

dr inż. STANISŁAW MAJER, majer@ps.pl
Wydział Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej
70-311 Szczecin, al. Piastów 50,

TRUDNOŚCI Z KLASYFIKACJĄ GRUNTÓW SPOISTYCH DO CELÓW DROGOWYCH

Prawie na całym świecie stosowane są klasyfikacje oparte na amerykańskiej ujednoliconej klasyfikacji gruntów (Unified Soil Classification System – USCS) opracowanej przez A. Casagrande'a w 1947 roku dla potrzeb budowy dróg, lotnisk, nasypów oraz posadowienia obiektów. Głównym kryterium tej klasyfikacji jest uziarnienie gruntu (oznaczone metodami sitową i sedymentacyjną) oraz w przypadku gruntów spoistych plastyczność wyrażona wskaźnikiem plastyczności I_p i granicą płynności w_L wyznaczoną metodą Casagrande'a. Określenie tych parametrów wiąże się z możliwością popełnienia błędów merytorycznych i subiektywnych podczas badań laboratoryjnych. Do tej pory w Polsce funkcjonuje podział gruntów opracowany przez Wiłuna, którego podstawą jest uziarnienie gruntów. Obecnie trwają prace nad ustanowieniem nowych normatywów, w których podział gruntów spoistych również oparty będzie na nomogramie Casagrande'a.

W referacie zostaną omówione błędy, jakie można popełnić w trakcie wyznaczania granic Atterberga. Zostaną przedstawione również badania alternatywne do granic Atterberga mogące stanowić podstawę podziału gruntów spoistych.

1. WPROWADZENIE

W większości przypadków roboty ziemne w budownictwie ogólnym i mostownictwie obejmują nieznaczny obszar terenu, na którym może występować jeden lub kilka rodzajów gruntów. Przy prawidłowym rozpoznaniu warunków gruntowo-wodnych na etapie projektu można ustalić technologię i sposób wykorzystania gruntów w robotach ziemnych. Przy budowie dróg odpowiednie przygotowanie podłoża gruntowego ma decydujące znaczenie na trwałość konstrukcji nawierzchni. Obszar, jaki obejmują roboty drogowe jest bardzo duży, w skrajnych przypadkach należy liczyć się z pasem o szerokości kilkunastu, kilkudziesięciu metrów i długości kilku, kilkunastu kilometrów, a ilość przemieszczanego gruntu może wynosić miliony metrów sześciennych. W związku z tym należy liczyć się z bardzo dużym zróżnicowaniem rodzaju gruntu w obrębie budowy. Przy tak dużym obszarze robót, praktycznie nie można rozpoznać wszystkich rodzajów gruntów na etapie projektu, zwłaszcza pod kątem parametrów odzwierciedlających ich przydatność do celów drogowych. Dlatego należy założyć, że część niezbędnych analiz i badań trzeba będzie wykonać w trakcie prowadzenia robót przez laboratorium polowe. To z kolei wymusza stosowanie badań charakteryzujących się niską praco- i czasochłonnością oraz wykorzystanie niezbyt

skomplikowanej aparatury badawczej oraz stosowania prostej klasyfikacji gruntów określającej przydatność ich do drogowych robót ziemnych.

Grunty niespoiste na ogół nie stwarzają problemów przy wykonywaniu robót ziemnych, a ich badania w trakcie realizacji robót ograniczają się do analizy sitowej, określenia wskaźnika piaskowego oraz wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości szkieletu gruntowego. Sytuacja znacznie się komplikuje w przypadku gruntów spoistych. Cechy fizyczne i mechaniczne gruntów spoistych zależą od ich wilgotności. Grunty te wraz ze zmianą wilgotności zmniejszają swoją nośność, dodatkowo charakteryzują one się właściwościami wysadzinowymi, co utrudnia ich zastosowanie bezpośrednio pod konstrukcją nawierzchni drogowych.

Same metody badań gruntów spoistych nie są proste i stwarzają wiele problemów metodycznych. Problem z gruntami spoistymi powstaje już na etapie ich klasyfikacji oraz określeniu przydatności do celów drogowych.

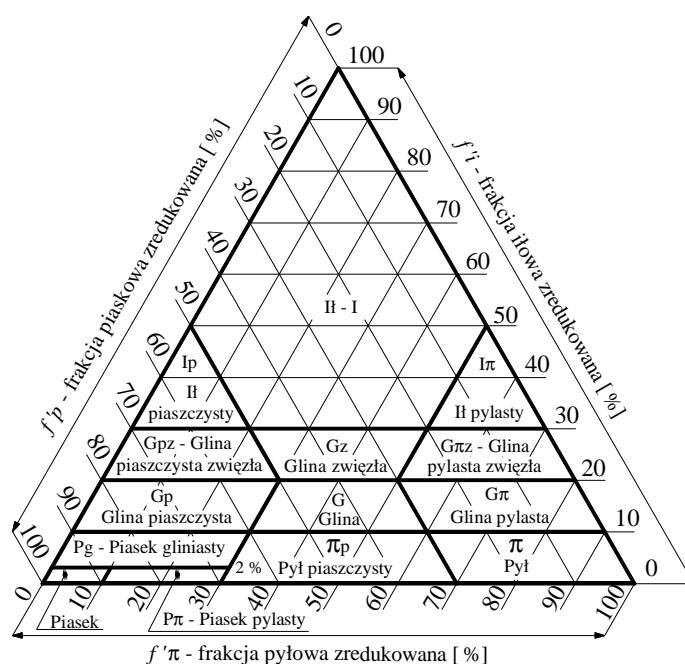
2. AKTUALNA KLASYFIKACJA GRUNTÓW

Zgodnie z aktualnym stanem prawnym w Polsce przestała obowiązywać norma PN-B-02480:1986 „Grunt budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów” [13]. Sukcesywnie pojawiają się nowe normatywy uwzględniające zalecenia norm europejskich jednak w przypadku klasyfikacji gruntów sprawa jest bardzo skomplikowana i wynika z odmiennego podejścia do klasyfikacji gruntów stosowanego w Polsce i ISO 14688-1:2002 [1].

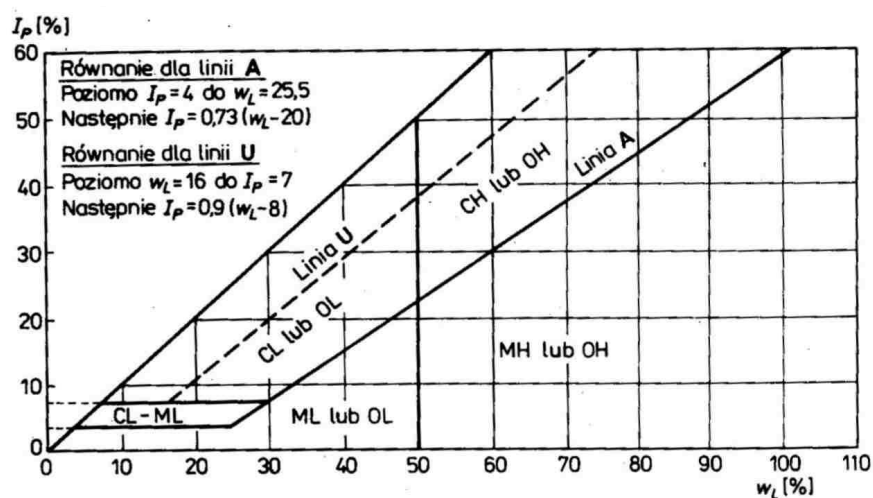
Dotychczasowy podział gruntów używany w Polsce opiera się na ich uziarnieniu. Podstawą tej klasyfikacji jest procentowa zawartość poszczególnych frakcji w gruncie i ich wzajemny stosunek. Generalnie w uziarnieniu gruntów wyróżnia się pięć zasadniczych frakcji, lecz w przypadku klasyfikacji gruntów spoistych bazuje się na trzech (piaskowej, pyłowej i ilowej), które w wystarczającym stopniu charakteryzują te grunty. Graficznie zasadę podziału gruntów spoistych najlepiej obrazuje tzw. trójkąt Fereta (rys. 1).

W wielu krajach na całym świecie stosowane są klasyfikacje oparte na amerykańskiej ujednoliconej klasyfikacji gruntów (Unified Soil Classification System – USCS) opracowanej przez A. Casagrande’a w 1947 roku dla potrzeb budowy dróg, lotnisk, nasypów oraz posadowienia obiektów. Głównym kryterium tej klasyfikacji jest uziarnienie gruntu (oznaczone metodami sitową i sedymentacyjną) oraz w przypadku gruntów spoistych plastyczność wyrażona wskaźnikiem plastyczności I_P i granicą płynności w_L wyznaczoną metodą Casagrande’a. Podstawą podziału gruntów spoistych jest wykres plastyczności wg Casagrande’a – rys. 2. Wykres ten podlegał modyfikacjom m.in. na dodaniu linii U wg ASTM D 2487-93 [2].

Poszukiwanie odpowiedników nazw gruntów stosowanych do tej pory w Polsce z symboliką USCS może prowadzić do nikąd. W systemie tym nazwy gruntu nawiązują do plastyczności, natomiast klasyfikacja wg polskiej normy do składu granulometrycznego, z którego dopiero wynika różna spoistość gruntów [3].



Rys. 1. Podział gruntów drobnoziarnistych spoistych w trójkącie Fereta
 Fig. 1. Classification of fine-grained cohesive soils in Feret's triangle



Rys. 2. Nomogram Casagrande'a wg ASTM D 2487-93 [2]
 Fig. 2. Cassagrande's nomogram according to ASTM D 2487-93 [2]

3. METODYKA POMIARÓW GRANICY PŁYNNOŚCI I PLASTYCZNOŚCI

Atterberg na początku XX wieku wprowadził pojęcie konsystencji, stanu i granic konsystencji gruntów spoistych [4, 5]. Najczęściej w praktyce stosowana jest granica płynności i plastyczności oraz obliczony na ich podstawie wskaźnik plastyczności. Granica płynności w_L jest to wilgotność, jaką ma grunt na granicy stanu miękkoplastycznego i płynnego, przy której bruzda rozdzielająca próbkę gruntu w miseczce aparatu Casagrande'a złączy się po 25 uderzeniach miseczki na długości 10 mm i wysokości 1 mm. Granica plastyczności w_p jest to

wilgotność, jaką ma grunt na granicy stanu twardoplastycznego i półzwarłego, przy której wałeczek uformowany podczas wałeczkowania pęka po osiągnięciu 3 mm.

3.1. Granica płynności

W pierwotnej wersji zaproponowanej przez Atterberga [5], badanie granicy płynności polegało na tym, iż do gruntu znajdującego się w parownicze dodawało się wody i mieszało się z gruntem tak długo, aż utworzona pasta gruntowa przy lekkim uderzaniu w dno parowniczeki spływała i zamykała bruzdę utworzoną w paście. Wilgotność, przy której występowało zlewanie bruzdy Atterberg określił granicą płynności. Zaproponowana przez niego metoda oznaczania okazała się zbyt mało dokładna i A. Casagrande ulepszył metodę projektując aparat [6] do oznaczania granicy płynności gruntów, który stosowany jest z niewielkimi zmianami do dnia dzisiejszego. Różnice w budowie aparatu stosowanego w różnych krajach są niewielkie. Stosowany w Polsce aparat Casagrande'a odpowiada aparatom angielskim, na których w okresie powojennym wykonywano badania normalizacyjne. Wymagania dla podkładki z gumy o wymiarach 8,5×5,0×2,5 cm to twardość powinna wynosić 70±2 stopni Shore'a, oraz sprężystość, sprężystość powinna odpowiadać 35÷40 jednostkom skali elastomeru Schobe'a. Norma DIN – 18122 T1 [7] uznaje, że właściwa guma aparatu charakteryzuje się następującymi właściwościami – twardość 62÷65 stopni Shore'a która zapewnia odbicie elastyczne s 0,75÷0,85.

Na wartość granicy płynności metodą Casagrande'a [8, 9] ma wpływ:

- a) efekt aparatu:
 - wykonywanie rylcem bruzdy;
 - podkładka aparatu – niezgodna z wymaganiami podanymi powyżej;
 - wysokość opadania miseczki;
- b) efekt laboranta:
 - kierunek ruchu rylca;
 - trudność w równomiernym rozłożeniu pasty gruntowej w miseczce;
 - trudność w ocenie długości i wysokości zlania się bruzdy;
- c) efekt przygotowania pasty:
 - wpływ temperatury;
 - efekt urabiania pasty „tempering”;
- d) efekt tiksotropii czyli upłynniania się gruntu podczas uderzania miseczki aparatu o podstawę.

Nieścisłości wynikające z niedokładności aparatu przy obecnych procedurach akredytacji laboratoriów można uznać za nieistotne, efekt urabiania i kierunek rylca wymaga jedynie zachowania ścisłej metodyki badawczej, wpływ tiksotropii zależy od rodzaju gruntu. Najistotniejsze i trudne do wyeliminowania są efekty laboranta.

3.2. Granica plastyczności

Wykonanie tego oznaczenia praktycznie nie zmieniło się momentu jego powstania. Z przygotowanej próbki gruntu (usunięte ziarna > 2 mm, stan plastyczny) formuje się kulkę o średnicy 7 ÷ 8 mm i wałeczkuje ją na dłoni do momentu aż wałeczek uzyska średnicę około 3 mm, po czym z gruntu ponownie formuje się kulkę. Czynność tę należy powtarzać tak długo, aż przy kolejnym wałeczkowaniu wałeczek ulegnie uszkodzeniu (popęka, rozwarstwi się lub rozsypie). Sposób pęknięcia wałeczka Witun wykorzystał przy makroskopowej analizie gruntów spoistych [10]. Na wartość granicy plastyczności [9] ma wpływ:

- a) efekt przygotowania pasty:
 - wpływ temperatury;
 - efekt urabiania pasty „tempering”;
- b) efekt laboranta:
 - wpływ temperatury różnica w wilgotności dłoni (nawet tej samej osoby);
 - sposób wałeczkowania (szybkość wałeczkowania, miejsce na dłoni);
 - niedokładne określenie momentu pęknięcia wałeczka.

Po przeanalizowaniu wpływu różnych czynników na wartość granicy plastyczności można stwierdzić, że decydujący wpływ ma doświadczenie i umiejętności laboranta.

3.3. Badania stożkowe

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej mankamenty przy oznaczaniu w_L została wprowadzona metoda stożkowa jako alternatywna do metody Casagrande’a. Prekursorami pod tym względem byli Szwedzi. W Polsce w pierwszym okresie była to metoda Wasiliewa a następnie opracowanego w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB) przez Piaskowskiego na podstawie stożka firmy Geonor metoda stożka opadowego [11]. Geometria ciężar stożków stosowanych w Polsce i Wielkiej Brytanii jest identyczna różnice wynikają z różnego końca stożka – w Polsce ścięty koniec, w Wielkiej Brytanii zaokrąglony. W Szwecji stosuje się stożek o kącie wierzchołkowym 60°. Wartość granicy płynności wg standardów brytyjskich odpowiada wilgotności pasty przy penetracji stożka 20 mm, wg szwedzkich 10 mm. Według polskich standardów granice płynności oblicza się za pomocą empirycznego wzoru (1) na podstawie wilgotności odpowiadającej penetracji stożka równej 18 mm.

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

Liczne badania [20, 21] wskazują, że wartości granicy płynności określoną metodą Casagrande’a oraz za pomocą stożka (1) różnią się od siebie. Stwierdza się, że metodę penetrometru stożkowego należy stosować do określania granicy płynności gruntów mało spoistych, nie powinno jej się stosować przy badaniach identyfikacyjnych (nomogram Casagrande’a), a ustalenie ścisłych zależności pomiędzy obydwoma metodami w dalszym ciągu trwa.

4. INNE BADANIA IDENTYFIKACYJNE

4.1. Powierzchnia Właściwa

Za właściwości hydrofilne gruntów spoistych odpowiada przede wszystkim frakcja iłowa i jej skład mineralogiczny. Niestety już samo wydzielenie frakcji iłowej i badanie składu mineralogicznego jest pracochłonne i wymaga stosowania specjalistycznej aparatury. Ogranicza to te badania do celów naukowych i porównawczych. Mogą one być przeprowadzone tylko przez wysoko specjalistyczne laboratoria. Biorąc pod uwagę powyższe ograniczenia, klasyfikacja gruntów nie może bezpośrednio uwzględniać składu mineralnego frakcji iłowej. Piaskowski [11] zaproponował nową klasyfikację gruntów spoistych opartą na powierzchni właściwej gruntu wyznaczonej na podstawie pojemności sorpcyjnej gruntu w stosunku do błękitu metylenowego (*MBC*). Klasyfikacja ta (tabl. 1) znalazła się w PN-B-02480:1986 [13], jako uzupełniająca do podziału gruntów ze względu na uziarnienie. Oznaczenie *MBC* jest badaniem stosunkowo prostym, dobrze nadającym się do badań rutynowych, nie wymaga stosowania skomplikowanej aparatury (mieszadło magnetyczne, bibuła i pipetka) [12]. Metoda ta została opracowana i znalazła szerokie zastosowanie we Francji.

Oznaczenie *MBC* wykonuje się metodą „barwnej otoczki” (*spot test*), miareczkując zawiesinę gruntu mianowanym roztworem błękitu metylenowego [12]. Badania przedstawione w pracy wykonano zgodnie z metodologią podaną w PN-B-04481:1988 [14]. Normowy sposób oznaczenia za wynik ostateczny *MBC* przyjmuje wartość średniej arytmetycznej z 3 oznaczeń, jeśli wartość ekstremalna nie przekracza 25% wartości średniej. Jako główną wadę tej metody podaje się subiektywną ocenę określenia zabarwienia otoczki (czy pojemność sorpcyjna gruntu została przekroczona już czy jeszcze nie). Wskaźnik błękitu metylenowego oblicza się z wzoru (2), natomiast na jego podstawie za pomocą wzoru (3) powierzchnie właściwą gruntu.

$$MBC = \frac{100m}{2m_s}(V_i + V_{i-1}) \quad (2)$$

$$S_i = k_1 MBC \quad (3)$$

MBC – pojemność sorpcyjna gruntu w stosunku do błękitu metylenowego wg substancji 3-wodnej na 100 g suchej masy gruntu; [g/100 g]

m_s – masa gruntu suchego użytego do badań; [g]

m – miano roztworu błękitu metylenowego w przeliczeniu na substancję 3-wodną; [g]

V_i – objętość roztworu błękitu metylenowego, przy którym została przekroczona zdolności sorpcyjna; [cm³]

V_{i-1} – objętość roztworu w przedostatniej porcji przed przekroczeniem zdolności sorpcyjnej; [cm³]

k₁ – współczynnik, którego wartość wynosi 20,94 m²/g, określający sumę rzutów powierzchni 1 g cząsteczek błękitu metylenowego;

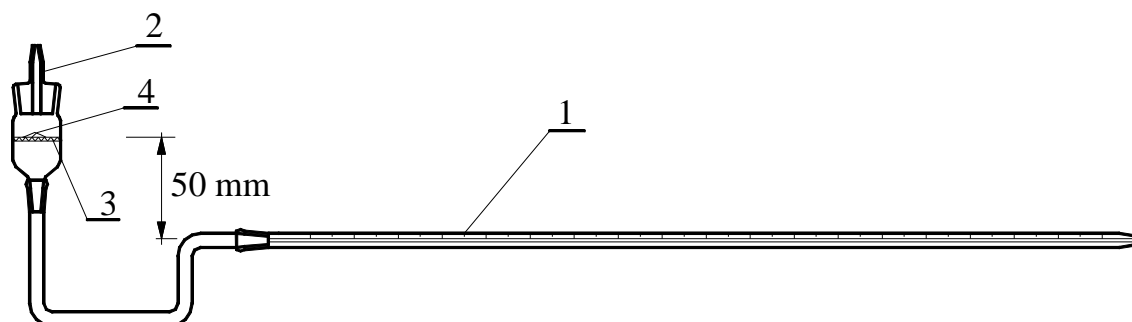
S_i – powierzchnia właściwa gruntu; [m²/g]

Tabl. 1. Klasyfikacja gruntów oparta na powierzchni właściwej [13]
 Tabl. 1. Classification of soils based on specific surface [13]

Lp.	Nazwa klasyfikacyjna	Powierzchnia właściwa gruntu (S_r) m ² /g	Zakres zawartości frakcji [%]	
			$d > 0.25$ mm	$d > 0.074$ mm lub (or) > 0.071 mm
1	Piaski gliniaste (N)	≤ 30	≥ 5	≥ 35.1
2	Pyły piaszczyste (N)		< 5	20,1 ÷ 35
3	Pyły (N)		< 5	≤ 20
4	Gliny piaszczyste (N)	30.1 ÷ 65	–	≥ 35.1
5	Gliny (N)		–	20,1 ÷ 35
6	Gliny pyłaste (N)		–	≤ 20
7	Gliny piaszczyste zwięzłe (N)	65.1 ÷ 100	–	≥ 30.1
8	Gliny zwięzłe (N)		–	10,1 ÷ 30
9	Gliny pyłaste zwięzłe (N)		–	≤ 10
10	Iły piaszczyste (N)	≥ 100.1	> 5	–
11	Iły (N)		1.1 ÷ 5	–
12	Iły pyłaste (N)		≤ 1	–

4.2. Granica Nasiąkliwości

Do badań znanych w Polsce, które nie znalazły jednak szerszego zastosowania w praktyce laboratoryjnej należy zaliczyć badanie granicy nasiąkliwości (w_N). Badanie maksymalnej absorpcji wody przez grunt zaproponował Enslin w specjalnie stworzonym do tego celu urządzeniu [15]. W literaturze polskiej maksymalną ilość wody wchłanianej przez grunt nazwano granicą nasiąkliwości [16]. Urządzenie (aparat) zaproponowany przez Enslina charakteryzował się pewnymi mankamentami, pod względem utrzymywania poziomu wody i przygotowania próbki gruntu. Zmian w budowie aparatu jak i uproszczenia samego badania wykonał K. H. Neff [17]. Aparat Enslina zmodyfikowany przez Neffa charakteryzuje się bardzo prostą budową (rys. 2) i doskonale nadaje się do wykorzystania w laboratorium polowym. Głównym usprawnieniem zastosowanym przez Neffa było zastosowanie filtra, który pozwala utrzymywać 50 mm słupa wody ponad poziom w pipetce pomiarowej.



Rys. 2. Aparat Enslina zmodyfikowany przez Neffa, 1 – rurka kalibrowana, 2 – ustnik, 3 – filtr, 4 – próbka gruntu

Fig. 2. Enslin's apparatus modified by Neff

W Niemczech sposób wykonania pomiaru określa norma DIN 18 132 [18]. Metodologię stosowaną w Polsce odczyt wchłoniętej wody wykonuje się po ¼, ½, 2, 4 i 8 minutach [16]. Granice nasiąkliwości określa się w [%] jako stosunek ilości zaabsorbowanej wody do masy gruntu suchego.

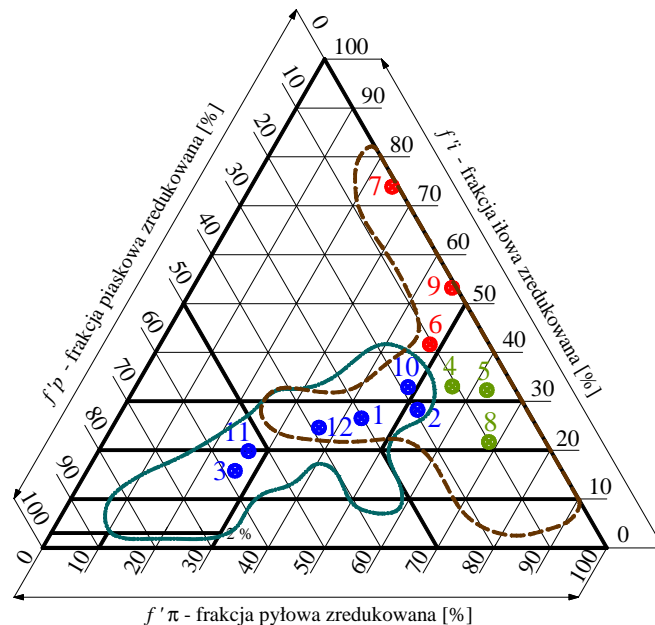
$$w_N = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \quad (4)$$

m_w – masa wody odczytywana z pipetki pomiarowej przyjmując że 1 cm³ wody destylowanej = 1g,
 m_s – masa gruntu suchego.

W badaniach przedstawionych w niniejszej pracy objętość pochłoniętej przez gruntu wody mierzono dodatkowo po 16 i 32 minutach. W przypadku badania bentonitów czas wchłaniania wody jest, wielokrotnie dłuższy (do 7 dni), również próbka gruntu musi być odpowiednio mniejsza i pojawia się problem parowania wody podczas badania [19].

5. WYNIKI BADAŃ

W ramach prac laboratoryjnych wytypowano 12 różnych gruntów spoistych z terenu północno-zachodniej i zachodniej Polski. Badania wstępne polegały na określeniu składu granulometrycznego metodą sedymentacyjną (areometryczna) i sitową na mokro, granic Atterberga (w_P i w_L). Na rys. 3 przedstawiono uziarnienie badanych gruntów.



Rys. 3. Skład ziarnowy badanych gruntów

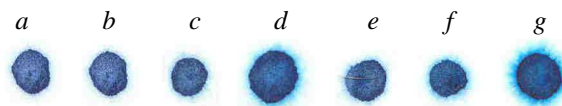
Fig. 3. Grain composition of tested soils

- — — granice uziarnienia utworów zastoiskowych, — — — uziarnienie glin zwałowych
- — grunty wodnolodowcowe, ● — zastoiskowe, ● — trzeciorzędowe

W tab. 2 przedstawiono wyniki badań granic Atterberga w_P i w_L , wskaźnika plastyczności I_P , powierzchni właściwej S_t , wskaźnika nośności CBR i pęcznienia p i wilgotności optymalnej w_{opt} . Przykładowe oznaczenie powierzchni właściwej przedstawiono na rys. 4.

Tabl. 2. Zestawienie wyników badań gruntów
Tabl. 2. Soils tests results' listing

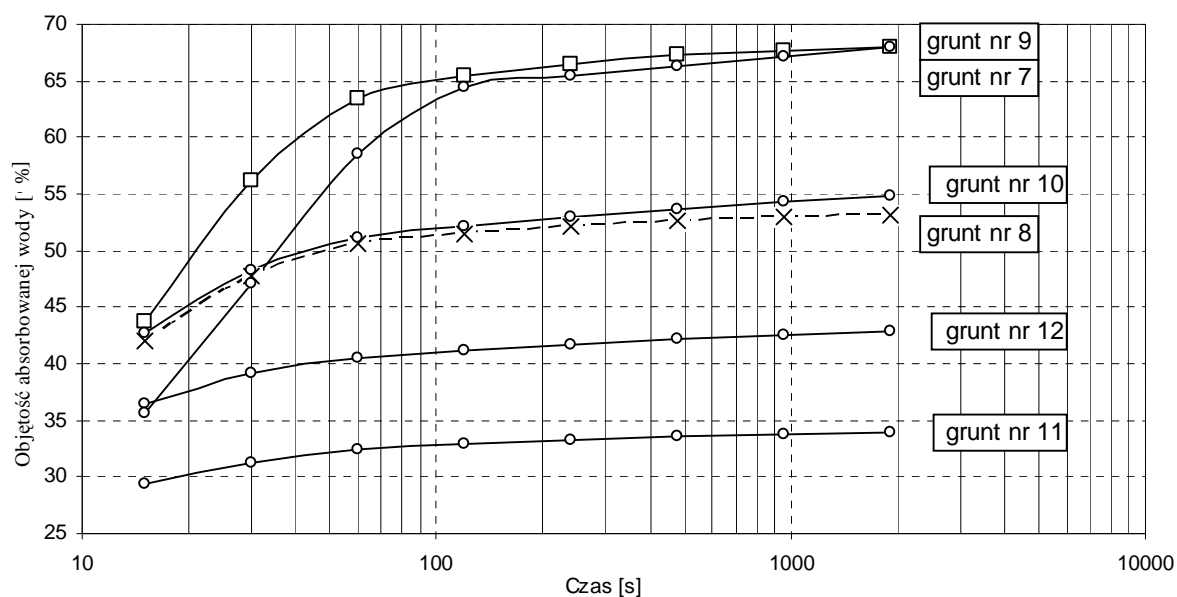
Grunt	w_L [%]	w_P [%]	I_P [%]	MBC [g/100g]	S_t [m ² /g]	w_N [%]	w_{opt} [%]	CBR [%]	$CBR^{(N)}$ [%]	p [%]
1	31,50	12,55	18,95	2,293	48,02	36,75	12,65	13,8	2,0	1,71
2	42,90	16,98	25,92	3,154	66,04	43,40	16,20	13,5	1,4	3,86
3	19,85	10,97	8,88	1,502	31,45	26,70	10,20	19,1	13,2	0,09
4	51,10	20,02	31,08	4,278	89,58	53,20	18,40	12,3	1,3	3,19
5	41,65	16,02	25,63	3,575	74,86	45,45	16,10	12,7	2,2	1,65
6	57,60	21,44	36,16	5,541	116,03	50,25	17,70	11,5	1,2	6,53
7	95,20	28,22	66,98	9,185	192,33	66,35	22,80	9,6	0,7	10,42
8	41,80	22,79	19,01	3,330	69,73	52,70	20,12	13,6	3,3	1,85
9	81,70	30,32	51,38	9,417	197,19	67,25	23,85	10,3	0,6	9,09
10	71,10	27,94	43,16	7,376	154,45	53,70	22,55	11,3	1,3	5,14
11	23,45	11,95	11,50	1,724	36,10	33,55	10,45	15,4	5,6	0,49
12	31,90	14,93	16,97	2,962	62,02	42,25	14,55	14,5	2,9	1,74



Rys. 4. Badanie pojemności sorpcyjnej gruntu (grunt nr 9)

$a - V_1, b - V_6, c - V_{10}, d - V_{13}, e - V_{13}, f - V_{14}, g - V_{15}$

Fig. 4. Sorption capacity of soil test (soil no. 9)



Rys. 5. Absorpcja wody przez grunty od 7 do 12

Fig. 5. Water absorption of soils 7 – 12

W tabl. 3 zestawiono wartości współczynników korelacji, S_t , I_P , wskaźnika grupowego GI (Group Index) oraz w_N . Współczynniki te ustalono w oparciu o zależności wyznaczone dla wszystkich gruntów, dla większości przyjmowano liniową zależność pomiędzy rozpatrywanymi właściwościami.

Tabl. 3. Wzajemne współzależności pomiędzy parametrami dla badanych gruntów
Tabl. 3. Mutual correlations between parameters of tested soils

Parametr	R						
	w_L	w_P	S_t	I_P	GI	w_N	w_{18}
w_L	-	0,936	0,982	0,991	0,986	0,933	0,998
w_{18}	0,998	0,951	0,982	0,983	0,980	0,946	-
w_P	0,936	-	0,952	0,881	0,891	0,951	0,951
I_P	0,991	0,881	0,965	-	0,989	0,922	0,984
S_t	0,982	0,955	-	0,965	0,961	0,942	0,982
w_N	0,933	0,951	0,942	0,922	0,939	-	0,961
w_{opt}	0,916	0,988	0,942	0,904	0,910	0,964	0,960
ρ_{ds}	0,878	0,960	0,898	0,822	0,810	0,926	0,902
CBR	0,971	0,893	0,954	0,979	0,950	0,942	0,966
$CBR^{(N)}$	0,919	0,806	0,892	0,951	0,951	0,890	0,912
p	0,958	0,845	0,948	0,970	0,964	0,872	0,951
<i>średnia</i>	0,948	0,917	0,946	0,937	0,939	0,929	0,957

Analizując tabl. 3 można zauważyć, że parametrami dobrze opisującymi właściwości badanych gruntów to granica płynności, powierzchnia właściwa i wilgotność w_{18} określona stożkiem opadowym. Największą wartością korelacji charakteryzował się parametr określony w badaniu stożkowym. Potwierdza to, że parametry wyznaczone za pomocą tej metody z powodzeniem mogą zastąpić dotychczasowy sposób wyznaczania granicy płynności.

Badanie granicy nasiąkliwości również dobrze opisuje właściwości gruntów spoistych a dodatkowo przy wilgotności optymalnej (parametr niezwykle istotny przy wykonywaniu robót ziemnych) charakteryzuje się ona w stosunku do wcześniej wymienionych parametrów najwyższym współczynnikiem korelacji.

6. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono problemy jakie występują z klasyfikacją gruntów spoistych do celów drogowych. Z uwagi na swoje specyficzne uwarunkowania budownictwo drogowe potrzebuje prostej klasyfikacji, która za pomocą prostych testów pozwoli ocenić przydatność gruntów do robót ziemnych. Dotychczasowe klasyfikacje w przypadku gruntów spoistych opierają się na granicach Atterberga i uziarnieniu. Wykazano, że przy ich oznaczeniu zwłaszcza granicy płynności można popełnić wiele błędów. Autor nie uważa, aby zaniechać określania granic Atterberga z uwagi na to, że pozwalają one korzystać z dotychczasowej

literatury fachowej i wyników badań archiwalnych.

Klasyfikacja gruntów oparta na powierzchni właściwej wydaje się odpowiednia do przyjęcia jako obowiązująca w budownictwie drogowym. Jedną z jej zalet jest to, że nawiązuje ona do nazw gruntów do tej pory powszechnie stosowanych w geologii inżynierskiej w Polsce. W dalszym ciągu będzie można korzystać z analizy makroskopowej gruntów opracowanej przez Wiłuna. Wydaje się, że rezygnacja z tej klasyfikacji w nowej normie obejmującej podział gruntów będzie krokiem wstecznym.

Przedstawiono w pracy badania identyfikacyjne alternatywne do granic Atterberga – powierzchnie właściwą i granicę nasiąkliwości. Badania te mogą być wykonywane z powodzeniem w laboratoriach polowych. Parametrem, który udziela szczególnie dużo informacji na temat właściwości hydrofilnych, ale również składu mineralogicznego jest powierzchnia właściwa na podstawie sorpcji błękitu metylenowego. Badanie granicy nasiąkliwości z uwagi na prostotę i wyjątkowo krótki czas przygotowania próbki do badań stanowi duży potencjał przy określaniu właściwości gruntów spoistych dla potrzeb budownictwa drogowego.

LITERATURA

- [1] ISO 14688-1:2002, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung*
- [2] ASTM D 2487-93, *Standard classification of soil for engineering purposes. (Unified Soil Classification System)*
- [3] *Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych*, pod red. B. Grabowskiej-Olszewskiej Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998
- [4] Atterberg A.: Die Plastizität der Tone. *Intern. Mitteil. Bodenkunde*, B. 1, 1911 s. 10-43
- [5] Atterberg A.: Konsistenz und die Bindigkeit der Boden. *Intern Mitteil. Bodenkunde*, B. 2, 1912 s. 149-189
- [6] Casagrande A.: Research on the Atterberg Limits of Soils. *Public Roads* 13 No. 8 1932, p. 121
- [7] DIN 18122 T1, *Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Bestimmung der Fließ und Ausrollgrenze*
- [8] Dawson R.: Investigations of the Liquid Limit test of Soils. *Papers on Soils 1959 Meetings ASTM.*, pp. 190-195, 1960
- [9] Moom T., Rosenquist Th.: On the weathering of Yong Marine Clay. *Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 1 pp. 74 -79, 1957
- [10] Wiłun Z.: Makroskopowa metoda oznaczania stanu konsystencji gruntów. *Inżynieria i Budownictwo* (Biuletyn ITB), Nr 7-8, 1951
- [11] Piaskowski A.: Proste przyrządy do oznaczania mechanicznych właściwości gruntów. *Inżynieria i Budownictwo* nr 6 1974, str. 265-270
- [12] Piaskowski A. M.: Właściwości sorpcyjne i powierzchnia właściwa polskich gruntów. Badania nad sorpcją błękitu metylenowego, *Archiwum Hydrotechniki* Tom XXXI z. 3, str. 297-313, 1984
- [13] PN-B-02480:1986, *Grunt budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów*
- [14] PN-B-04481:1988. *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu*
- [15] Enslin O.: Über einen Apparat zur Messung der Flüssigkeitsaufnahme an quellbaren und porösen Stoffen, *Chemische Fabrik* 6 (1933) S. 147
- [16] Glazer Z., Malinowski J.: *Geologia i geotechnika dla inżynierów budownictwa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1991
- [17] Neff K. H.: Über die Messung der Wasseraufnahme ungleichförmiger bindiger anorganischer

- Bodenarten in einer neuen Ausführung des Enslingerätes, *Bautechnik* 39 (1959) H. 11, S.415-163
- [18] DIN 18 132, Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
- [19] Dieng M. A.: Der Wasseraufnahmeversuch nach DIN 18132 in einem neu entwickelten Gerät. *Bautechnik* 82 (2005). H. 1, S. 28-32
- [20] Łukasik S.: *Kalibracja penetrometru stożkowego do oznaczania granicy płynności*. 50 lat Geotechniki w ITB, Materiały, Warszawa 1995 str. 231-238
- [21] Myślińska E.: *Mała encyklopedia gruntoznawstwa*. Wyd. BEL-Studio; Warszawa 2003.

DIFFICULTIES AT CLASSIFICATION OF COHESIVE SOILS USED IN ROAD BUILDING

(summary)

There was the problem of cohesive soils' classification brought in the paper. The granulation of soils is the basis for actual classification system described in Polish standard PN-B-02480:1986.

The main factor, having the main impact for cohesive soils characteristics is their plasticity. That factor results from: granulation, specific surface and mineral composition of silt fraction.

The Cassagrande's nomogram was presented which is the base for soils' classification amongst others in USA, Germany and UK. Names of soils used in Cassagrande nomogram do not always match the names used in Poland.

There were also discussed mistakes which can occur when Atterberg's limits are determined. The proposals of two identification tests were also shown in the paper: specific surface which is to be determined on the basis of sorption capacity of soils with relation to Methylene blue adsorption (MBC) as well as the water absorption test. On the basis of 12 soils' test results it was shown, that these two parameters can characterize the features of cohesive soils properly.