

Ludwika DOPIERALSKA
Akademia Rolnicza w Poznaniu

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY GRANICAMI KONSYSTENCJI A POWIERZCHNIĄ WŁAŚCIWĄ GRUNTÓW SPOISTYCH

Streszczenie. W poniższej pracy przedstawiono wyniki badań nad zależnością pomiędzy granicami Atterberga wybranych gruntów spoistych pochodzących z terenu Niziny Wielkopolskiej a powierzchnią właściwą tych gruntów. Granice konsystencji oznaczono dwiema metodami. Przeanalizowano też związki między granicami konsystencji, powierzchnią właściwą i zawartością frakcji ilastej.

THE CORRELATION BETWEEN THE ATTERBERG LIMITS AND THE SPECIFIC SURFACE OF COHESIVE SOILS

Summary. The paper presents results of investigations regarding the correlation between the Atterberg limits and the specific surface of some clays from Wielkopolska lowland area. The Atterberg limits were evaluated using two methods. The relationship between obtained Atterberg limits, the specific surface and contents of clay particles were also analyzed.

Wstęp

Jedną z cech gruntów spoistych jest ich zdolność do pęcznienia, które występuje przy zmianach zawilgocenia. Właściwość ta wywiera bardzo duży wpływ na stateczność budowli posadowionych na gruntach spoistych. Budowle posadowione na gruntach spoistych mogą, przy zmianie warunków hydrologicznych, ulec poważnym odkształceniom lub utracić stateczność. Do opisu zmian stanu konsystencji gruntów spoistych wykorzystywany jest stopień plastyczności. Potrzebne do wyznaczenia wartości liczbowej tego parametru stanu są granice Attenberga i wilgotność naturalna gruntu. Z drugiej strony liczne prace udokumentowały możliwość wyznaczenia wartości ciśnienia pęcznienia na podstawie znajomości powierzchni właściwej gruntów spoistych. Jednym ze sposobów określenia

powierzchni właściwej może być test sorpcyjny. Przedstawiony wyżej związek pomiędzy parametrami stanu gruntu spoistego i pęcznieniem prowadzi do prostej sekwencji badawczej, czy istnieje związek pomiędzy granicami Attenberga a powierzchnią właściwą. Odpowiedź na to pytanie stanowi cel niniejszego opracowania.

Charakterystyka gruntów

Próbki do badań pobrano z terenu Niziny Wielkopolskiej. Nizina Wielkopolska ma powierzchnię ok. 38 tys. km² i zalicza się do największych jednostek geograficznych Polski. Geomorfologia tej Niziny jest wynikiem zlodowaceń środkowopolskiego i bałtyckiego.

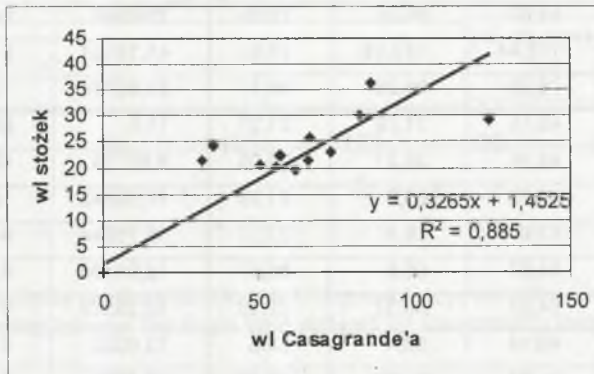
Do badań wykorzystano łąki plioceńskie z okolic Sierakowa i Jeżewa, a także łąki warwowe pobrane z terenu Poznania i najbliższych okolic (Kotowo). łąki warwowe są typowymi utworami zastoiskowymi. Charakteryzuje je występowanie naprzemienne warstw jasnych (frakcja pylasta) i ciemnych (frakcja ilasta). Występowanie łąków zastoiskowych związane jest ze zlodowaczeniem środkowopolskim. Wytypowane łąki różnią się nieco składem granulometrycznym, ilość cząstek ilastych waha się w nich od 32 do 66%. Niestety, zbyt mała ilość próbek gruntów warwowych nie pozwoliła na sprawdzenie, czy łąki o tak różnej budowie i historii naprężeń wykazują podobne związki czy różne.

