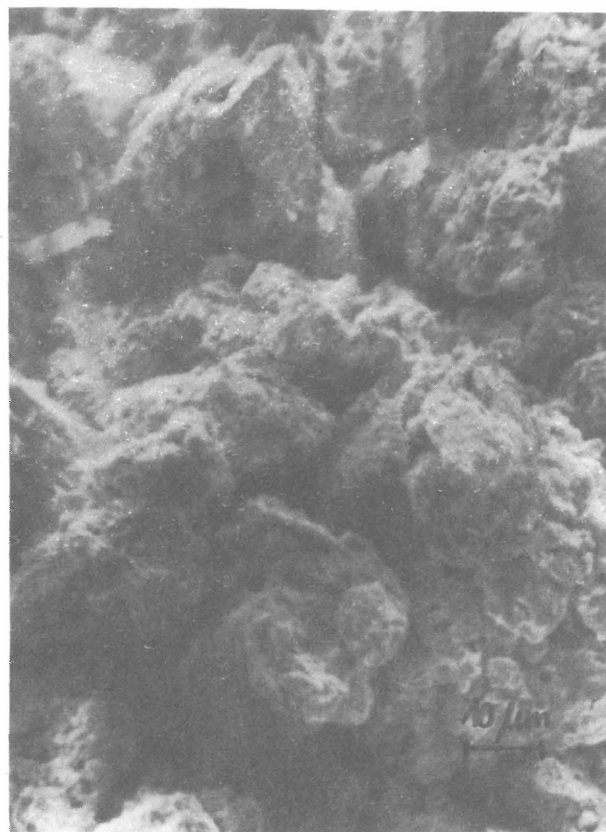
Ryc. 6. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Marcelina badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. 1000×.

Fig. 6. Microstructural surface of gytija from Marcelin, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×1,000.



Ryc. 7. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Grabowa badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. 3000 ×.

Fig. 7. Microstructural surface of gyttja from Grabowo, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×3,000.



Ryc. 8. Powierzchnia mikrostrukturalna gytii z Grabowa badana za pomocą mikroskopu skaningowego firmy Jeol, pow. 1000 ×.

Fig. 8. Microstructural surface of gyttja from Grabowo, studied with the use of Jeol scanning electron microscope, ×1,000.

wypełnieniem porów wodą, dlatego stopień wilgotności tych gruntów równa się jedności. Badania gytii ze złoża węgla brunatnego „Józwin” w dolinie Strugi Kleczewskiej (1) wykazały, że gęstość objętościowa nie ulega prawie zmianom przy spadku wilgotności od 24% do 43% i waha się w granicach 11,1–12,3 kN/m³; jedynie po całkowitym wysuszeniu próbki w temp. 105°C zmalała gwałtownie do wartości 6,0–6,5 kN/m³. Parametry wytrzymałościowe dla tych gruntów wynosiły: $\varphi = 3^{\circ}30 - 11^{\circ}30$, $c = 9,8 - 27,0$ kPa.

Badaniom laboratoryjnym poddano także organiczne grunty węglanowe występujące w 3 złożach na terenie woj. koszalińskiego. Skoncentrowano się głównie na badaniach strukturalnych, w celu wykazania ogromnej zmienności budowy wewnętrznej tych gruntów oraz postawienia tezy, że właśnie struktura i tekstura mają decydujący wpływ na otrzymane wartości parametrów fizyczno-mechanicznych. Czynnikiem budowy wewnętrznej w dotychczas prowadzonych badaniach był pomijany (1, 5, 9, 12, 13).

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA BIOGENICZNYCH GRUNTÓW WĘGLANOWYCH ZE ZŁÓŻ WOJEWÓDZTWA KOSZALIŃSKIEGO

Budowa geologiczna złóż. Organiczne grunty węglanowe pobrano z 3 złóż, których lokalizację przedstawiono na mapce woj. koszalińskiego (ryc. 1). Są to eksploatowane złoża „Marcelin” „Prostynia” i „Grabowo”. W geologicznej charakterystyce tych złóż istnieją elementy wspólne. Kreda jeziorna i gytia, o średniej miąższości 2,5–3,0 m,

występuje bezpośrednio pod warstwą gleby torfowej i torfu na głębokości średnio 2,0 m ppt. Utworami podścielającymi jeziorne osady węglanowe są piaski drobnoziarniste, czasem różnoziarniste. Grunty organiczne tych złóż są najprawdopodobniej z przełomu helocenu i plejstocenu, a występowanie pod torfem wskazuje na powstanie ich w okresach borealnym i atlantyckim (2–4). Pod względem morfologicznym są to złoża występujące na łąkach, w płaskich dolinach strumieni, przy brzegach oraz w dnach jezior.

