

Ocena wybranych właściwości wytrzymałościowych ilów miocenских na podstawie badań sondą wkręcaną WST

Dr inż. Sebastian Olesiak

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

Badania nad wykorzystaniem sondy wkręcanej WST w gruntach spoistych zapoczątkowano w 2008 roku, a następnie były kontynuowane w latach kolejnych. W niniejszym artykule zebrano wyniki z prac wcześniejszych [8, 24 ÷ 29] oraz z kolejnego rejonu badawczego. Zawarte w nim porównania i ana-

lizy wyników uzyskanych z geotechnicznych badań polowych i laboratoryjnych pozwoliły na zaproponowanie własnej interpretacji wyników z sondowań WST do określania wybranych właściwości wytrzymałościowych ilów miocenских zapadliska przedkarpackiego.

Na podstawie tych badań opracowano zależności między wielkością charakterystyczną dla sondy wkręcanej WST, tj.: liczbą pólóbrotów N_{WST} , a spójnością i kątem tarcia wewnętrznego analizowanych gruntów. Posłużyły one do opracowania nomogramu, przy tworzeniu którego przyjęto zasadę, że powinna cechować go duża intuicyjność i prostota, tak, by można było korzystać z niego w terenie w trakcie prowadzenia badań geotechnicznych bez potrzeby wykonywania dodatkowych obliczeń.

Geotechniczne badania polowe były prowadzone na terenie miejscowości Połaniec w województwie świętokrzyskim. Rejon badań oraz charakterystyka poletka badawczego opisano szeroko w pracy [29].

ZALEŻNOŚĆ SPÓJNOŚCI I KĄTA TARCIA WEWNĘTRZNEGO OD LICZBY PÓŁOBROTÓW N_{WST}

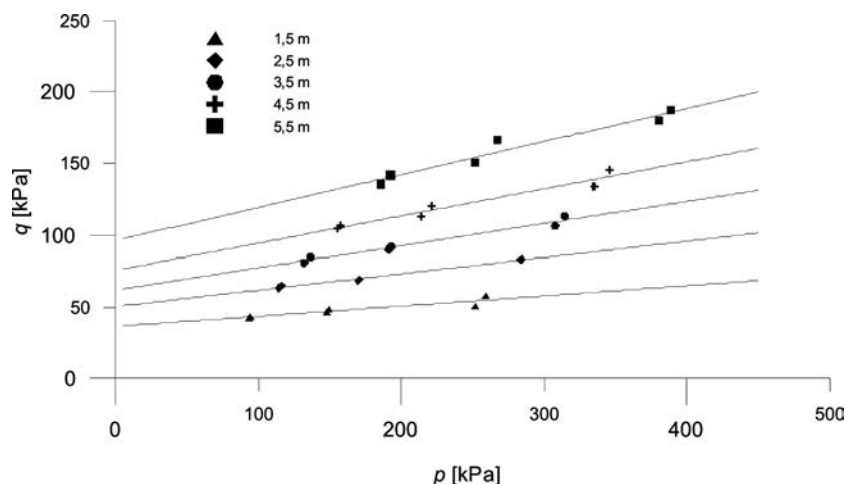
Dużym problemem w badaniach wytrzymałościowych gruntów jest pobieranie próbek badawczych wiernie reprezentujących materiał naturalny. Do tego celu zaprojektowano i wykonano próbniki pozwalające na pobieranie próbek o nienaruszonej strukturze (kategoria A, NNS) z wykorzystaniem osprzętu sondy wkręcanej WST [8].

Wszystkie badania wytrzymałościowe były wykonywane w aparacie trójosiowego ściskania firmy GDS Instruments Ltd [8]. Badania wytrzymałościowe prowadzono metodą UU (*unconsolidated undrained*), czyli bez wstępnej konsolidacji i bez

odpływu wody w czasie ścinania. Zawartość wody w próbce była utrzymywana na stałym poziomie. W trakcie badania dokonywano pomiaru ciśnienia wody w porach gruntu u . Badania wykonywano dla trzech ciśnień okólnych $\sigma_3 = 50, 100$ i 200 kPa. Prędkość osiowych przemieszczeń próbek (prędkość ścinania v_s) wynosiła $0,01 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$. Dodatkowo, przed i po badaniu, określano wilgotność ilów. Na podstawie badań trójosiowych wyznaczono, dla naprężeń całkowitych σ_1 i σ_3 , kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u i spójność c_u badanych gruntów. W celu określenia kąta tarcia wewnętrznego i spójności przebadano średnio $8 \div 10$ próbek przy różnych ciśnieniach bocznych σ_3 , z jednej lokalizacji i jednej głębokości.

