



MAREK TARNAWSKI, *m.tarnawski@geoprojekt.szczecin.pl*  
Katedra Geotechniki WBiA ZUT w Szczecinie,  
Przedsiębiorstwo Geologiczne „Geoprojekt Szczecin” S-ka z o.o.

## AWARIE BUDOWLI POSADAWIANYCH NA IŁACH

### FAILURES OF STRUCTURES FOUNDED IN CLAYS

**Streszczenie** Pęcznienie lub skurcz pod wpływem zmian wilgotności, znikoma przepuszczalność oraz możliwość występowania powierzchni nieciągłości to charakterystyczne cechy iłów. Lekceważenie tych cech i dopuszczanie do zmian stosunków wodnych podłoża budowli prowadzi do awarii podczas ich eksploatacji. Nauka wypływająca z analizy omówionych w artykule przykładów ma na celu uniknięcie takich sytuacji w przyszłości.

**Abstract** Swelling or shrinkage influenced by moisture changes, negligible permeability as well as possible surfaces of discontinuity are characteristic features for clays. Negligence of these features and acceptance of changes in water conditions of the substratum results in latter building failures. The knowledge which results from the analysis of the examples described in the paper should help to avoid such cases in future.

#### 1. Wstęp

Iły różnego wieku i genezy (trzeciorzędowe i – rzadziej – czwartorzędowe iły morskie, zastoiskowe, warwowe) występują powszechnie w centralnej i północnej Polsce [1]. Według aktualnie obowiązującego, standardowego podejścia drobnoziarnisty grunt spoisty należy nazwać „iłem” (lub „pyłem”) w zależności od plastyczności, a nie uziarnienia, niemniej zarówno norma ISO Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów [2], jak i poprzednio obowiązująca Polska Norma [3] podają podobną, minimalną zawartość frakcji iłowej  $f_i$  ( $< 0,002$  mm) w gruncie opisywanym jako ił, ewentualnie z modyfikacją „pylasty” lub „piaszczysty”, mianowicie  $f_i > 20\div 30\%$ . Obecność minerałów ilastych determinuje specyficzne właściwości geotechniczne iłów: największą ściśliwość spośród gruntów mineralnych, znikomą przepuszczalność, wysoką plastyczność (podatność na zmianę właściwości mechanicznych przy zmianach wilgotności) oraz tendencje do pęcznienia lub skurczu pod wpływem zmian wilgotności.

Wskazane cechy iłów są dobrze znane, niemniej często lekceważone przez uczestników procesu inwestycyjnego, co (a nie te cechy jako takie) prowadzi do licznych awarii budowli posadawianych na iłach. Charakterystyczne grupy tych awarii przedstawiono poniżej ilustrując przykładami z literatury, doświadczeń autora i z dokumentacji opracowanych w kierowanej przez autora firmie „Geoprojekt Szczecin”.

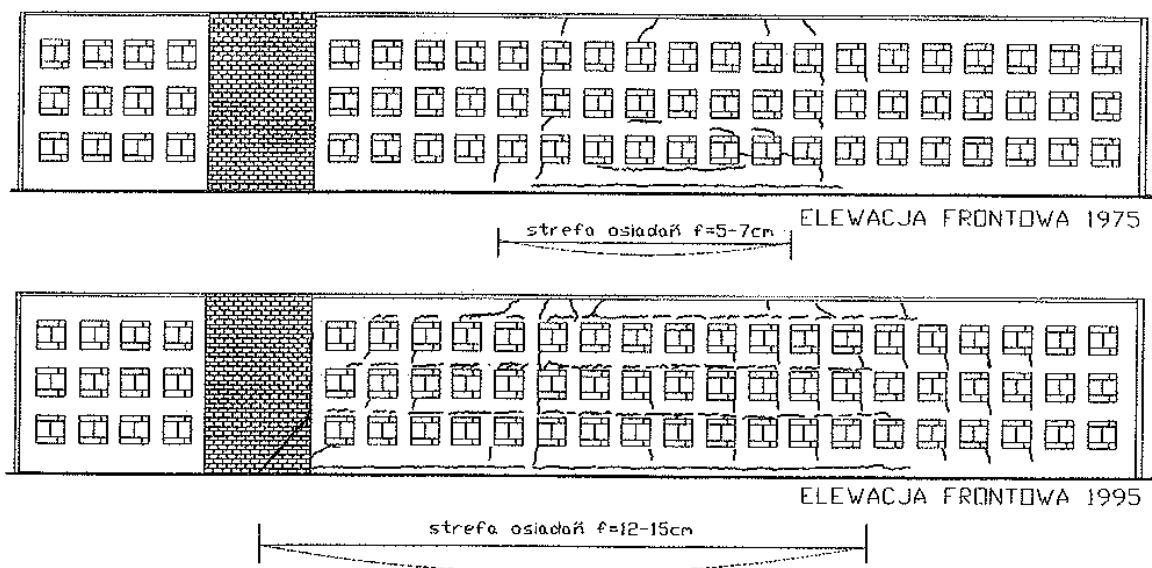
#### 2. Nadmierne osiadania budowli

Zazwyczaj przyczyną znacznych i nie zanikających w czasie osiadań budowli są nadmierne obciążenia przekraczające w gruncie naprężenia nazywane zwykle krytycznymi. Postępujące osiadania wiążą się ze zjawiskiem określanym jako pełzanie gruntu, opisywanym na przykład przy analizie wyników badań presjometycznych [4] i utożsamianym z przekraczaniem oporu

na ścinanie [5], a obserwowanym najczęściej w gruntach słabych, takich jak grunty organiczne [6]. Występujące w wielu miejscach w Polsce trzeciorzędowe ły są zwykle gruntami nośnymi, gdyż są prekonsolidowane, a ich stan jest twaroplastyczny do zwartego. Dlatego też zauważalne osiadania budowli w nich posadawianych nie wynikają ze stosowania nadmiernych obciążeń, lecz ze zmian wilgotności iłów zachodzących albo już podczas budowy, albo (częściej) w trakcie eksploatacji budowli. Znane z literatury opisy stanów awaryjnych są zaskakująco wręcz podobne. Na przykład:

- Trzydziestoletnia eksploatacja pewnego czterokondygnacyjnego budynku nie nastęczała trudności (poza okresowym zalewaniem piwnic), gdy nieoczekiwanie zaczął zarysowywać się i pękać [7];
- W budynkach osiedla mieszkaniowego z lat sześćdziesiątych XX w. w latach 1989, 1992 i 1995 pojawiły się pionowe zarysowania otwierające się ku górze, wskazujące na nierównomierne osiadania [8];
- Trzykondygnacyjny budynek szkolny wzniesiono w Bydgoszczy w latach 1963/64. Pierwsze zarysowania ścian budynku, które później pogłębiały się zaobserwowano w latach 1971/72, [9];
- Trzykondygnacyjny, podpiwniczony budynek hotelowy eksploatowany około 30 lat wykazywał liczne i rozległe pionowe spękania podłużnych ścian nośnych i stropów [10];
- Czterokondygnacyjny, podpiwniczony budynek mieszkalny wybudowany w latach dwudziestych XX w. wykazywał uszkodzenia w formie rys i spękań, jako jedyny wśród okolicznej zabudowy, a uszkodzenia postępowały z wiekiem [11].

Wymienione budynki posadowione były częściowo (przykłady 4 i 5), czy w całości (przykłady 1 i 3) w obrębie twaroplastycznych, morskich iłów trzeciorzędowych lub w iłach warwowych, w stanie plastycznym (przykład 2). Niekiedy sam budynek albo infrastruktura (kolektory deszczowe, utwardzone nawierzchnie) ograniczał swobodną migrację wód opadowych w podłoże, natomiast we wszystkich przypadkach w sąsiedztwie budowli rosły drzewa. Zwłaszcza w okresach suszy ich systemy korzeniowe pobierały wodę z nie przesuszonego jeszcze, ilastego podłoża. Mała wilgotność iłów, które przechodziły w stan półzwarty, kurczyły się (aż do osiągnięcia granicy skurczalności) i powodowały osiadanie budynku. Niekiedy [8, 9] pogłębianie się uszkodzeń (rys. 1) wyraźnie dotyczyło suchych lat.



Rys. 1. Rozwój uszkodzeń budynków spowodowanych osiadaniem wywołanym skurczem łu [9]

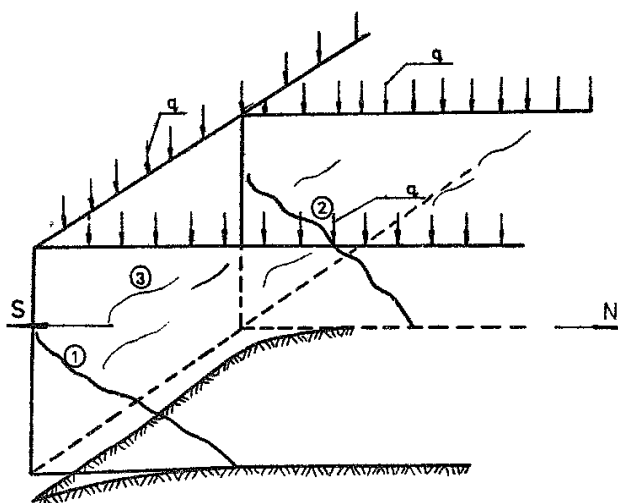
Obserwowano nawet usychanie drzew, gdy ssanie przesuszonego gruntu przewyższało siłę ssania korzeni drzew. Dysponując danymi archiwalnymi zauważano obniżanie się lub zanik wody gruntowej w piaskach towarzyszącym iłom [11]. Usunięcie drzew nie tylko przerywało proces osiadań, ale dzięki zapewnieniu kontaktu wód gruntowych z iłami te ostatnie chłonąc wodę zaczynały pęcznieć, dzięki czemu stwierdzano zwężanie lub zamykanie się spękań. Zamaskowane wcześniej reagowały charakterystycznym wybrzuszeniem się tynków i powłok malarskich. Trudno oczywiście liczyć na całkowity zanik uszkodzeń, raczej tylko w granicach 20÷75% [12], mogą nawet pojawić się nowe rysy w kierunkach przeciwnych, niemniej procesy destrukcji zostają skutecznie zatrzymane [9]. Powrót konstrukcji do stanu sprzed awarii jest powolny, stąd nie należy spieszyć się z remontem takich budynków [10, 12].

Na pierwszy rzut oka zbiór omówionych przypadków zdaje się sugerować, że wskazanie ekspansywnych (w szczególności – kurczących się) iłów jako przyczyny osiadań jest łatwe. Przeciwnie. Nawet w klasycznym zdawałoby się, zilustrowanym na rys. 1 przypadku, który opisali Zawalski A. i Woziwodzki Z. [9] przez szereg lat winą za ten stan rzeczy obarczono konstrukcję budynku zalecając (i realizując bądź nie) wzmocnienia, pogłębianie fundamentu, czy palowanie. Często warunki gruntowe są bardziej złożone niż w omówionych przypadkach i diagnoza jest rzeczywiście trudna. Pewien budynek jednorodzinny o sztywnej konstrukcji posadowiony został częściowo w iłach, a częściowo w piaskach, w których około 30 cm poniżej fundamentów było swobodne zwierciadło wody gruntowej. Spękania ścian w rejonie tego naroża budynku, które posadowiono na piaskach skłaniało do poszukiwania tam przyczyn osiadań (wahania ZWG, dogęszczanie piasków wskutek drgań pochodzenia komunikacyjnego itp.). Badania wykazały jednak, że pod przeciwległym narożem stropowe partie iłów uległy przesuszeniu (stan półzwarty wobec twaroplastycznego pod piaskami), co skutkowało skurczem tego ekspansywnego gruntu. Osiadanie nastąpiło więc w stronę tego naroża. Solidna konstrukcja budynku spowodowała, że przechylił się on en bloc i dopiero utrata kontaktu fundamentu z podłożem pod przeciwległym narożem spowodowała, że oderwało się ono od konstrukcji. Przyczyną przesuszenia iłów było pobieranie z nich wody przez rosnącą nieopodal wierzbę [12].

Nierównomierne odkształcenia pęczniących lub kurczących się okresowo aktywnych iłów powodują więc deformacje i uszkodzenia konstrukcji posadowionych na nich budowli. Skutkiem zawilgocenia wodami opadowymi jest początkowo nacisk pęczniącego podłoża na ściany zewnętrzne malejący ku środkowi zarysu budynku, wobec bardzo słabej przepuszczalności podłoża. Często jednak skutkiem nieprawidłowo prowadzonych prac ziemnych i wadliwych rozwiązań zabezpieczających (o czym szerzej w rozdziale 4) woda migruje jednak pod posadzki budynku. Ponieważ sama budowla pełni też rolę swoistej ochrony podłoża przed wysuszeniem, w dłuższych okresach w podłożu środka budowli tworzy się strefa gruntu o zwiększonej wilgotności. Pod ścianami wewnętrznymi może zachodzić unoszenie budowli w górę. Częściej wypiętrzają się posadzki. Skórcz dotyczy zwykle ścian zewnętrznych, zwłaszcza od strony południowej. Ponadto, jak już wspomiano, istotny wpływ na zmiany wilgotnościowe zbudowanego z iłów podłoża mają drzewa o rozwiniętym systemie korzeniowym. Może dojść do sytuacji zerowego oporu podłoża i podwieszenia ściany, ze wszystkimi, bardzo charakterystycznymi konsekwencjami tego stanu rzeczy (rys. 2).

Dodać jeszcze należy, że choć zjawisko skurczu jest typowe dla aktywnych iłów może dotyczyć także tracących wilgoć glin [14, 15], czy torfów [16]. I odwrotnie. Aktywne, pęczniące pod wpływem umiarkowanej „dostawy” wody iły w szczególnie niekorzystnych warunkach mogą zachowywać się jak przeciętne grunty spoiste. W Bydgoszczy realizowano pięciokondygnacyjny dom studencki w technologii wielkopłytywowej, który składał się z części niepodpiwniczonej i podpiwniczonej [17]. Dylatacja między nimi nie przechodziła przez fundamenty. Budynek posadowiono bezpośrednio w twaroplastycznych do półzwartych iłach

plioceńskich. W lipcu 1975 r. wykonano wykop, w sierpniu i wrześniu ławy fundamentowe i rozpoczęto montaż ścian piwnicznych. Strop nad piwnicami wykonano w grudniu i wtedy też zasypano wykop, ale tylko części podpiwniczonej. Montaż konstrukcji budynku zakończono w kwietniu 1976 r. i niemal jednocześnie stwierdzono osiadanie części nie podpiwniczonej (objawy: rozwieranie się szczeliny dylatacyjnej, zarysowanie ścian) oraz „niepokojąco plastyczne” ily w piwnicach. Wezwany ekspert zalecił likwidację wykopów, zamknięcie drenażu, utwardzenie nawierzchni wokół budynku i wzmocnienie konstrukcji piwnic, co realizowano do stycznia 1977 r. Wykonane w czerwcu 1977 r. pomiary wykazały osiadania do 55 cm. Przyczyną awarii była zmiana właściwości fizykomechanicznych iłłów pod wpływem czynników atmosferycznych (opady, zmiany temperatur i wilgotności, przemarzanie gruntu). Podłoże nie było chronione przed opadami w okresie jesiennym, przed założeniem stropów. Nie zasypany wykop oraz brak okien w piwnicach w okresie zimowym umożliwił przemarznięcie gruntu. Intensywne osiadania zaszły po rozmarznięciu iłłów.



Rys. 2. Układ spękań podwieszanej ściany i przyczyna: skurcz przesuszonych iłłów [13]

### 3. Iły, a procesy osuwiskowe

Najwyższa spośród wszystkich gruntów spoistych spójność iłłów pozwala formować w nich nawet pionowe ściany, które przez długi czas pozostają stateczne. Dlaczego więc właśnie ze zboczami zbudowanymi z iłłów wiążą się często procesy osuwiskowe? Najczęściej jest to skutek nie przemyślanej działalności inżynierskiej polegającej na realizowaniu na zboczach robót ziemnych i budowlanych w taki sposób, aby procesy osuwiskowe uruchomić. Zbocza „wyrównuje się” i docięża nasypami o przepuszczalności wielokrotnie wyższej niż iłłów. Taka nadbudowa powoduje pojawienie się w spągu nasypów wód gruntowych lub podniesienie się ich piezometrycznego poziomu. Stropowe partie iłłów ulegają uplastycznieniu. Efektem jest rozpoczęcie procesu osuwiskowego, który często można łatwo powstrzymać zdejmując nowy nasyp albo przemieszczając go do podnóża skarpy i budując przyporę [18, 19, 20].

Symptomatyczne są przypadki naruszania stateczności sztucznie profilowanych skarp po pewnym okresie ich bezawaryjnej eksploatacji. Dwa przykłady dotyczące wykopów pod tory kolejowe wskazują na rolę mało istotnych, jak by się wydawało, czynników środowiskowych.

Po lokalnej utracie stateczności skarpy głębokiego wykopu kolejowego i obsunięciu się gruntu na torowisko wykonano badania geotechniczne i przeprowadzono obliczenia stateczności skarpy przy założeniu cylindrycznej linii poślizgu. Wykazały one jej stateczność, ale poślizg nastąpił płytko, na niemal płaskiej powierzchni, gdzie grunty spoiste (gliny różnego

typu) ześlizgnęły się po nachylonym podobnie jak stok skarpy wykopu stropie iłów. Obserwacje poczynione w terenie wykazały, że tylko na osuniętym odcinku skarpa nie była niemal w ogóle porośnięta, a w jej koronie wcześniej realizowany wykopy pod słupki ogrodzenia i kabel. Umożliwiły one penetracje wody w gliny w koronie skarpy i przesączanie się jej po stropie iłów. Świadczy o tym plastyczny miejscami stan glin w twaroplastycznym tle. Malejące tarcie spowodowało uruchomienie osuwiska [21].

Różne (drenaże, rowy odwadniające, ścianka szczelna, profilowanie), ale nieskuteczne zabiegi mające zapobiec zawilgacaniu i ruchom masowym zbocza przeciętego torowiskiem kolejowym skłoniły do kompleksowej analizy przyczyn tego zjawiska. Zauważono, że wzmożona degradacja zbocza zachodzi jedynie w sąsiedztwie zabudowy, a procesy destrukcyjne uaktywniają się w latach mokrych. Idąc tym tropem wykryto uszkodzenia drenażu rolniczego i niedrożność rowów i drenów przy linii kolejowej, nieszczelność dołów gnilnych, dodatkowe nawadnianie korony zbocza odprowadzaniem wody z rynien wprost na powierzchnię terenu, podlewaniem roślin, piętreniem się wody spływającej po stropie iłów przez posadowione tam budynki i zasilaniem zbocza przez wodę gromadzącą się w dawnej gliniance, które to czynniki powodowały nawadnianie piasków zalegających na stropie iłów znaczeniem dla stateczności zbocza miała budowa geologiczna: nachylonym zgodnie ze spadkiem. Trudno dziwić się utracie stateczności, przeciwko której „sprzysiągł się” cały ekosystem: czynniki topograficzne (zbocze determinujące spływ wód i uruchamiające składową siłę ciężkości), geologiczne, klimatyczne (opady intensyfikujące stany awaryjne w latach mokrych), i niefrasobliwa działalność człowieka [22].

Zlustrzenia glacitektoniczne typowe dla oligoceńskich iłów Skarpy Skolwińskiej w Szczecinie ułatwiają migrację wód opadowych w tym pozornie nieprzepuszczalnym kompleksie, które „smarują” potencjalne powierzchnie poślizgu (wykrywalne na przykład nie uzasadnionym wobec niezróżnicowanego stanu lokalnym spadkiem liczby uderów podczas sondowania) umożliwiające uruchomienie ruchów masowych pod wpływem obciążenia [23], albo tylko zmiany ukształtowania terenu, na przykład podczas realizacji wykopu [24]. Jednocześnie uplastyczniane na kontaktach z wodą ility pęcznieją prowadząc do wypiętrzania fundamentów, czy posadzek budowli [23].

Częstym błędem geotechnicznej oceny podłoża zbudowanych z iłów w aspekcie stateczności zboczy, jest sprowadzenie tej oceny do stanu (stopnia plastyczności) iłów. Nie bierze się pod uwagę, że przy utracie stateczności decydujące są miejsca najsłabsze [25], takie jak te opisane wyżej.

W 2011 r. przebudowywano jedną ze szczecińskich ulic znacznie ją poszerzając (do dwóch dwupasmowych jezdni rozdzielonych szerokim pasem zieleni), co wymagało m.in. stromego ukształtowania skarpy. Obawiając się trudności wykonawcy robót ziemnych zlecił przeprowadzenie badań kontrolnych, albowiem na potrzeby projektu budowlanego wykonano jedynie proste badania geotechniczne rozmieszczając punkty badawcze tylko w jednej linii. Aspekt przyszłych prac ziemnych (formowania skarpy) został w opracowanej na ich podstawie w 2008 r. Opinii geotechnicznej całkowicie pominięty. Nie stwierdzono wówczas obecności w podłożu wody gruntowej, co nie miałyby miejsca, gdyby uwzględniono bogate dane archiwalne. We wnioskach z Ekspertyzy, która powstała w czerwcu 2011 r. [26] zalecono między innymi zapewnić (przez odpowiedni system drenaży) kontrolowany odpływ wód gruntowych z projektowanej skarpy. Zalecono też uzupełnienie rozpoznania podłoża. Ostrzeżono, że zlekceważenie tych kwestii utrudni prace ziemne i stworzy zagrożenie występowania na skarpie osuwisk typu sufozyjnego, które spotyka się w sąsiedztwie. Projektując skarpe założono wykonanie systemu drenaży, co zalecano w Ekspertyzie, nie uznano jednak za celowe wykonanie stosownych badań uzupełniających dotychczasowe rozpoznanie, co pozwoliłoby opracować poprawne technicznie rozwiązania związane z formowaniem i zabezpieczeniem

projektowanej skarpy. W rezultacie w grudniu 2011 r. niektóre odcinki realizowanej skarpy osunęły się, co skłoniło do zbadania przyczyn tego zjawiska (rys. 3). Niemal we wszystkich wykonanych otworach stwierdzono zaleganie na iłach gruntów nasypowych, głównie piaszczystych. Za podstawową przyczynę rozwoju osuwisk na formowanej skarpie uznano spływ płytkich wód gruntowych z korony lub zboczy skarpy, po stropie bardzo słabo przepuszczalnych iłów. Migrująca woda uplastyczyła grunty spoiste. Obecna w strefie kontaktu pomiędzy ilastym podłożem, a gruntami nasypowymi formowała powierzchnie poślizgu, na których wytrzymałość gruntów była najniższa. Po tych powierzchniach, przy udziale wody gruntowej nastąpiło osuwanie się gruntu [27].



Rys. 3. Nisza (gdzie realizowane są badania kontrolne) i jęzór osuwiska skarpy nad budowaną ulicą. Widoczne zawilgocenie dolnych partii jęzora osuwiskowego to efekt sączącej się w skarpie wody

Walka z osuwiskami na tej skarpie trwała ze zmiennym szczęściem przez kilka miesięcy (początkowo zawodziło jej gwoździowanie), aż wreszcie udało się ustabilizować sytuację. Jej przyczyną było niewątpliwie zlekceważenie potrzeby przeprowadzenia wymaganych w złożonych warunkach gruntowych szczegółowych badań geologiczno-inżynierskich.

#### 4. Problemy z pomieszczeniami podziemnymi

Ilaste, rodzime podłoże przyszłej budowli ma jedną ogromną zaletę. Z uwagi na znikomą przepuszczalność tych gruntów zwykle nie ma w nim wolnej wody gruntowej. