

Wpływ metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych

The impact of a test method on the liquid limit of the selected cohesive soils



Andrzej T. Gruchot

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Katedra Inżynierii Wodnej i
Geotechniki

rmgrucho@cyf-kr.edu.pl



Eugeniusz Zawisza

Dr hab. inż., prof. UR

Katedra Inżynierii Wodnej i
Geotechniki, Wydział Inżynierii
Środowiska i Geodezji,
Uniwersytet Rolniczy im Hugona
Kollątaja w Krakowie

kiwig@ur.krakow.pl



Tymoteusz Zydrón

Dr inż.

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Katedra Inżynierii Wodnej i
Geotechniki

t.zydrón@ur.krakow.pl

Ewa Klimek

Mgr inż.

Absolwentka Akademii Rolniczej
w Krakowie

Streszczenie: Celem badań prezentowanych w niniejszej pracy było określenie wpływu metody badania na wartości granicy płynności wybranych gruntów spoistych o różnej zawartości frakcji ilowej: mało spoistego – piasku średniego ilastego, średnio spoistego na pograniczu mało spoistego – pyłu grubego oraz zwięzłego spoistego – łu pylastego. Granicę płynności oznaczono metodami: Casagrande'a, Wasiliewa i penetrometru stożkowego. Stwierdzono, że wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczone różnymi metodami wykazały zróżnicowanie, co w istotny sposób wpływało na ocenę ich plastyczności i konsystencji. Zgodnie z normą PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009 granicę płynności należy oznaczać penetrometrem stożkowym, natomiast metodą alternatywną jest metoda Casagrande'a. Przeprowadzone badania wykazały, że w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji ilowej do 10 – 11% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były stosunkowo nieduże i wynosiły 1 – 2%, dlatego obydwie metody są prawidłowe. W przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji ilowej większej od 20% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były nieco większe niż w poprzednim przypadku i wynosiły około 4%. W tych przypadkach oznaczenie granicy płynności można wykonać zarówno jedną jak i drugą metodą, przy czym wyżej cytowana norma preferuje metodę penetrometru stożkowego.

Słowa kluczowe: Grunty spoiste; Granica płynności; Penetrometr stożkowy; Aparat Casagrande'a

Abstract: The research presented in this paper aimed at the determination of the impact of a test method on the liquid limit of the selected cohesive soils with different content of clay fraction: loosely cohesive – clayey medium sand, moderately cohesive on the border of loosely cohesive – coarse silt and firmly cohesive – silty clay. Liquid limit was determined by the following methods: Casagrande, Vasiliev and the cone penetrometer. It was stated, that the values of the liquid limit of the tested soils determined by various methods were different, which significantly affected the assessment of their plasticity and consistency. According to the standard PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009, the liquid limit should be determined with the cone penetrometer, whereas the alternative is Casagrande's method. The conducted tests showed, that in the case of cohesive soils containing up to 10–11% of clay fraction, the differences between the values of the liquid limit determined with the cone penetrometer and the Casagrande's method were relatively small and equaled 1–2%, therefore both methods are correct. In the case of cohesive soils containing more than 20% of clay fraction, differences between the values of the liquid limit determined with the cone penetrometer and the Casagrande's method were slightly higher than in the previous case, and equaled approximately 4%. In those cases, determination of the liquid limit can be performed both using the first or the second method, though the above-cited standard recommends the cone penetrometer method.

Keywords: Cohesive soils; Liquid limit; Cone penetrometer; Casagrande apparatus

Do opisu stanu fizycznego gruntów spoistych wprowadzono pojęcie konsystencji oraz stany plastyczności. Plastycznością nazywa się zdolność

gruntu do poddawania się trwałym (nieodwracalnym) odkształceniom przy stałej objętości, bez pęknięć i kruszenia się. Cechę tę wykazują tyl-

ko te grunty, które zawierają w swoim składzie cząstki zbudowane z minerałów ilastych. Zwiększając zawartość wody w gruntach spoistych, następu-

