

WPLYW METODY BADAŃ NA WARTOŚCI PARAMETRÓW CHARAKTERYZUJĄCYCH WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE GRUNTU SPOISTEGO

Eugeniusz Zawisza, Andrzej Kula

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Artykuł zawiera wyniki badań wytrzymałości na ścinanie gruntu spoistego pobranego z osuwiska w Targanicach koło Andrychowa. Aby określić wpływ wilgotności ($S_r = 0,42$ i $1,00$), wskaźnika zagęszczenia ($I_s = 0,78; 0,93$ i $1,00$) i prędkości ścinania ($v_s = 0,1, 1,0$ i $10,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) na wartości parametrów charakteryzujących wytrzymałość na ścinanie, to jest kąta tarcia wewnętrznego i spójności, dwa z ww. czynników zakładano jako stałe i badano wpływ trzeciego. Badania przeprowadzono w aparacie bezpośredniego ścinania, w skrzynce o przekroju $12 \times 12 \text{ cm}$, z ramkami pośrednimi tworzącymi strefę ścinania o grubości $1,0 \text{ cm}$. Wskazano, że procedura badawcza ma istotny wpływ na otrzymane wyniki, dlatego ważny jest jej prawidłowy dobór w zależności od celu, dla jakiego wyznacza się parametry wytrzymałości gruntu na ścinanie. Ma to podstawowe znaczenie przy projektowaniu i wykonawstwie wszelkiego typu obiektów inżynierskich w zakresie fundamentowania i budownictwa ziemnego.

Słowa kluczowe: wytrzymałość gruntu na ścinanie, aparat bezpośredniego ścinania

WSTĘP

Wytrzymałość gruntu na ścinanie jest niezwykle ważna z punktu widzenia geotechniki i budownictwa ziemnego. Wpływa ona na nośność podłoża, której znajomość jest niezbędna w przypadku projektowania fundamentów czy nasypów drogowych lub kolejowych oraz na stateczność zboczy naturalnych i sztucznych – zapór ziemnych, wałów przeciwpowodziowych i in. [Grabowski i in. 1999, Pisarczyk 1999, Wiłun 2000]. Wytrzymałość gruntu na ścinanie opisana jest dwoma parametrami, a mianowicie kątem tarcia wewnętrznego i spójnością. Zależą one od wielu czynników takich jak skład

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Eugeniusz Zawisza, prof. UR, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; mgr inż. Andrzej Kula, absolwent UR w Krakowie; e-mail: kiwig@ur.krakow.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

mineralny, stopień zagęszczenia gruntu oraz stopień nasycenia wodą [Pisarczyk 2001, Suchnicka i Konderla 2005].

Znajomość i prawidłowa ocena wartości parametrów wytrzymałościowych determinuje przydatność gruntów do robót inżynierskich. W ostatnich latach bardzo dużą wagę przykładano się do wykorzystania zarówno gruntów mineralnych, jak i odpadów przemysłowych, np. powęglowych czy pohutniczych, w budownictwie ziemnym. Prawidłowe wykorzystanie gruntów naturalnych lub antropogenicznych wymaga spełnienia odpowiednich wymagań zarówno technicznych, jak i ochrony środowiska naturalnego [Zawisza 2001, 2012]. Nieprawidłowe zbadanie oraz ocena parametrów wytrzymałościowych może mieć negatywny wpływ na wykonywane obiekty budowlane – budynki, drogi, mosty, nasypy itp., lub może prowadzić do przeprojektowania obiektów, co jest niekorzystne pod względem ekonomicznym.

Przedmiotem niniejszej pracy były badania wytrzymałości na ścinanie gruntu naturalnego o charakterze spoiwym w aparacie bezpośredniego ścinania. Badania miały na celu określenie wpływu parametrów geotechnicznych gruntu i procedury badawczej na otrzymane wyniki.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Materiał do badań pochodził z terenu osuwiska w Targanicach k. Andrychowa, przy ul. Wrzosowej 9 [Michalski i in. 2005]. Podstawowe właściwości fizyczne badanego gruntu oznaczono metodami standardowymi [Myślińska 1998]: skład granulometryczny oznaczono metodą łączoną – sitową „na mokro” dla materiału o $d \geq 0,063$ mm i areometryczną dla materiału o $d < 0,063$ mm. Gęstość właściwą szkieletu oznaczono dla materiału o $d \leq 0,063$ mm metodą kolby miarowej. Wilgotność naturalną oznaczono metodą suszarkową w temperaturze 105–110°C. Gęstość objętościową oznaczono dla gruntu w stanie naturalnym (w części nienaruszonej stoku) oraz dla gruntu po jego osunięciu. Z uwagi na znaczną zawartość ziaren i okruchów odpowiadających frakcji żwirowej, oznaczenie gęstości objętościowej wykonano metodą żwirku kalibrowanego, a jego wartość obliczono ze wzoru:

$$\rho = \frac{m_m \cdot \rho_n}{m_z} \quad (1)$$

gdzie:

- m_m – masa gruntu wydobytego z dołka, g,
- m_z – masa żwirku kalibrowanego wsypanego do dołka, g,
- ρ_n – gęstość nasypowa żwirku kalibrowanego, $g \cdot cm^{-3}$.

