

Jan Jaremski, Grzegorz Straż

Wstępne badania parametrów wytrzymałościowych torfu z rejonu Mielca z wykorzystaniem sondy PZO-1

Preliminary investigations of strength parameters of peat
from Mielec region with use of the pzo-1 penetrometer

Streszczenie: W pracy przedstawiono wstępne wyniki badań parametrów wytrzymałościowych torfu, przeprowadzonych na próbkach preparowanych, oraz zależności korelacyjne pomiędzy podstawowymi parametrami. Do badań wykorzystano: aparat trójosiowego ściskania typu norweskiego, aparat bezpośredniego ścinania typu AB-2A oraz najbardziej zaawansowany technologicznie aparat trójosiowego ściskania firmy GDS Instruments Ltd. W pracy podano także wyniki laboratoryjnych badań wytrzymałościowych torfu z zastosowaniem zestawu laboratoryjnego z piezosondą PZO-1.

Słowa kluczowe: torf, grunty słabe, wytrzymałość na ścinanie, piezosonda PZO-1

Abstract: Preliminary results of strength parameters investigations of peat prepared samples and correlations between the basic parameters have been presented in the paper. The triaxial apparatus of nordic type, direct shear apparatus AB-2A and the advanced triaxial testing system of GDS Instruments Ltd. were used during laboratory investigations. Results of laboratory tests of peat strength obtained by means of laboratory set with the PZO-1 penetrometer have been also presented.

Key words: peat, soft soils, shear strength, piezovane PZO-1

Wprowadzenie

W profilach geologicznych teras rzecznych Podkarpacia występują bardzo często przewarstwienia gruntów organicznych i to niekiedy na znacznych głębokościach. W wielu przypadkach przewarstwienia te występują poniżej poziomu wody grun-

Jan Jaremski, Politechnika Rzeszowska, Zakład Geotechniki i Hydrotechniki, ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: jjaremsk@prz.edu.pl

Grzegorz Straż, Politechnika Rzeszowska, Zakład Geotechniki i Hydrotechniki, ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: gstraz@prz.edu.pl

towej, tj. w warunkach stałego nawodnienia. Analizowane jest wykorzystanie tych przewarstwień jako podłoża budowlanego do posadowienia bezpośredniego. Istnieje bowiem powszechne przekonanie o nieprzydatności tych gruntów do przeniesienia obciążeń. Przykładem do niechęci wykorzystywania gruntów organicznych jest posadowienie garaży na palach CFA, które przechodzą przez gliny madowe z 1,5-metrową warstwą namulów o zawartości części organicznych ok. 7% do warstwy żwirowej. Innym skrajnym przykładem nieodpowiedniego posadowienia jest lokalizacja dwukondygnacyjnego budynku socjalnego i hali warsztatowej na 9,5-metrowej warstwie torfów z zastosowaniem tzw. fundamentu pływającego z częściową wymianą torfu. Klasycznym rozwiązaniem jest posadowienie na 12-metrowych palach 4-kondygnacyjnego budynku mieszkalnego na podłożu z gruntów organicznych, w tym torfu do 5,5 m, a dalej pyłów o $I_L=0,33$.

Do projektowania fundamentu na takim podłożu niezbędne jest ustalenie parametrów wytrzymałościowych gruntów organicznych z uwzględnieniem czynnika czasu. Ocena geologiczno-inżynierska gruntów organicznych jest bardziej skomplikowana niż w przypadku gruntów mineralnych. Poszukuje się nowych metod badań tych gruntów.

