



Awaria budynku wielorodzinnego w wyniku naruszenia stanu równowagi wilgotnościowej w podłożu ilastym wskutek oddziaływania roślinności

Andrzej Kysiak¹, Marek Koniecko²

STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono wyniki ekspertyzy budowlanej dotyczącej określenia przyczyn osiadania fundamentów budynku wielorodzinnego posadowionego na łąkach pochodzenia jeziornego. Wykonane badania geotechniczne wykazały, że w wyniku pobierania wody z gruntów ekspansywnych przez korzenie drzew otaczających budynek doszło do skurczu łąw. Artykuł zawiera wnioski dotyczące metod wyeliminowania przyczyn osuszenia łąw w obrębie posadowienia budynku oraz zabezpieczenia budynku.

SŁOWA KLUCZOWE:

awarie budowlane; grunty ekspansywne; osiadanie fundamentów

1. Wprowadzenie

Uszkodzenia i awarie obiektów budowlanych, które wynikają z przyczyn geotechnicznych, mogą być spowodowane:

- błędami projektowymi wynikającymi z nieprawidłowo określonych parametrów geotechnicznych,
- błędami przy realizacji robót ziemnych i fundamentowych,
- błędami wynikającymi z eksploatacji obiektów i terenów do nich przyległych.

Znane są liczne przypadki opisane w literaturze [1], gdzie geotechniczny aspekt tych uszkodzeń i awarii został potwierdzony badaniami, pomiarami i obliczeniami. Szczególnie ważne jest przestrzeganie wszelkich zasad i wytycznych wynikających ze „sztuki budowlanej” przy posadowieniu obiektów na gruntach spoistych. Właściwości tych gruntów uzależnione są od wzajemnego oddziaływania cząstek gruntu (minerałów łąwowych) z cząsteczkami wody, a zjawiska fizykochemiczne występujące na powierzchni właściwej decydują o cechach tych gruntów. Najbardziej jest to widoczne w przypadku gruntów ekspansywnych charakteryzujących się znacznym skurczem i pęcznieniem.

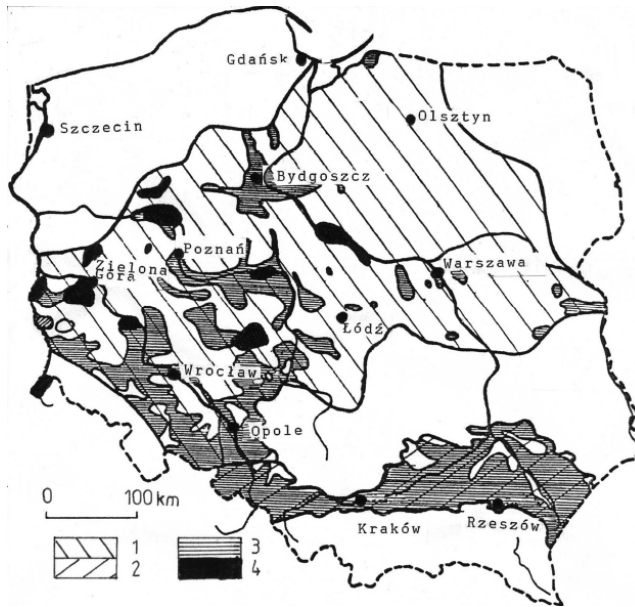
W praktyce inżynierskiej gruntami ekspansywnymi nazywamy grunty wrażliwe na zmiany zawilgocenia, które prowadzą do pęcznienia gruntu (przy wroście wilgotności), natomiast przesuszenie gruntu prowadzi do jego skurczu. Zjawiska te występują przeważnie w gruntach bardzo spoistych, do których można zaliczyć łąy plioceńskie, mioceńskie i oligoceńskie, gliny zwałowe i łąy zastoiskowe. Wrażliwość gruntów na zjawiska ekstensywności ocenia się na podstawie takich wielkości, jak: zawartość frakcji łąwowej f_{cl} , wskaźnik plastyczności I_p , granice

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: kysiak@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0002-0842-2051

² Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: mkoniecko@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0001-8828-2599

Attergerga, aktywność koloidalna A , powierzchnia właściwa gruntu, wskaźnik maksymalnego pęcznienia ε_p^{max} .

