

Ryszard SZMONIEWSKI, Stanisława SZMONIEWSKA

## Metoda jednopunktowego wyznaczania granicy płynności

### WSTĘP

Granica płynności gruntu (PN-59/B-04489) nazywa się jego wilgotność, przy której bruzda, rozdzielająca próbkę gruntu w miseczce aparatu Casagrande'a (A. Casagrande, 1932), zleje się po 25 uderzeniach na długości 10 mm i wysokości 1 mm.

Podobna normalizacja została ustalona przez „British Standards Institution“ oraz „American Society for Testing Materials“. Na ogół wszystkie normy zalecają wykonanie 3—6 określeń wilgotności przy różnej ilości uderzeń miseczki z gruntem w granicach ilości uderzeń 10 do 40, a następnie przeniesienie tych wartości wilgotności na siatkę półlogarytmiczną i łączenie prostą (linia płynięcia), która w idealnych warunkach powinna przechodzić przez wszystkie punkty. Punkt przecięcia się otrzymanej prostej z linią wskazującą 25 uderzeń wyznacza wilgotność odpowiadającą granicy płynności. Wynik badania uważa się za dostatecznie dokładny, jeżeli co najmniej 3—4 punkty są oddalone od prostej nie więcej niż o 1% wilgotności, mierząc odległość punktu od prostej do linii odpowiadającej ilości uderzeń.

W 1945 r. w USA (L. E. J. Norman, 1958) pracownicy Stacji Badania Dróg Wodnych w Vicksburgu zaobserwowali, że wykresy na siatce półlogarytmicznej dla określenia granicy płynności są w badanych gruntach podobne. To z kolei pozwoliło im na obliczenie granicy płynności poszczególnych gruntów na podstawie wilgotności i liczby uderzeń oraz określenie w postaci równania charakterystycznej zależności granicy płynności od liczby uderzeń, wyrażoną wzorem:

$$L = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad [1]$$

gdzie:

L = granica płynności

W = wilgotność gruntu przy N uderzeniach

N = ilość uderzeń

Wzór ten zastosowano z powodzeniem dla gruntów z doliny rzecznej dolnej Missisipi.

J. Cooper i K. A. Johnson (1950) w wyniku zbadania linii płynięcia szeregu gruntów w stanie Waszyngton wykonali wykres, który można było używać do określenia granicy płynności bezpośrednio z jednego oznaczenia wilgotności.

W 1955 r. wzór [1] zastosował W. J. Eden (1955) w badaniach gruntów kanadyjskich i otrzymał zadowalające wyniki przy wykładniku 0,100

$$L = W \left( \frac{W}{25} \right)^{0,100} \quad [2]$$

J. Cooper i K. A. Johnson w 1955 r. ustalili równanie:

$$L = \frac{W}{1,419 - 0,3 \log N} \quad [3]$$

które było używane dla wielu gruntów z różnych części USA (L. E. J. Norman, 1959).

L. E. J. Norman (1959) w badaniach swoich oparł się na zmodyfikowanym wzorze [1]

$$L = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,092} \quad [4]$$

który okazał się słuszny również dla wielu gruntów w Anglii, jak również północnej i południowej Rodezji, Nigerii, Ugandy, Tanganiki, Malajów, Hondurasu i Indii.

Niektóre linie płynięcia gruntów brytyjskich zostały przez L. E. J. Normana wykreślone w układzie:

- rzędne — wilgotność w skali liniowej
- odcięte — liczby uderzeń w skali logarytmicznej.

To z kolei pozwoliło na wyprowadzenie wzoru podobnego do wzoru [3] Cooper'a i Johnsona, a mianowicie:

$$L = \frac{W}{1,388 - 0,277 \log N} \quad [5]$$

## PRZEBIEG WŁASNYCH DOŚWIADCZEŃ

Na podstawie badań granicy płynności, przeprowadzonych dla różnych gruntów z obszaru całej Polski, a wykonanych w Przedsiębiorstwie Geologicznym Budownictwa Wodnego „Hydrogeo” w Warszawie w Laboratorium Badania Gruntów, metodą standartową w latach 1957—1959 stwierdzono, że nachylenie poszczególnych linii płynięcia jest do siebie bardzo zbliżone.

Zebrane dane obejmują 443 próbki gruntów różnych, dla których wykonano łącznie 2158 określeń wilgotności przy różnej ilości uderzeń. Najlepiej ilustruje to tabela 1, w której przedstawiono ilości próbek i określeń wilgotności dla poszczególnych rodzajów gruntów.