W ramach pracy nad tematem przeanalizowano możliwości wykorzystania do badań powszechnie stosowanych urządzeń i zaproponowano metodykę badań z wykorzystaniem sondy PZO-1 (Projekt badawczy KBN nr T07E 01012, 1999). Za pomocą tej sondy proponuje się wykonanie badań w warunkach „in situ”, wtedy kiedy warunki zalegania gruntów organicznych na to pozwalają, lub w warunkach laboratoryjnych umożliwiających badanie gruntu pobranego z dowolnej głębokości do próbników NNS oraz badanie próbek preparowanych. Preparowane grunty umożliwią uchwycenie wpływu zmian zawilgocenia i mineralizacji gruntów organicznych. Badania tego typu mogą stanowić podstawę do modelowania reologicznego. Sonda PZO-1 umożliwi pomiar ciśnienia wody w porach w czasie ścinania gruntu. Innowacyjność rozwiązania w zakresie prototypu omawianej sondy polega na wprowadzeniu dwóch niezależnych układów tensometrycznych z krążkami ceramicznymi zainstalowanymi na przeciwległych powierzchniach skrzydełka krzyżaka sondy, które połączone są z piezoporowymi czujnikami ciśnienia. Dodatkowo zestaw ten umożliwi kontrolę stanu naprężenia efektywnego i badanie gruntów spoistych w tym także gruntów organicznych. Podstawową trudność w badaniach gruntów organicznych stanowi pozyskanie próbek o nienaruszonej strukturze (NNS), a przede wszystkim przygotowanie z nich próbek do dalszych badań, na podstawie których można określić wiarygodne parametry wytrzymałościowe torfu. Zatem w celu oznaczenia parametrów wytrzymałościowych gruntów słabych stosuje się najczęściej badania w warunkach „in situ”. Jednym z nich jest sondowanie za pomocą skrzydełkowej sondy obrotowej PSO-1 (Lechowicz, 1992; Lechowicz, Szymański, 2002) oraz piezosondy PZO-1 (Projekt badawczy KBN Nr T07E 01012, 1999; Pisarek i in., 2000; Garbulewski, 2002; Jaremski, Straż, 2004(b); Jaremski, Straż, 2006). W pracy podjęto próbę wykorzystania alternatywnych badań wytrzymałościowych przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem zestawu badawczego z piezosondą obrotową PZO-1 (Jaremski, Straż, 2006).

Równocześnie w celach porównawczych przeprowadzono typowe badania wytrzymałościowe dla próbek preparowanych tego samego gruntu torfowego przy użyciu aparatu trójosiowego ściskania typu norweskiego, aparatu bezpośredniego ścinania typu AB-2A, aparatu do kompleksowego badania gruntu firmy GDS Instruments Ltd. (Jaremski, Straż, 2004a). Wykorzystano również kontrolno-pomiarowy system gromadzenia danych GEOLAB.

Materiał badawczy

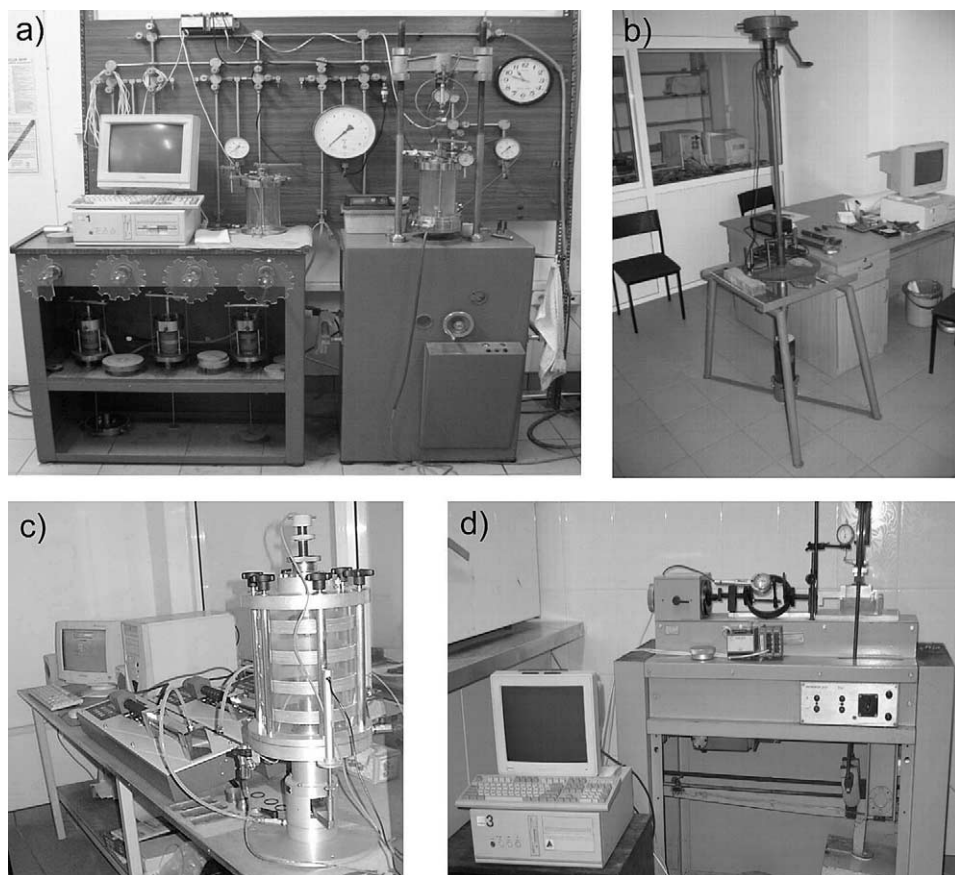
Materiał badawczy – torf – pobrano z poligonu założonego w okolicach Mielca, gdzie zlokalizowano złożę o miąższości od 1,7 do 2,0 m. Typ torfu określono jako: torf niski, rodzaj: aloesowy, gatunek: olchowo-brzozowy. Odczyn wody torfowej w złożu: 7,0 pH. Stopień rozkładu torfu określono na 50–60%, co odpowiada grupie H₆ wg skali van Posta. Natomiast rodzaj utworu określono jako torf mozaikowy R₂ (pseudowłóknisty) o strukturze amorficzno-włóknistej (PN-87-G-02500; Okruszka, 1995; Myślińska, 2001).

