

Dawid AHMAD, Antoni KUCHLER

Politechnika Warszawska

PODNIESIENIE PODŁOŻA O WŁAŚCIWOŚCIACH EKSPANSYWNYCH I FUNDAMENTÓW

Streszczenie. Zainteresowanie gruntami ekspansywnymi jest żywotne i ważne. Występują one powszechnie w stanie nienasyconym i strefie [14] posadawiania obiektów budowlanych. Istnieje wiele metod do obliczania podniesienia podłoża spowodowanego pęcznieniem gruntów ekspansywnych, zarówno bez obciążenia, jak i z obciążeniem. W pracy dokonano porównania wyników obliczeń tego podniesienia wyznaczonego różnymi metodami w aspekcie wpływu podziału warstwy podłoża ekspansywnego na warstwy obliczeniowe, wpływu miąższości podłoża ekspansywnego oraz obciążenia zewnętrznego. W obliczeniach wykorzystano literaturowe parametry geotechniczne, średnie, minimalne i maksymalne, charakteryzujące grunty ekspansywne. Rozpatrzone metody prowadzą do wyraźnie zróżnicowanej wielkości podniesienia podłoża. Wykonane obliczenia i analizy wykazały złożoność problemu i potrzebę dalszych badań, ale nie tylko obliczeniowych, lecz także obejmujących obserwacje terenowe.

THE INFLUENCE OF THE EXPANSIVE SOILS ON THE GROUND AND FOUNDATIONS

Summary. The interest in expansive soils is important and vital. Expansive soils occur generally in unsaturated state and in the whole area of building foundations. There are lots of methods and formulas to calculate the raising of soil caused by swelling of expansive soils, either with the load or without it. The paper compares calculated results of raising, determined by different methods from the perspective of the influence of expansive soil layers fragmentation on calculated layers, the influence of the expansive soil thickness and the influence of external load. Literature geotechnical parameters, average, minimum and maximum, characteristic for the expansive soil, were used in the calculations. The methods considered lead to clearly differentiated expansive soil dimensions. The calculations and analyses made show the problem complexity and the need of further examinations, including site observations.

1. Wstęp

W dostępnej literaturze istnieje wiele określeń ekspansywności gruntów. Według normy [12] (Pr PN – 99/B – 02482, Geotechnika Terminologia podstawowa), gruntami ekspansywnymi są grunty spoiste odznaczające się zdolnością do zmian objętości (kurczenia się lub / i pęcznienia) tylko na skutek zmian wilgotności.

Występują one w stanie nienasyconym, który jest stanem powszechnym, obejmującym niemal całą strefę aeracji, w której posadawiane są obiekty budowlane.

O ważności i żywotności problemu ekspansywności gruntów świadczą liczne publikacje i specjalnie poświęcane tej tematyce międzynarodowe konferencje i sympozja [15 do 21] oraz fakt wyodrębnienia się w latach osiemdziesiątych jako osobnego działu mechaniki gruntów nienasyconych. W Polsce w 1990 r. ITB wydaje instrukcję [8], a w 1991 r. Politechnika Poznańska wydaje pracę [14], dotyczące posadowienia obiektów budowlanych na gruntach ekspansywnych. W 1993 r. opublikowano pierwszy podręcznik mechaniki gruntów nienasyconych [7]. W Polsce, w roku 1998, także ukazuje się [13] pierwszy podręcznik dotyczący właściwości gruntów nienasyconych.

Powodem tego zainteresowania są względy poznawcze i gospodarcze. Szkody wynikające z niepoprawnego posadowienia obiektów na gruntach ekspansywnych [9, 14], szacowano w 1973 roku, w Stanach Zjednoczonych, średnio na 2.25 miliarda dolarów. Kwota ta odpowiada łącznym stratom wyrządzonym przez powodzie, huragany, tornada i trzęsienia ziemi.

Badania i doświadczenia wykazują [14], że niemal wszystkie ility występujące na obszarze Polski są ekspansywne. Wśród nich wyróżniają się ility plioceńskie, zwane również poznańskimi. Ekspansywność gruntów jest także w wielu rejonach Polski najczęstszą przyczyną awarii.