Każda próba granicy płynności została wykreślona zgodnie z PN-59/B-04489, tzn., że zależność wilgotności ujęto na wykresie

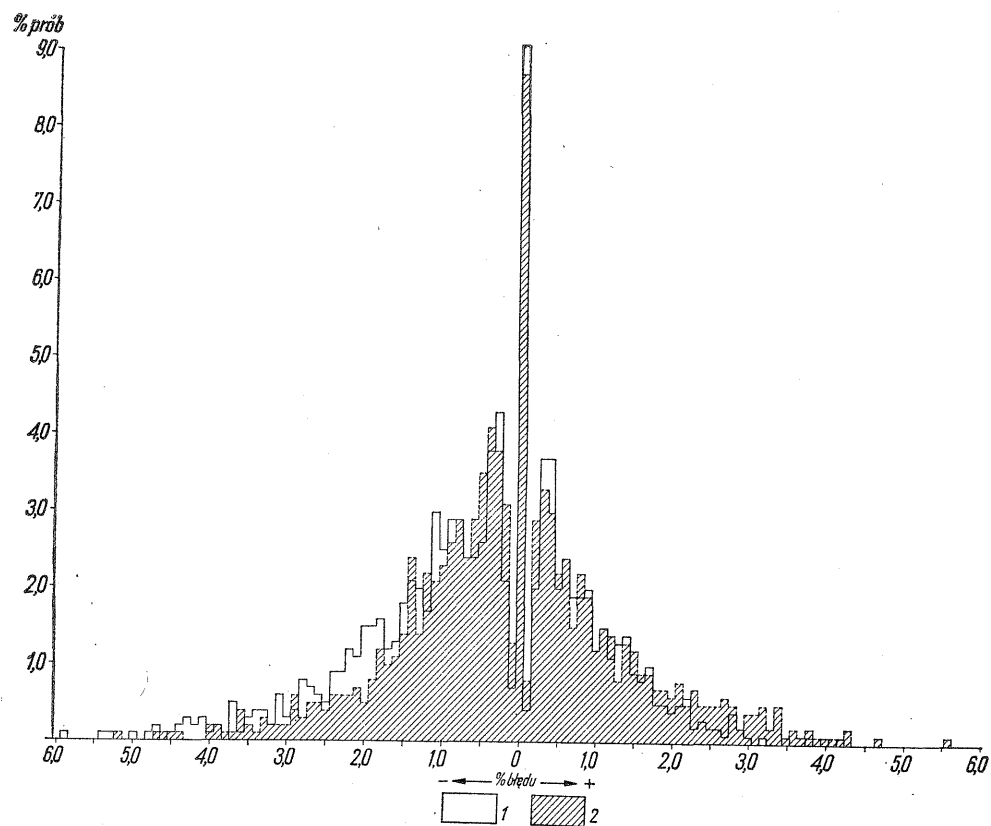


Fig. 1

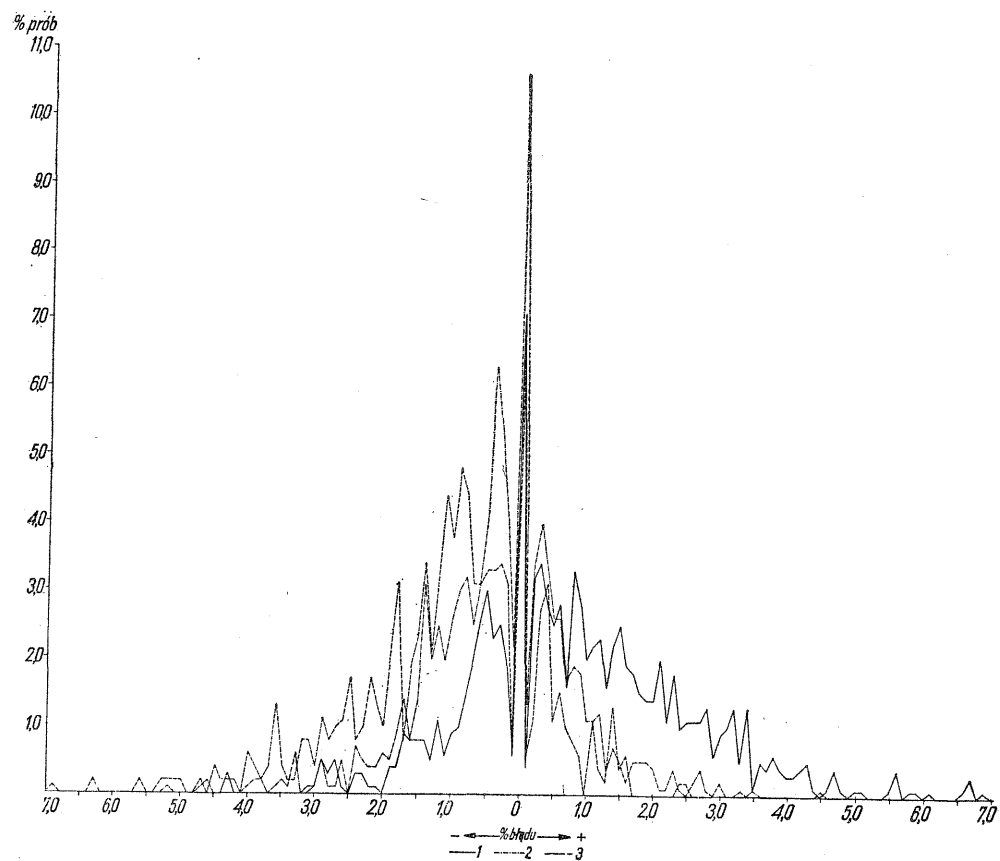