Pobrany torf poddawano rozdrobnieniu i przetarciu przez sito o oczkach 2 mm. Po dokładnym wymieszaniu oznaczono wilgotność, którą przyjmowano za wilgotność początkową. Następnie za pomocą lekkiego ubijaka Proctora przygotowano próbki preparowane do wszystkich aparatów badawczych, dobierając sposób i energię zagęszczania tak, aby gęstość objętościowa wszystkich próbek była zbliżona. Z tak przygotowanego materiału wycinano próbki do badań w aparatach trójosiowego ściskania o średnicy $\phi 38$ mm i wysokości 80 mm, a do aparatu bezpośredniego ścinania 60 mm \times 60 mm \times 25 mm. W próbnikach stalowych o wymiarach $\phi 100$ mm i wysokości 300 mm przygotowano próbki do laboratoryjnego zestawu badawczego z piezosondą PZO-1. Tak przygotowane próbki natychmiast były poddawane badaniom wytrzymałościowym w aparatach do badań wytrzymałościowych (ryc. 1).

Po zakończeniu badania oznaczano wilgotność wtórną, a zniszczone próbki gruntu ponownie przecierano przez sito i podsuszano w temperaturze otoczenia na czas ok. 24 godzin; następnie powtarzano cały cykl przygotowań próbek i badań. Podsuszanie kolejnych porcji materiału gruntowego przeprowadzano do takiej wilgotności, przy której nie następowało uszkodzenie przetworników ciśnienia w korpusie końcówki piezosondy PZO-1.

Tabela 1. Zestawienie wybranych właściwości fizycznych badanego torfu
Table 1. Listing of selected physical parameters of investigated peat

	W [%]	ρ [g/cm ³]	ρ_d [g/cm ³]	ρ_s [g/cm ³]	n [-]	e [-]	I _p [%]	I _L [-]	I _{om} [%]
maks.	352,62	1,19	0,48	1,69	0,87	6,71	126,92	1,78	61,99
min.	111,96	1,03	0,24	1,68	0,68	2,17	79,89	-0,47	



Ryc. 1. Urządzenia, za pomocą których przeprowadzono badania wytrzymałościowe: a) aparat trójosiowego ściskania typu norweskiego (ozn. ATS); b) zestaw badawczy z piezosondą PZO-1 (ozn. PZO-1); c) aparat firmy GDS Instruments Ltd. (ozn. GDS); d) aparat bezpośredniego ścinania (ozn. ABS)

Fig. 1. Equipment used during strength tests: a) triaxial apparatus of nortic type (ATS); b) laboratory set with PZO-1 penetrometer (piezovane) (PZO-1); c) advanced triaxial testing system of GDS Instruments Ltd (GDS); d) direct shear apparatus AB-2A (ABS)

