

Sebastian Olesiak*

SONDA WKRĘCANA WST W BADANIACH MIOCEŃSKICH IŁÓW KRAKOWIECKICH

1. Wstęp

Niniejszy artykuł stanowi bezpośrednią kontynuację badań opisanych w pracy [8], związanych z wykorzystaniem sondy wkręcanej WST w badaniach gruntów spoistych. Polskie Normy [10, 12] z zakresu geotechniki mówią o przydatności sondy WST w badaniach gruntów spoistych nie podając jednak żadnej interpretacji uzyskiwanych wyników. Interpretacje zamieszczane w podręcznikach akademickich [4, 5, 7, 8, 13] z zakresu geotechniki podają wykresy interpretacyjne dla specyficznych gruntów organicznych, mylnie traktując je jako wykresy dla gruntów spoistych [2, 6].

Badania laboratoryjne są czasochłonne i kosztochłonne, co powoduje, że projektanci często z nich rezygnują na korzyść szybszych a niekiedy tańszych badań polowych. Dużą wagą badań polowych jest fakt wykonywania ich *in situ*, z możliwością wychwycenia nawet drobnych nieciągłości, osłabień czy defektów w ośrodku gruntowym. Niemniej dla właściwego prowadzenia badań w terenie z wykorzystaniem tylko sprzętu polowego istnieje potrzeba jego poprawnego wykalibrowania, a co za tym idzie posiadania odpowiednich interpretacji dla wyników uzyskiwanych z sondowań. Dotyczy to zarówno urządzeń mechanicznych, które znajdują szerokie zastosowanie w trudnych warunkach geotechnicznych dla ważnych obiektów budowlanych, ale także urządzeń ręcznych wykorzystywanych w prostszych przypadkach lub w miejscach, gdzie wprowadzenie sprzętu mechanicznego nie jest możliwe.

W pierwszej kolejności wytypowano do badań gruntów spoistych z użyciem sondy wkręcanej WST mioceńskie łył krakowieckie. Są to grunty, które bardzo często występują na terenie Krakowa i w jego okolicy. W pracy [6] analizowano łył w rejonie kopalni łył w Zesławicach. W tej pracy omówiono wyniki badań łył z rejonu Mydlnik.

* Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

2. Opis rejonu badań

Mioceńskie ropy morskie występują powszechnie w zapadlisku przedkarpackim, które obejmuje swym zasięgiem znaczny teren Małopolski i województw sąsiednich (Śląskie, Podkarpackie i Lubelskie). Jego rozciągłość w kierunku równoleżnikowym na terenie Polski wynosi około 340 km. Szerokość jest zmienna, a w okolicy Krakowa występuje jego wyraźne przewężenie, dzielące zapadlisko na część zachodnią — wąską i wschodnią — szeroką. Ropy w zapadlisku niekiedy występują na powierzchni terenu przykryte tylko warstwą gruntów organicznych, częściej jednak zalegają pod nakładem gruntów czwartorzędowych tj.: lessy, aluwia, gliny, gliny lodowcowe, utwory deluwialne, itp. [3].

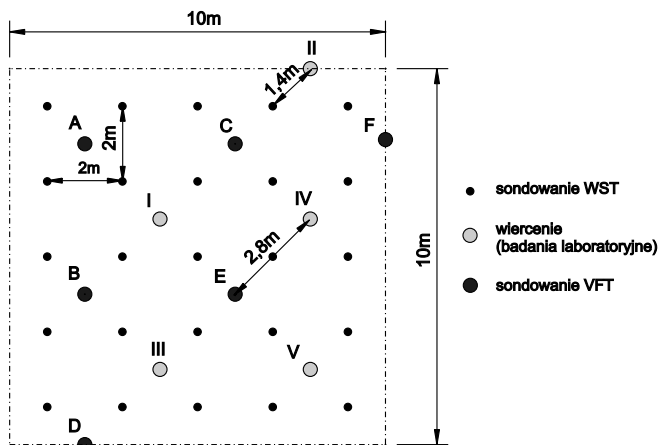
Do badań z wykorzystaniem sondy wkręcanej WST wytypowano rejon Mydlnik. Rejon ten znajduje się około 20 km na zachód od centrum Krakowa. Działka, na której prowadzone były badania, jest własnością AGH i od 12 lat prowadzone są tutaj studenckie praktyki geotechniczne, dlatego podłoże rozpoznanie jest bardzo dokładne. Działka znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie Fortu 41a Mydlniki.