Wilgotność optymalną i maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego oznaczono w aparacie Proctora w cylindrze o objętości 2,2 dm³ dla materiału o $d < 40$ mm i 1,0 dm³ dla materiału o $d < 10$ mm, stosując standardową energię zagęszczenia 0,59 J · cm⁻³.

Granice konsystencji oznaczono dla gruntu o $d < 2$ mm. Granicę plastyczności oznaczono metodą waleczkowania, a granicę płynności w aparacie Cassagrande’a.

Badania parametrów charakteryzujących wytrzymałość na ścinanie gruntu, to jest kąta tarcia wewnętrznego i spójności, przeprowadzono w standardowym aparacie bezpo-

średniego ścinania, w skrzynce o przekroju 12×12 cm z ramkami pośrednimi tworzącymi strefę ścinania o grubości 1,0 cm. Stosowanie ramek pośrednich umożliwia ścinanie strefowe, co ogranicza wpływ ząbienia i klinowania się ziaren na wartość spójności (tzw. spójność pozorna).

Badania wykonano na materiale o uziarnieniu $d < 10$ mm, aby spełnić warunek wymagany w przypadku gruntów gruboziarnistych [Pisarczyk 2004] wyrażony wzorem:

$$\frac{D}{d_{\max}} \geq (4 - 6) \quad (2)$$

gdzie:

- D – bok lub średnica próbki,
- d_{\max} – średnica maksymalnego ziarna.

W przypadku prezentowanych badań wartość D/d_{\max} wynosi 12.

Aby określić wpływ wilgotności, zagęszczenia czy prędkości ścinania na wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności, zakładano dwa z nich jako stałe i badano wpływ trzeciego, stosując:

- trzy wskaźniki zagęszczenia $I_S = 0,78, 0,93$ i $1,0$; wskaźnik zagęszczenia $I_S = 0,93$ odpowiada zagęszczeniu gruntu w stanie naturalnym, $I_S = 0,78$ – po osunięciu gruntu, $I_S = 1,0$ przyjęto w celu pełniejszej analizy wyników,
- trzy prędkości ścinania $0,1, 1,0, 10$ mm \cdot min⁻¹,
- dwa stopnie wilgotności S_r : $0,42$ i $1,0$; stopień wilgotności $S_r = 0,42$ odpowiada wilgotności naturalnej materiału na osuwisku (12,16%), stopień wilgotności $S_r = 1,0$ odpowiada wilgotności całkowitej; w zależności od wskaźnika zagęszczenia wilgotność całkowita (w_r) gruntu wynosiła:
 - przy $I_S = 0,78$ – $w_r = 30,40\%$,
 - przy $I_S = 0,93$ – $w_r = 19,54\%$,
 - przy $I_S = 1,00$ – $w_r = 15,59\%$.

Wilgotność całkowitą osiągnięto poprzez utrzymywanie skrzynki z próbką w wodzie przez minimum 3 doby. Ścinanie przeprowadzono również w warunkach zawodnienia próbki.