Metodyka badań

Z uwagi na fakt, że pozyskanie próbek torfu o nienaruszonej strukturze jest bardzo trudne, a w praktyce często niemożliwe, opisane badania laboratoryjne przeprowadzono na próbkach preparowanych. Jako parametry wiodące przyjęto wilgotność i gęstość objętościową. W realizowanym programie badań laboratoryjnych przyjęto cztery sposoby badania próbek preparowanych torfu: w aparacie trójosiowego ści-

skania typu norweskiego, aparacie bezpośredniego ścinania, aparacie do kompleksowego badania gruntu firmy GDS Instruments Ltd. oraz za pomocą nowatorskiego zestawu badawczego z piezosondą skrzydełkową PZO-1, którego konstrukcja umożliwia badanie próbek NNS pobranych bezpośrednio ze złoża, a także próbek preparowanych w cylindrach stalowych o średnicy $\phi 100$ mm i wysokości 300 mm. Opis zestawu przedstawiono w pracy Jaremskiego, Straża (2006). Na uwagę zasługuje fakt, że wytrzymałość na ścinanie próbek preparowanych torfu została zbadana w różnych płaszczyznach ścicia, zależnych od metody badawczej. W badaniach z piezosondą PZO-1 płaszczyzna ścicia jest wymuszona konstrukcją końcówki krzyżaka sondy, tzn. jest pionowa i pozioma, podobnie wymuszona jest w aparacie bezpośredniego ścinania, natomiast w aparatach trójosiowego ściskania płaszczyzna ścicia jest dowolna. W związku z powyższym wartości parametrów wytrzymałościowych torfu wyznaczone podczas badań mogą różnić się w zależności od przyjętej metody badawczej. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie i porównanie przykładowych wyników badań wytrzymałościowych wykonanych za pomocą różnych metod badawczych dla identycznie przygotowywanych próbek preparowanych torfu, ze szczególnym uwzględnieniem badań wykonywanych przy użyciu sondy PZO-1.

Wartość oporu na ścinanie wyznaczono w oparciu o kryterium Coulomba-Mohra:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg}\phi + C_u$$

na podstawie kąta tarcia wewnętrznego i spójności, przy założeniu, że naprężenia normalne są równe naprężeniom pierwotnym w warunkach „in situ” na głębokości 1,2 m p.p.t., czyli $\sigma_v = 13,07$ kPa. Interpretację wyników badań laboratoryjnych z wykorzystaniem sondy PZO-1 przeprowadzono w oparciu o projekt badawczy KBN i materiały literaturowe (Lechowicz, 1992; Okruszka, 1995; Projekt badawczy KBN Nr T07E 01012, 1999; Lechowicz, Szymański, 2002). Dodatkowo obliczono wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odplywu τ_{fu} , wykorzystując w tym celu wytrzymałość na ścinanie τ_{fv} pomierzoną za pomocą sondy PZO-1 (Okruszka, 1995; Pisarek i in., 2000):

