

Identyfikacja lokalnych gruntów organicznych na podstawie wyników badań sondą statyczną CPT

Grzegorz Straż

Katedra Geodezji i Geotechniki im. Kaspra Weigla, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska, e-mail: gstraz@prz.edu.pl

Streszczenie: W pracy zaprezentowano wyniki prób identyfikacji gruntów organicznych na podstawie rezultatów badań przeprowadzonych w warunkach *in situ* za pomocą sondy statycznej CPT. Przeanalizowano wyniki wybranych 439 sondowań, które odzwierciedlały zachowanie lokalnych gruntów organicznych zawierających od 6,3 do 17,4% części organicznych. Postawę rozpoznania gruntów stanowiły wartości pomierzone oporu pod stożkiem (q_c) i na pobocznicy walcowej końcówki sondy (f_s) oraz obliczony na ich podstawie współczynnik tarcia (R_f). Do identyfikacji gruntów organicznych wykorzystano wybrane kryteria zaprezentowane między innymi przez: Mayne'a [1], Marra [2,3,4], Bergmanna [2], Schmertmanna [2], Capanellę oraz Robertsona [3,4,5,6] i Młynarka [3,7]. Przeprowadzona analiza wykazała, że identyfikacja rodzajów gruntów organicznych w aspekcie współczesnej klasyfikacji normowej [8,9] z uwzględnieniem przyjętych kryteriów jest niejednoznaczna i nie pozwala na ich dokładne rozpoznanie na podstawie sondowań CPT.

Słowa kluczowe: grunty organiczne, torf, sonda statyczna CPT

1. Wprowadzenie

Precyzyjne rozpoznanie rodzaju gruntów organicznych współcześnie jest możliwe wyłącznie na podstawie badań laboratoryjnych próbek poprzez oznaczenie zawartości organicznej, najczęściej metodą prażenia lub utleniania. Niestety, pozyskanie właściwej jakości próbek gruntów organicznych, z uwagi na ich wyjątkowo dużą ściśliwość, niejednorodną budowę szkieletu gruntowego oraz zaleganie często poniżej zwierciadła wody gruntowej jest bardzo trudne, czasochłonne i nie zawsze próby te zakończone są sukcesem [10,11]. Dlatego w skali globalnej prowadzone są prace badawcze mające na celu wykreowanie wiarygodnych metod rozpoznania podłoża zbudowanego z gruntów organicznych na podstawie interpretacji wyników badań w warunkach *in situ* [2,5,6,12,13,14], które są bardzo korzystną alternatywą, gdyż eliminują proces badania samych próbek, w którym na każdym z etapów (pozyskanie, transport, przechowanie, przygotowanie do badań, montaż w aparaturze badawczej, zadanie właściwych parametrów testów) istnieje niebezpieczeństwo uszkodzenia czy nawet zniszczenia materiału badawczego, co jest szczególnie istotne właśnie w przypadku gruntów organicznych. Największą zaletą badań w warunkach *in situ* jest zapewnienie podczas testu niezmienności rzeczywistych warunków, co przekłada się bezpośrednio na wiarygodność uzyskanych wyników. Obecnie spektrum aparatury badawczej do badań polowych jest bardzo szerokie [7,12,13,15] a metody interpretacji wyników badań z roku na rok stają się coraz doskonalsze.

W niniejszym opracowaniu wykorzystano rezultaty badań lokalnych gruntów organicznych za pomocą sondy statycznej CPT, na podstawie których podjęto próbę rozpoznania podłoża poprzez identyfikację rodzaju gruntu organicznego. Zainteresowanie tym