Na obszarze Polski grunty ekspansywne reprezentowane są głównie przez trzeciorzędowe ropy plicieńskie (ropy poznańskie) oraz czwartorzędowe ropy morskie, warwowe i zastoiskowe. Zaleganie tych grunów przedstawia mapa [2] (rys. 1).



Rys. 1. Występowanie grunów ekspansywnych w Polsce [2]: 1 – zasięg ropy poznańskich; 2 – zasięg ropy miocenijskich morskich; 3 – strefy zalegania stropu ropy do 25 m p.p.t; 4 – strefy intensywnych zaburzeń glacytektonicznych

2. Klasyfikacja grunów ekspansywnych

Większość klasyfikacji grunów ekstensywnych dokonywana jest w oparciu o wielkość granicy skurczalności, choć Danilow [3] podał uproszczone kryterium, w którym do grunów pęczniejących zaliczył te, których parametry spełniają zależność:

$$\overline{W}_L - 1,3W > 0,11 \quad (1)$$

gdzie: \overline{W}_L – granica płynności wg Wasiliewa, W – wilgotność naturalna gruntu. Raman [4] grunty ekspansywne podzielił ze względu na wielkość wskaźnika skurczalności:

$$Sl = W_L - W_s \quad (2)$$

gdzie: W_L – granica płynności, W_s – granica skurczalności gruntu.

W zależności od wskaźnika skurczalności Raman dzielił grunty ekspansywne na grunty o:

- niskim stopniu pęcznienia, $Sl \leq 15\%$,
- średnim stopniu pęcznienia $15\% \leq Sl \leq 30\%$,
- wysokim stopniu pęcznienia $30\% \leq Sl \leq 40\%$,
- bardzo wysokim stopniu pęcznienia $Sl > 40\%$.

W Polsce klasyfikację ropy poznańskich i ropy warwowych podali Niedzielski [5] oraz Grabowska-Olszewska [6], przedstawiając zmodyfikowany nomogram Casagrande'a do oceny plastyczności i pęcznienia grunów spoistych.

Tabela 1

Klasyfikacja iłów poznańskich i iłów warwowych [5]

Stopień ekspansywności	ε_p^{max} [%]	I_p [%]	f_{cl} [%]	w_L [%]	S_r [m ² /g]	p_c^{max} [MPa]
bardzo silnie pęczniące	> 30	> 40	> 50	> 60	> 200	> 1,0
silnie pęczniące	20–30	30–40	40–50	50–60	150–200	0,6–1,0
średnio pęczniące	10–20	20–30	30–40	40–50	70–150	0,2–0,6
słabo pęczniące	< 10	< 20	< 30	< 40	< 70	< 0,2

gdzie: ε_p^{max} – maksymalne odkształcenie pęcznienia, I_p – wskaźnik plastyczności, f_{cl} – zawartość frakcji ilowej, w_L – granica płynności, S_r – powierzchnia właściwa, p_c^{max} – maksymalne ciśnienie pęcznienia

3. Posadowienie obiektów na gruntach ekspansywnych

Zjawiska pęcznienia i skurczu gruntu prowadzą do zmian cech fizycznych gruntu (gęstość, wilgotność), jego wytrzymałości, wywołują dodatkowe osiadania podłoża lub zmianę stanu naprężenia w wyniku ciśnienia pęcznienia. Powoduje to uaktywnienie się odkształceń w obiektach budowlanych prowadzących często do awarii budowli lub uszkodzeń jej elementów konstrukcyjnych (nierównomierne osiadanie, wychylenie obiektu, wyparcie gruntu spod fundamentu, unoszenie posadzek w piwnicach, rysy i szczeliny w ścianach zewnętrznych i wewnętrznych). Ilość uszkodzeń i awarii obiektów budowlanych wywołanych tymi zjawiskami sprawia, że do etapu projektowania, realizacji i eksploatacji obiektów w takich warunkach gruntowych należy podejść z należytą wiedzą i rozważą inżynierską.

