

Maciej Kordian KUMOR

Katedra Geotechniki

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz

WYBRANE PROBLEMY SKURCZU IŁÓW EKSPANSYWNYCH REJONU BYDGOSZCZY

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań fazy skurczu ekspansywnych iłów. Prezentowane wyniki wskazują na potrzebę szczególnie precyzyjnego określenia parametrów skurczu iłów w zależności od wilgotności, ciśnienia pęcznienia oraz czasu i środowiska. Umożliwiają prognozowanie osiadań w relacji do wahań wilgotności podłoża, mogą być również przydatne do oceny przyczyn awarii budowli na iłach ekspansywnych. Zaproponowano postać ogólną wskaźnika skurczu objętościowego $-V_s$.

SELECTED PROBLEMS OF THE SHRINKAGE OF THE EXPANSIVE CLAYS IN BYDGOSZCZ REGION

Summary. In the report the findings of the phase of the contraction of expansive clays are presented. Presented results indicate the need of the especially precise qualification of parameters of the shrinkage of clays depending on the moisture, the heave pressure, time and the environment. They make it possible to prognose the settlements in relation to the moisture changes of the ground, they can be also useful to the estimation of the damage reasons of the building on expansive clays. The general form of the voluminal shrinkage - V_s indicator was suggested.

1. Wstęp

Klasyczne rozumienie ekspansywności gruntów w mechanice gruntów najczęściej kojarzone jest z pęcznieniem. W Polsce pełne pojęcie ekspansywności gruntów, uwzględniające zjawiska pęcznienia i skurczu, wprowadził do literatury Przysański [7]. Gruntami ekspansywnymi nazywamy grunty wykazujące pęcznienie po doprowadzeniu do nich wody i ulegające kurczeniu się na skutek przesuszenia. Cechą charakterystyczną iłów ekspansywnych jest wystąpienie zawsze odrębnej fazy skurczu i pęcznienia.

Analiza długotrwałej pracy układu: *konstrukcja - fundament - podłoże ekspansywne* zajmuje się sporadycznie osiadaniem skurczowym. Osiedlenia te uaktywniają się zazwyczaj kilka lat po normalnym użytkowaniu obiektu. Rozwiązując posadowienie, pomija się w prognozowaniu stanów użytkowych środowiskowe zmiany wilgotności, np.: obserwowane w wieloletnim cyklu pęcznienie-skurcz [2, 7]. Projektowanie fundamentów z uwzględnieniem skurczu zalicza się do zadań specjalnych i brak jest odpowiednich w tym zakresie kryteriów.

Większość znanych kryteriów i klasyfikacji gruntów pęczniących dotyczy parametrycznego określenia ekspansywności podłoża ilastych, w zakresie odwzorowania swobodnego pęcznienia. Przyjmuje się głównie cechy wskaźnikowe: granicę płynności – w_L , granicę skurczalności – w_s , wskaźnik plastyczności – $I_p = w_L - w_p$, wilgotność gruntu – w_o , i inne. Nieliczne w praktyce są klasyfikacje ekspansywności iłów, wprowadzające jako jedno z kryteriów parametr skurczu, np. [7].

Kryterium Niedzielskiego (1993) w szerokim obszarze i jednoznacznie definiuje ekspansywność iłów w zakresie oceny fazy pęcznienia wszystkich typów gruntów spoistych występujących na terenie naszego kraju.