2. Metody obliczania podniesienia podłoża i fundamentów

Na podstawie przeglądu dostępnej literatury stwierdzono [1], że istnieje 15 metod obliczania podniesienia podłoża zarówno bez obciążenia zewnętrznego, jak i z obciążeniem zewnętrznym. Uznano [1], że dzielą się one na metody:

- oparte na nomogramach – 2 metody: I (Van der Merwego 1964 [23]);
i II (Williamsa i Donaldsona 1980 [25]);

- empiryczne – 2 metody: III (Brackleya 1975) [4] i IV (Westona 1980 [24]);
- oparte na pęcznieniu – 7 metod: V (metoda A w normie ASTM D 4546 – 90 [2]);
 - VI (metoda B w normie ASTM D 4546 – 90 [2]);
 - VII (metoda C w normie ASTM D 4546 – 90 [2]);
 - VIII (Soročana 1974 [5]);
 - IX (NAVFAC 1983 [6]);
 - X (Fredlunda i Rahrajdo 1993 [11]);
 - XI (Kousa 1997 [10]);
- oparte na ssaniu – 4 metody: XII (McKeena 1992 [11]);
 - XIII (Mitchella 1992 [22]);
 - XIV (McKeena 1980 [22]);
 - XV (Brackleya 1975 [3]).

W pracy wykorzystano parametry geotechniczne ekspansywnych iltów plicieńskich z rejonu Poznania (z pracy Przysańskiego J. [14]), przedstawione w tablicy 1.

Tablica 1

Parametry geotechniczne ekspansywnych iltów plicieńskich z rejonu Poznania wg [14]

Wartość	F_i	I_p	I_L	ρ	w_p	w_L	w_n	c_u	ϕ_u	M_0^*	M^*	E^{**}	p_c^0	$p_{c,max}$	ε_p^0	$\varepsilon_{p,max}$
	%		–	t/m^3	%			kPa	°	MPa				%		
X	34	46	0.05	2.00	24	68	22	80	8	15	30	50	0.1	0.8	10	20
X_{min}	30	24	-0.10	1.80	20	40	16	40	4	4	10	25	0.05	0.2	5	10
X_{max}	60	90	0.20	2.20	50	140	33	200	18	40	60	120	2.0	4.0	30	35

Objaśnienia:

X – wartość średnia (charakterystyczna);

X_{min} – wartość minimalna;

X_{max} – wartość maksymalna;

*) – wartości z badań laboratoryjnych;

**) – wartości obliczone na podstawie obserwacji osiadań obiektów.

3. Podniesienie podłoża

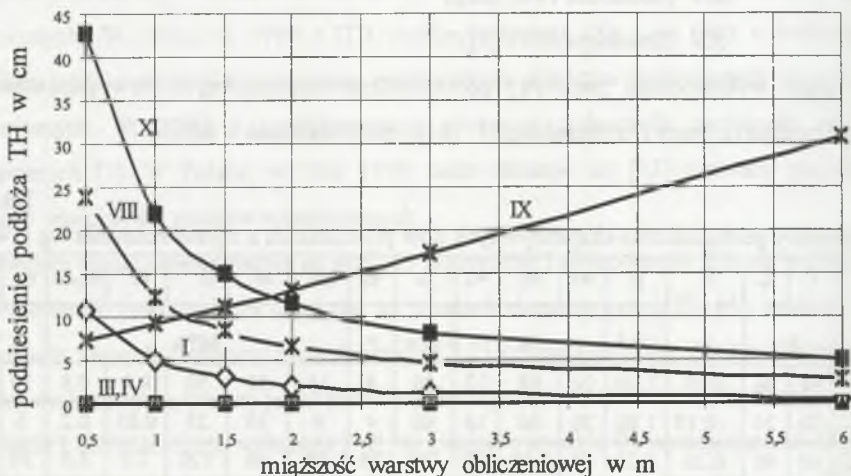
Analizą objęto 6 metod opartych na:

- nomogramach – metoda I (Van der Merwego 1964 [23]);
- wzorach empirycznych – metoda III (Brackleya 1975 [17]) i IV (Westona 1980 [24]);

- pęcznieniu:
- wskaźniku względnego pęcznienia – metoda VIII (Soročana 1974 [5] i IX (NAVFAC 1983 [6]);
- ciśnieniu pęcznienia: – metoda XI (Kousa 1997 [10]).