zagadnieniem spowodowane było nie tylko coraz powszechniejszym wykorzystaniem w Polsce do badań sond statycznych CPT oraz CPTu, ale przede wszystkim bardzo ogólnymi i oszczędnymi w treści informacjami dotyczącymi możliwości klasyfikowania gruntów organicznych na ich podstawie, mimo iż obecnie istnieje wiele kryteriów z propozycjami klasyfikacji gruntów mineralnych. Zdarza się również, że korzystanie z danego kryterium jest uwarunkowane przynależnością do konkretnej grupy genetycznej [15]. Na wielu diagramach klasyfikacyjnych, również w skali globalnej, grunty organiczne nie są nawet wyszczególnione, np. propozycja Marra [3], a często opisywane są tylko jako torf (Bergman) [2], Robertson i Capanella [2]. Istnieją również schematy traktujące grunty organiczne ogólnie, podporządkować je jednemu nieokreślonego rodzajowi (Robertson, Młynarek) [3,5,7] lub charakteryzują je jako grunty mieszane, obejmujące również organiczne ropy (Schmertmann) [2]. Szczególnie dotyczy to warunków polskich, gdzie brakuje szczegółowych krajowych wytycznych, a ustalenie rodzaju gruntu organicznego do celów np. wykonania profilu gruntowego nie jest jednoznaczne i wymaga posiłkowania się dodatkowymi badaniami. Analizując niniejszą problematykę zaprezentowano umiejscowienie badanych lokalnych gruntów organicznych na różnych, najczęściej stosowanych diagramach klasyfikacyjnych.

2. Rozpoznanie geotechniczne

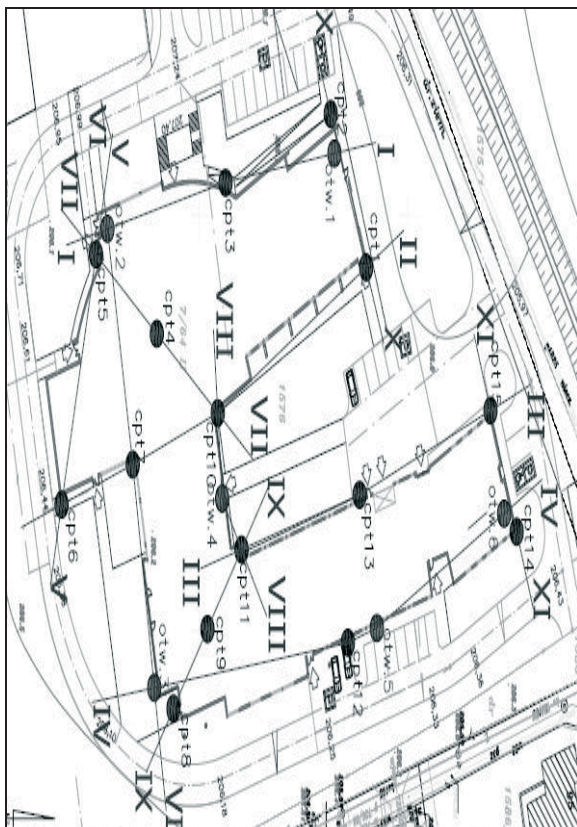
Przedmiotem analizy są wyniki rozpoznania podłoża przy ulicy Witolda w Rzeszowie, na terenie, gdzie obecnie zlokalizowany jest budynek dydaktyczny Uniwersytetu Teologiczno-Pastoralnego. Rozpoznanie wykonano w warunkach *in situ* poprzez sondowania sondą statyczną CPT oraz wiercenia kontrolne. Teren, na którym przeprowadzono badania, geograficznie zlokalizowany jest na terenie Pogórza Rzeszowskiego, w obrębie makroregionu Kotliny Sandomierskiej. Pod względem morfologicznym badany obszar położony jest w dolinie rzeki Młynówki, wznoszącej się lokalnie na wysokość ok. 206m n.p.m. zaś geologicznie, umiejscowiony jest w południowej części Zapadliska Przedkarpackiego [16].

W obrębie działki wykonano 15 sondowań sondą statyczną CPT, sięgających głębokości od 8,6m do 15,4m p.p.t. oraz 6 odwiertów kontrolnych, których lokalizację zaprezentowano na rysunku 1, do głębokości sięgającej maksymalnej do 15m p.p.t. Punkty pomiarowe znajdowały się na obszarach, gdzie zalegały grunty organiczne o różnej zawartości części organicznych.