Z prac Kaczyńskiego [16-18] wynika, że dla ilów mioceńskich zapadliska przedkarpackiego w warunkach niskich ciśnień (do 1 MPa) wyniki badań w aparacie trójosiowego ściskania wystarczająco poprawnie interpretuje się według kryterium Coulomba-Mohra. Parametry wytrzymałościowe badanych gruntów określano w układzie $q = f(p)$, gdzie $p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$, a $q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ oraz wykorzystując związki geometryczne pomiędzy parametrami zmodyfikowanymi c_T i ϕ_T a parametrami właściwymi spójności i kąta tarcia wewnętrznego c_u i ϕ_u [1, 9, 14, 20, 31].

Przy doborze wyników przyjęto kryterium, wzorując się na Polskiej Normie PN-B-04481:1988 i modyfikując je do przyjętej metodyki badania. Wynikiem badania określonej grupy ilów było co najmniej sześć par wartości p i q . Do wyników dobierano zawsze po dwie pary reprezentujące ciśnienie w ko-



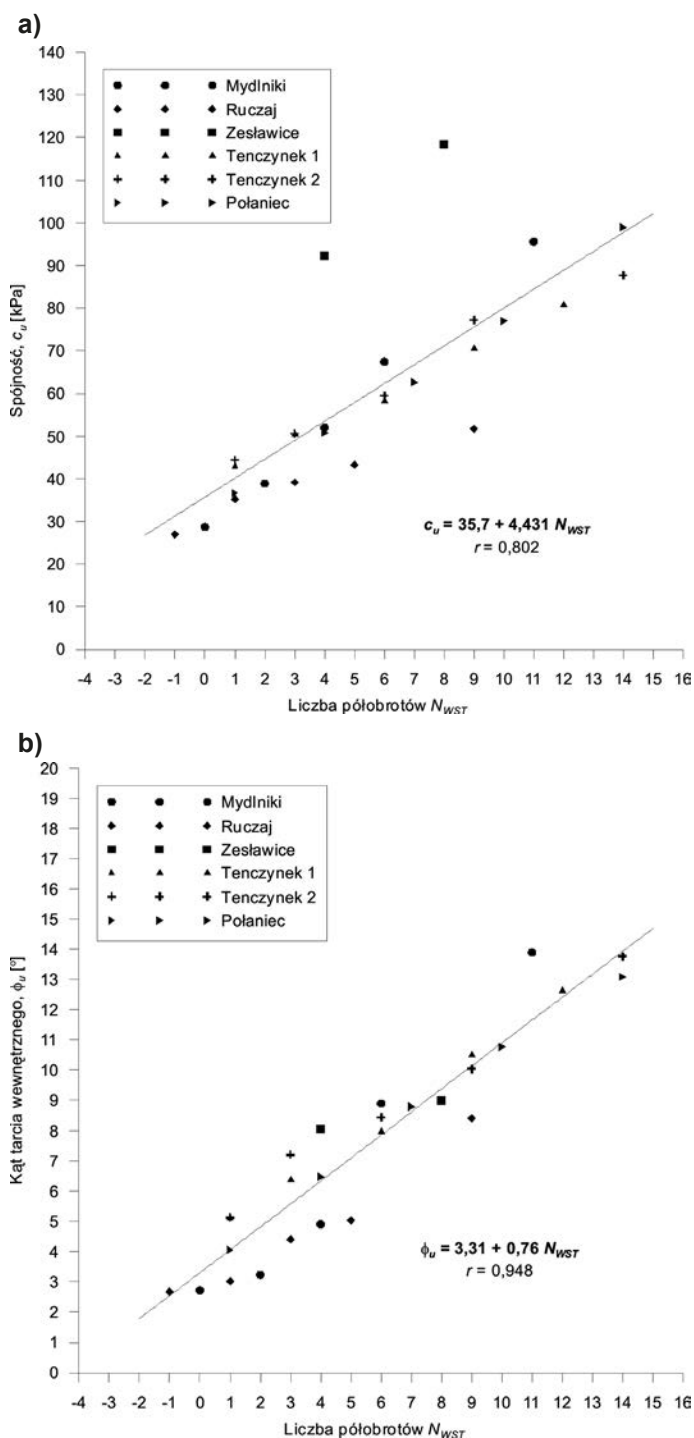
Rys. 1. Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie ilów