Według Kumora [7], o tym, czy grunt można zakwalifikować do gruntów ekspansywnych, decydują jego właściwości, ale uaktywnienie się procesów skurczu lub pęcznienia zależy w dużej mierze od działalności człowieka. Do czynników sprzyjających tym procesom zalicza się:

- złe prowadzenie robót ziemnych i brak należytego zabezpieczenia skarp i dna wykopów przed czynnikami atmosferycznymi,
- prowadzenie głębokich wykopów instalacyjnych w pobliżu istniejących obiektów, wymianę gruntu ilastego na zasyпки z gruntów niespoistych, co sprzyja zmianie warunków wodnych,
- nieprawidłowe zasypywanie pachwin wykopów fundamentowych powodujące filtrację wody do podłoża,
- niewłaściwe urządzenie terenów zielonych, zbyt bliskie budowli sadzenie drzew i krzewów,
- niewłaściwe rozwiązania projektowe posadowienia fundamentów.

Dominującym czynnikiem wywołującym przesuszenie podłoża gruntowego i jednocześnie aktywującym zjawisko skurczu są drzewa i krzewy, szczególnie w latach ubogich w opady atmosferyczne oraz towarzyszące im wysokie temperatury. Osuszenie podłoża gruntowego przez wysokie temperatury i brak opadów sięga do ok. 2 m p.p.t., zaś przesuszenie gruntu w wyniku siły ssącej korzeni oraz ich penetracji w podłoże może sięgać 5–6 m. Przesuszona bryła gruntu może w wyniku tych procesów ulec dodatkowym osiadaniami sięgającym nawet więcej niż 10 cm. Powoduje to pęknięcie ścian nośnych przez cały budynek, pęknięcie nadproży i stropów, deformację otworów okiennych i drzwiowych. Klasyfikację spękań i uszkodzeń elementów konstrukcyjnych obiektów budowlanych w zależności od odległości obszaru wpływu drzew (obszaru przesuszonego podłoża) od fundamentów budowli przedstawił Jeż [8].

Wytyczne dotyczące posadowienia bezpośredniego na gruntach ekspansywnych można znaleźć w instrukcji ITB przygotowanej przez Przysańskiego [9]. Zalecenia tam zawarte dotyczą projektowania, realizacji oraz eksploatacji obiektów, a w szczególności:

- projektowania obiektów w całości podpiwnicznych, unikania posadowienia bezpośredniego na zboczach lub w ich sąsiedztwie,
- zwiększenia głębokości posadowienia do 1,5 m p.p.t.,
- zastosowania drenażu peryferyjnego – czołowego, brzegowego lub pierścieniowego,
- zabezpieczenia dna wykopu zaraz po zakończeniu robót ziemnych warstwą chudego betonu, przykrywania skarp wykopu geomembraną,

- wypełniania i uszczelniania gruntem spoistym pachwin wykopu wzdłuż ścian budynku, a w razie potrzeby wykonania opasek szczelnych lub drenażu,
- starannego odprowadzania wód opadowych,
- właściwego zaplanowania terenów zielonych, głównie drzew i krzewów, zachowania odległości drzewa od obiektu min. 1,5 wysokości h dorosłego drzewa,
- stosowania ciągów kanalizacyjnych elastycznych o szczelnych połączeniach,
- przy nierównomiernych przemieszczeniach wzmacniania fundamentów,
- stosowania dylatacji wewnętrznych (posadzek od ścian nośnych).

Przyjęcie tych zaleceń powinno zminimalizować niekorzystne zjawiska związane ze skurczem lub pęcznieniem podłoża gruntowego. O tym, że reguły cytowane za instrukcją ITB nie zawsze są stosowane, może świadczyć przypadek uszkodzeń obiektu mieszkalnego usytuowanego we Wrocławiu.

4. Charakterystyka, lokalizacja i opis uszkodzeń budynku mieszkalnego

Budynek wielorodzinny, stanowiący przedmiot ekspertyzy budowlanej, jest zlokalizowany w południowo-zachodniej części wrocławskiego osiedla „Kuźniki” przy skrzyżowaniu ulic Dźwirzyńskiej i Sarbinowskiej. Od strony zachodniej granicę osiedla wyznacza rzeka Ślęza. Na terenie bezpośrednio przylegającym do budynku przy ul. Dźwirzyńskiej 2/4 występuje intensywna szata roślinna: drzewa liściaste – brzozy, dęby, topole oraz iglaste – świerki (rys. 2).