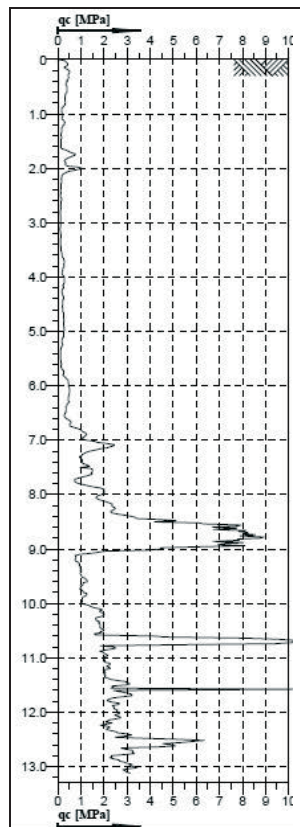
W ramach niniejszego opracowania analizie poddano 439 wyników sondowań sondą CPT w aspekcie rozpoznania podłoża, z którego wyselekcjonowano dane dotyczące tylko gruntów organicznych. Określona metodą wyrażania średnia zawartość części organicznych wybranych gruntów zawierała się w przedziale od 6,3 do 17,4%. Mając do dyspozycji tylko wyniki sondowań CPT, bez pomiaru ciśnienia wody w porach gruntu, na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto i rozpatrywano wartości pomierzone (niekorygowane) podstawowych parametrów, tj.: opór pod stożkiem (q_c) i opór na poboczniczy (f_s) oraz dodatkowo, obliczony na ich podstawie współczynnik tarcia (R_f):

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} 100\% \quad (1)$$

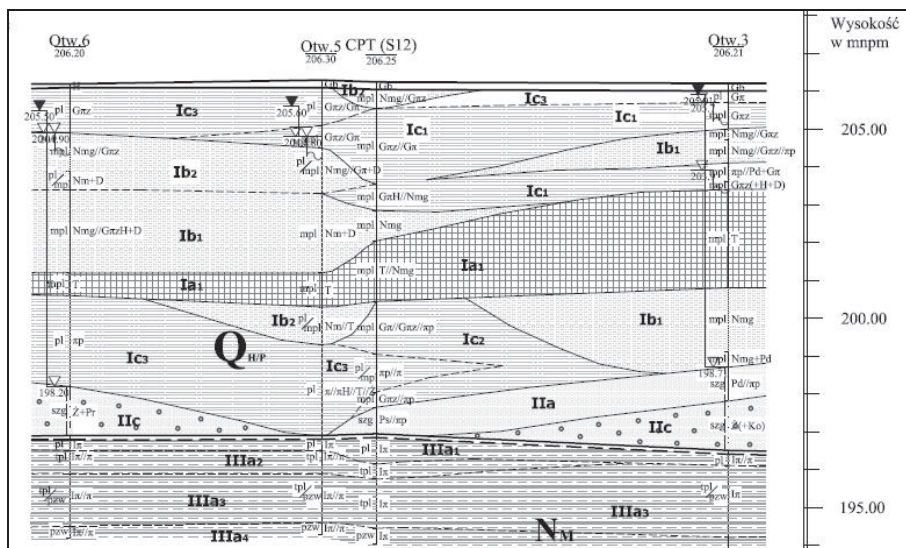
Przykładowe wyniki pomiarów oporu pod stożkiem dla sondowania CPT nr 11 [16] przedstawiono w postaci wykresu na rysunku 2.



Rys. 1. Mapa dokumentacyjna rozpatrywanego terenu z lokalizacją miejsc wykonania [16]



Rys. 2. Przykładowa zależność oporu pod stożkiem (q_c) sondy CPT w funkcji głębokości [16]

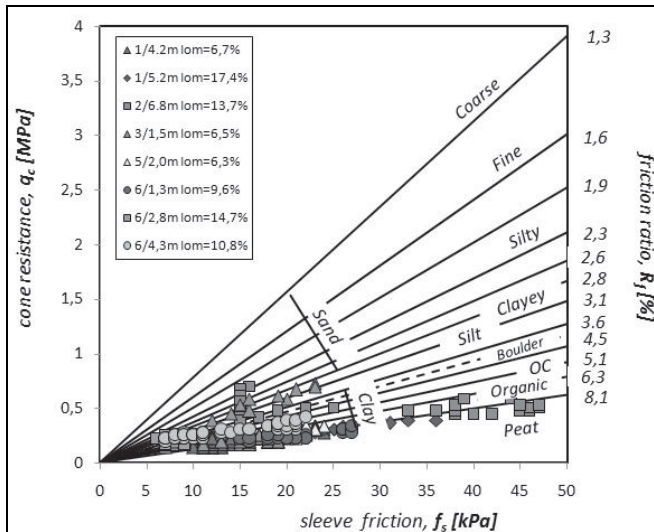


Rys. 3. Przykładowy przekrój geologiczno-inżynierski IV-IV dokumentujący lokalne warunki geotechniczne [16]