Fig. 2

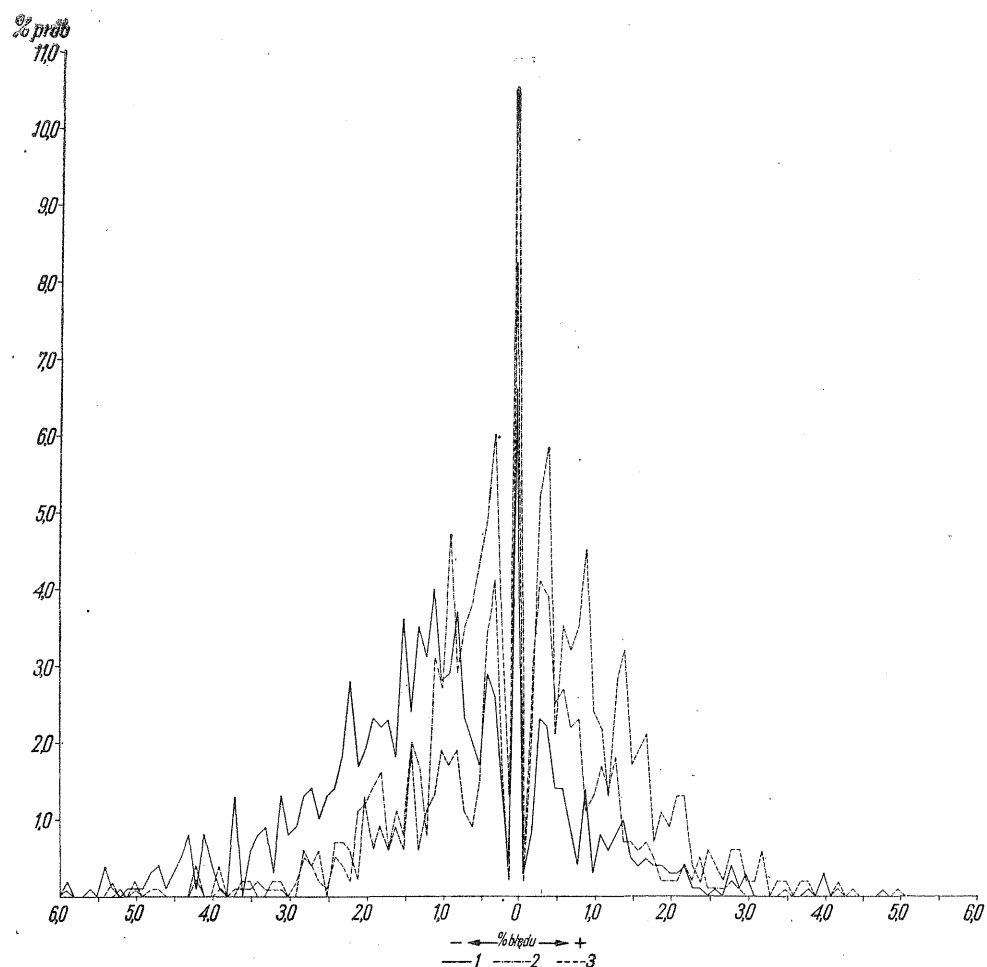


Fig. 3

Fig. 1. Zakres i częstotliwość występowania błędów z porównania wyników  $L_y$  uzyskanych metodą normową z wzorami przeliczeniowymi