Rys. 2. Usytuowanie budynku (źródło: <https://www.google.pl/maps>)

Budynek o wymiarach w planie zabudowy 36x14 m zaprojektowano jako 3/5-kondygnacyjny w technologii „wielkiego bloku”, ze ścianami osłonowymi prefabrykowanymi. Budynek złożony jest z 5 segmentów mieszkalnych o szerokości 6,0 m oraz segmentów klatek schodowych szerokości 2,7 m. Ramę nośną budynku w kierunku podłużnym stanowią ściany poprzeczne wykonane z bloków żelbetowych gr. 24 cm, wieńce i prefabrykowane płyty stropowe o rozpiętości 6,0 m. W ścianach poprzecznych zewnętrznych i podłużnych w miejscach złączy pionowych ze ścianą podłużną zalewano betonem otwory elementów blokowych, tworząc w ścianach betonowe rdzenie usztywniające. Budynek jest całkowicie podpiwniczony, posadowiony na ławach fundamentowych na poziomie 1,2 m poniżej poziomu terenu.

W budynku wybudowanym w latach 80. po 30 latach eksploatacji ujawniły się istotne uszkodzenia, spękania ścian nośnych i działowych, deformacje posadzek w piwnicach świadczące o osiadaniu fundamentów wskutek odkształceń podłoża gruntowego. W obrębie narożnika półn.-zach. budynku widoczne było obniżenie poziomu terenu oraz opaski chodnikowej.

W wyniku przeprowadzonych oględzin budynku stwierdzono, że w kondygnacji piwnicznej w obrębie północno-zachodniego narożnika budynku powstały pęknięcia ścian zewnętrznych o kierunku skośnym, biegnące od połowy wysokości pomieszczenia w górę, przechodzące w pęknięcia stropu w miejscu łączenia stropowych płyt prefabrykowanych (rys. 3). Na ścianie

południowej pęknięcia ujawniły się w polach podokiennych. Morfologia spękań piwnicznych ścian działowych była charakterystyczna dla nierównomiernego osiadania podłoża gruntowego w części środkowej budynku, a kierunek pęknięć wznosił się w stronę największych osiadań występujących w obrębie szczytowej ściany zachodniej (rys. 4).



Rys. 3. Pęknięcia ścian zewnętrznych



Rys. 4. Pęknięcia piwnicznych ścian działowych

W związku z powyższymi ustaleniami podjęto decyzję o konieczności wykonania badań podłoża gruntowego w rejonie bezpośrednio przylegającym do segmentu zachodniego klatki schodowej budynku. Zalecono wykonanie opinii geotechnicznej, która miała zawierać wnioski dotyczące możliwości występowania w tym rejonie gruntów spoistych charakteryzujących się skurczalnością wynikającą ze zmniejszania ich objętości podczas ich osuszania.

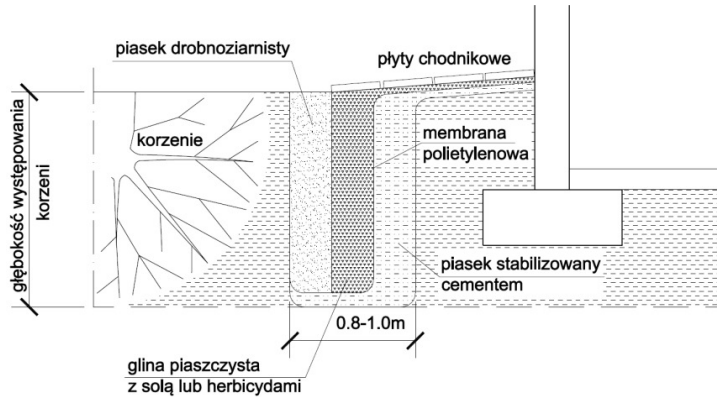
Przeprowadzone w sąsiedztwie budynku wiercenia badawcze wykazały, że pod warstwą nasypów gr. 1,0–1,3 m występowały ility pylaste szarozielone, szarobrazowe i pstre. Iły na głębokości 2,0–3,5 m były w stanie zawilgocenia suchym (stan zwarty), na pozostałych poziomach stwierdzono stan zawilgocenia mało wilgotny (stan półzwarty). Oznacza to, że wilgotność tych gruntów była mniejsza lub bliska granicy skurczalności gruntu, co potwierdziły również badania laboratoryjne. Spadek wilgotności gruntu do wielkości granicy skurczalności spowodował skurcz iltów i wywołał dodatkowe odkształcenia podłoża.

