

Agnieszka GARWOLIŃSKA*
Akademia Techniczno – Rolnicza, Bydgoszcz

ANALIZA GEOTECHNICZNA PARAMETRÓW IŁÓW EKSPANSYWNYCH PODŁOŻA BYDGOSZCZY

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań cech fizycznych i ekspansywnych parametrów iłów z terenu miasta Bydgoszcz. Grunty pochodzące z pięciu poligonów sklasyfikowano na podstawie diagramu Casagrande'a zmodyfikowanego przez B. Grabowską-Olszewską. Oceniono potencjał ekspansywności dla wydzielonych grup.

GEOTECHNICAL ANALYSIS OF PARAMETERS OF EXPANSIVE CLAYS FROM BYDGOSZCZ SUBSOIL

Summary. The paper presents results of laboratory and statistic analysis of selected geotechnical parameters of expansive clays from Bydgoszcz subsoil. Clays from five chosen places were classified into Casagrande's diagram. The expansive potential was estimated in all selected groups of clays.

1. Wprowadzenie

Zmiany objętościowe gruntów ekspansywnych (pęcznienie, skurcz) są przyczyną awarii obiektów budowlanych na całym świecie. Jako przyczyny ogromnych szkód w budownictwie i drogownictwie zjawiska ekspansywne są już od wielu lat przedmiotem zainteresowania geotechników w wielu krajach.

W literaturze przedmiotu spotkać się można z wieloma propozycjami klasyfikacji gruntów ekspansywnych. Grunty pęczniące dzielone są na podstawie cech wskaźnikowych na różne stopnie potencjalnej ekspansywności. Podziały te umożliwiają identyfikację gruntów najbardziej wrażliwych na zmiany wilgotnościowe. Jednak istniejące zależności funkcyjne i

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. M. K. Kumor, prof. Akademii Techniczno – Rolniczej

korelacje nie zawsze się praktycznie sprawdzają. Wynika to z odmiennej historii geologicznej i różnych warunków zalegania [3], [5]. Istnieje więc potrzeba znalezienia lokalnych parametrów modeli fizycznych i matematycznych iltów ekspansywnych.

W tym celu przebadano grunty bardzo spoiste z pięciu wybranych poligonów z podłoża miasta Bydgoszcz. Określono reprezentatywne wartości średnie oraz przedziały zmienności parametrów fizycznych i cech ekspansywnych.

2. Klasyfikacja gruntów ekspansywnych

Obszerny przegląd propozycji klasyfikacji gruntów pęczniejących przedstawiony został w pracy Niedzielskiego [2]. Przy porównywaniu różnych podziałów należy zwrócić uwagę na metodykę badań autorów. Często bowiem spotkać można stosowanie takich samych nazw i symboli w odniesieniu do parametrów wyznaczanych zupełnie innymi metodami (np. ε_p - wskaźnik pęcznienia swobodnego, swell index). W niniejszej pracy dokonano podziału iltów ekspansywnych z terenu miasta Bydgoszcz na podstawie diagramu klasyfikacyjnego Casagrande'a zmodyfikowanego przez B. Grabowską-Olszewską.

3. Charakterystyka gruntów ekspansywnych z poligonów badawczych

Do analizy pobrano próbki iltów o nienaruszonej strukturze z pięciu oddalonych od siebie poligonów badawczych (A, B, C, D, E) rozmieszczonych na terenie miasta Bydgoszcz. Znajdują się one na obu tarasach rzeki Brdy, w niższych i wyższych częściach pradoliny toruńsko-eberswaldzkiej. Poszczególne poligony charakteryzują występujące w podłożu iltu płomieniste o różnym stopniu ekspansywności [8].