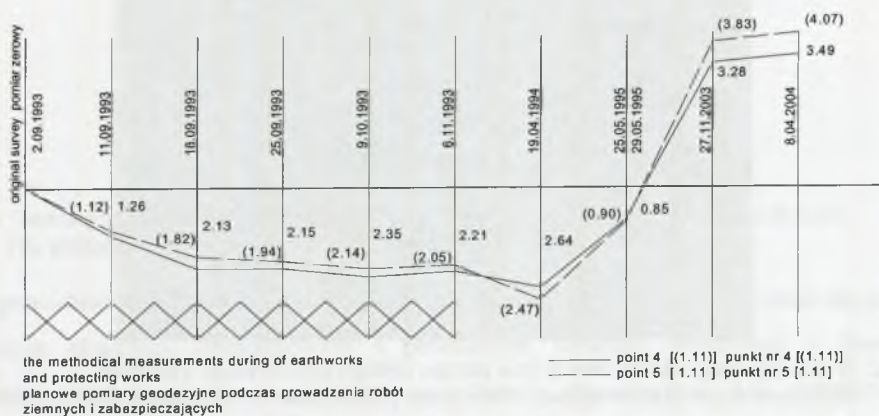
Z analizy zauważyć można brak danych umożliwiających praktyczne przewidywanie skurczu objętościowego w zależności od zmian wilgotności. Stosowanie znanych klasyfikacji do oceny zagrożeń nowo projektowanych i istniejących budowli nie jest przydatne. Stąd też potrzebna jest, nie tylko z inżynierskiego punktu widzenia, identyfikacja takich parametrów i zależności, które zdefiniują możliwość określenia niebezpiecznych dla konstrukcji wartości skurczu objętościowego, w odniesieniu do spodziewanych zmian wilgotności związanych z podstawowymi cechami materiałowymi iłów ekspansywnych.

W niniejszym artykule zostaną przedstawione, na przykładzie iłów trzeciorzędowych z Bydgoszczy, wybrane problemy geotechniczne, odnoszące się do skurczu objętościowego, który w praktyce generuje drastyczne osiadania ekspansywnego podłoża fundamentowego.

2. Zmiany wilgotności i odkształcenia iłu ekspansywnego

Cechą podłoża ekspansywnych, takich jak iły trzeciorzędowe w stanie naturalnym, jest duża spójność (wytrzymałość) i mała ściśliwość. W powszechnym odczuciu to grunty o korzystnych właściwościach geotechnicznych, w zasadzie półzwarłe lub, co najwyżej, twar doplastyczne. Szereg znanych przypadków z praktyki dowodzi jednak, że wykonane na iłach ekspansywnych budowle, zgodnie z zasadami, po kilkunastu latach użytkowania uległy

poważnej awarii. Analizując uszkodzenia obiektu monitorowanego przez wiele lat [5], stwierdzono, że przemieszczenia fundamentów wykazują okresowo przemienną fazę pęcznienia lub skurczu iłów podłoża, rys.1.



Rys. 1. Przemieszczenia przemiennie pionowe (faza skurcz-pęcznienie) punktów budowli [2]

Fig. 1. Alternating perpendicular (the phase the contraction-the heave) dislocations of the building's points [2]

Skurcz iłów następował zwykle latem i jesienią w czasie wzrostu grupy topoli, po ułożeniu nowej kanalizacji na kierunku napływu wód podziemnych.

3. Badanie skurczu iłów i analiza wyników

Skurcz – jest to proces zmniejszania się objętości gruntów na skutek ubytku wody porowej; cecha charakterystyczna dla gruntów spoiстых ze znaczną zawartością frakcji iłowej.

3.1. Badania parametrów skurczu

Analizie poddano próbki iłu poznańskiego serii trzeciorzędowej pobranych podczas budowy dużego obiektu o wymiarach płyty fundamentowej, 180 m x 220 m w Bydgoszczy. Właściwości fizyczne, a szczególnie wilgotność iłów w dniu wykopu były zmienne co do miejsca i głębokości. W warunkach realizacyjnych istnieją zawsze zróżnicowane, naturalne

strefy nawodnionych lub przeschniętych gruntów. Po południowej stronie wykopu obserwowano np.: ropy przesuszone w innych strefach nawodnione, rys. 2.