3. Identyfikacja rodzajów gruntów organicznych

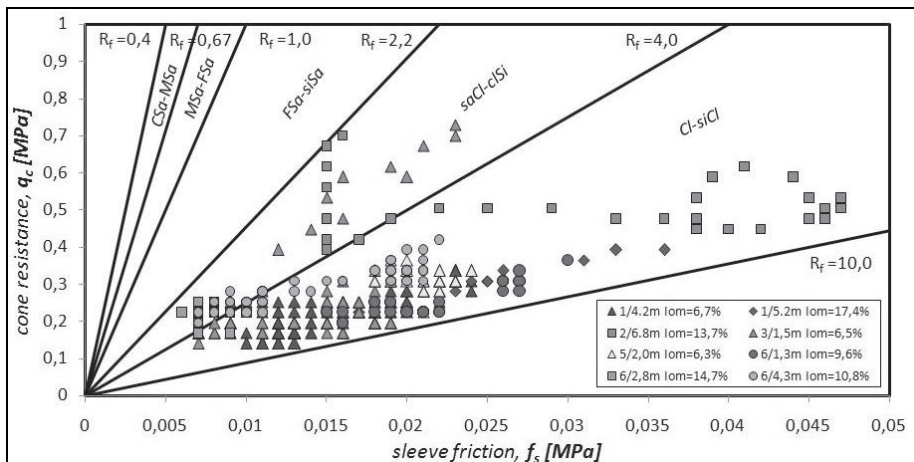
Polskie normy nie zawierają szczegółowych wytycznych dotyczących interpretacji wyników badań gruntów organicznych sondą CPT w aspekcie określenia ich rodzaju, więc do identyfikacji wykorzystano wybrane, najczęściej stosowane w praktyce światowej kryteria. Grunty organiczne, mimo że nie są gruntami prekonsolidowanymi, często charakteryzują się podobnymi do tych gruntów właściwościami [17,18], dlatego w pracy wykorzystano również wytyczne zawarte w normie do badań polowych PN-B-04452:2002 [3], dotyczące klasyfikowania gruntów prekonsolidowanych na podstawie sondowań CPT.

Pierwszą próbę identyfikacji gruntów przeprowadzono nanosząc wyniki badań na wykres (rys. 4) przedstawiający jeden z wcześniejszych systemów klasyfikacji gruntów na podstawie sondowań statycznych (Kulhawy, Mayne)[1].



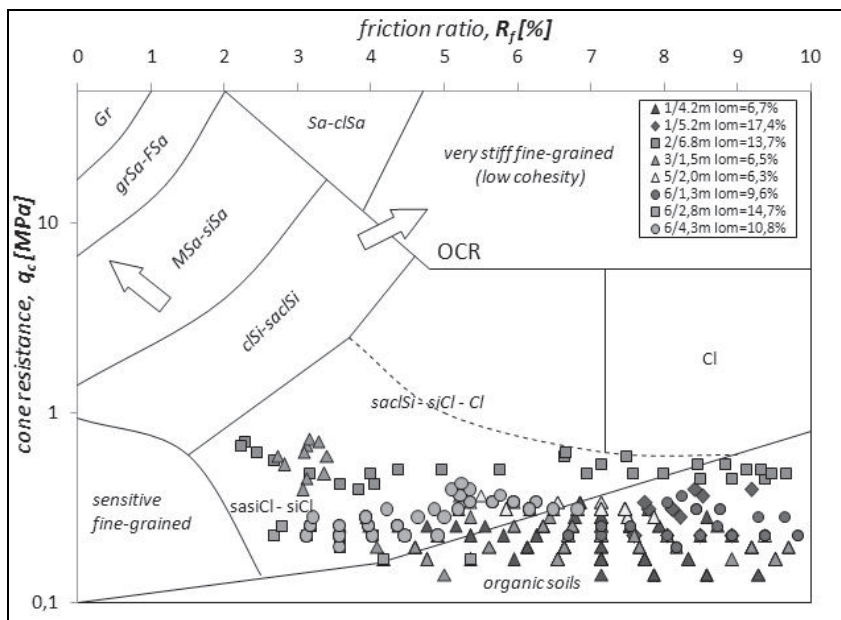
Rys. 4. Przykład wstępnej interpretacji wyników badań lokalnych gruntów organicznych sondą CPT

Następnie wykorzystano zmodyfikowany pierwszy z normowych wykresów, czyli diagram zaproponowany przez Marra [2,3,4], a rezultaty przedstawiono na rysunku nr 5.