Utwory jeziorne na terenie woj. koszalińskiego są dwójakiego rodzaju:

- kreda jeziorna, bogata w węglan wapnia, powstała częściowo z rozmycia utworów morenowych, budujących wzgórze otaczające złoża;
- gytia (muł jeziorny), tworzona w górnych partiach jezior, bogatych w życie roślinne.

Zdaniem Okruszki (*vide* 7) utwory te można zaliczyć do gytii, które w zależności od zawartości 3 składników: substancji organicznej, CaCO₃ i części ilastych mogą być albo organiczne, albo mieszane, albo mineralne.

Fizyczno-chemiczne właściwości gruntów jeziornych ze złóż „Marcelin”, „Prostynia” i „Grabowo”. Próbkę do badań podstawowych parametrów geotechnicznych pobrano w sposób losowy, z głębokości ok. 1,2–2,0 m ppt i zgodnie z odpowiednimi normami w laboratorium określono wilgotność naturalną, gęstość właściwą, gęstość objętościową i gęstość objętościową szkieletu gruntowego. Dodatkowo oznaczono zawartość części organicznych metodą prażenia w temperaturze 823 K (ze względu na rozkład CaCO₃ w wyższych temperaturach). Zestawienie wy-

ZESTAWIENIE EKSTREMALNYCH (w_n , I_{om}) I ŚREDNICH (γ , γ_d , γ_s) WARTOŚCI PARAMETRÓW FIZYCZNYCH BIOGENICZNYCH OSADÓW WĘGLANOWYCH Z MARCELINA, GRABOWA I PROSTYNII (WOJ. KOSZALIŃSKIE)

Obiekt	Wilgotność naturalna w_n %	Gęstość objętościowa γ kN/m ³	Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego γ_d kN/m ³	Gęstość właściwa γ_s kN/m ³	Zawartość szczątków organicznych I_{om} %
Marcelin	127,60 – 142,21	13,54	5,91	24,29	15,53 – 34,60
Grabowo	155,69 – 189,20	14,15	5,38	25,83	5,94 – 42,50
Prostynia	56,68 – 66,88	16,2	10,2	26,20	11,2 – 32,80

Tabela II

UŚREDNIONY SKŁAD CHEMICZNY BIOGENICZNYCH OSADÓW WĘGLANOWYCH Z MARCELINA, GRABOWA I PROSTYNII

Składnik w % wag.	Gytie z Marcelina	Gytie z Grabowa	Gytie z Prostynii
S	–	0,68	0,59
Cl	0,16	–	0,01
SiO ₂	6,3	0,45	3,29
Fe ₂ O ₃	–	–	2,91
SO ₃	0,3	–	0,19
CaO	–	44,96	46,53
MgO	0,85	–	0,92
Al ₂ O ₃	–	0,85	2,125
Na ₂ O	–	0,57	0,16
K ₂ O	2,9	0,10	0,59
CaCO ₃	81,97	79,6	77,46

ników badań laboratoryjnych przedstawiono w tab. I. Uśredniony skład chemiczny utworów jeziornych w Marcelina, Grabowa i Prostynii (2–4) przedstawiono w tab. II. Analiza właściwości fizyczno-chemicznych (na podstawie informacji zamieszczonych w tab. I i II) wskazuje, że są to gytie mieszane (mineralno-organiczne, średniozwięzłe, wg Okruszki – *vide* 7).

Badania strukturalne. W świetle omówionych prac (1, 5, 9, 12, 13) wnioskowano, że budowa wewnętrzna jest czynnikiem determinującym wiele zjawisk natury fizycznej, chemicznej i mechanicznej, zachodzących w gruncie i na jego powierzchni. Dlatego też podjęto próbę scharakteryzowania struktury i tekstury biogenicznych gruntów węglanowych, na podstawie badań gytii pochodzącej ze złóż „Marcelin”, „Grabowo” i „Prostynia”.

Posłużono się elektronowym mikroskopem skaningowym (SEM) typu JSM-S firmy Jeol. Zdjęcia próbek gytii, dla których oznaczono podstawowe parametry fizyczno-chemiczne wykonano w Laboratorium Badań Strukturalnych Instytutu Inżynierii Materiałowej przy Wyższej Szkole Inżynierskiej w Koszalinie.