Tabl. 1. Wyniki badań wytrzymałościowych ilów

Głębokość [m] p.p.t.	Średnia wilgotność w [%]	Parametry równania prostej $q = c_T + \text{tg } \phi_T \times p$			Współczynnik korelacji liniowej r	Dla naprężeń całkowitych	
		c_T [kPa]	$\text{tg } \phi_T$	ϕ_T [°]		Spójność c_u [kPa]	Kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u [°]
1,5	29,70	36,561	0,0709	4,06	0,921	36,65	4,06
2,5	27,12	50,449	0,1135	6,48	0,994	50,78	6,49
3,5	25,05	61,889	0,1542	8,53	0,985	62,64	8,80
4,5	22,67	75,601	0,1890	10,70	0,977	76,99	10,77
5,5	20,38	96,275	0,2304	12,97	0,974	98,94	13,09

morze odpowiednio 50, 100 i 200 kPa. Wyznaczony współczynnik korelacji liniowej r dla liniowej zależności $q = f(p)$ musiał być większy od 0,9. Próbkę nie spełniające przyjętego powyżej kryterium były odrzucane, a badania wytrzymałościowe prowadzono do momentu uzyskania sześciu wyników spełniających przyjęte kryterium. Wyniki badań dla Połania zebrało w tabl. 1 i na rys. 1.

Próbki z głębokości 1,5 m deformowały się plastycznie („beczki”) lub zniszczenie przebiegało po powierzchniach poślizgu, ale ze znaczną deformacją plastyczną próbek i bez wy-



Rys. 2. Zależności spójności i kąta tarcia wewnętrznego od liczby półobrotów N_{WST} : a) spójność c_u , b) kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u . Mydlniki [8, 25], Ruczaj [8, 26], Zesławice [8, 24], Tenczynek „1” [27], Tenczynek „2” [28]

rażnego spadku naprężenia dewiatorowego wraz z wzrostem okształcenia. Znaczna deformacja plastyczna próbek nie pozwalała na jednoznaczne określenie kąta ścicia próbek (około 51 do 55 stopni), jak i opisu makroskopowego powierzchni ścicia. Wraz ze spadkiem wilgotności gruntu, który ma miejsce od 2,5 m głębokości, generalnie próbki niszczą się po wyraźnych powierzchniach poślizgu. Powierzchnie były nierówne, śliskie i błyszczące z wyraźnymi rysami poślizgowymi. W zależności od ciśnienia bocznego σ_3 , kąt ścicia próbek był bardzo różny i wahał się w zakresie od 37 do 64 stopni.

Na rys. 2 i w tabl. 2 zestawiono dotychczasowe wyniki z badań polowych i laboratoryjnych dotyczące określania wybranych właściwości wytrzymałościowych iłów mioceńskich z następujących rejonów badawczych zlokalizowanych w okolicy

Tabl. 2. Zestawienie wyników wybranych właściwości wytrzymałościowych dla naprężeń całkowitych i liczby półobrotów N_{WST}