je przejście od konsystencji zwartej przez plastyczną do płynnej. Zgodnie z przedziałami konsystencji wyróżnia się granicę skurczalności, plastyczności i płynności. Granice konsystencji w dużym stopniu zależą od składu uziarnienia i mineralogicznego gruntu, jego spoistości, kształtu i własności sprężystych cząstek mineralnych oraz od struktury gruntu [3], [7], a ich wartości zależą także od zastosowanej metody badań i doświadczenia osoby wykonującej oznaczenie. Granica płynności jest najściślej związana ze składem granulometrycznym gruntu, a w szczególności z zawartością frakcji iłowej. Wiłun [15] stwierdził, że im więcej grunt zawiera frakcji iłowej, tym większe posiada możliwości adsorbowania wody i tym większą wartość osiąga granica płynności. Skład mineralny gruntu również w znacznym stopniu wpływa na ich plastyczność, ponieważ różne minerały z niejednakową intensywnością współdziałają z wodą. Poza tym od budowy siatki krystalicznej minerałów zależy kształt cząstek, który z kolei wpływa na plastyczność. Pomiedzy granicą plastyczności a składem granulometrycznym nie ma tak ścisłego związku. Grunty o średnicach ziarn 2-3 μm prawie nie są plastyczne, o wymiarach cząstek 2-1 μm mają niewielką plastyczność. Plastyczność gruntu o wymiarach cząstek 1-0,5 μm jest już znaczna i osiąga największe wartości przy średnicach mniejszych od 0,2 μm [4].

Granice konsystencji należą do podstawowych parametrów fizycznych gruntu spoistych, wykorzystywanych w praktyce inżynierskiej [6]. Dlatego ważne jest stosowanie odpowiednich metod ich oznaczania. Najwięcej trudności nastęrcza prawidłowe oznaczenie wartości granicy płynności.

Celem pracy było określenie wpływu metody badania na wartość granicy płynności i w konsekwencji na wskaźnik plastyczności, a więc ocenę konsystencji gruntu spoistego.

Materiały i metody badań

Badania przeprowadzono na trzech gruntach spoistych o różnej zawartości frakcji iłowej. Były to grunty: mało-spoisty – piasek średni ilasty pochodzący z wykopu fundamentowego na osiedlu Piaski Wielkie w Krakowie, średniospoisty na pograniczu mało-spoistego – pył gruby pochodzący z odsłonięcia zbocza w dzielnicy Zwierzyniec w Krakowie oraz związłospoisty – il pylasty pobranego z wykopów na terenie budowy zbiornika Racibórz w Bukowie nad Odrą [5].

Podstawowe właściwości fizyczne oraz parametry zagęszczalności badanych gruntu oznaczono metodami standardowymi. Skład granulometryczny określono metodą sitową dla $d < 0,063$ mm oraz areometryczną dla $d < 0,063$ mm, a gęstość właściwą szkieletu metodą kolby miarowej w wodzie destylowanej. Wilgotność optymalną i maksymalną gęstość objętościowa szkieletu oznaczono w aparacie Proctora w cylindrze o objętości 1,0 dm³ przy energii zagęszczania 0,59 J·cm⁻³. Granicę plastyczności oznaczono metodą wałeczowania. Granicę płynności oznaczono metodami: Casagrande'a, Wasiliewa przy użyciu stożka o kącie wierzchołkowym 30° i masie 76 g, penetrometru stożkowego ze stożkiem o kącie wierzchołkowym 30° i masie 80 g, według procedur standardowych zgodnie z [10].

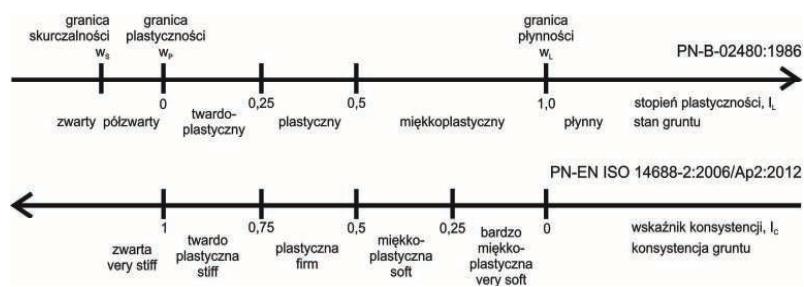
Metody Wasiliewa i penetrometru stożkowego oparte są o pomiar zagłębienie stożka, w tym przypadku o kącie wierzchołkowym 30° w pastę gruntową. W pierwszym przypadku na głębokość 10 mm; wartość granicy płynności odpowiada wilgotności pasty gruntowej przy zagłębieniu stożka 10 mm, przy czym wykonuje się dwa

lub trzy oznaczenia przy zagłębieniu stożka od 8 – 12 mm. W drugim przypadku na głębokość 18 mm, z przeliczeniem wartości granicy płynności z podanego w normie równania empirycznego:

$$w_L = 0,0043 \cdot w_{18}^2 + 0,8873 \cdot w_{18} + 3,62 \quad (1)$$

gdzie: w_{18} oznacza wilgotność pasty gruntowej, w którą stożek wnika na głębokość 18 mm, przy czym wykonuje się oznaczenia przy różnej wilgotności i odpowiednim zagłębieniu stożka i z wykresu zależności $f(w:h)$ określa się wilgotność pasty gruntowej odpowiadającej zagłębieniu 18 mm. W przeprowadzonych badaniach wykonano również oznaczenie granicy płynności odpowiadającej wilgotności pasty gruntowej przy zagłębieniu stożka 20 mm (przy czym wykonano oznaczenie przy różnej wilgotności i odpowiadającej jej zagłębieniu stożka i z wykresu $f(w:h)$ określono wilgotność odpowiadającej zagłębieniu stożka 20 mm). Oznaczenie to wykonano w odniesieniu do wymogów procedury określonej w [9].

W badaniach metodą Wasiliewa i penetrometrem stożkowym grunt układano w cylinderku o średnicy i wysokości 5,0 cm trzema warstwami z eliminowaniem pęcherzyków powietrza w trakcie zagęszczania. Stożek przed jego penetracją ustawiano równo z wyrównaną płaszczyzną gruntu w cylinderku. Głębokość penetracji stożka rejestrowano z dokładnością do 0,01 mm. W badaniach metodą Casagrande'a przygotowanie pasty gruntowej i sposób jej układania w miseczce aparatu dla wyeliminowania pęcherzyków powietrza oraz przebieg oznaczania granicy płynności były wykonywane zgodnie z procedurą według [10].



1. Stany i konsystencje gruntu drobnoziarnistych [14]

Należy podkreślić, że według Eurokodu 7 [11] obowiązującego w Polsce od 2010 roku, do oznaczania granicy płynności preferuje się metodę z wykorzystaniem penetrometru stożkowego. Podstawową metodą oznaczania granicy płynności przed rokiem 2010 była metoda Casagrande'a i w praktyce krajowej nadal jest stosowana. Dlatego podjęty problem badawczy jest istotny z punktu widzenia wykorzystania wyników wcześniejszych badań oraz potrzeby prowadzenia analiz porównawczych wyników badań wykonanych tymi dwiema najczęściej stosowanymi metodami, na co zwracają uwagę również inni badacze [6] i co w konsekwencji ma wpływ na określenie konsystencji gruntu [14] (rys. 1).

Wyniki badań i ich analiza

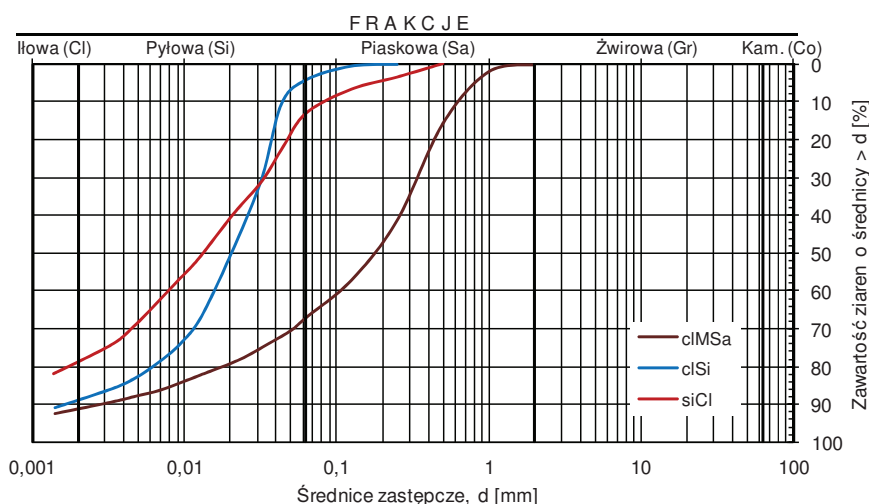
Właściwości fizyczne

Skład granulometryczny badanych gruntów był bardzo wyraźnie zróżnicowany (tab. 1, rys. 2). Piasek średni ilasty był gruntem mało spoistym o największej zawartości frakcji piaskowej - około 67% i o najmniejszej zawartości frakcji ilowej - około 9%. Pył gruby był gruntem średnio spoistym na pograniczu mało spoistego o największej zawartości frakcji pyłowej - ponad 85% i nieco większej zawartości frakcji ilowej - około 11%. Il pylasty był gruntem związłym o dużej zawartości frakcji pyłowej - 66% i największej zawartości frakcji ilowej - około 21% (tab. 1, rys. 2). Wartości gęstości właściwej szkieletu oraz parametry zagęszczalności były typowe dla odpowiednich rodzajów gruntów spoistych. Wartości gęstości właściwej szkieletu zwiększały się od $2,67 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (piasek średni ilasty) do $2,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (il pylasty).