Należy podkreślić, że próbka badana na mikroskopie skaningowym ma całkowicie zachowaną naturalną budowę wewnętrzną, nie ulega ona zaburzeniu w czasie preparatyki. Po wycięciu odpowiedniej wielkości próbki (maksymalne wymiary próbki, przy których zostaje zachowana pełna możliwość przesuwów mechanicznych waha się od 10–

14 mm), zostaje napyłona węglem w czasie 5–10 min. warstwą grubości $2-10^{-5}$ cm, a następnie złotem (warstwa złota wynosi mniej niż zdolność rozdzielcza mikroskopu, tj. 25 nm). W mikroskopie obserwuje się więc powierzchnię naturalnego przełamu w różnych powiększeniach. Zakres powiększeń możliwy do stosowania wynosi 30–30 000 razy, użyteczna powierzchnia ekranu monitora obserwacyjnego i fotograficznego wynosi $9 \times 11,5$ cm.

Należy wspomnieć o trudnościach związanych z preparatyką, a będących wynikiem specyficznej budowy wewnętrznej tego typu utworów. Duża porowatość i chropowatość powierzchni powoduje, że w czasie napyłania węgiel i złoto wnikają w pory, zmniejszając w ten sposób zdolność odbijającą, co w efekcie obniża jakość obserwowanego obrazu. O nietrwałości struktury, będącej m. in. wynikiem specyficznych wiązań strukturalnych, świadczy fakt, że w czasie obserwacji mikroskopowych tych gruntów następuje „mikro-rozpad” próbki, co również ma wpływ na jakość obrazów. Jednym z istotnych czynników wpływających na jakość badań strukturalnych jest skrócenie do minimum czasu między preparatyką i mikroobserwacjami.

Istotną sprawą w czasie preparatyki jest wybór badanej powierzchni. Starano się wybierać próbki tak, żeby możliwe było otrzymanie dużej liczby fotografii z różnych obszarów próbki. Przy wykonywaniu zdjęć stosowano powiększenie 1000 ×, 3000 × i sporadycznie 10 000 ×. Ogółem zbadano czterdzieści próbek z różnych losowo wybranych miejsc. Najbardziej charakterystyczne fotografie powierzchni mikrostrukturalnych gytii przedstawiono na ryc. 2–8.

Analiza wykonanych zdjęć mikroskopowych pozwala zauważyć charakterystyczne cechy budowy wewnętrznej, a mianowicie:

- na fotografiach mikroskopowych (ryc. 2–8) zauważono niejednorodność strukturalną i teksturalną w gruntach pochodzących z tego samego zbiornika sedymentacyjnego, jak również z różnych zbiorników sedymentacyjnych;

- w budowie wewnętrznej przeważa typ orientacji płaszczyzna – krawędź, chociaż pojawia się orientacja płaszczyzna – płaszczyzna;

- ułożenie cząstek jest niejednolite, dominuje wielowarstwowe gęste ich nagromadzenie, czasem pojawiają się „kanały”;

- często występują mikropory i chropowatości powierzchni;

- w obrazach mikroskopowych pojawiają się składniki mineralne skupione płytkowo lub łuskowo w strefie oraz minerały o pokroju regularnych wielościanów; minerały występują pojedynczo, chaotycznie lub w postaci wielokrystalicznych agregatów;

– na fotografiach obserwuje się szczątki organiczne w postaci nie rozłożonych tkanek roślinnych i zwierzęcych;
 – w obrazach mikroskopowych zaznacza się niejednorodność struktur, pojawiają się struktury organodetrytyczne, krystaliczne, drobnoziarniste, mieszane (mineralno-organiczne);
 – w obrazach mikroskopowych obserwuje się różne rodzaje tekstur: 1) bezładne, czasem występują tylko lokalne uporządkowania, sporadycznie pojawiają się mikrowarstwowania; 2) gąbczasto-porowate; 3) porowate;
 – na mikropowierzchniach zaobserwowano ślady pochodzenia mechanicznego: świeże przelamy muszlowe i zdziorowate, pęknięcia i wyżłobienia.

WNIOSKI

1. Analiza prac (1, 5, 9, 12, 13) wykazała, że brak ścisłej korelacji między parametrami fizycznymi i składem chemicznym a właściwościami mechanicznymi biogenicznych gruntów węglanowych.

2. Występujące w badaniach gytii różnice cech fizycznych (w , γ_d) w dużych zakresach zmienności nie stanowią o niejednorodności gruntów z punktu widzenia ich wytrzymałości na ścinanie.

3. Niejednorodność budowy wewnętrznej, potwierdzona we własnych badaniach mikroskopowych, w zasadzie nie uwzględniana w dotychczasowych badaniach, może mieć wpływ na zmienność i przypadkowość uzyskiwanych parametrów mechanicznych.

4. Określenie właściwości fizyczno-mechanicznych węglanowych gruntów biogenicznych wymaga uwzględnienia wpływu ich struktury i tekstury. Pominięcie budowy wewnętrznej może być przyczyną błędnego wnioskowania o właściwościach geologiczno-inżynierskich tych utworów.