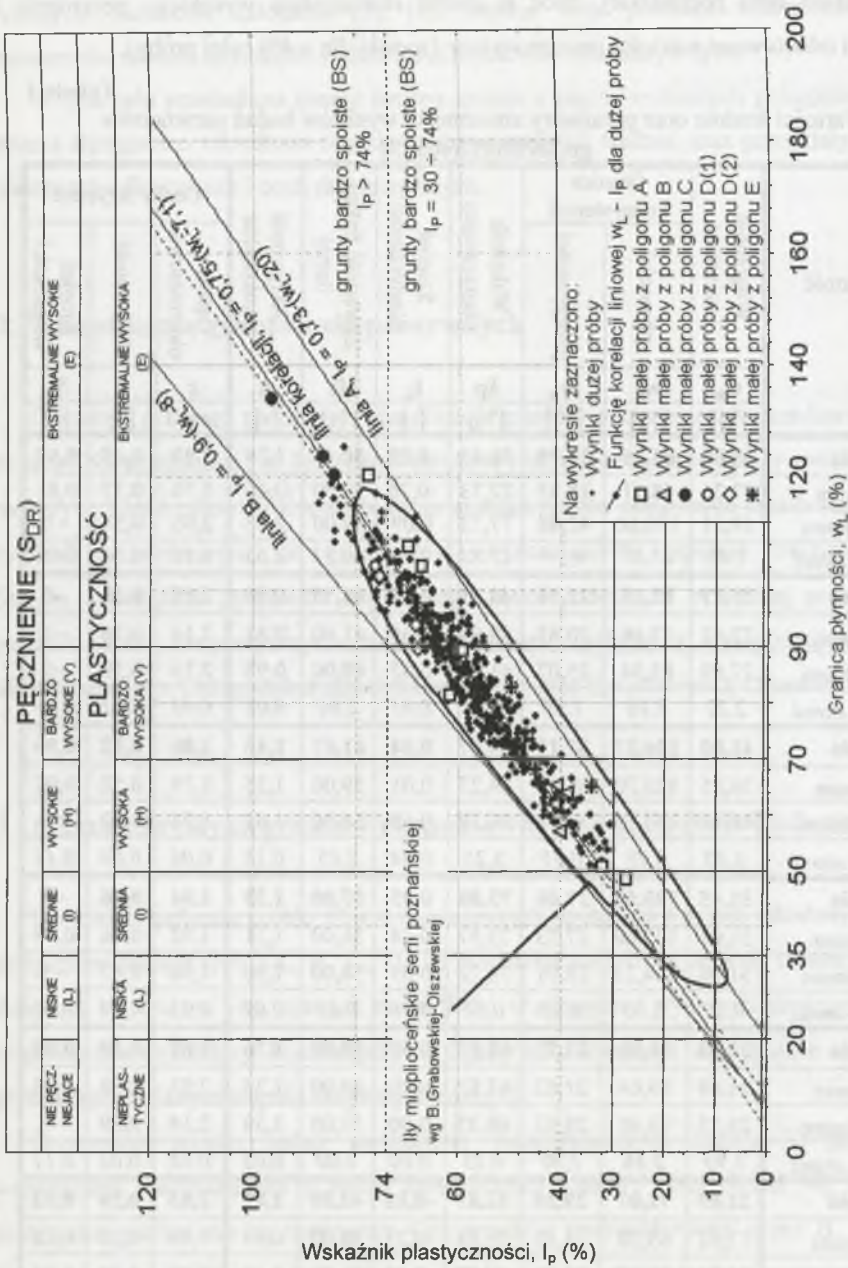
Otrzymane wyniki badań parametrów geotechnicznych (tabela 1) porównano z wartościami pochodzącymi z badań archiwalnych Katedry Geotechniki [4], [6]. Wyniki archiwalne naniesiono na nomogram Casagrande'a zmodyfikowany przez B. Grabowską-Olszewską (rys. 1.). Stwierdzono, że w całości mieszczą się w obszarze wyznaczonym przez linie A i B (ograniczające grunty spoiste). Wyznaczono linię korelacji pomiędzy wartościami wilgotności granicy płynności a wskaźnika plastyczności, która dla gruntów ilastych również zawiera się w granicach wyznaczonych przez linie A i B. Obszar wyników iltów z podłoża

Bydgoszczy generalnie pokrywa się z wyznaczonym przez B. Grabowską-Olszewską dla iłów mio-plioceńskich serii poznańskiej, choć w strefie ekstremalnie wysokiego pęcznienia i plastyczności odnotowano wartości jeszcze wyższe (wyniki dla ~ 4% całej próby).