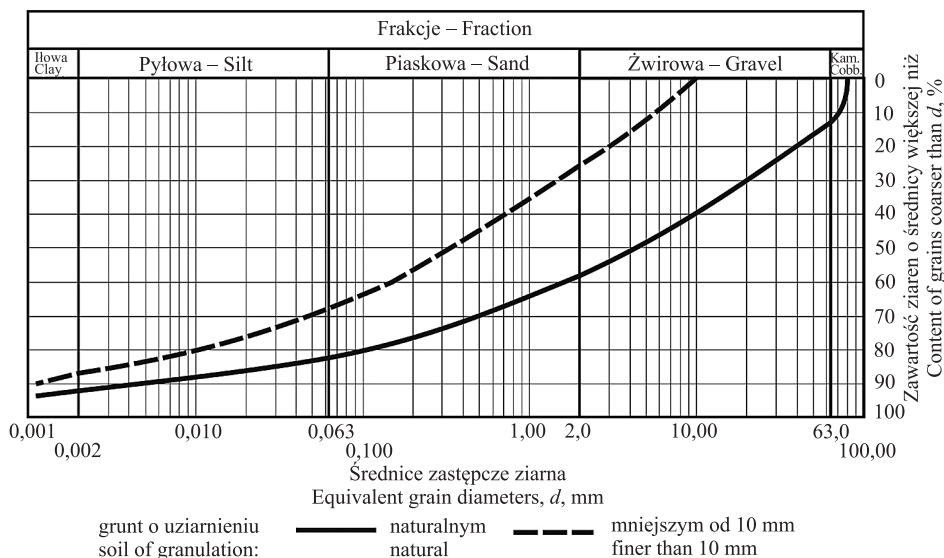
Próbki zagęszczano ręcznie w trzech warstwach bezpośrednio w skrzynce aparatu do osiągnięcia założonego wskaźnika zagęszczenia przy zadanej wilgotności. Następnie próbki konsolidowano przy obciążeniach równych 12,5, 25, 37,5, 50 i 62,5 kPa przez 5 minut i ścinano przy zadanej prędkości. Jako kryterium ścięcia przyjęto maksymalną wartość naprężenia ścinającego w zakresie względnego odkształcenia próbki od 0–10%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Grunt o uziarnieniu naturalnym był gruboziarnisty o zawartości frakcji najgrubszych – kamienistej i żwirowej 58%, a najdrobniejszych – pyłowej z łąką ponad 17% (tab. 1, ryc. 1). Według klasyfikacji geotechnicznej [PN-EN ISO 14688-2:2006] był to żwir ilasto-piaszczysty ze średnią zawartości kamieni. Duża wartość wskaźnika różnoziarnistości ($C_u = 2245$) wskazuje, że był to grunt wielofrakcyjny. Grunt o uziarnieniu mniejszym od 10 mm sklasyfikowano jako wielofrakcyjny ($C_u > 636$) piasek ilasty ze żwirem.

Tabela 1. Podstawowe właściwości geotechniczne badanego gruntu
Table 1. Basic geotechnical characteristics of the tested soil

Lp. No.	Parametr – Parameter	Symbol Symbol	Jednostka Unit	Wartość Value	
Zawartość frakcji – Fraction content ($d < 80$ mm):					
1	– kamienista – cobbles > 63 mm	f_k	%	24,02	
	– żwirowa – gravel 63–2 mm	f_z		33,64	
	– piaskowa – sand 2–0,063 mm	f_p		25,38	
	– pyłowa – silt 0,063–0,002 mm	f_{p_1}		9,41	
	– ilowa – clay $< 0,002$ mm	f_i		7,55	
Zawartość frakcji – Fraction content ($d < 10$ mm):					
2	– żwirowa – gravel 63–2 mm	f_z	%	25,77	
	– piaskowa – sand 2–0,063 mm	f_p		44,95	
	– pyłowa – silt 0,063–0,002 mm	f_{p_1}		16,23	
	– ilowa – clay $< 0,002$ mm	f_i		13,05	
3	Średnice miarodajne – Effective grain size ($d < 80$ mm)	d_{60}	mm	11,00	
		d_{30}		0,29	
		d_{10}		0,0049	
4	Wskaźnik różnoziarnistości – Uniformity coefficient ($d < 80$ mm)	C_u	–	2244,90	
5	Wskaźnik krzywizny – Coefficient of curvature ($d < 80$)	C_c	–	1,56	
6	Rodzaj gruntu wg – Name of soil acc. to PN-EN ISO 14688-2:2006:		sacl Gr+Co grclSa		
	– $d < 80$ mm				
7	Wilgotność naturalna – Natural moisture content ($d < 80$ mm)	w_n	%	12,16	
8	Gęstość objętościowa – Bulk density ($d < 80$ mm)	r	$g \cdot cm^{-3}$	1,71	
9	Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego – Dry density of solid particles ($d < 80$ mm)	r_d	$g \cdot cm^{-3}$	1,521	
10	Gęstość właściwa szkieletu gruntowego – Density of solid particles ($d < 0,063$ mm)	r	$g \cdot cm^{-3}$	2,71	
Granice konsystencji – Consistency limits ($d < 2$ mm):					
11	– płynności – liquid	w_L	%	27,55	
	– plastyczności – plastic	w_P		15,39	
12	Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego Maximum dry density of solid particles:		$g \cdot cm^{-3}$		
	– $d < 40$ mm	r_{ds}			1,955
	– $d < 10$ mm				1,905
13	Wilgotność optymalna – Optimum moisture content:		%		
	– $d < 40$ mm	w_{opt}			11,40
	– $d < 10$ mm				13,50



Ryc. 1. Wykresy uziarnienia badanych gruntów
 Fig. 1. Grain size distribution curves of the tested soils