Wartości maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu zmniejszały się od ponad 2,0 (piasek średni ilasty) do około $1,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (il pylasty), a wilgotności optymalnej zwiększały się odpowiednio od 11 do ponad 19%.

Granice konsystencji

Granica plastyczności badanych gruntów była wyraźnie zależna od zawartości frakcji ilowej i wynosiła od



2. Krzywe uziarnienia badanych gruntów

11% dla piasku średniego ilastego do 19% dla pyłu grubego i 22% dla łu pylastego (tab. 2).

Wartości granicy płynności były wyraźnie zróżnicowane w zależności od metody badania (tab. 2, rys 3). Najmniejsze różnice wystąpiły pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonymi metodami Cassagrande'a i Wasiliewa i wynosiły one około 1% w przypadku piasku średniego i pyłu grubego oraz 4,5% w przypadku łu pylastego, przy czym mniejsze wartości uzyskano z badania metodą Wasiliewa (rys. 4). Większe różnice wystąpiły pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonymi metodą Cassagrande'a i penetrometrem stożkowym (rys. 5), przy czym większe wartości uzyskano z badań penetrometrem i tak:

- w przypadku piasku średniego ilastego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu w pastę gruntową na 18 i 20 mm były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande'a odpowiednio o ponad 5 i 2%,

- w przypadku pyłu grubego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu jak wyżej były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande'a odpowiednio o ponad 4 i 1%,
- w przypadku łu pylastego wartości granicy płynności oznaczone penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu jak wyżej były większe od wartości oznaczonej metodą Cassagrande'a odpowiednio o ponad 1% i mniejsze o 3,6%.

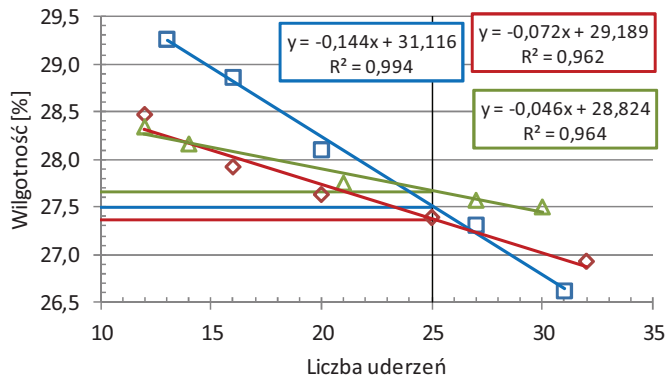
Analizując przedstawione powyżej wyniki badań można stwierdzić, że najmniejsze wartości granicy płynności uzyskano z badań metodą Wasiliewa, a największe z badań penetrometrem stożkowym przy zagłębieniu w pastę gruntową na 18 mm.

Porównując wyniki badania granicy płynności penetrometrem stożkowym należy zaznaczyć, że wyższe jej wartości uzyskano z jej oznaczenia przy zagłębieniu stożka w pastę gruntową na 18 mm: o około 3% w przypadku pia-

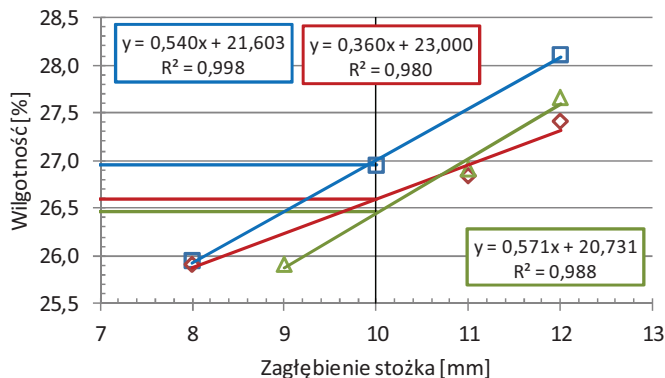
Tab. 1. Charakterystyka geotechniczna badanych gruntów