Rys. 2. Widok typowego układu ropy w dnie dużego wykopu budowlanego o skrajnie zróżnicowanych właściwościach, jednoczesne przesuszenie - bliższa strefa oraz nawodnienie - dalszy plan

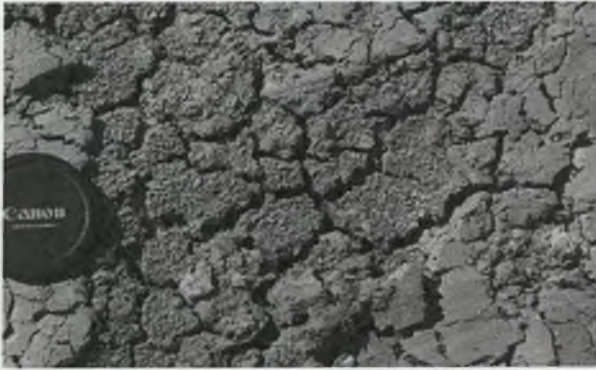
Fig. 2. The view of the typical system of clays in the bottom of the large building excavation with extremely diverse properties, simultaneous drying - the nearer zone, and irrigating - the background



Rys. 3. Naturalny proces wysychania ropy po odsłonięciu dna wykopu (po 2 godzinach), rozwinięta makrodezintegracja powierzchniowa

Fig. 3. The natural process of the clay drying after the exposure of the excavation's bottom, (after 2 hours) the superficial macrodisintegration fully developed

Jako przykład destrukcji ropy ekspansywnego w rzeczywistym procesie przesychania w dnie wykopu zauważana jest najpierw makrodezintegracja masywu ropy, później skurcz objętościowy i dalsza dezintegracja granularna powstających brekcji, rys. 3 i 4.



Rys. 4. Dezintegracja granularna iłu wyschniętego w warunkach naturalnych po 24 godzinach
 Fig. 4. The granular disintegration of the dry clay in natural conditions after 24 hours

Z przedstawionych rysunków widać, że proces przesychania iłu charakteryzuje się przede wszystkim skurczem objętościowym i powstaniem struktury brekcyjowej z licznymi odseparowanymi ziarnami i głębokimi szczelinami skurczowymi. Na zróżnicowane strukturalnie i wilgotnościowo podłoże zwykle wylewa się fundamenty, rzadko poprzedzone stabilizacją chemiczną iłów. Efektem jest lokalnie różna odkształcalność takiego podłoża. Monitorując osiadania fundamentu (po obciążeniu równomiernym), stwierdzono różnice od $\Delta s = 0,0$ mm (strefa przesuszona) do $\Delta s = 3,0$ mm w strefach nawilgoconego iłu, rys. 2.

Badanie skurczalności gruntu jest rzadko wykonywane w laboratoriach na potrzeby praktyczne. Skurcz objętościowy (V_p) próbek iłu obliczono według następującej reguły:

$$V_p = \frac{V'' - V'}{V'} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

V' - objętość początkowa próbki gruntu [cm^3],

V'' - objętość końcowa próbki po wysuszeniu [cm^3].

Wyniki przedstawiono w tablicy 1.