5. Ze względu na podkreśloną w dotychczasowych badaniach dużą wrażliwość strukturalną, jako podstawowe należałoby może przyjąć badania wytrzymałościowe *in situ*. Powinny one być uzupełnione badaniami laboratoryjnymi.

6. Istotnym czynnikiem wymagającym uwzględnienia przy charakterystyce czwartorzędowych gruntów węglanowych jest ich geneza (rodzaj materiału sedymentacyjnego) oraz procesy postsedymentacyjne (np. konsolidacja wtórna ciężarem lodowca). Gytie skonsolidowane lodowcem wykazują korzystniejsze parametry geologiczno-inżynierskie (7).

7. Ze względu na ogromne zróżnicowanie właściwości fizyczno-mechanicznych oraz składu mineralnego i chemicznego, niejednorodność strukturalną i teksturalną, wskazane jest stosowanie dla omawianych utworów jeziornych nienormowej, bardziej skomplikowanej metodyki badawczej, pozwalającej określić nie tylko ich parametry geotechniczne, ale wnikać w ich budowę wewnętrzną, oraz ustalić zależności między poszczególnymi elementami. Konsekwencją tego będzie bardziej trafne wysuwanie prognoz, dotyczących zachowania się biogenicznych gruntów węglanowych jako podłoża budowlanego.

LITERATURA

1. D a w i d z i a k G. – Geologiczno-inżynierska ocena własności osadów organicznych z terenu kopalni odkrywkowej węgla brunatnego „Józwin” k. Konina. Pr. magisterska. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH 1973.

2. Dokumentacja geologiczna złoża kredy jeziornej w kat. C₂ „Grabowo”. Przed. Geol. w Krakowie 1971.
3. Dokumentacja geologiczna złoża kredy jeziornej w kat. C₂ „Marcelin”. Ibidem 1971.
4. Dokumentacja geologiczna złoża kredy jeziornej w kat. C₂ „Prostynia” Ibidem 1975.
5. G o ł ę b i o w s k a A. – Analiza stosowalności sondy obrotowej do badania wytrzymałości gruntów organicznych. Pr. doktorska. SGGW 1976.
6. G r a b o w s k a - O l s z e w s k a B. – Metody badań gruntów spoistych. Wyd. Geol. 1975.
7. K ł ę b e k A. – Gytie w dokumentowaniu geologiczno-inżynierskim. Mat. Nar. Nauk. nt. Inżyniersko-geologiczne problemy badań pokrywy czwartorzędowej w Polsce. Bodzieniec k. Małogoszczy. 1980.
8. K r i n s l e y D. – Scanning electron microscope examination of quartz sandgrain microtextures. Kwart. Geol. 1980 nr 2.
9. R z ą ż e w s k i J. – Analiza stateczności nasypów na podłożu organicznym. Pr. magisterska. SGGW 1979.
10. S c h m i d t W. – Über die Scherfestigkeit der Torfe und „Mudden”. Zeitschrift für Landeskultur Akademie – Verlag – Berlin 1966. Bd 7 H. 3.
11. S ł o w a ń s k i W. – Wczesnoholoceńskie osady jeziorne w Lasce k. Brus. Kwart. Geol. 1961 nr 3.
12. S w a t o w s k i J.M., W o j n i c k i J.Z. – Wytrzymałość gytii na ścinanie w trójosiowym stanie naprężeń. Mat. Konf. Nauk.-Techn. pt. Kreda jeziorna i gytie, Lubniewice, Gorzów Wlkp. 1979.
13. S w a t o w s k i J.M., W o j n i c k i J.Z. – Własności fizyczne osadów jeziornych rejonu Międzyrzecza. Ibidem.
14. T c h ó r z e w s k a D. – Rozpoznanie bazy surowcowej czwartorzędowych utworów węglanowych. Inst. Przem. Wiąż. Mat. Bud. w Opolu Oddział w Krakowie 1977.

S U M M A R Y

Samples of biogenic carbonate soils from exploited deposits in the Koszalin voivodeship were studied with the use of scanning electron microscope (SEM). Analysis of SEM micrographs showed high-scale heterogeneity in internal structure of gytija. It is concluded that microstructures and microtextures of biogenic carbonate rocks may display marked influence on variability of these rocks and lead to unpredictability of the obtained strength parameters, analysed in this paper.

Р Е З Ю М Е

В статье описаны исследования, проведенные на электронном микроскопе, образцов биогенных карбонатных грунтов из месторождений эксплуатированных в Козалинском воеводстве. Из анализа микроскопных съёмок видна огромная неоднородность внутреннего строения гиттии; поставлен тезис, что микроструктуры и микротекстуры биогенных карбонатных отложений могут оказывать влияние на изменчивость и случайность полученных до сих пор сопоставительных параметров, анализированных в настоящей статье.