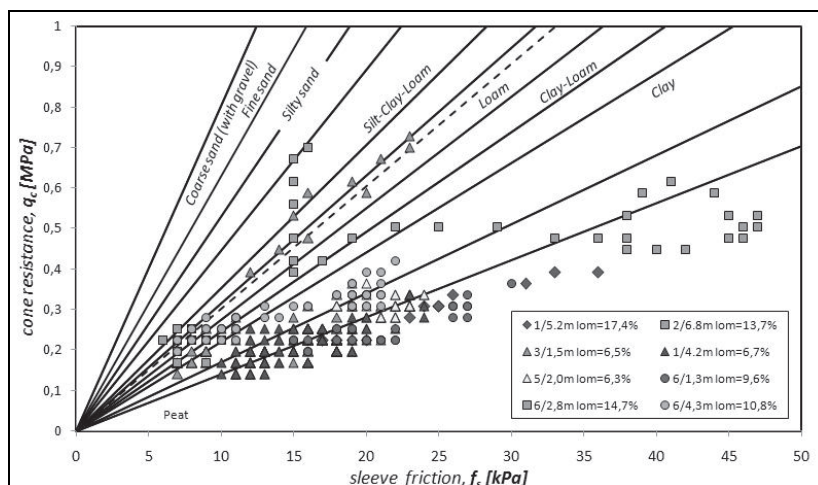
Rys. 5. Identyfikacja rozpatrywanych gruntów organicznych wg kryterium Marra

Kolejne przedstawione w pracy kryterium identyfikacyjne (rys.6) zawiera wytyczne przestawione na nomogramie Robertsona, zaadoptowanym do warunków polskich (Młynarek i inni) [4,5] i zaprezentowanym w normie [3] w odniesieniu do gruntów grupy genetycznej A, B i D.



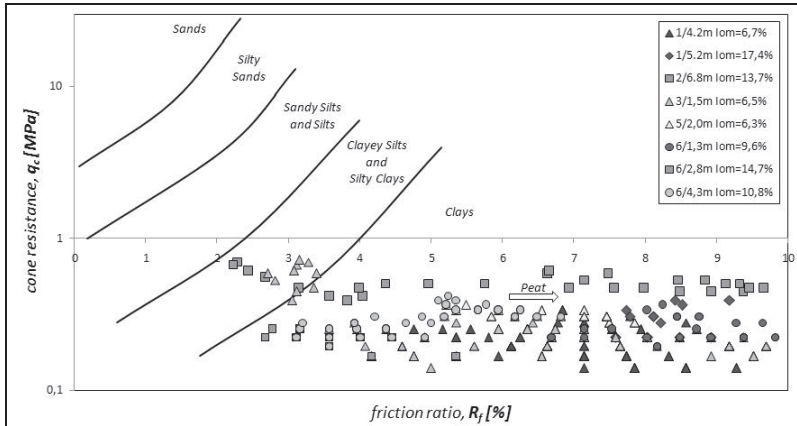
Rys. 6. Identyfikacja gruntów wg nomogramu Robertson'a zaadoptowanego dla warunków polskich

Rezultaty sondowań CPT naniesione na diagram Bergmanna [2] przedstawiono na rysunku 7, zaś Robertsona i Campanelli [2] na rysunku nr 8.

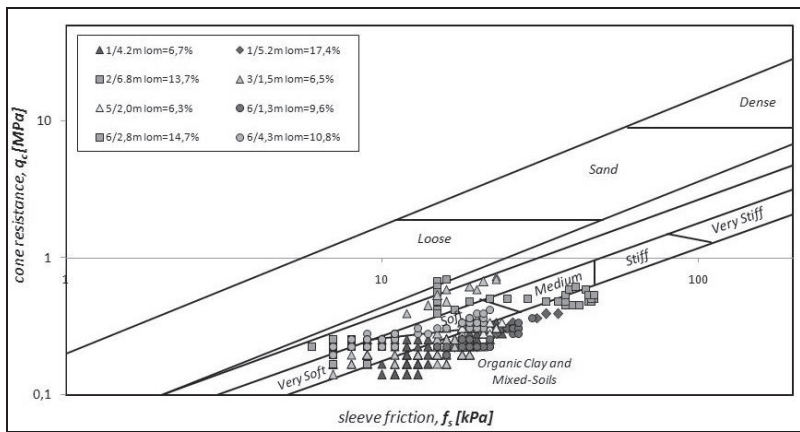


Rys. 7. Lokalizacja badanych gruntów organicznych na nomogramie zaproponowanym przez Bergmanna