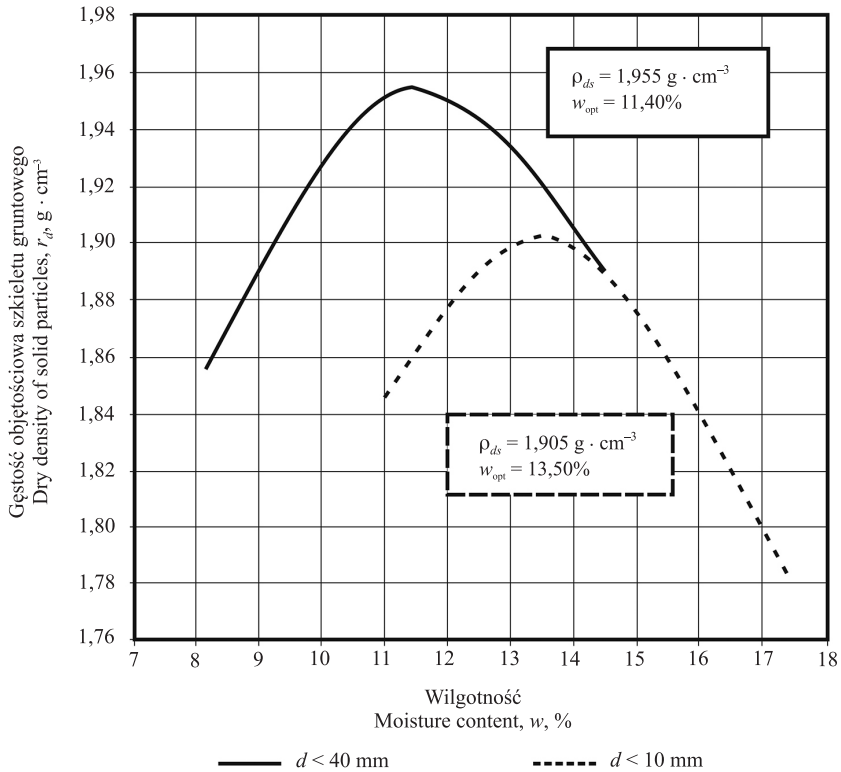
Wilgotność naturalna wynosiła ponad 12%, gęstość objętościowa $1,71 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a gęstość właściwa szkieletu $d < 0,063 \text{ mm}$ $2,71 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Granica płynności wynosiła około 28%, a plastyczności ponad 15%, a więc grunt był w stanie zwartym ($I_L = -0,27$).

Wilgotność optymalna gruntu o uziarnieniu mniejszym od 10 mm wynosiła ponad 11%, a gruntu o uziarnieniu mniejszym od 10 mm była większa o około 2% (18,4% względnych) (ryc. 2). Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntu o $d < 40 \text{ mm}$ wynosiła około $1,96 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a gruntu o $d < 10 \text{ mm}$ była nieco mniejsza (o 2,6% względnych).

Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie zestawiono w tabeli 2 i 3, natomiast uzyskane zależności zobrazowano dla wybranych przykładów na wykresach (ryc. 3–5).

Wpływ wilgotności na wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie jest charakterystyczny i jednoznaczny. Wartości kąta tarcia wewnętrznego oraz spójności zmniejszały się wraz ze wzrostem wilgotności przy wszystkich wartościach wskaźnika zagęszczenia oraz prędkości ścinania, co potwierdza ogólne zależności znane z literatury przedmiotu. Przykładowo przy wskaźniku zagęszczenia $I_s = 0,93$, to jest odpowiadającym zagęszczeniu gruntu w warunkach naturalnych, zwiększenie stopnia wilgotności od $S_r = 0,42$ (grunt o wilgotności naturalnej) do $S_r = 1,0$ (grunt o wilgotności całkowitej) spowodowało zmniejszenie kąta tarcia wewnętrznego około 1,3-, 2,6- i 4,4-krotne, a spójności 31,2-, 6,0- i 6,4-krotne przy prędkości ścinania odpowiednio 0,1, 1,0 i 10,0 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (ryc. 3).

Wpływ zagęszczenia jest zauważalny, jednak nie jest on tak jednoznaczny jak w przypadku wpływu wilgotności. W przypadku spójności wartości otrzymane z badań zwiększały się wraz ze wzrostem wskaźnika zagęszczenia przy każdej wilgotności i prędkości ścinania, natomiast kąt tarcia wewnętrznego był zależny zarówno od wilgotności jak i prędkości ścinania. Wpływ ten jest niejednoznaczny. Przy mniejszych prędkościach ścinania tj. 0,1 i 1,0 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ kąt tarcia wewnętrznego zwiększał się wraz ze wzro-



Ryc. 2. Krzywe zagęszczalności badanych gruntów
 Fig. 2. Compactibility curves of the tested soils

Tabela 2. Wartości kąta tarcia wewnętrznego (ϕ) i spójności (c) gruntu o wilgotności naturalnej ($w_n = 12,16\%$; $S_r = 0,42$)

Table 2. Values of the angle of internal friction (ϕ) and cohesion (c) of the soil of the natural moisture content ($w_n = 12,16\%$; $S_r = 0,42$)