1 — według wzoru  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,092}$ ; 2 — według wzoru  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,05}$

Range and frequency of an appearance of the errors obtained due to the comparison of the results  $L_y$  by the standard method with the calculation formulae

1 — according to formula  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,092}$ ; 2 — according to formula  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,05}$

Fig. 2. Wielkość błędów w procentach oraz częstotliwość ich występowania w przedziałach:  $N 10 \div 20$ ,  $20 \div 30$ ,  $30 \div 40$  otrzymanych z porównania wyników  $L_y$  uzyskanych metodą normową z wzorem przeliczeniowym  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,092}$

Magnitude of the errors per cent frequency of their appearance in the intervals:  $N$  from 10 to 20,  $20 \div 30$ ,  $30 \div 40$  obtained due to the comparison of the results  $L_y$  by the standard method with the calculation formula  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,092}$

1 — ilość  $N 10 \div 20$  (783 pkt.); 2 — ilość  $N 20 \div 30$  (837 pkt.); 3 — ilość  $N 30 \div 40$  (538 pkt.)  
1 — number of  $N 10 \div 20$  (783 points); 2 — number of  $N 20 \div 30$  (837 points); 3 — number of  $N 30 \div 40$  (538 points)

Fig. 3. Wielkość błędów w procentach oraz częstotliwość ich występowania w przedziałach:  $N 10 \div 20$ ,  $20 \div 30$ ,  $30 \div 40$ , otrzymanych z porównania wyników  $L_y$  uzyskanych metodą normową, z wzorem przeliczeniowym  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,05}$

Magnitude of the errors per cent frequency of their appearance in the intervals:  $N 10 \div 20$ ,  $20 \div 30$ ,  $30 \div 40$  obtained due to the comparison of the results  $L_y$  by the standard method with the calculation formula  $L = W \left(\frac{N}{25}\right)^{0,05}$

1 — ilość  $N 10 \div 20$  (783 pkt.); 2 — ilość  $N 20 \div 30$  (837 pkt.); 3 — ilość  $N 30 \div 40$  (538 pkt.)  
1 — number of  $N 10 \div 20$  (783 points); 2 — number of  $N 20 \div 30$  (837 points); 3 — number of  $N 30 \div 40$  (538 points)

Tabela 1

Ilość prób oraz zakres wilgotności w poszczególnych rodzajach gruntów

Rodzaj gruntu	Ilość prób	Ilość określeń wilgotności	Zakres wilgotności w %	Uwagi
piasek gliniasty	20	95	14,0 ÷ 34,0	
pył piaszczysty	8	38	15,5 ÷ 33,4	
pył *)	9	43	27,3 ÷ 38,3	*) nie posiadając własnych badań, skorzystano z materiałów archiwalnych Instytutu Geologicznego w Warszawie
glina piaszczysta	50	251	16,2 ÷ 35,9	
glina	50	246	18,0 ÷ 59,9	
glina pylasta	36	174	23,5 ÷ 73,1	
glina piaszczysta ciężka	37	181	22,5 ÷ 38,0	
glina ciężka	52	255	21,4 ÷ 73,2	
glina pylasta ciężka	45	219	23,8 ÷ 89,5	
ił	49	238	32,0 ÷ 115,5	
ił pylasty	42	204	31,5 ÷ 95,8	
grunty organiczne	45	214	21,8 ÷ 202,9	
Razem	443	2158		

w skali liniowej, a liczbę uderzeń w skali półlogarytmicznej, następnie punkty łączono linią ciągłą. Dla uzyskania wykresu granicy płynności używane były w większości wypadków 4÷5 punktów. Wartość granicy płynności odpowiadającą 25 uderzeniom odczytywano z tych wykresów i notowano. W ten sposób uzyskane wyniki naniesiono na specjalnie sporządzone tabele zbiorcze, posiadające rubryki dla przeliczeń poszczególnych punktów wilgotności według różnych wzorów przeliczeniowych (1, 2, 3, 4, 5) omówionych na wstępie.

W celu ułatwienia dokonania przeliczeń, sporządzono specjalną tabelę współczynników (tabela 2 według L. E. J. Normana, 1959).

Stosując te współczynniki dokonano przeliczenia poszczególnych wilgotności, a uzyskane wyniki notowano w odpowiednich rubrykach tabel zbiorczych.

W tych samych tabelach notowano różnice między granicą płynności określoną metodą normową a obliczoną drogą przeliczeń dla poszczególnych wzorów. Z kolei dla poszczególnych różnic obliczono procent błędu, a następnie wyciągnięto średni błąd ważony dla wartości względnych w procentach dla zbadanych rodzajów gruntów i zestawiono w tabeli 3.