Rozpatrzono:

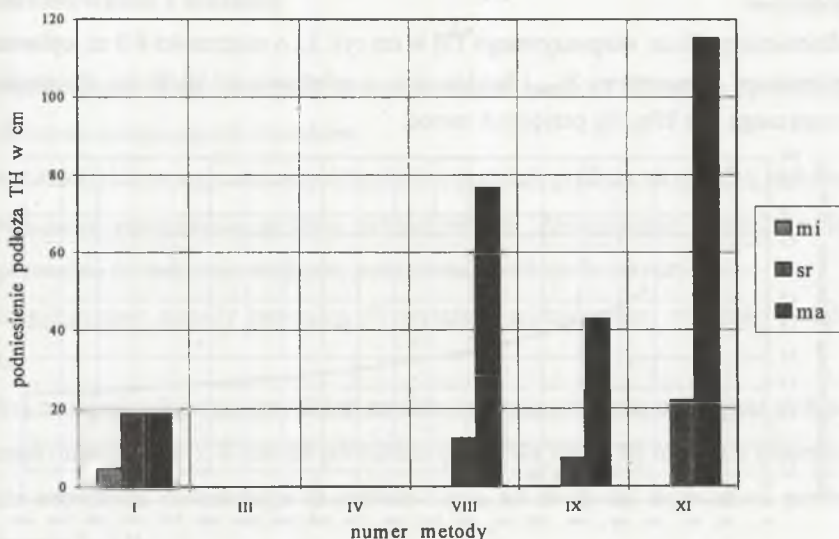
- wpływ podziału podłoża ekspansywnego o miąższości $H_w = 6.00$ m rys.1., opisanego średnimi parametrami, na warstwy obliczeniowe, na wielkość podniesienia podłoża TH wg przyjętych metod. Zastosowano podział na warstwy obliczeniowe o miąższości: 0.5 m – 12 warstw, 1.0 m – 6 warstw, 1.5 m – 4 warstwy, 2.0 m – 3 warstwy, 3.0 m – 2 warstwy i 6.0 m – 1 warstwa,



Rys. 1. Wpływ podziału podłoża ekspansywnego o miąższości $H_w = 6.00$ m, opisanego średnimi parametrami, na warstwy obliczeniowe, na wielkość podniesienia podłoża TH w cm, wg przyjętych metod

Fig. 1. The influence of the expansive soil fragmentation of $H_w = 6.00$ m thickness, described with average parameters on calculated layers, on the size of soil raising TH in cm, according to the accepted methods

- wpływ wartości parametrów podłoża ekspansywnego o miąższości $H_w = 6.00$ m rys. 2., na wielkość podniesienia TH wg przyjętych metod, przy podziale na warstwy obliczeniowe o miąższości 0.5 m.



Rys. 2. Wpływ wartości parametrów podłoża ekspansywnego o miąższości $H_w = 6.00$ m, na wielkość podniesienia TH w cm, wg przyjętych metod

Fig. 2. The influence of the values of expansive soil parameters of $H_w = 6.00$ m thickness, on the size of raising TH in cm, according to the accepted methods

Nie ma dotychczas wypracowanych kryteriów podziału podłoża na warstwy obliczeniowe, przy obliczaniu podniesienia podłoża ekspansywnego. Metody III i IV prowadzą do zbyt zaniżonego podniesienia. Nie we wszystkich metodach (IX) można stosować dowolny podział na warstwy obliczeniowe. Zastosowanie dowolnego podziału może prowadzić do zaniżenia wielkości podniesienia podłoża do 10 razy.

Minimalne parametry nie mogą być zastosowane w metodach III, IV, VIII, IX, XI. Przeanalizowane metody prowadzą do wyraźnie zróżnicowanej wielkości podniesienia podłoża.

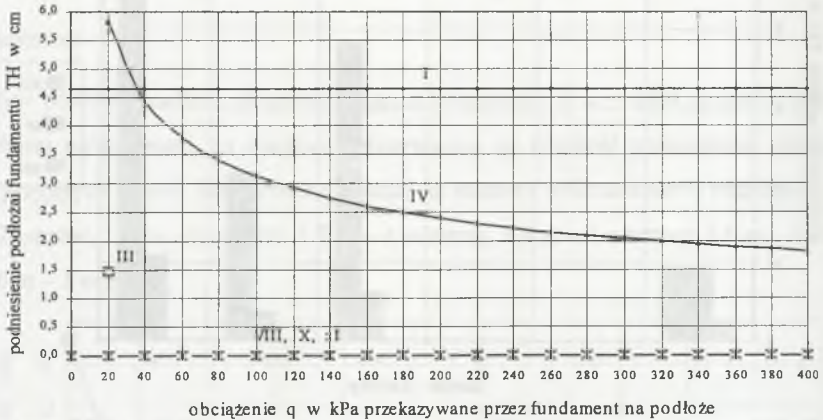
4. Podniesienie fundamentów

Analizą objęto 5 metod opartych na:

- wzorach empirycznych – metoda III (Brackleya 1975 [4]) i IV (Westona 1980 [24]);
- wskaźniku względnego pęcznienia – metoda VIII (Soročana 1974 [5]) i IX (NAVFAC 1983 [6]);
- ciśnieniu pęcznienia: – metoda XI (Kousa 1997 [10]).

Rozpatrzono:

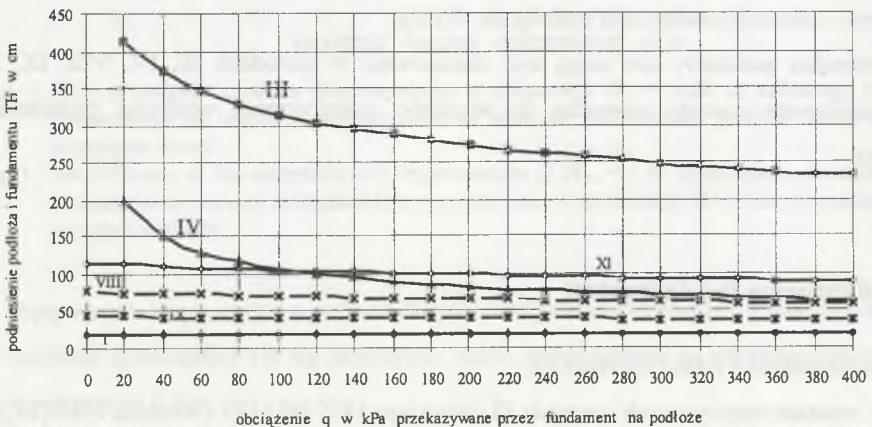
- Podniesienie podłoża ekspansywnego TH w cm rys. 3., o miąższości 6.0 m, opisanego minimalnymi parametrami X_{\min} i fundamencie, w zależności od wielkości obciążenia zewnętrznego q w kPa, wg przyjętych metod.



Rys. 3. Podniesienie podłoża ekspansywnego TH w cm, o miąższości 6.0 m, opisanego minimalnymi parametrami X_{\min} i fundamencie, w zależności od wielkości obciążenia zewnętrznego q w kPa, wg przyjętych metod

Fig. 3. The raising of the expansive soil TH in cm, of $H_w = 6.00$ m thickness, described with minimum parameters X_{\min} and foundations, versus the value of external load q in kPa and according to the accepted methods

- Podniesienie podłoża ekspansywnego TH w cm rys. 4., o miąższości 6.0 m, opisanego maksymalnymi parametrami X_{\max} , w zależności od wielkości obciążenia zewnętrznego q w kPa, wg przyjętych metod.



Rys. 4. Podniesienie podłoża ekspansywnego TH w cm, o miąższości 6.0 m, opisanego maksymalnymi parametrami X_{\max} , w zależności od wielkości obciążenia zewnętrznego q w kPa, wg przyjętych metod

Fig. 4. The raising of the expansive soil TH in cm, of $H_w = 6.00$ m thickness, described with maximum parameters X_{\max} , versus the value of the external load q in kPa and according to the accepted methods

5. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone studia dostępnej literatury, własne analizy i obliczenia upoważniają do sformułowania następujących wniosków.

Nie ma dotychczas wypracowanych kryteriów podziału podłoża na warstwy obliczeniowe, przy obliczaniu podniesienia podłoża ekspansywnego. Zastosowanie dowolnego podziału może prowadzić do zaniżenia wielkości podniesienia podłoża do 10 razy.

Przeanalizowane metody prowadzą do wyraźnie zróżnicowanej wielkości podniesienia podłoża.

Jedną z najlepiej dopracowanych jest metoda oparta na ciśnieniu pęcznienia podana przez Soroczana (metoda VIII). Wielkość podniesienia podłoża jest w tej metodzie uzależniona od rozkładu naprężenia całkowitego w podłożu oraz od wielkości wymiarów powierzchni zawilgocenia L_w i B_w .