Wskaźnik zagęszczenia Degree of compaction	Prędkość ścinania – Shearing velocity, mm · min ⁻¹					
	$v_s = 0,1$		$v_s = 1,0$		$v_s = 10,0$	
	Parametry wytrzymałościowe – Shear strength parameters					
I_s	ϕ , °	c , kPa	ϕ , °	c , kPa	ϕ , °	c , kPa
0,78	31,8	13,5	31,3	14,5	36,6	7,3
0,93	32,5	40,6	37,0	36,4	34,5	37,1
1,00	37,6	41,4	46,5	37,9	35,4	42,5

Tabela 3. Wartości kąta tarcia wewnętrznego (ϕ) i spójności (c) gruntu o wilgotności całkowitej ($S_r = 1,0$)

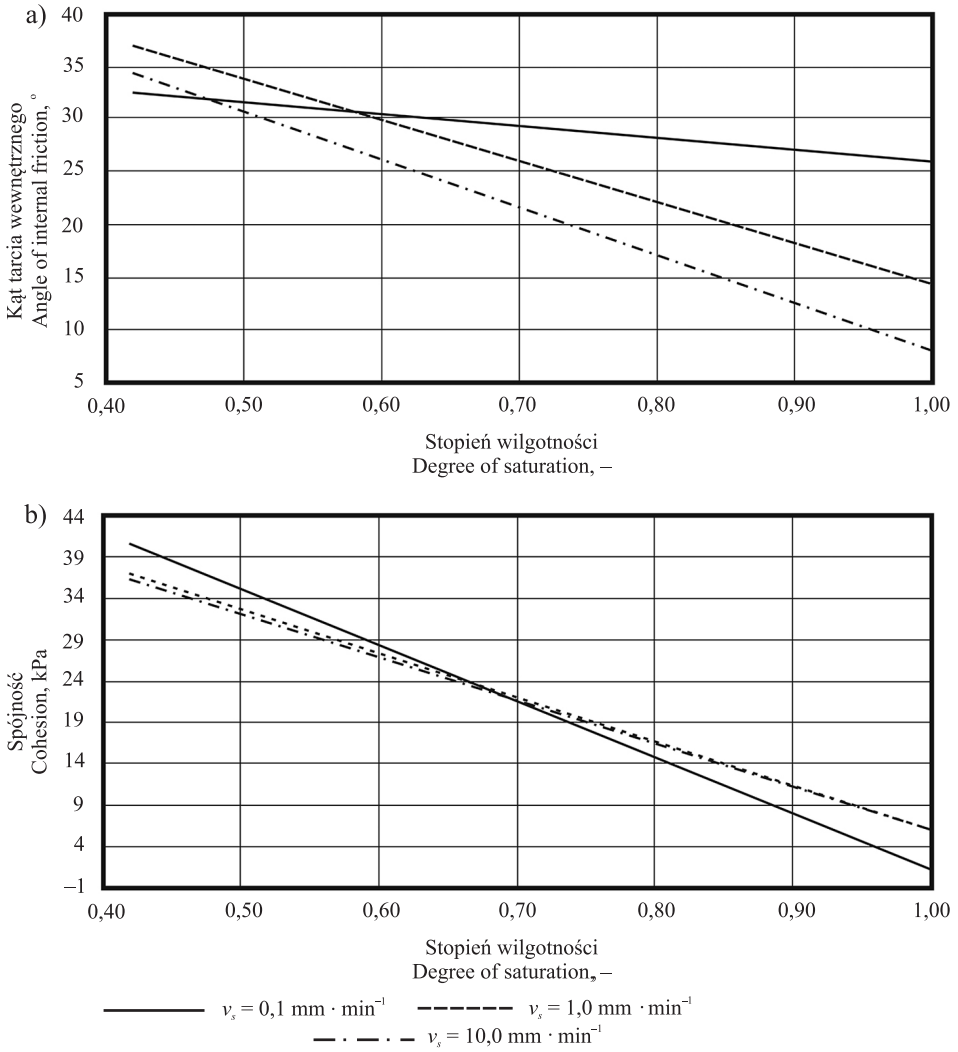
Table 3. Values of the angle of internal friction (ϕ) and cohesion (c) of the soil of saturation moisture content ($S_r = 1,0$)