Podobną tabelę 4 wykonano dla wartości bezwzględnych.

Jakkolwiek różnice poszczególnych współczynników przeliczeniowych są nieznaczne, w przedziałach 10÷40 uderzeń, co z kolei rzutuje na nieznaczną rozbieżność w wartościach bezwzględnych średnich błędów, to jednak już samo porównanie uzyskanych wyników z tabeli 3 wykazuje, że najbardziej zbliżone do otrzymanych metodą Casagrande'a uzyskuje się przy stosowaniu wzoru [4]

$$L = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,092} \quad (\text{tabela 3, poz. a})$$

Tabela 2

Współczynniki przeliczeniowe dla różnych wzorów empirycznych w celu określenia  $L_y$ 

N	a	b	c	d	e
	$\left(\frac{N}{25}\right)0,092$	$\left(\frac{N}{25}\right)0,121$	1	1	$\left(\frac{N}{25}\right)0,100$
			$1,419-0,3 \lg N$	$1,388-0,227 \lg N$	
10	0,9192	0,8951	0,8936		0,912
11	0,9272	0,9054	0,9033		0,921
12	0,9347	0,9148	0,9132		0,929
13	0,9416	0,9239	0,9217		0,937
14	0,9480	0,9322	0,9302		0,944
15	0,9541	0,9401	0,9381		0,950
16	0,9598	0,9474	0,9443		0,956
17	0,9651	0,9544	0,9524		0,962
18	0,9702	0,9610	0,9588	0,9613	0,967
19	0,9751	0,9673	0,9652	0,9673	0,973
20	0,9797	0,9733	0,9718	0,9731	0,978
21	0,9841	0,9791	0,9775	0,9787	0,983
22	0,9883	0,9846	0,9833	0,9841	0,987
23	0,9923	0,9899	0,9891	0,9893	0,992
24	0,9962	0,9950	0,9950	0,9943	0,996
25	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,000
26	1,0036	1,0047	1,0050	1,0040	1,004
27	1,0072	1,0094	1,0101	1,0086	1,008
28	1,0106	1,0138	1,0152	1,0130	1,011
29	1,0144	1,0181	1,0204	1,0174	1,015
30	1,0179	1,0222	1,0246	1,0217	1,018
31	1,0200	1,0264	1,0288		1,022
32	1,0229	1,0302	1,0331		1,025
33	1,0259	1,0342	1,0373		1,027
34	1,0287	1,0379	1,0416		1,031
35	1,0315	1,0415	1,0460		1,034
36	1,0342	1,0451	1,0504		1,037
37	1,0366	1,0486	1,0549		1,040
38	1,0393	1,0520	1,0582		1,043
39	1,0418	1,0553	1,0616		1,045
40	1,0442	1,0585	1,0649		1,048

N = ilość uderzeń; a = wzór wg Road Research Laboratory (Anglia); b = wzór wg Waterways Experiment Station (USA); c = wzór wg Cooper'a i Johnson'a (USA); d = wzór wg Road Research Laboratory (Anglia) dla 18—30 uderzeń; e = wzór wg W. J. Eden'a (Kanada).

Dlatego też w dalszych rozważaniach pominięto pozostałe wzory, a oparto się wyłącznie na wyżej wymienionym, z uzyskanych zaś dla tego wzoru wyników sporządzono wykres, który najlepiej obrazuje zarówno zakres popełnionych błędów, jak i częstotliwość ich występowania (fig. 1). Równocześnie sporządzono wykres obrazujący wielkość błędów w procentach oraz częstotliwość ich występowania w przedziałach ilości uderzeń 10÷20, 20÷30, 30÷40 (fig. 2).

Tabela 3

Zestawienie średnich błędów ważonych wynikających z porównania  $L_y$  uzyskanej metodą normową z  $L_y$  uzyskanej z przeliczeń na podstawie wzorów empirycznych

Rodzaj gruntu	Średni % błędu wg wzorów				
	a	b	c	d	e
piasek gliniasty	-0,6	-1,2	-1,2	-0,9	-0,8
pył piaszczysty	-0,2	-1,0	-0,5	-0,4	+0,01
pył	-0,8	-1,6	-1,5	-0,7	-1,2
glina piaszczysta	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5
glina	-0,4	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6
glina pylasta	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5
glina piaszczysta ciężka	-0,5	-0,7	-0,7	-0,8	-0,5
glina ciężka	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3
glina pylasta ciężka	-0,5	-0,8	-0,8	-0,5	-0,6
ił	-0,5	-0,8	-0,8	-0,6	-0,6
ił pylasty	-0,4	-0,7	-0,7	-0,5	-0,5
grunty organiczne	-0,6	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6
Średni błąd ważony w %%	-0,45	-0,73	-0,73	-0,64	-0,54