Wykonane obliczenia i analizy wykazały złożoność problemu i potrzebę dalszych badań, ale nie tylko obliczeniowych, a obejmujących obserwacje terenowe.

LITERATURA

1. Ahmad D.: Oddziaływanie podłoża o właściwościach ekspansywnych na fundamenty i konstrukcję. Rozprawa doktorska, OW PW, Warszawa 2002.
2. ASTM D 4546 – 90 Standard test method for one – dimensional swell or settlement potential of cohesive soils.
3. Brackley I. J.: Prediction of soil heave from suction measurements. Proc. 7 th Reg. Con. For Africa on Soil Mech. Found. Eng., Vol. 1, pp. 159 – 166, Accra 1980.
4. Brackley I. J.: Swell under load. Sixth Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Durban, pp. 65 – 70, South Africa, 1975.
5. Сорочан Е. А.: Стриоительство сооружений на иабухающих грунтах. Стрийздат, Москва 1989.
6. Foundations and Earth Structures D. M. 7.2. Soil Mechanics Deep Stabilization and Special Construction. D. M. 7.3, NAVFAC 1982, 1983.
7. Fredlund D. G., Rahardjo H.: Soil mechanics for unsaturated soils. A. Wiley – Interscience Publication, John Wiley and Sons, INC, New York 1993.
8. Instrukcja 296 ITB: Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych. DWP ITB, Warszawa 1990.
9. Jones D. E., (Jr.), Holtz W. G.: Expansive Soils – the Hiddon Dicaster, Civil Engineering. Vol. 43, Now. 8, Aug. 1973.
10. Коуса И.: Влияние влажности на набухане грунта. Механика грунтов. ОФМГ, Нр 5, Москва 1997, с. 1-5.

11. Mc Keen R. G.: A model for predicting expansive soil behaviour. Proc. 7 th Int. Conf. On Expansive Soils, Vol. 1, pp. 1 – 6, Dallas, Texas 1992.
12. Pr PN – 99/B – 02482, Geotechnika. Terminologia podstawowa.
13. Praca zbiorowa pod redakcją B. Grabowskiej – Olszewskiej: Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych. PWN, Warszawa 1998.
14. Praca zbiorowa pod redakcją J. Przysańskiego: Posadowienie na gruntach ekspansywnych. WPP, Poznań 1991.
15. Proceedings of the Fifth International Conference on Expansive Soils. Adelaide, Australia 1984.
16. Proceedings of the Fourth International Conference on Expansive Soils. Denver USA 1980.
17. Proceedings of the Second International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils. Texas AM University, College Station, Texas, USA 1969.
18. Proceedings of the Seventh International Conference on Expansive Soils. Texas USA 1992.
19. Proceedings of the First International Conference on Expansive Clay Soils. Texas, USA 1965.
20. Proceedings of the Sixth International Conference on Expansive Soils. Delhi, India 1987.
21. Proceedings of the Third International Conference on Expansive Soils. Haifa, Israel 1973.
22. Snethen D. R., Huang G.: Evaluation of soil suction – heave prediction methods. Proc. 7th Int. Conf. on Expansive Soils, Vol. 1, pp. 12 – 17, Dallas, Texas, 1992.
23. Van der Merwe D. H.: The prediction of Heave from the Plasticity Index and percentage clay fraction of soils, The Civil Engineer in South Africa, Vol. 6, No. 6, June, s.103, South Africa 1964.
24. Weston D. J.: Expansive road treatment for southern Africa. Proc. of 4 th Int. Conf. on Expansive Soils, pp. 301 – 360, Denver 1980.
25. Williams A. A. B., Donaldson G. W.: Buildings on expansive soils in South Africa 1973 – 1980. Proc. of 4 th Int. Conf. on Expansive Soils, pp. 834 – 844, Denver 1980.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Zygmunt MEYER

Abstract

There are 15 methods of calculating the raising of the soil either with the external load or without it. However, no tests of the fragmentation of the layer into calculated layers have been prepared, which would calculate the raising of expansive soil. Irrespective of the fragmentation used, it may cause a decrease in the dimension of the soil raising even up to 10 times. The analysed methods lead to clearly differentiated dimensions of the soil raising. The calculations and analyses made show the problem complexity and the need of further examinations, including not only calculations but site observations as well.