Metody badań

Do określenia powierzchni właściwej badanych gruntów wykorzystano test sorpcyjny opracowany przez Stępkowską (WST). Badanie przeprowadzono dla każdego gruntu minimum w pięciu powtórzeniach, co pozwoliło przeprowadzić analizę statystyczną wyników testu WST. Średnia wartość odchylenia standardowego dla wszystkich badań wyniosła 0,8. Dla gruntu nr 13 (tabl. 1) wykonano dziesięć oznaczeń powierzchni właściwej. Dla tej serii uzyskano odchylenie standardowe równe 1,356 i współczynnik zmienności 0,007. Granicę plastyczności określono według metody normowej. Granica plastyczności gruntów mieściła się w przedziale od 20,07% do 36,17%.

Granicę płynności gruntów spoistych wyznaczono metodą Casagrande'a i metodą penetrometru stożkowego. Umożliwiło to porównanie obydwu metod. Granica płynności

oznaczana metodą Casagrande'a zmieniała się w przedziale od 44,35% do 102,44%. Oznaczana metodą stożka opadowego mieściła się w granicach 31,78% do 123,95%. Zależność pomiędzy tymi granicami przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Zależność pomiędzy granicą płynności wyznaczoną metodą Casagrande'a a wyznaczoną penetrometrem stożkowym

Fig. 1. The relationship between the liquid limit obtained by Casagrande's method and obtained by a fall cone probe

Największe różnice między granicami płynności wyznaczonymi różnymi metodami zaobserwowano w gruntach o największej zawartości frakcji ilastej.

Jak wiadomo, na granice konsystencji poza zawartością frakcji ilastej mają wpływ również inne czynniki oraz czynniki związane z techniką badań. Znacznym wpływem na granice konsystencji ma zawartość węgla wapnia, co jednoznacznie wykazali Seed, Woodward, Lundgren (1964); Clare (1948); Młynarek (1969). Ważnym czynnikiem jest skład mineralny i chemiczny (Moum, Rosenqvist (1955); Thompson (1962); Mesri-Olson (1970); a także Stępkowska (1960); Choma-Moryl (1988) i Żbik (1983)).

Tablica

Wyniki badań konsystencji i powierzchni właściwej

Lokalizacja	Konsystencja			Powierzchnia m ² /g		Fracja
	W _L -Cas	W _L -stoż	W _p %	wewnętrzna	całkowita	
Kościelna 1	79	82,72	29,96	17,45056	104,7036	36
Kościelna 2	59,02	66,35	25,89	15,6949	94,169675	40
Sieraków 4,5m	102,44	123,95	29,22	41,16134	246,9681	52
Sieraków 5,1m	78,32	86,28	36,17	21,88718	131,3234	66
Kotowo 1	46,15	31,78	21,33	11,6	69,60036	35
Kotowo 2	44,35	35,21	24,08	9,88714	59,3231	32
Kotowo A	54,33	65,8	21,26	17,93642	107,61878	41
Kotowo B	53,4	56,9	22,23	15,75044	94,48284	33
Kotowo C	54,67	55,5	20,07	13,91436	83,48628	40
Kotowo D	54,21	56,37	22,33	15,28322	91,69962	34
Kotowo E	48,14	50,4	20,5	13,6022	81,6156	30
Kotowo F	51,37	61,66	19,48	15,5648	93,3918	45
Jeżewo	66,488	73,094	22,886	32,3808	194,2873	56

Analiza wyników

Otrzymane wyniki pozwoliły na ustalenie zależności pomiędzy zawartością frakcji ilastej a powierzchnią właściwą. Zależność tę opisuje związek:

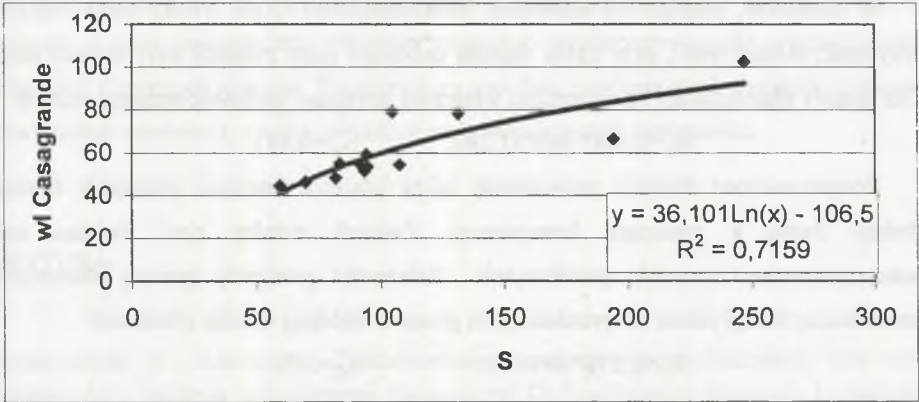
$$S=34,0012^{0,0267 \cdot f_i} \quad (1)$$

Stosunkowo niska wartość współczynnika korelacji ($r_{xy}=0,73$) dowodzi, że badane grunty mogły odznaczać się zróżnicowanym składem mineralogicznym.

Analizując związek pomiędzy granicami płynności wyznaczonymi obiema metodami a powierzchnią właściwą gruntów, uzyskano następujące zależności:

- dla granicy płynności oznaczonej metodą Casagrande'a (rys. 2) opisaną wzorem:

$$W_{lc}=36,101 \cdot \ln(S)-106,5; \quad r_{xy}=0,846 \quad (2)$$

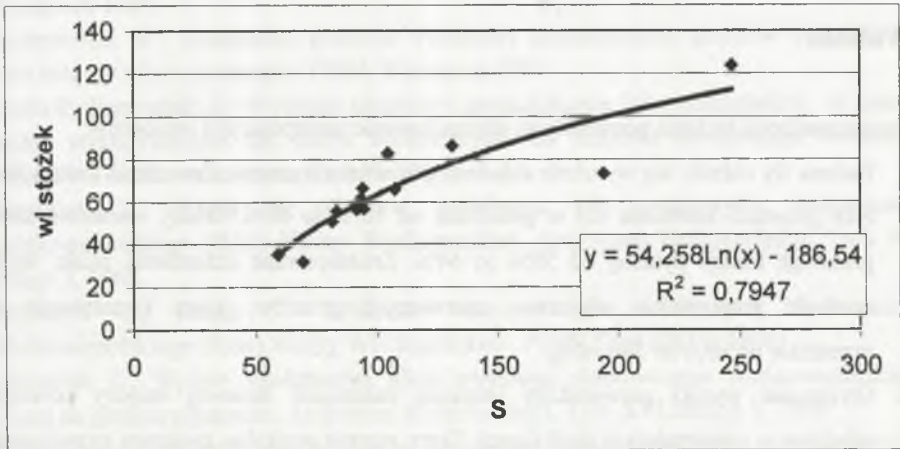


Rys. 2. Związek pomiędzy granicą płynności wg Casagrande'a a powierzchnią właściwą

Fig. 2. The relationship between the liquid limit obtained by Casagrande's method and the specific surface

- dla granicy płynności oznaczonej metodą stożka opadowego (rys.3) opisaną wzorem:

$$W_{ls} = 54,258 * \ln(S) - 185,54; \quad r_{xy} = 0,891 \quad (3)$$



Rys. 3. Związek pomiędzy granicą płynności wyznaczaną stożkiem opadowym a powierzchnią właściwą

Fig. 3. The relationship between the liquid limit obtained by a fall cone probe and the specific surface