Tabela 4

Zestawienie średnich błędów w wartościach bezwzględnych wynikających z porównania  $L_y$  uzyskanej metodą normową z  $L_y$  uzyskanej z przeliczeń na podstawie wzorów empirycznych

Rodzaj gruntu	Średni % błędu wg wzoru				
	a	b	c	d	e
piasek gliniasty	2,01	4,01	2,65	1,82	2,09
pył piaszczysty	1,34	2,10	1,99	1,50	1,48
pył	1,49	2,37	2,57	1,19	1,71
glina piaszczysta	1,29	1,46	1,60	1,21	1,30
glina	1,16	1,69	1,81	1,24	1,30
glina pylasta	1,20	1,82	2,05	1,08	1,35
glina piaszczysta ciężka	1,15	1,69	1,10	1,22	1,26
glina ciężka	0,94	1,34	1,49	1,01	1,00
glina pylasta ciężka	1,06	1,68	1,88	0,98	1,19
ił	1,07	1,86	2,00	1,15	1,29
ił pylasty	0,96	1,55	1,80	0,83	1,36
grunty organiczne	1,15	1,83	2,03	1,07	1,30
Średni błąd ważony	1,16	1,77	1,81	1,13	1,31

Analiza uzyskanych wyników na podstawie wykresów z fig. 1 i 2 nie zadowoliła nas w pełni, jakkolwiek uzyskane wyniki przy pomocy obu metod można było uznać za prawie jednoznaczne.

Ponowna wnikliwa analiza linii płynięcia zbadanych gruntów pozwoliła nam na wyprowadzenie własnego wzoru (zmodyfikowany wzór 1), posiadającego postać:

$$L_y = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05} \quad [6]$$

Tabela 5

Współczynniki przeliczeniowe dla określenia granicy płynności według wzoru  $L_y = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$

N	$\left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$	N	$\left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$	N	$\left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$
10	0,955	20	0,989	30	1,009
11	0,960	21	0,991	31	1,011
12	0,964	22	0,994	32	1,013
13	0,968	23	0,996	33	1,014
14	0,971	24	0,998	34	1,016
15	0,975	25	1,000	35	1,017
16	0,978	26	1,002	36	1,018
17	0,980	27	1,004	37	1,020
18	0,984	28	1,006	38	1,021
19	0,986	29	1,007	39	1,023

Tabela 6

Zestawienie średnich błędów ważonych wynikających z porównania  $L_y$  uzyskanej metodą normową

z  $L_y$  uzyskanej z przeliczenia na podstawie wzoru  $L_y = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$

Rodzaj gruntu	Średni błąd w %%
piasek gliniasty	+0,21
pył piaszczysty	+0,40
pył	-0,08
glina piaszczysta	+0,16
glina	-0,15
glina pylasta	-0,11
glina piaszczysta ciężka	-0,18
glina ciężka	-0,06
glina pylasta ciężka	-0,06
ił	+0,02
ił pylasty	-0,05
grunty organiczne	-0,27
Średni błąd ważony w %%	-0,05

Na podstawie tego wzoru sporządzono tabelę 5, przy pomocy której dokonano ponownych przeliczeń wszystkich 2158 określeń wilgotności, uzyskanych metodą normową, a otrzymane wyniki naniesiono na zbiorczą tabelę. W tabeli tej notowano różnice pomiędzy granicą płynności

Tabela 7

Zestawienie średnich błędów w wartościach bezwzględnych wynikających z porównania  $L_y$  uzyskanej metodą normową z  $L_y$ , otrzymanej z przeliczenia na podstawie wzoru  $L_y = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$

Rodzaj gruntu	Średni błąd w %%
piasek gliniasty	1,95
pył piaszczysty	1,24
pył	0,97
glina piaszczysta	1,64
glina	1,34
glina pylasta	0,86
glina piaszczysta ciężka	1,27
glina ciężka	1,26
glina pylasta ciężka	1,03
ił	0,83
ił pylasty	0,87
grunty organiczne	0,74
Średni błąd ważony w %%	1,15

określona metodą normową a obliczoną według wzoru [6], obliczając następnie procent błędu ważony dla wartości względnych w procentach dla zbadanych gruntów; uzyskane wyniki dla poszczególnych rodzajów gruntów zestawiono w tabeli 6.