Tabela 1

Wartości średnie oraz parametry zmienności wyników badań parametrów geotechnicznych [9]

GRUNT Z POLIGONU	Wartość	Wilgotność naturalna	Granice konsystencji		Wskaźnik plastyczności	Stopień plastyczności	Zawartość frakcji ilastej	Aktywność koloidalna	Cechy fizyczne							
			płynności	plastyczności					Gęstość objętościowa	Porowatość	Stopień wilgotności					
												w_n	w_L	w_p	I_p	I_L
			[%]	[%]					[%]	[%]	[-]	[%]	[-]	[g/cm ³]	[-]	[-]
A	Średnia	28,30	86,16	29,75	56,41	-0,09	50,43	1,24	1,93	0,45	0,92					
	Minimum	17,26	48,61	18,85	27,33	-0,26	32,00	0,46	1,75	0,37	0,81					
	Maksimum	39,51	120,60	42,88	77,72	0,09	59,00	2,43	2,05	0,54	~1					
	<i>Odch. stand.</i>	7,40	25,87	9,17	17,85	0,12	10,83	0,65	0,10	0,06	0,05					
B	Średnia	25,17	62,15	22,94	40,31	0,06	44,75	0,90	2,15	0,38	~1					
	Minimum	22,42	57,16	20,85	38,94	0,04	41,00	0,83	2,14	0,36	~1					
	Maksimum	27,89	65,34	25,07	41,25	0,07	49,00	0,98	2,16	0,39	~1					
	<i>Odch. stand.</i>	2,22	3,10	1,89	0,86	0,01	2,86	0,06	0,01	0,01	0,05					
C	Średnia	41,03	126,27	37,19	89,07	0,04	61,67	1,45	1,86	0,52	0,96					
	Minimum	36,85	120,70	36,43	84,27	0,01	59,00	1,35	1,79	0,52	0,92					
	Maksimum	46,94	134,10	37,72	96,38	0,10	64,00	1,63	1,94	0,52	~1					
	<i>Odch. stand.</i>	4,30	5,70	0,55	5,25	0,04	2,05	0,13	0,06	0,00	0,11					
D1	Średnia	31,45	103,56	27,69	75,88	0,05	57,00	1,33	1,94	0,46	~1					
	Minimum	31,03	102,60	27,23	75,37	0,04	56,00	1,31	1,92	0,46	0,99					
	Maksimum	31,96	104,23	28,01	76,22	0,05	58,00	1,36	1,96	0,47	~1					
	<i>Odch. stand.</i>	0,38	0,70	0,33	0,37	0,00	0,82	0,02	0,02	0,01	0,01					
D2	Średnia	23,62	91,80	23,73	68,07	0,00	50,00	1,36	2,09	0,39	0,93					
	Minimum	21,69	89,64	21,82	67,82	0,00	49,00	1,34	2,03	0,38	0,93					
	Maksimum	25,55	93,95	25,63	68,32	0,00	51,00	1,38	2,14	0,39	~1					
	<i>Odch. stand.</i>	1,93	2,16	1,90	0,25	0,00	1,00	0,02	0,05	0,01	0,11					
E	Średnia	21,89	72,07	29,20	42,87	-0,18	42,00	1,02	2,03	0,39	0,92					
	Minimum	17,92	65,20	23,31	33,93	-0,23	38,00	0,81	1,99	0,36	0,88					
	Maksimum	24,30	82,80	33,01	49,79	-0,12	46,00	1,18	2,08	0,42	0,95					
	<i>Odch. stand.</i>	2,83	7,69	4,22	6,63	0,05	3,27	0,16	0,03	0,02	0,03					



Rys. 1. Iły serii poznanskiej z terenu Bydgoszczy na diagramie klasyfikacyjnym Casagrande'a zmodyfikowanym przez B. Grabowską-Olszewską, 1995 [1]

Fig. 1. Posnanian clays from Bydgoszcz presented on Casagrande's classification diagram modified by B. Grabowska-Olszewska, 1995 [1]

4. Procedura badań cech ekspansywnych

Druga część badań laboratoryjnych dotyczyła analizy cech ekspansywnych.