W literaturze, analogiczne zależności udokumentowali Clare (1948), Piaskowski(1981), Młynarek; Rząsa(1968), przy czym funkcje opisujące dany związek były liniami prostymi. Dla granicy plastyczności i powierzchni właściwej uzyskano zależność opisaną wzorem

$$w_p=5,508 \cdot \ln(S)-1,284; \quad r_{xy}=0,441 \quad (4)$$

Przeprowadzone badania potwierdziły także istnienie korelacji pomiędzy zawartością frakcji ilastej a granicami konsystencji. Związek między tymi dwiema cechami udokumentowano w wielu publikacjach. Zależności pomiędzy granicą plastyczności a zawartością frakcji ilastej dla przebadanych gruntów najlepiej opisuje równanie:

$$W_p=0,276 \cdot fi+12,76; \quad r_{xy}=0,73. \quad (5)$$

Korelację między granicami płynności a zawartością frakcji ilastej określono zależnościami:

- dla metody Casagrande'a

$$W_{lc}=4,542 \cdot fi^{0,693}; \quad r_{xy}=0,671 \quad (6)$$

- dla oznaczenia wykonanego stożkiem opadowym

$$W_{ls}=1,43 \cdot fi; \quad r_{xy}=0,73 \quad (7)$$

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Badane łąły różniły się wyraźnie składem granulometrycznym. Zawartość frakcji ilastej w tych gruntach zawierała się w granicach od 30% do 66%. Osady warwowe zawierały przewagę frakcji pylastej od 50% do 64%. Zróżnicowane uziarnienie miało wpływ na wielkość powierzchni właściwej omawianych gruntów, która kształtowała się w przedziale od 69,6 do 246 m²/g.
2. Otrzymane wyniki potwierdziły istnienie zależności liniowej między powierzchnią właściwą a zawartością frakcji ilastej. Duży rozrzut punktów związany prawdopodobnie jest ze zróżnicowaniem składu mineralogicznego badanych gruntów.
3. Wyniki uzyskane z badań potwierdziły istnienie korelacji między granicami Attenberga a zawartością frakcji ilastej. Wykazano też liniowe zależności pomiędzy granicami płynności wyznaczonymi metodą Casagrande'a i stożkiem opadowym.
4. Na podstawie otrzymanych wyników ustalono związek pomiędzy granicami płynności z obydwu metod a powierzchnią właściwą. Współczynniki korelacji dla tych zależności są

znacznie większe niż w przypadku zależności granic płynności od frakcji ilastej, w związku z czym powierzchnia właściwa może być wykorzystywana do prognozowania własności fizycznych gruntów. Przemawia za tym duża powtarzalność wyników oznaczeń powierzchni właściwej, o której świadczą mały współczynnik zmienności.

LITERATURA

1. Andrzejewski W., Kumor M.: Zróżnicowanie parametrów geotechnicznych iłów serii poznańskiej z podłoża budowlanego Bydgoszczy. IV Konferencja Naukowo-Techniczna Olsztyn- Łańsk 2000.
2. Chroma-Moryl K.: Zmienność własności fizycznych iłów poznańskich okolic Wrocławia na tle ich genezy i litostratografii. *Geologia Sudetika*, vol. XXIII, nr 1, 1988.
3. Grabowska-Olszewska B.: *Metody badań gruntów spoistych*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1981.
4. Fortunat W.: Własności fizyczne i zagadnienie klasyfikacji iłów. *ZWP Dolnośląskie, Z badań geologiczno-inżynierskich w Polsce - tom I*.
5. Kaczyński R. Grabowska-Olszewska B.: Soil mechanics of the potentially expansive clays in Poland. Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Faculty of Geology, Warszawa 1997.
6. Kostrzewski W.: *Mechanika gruntów. Parametry geotechniczne gruntów budowlanych oraz metody ich wyznaczania*. PWN, Warszawa 1980.
7. Łęcki P. Przysański J.: Wybrane parametry geotechniczne iłów poznańskich w świetle badań wykonywanych dla celów budowlanych. IX Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Kraków 1990.
8. Młynarek Z., Rząsa S.: Granice Atterberga glin zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego (Riss) Niziny Wielkopolskiej. *Archiwum Hydrotechniki*, Tom XV, zeszyt 2, 1968.
9. Młynarek Z., Rząsa S.: Własności fizyczne glin zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego (Riss) Niziny Wielkopolskiej. *PTPN Tom XXIV*, 1968.
10. Młynarek Z.: Wpływ właściwości gliny zwałowej zlodowacenia środkowopolskiego (Riss) na granicę płynności. *Archiwum Hydrotechniki*, Tom XVI, zeszyt 1, 1969.
11. Orzechowski J., Kostrzewski W.: Cechy fizyko-mechaniczne oraz skład mineralogiczny i chemiczny iłów plioceńskich Poznania. *Budownictwo Lądowe*, zeszyt 6, Poznań 1964.
12. Piaskowski A. Kowalewski Z.: Problemy oznaczania konsystencji gruntów budowlanych w związku z ich dopuszczalnymi obciążeniami jednostkowymi. *Archiwum Hydrotechniki*, Tom VII, zeszyt 4, 1961.
13. Piaskowski A.: *Fizyczne, fizyko-chemiczne i chemiczne właściwości budowlanych gruntów spoistych*. Arkady, Warszawa 1963.
14. Piaskowski A.: The Vertical Distribution of Moisture Content and the Compressibility of Pliocene Clays. *Proc. 5-th Confer. SMFE, Budapest 1975*.