Podobne przeliczenia dla wartości bezwzględnych zbadanych gruntów zestawiono w tabeli 7.

### WNIOSKI

Współczynniki przeliczeniowe obliczone według wzoru [6] nie wykazują znacznych różnic w porównaniu z analogicznymi zestawieniami w tabeli 2.

Porównując średnie błędy ważne w wartościach względnych (zestawione w tabelach 3 i 6), wynikające z porównania wartości granicy płynności uzyskanych drogą normową z wartościami granicy płynności otrzymanymi drogą przeliczeń, stwierdza się dziesięciokrotnie mniejsze popełnienie błędu przy stosowaniu wzoru [6].

Zaznaczające się nieznaczne różnice mogą być wynikiem stosowania samego współczynnika, jak również niedociągnięć w wykonywaniu poszczególnych analiz przy pomocy aparatu Casagrande'a. Ponieważ błędy obu metod mają przeciętnie dopuszczalny ten sam zakres  $\pm 5\%$ , przeprowadzono analizę popełnionych błędów przy stosowaniu współczynników przeliczeniowych według wzoru [6] (fig. 1). Wykres ten, podobnie jak w przypadku wzoru [4], sporządzono w układzie: rzędna — % prób, odcięta — % błędu.

Na jego podstawie można powiedzieć, że:

- nie stwierdza się istnienia błędów systematycznych;
- istniejące różnice między omawianymi metodami są jedynie przypadkowe;



Tabela 8

Występowanie błędu w granicach  $\pm$  % w stosunku do ogólnej ilości zbadanych próbek w %

Błąd w granicach $\pm$ %	Procent ogólnej ilości przeliczeń wg $L_y = W \left( \frac{N}{25} \right) 0,05$	Ogółem
0,0	8,8	8,8
0,0—0,5	28,2	37,0
0,5—1,0	22,1	59,1
1,0—1,5	15,7	74,8
1,5—2,0	8,3	83,3
2,0—2,5	5,7	89,0
2,5—3,0	4,3	93,3
3,0—3,5	2,6	95,9
3,5—4,0	1,8	97,7
4,0—4,5	0,8	98,5
4,5—5,0	0,5	99,0
> 5,0	1,0	100,0
Razem	100,0	

c) dokładność uzyskiwanych wyników jest w obu porównywanych przypadkach jednakowa, tak że śmiało można uznać te metody za jednoznaczne.

Na podstawie wykresu (fig. 1) sporządzono tabelę 8, z której wynika, że bez jakiegokolwiek korekty można stosować współczynnik przeliczeniowy, ponieważ tą drogą uzyskiwana wartość  $L_y$  wykonana jest z dokładnością  $\pm 2,5\%$ .

Na podstawie wykresu (fig. 3) obrazującego wielkość błędów w procentach oraz częstotliwość ich występowania w przedziałach ilości uderzeń  $10 \div 20$ ,  $20 \div 30$ ,  $30 \div 40$ , stwierdza się, że różnice między nimi są nieznaczne, jakkolwiek zauważa się, że błędy w przedziałach  $10 \div 20$  uderzeń oscylują w kierunku wartości dodatnich, natomiast w przedziałach  $30 \div 40$  uderzeń — kierunku wartości ujemnych.

Wydaje się jednak, że ta nieznaczna rozbieżność nie ma zasadniczego znaczenia, tak że stosowanie współczynnika nie należy ograniczać do jakiegokolwiek zakresu.

\*            \*

Sposób określania granicy płynności winien mieć przebieg zgodny w zasadzie z PN-59/B-04489 z tym, że po oznaczeniu wilgotności pobranych próbek, przy dwóch dowolnych „N” uderzeniach w przedziale  $10 \div 40$  (przy metodzie normowej pięć-sześć dowolnych „N” uderzeń), należy każdą wartość wilgotności pomnożyć przez odpowiedni współczynnik z tabeli 5, obliczony na podstawie wzoru:

$$L_y = W \left( \frac{W}{25} \right) 0,05$$

W ten sposób przeliczona wilgotność jest wilgotnością odpowiadającą granicy płynności.

Za wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną dwóch wartości, jeśli różnica wyników nie przekracza 5% mniejszej z nich lub średnią arytmetyczną trzech co najmniej różniących się wartości, o ile wykonano oznaczenie na większej ilości próbek.

Praca niniejsza wykazuje, że w przypadku gruntów z obszaru Polski można stosować proponowany współczynnik przeliczeniowy bez ograniczeń z gruntami organicznymi włącznie.