Parametr	Wartość		
Zawartość frakcji [%]:			
piaskowa, 2 – 0,063 mm	66,9	4,1	13,1
pyłowa, 0,063 – 0,002 mm	24,4	85,1	66,0
iłowa, < 0,002 mm	8,7	10,8	20,9
Rodzaj gruntu wg [12]	cIMSa	CSi	siCl
Wskaźnik różnoziarnistości [-]	92,9	16,3	-
Wskaźnik krzywizny uziarnienia [-]	3,7	3,8	-
Gęstość właściwa szkieletu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	2,67	2,68	2,70
Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	2,01	1,77	1,69
Wilgotność optymalna [%]	11,0	13,4	19,4

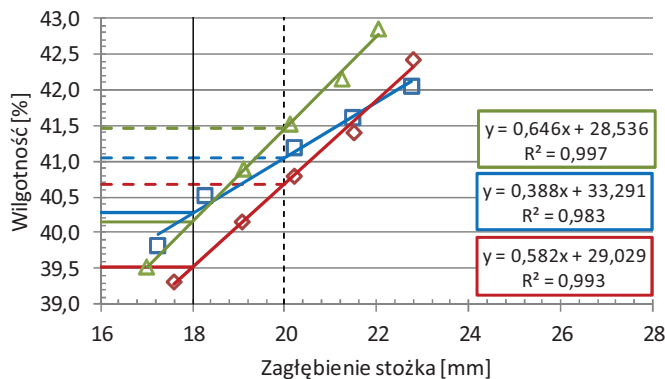
a) metoda Casagrande'a



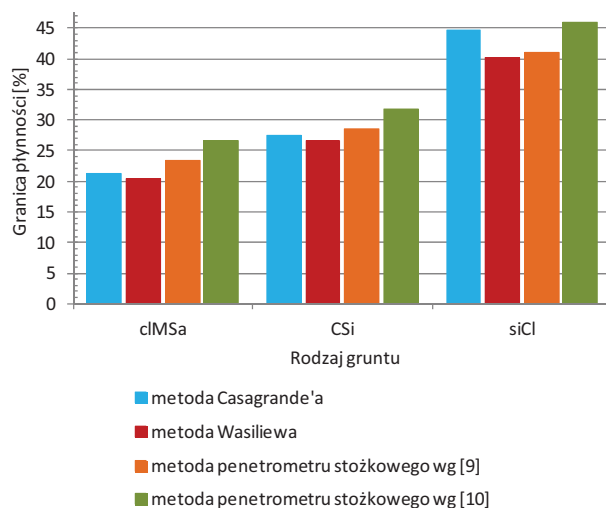
b) metoda Wasiliewa



c) metoda penetrometru stożkowego



3. Wyniki badań granicy płynności pyłu grubego (CSi)



4. Wartości granicy płynności gruntów w zależności od metody badawczej

sku średniego ilastego i pyłu grubego i o około 6% w przypadku pyłu ilastego. Przedstawione powyżej wyniki badań wskazują, że wartości granicy płynności obliczone według formuły (1) przy zagłębieniu stożka 18 mm są znacznie zawyżone w stosunku do wyników uzyskanych z trzech pozostałych metod jej oznaczania. Dlatego wyniki badań uzyskane z wyżej wymienionej metody pominięto w dalszej analizie. Pominięto również wyniki uzyskane z metody Wasiliewa, mimo, że są one dość zbliżone do wyników z dwóch pozostałych metod, ponieważ metoda ta praktycznie nie jest stosowana w polskich laboratoriach geotechnicznych. Z tego względu, a także ze względu na to, że „nowa” norma [9] preferuje oznaczenie granicy płynności penetrometrem stożkowym, w przypadku stożka o kacie wierzchołkowym 30° przy zagłębieniu 20 mm w pastę gruntową, a metodę Cassagrande'a jako alternatywną, dalszą analizę przeprowadzono w odniesieniu do wyników badań uzyskanych z tych dwóch sposobów jej oznaczenia.

W przypadku gruntów mało/średnio spoiwych wartości granicy płynności oznaczone metodą Cassagrande'a były mniejsze o ponad 2% (cIMSa) i o ponad 1% (CSi) niż metodą penetrometru stożkowego. W przypadku gruntu zwięzłego spoiwego (siCl) wartość granicy płynności oznaczona metodą Cassagrande'a była natomiast większa o ponad 3% niż metodą penetrometru stożkowego.