Ostatni z przedstawionych wykresów (rys. 9) przedstawia wartości pomierzone parametrów badanych gruntów organicznych naniesione na schemat opracowany przez Schmertmanna, a uwzględniający kryterium Bergmanna [2].



Rys. 8. Klasyfikacja gruntów według nomogramu autorstwa Robertsona i Campanelli



Rys. 9. Nomogram Schmertmanna uwzględniający kryterium Bergmanna

4. Wyniki przeprowadzonych analiz

Analiza wyników sondowań sondą statyczną CPT w aspekcie ich przydatności do identyfikacji lokalnych gruntów organicznych, która byłaby pomocna do sporządzenia profili gruntowych czy przekrojów geotechnicznych nie przyniosła jednoznacznych rezultatów. Mimo iż wszystkie badane grunty należały wg podziału normowego [19] tylko do jednego rodzaju: gruntów organicznych (6-20% zawartości części organicznych), to umiejscowienie wartości pomierzonych wiodących parametrów, czyli oporu pod stożkiem i na pobocznicy oraz obliczonego na ich podstawie współczynnika tarcia na diagramach reprezentujących różne kryteria klasyfikacyjne wykazało, że znajdują się w obszarach przypisanych różnym rodzajom gruntów. Na pierwszym diagramie (rys.4) wyraźnie widać, że wyniki lokalizowane są zarówno w obszarze gruntów prekonsolidowanych (Peat, clOr), jak i normalnie skonsolidowanych (Cl, Si a nawet clSa, siSa). Kryterium Marra (rys.5) definiuje badane grunty jako grunty ilaste (saCl-Cl-siCl). Na wykresie (rys.6) normowym (adoptowanym Robertsona) zasięg punktów identyfikacyjnych niemal w połowie przypadków wykraczał poza część wydzieloną dla gruntów organicznych, lokalizując je w paśmie glin (sasiCl, saclSi), iłów pylastych (siCl) i samych iłów (Cl). Natomiast diagram Bergmanna (rys.7)

przyporządkowuje omawiane grunty do torfów (Peat), ilów (Cl), glin (Loam) i mieszanych (Clay-Loam, Loam, Silt-Clay-Loam). Klasyfikacja gruntów według diagramu autorstwa Robertsona i Campanelli (rys.8) określiła badane grunty jako torfy (Peat) graniczące z ilami (Cl) i w niewielkim stopniu gruntami mieszanymi pylasto-ilastymi (clSi, siCl). Przyjmując za układ odniesienia schemat Schmertmanna uwzględniający kryterium Bergmanna (rys.9) stwierdzono, że poddane analizie grunty zaliczane są do bardzo słabych, słabych i średniej wytrzymałości ilów organicznych (orCl) oraz gruntów mieszanych (Mixed Soils). Należy podkreślić, że bardzo istotny wpływ na uzyskane wyniki ma niewątpliwie również wyjątkowa w odniesieniu do gruntów mineralnych niejednorodność szkieletu gruntowego, w którym rozmieszczenie części organicznych jest losowe.

Z przeanalizowanych kryteriów najbardziej przydatny wydaje się być sposób identyfikacji oparty na systemie Schmertmanna, gdyż oprócz, jednoznacznego zdefiniowania gruntu w pewnych granicach umożliwi rozróżnienie tych gruntów pod względem wytrzymałości jako bardzo słabe, słabe i średnie, przy pomierzonym oporze pod stożkiem nie przekraczającym 700kPa i 50kPa na poboczniczy, co może być istotne do celów inżynierskich. Zobrazowane w pracy wyniki badań gruntów organicznych sondą statyczną CPT nie umożliwiają szczegółowego rozpoznania rodzaju gruntu organicznego ze względu na zwartość części organicznych czy genezę, dlatego zdaniem autora konieczne jest opracowanie nowych wytycznych, które pozwolą na podstawowe klasyfikowanie gruntów zgodnie z zaleceniami współczesnych norm klasyfikacyjnych [3,8,9].