Przeprowadzono serie badań odkształcenia (wskaźnika) pęcznienia (ε_p) oraz skurczu objętościowego (b_v) dla próbek pobranych ze wszystkich poligonów [9]. Wilgotności początkowe zawsze były równe lub bardzo zbliżone liczbowo do wartości wilgotności naturalnej poszczególnych próbek. Wyniki badań zestawiono w tabeli 2.

Odształcenie pęcznienia badano w aparatach Wasiliewa, zgodnie z [10]. W każdym przypadku postępowano zgodnie z następującą procedurą. Z gruntu o nienaruszonej strukturze pobrano dwie próbki w celu określenia wilgotności początkowej w_0 . Pierścienią zważono z dokładnością do 0,01 g i wciśnięto w przygotowaną powierzchnię badanej próbki obcinając nożem strunowym nadmiar próbki dookoła pierścienia. Powierzchnię wyciętej próbki wyrównano nożem, próbkę zważono, po czym wyciśnięto grunt tłoczkiem, uzyskując wewnątrz pierścienia walec o znanej wysokości $10,0 \pm 0,1$ mm. W aparacie Wasiliewa umieszczono filtr dolny oraz sącdek z bibuły filtracyjnej, następnie pierścien z przygotowaną próbką, ponownie krążek bibuły i filtr górny. Po zamontowaniu czujników zegarowych i odczycie zerowym próbkę zalano wodą destylowaną i rozpoczęto obserwację przyrostu wysokości próbki. Pomiarów dokonywano aż do momentu ustabilizowania się jej wysokości. Odształcenie pęcznienia wyznaczano na podstawie wzoru (1). Po zakończonym badaniu ponownie zważono próbkę i określono (na całej próbce) wilgotność końcową (wilgotność pęcznienia, w_{pc}).

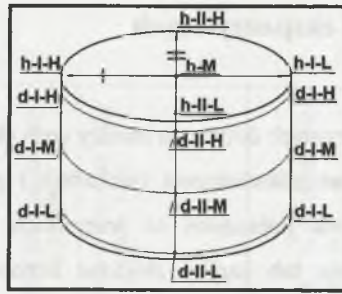
$$\varepsilon_p = \frac{\Delta h}{h_0} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie: ε_p - odkształcenie pęcznienia [%],

Δh , h_0 - przyrost wysokości i wysokość początkowa próbki [mm].

Skurcz gruntu badano każdorazowo według poniższej procedury.

Z gruntu o nienaruszonej strukturze wycięto nożem strunowym próbki cylindryczne, postępując analogicznie do procedury przygotowywania próbek do badań w aparacie trójosiowego ściskania wg [10]. Próbki zważono z dokładnością do 0,01 g i zmierzono suwmiarką z dokładnością do 0,05 mm w wyznaczonych miejscach, zgodnie z podanym schematem (rys. 2).