Wskaźnik zagęszczenia Degree of compaction	Wilgotność całkowita Total moisture content	Prędkość ścinania – Shearing velocity, $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$					
		$v_s = 0,1$		$v_s = 1,0$		$v_s = 10,0$	
		Parametry wytrzymałościowe Shear strength parameters					
I_s	$w_r, \%$	$\phi, ^\circ$	c, kPa	$\phi, ^\circ$	c, kPa	$\phi, ^\circ$	c, kPa
0,78	30,40	17,4	0	11,3	0	26,5	0,3
0,93	19,54	25,7	1,3	14,2	6,1	7,9	5,8
1,00	15,59	28,6	10,4	27,6	14,7	14,0	19,7

stem wskaźnika zagęszczenia, natomiast przy prędkości $10,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ kąt ten osiągnął najwyższą wartość przy wskaźniku zagęszczenia 0,78, po czym malał przy $I_s = 0,93$, by wzrosnąć przy największym zagęszczeniu – $I_s = 1,0$. Przykładowo przy stopniu wilgotności $S_r = 0,42$ zwiększenie wskaźnika zagęszczenia od $I_s = 0,78$ do 0,93 i 1,0 spowodowało zwiększenie kąta tarcia wewnętrznego odpowiednio 1,02- i 1,16-krotne – przy prędkości ścinania $v_s = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, 1,18- i 1,26-krotne przy $v_s = 1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ i zmniejszenie 1,06-krotne oraz zwiększenie 1,03-krotne – przy $v_s = 10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (ryc. 4). Znacznie bardziej zwiększyły się wartości spójności, odpowiednio 3- i 1,02-krotnie – przy $v_s = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, 2,5- i 1,04-krotnie przy $v_s = 1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ oraz 5,1- i 1,15-krotnie przy $v_s = 10,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (ryc. 4).

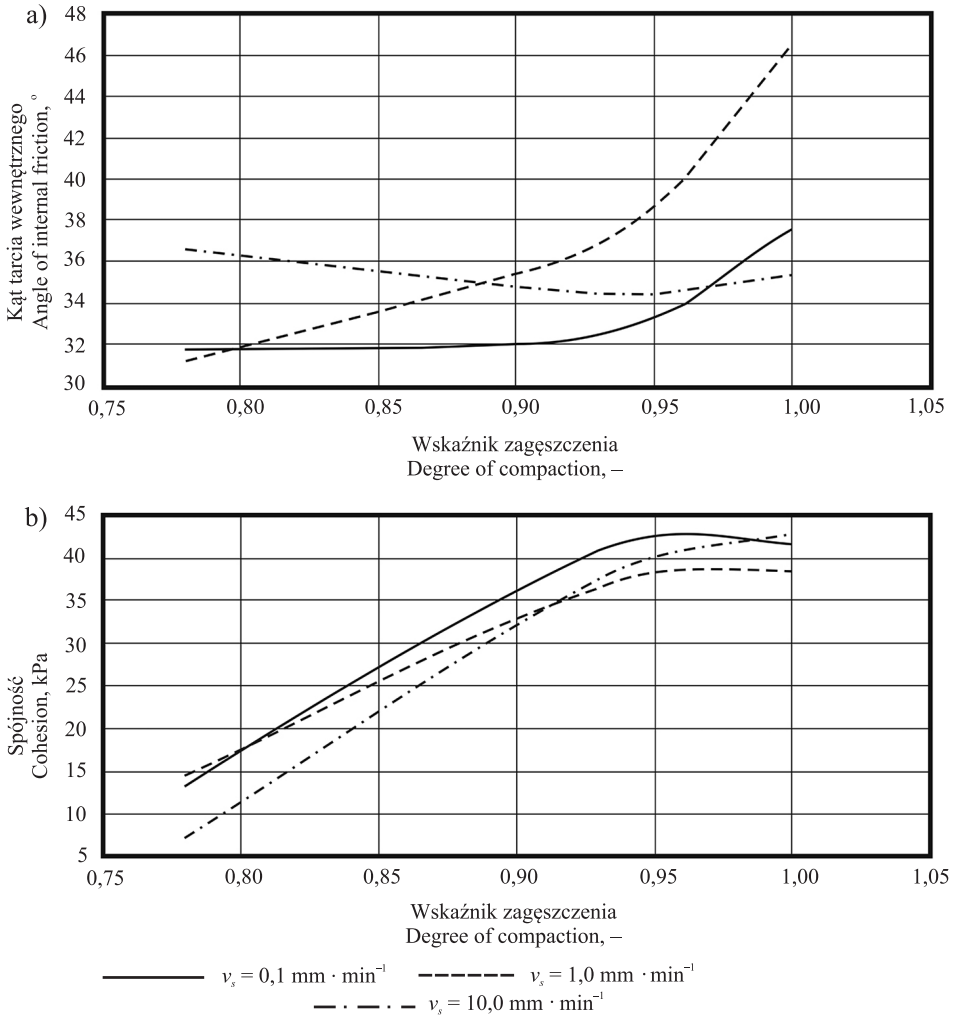
Wpływ prędkości ścinania w dotychczasowych badaniach oraz opracowaniach był stosunkowo mało opisywany. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że wartości spójności określone przy zadanym zagęszczeniu nie zależały w sposób istotny od prędkości ścinania (tab. 1, 2). Natomiast kąt tarcia wewnętrznego był zależny od prędkości ścinania. W przypadku gruntu o wilgotności całkowitej oraz wyższym zagęszczeniu wartości kąta tarcia wewnętrznego znacznie malały wraz ze wzrostem prędkości ścinania. Grunt o wilgotności naturalnej ($S_r = 0,42$) po początkowym wzroście wartości kąta tarcia wewnętrznego również wykazał jego zmniejszanie wraz ze wzrostem prędkości ścinania. Wyjątkiem był grunt o małym zagęszczeniu $I_s = 0,78$, który wykazał, po początkowym spadku, najwyższe wartości kąta tarcia wewnętrznego przy prędkości ścinania $10,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (ryc. 5).