Lokalizacja	Głębokość [m]	Liczba półobrotów N_{WST}	Spójność c_u [kPa]	Kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u [°]
Zesławice [8, 24]	3	4	92,25	8,07
	5	8	118,31	9,00
Mydlniki [8, 25]	1	0	28,69	2,72
	2	2	38,86	3,24
	3	4	51,97	4,92
	4	6	67,42	8,90
	5	11	95,55	13,90
Ruczaj [8, 26]	1	-1	27,00	2,67
	2	1	35,22	3,02
	3	3	39,17	4,41
	4	5	43,20	5,04
	5	9	51,77	8,42
Tenczynek „1” [27]	1	1	42,95	5,12
	2	3	50,28	6,37
	3	6	58,11	7,98
	4	9	70,61	10,50
	5	12	80,79	12,63
Tenczynek „2” [28]	1	1	44,39	5,14
	2	3	50,62	7,22
	3	6	59,44	8,45
	4	9	77,21	10,04
	5	14	87,67	13,76
Połaniec	1,5	1	36,65	4,06
	2,5	4	50,78	6,49
	3,5	7	62,64	8,80
	4,5	10	76,99	10,77
	5,5	14	98,94	13,09

Krakowa: Zesławice [8, 24], Mydlniki [8, 25], Ruczaj [8, 26], Tenczynek „1” [27], Tenczynek „2” [28], poszerzone o wyniki z Połańca.

Wyniki potwierdzają zależność liniową spójności i kąta tarcia wewnętrznego od liczby pólóbrotów N_{WST} dla iłów mioceńskich. Uzyskano odpowiednio następujące zależności dla naprężeń całkowitych:

$$c_u = 35,7 + 4,431 \cdot N_{WST}, \quad r = 0,802 \quad (1)$$

$$\phi_u = 3,31 + 0,76 \cdot N_{WST}, \quad r = 0,948 \quad (2)$$

gdzie:

c_u – spójność, [kPa],

ϕ_u – kąt tarcia wewnętrznego, [°],

N_{WST} – liczba pólóbrotów,

r – współczynnik korelacji liniowej.

Parametry równania linii regresji opisujących zależności wybranych właściwości wytrzymałościowych od liczby pólóbrotów N_{WST} badanych gruntów wyznaczono ze stałych równania prostych, które były ustalane metodą najmniejszych kwadratów.

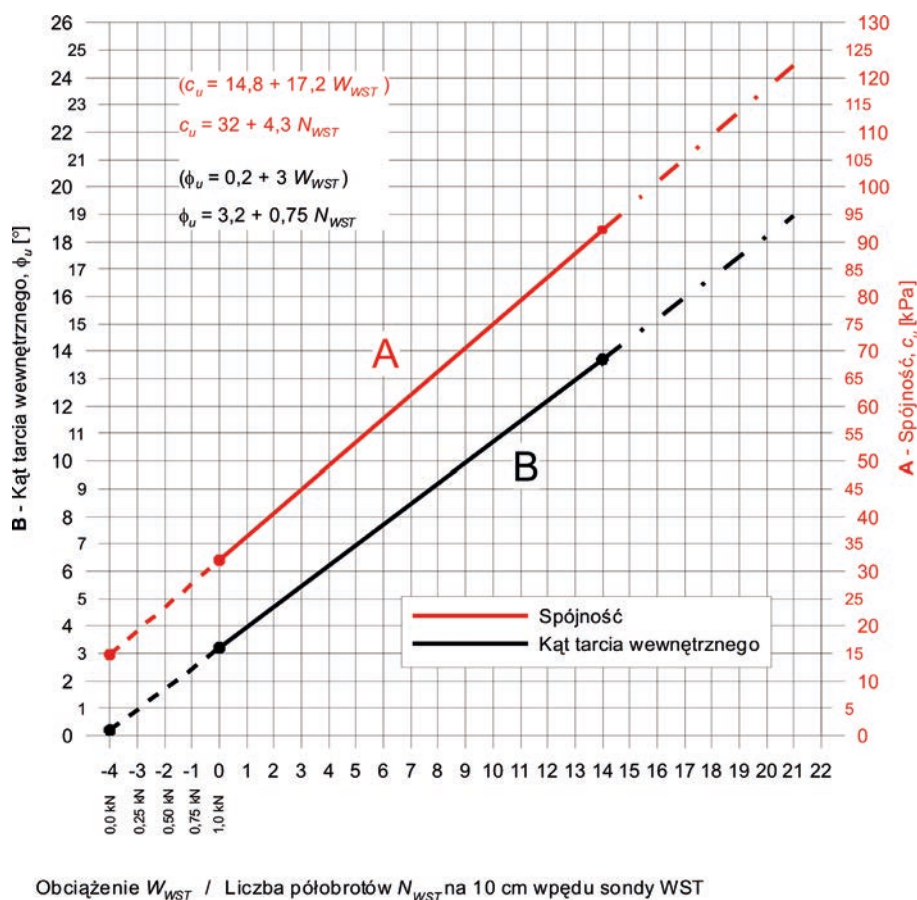
Korelacje pomiędzy wybranymi właściwościami wytrzymałościowymi a liczbą pólóbrotów N_{WST} są bardzo wysokie ($0,7 \leq r < 0,9$) i prawie pewne ($0,9 \leq r < 1,0$) [36], a wartość krytyczna współczynnika korelacji liniowej na poziomie istotności 0,05 dla 27 elementów wynosi $r_{0,05(27)}^* = 0,381$ [19]. Obliczone wartości współczynników korelacji liniowej są większe od wartości krytycznej, należy zatem uznać, że istnieje istotna korelacja pomiędzy analizowanymi właściwościami wytrzymałościowymi a liczbą pólóbrotów N_{WST} .