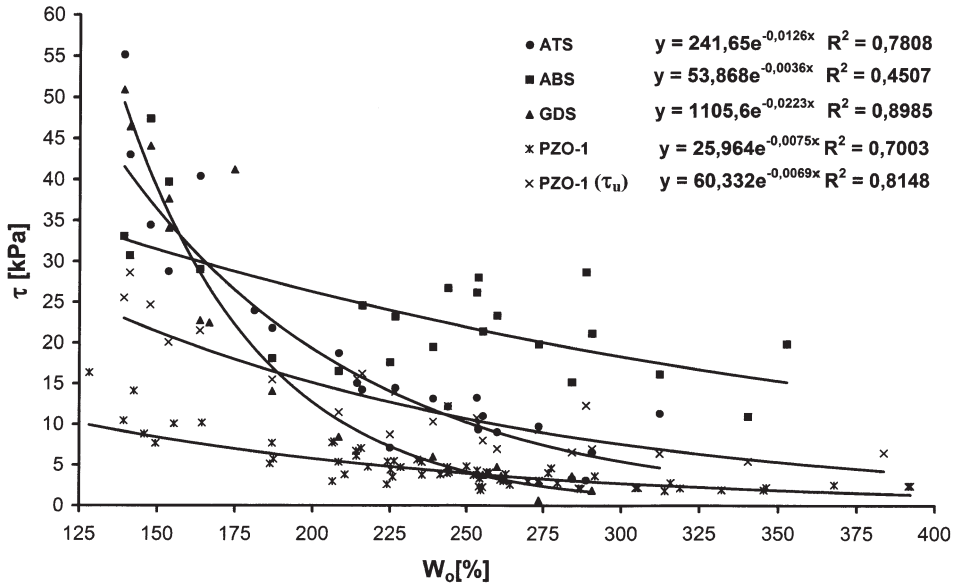
$$\tau_{fu} = \tau_{fv} \cdot \mu$$

gdzie

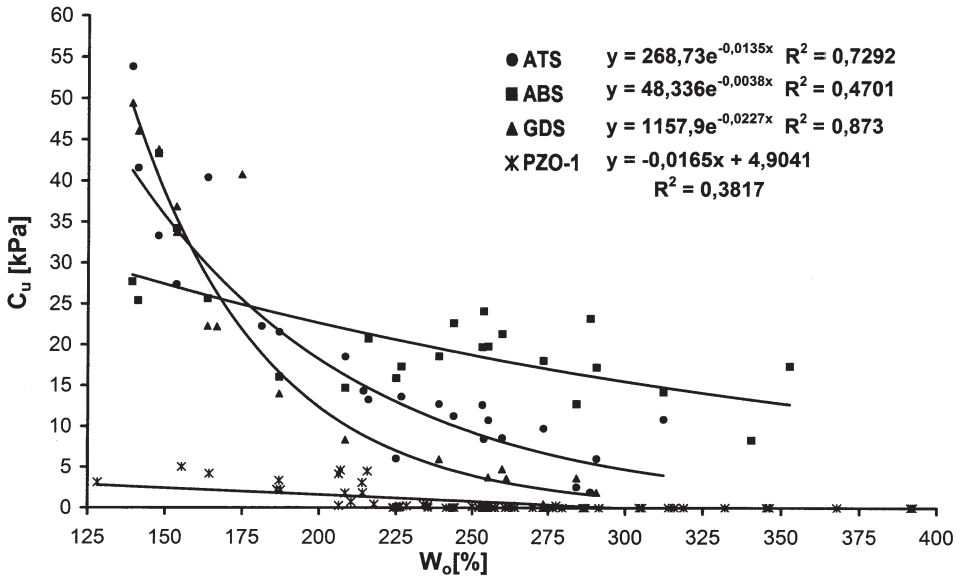
$$\tau_{fv} = \frac{2 \cdot M_{\max}}{\pi \cdot D_v^2 \left(H_v + \frac{D_v}{3} \right)}$$

Współczynnik poprawkowy μ przyjęto w oparciu o wskaźnik plastyczności z zależności Azzuoza (Lechowicz, 1992; Lechowicz, Szymański, 2002). Wyniki badań wytrzymałościowych próbek preparowanego torfu przedstawiono na rycinach 2–7.

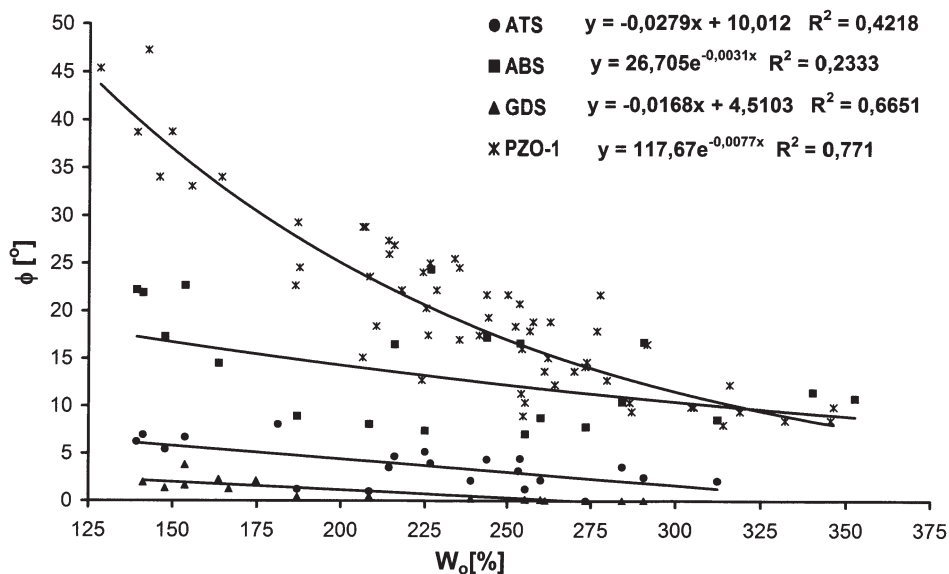
Zestawienie wartości parametrów wytrzymałościowych dla wybranych wilgotności próbek preparowanych