Na podstawie posiadanej wiedzy wytypowano rejon do badań kalibracyjnych. W rejonie tym mioceńskie ropy krakowieckie zalegają praktycznie bezpośrednio pod warstwą organiczną o miąższości około 20 cm, pod którą zalega mieszanina ropy, glin i gruntów organicznych o miąższości około 30 cm. Strop analizowanych mioceńskich ropy krakowieckich znajduje się na głębokości ok. 50 cm. Wytypowany do badań rejon jest płaski, podobnie jak strop ropy krakowieckich a rzędna terenu jest na wysokości $261,0 \pm 0,5$ m n.p.m. Pod warstwą ropy krakowieckich zalega rumosz wapienny, a następnie lita skała wapienna, której stropu w omawianym rejonie nigdy nie udało się nawiercić w trakcie praktyk geotechnicznych.

3. Geotechniczne badania polowe ropy mioceńskich z Mydlnik

W wytypowanym rejonie wyznaczono płaskie pole badawcze w kształcie kwadratu o powierzchni 100 m^2 . W trakcie badań polowych wykonano 11 otworów badawczych i 25 sondowań sondą wkręcaną WST. Zarówno odwierty jak i sondowania wykonywano do głębokości około 5,5 m. Sondowania zlokalizowane zostały równomiernie na całej powierzchni pola badawczego w siatce 2×2 m. Plan pola badawczego przedstawiony został na rysunku 1.

W sześciu otworach badawczych (A, B, C, D, E, F) z częstotnością 1 metra prowadzone były badania z wykorzystaniem sondy skrzydełkowej FVT. Za jej pomocą wyznaczono wytrzymałość na ścinanie bez odpływu τ_{\max} i wartość wytrzymałości resztkowej po zniszczeniu struktury gruntu τ_{\min} . Wyniki badań sondą skrzydełkową przedstawia tabela 1, w której przedstawiono wartości średnie wytrzymałości na ścinanie z sześciu otworów i dodatkowo wyznaczono stopień wrażliwości gruntu oraz oszacowano stopień plastyczności na podstawie PN-B-04452:2002.