Jako przyczyny wysuszenia iltów i zmniejszenie ich objętości należy wymienić zwiększenie w ostatnich latach średniej temperatury powietrza przy jednoczesnym zmniejszeniu się ilości opadów atmosferycznych oraz wpływ roślinności otaczającej budynek pobierającej wilgoć z gruntu pod fundamentami. Porównując wyniki badań wilgotności gruntu w dwóch wykonanych otworach, stwierdzono, że wilgotność gruntu na głębokości 2 m była o 1,5% mniejsza w otworze usytuowanym bliżej skupiska roślinności od strony zachodniej budynku.

5. Wnioski

Przedstawiony w artykule przykład awarii budynku wielorodzinnego wskutek przesuszenia podłoża gruntowego i skurczu iltów poznańskich dowodzi, że w przypadku występowania gruntów ekspansywnych niezwykle istotne jest przestrzeganie wytycznych dotyczących posadowienia bezpośredniego określonych w instrukcji ITB nr 296 [9] zarówno w procesie projektowania, budowy, jak i eksploatacji obiektów [11–13].

Nasadzenia drzew na terenach osiedli, w których budynki posadowione są na gruntach ekspansywnych, powinny być prowadzone z zachowaniem odległości $D > 1,5h$, gdzie h to wysokość dorosłego drzewa, a D to jego odległość od budynku. W takich przypadkach zarządca nieruchomości zobowiązany jest ponadto do dokonywania prześwietlenia (wycinki gałęzi) drzew rosnących w pobliżu budynków w celu ograniczenia dalszego rozrostu drzew i ich systemów korzeniowych. Zabezpieczenie podłoża gruntowego w obrębie fundamentów budynku może być wykonane w postaci tzw. ekranu odcinającego [8] (rys. 5).



Rys. 5. Zabezpieczenie fundamentów budynku ekranem odcinającym

Literatura

- [1] Rossiński B., Błędy w rozwiązaniach geotechnicznych, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1978.
- [2] Przysański J. i inni, Wytyczne projektowania posadowień fundamentów na gruntach pęczniących, Zeszyt Pol. Pozn. 1991, Rozprawy 224.
- [3] Danilov A.A., Grafik dla rozdelenia gruntow na obuhnyye, prosadochnye i nabukhajushhie, Osn. Fund. i Mekh Gruntov 1964, 5.
- [4] Raman V., Identification of expansive soils from the plasticity index and the shrinkage index data, Indian Eng. 1967, 11(1), 17-22.
- [5] Niedzielski A., Czynniki kształtujące ciśnienie pęcznienia iłów poznańskich i warwowych, Roczn. AR w Poznaniu 1993, Rozpr. Nauk. 238.
- [6] Grabowska-Olszewska B., Zmodyfikowany nomogram Casagrande'a i jego zastosowanie do oceny plastyczności i pęcznienia gruntów spoistych, Inżynieria i Budownictwo 1996, 2.
- [7] Kumor M.K., Selected geotechnical problems of expansive clays in the area of Poland, Arch. Civ. Eng. Environment. No 4, The Silesian Univ. of Technology 2008.
- [8] Jeż J., Przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa, Wyd. Pol. Pozn., Poznań 2001.
- [9] ITB Instrukcja 296, 1990: Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych.
- [10] Choma-Moryl K., Zmienność własności fizycznych iłów poznańskich okolic Wrocławia na tle ich genezy i litostratygrafii, Geologia Sudetica 1988, XXIII, 1.
- [11] Cwierz J., Cinal W., Kampczyk A., Pomiar odchyli ścian elewacji budynku od płaszczyzny pionowej, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2016, seria Budownictwo 22, 48-65.
- [12] Hulboj R., Major M., Wybrane aspekty dotyczące posadowienia budynków, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2014, seria Budownictwo 20, 81-88.
- [13] Kosmała-Kot W., Koniecko M., Obliczanie ścianek szczelnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2016, seria Budownictwo 22, 149-158.

Failure of a multi-family building as a result of infraction of moisture balance in clay soils on account of impact of nature

ABSTRACT:

The article shows the results of construction expertise relating to establishment of reasons of settling foundations of multi-family building situated on expansive clays. Geotechnical research indicates that as a result of drawing water from expansive soils by trees, the clays' contraction occurred. The article contains the conclusions which refer to methods of eliminating reasons of drying clays in the place of founding and securing the building.

KEYWORDS:

construction failure; expansive soils; settling foundations