Bezsporną zaletą proponowanej metody określania granicy płynności jest to, że szczególnie w przypadku gruntów małośluzistych, gdzie uzyskanie rozpiętości ilości uderzeń jest bardzo utrudnione, można w prosty i łatwy sposób określić ich granicę płynności. Ponadto czas potrzebny do określenia tej granicy przy zastosowaniu współczynników jest o połowę krótszy aniżeli przy metodzie normowej.

Opracowanie to było podane do wiadomości po raz pierwszy w marcu 1961 r. na Seminarium Mechaniki Gruntów P.A.N. w Łodzi. Od tego czasu do chwili obecnej nadal prowadziliśmy swe obserwacje, uzyskując wyniki analogiczne do wyżej opisanych.

Próba porównania proponowanej metody z metodą „Dwupunktowego oznaczania granicy płynności“ (A. Piaskowski, 1962) wykazała następującą rozbieżność:

1. średni błąd ważony w % dla wartości względnych = -0,16;
2. średni błąd ważony w % dla wartości bezwzględnych = 0,87;
3. metodę „dwupunktową“ nie zawsze udaje się stosować w przypadku gruntów małośluzistych, z uwagi na niemożność wykonania badania przy  $N > 25$ .

Takie porównanie przeprowadzono dla 25 próbek różnych gruntów.

Zakład Geologii Inżynierskiej I.G.  
Nadesłano dnia 30 kwietnia 1963 r.

## PIŚMIENNICTWO

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (1955) — Tentative methods of test for liquid limits of soils. Ser. D 423, 54.
- CASAGRANDE A. (1932) — Research on the Atterberg Limits of Soil. Publ. Roads., 13.
- COOPER J., JOHNSON K. A. (1950) — A rapid method of determining the liquid limits of soils. State of Washington, Dept. of Highways. Mater. Lab. Washington, Lab. Rep. Nr 83.
- EDEN W. J. (1955) — Trials of one — point liquid limit method. Proc. Ninth Canadian Soil Mech. Conf. Ottawa (Nat. Res. Council for Canada). App. A, cz. 5.
- KÖGLER, SCHEIDIG (1947) — Baugrund und Bauwerk. Berlin.
- MUHS H. (1957) — Die Prüfung des Baugrundes und der Böden, nr 11. Berlin.
- NORMAN L. E. J. (1958) — A comparison of values of liquid limit determined with apparatus having bases of different hardness. Geotechnique.

- NORMAN L. E. J. (1959) — The one — point method of determining the value of liquid limit of a soil. Geotechnique.
- PIASKOWSKI A. (1962) — Nowe propozycje odnośnie do „dwupunktowej“ metody oznaczania granic płynności gruntów budowlanych. Arch. Hydrotechniki, 9, nr 2.
- PN-59/B-04489 — Grunty budowlane — Badanie właściwości fizycznych — Oznaczenie granicy płynności.

P. SZMONIEWSKI, S. SZMONIEWSKA

### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ ПРИ ОДНОМ ПУНКТЕ

#### Резюме

Авторы статьи на основании проведенного анализа 443 исследований предела текучести определили существование зависимости между влажностью почвы и количеством ударов, необходимых для слияния борозды в аппарате Касагранда.

Эта зависимость, выраженная формулой:  $Ly = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$  при всех почвах на территории Польши позволяет определять предел текучести с точностью  $\pm 2,5\%$ , а в сравнении с подобными формулами, предложенными зарубежными авторами, она в десять раз снижает абсолютную величину средней ошибки.

Основным достоинством определения предела текучести при помощи предлагаемых расчетных показателей является лёгкость её определения для малоплотных почв, а также двукратное сокращение времени по сравнению с применяемым до сих пор стандартным методом.

Ryszard SZMONIEWSKI, Stanisława SZMONIEWSKA

### ONE—POINT METHOD OF LIQUID LIMIT DETERMINATION

#### Summary

On the basis of the analysis of 443 tests of liquid limit the authors confirm the dependence between the humidity of the soil and the numbers of strokes necessary to even out the indentation in the Casagrande apparatus.

This dependence expressed by the formula:  $Ly = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0,05}$  for all the soils on Polish territory enables the liquid limit to be determined within a degree of tolerance  $\pm 2,5\%$ . In comparison with the formulas suggested by foreign authors the probable error of this formula is 10 times lower.

The determination of firm bottom after the formula suggested has the advantage of being simpler and requires half the time of the existing standard method.