Niniejsza praca powstała dzięki współpracy z Zakładem Usług Geotechnicznych GEOTECH sp. z o.o. z siedzibą w Tyczynie, który udostępnił autorowi obszerną dokumentację geotechniczną wraz z wynikami badań sondą statyczną CPT i wyraził zgodę na wykorzystanie do celów naukowo-badawczych, za co serdecznie dziękuję.

Literatura

- 1 Kulhawy F.H., Mayne P.W. Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. Research Project 1493-6. Cornell University, 1990.
- 2 Eslami A., Fellenius B.H. CPT and CPTu data for soil profile interpretation: review of methods and proposed new approach. Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B. Vol.28. No B1. Shiraz University (2004) 71-86.
- 3 PN-B-04452:2002 Geotechnika Badania polowe.
- 4 Pietrzykowski P. Emskie gytie I kreda jeziorna z Warszawy jako przykład “mocnych” gruntów organicznych. Biuletyn PIG 446 (2011) 385-386.
- 5 Robertson P. K., Cabal (Robertson) K.L. Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc., 2012.
- 6 Robertson P. K. Interpretation of in-situ tests – some insights. Mitchell Lecture - ISC'4 Brazil (2012) 1-22.
- 7 Młynarek Z., Tschuschke W., Wierzbicki J. Klasyfikacja gruntów pod łoża budowlanego metodą statycznego sondowania, XI Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania. Geotechnika w budownictwie i transporcie (1997) 119-126.
- 8 PN-EN ISO 14688-1. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1. Oznaczenie i opis.
- 9 PN-EN ISO 14688-2. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2. Zasady klasyfikowania.
- 10 Straż G. O niektórych problemach związanych z określaniem parametrów geotechnicznych rzeszowskich gruntów organicznych, w: Badania i analizy wybranych zagadnień z budownictwa. (ed. Bzówka J.) Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, s.143-150.

- 11 Straż G. Parametry wytrzymałościowe rzeszowskich namulów i torfów. Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów, 2011
- 12 Młynarek Z., Wierzbicki J. Nowe możliwości i problemy interpretacyjne polowych badań gruntów. *Geologos* 11 (2007) 97-118.
- 13 Młynarek Z. Regional report for CPT in east European countries. *Architecture Civil Engineering Environment*. Vol.4, no.1 (2011) 55-75.
- 14 National Cooperative Highway Research Program. Cone Penetration Testing. A Synthesis of Highway Practice. Transportation Research Board. Washington, 2007.
- 15 PN-EN 1992-1. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- 16 Dokumentacja geologiczno-inżynierska na rozpoznanie warunków geologiczno – inżynierskich dla potrzeb budowy budynku wielopiętrowego przy ul. Witolda w Rzeszowie. GEOTECH sp. z o.o., Zakład Usług Geologicznych i Projektowych Budownictwa i Ochrony Środowiska. Rzeszów, 2010.
- 18 Lechowicz Z., Szymański A. Odkształcenia i stateczność nasypów na gruntach organicznych. Cz.1. Metodyka badań. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 2002.
- 19 Wolski W. Geotechnical properties of peats and peaty soils. Methods of their determination. General report, Proc. 2nd Baltic Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tallin, 1988.

Identification of local organic soils based on cone penetration test results

Grzegorz Straż

Department of Geodesy and Geotechnics, Faculty of Civil Engineering and Environmental Engineering, Rzeszów University of Technology, e-mail: gstraz@prz.edu.pl

Abstract: This paper presents the results of attempts to identify organic soils on the basis of test results performed under in situ conditions by cone penetration testing (CPT). The results of 439 selected tests were analysed which reflected the behaviour of local organic soils of organic matter ranging from 6,3 to 17,4%. Crucial to soil investigation were values measured of cone resistance (q_c) and sleeve friction (f_s) and the friction ratio (R_f) estimated according to those values. To identify organic soils, selected criteria were used, proposed among others by: Mayne, Marr, Bergmann, Schmertmann, Capanella and Robertson [2,5]. An analysis showed that an identification of organic soil types in terms of the present classification of standards, in view of the criteria used, is ambiguous and does not allow to identify them precisely by CPT.

Keywords: organic soils, peat, cone penetration CPT