Prezentowane zależności (1 i 2) mogą być wykorzystywane do określania wybranych właściwości wytrzymałościowych iłów mioceńskich, na podstawie sondowań WST, przy liczbie pólóbrotów N_{WST} w zakresie od 1 do 14 pólóbrotów na 10 cm zagłębienia sondy.

PROPOZYCJA NOMOGRAMU DO OCENY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH IŁÓW MIOCEŃSKICH NA PODSTAWIE BADAŃ SONDĄ WKRĘCANĄ WST

Projekt nomogramu (rys. 3) opracowano na podstawie wyników badań własnych prezentowanych w pracach [8, 24 ÷ 29] i niniejszym artykule, które zestawiono w tabl. 2.

Uzyskane wartości właściwości wytrzymałościowych dla Zesławic odbiegają od wyników uzyskanych dla innych lokalizacji. Badania polowe i laboratoryjne w Zesławicach prowadzono bezpośrednio w złożu, na materiale pochodzącym z głębokości około 10 ÷ 20 m poniżej pierwotnego poziomu terenu, co znacząco różni je od warunków, w jakich wykonywano badania w pozostałych lokalizacjach. Niskie wartości uzyskiwanych liczb pólóbrotów, a jednocześnie wysokie wartości właściwości wytrzymałościowych mogą wynikać z dwóch powodów. Badania polowe prowadzono w sąsiedztwie byłej eksploatacji, co mogło mieć wpływ na rozluźnienie struktury iłów. Dodatkowo, w trakcie badań zaobserwowano, że ily w złożu cechuje budowa blokowa z wyraźnymi spękaniami i rozwarstwieniami, nie tylko w kierunku uławicenia. Natomiast próbki do laboratoryjnych



Rys. 3. Nomogram do określania spójności c_u i kąta tarcia wewnętrznego ϕ_u na podstawie badań sondą wkręcaną WST

badan wytrzymałościowych pobierano zawsze z materiału nie splekanego [8]. Dlatego przy opracowywaniu nomogramu odrzucono wyniki z Zesławic, uzyskując w ten sposób nowe zależności dla naprężeń całkowitych:

$$c_u = 32,875 + 4,322 \cdot N_{WST}, \quad r = 0,94 \quad (3)$$

$$\phi_u = 3,212 + 0,767 \cdot N_{WST}, \quad r = 0,953 \quad (4)$$

gdzie:

c_u – spójność [kPa],

ϕ_u – kąt tarcia wewnętrznego [°],

N_{WST} – liczba półobrotów,

r – współczynnik korelacji liniowej.