Opisane powyżej zależności, a raczej brak jednoznacznych zależności pomiędzy badanymi parametrami początkowymi próbek gruntu a uzyskanymi wartościami parametrów wytrzymałości na ścinanie, wskazują na istotne trudności metodyczne i interpretacyjne, przed którymi stają badacze zajmujący się oznaczaniem przedmiotowych parametrów gruntów spoistych w odniesieniu do konkretnego problemu związanego z projektowanym lub modernizowanym obiektem budowlanym.

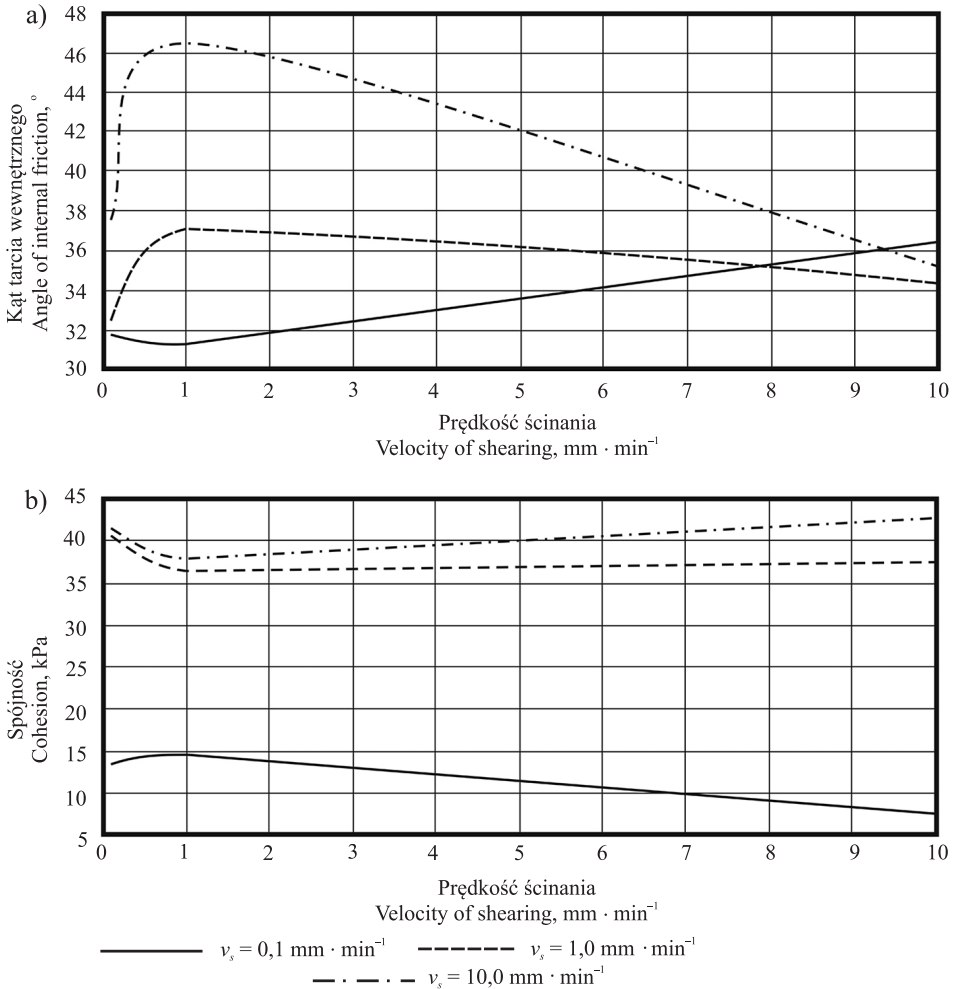


Ryc. 3. Zależność kąta tarcia wewnętrznego (a) i spójności (b) od stopnia wilgotności przy wskaźniku zagęszczenia $I_S = 0,93$

Fig. 3. Angle of internal friction (a) and cohesion (b) versus degree of saturation at the degree of compaction $I_S = 0,93$



Ryc. 4. Zależność kąta tarcia wewnętrznego (a) i spójności (b) od wskaźnika zagęszczenia przy stopniu wilgotności $S_r = 0,42$
 Fig. 4. Angle of internal friction (a) and cohesion (b) versus degree of compaction at the degree of saturation $S_r = 0.42$