Rys. 1. Schemat pola badawczego

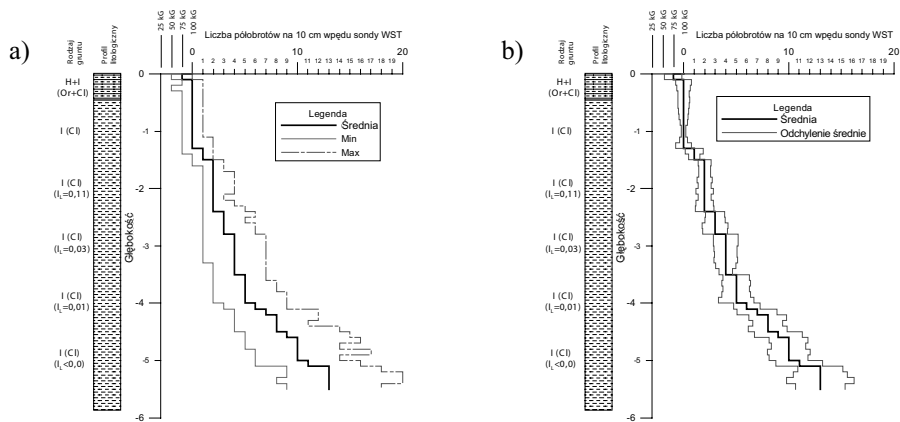
TABELA 1

Wyniki badań sondą skrzydełkową FVT

Głębokość	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Wytrzymałość na ścinanie τ_{\max} [kPa]	73,8	121,3	150,7	184,2	> 200
Wytrzymałość reszkowa na ściananie τ_{\min} [kPa]	29,0	41,2	45,2	57,0	—
Stopień wrażliwości gruntu I_R $I_R = \tau_{\max}/\tau_{\min}$	2,54	2,94	3,32	3,23	—
Stopień plastyczności I_L	0,29	0,13	0,03	< 0,0	< 0,0
Stan gruntu	pl	tpl	tpl	pzw	zw

W trakcie badań kalibracyjnych sondy WST wykonano 25 sondowań zliczając półobrotów na każde 10 cm wępudy sondy, podobnie jak miało to miejsce w pracy [6]. Jest to podejście bardziej uniwersalne, gdyż nic nie stoi na przeszkodzie by zsumować dwa kolejne odczyty i tym samym uzyskać liczbę półobrotów na każde 20 cm wępudy sondy. Zliczanie półobrotów na każde 20 cm zalecają Polskie Normy [10, 12] do interpretacji wyników sondowań sondą WST dla gruntów niespoistych. Wyniki z sondowań przedstawiono na rysunku 2. Na wykresach oprócz krzywej przedstawiającej uśrednione wyniki z 25 sondowań, przedstawiono krzywe obrazujące wartość minimalną i maksymalną uzyskaną w trakcie sondowania (rys. 2a) i wartość odchylenia średniego (rys. 2b).

Z otworów badawczych (I, II, III, IV, V) pobierany był materiał do badań laboratoryjnych, ale równocześnie wykonywano badania makroskopowe gruntu, przede wszystkim pod kątem oceny stanu ilów. Wyniki z badań makroskopowych zostały dla porównania dołączone do tabeli 3.



Rys. 2. Wykres sondowania ilów mioceńskich z Mydlnik sondą WST:
 a — wraz z wartością minimalną i maksymalną uzyskanych półobrotów,
 b — wraz z wyznaczonym odchyleniem średnim liczby półobrotów

4. Badania laboratoryjne ilów z rejonu Mydlnik

Badania laboratoryjne wykonano na próbkach pobranych z pięciu otworów badawczych (I, II, III, IV, V). Próbki pobierano co jeden metr głębokości. Materiał pobierano w ilości pozwalającej zawsze na wykonanie dwóch oznaczeń. W ramach badań laboratoryjnych wykonano następujące oznaczenia własności fizycznych zgodnie z normą PN-B-04481:1988, tj.:

- wilgotności naturalnej, w ,
- gęstości objętościowej, r ,
- granicy plastyczności, w_p ,
- granicy płynności, w_L ,
- wyznaczono stopień plastyczności, I_L .

Wyniki z badań laboratoryjnych zebrano w tabeli 2, gdzie przedstawiono wartości średnie z pięciu otworów.

TABELA 2

Wyniki badań laboratoryjnych ilów mioceńskich z Mydlnik

Głębokość	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Wilgotność naturalna, w [%]	38,49	35,34	33,14	31,90	28,64
Gęstość objętościowa, r [g/cm ³]	1,83	1,93	1,97	1,99	1,98
Granica plastyczności, w_p [%]	27,26	29,29	31,75	31,35	31,24
Granica płynności, w_L [%]	80,32	84,79	85,74	85,74	83,89
Stopień plastyczności, I_L	0,21	0,11	0,03	0,01	-0,05
Stan gruntu	tpl	tpl	tpl	tpl/pzw	pzw

Próbki grunty, pobrane z głębokości jednego metra, w trakcie badań laboratoryjnych wykazywały bardzo dużą zmienność uzyskiwanych wyników. Są to grunty warstwy przy powierzchniowej, narażone na znaczny wpływ czynników atmosferycznych. Dodatkowo w okresie zimowym podlegają wielokrotnemu przemarzaniu, a kontakt z warstwą organiczną ma wpływ na ich skład ziarnowy i mineralny. Dlatego do uzyskanych wyników z badań laboratoryjnych dla tej głębokości należy podchodzić tylko jakościowo.