Głównym elementem nomogramu (rys. 3) są dwie półproste charakteryzujące zależność spójności i kąta tarcia wewnętrznego od liczby półobrotów N_{WST} lub obciążenia W_{WST} . Na osi odciętych odczytujemy wartość liczby półobrotów N_{WST} lub obciążenia W_{WST} . Odczyt wartości danego parametru odbywa się za pomocą odpowiedniej osi rzędnych:

- oś prawa, półprosta A, spójność (A),
- oś lewa, półprosta B, kąt tarcia wewnętrznego (B).

Ostatecznie proste na nomogramach charakteryzujące zależność wybranych właściwości wytrzymałościowych od liczby półobrotów dla naprężeń całkowitych zdefiniowano w następujący sposób:

$$c_u = 32 + 4,3 \cdot N_{WST} \quad (5)$$

lub bezpośrednio od obciążenia W_{WST} ,

$$c_u = 14,8 + 17,2 \cdot W_{WST} \quad (6)$$

i

$$\phi_u = 3,2 + 0,75 \cdot N_{WST} \quad (7)$$

lub bezpośrednio od obciążenia W_{WST} ,

$$\phi_u = 0,2 + 3 \cdot W_{WST} \quad (8)$$

gdzie:

c_u – spójność [kPa],

ϕ_u – kąt tarcia wewnętrznego [°],

N_{WST} – liczba półobrotów,

W_{WST} – obciążenie (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1 kN).

Zaokrąglenie w dół współczynników funkcji opisujących zależność wybranych właściwości wytrzymałościowych od liczby półobrotów N_{WST} do miejsc znaczących ma na celu wzrost zakresu bezpieczeństwa przy określaniu tych właściwości, ale również uproszczenie i ułatwienie korzystania z nomogramów.

Na nomogramach na każdym pojedynczym wykresie (półprostej) wyróżniono trzy rodzaje linii:

- odcinek pierwszy (**linia przerywana**), dotyczy sytuacji, gdy sonda pogrąży się tylko pod przyłożonym obciążeniem, obowiązują tu dwie zależności: jedna, przy umownej liczbie półobrotów N_{WST} lub druga, przy obciążeniu W_{WST} ,
- odcinek drugi (**linia ciągła**), który odpowiada zakresowi liczby półobrotów N_{WST} od 0 do 14 czyli wartościom użytym w badaniach własnych [8, 24 ÷ 29],
- odcinek trzeci (**linia kropka-kreska**), który jest prognozą i gdzie dla prawidłowej oceny wybranych właściwości obowiązują określone obostrzenia wymagające szerszego komentarza.

Przy sondowaniu WST gruntów spoistych przyjmuje się graniczną wartość uzyskiwanych półobrotów, przy której należy przerwać badanie, równą 50 półobrotów na 10 cm wępudy sondy [10, 15, 30, 31, 35]. Nie dotyczy to sytuacji, gdy napotka się przeszkodę, którą można pokonać, np. uderzając kilkakrotnie młotem w sondę. Oznacza to, że maksymalna wartość spójności wyznaczona na podstawie nomogramu dla 50 półobrotów wynosi 247 kPa, a wyznaczona wartość kąta tarcia wewnętrznego wynosi 40,7°. Dlatego określanie parametrów spójności i kąta tarcia wewnętrznego, na podstawie proponowanego nomogramu, dla „dużych” wartości liczby półobrotów N_{WST} może prowadzić do poważnych błędów, zwłaszcza przy określaniu wartości kąta tarcia wewnętrznego.

W trakcie prac polowych dotyczących tej pracy [8, 24 ÷ 29], ale również w trakcie prowadzenia innych badań polowych [3 ÷ 7, 11 ÷ 13, 21 ÷ 23], podczas sondowań sondą wkręcaną WST do 6 metrów głębokości, uzyskiwane liczby N_{WST} nigdy nie przekraczały 22 półobrotów. Należy zatem przyjąć, że z proponowanego nomogramu uzyskuje się poprawne rezultaty, przy określaniu spójności i kąta tarcia wewnętrznego ilów mioceńskich przy założeniu, że:

- uzyskiwane liczby N_{WST} nie przekraczają 22 półobrotów,
- sondowania prowadzone są do głębokości 6 ÷ 7 m lub przy prowadzeniu sondowań na większych głębokościach nie obserwuje się gwałtownego wzrostu liczby półobrotów N_{WST} .