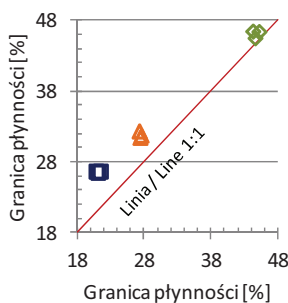
Z przytoczonych danych wynika, że mniejsze różnice pomiędzy wartościami granicy płynności uzyskanymi z tych dwóch różnych metod wystąpiły w przypadku gruntów o mniejszej zawartości frakcji ilowej (około 9–11% – cIMSa i CSi) niż o większej jej zawartości (ponad 21% – siCl).

Różnice pomiędzy wartościami granicy płynności uzyskanymi z badań różnymi metodami znajdują odzwierciedlenie w różnicach pomiędzy wartościami wskaźnika plastyczności (tab. 2), na podstawie którego dokonywany był podział gruntów drobnoziarnistych ze względu na spoiwość według „starej” normy klasyfikacyjnej [PN-B-02480:1986] - por. rys. 1. Jak widać z przytoczonych w tabeli 2 war-

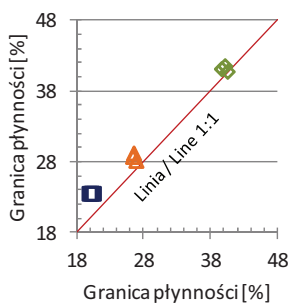
Tab. 2. Wyniki badań granic konsystencji gruntów

Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji ilowej [%]	Granica plastyczności [%]	Granica płynności [%]				Wskaźnik plastyczności [%]				Aktywność koloidalna [-]			
			Metoda				Metoda				Metoda			
			Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego		Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego		Casagrande'a	Wasiliewa	penetrometru stożkowego	
					wg [10]	wg [9]			wg [10]	wg [9]			wg [10]	wg [9]
cIMSa	8,7	11,15	21,60	20,29	26,60	23,48	10,66	9,35	15,66	12,54	1,23	1,07	1,80	1,44
		10,72	21,21	19,98	26,44	23,47	10,27	9,04	15,50	12,53	1,18	1,04	1,78	1,44
		10,92	20,93	20,60	26,59	23,47	9,99	9,66	15,65	12,53	1,15	1,11	1,80	1,44
		10,98												
		10,94	21,25	20,29	26,54	23,47	10,31	9,35	15,60	12,53	1,18	1,07	1,79	1,44
CSi	10,8	18,91	27,50	26,95	31,36	28,10	8,47	7,92	12,33	9,07	0,78	0,73	1,14	0,84
		18,53	27,37	26,60	32,26	29,14	8,34	7,57	13,23	10,11	0,77	0,70	1,23	0,94
		19,50	27,66	26,46	31,68	28,66	8,63	7,43	12,65	9,63	0,80	0,69	1,17	0,89
		19,18												
		19,03	27,51	26,67	31,77	28,63	8,48	7,64	12,74	9,60	0,79	0,71	1,18	0,89
siCl	20,9	22,13	44,30	39,70	46,34	41,05	22,38	17,78	24,42	19,13	1,07	0,85	1,17	0,92
		21,81	44,64	40,56	45,39	40,67	22,72	18,64	23,47	18,75	1,09	0,89	1,12	0,90
		21,84	45,23	40,20	46,29	41,46	23,31	18,28	24,37	19,54	1,12	0,87	1,17	0,93
		21,90												
		21,92	44,72	40,15	46,01	41,06	22,80	18,23	24,09	19,14	1,09	0,87	1,15	0,92

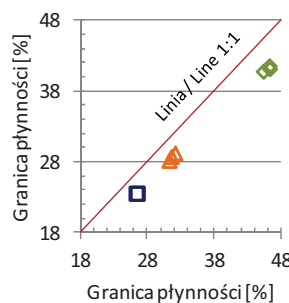
c) metoda penetrometru stożkowego wg [9] vs metoda Casagrande'a



c) metoda penetrometru stożkowego wg [9] vs metoda Wasiliewa

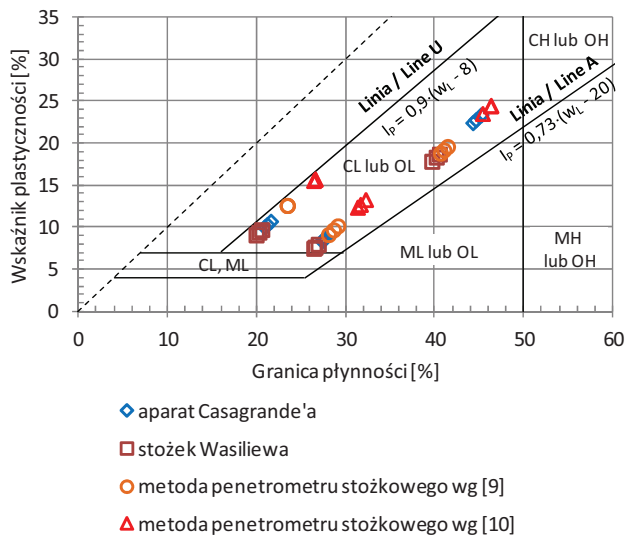


c) metoda penetrometru stożkowego wg [9] vs metoda penetrometru stożkowego wg [10]



Rodzaj gruntu: □ cIMSa, △ CSi, ◇ siCl

5. Porównanie wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczonych różnymi metodami



6. Badane grunty spoiste na karcie plastyczności Casagrande'a

tości wskaźnika plastyczności ten sam grunt można określić jako mało lub średnio spoisty (cIMSa, CSi) oraz jako średni lub zwięzłospoisty (siCl). W dalszej konsekwencji wartości granicy płynności wpływają na wartości stopnia/wskaźnika plastyczności, według którego określa się konsystencję gruntu spoistego. Przy znacznych różnicach wartości tych parametrów, grunt o określonej wilgotności może zostać zakwalifikowany do różnych stanów plastyczności albo konsystencji. Największe rozbieżności w ocenie konsystencji lub stanu gruntu występują przy wilgotności gruntu znacznie większej od granicy plastyczności. Wskazuje to jak ważny jest wybór prawidłowej metody oznaczania granicy płynności gruntów spoistych.

W celu identyfikacji gruntów spoistych, często podaje się tzw. kartę plastyczności Casagrande'a (rys. 6) [3], [13]. Na podstawie uzyskanych wartości granicy plastyczności i wskaźnika plastyczności badane grunty spoiste zaliczono do gruntów o niskiej plastyczności. Przyjęte w klasyfikacji Casagrandego oznaczenia odpowiadają w przybliżeniu następującym gruntom [1]: CH – grunty bardzo spoiste, CL – grunty średnio spoiste i spoiste zwięzłe, MH i ML – grunty mało spoiste, OL – piaski próchnicze i pyły próchnicze. Praktyczne znaczenie granic konsystencji oraz wskaźnika plastyczności polega również na tym, że charakte-

ryzują one zawartość frakcji ilowej. Im więcej cząstek ilastych, tym większy jest wskaźnik plastyczności. Między wskaźnikami plastyczności i zawartością frakcji ilowej tych samych gruntów istnieje zależność opisująca aktywność koloidalną gruntów [8]. W przypadku badanych gruntów ich aktywność koloidalna pozwala je zakwalifikować do gruntów przeciętnie aktywnych (tab. 2).

Podsumowanie

Wartości granicy płynności badanych gruntów oznaczone różnymi metodami wykazały zróżnicowanie, co w istotny sposób wpływało na ocenę ich plastyczności i konsystencji. Zgodnie z normą [9] granicę płynności należy oznaczać penetrometrem stożkowym, natomiast metodą alternatywną jest metoda Cassagrande'a. Przeprowadzone badania wykazały, że:

- w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji ilowej do 10 – 11% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były stosunkowo nieduże i wynosiły 1 – 2%, dlatego obie metody są prawidłowe. Wyniki badań Matusiewicza i in. [6] wskazują jednak, że w przypadku gruntów mało spoistych, zawierających mniej niż 5% frakcji ilowej, w których są trudności w wykonaniu bruzdy, łatwiej oznaczyć granicę płynności penetrometrem stożkowym niż metodą Casagrande'a,
- w przypadku gruntów spoistych o zawartości frakcji ilowej większej od 20% różnice pomiędzy wartościami granicy płynności oznaczonej penetrometrem stożkowym lub metodą Casagrande'a były nieco większe niż w poprzednim przypadku i wynoszą około 4%, co potwierdzają również badania Matusiewicza i in. [6], które przeprowadzone były na gruntach spoistych o zawartości frakcji ilowej większej od 10%. W tych przypadkach oznaczenie granicy płynności można wykonać zarówno jedną jak i drugą metodą, przy czym wyżej cytowana norma preferuje metodę penetrometru stożkowego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Biernatowski K., Dębicki E., Dzierżawki K., Wolski W. Fundamentowanie. Projektowanie i wykonawstwo. Warszawa, Arkady, 1987.
- [2] Craig R.F. Craig's soil mechanics. Seventh edition, Spon Press, Taylor & Francis Group, London and New York, 2004.
- [3] Dec T. Mechanika gruntów. Część 1, właściwości fizyczne. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa, 1975.
- [4] Grabowska-Olszewska B, Siemiejew J. Gruntoznawstwo. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1977.
- [5] Klimek E. Badanie wybranych parametrów geotechnicznych gruntów naturalnych i odpadów przemysłowych – granica płynności. Maszynopis pracy magisterskiej wykonanej w Katedrze Mechaniki Gruntów i Budownictwa Ziarnego Akademii Rolniczej w Krakowie, 1997.
- [6] Matusiewicz W., Lechowicz Z., Wrześniński G. Wyznaczanie granicy płynności metodą Casagrandego i penetrometrem stożkowym. Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2016, 25(3), s. 290-300.
- [7] Myślińska E. Laboratoryjne badania gruntów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
- [8] Pisarczyk S. Mechanika gruntów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.
- [9] PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic Atterberga. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [10] PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [11] PN-EN 1997-2:2009. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Cz 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [12] PN-EN ISO 14688-2:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- [13] PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap.2:2012. Poprawka do Polskiej Normy: Badania geotechniczne. Oznaczanie

i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

- [14] Sulewska M. Nowa klasyfikacja gruntów. Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2016, 25(3), s. 333-346.
- [15] Wiłun Z. Zarys geotechniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2000.

Alstom i NTL zbudowały elektrobus z czterema skrętnymi kołami

Jakub Dybalski, Transport Publiczny, 09.03.2017

Alstom i NTL zaprezentowały we francuskim Duppigheim elektryczny autobus Aptis, który już zdążył przyciągnąć zainteresowanie klientów w Europie. Pojazd przejdzie testy w Paryżu i regionie Ile-de-France w drugiej połowie 2017 r. Alstom to koncern o globalnym zasięgu, zajmujący się produkcją pojazdów dla transportu publicznego. NTL jest dostawcą innowacyjnych rozwiązań dla transportu publicznego. Firma projektuje i produkuje szereg tramwajów Translohr, które poruszają się na oponach gumowych. Aptis to ich wspólne dzieło. To pojazd, który według producentów w wielu elementach przypomina tramwaj. Posiada niską podłogę na całą długość pojazdu i szerokie pole widzenia dla kierowcy. Dwoje lub troje podwójnych drzwi ułatwia łatwe wsiadanie i wysiadanie, również osobom poruszającym się na wózkach inwalidzkich. Aptis ma cztery koła skrętne, w porównaniu z dwoma w autobusach, co pozwala na zajmowanie o 25 proc. mniej powierzchni na zakrętach. Alstom i NTL dostarczą nie tylko pojazdy, ale cały pakiet infrastruktury i usług. Obejmuje on wymiarowanie, opcje ładowania, infrastrukturę drogową, leasing i opcje gwarancyjne.

MPK Kraków wyremontowało historyczny wagon Ring

Transport Publiczny, 08.03.2017

W środę 8 marca na krakowskie torowiska wyjechał historyczny tramwaj typu Ring z lat 30. XX wieku, który został odbudowany przez pracowników Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Krakowie. Renowacja była prowadzona przez pracowników Stacji Obsługi i Remontów MPK, a jej celem było przywrócenie wagonowi wyglądu, jaki miał w okresie powojennym ubiegłego wieku. Ring to wagon, który kursował w Gdańsku do lat 60. XX wieku. Do Krakowa trafił w latach 80. XX wieku, gdzie miał być jednym z eksponatów dużego muzeum komunikacji, którego budowę zaplanowano w Krakowie. Z Gdańska do Krakowa dotarły wtedy dwa identyczne wagony tego typu nieużywane od kilku lub kilkunastu lat. Co ciekawe, były to już wtedy pojazdy techniczne wyposażone na jednym z pomostów w wirnik służący do odśnieżania. Ponieważ plany budowy muzeum nie zostały zrealizowane, przechowywano je wraz z innymi zabytkowymi pojazdami na terenie zajezdni w Nowej Hucie.