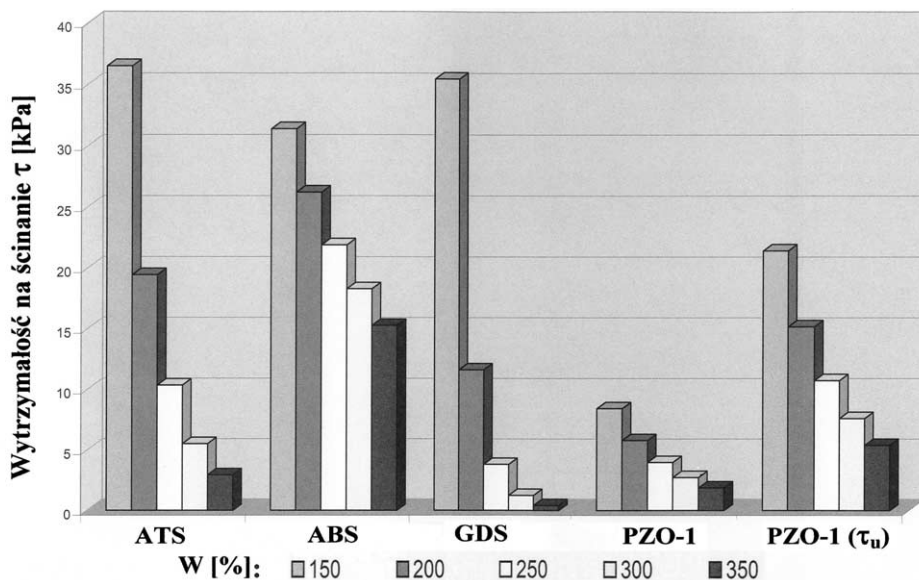
Ryc. 2. Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie torfu w zależności od wilgotności
 Fig. 2. Results of shear strength investigations of peat depending on water content



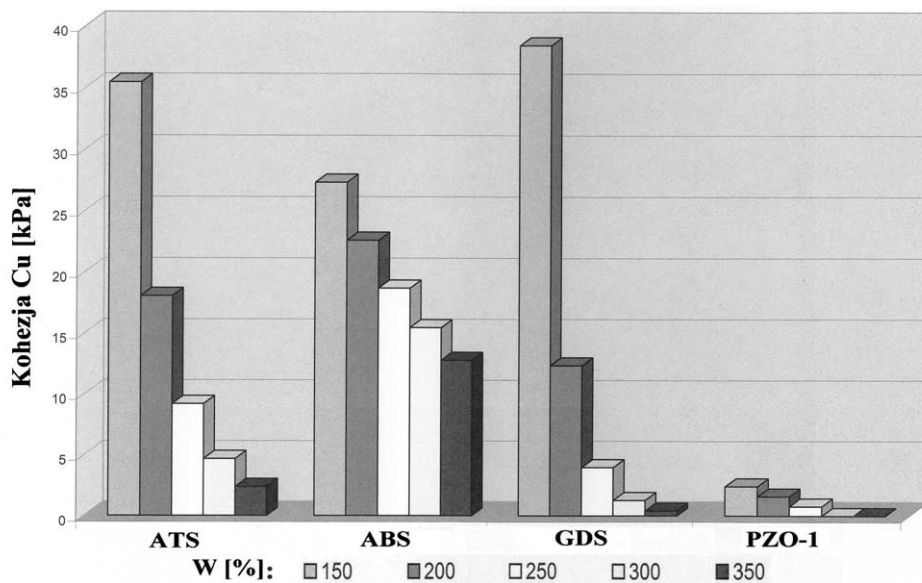
Ryc. 3. Zależność kohezji torfu od wilgotności
 Fig. 3. Correlation between cohesion and peat water content