PODSUMOWANIE

Sonda wkręcana WST jest uniwersalnym narzędziem, które z powodzeniem może być wykorzystywane w badaniach naturalnych gruntów niespoistych i spoistych. Dobrze sprawdza się w gruntach kamienistych (zwietrzliny i rumosze), sondowaniu odpadów, w tym odpadów komunalnych.

Największym mankamentem sondy wkręcanej WST jest brak wiarygodnych danych do interpretacji wyników z badań w gruntach spoistych, w przeciwieństwie do gruntów niespoistych. W tym drugim przypadku istnieje szereg wiarygodnych źródeł zawierających dane interpretacyjne, takie jak: normy, podręczniki i literatura fachowa.

Sondowania WST należą do jednych z najtańszych i najszybszych metod badań *in situ* podłoża gruntowego. Bardzo ważne jest wyposażenie przyszłych użytkowników sondy w uniwersalne narzędzia umożliwiające interpretację uzyskiwanych wyników. Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych i laboratoryjnych dla przypowierzchniowej warstwy ilów mioceńskich zapadliska przedkarpackiego określono zależności korelacyjne, które w dalszej kolejności wykorzystano do opracowania nomogramu do oceny spójności i kąta tarcia wewnętrznego. Nomogram można wykorzystać bezpośrednio w terenie, w trakcie prowadzenia badań polowych. Użytkownik sondy wkręcanej WST, tylko na podstawie jednego parametru, jakim jest liczba półobrotów N_{WST} , jest w stanie ocenić spójność i kąt tarcia wewnętrznego dla naprężeń całkowitych sondowanych gruntów spoistych.