Ryc. 5. Zależność kąta tarcia wewnętrznego (a) i spójności (b) od prędkości ścinania przy stopniu wilgotności $S_r = 0.42$

Fig 5. Angle of internal friction (a) and cohesion (b) versus velocity of shearing at the degree of saturation $S_r = 0.42$

WNIOSKI

1. Określenie właściwych wartości parametrów charakteryzujących wytrzymałość gruntu na ścinanie ma podstawowe znaczenie przy projektowaniu i wykonawstwie wszelkiego typu obiektów inżynierskich w zakresie fundamentowania i budownictwa ziemnego. Procedura badawcza ma istotny wpływ na otrzymane wyniki, dlatego bardzo ważny jest jej prawidłowy dobór w zależności od tego, dla jakiego celu wyznacza się parametry wytrzymałości gruntu na ścinanie. W konsekwencji ma to również wpływ na sposób realizacji inwestycji i jej koszty.

2. Przy określaniu parametrów służących do obliczeń nośności podłoża i stateczności skarp nasypów należy stosować mniejsze prędkości ścinania, tj. 0,1, 1,0 mm · min⁻¹, ponieważ przemieszczenia mas gruntu względem siebie będą mniejsze i będą zachodzić wolno, natomiast zagęszczenie i wilgotność należy przyjmować takie jak występują w warunkach naturalnych.
3. Przy określaniu parametrów wytrzymałościowych służących do obliczeń stateczności zboczy naturalnych narażonych na osuwiska należy stosować zagęszczenie jakie występuje w warunkach naturalnych oraz maksymalną wilgotność ($S_r = 1,0$) przy prędkości ścinania 10 mm · min⁻¹, ponieważ w trakcie ruchów masowych występują duże prędkości wzajemnych przemieszczeń mas gruntu względem siebie.

PIŚMIENNICTWO

- Grabowski, Z., Pisarczyk, S., Obrycki, M. (1999). Fundamentowanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Michalski, P., Kozielska-Sroka, E., Zawisza, E. (2005). Studium naukowo-techniczne w zakresie określenia stateczności skarp nad potokiem Targaniczanka w rejonie budynku zlokalizowanego przy ul. Wrzosowej 9 w Targanicach. Marzynopis. ZMGiBZ Akademii Rolniczej w Krakowie, maszynopis.
- Myślińska, E. (1998). Laboratoryjne badania gruntów, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Pisarczyk, S. (1999). Mechanika gruntów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Pisarczyk, S. (2001). Gruntoznawstwo inżynierskie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Pisarczyk, S. (2004). Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikacja gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. PKN, Warszawa.
- Suchnicka, H., Konderla, H. (2005). Charakterystyka wytrzymałościowa wybranych gruntów spoistych. Geotechnika w budownictwie i górnictwie: XXVIII Zimowa Szkoła Górotworu i Geoinżynierii, Szklarska Poręba, 13–18 marca. Prace Nauk. Inst. Geot. i Hydrol. Polit. Wrocł., 75, Konferencje, 41, 499–506.
- Wiłun, Z. (2000). Zarys geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Zawisza, E. (2001). Geotechniczne i środowiskowe aspekty uszczelniania grubookruchowych odpadów powęglowych popiołami lotnymi. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy 280, Wydawnictwo AR, Kraków.
- Zawisza, E. (2012). Odpady hutnicze jako antropogeniczne grunty budowlane. Wydawnictwo UR, Kraków.

IMPACT OF A TEST METHOD ON THE VALUES OF PARAMETERS CHARACTERIZING THE SHEAR STRENGTH OF A COHESIVE SOIL

Abstract. The article contains the results of the shear strength tests of cohesive soil taken from the landslide in Targanice near Andrychów. In order to determine the impact of moisture content ($S_r = 0.42$ and 1.00), degree of compaction ($I_s = 0.78, 0.93$ and 1.00) and a shear velocity ($v_s = 0.1, 1.0$ and 10.0 min · mm⁻¹) on the values of parameters characterizing the shear strength, that is the angle of internal friction and cohesion, two of

the above mentioned factors were assumed as constant and the influence of the third was tested. The tests were carried out in a direct shear apparatus, in a box with a cross section 12×12 cm, with intermediate frames forming a shear zone of a thickness of 1.0 cm. It was pointed out that the test procedure significantly influences the obtained results, so it is important its correct choice depending on the purpose for which shear strength parameters of the soil are determined. This is essential in the designing and construction of all types of engineering structures in the field of foundation and earth structures.

Keywords: shear strength of soil, direct shear apparatus

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.12.2016

Do cytowań – For citation: Zawisza, E., Kula, A. (2016). Wpływ metody badań na wartości parametrów charakteryzujących wytrzymałość na ścinanie gruntu spoistego. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 15(4), 409–420.