Rys. 2. Schemat próbki do badania skurczu objętościowego z zaznaczonymi miejscami wykonywanych pomiarów

Fig. 2. Scheme of volume shrink investigated sample with marked points of measurements

Następnie próbki umieszczono w parowniczkach i poddano procesowi powolnego wysychania w temperaturze pokojowej do stanu powietrzno-suchego. Podczas trwania badania próbki regularnie ważono i mierzono, zawsze w tych samych miejscach. Badania prowadzono do momentu zakończenia procesu skurczu. Obserwowano dalszą utratę masy, jednak bez zmniejszania się objętości badanej próbki. Badania kończono w momencie, gdy masa próbki przestała się zmieniać. Wówczas wysuszone ją w temperaturze 105-110°C i po ochłodzeniu w eksykatorku oznaczono masę i objętość. Przyjęta procedura pozwoliła określić krzywą skurczalności (zależność wilgotność – objętość) oraz granicę skurczalności wg PN-88/B-04481, w_s [%] (wzór 2.) i wg ASTM D 427-93, SL [%] (wzór 3.).

$$w_s = \left(\frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{\rho_w}{\rho_s} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie: ρ_w - gęstość wody [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],

ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu gruntowego [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],

ρ_s - gęstość właściwa gruntu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

$$SL = w_0 - \left[\frac{(V - V_0) \cdot \rho_w}{M_0} \right] \cdot 100 \quad (3)$$

gdzie: w_0 - wilgotność początkowa gruntu [%],

$(V - V_0)$ - spadek objętości próbki [cm^3],

M_0 - masa wysuszonej próbki [g].

Tabela 2

Wartości średnie oraz parametry zmienności wyników badań skurczu i pęcznienia [9]

GRUNT Z POLIGONU	Wartość	Wilgotność naturalna	Badanie skurczu					Badanie pęcznienia		
			Skurcz objętościowy	Granica skurczalności			Czas skurczu	Czas pęcznienia początkowego	Odształcenie pęcznienia	Wilgotność końcowa pęcznienia
				odczytana z wykresu	wg PN-88 B-04481	wg ASTM D 427-93				
w_n	b_v	w_s'	w_s	SL	t_s	t_{pc}	ε_p	w_{pc}		
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[h]	[min]	[%]	[%]	
A	Średnia	28,30	20,22	13,40	13,40	19,38	15,51	143	8,36	34,45
	Minimum	17,26	6,34	7,45	7,45	18,00	10,37	55	2,19	21,15
	Maksimum	39,51	32,20	17,65	17,65	20,54	19,84	650	16,89	47,60
	<i>Odch. stand.</i>	7,40	8,26	3,59	3,59	0,68	2,85	140,2	4,14	9,70
B	Średnia	25,17	16,99	13,48	13,25	17,99	12,58	775	7,26	31,38
	Minimum	22,42	15,13	12,94	12,00	17,69	11,98	500	5,27	29,25
	Maksimum	27,89	19,24	14,62	15,00	18,24	13,42	1000	9,71	33,48
	<i>Odch. stand.</i>	2,22	1,52	0,67	1,30	0,20	0,61	192,0	1,66	1,58
C	Średnia	41,03	59,13	11,87	12,33	17,80	11,87	1293	20,38	55,63
	Minimum	36,85	47,66	11,22	11,60	17,48	11,22	1000	19,73	53,27
	Maksimum	46,94	76,51	12,92	13,00	18,12	12,92	1440	21,03	57,98
	<i>Odch. stand.</i>	4,30	12,50	0,75	0,57	0,26	0,75	207,4	0,53	1,92
D1	Średnia	31,45	36,29	13,30	12,90	17,77	13,73	1117	19,49	44,57
	Minimum	31,03	29,46	12,60	12,80	17,72	13,36	450	18,88	42,35
	Maksimum	31,96	41,26	13,70	13,00	17,82	14,08	1800	19,81	48,26
	<i>Odch. stand.</i>	0,38	4,99	0,50	0,08	0,04	0,29	551,3	0,43	2,63
D2	Średnia	23,62	18,25	12,45	10,85	16,93	12,20	785	14,42	38,59
	Minimum	21,69	17,26	12,16	10,60	16,85	12,02	170	11,79	37,12
	Maksimum	25,55	19,24	12,73	11,10	17,01	12,37	1400	17,05	40,05
	<i>Odch. stand.</i>	1,93	0,99	0,28	0,25	0,08	0,17	615,0	2,63	1,47
E	Średnia	21,89	19,71	12,30	13,48	13,43	13,85	266	6,57	30,54
	Minimum	17,92	17,90	11,98	12,15	12,90	12,91	92	4,69	24,58
	Maksimum	24,30	23,04	12,91	15,79	13,87	15,41	587	9,16	34,81
	<i>Odch. stand.</i>	2,83	2,36	0,43	1,64	0,40	1,11	227,5	1,89	4,34