5. Propozycja nomogramu dla sondy WST — ility krakowieckie

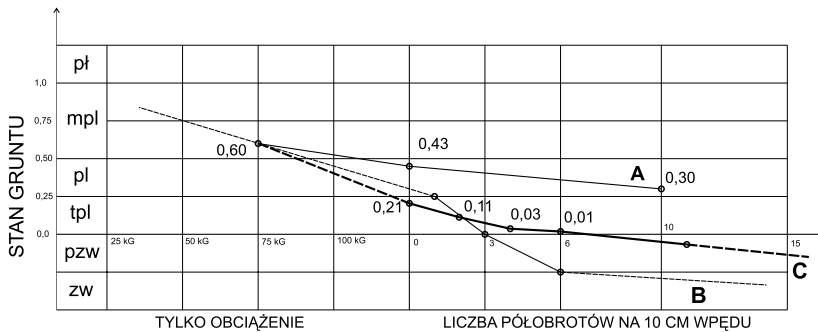
Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych wyznaczono wartości stopnia plastyczności ility w zależności od głębokości ich zalegania. W celu pełnej oceny wykonano niejako równocześnie ocenę makroskopową i badania z użyciem sondy skrzydełkowej, na podstawie których również wyznaczono stopień plastyczności. Wyniki zebrano w tabeli 3, w której dodatkowo przedstawiono wartości średnie liczby półobrotów z sondowań sondą WST. Wyniki dobrze do siebie pasują niezależnie od metody badawczej. Największe różnice w wyznaczeniu stopnia plastyczności dotyczą tylko pierwszego metra.

TABELA 3
Zestawienie wyników badań

Głębokość	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
BADANIA LABORATORYJNE					
Stopień plastyczności, I_L	0,21	0,11	0,03	0,01	-0,05
Stan gruntu	tpl	tpl	tpl	tpl/pzw	pzw
BADANIA MAKROSKOPOWE					
Liczba wałeczkowań	5/6	2/3	1/2	0/1	0
Stopień plastyczności, I_L	0,25	0,10	0,05	0,00	< 0,0
Stan gruntu	pl/tpl	tpl	tpl	pzw/tpl	zw
SONDOWANIE VFT					
Stopień plastyczności, I_L	0,29	0,13	0,03	< 0,0	< 0,0
Stan gruntu	pl	tpl	tpl	pzw	zw
SONDOWANIE WST					
Średnia liczba półobrotów	0100 kG	2	4	6	11

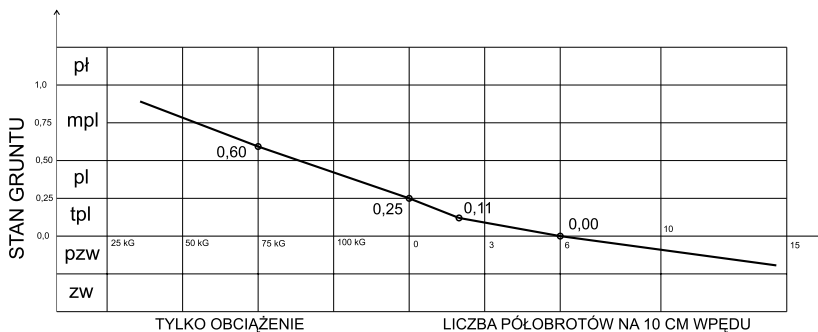
Na podstawie uzyskanych wyników na rysunku 3 przedstawiono interpretację dla sondowań z użyciem sondy WST. Na rysunku tym przedstawiono trzy linie:

- linia A, (przerysowana ze wszystkimi elementami z pracy [2]) przedstawia znaną zależność pomiędzy liczbą półobrotów a stopniem plastyczności dla wybranych gruntów organicznych,
- linia B, to zależność pomiędzy liczbą półobrotów a stopniem plastyczności dla ility krakowieckich z Zesławic [6],
- linia C, obrazuje wyniki badań uzyskane w ramach tej pracy dla ility z Mydlnik.