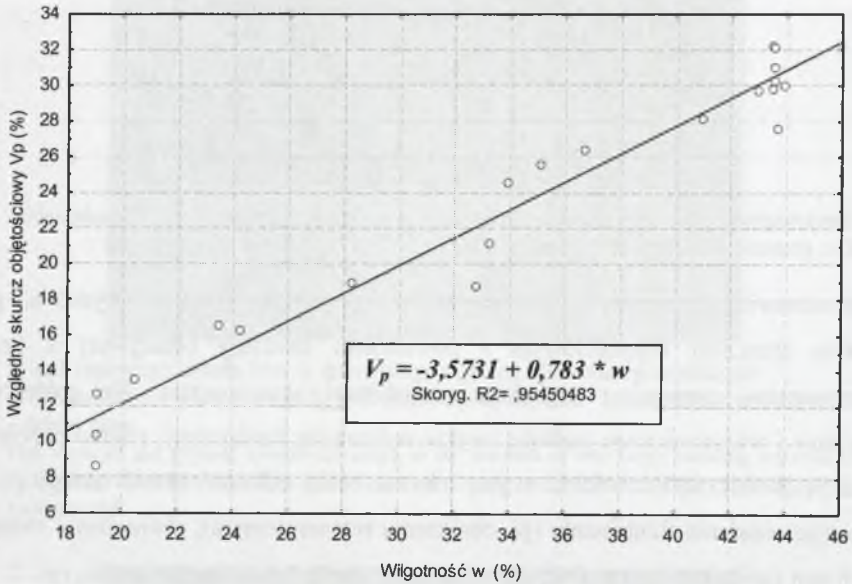
Tablica 1

Wyniki badań parametrów skurczalności

Granica skurczalności - w_s	Czas skurczalności - t_s	Skurcz objętościowy - v_p	Skurcz liniowy - v_{sd}
[%]	[h]		[%]
18,2 – 18,9	50 - 96	23-24	6,4 – 10,4

Jako parametry pomocnicze w analizie fazy skurczu oznaczono wilgotność iłu po całkowitym skurczu oraz czas skurczalności. Wyniki uzyskanych badań wskazują na duży

skurcz objętościowy i wysoką wrażliwość iłóv podłoża Bydgoszczy na zmiany wilgotności zachodzące w krótkim czasie po zainicjowaniu wysychania. Otrzymane parametry skurczu przy różnych wartościach naturalnej wilgotności początkowej poddano analizie statystycznej. Rezultaty końcowe oraz zależność funkcyjną przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Zależność względnego skurczu objętościowego od początkowej wilgotności iłóv
 Fig. 5. The dependence of the relative voluminal contraction on the initial moisture of the clay

3.2. Analiza fazy skurczu iłóv

Zmiany skurczowe objętości iłóv ekspansywnych charakteryzują przebieg fazy skurczu w cyklu skurcz-pęcznienie w zależności od wilgotności początkowej i procesu suszenia.

Postać funkcji pomiędzy względnym skurczem objętościowym (V_p) a wilgotnością jest liniowa dla badanego iłóv ($R^2 = 0,9545$):

$$V_p = -3,5731 + 0,783 * w \quad (2)$$

gdzie:

V_p – względny skurcz objętościowy [%],
 w – wilgotność, $> w_s$ [%].

Znając wilgotność aktualną danego iłóv w_0 , możemy oszacować, o ile zmniejszy się objętość masywu w wyniku przesuszenia do spodziewanej wilgotności - w_k lub maksymalnie, do granicy skurczalności - w_s . Dla określonego typu iłóv można na tej podstawie

prognozować z praktycznie wystarczającą dokładnością zakres odkształceń skurczowych i szacować przemieszczenia podłoża, z zależności:

$$\Delta V_p = V_{p0}(w_o) - V_{pk}(w_k) \quad (3)$$

gdzie:

V_{p0} , V_{pk} – względny skurcz objętościowy początkowy, końcowy [%],

w_o – wilgotność początkowa, [%]

w_k – wilgotność końcowa [%].

W procesie przesychania i przy obniżeniu wilgotności o $\Delta w = (w_o - w_k)$ wartość względnego skurczu objętościowego – ΔV_p , dla iłó ekspansywnego z Bydgoszczy można wyznaczyć za pomocą wzoru (4):

$$\Delta V_p = 0,783 * (w_o - w_k) \quad \text{przy } w_k > w_s \quad (4)$$

Z praktycznego punktu widzenia wartość skurczu objętościowego ma istotne znaczenie w przewidywaniu różnicy osiadań postsyngenetycznych nowo projektowanych obiektów, a także w ocenie awarii użytkowanych budynków. Wieloaspektowa analiza przemieszczeń kilkudziesięciu uszkodzonych budynków w Bydgoszczy, prowadzona w Katedrze Geotechniki UTP [1], w przypadku uwzględnienia fazy skurczu wskazuje, że prawie w każdym przypadku awarii mamy do czynienia z istotną różnicą osiadań skurczowych podłoża ilastego. Różnice osiadań skurczowych pod budynkiem dochodzą do kilkudziesięciu milimetrów. Można przyjąć, zatem, że większe osiadania skurczowe części obiektu były spowodowane np.: początkowym stanem wilgotnościowym gruntów w wykopie, rys. 2 i 3.