5. Wnioski

Otrzymane wyniki badań pęcznienia i skurczu potwierdziły prognozy sformułowane na podstawie badań cech fizycznych gruntów [8], tzn.: największy rozrzut wskaźnika pęcznienia i skurczu, którego miarą są najwyższe wartości odchylenia standardowego, zaobserwowano dla łąw z poligonu A. łąw z poligonów B i E miały najniższe wartości odształcenia pęcznienia. Najmniejszy skurcz objętościowy odnotowano również dla próbek z poligonu B.

Analizując zależności pozwalające zbudować lokalny model podłoża ilastego, szczególnie istotne jest poznanie cech gruntów o ekstremalnie wysokim pęcznieniu i plastyczności. Stwarzają one najwięcej niebezpieczeństw i zagrożeń w inżynierii budowlanej. Zgodnie z klasyfikacją Casagrande'a określa się je jako grunty o potencjalnej ekspansywności ekstremalnie wysokiej (extreme high, E). Na podstawie badań cech fizycznych zaklasyfikowano do tej grupy ility z poligonów C i D.

LITERATURA

1. Grabowska-Olszewska B., Kaczyński R., Trzciniński J., Zboiński A.: Geologia stosowana - Właściwości gruntów nienasyconych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
2. Niedzielski A.: Czynniki kształtujące ciśnienie pęcznienia oraz swobodne pęcznienie iłłów poznańskich i warwowych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zesz. 238, 1993, s. 1-99
3. Wiewióra A., Wyrwicki R.: Minerality ilaste poziomu iłłów płomienistych serii poznańskiej. Kwartalnik Geologiczny, t. 18, nr 3, 1974, s. 615-634.
4. Kumor M. K., Andrzejewski W.: Geologiczno-inżynierska charakterystyka wybranych iłłów serii poznańskiej z Bydgoszczy na przykładzie reperowej odkrywki w Fordonie. Mat. Sem. nt.: Aktualne problemy geologiczno-inżynierskich badań podłoża budowlanego i zagospodarowania terenu, Warszawa 1999, s. 83-93.
5. Kumor M. K., Andrzejewski W.: Zróżnicowanie parametrów geotechnicznych iłłów serii poznańskiej z podłoża budowlanego Bydgoszczy. Mat. IV Konferencji nt.: Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa, Olsztyn - Łańsk 2000, s. 275-284.
6. Kumor M. K.: Wybrane problemy geotechniczne gruntów ekspansywnych. Mat. XX Ogólnopolskiej Konferencji Warsztat Pracy Projektanta, Wisła-Ustroń 2005, s. 233-259.
7. Gryczmański M.: Modele podłoża gruntowego stosowane w projektowaniu. Mat. XX Ogólnopolskiej Konferencji Warsztat Pracy Projektanta, Wisła-Ustroń 2005, s. 159-208.
8. Garwolińska A., Kumor M. K.: Zmienność wybranych parametrów geotechnicznych iłłów ekspansywnych z Bydgoszczy. Mat. I Konf. Naukowo-Technicznej: Ogrzewanie i Wentylacja w Przemśle i Rolnictwie, Tuchola-Tleń wrzesień 2006.
9. Kumor M.K. (kier.), Garwolińska A., Gorączko A., Matuszewski M. i inni: Badania własne Katedry Geotechniki: Właściwości podłoża ekspansywnych. ATR w Bydgoszczy 2006.
10. PN-88/B-04481: Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
11. ASTM D 427-93: Shrinkage factor, test.