Rys. 3. Nomogram do określania stopnia plastyczności gruntów:
 A — grunty organiczne [2], B — iły krakowieckie z Żesławic [6],
 C — iły krakowieckie z Mydlnik

Na podstawie dalszej analizy i w związku z faktem, że nomogram na rysunku 3 staje się nieczytelny, interpretację wyników sondowań dla iłów krakowieckich przedstawiono na oddzielnym nomogramie (rys. 4).



Rys. 4. Nomogram do określania stopnia plastyczności
 krakowieckich iłów mioceńskich

6. Podsumowanie

Badania polowe z wykorzystaniem sprzętu ręcznego należą do najtańszych i najszybszych i stanowią wystarczające narzędzie do wyznaczania podstawowych parametrów ośrodka gruntowego. Sonda wkręcana WST posiada przewagę nad innymi sondami ręcznymi, zwłaszcza nad sondą dynamiczną, gdyż nie wymaga dodatkowych wierceń związanych z ustaleniem rodzaju sondowanego gruntu. W trakcie wkręcania sondy WST w gruntach niespoistych słyszalny jest wyraźny szum, który zanika przy penetracji gruntów spoistych. Dodatkową zaletą sondy wkręcanej są jej możliwości penetracyjne we wszelkiego rodzaju rumoszach, gruntach kamienistych, a nawet odpadach komunalnych, gdzie sonda dynamiczna okazała się całkowicie bezużyteczna [1].

Prezentowana na rysunku 4 propozycja interpretacji wyników z sondowań WST dla iłów krakowieckich zwiększa możliwości wykorzystania sondy w gruntach spoistych. Niemniej jednak, jest to dalej początkowa faza badań nad pełną interpretacją wyników.

LITERATURA

- [1] *Cała M., Flisiak J., Olesiak S.*: Analiza stanu wału oporowego wraz z analizą stateczności i kwatery składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem w związku z końcem jej eksploatacji. AGH KGBiG, Kraków 2007 (praca niepublikowana)
- [2] *Dudzikowski R., Fabianowski J.*: Badania gruntów aluwialnych statyczną sondą (szwedzką) wkręcaną ręcznie. Technika Poszukiwań Geologicznych, nr 1, 1974, s. 30–35
- [3] *Grabowska-Olszewska B.*: Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych. PWN, Warszawa 1998
- [4] *Ignut R., Kłębek A., Puchalski R.*: Terenowe badania geologiczno-inżynierskie. WG, Warszawa 1973
- [5] *Kostrzewski W.*: Mechanika gruntów. Parametry geotechniczne gruntów budowlanych oraz metody ich wyznaczania. PWN, Warszawa 1980
- [6] *Olesiak S.*: Wykorzystanie sondy wkręcanej WST w badaniach mioceńskich iłów krakowieckich. Górnictwo i Geoinżynieria, zeszyt 1, 2009, s. 467–473
- [7] *Pisarczyk S., Rymśa B.*: Badania laboratoryjne i polowe gruntów. OWPW, Warszawa 1993
- [8] *Pisarczyk S.*: Gruntoznawstwo inżynierskie. PWN, Warszawa 2001
- [9] Polska Norma PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [10] Polska Norma PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe
- [11] Polska Norma PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
- [12] Polska Norma PN-EN-1997-2 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
- [13] *Sanecki L.*: Geotechniczne badania polowe. Wydawnictwa AGH, Kraków 2003