15. Piaskowski A.: Nowe zasady określania rodzaju i konsystencji gruntów spoistych. VI Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Warszawa 1981.
16. Piaskowski A.: Właściwości sorpcyjne i powierzchnia właściwa polskich gruntów. Badania nad sorpcją błękitu metylowego. *Archiwum Hydrotechniki*, Tom XXXI, zeszyt 3, 1984.
17. Piaskowski A.: Podstawy nowej klasyfikacji gruntów spoistych. *Inżynieria i Budownictwo*, nr 7-8, 1985.
18. Rethhati L.: Corelations associated with liquid and plastic limit of solis. *Proc.4-th Conf. On Soli Mechanics*, Budapest 1971.
19. Sridharan A., Jjayadeva M.S.: Double layer theory and compressibility of clays. *Vol.XXXII Geotchnique* 32, No 2, 133-144, 1982.
20. Stępkowska E.: Oznaczenie powierzchni właściwej minerałów ilastych (przegląd literatury). *Rozprawy hydrotechniczne-zeszyt* 30, 1972.
21. Stępkowska E.: Test sorpcyjny i możliwość jego stosowania w różnych badaniach. *Archiwum Hydrotechniki*, Tom XXIV, zeszyt 3, 1977.
22. Szaraniec T.: Współzależności między cechami plastyczności gruntów spoistych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej, Budownictwo* 19, 1984.
23. Szyszło D.: Własności fizyczno-mechaniczne frakcji ilastej iłów poznańskich (plioceńskich) na tle ich litologii. *Biuletyn Geologiczny UW, Warszawa* 1967.
24. Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. *WNT, Warszawa* 1965.
25. Wiłun Z.: Makroskopowa metoda oznaczania stanu konsystencji gruntów spoistych. *Biuletyn Instytutu Techniki Budowlanej nr 7-8, Warszawa* 1951.
26. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki. WŁK, Warszawa* 1982.

Recenzent: Dr hab. inż. Alojzy SZYMAŃSKI, prof. SGGW

Abstract

One of the main problems in geotechnics is how to identify cohesive soils by means of a numerical description of their physical features. A liquid limit and grain size distribution of cohesive soils are important features describing a state parameter and providing classification of these soils. Unfortunately, methods used to obtain the features mentioned and the repeatability of these results are controversial. The aim of this paper was to find a correlation between the Attenberg limits and the specific surface of some clays. It was shown that the specific surface could be used to predict other features of cohesive soils. Contrary to the specific surface, the grain size distribution does not take soils mineralogy into account. The relationship between liquid limits obtained in the two methods was evidenced. The correlation between the liquid limit and the clay contents was confirmed. Obtained results suggest the existence of correlation between the Attenberg limits and the specific surface as more important than the correlation between the Attenberg limits and the clay contents.