LITERATURA

1. Bardet J. P.: Experimental soil mechanics. New Jersey 1997, Prentice Hall.
2. Borowczyk M., Frankowski Z.: Badania gruntów statyczną sondą wkręcaną. *Przegląd Geologiczny* 6/1978, 374-380.
3. Cała M., Flisiak J., Olesiak S.: Analiza warunków stateczności wału oporowego składowiska odpadów komunalnych Zoniówka II w Zakopanem oraz propozycja jego stabilizacji. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2004 (praca niepublikowana).
4. Cała M., Flisiak J., Olesiak S.: Przyczyny powstania osuwiska w miejscowości Gaj i propozycja jego zabezpieczenia. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2006 (praca niepublikowana).
5. 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. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2007 (praca niepublikowana).
6. Cała M., Flisiak J., Olesiak S.: Analiza przyczyn uszkodzenia wału oporowego II kwatery składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2008 (praca niepublikowana).
7. Cała M., Flisiak J., Olesiak S.: Analiza przyczyn powstania uszkodzeń zachodniego obwałowania kwatery 4S składowiska odpadów paleniskowych „Pióry”. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2009 (praca niepublikowana).
8. Cała M., Olesiak S.: Metoda wyznaczania wybranych właściwości wytrzymałościowych iłów górnio-miocenских rejonu Krakowa na podstawie badań sondą wkręcaną WST. *Górnictwo i Geoinżynieria* 2/2011, 139-148.
9. Das B. M.: Advanced soil mechanics. New York 2008, Taylor & Francis Group.
10. Dudzikowski R., Fabianowski J.: Badania gruntów aluwialnych statyczną sondą (szwedzką) wkręcaną ręcznie. *Technika Poszukiwań Geologicznych* 1/1974, 30-35.
11. Flisiak J., Mazurek J., Olesiak S.: Ekspertyza w zakresie możliwości dalszej eksploatacji filara oporowego kopalni Żesławice. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, (praca niepublikowana) 2004.
12. Flisiak J., Mazurek J., Olesiak S.: Ekspertyza w sprawie możliwości dalszej eksploatacji filara oporowego w kopalni Żesławice. Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, 2006 (praca niepublikowana).
13. Flisiak J., Olesiak S.: Analiza warunków stateczności wału oporowego składowiska odpadów komunalnych oraz propozycja jego stabilizacji. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 3/1, 2005, 207-215.
14. Glazer Z.: Mechanika gruntów. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1977.
15. Ignut R., Kłębek A., Puchalski R.: Terenowe badania geologiczno-inżynierskie. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1973.
16. Kaczyński R.: Wytrzymałość gruntów na ścinanie w warunkach wysokich ciśnień. *Przegląd Geologiczny* 8-9/1977, 462-467.
17. Kaczyński R.: Wytrzymałość i odkształcalność górnio-miocenских iłów zapadliska przedkarpacciego. *Biuletyn Geologiczny* 29/1981, 105-193.
18. Kaczyński R.: Table of engineering-geological properties of miocene clays of the Carpathian Foredeep. W: Anagnostopoulos A., Frank R., Kaltefleiter N., Schlosser F. (red.), Geotechnical engineering of hard soils - soft rocks: Proceedings of an International Symposium Under the Auspices of the International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE): Athens, Greece, 20-23 September 1993. Vol. 1, Geological features, investigation and classification, mechanical properties. Rotterdam 1993, Balkema, 189-194.
19. Kot S. M., Jakubowski J., Sokołowski A.: Statystyka. Difin, Warszawa 2011.
20. Lambe T. W., Whitman R. V.: Mechanika gruntów. Arkady, Warszawa 1977.
21. Olesiak S.: Przyczyny powstania osuwiska w miejscowości Gaj i propozycja jego zabezpieczenia. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2006, Kraków, 21-23 września 2006. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Grupa Naukowa Pro Futuro, Kraków 2006, 519-528.
22. Olesiak S.: Składowisko odpadów komunalnych w Zakopanem – od awarii do zamknięcia I kwatery. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2007, Kraków, 20-22 września 2007. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Grupa Naukowa Pro Futuro, Kraków 2007, 325-333.
23. Olesiak S.: Analiza przyczyn uszkodzenia wału oporowego II kwatery składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2008, Kraków, 25-27 września 2008, Kraków. Kraków 2008, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Grupa Naukowa Pro Futuro, 311-318.
24. Olesiak S.: Wykorzystanie sondy wkręcanej WST w badaniach mioceńskich iłów krakowieckich. *Górnictwo i Geoinżynieria* 1/2009, 467-473.
25. Olesiak S.: Sonda wkręcana WST w badaniach mioceńskich iłów krakowieckich. *Górnictwo i Geoinżynieria* 2/2010, 501-507.
26. Olesiak S.: Kalibracja sondy wkręcanej WST do badań górnio-miocenских iłów zapadliska przedkarpacciego w rejonie Krakowa. *Górnictwo i Geoinżynieria* 2/2011, 463-470.
27. Olesiak S.: Możliwość wykorzystania sondy wkręcanej WST do badań wybranych gruntów spoistych w rejonie Krakowa. *Inżynieria Morska i Geotechnika* 6/2013, 534-539.
28. Olesiak S.: On the possibility of testing Miocene clay from Cracow area using Weight Sounding Test (WST). *Studia Geotechnica et Mechanica*, No. 1, 2014, 71-78.
29. Olesiak S.: Ocena stopnia plastyczności iłów mioceńskich na podstawie badań sondą wkręcaną WST. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 2/2014, 112-117.
30. Pisarczyk S.: Gruntoznawstwo inżynierskie. Warszawa 2001, Wydawnictwo Naukowe PWN.
31. Pisarczyk S., Rymasz B.: Badania polowe i laboratoryjne gruntów. Warszawa 1993, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
32. Polska Norma PN-B-04452:2002 – Geotechnika. Badania polowe.
33. Polska Norma PN-B-04481:1988 – Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
34. Polska Norma PN-EN 1997-2:2009 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
35. Sikora Z.: Sondowanie statyczne. Metody i zastosowanie w geoinżynierii. Warszawa 2006, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
36. Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. StatSoft Polska. Kraków 2006.

Praca powstała w ramach badań statutowych realizowanych na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH, o numerze 11.11.100.277