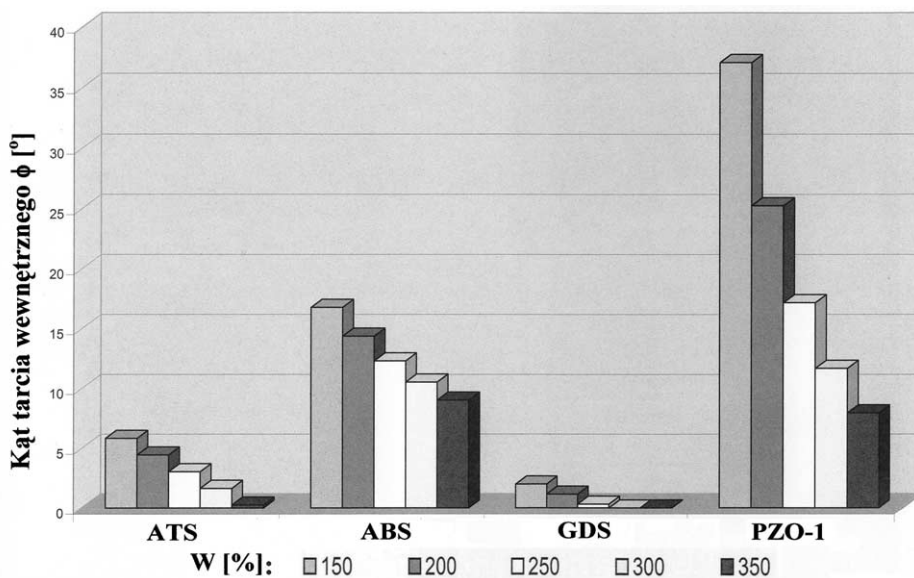
Ryc. 4. Zależność kąta tarcia wewnętrznego torfu od wilgotności
 Fig. 4. Correlation between angle of internal friction and peat water content



Ryc. 5. Przykładowe zestawienie wartości wytrzymałości na ścinanie torfu dla wybranych wilgotności
 Fig. 5. Exemplary listing of shear strength values for selected peat moistures



Ryc. 6. Przykładowe zestawienie wartości kohezji torfu dla wybranych wilgotności
 Fig. 6. Exemplary listing of cohesion values for selected peat moistures



Ryc. 7. Przykładowe zestawienie wartości kąta tarcia wewnętrzznego torfu dla wybranych wilgotności
 Fig. 7. Exemplary listing of angle of internal friction values for selected peat moistures

Wnioski

- Przedstawione w pracy wyniki laboratoryjnych badań wytrzymałościowych próbek preparowanych torfu o stopniowo obniżanej wilgotności, z wykorzystaniem różnych metod badawczych, należy traktować jako wstępne.
- Rozbieżności wyników badań pomiędzy poszczególnymi metodami są mniejsze dla serii próbek preparowanych o większych wilgotnościach.
- Planowane jest zweryfikowanie wyników badań próbek preparowanych z badaniami próbek o nienaruszonej strukturze i badaniami „in situ” torfów zalegających głębiej.

Literatura

- Garbulewski K., 2002. Wykorzystanie sondowań geotechnicznych do oceny stanu środowiska na terenach zdegradowanych. Konferencja Naukowo-Techniczna: „Zagospodarowanie gruntów zdegradowanych. Badania, Kryteria oceny. Rekultywacja”, Mrągowo.
- Jaremski J., Straż G., 2004a. Badania parametrów gruntowych pyłów rzeszowskich przy pomocy aparatu GDS Instruments Ltd. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 208, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 36: 37–46.
- Jaremski J., Straż G., 2004b. Wykorzystanie sondy PSO-1 w badaniach laboratoryjnych gruntów słabych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 37: 111–117.
- Jaremski J., Straż G., 2006. O możliwościach wykorzystania sondy PZO-1 w badaniach laboratoryjnych gruntów organicznych. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej 28, 1: 137–145.
- Lechowicz Z., 1992. Ocena wzmocnienia gruntów organicznych obciążonych nasypem. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Lechowicz Z., Szymański A., 2002. Odkształcenia i stateczność nasypów na gruntach organicznych. Cz. I. Metodyka badań. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Myślińska E., 2001. Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Okruszka H., 1995. Gleboznawstwo. Falenty.
- Pisarek S., Chaciński Z., Garbulewski K., Żakowicz S., Steckiewicz R., 2000. Nowa sonda obrotowa – piezosonda PZO-1 do badania wytrzymałości gruntów słabych. XII Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Problemy Geotechniczne Obszarów Przymorskich. Cz. III. Szczecin–Międzyzdroje, s. 165–179.
- PN-87/G-02500. Torf. Genetyczny podział surowca.
- Projekt badawczy KBN Nr T07E 01012: Nowa metodyka oceny nośności nasypów budowlanych na silnie odkształcalnym podłożu, 1999. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego, Warszawa.