4. Zakończenie i wnioski

Wyniki przedstawionych badań fazy skurczu ekspansywnych iłów dotyczą aktualnie realizowanych badań przemieszczeń przy cyklicznym przesychaniu i pęcznieniu. Prezentowane dane wskazują na potrzebę szczególnie precyzyjnego określenia parametrów skurczu iłó w zależności od wilgotności, ciśnienia pęcznienia oraz czasu i środowiska. Umożliwią bardziej dokładne prognozowanie osiadań obiektów w relacji do wahań wilgotności podłoża, mogą być również przydatne do oceny przyczyn awarii budowli na iłach ekspansywnych.

Parametry skurczu, podobnie jak pęcznienia, są *cechą materiałową* gruntu ekspansywnego. W klasyfikacjach ekspansywności parametry skurczalności nie są związane

ze stanem wilgotnościowym i nie określają zmian objętościowych iltów podczas utraty wody i przesuszania. Istnieje zatem potrzeba zdefiniowania takiego parametru skurczu, który wiążąc zmiany objętości i wilgotności ujmowałby cechy materiałowe, np.: granicę skurczalności i inne. Proponowana postać ogólna wskaźnika skurczu objętościowego V_s :

$$V_s = f(w, w_s) \quad (5)$$

Wskaźnik, w tym ujęciu, w prosty sposób charakteryzuje skurcz ilościowo (ubytek objętości), podatność i wrażliwość iltów ekspansywnych jako materiału w procesie przesuszania. Wartość liczbowa parametru skurczu objętościowego V_s przyjmować może różne wartości od $V_{s\ min} = 0\%$, gdy $w_n = w_s$, do praktycznej osiągananej wartości $V_{s\ maks.} > 40\%$, [3].

Szczegółowa analiza wskaźnika objętościowego i parametrów skurczu jest przedmiotem oddzielnego opracowania [3].

Literatura

1. Gorączko A.: Rozprawa doktorska (rękopis). Katedra Geotechniki UTP, Bydgoszcz 2007.
2. Gorączko A., Kumor M.K.: Próba określenia zależności funkcyjnej sezonowych zmian wilgotności podłoża ekspansywnego. Krajowa Konferencja, Krynica 2006.
3. Kumor M. K.: Parametry wskaźnikowe skurczu iltu ekspansywnego w ujęciu praktycznym (przygotowany do druku). Katedra Geotechniki UTP, Bydgoszcz 2007.
4. Kumor M.K.: Badanie fazy skurcz-pęcznienie iltu jako możliwość przewidywania przemieszczeń podłoża ekspansywnego. XIV Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Inżynierii Geotechnicznej, Białystok 2006.
5. Kumor M.K., Gadomski J.: Wybrane problemy identyfikacji przemieszczeń fundamentów na podłożu ekspansywnym. VII Konferencja Rzeczoznawstwa Budowlanego ITB, Cezdyna k. Kielc 2004.
6. Niedzielski A.: Czynniki kształtujące ciśnienie pęcznienia oraz swobodne pęcznienie iltów poznańskich i warwowych. Rozprawy Akademia Rolnicza zeszyt nr 238, Poznań 1993.
7. Przysiański J. i zespół: Wytyczne projektowania posadowień fundamentów na gruntach ekspansywnych. Zeszyt Politechniki Poznańskiej, Rozprawy 224, Poznań 1991.

Recenzent: Dr hab. inż. Jacek Pieczyrak, prof. w Pol. Śląskiej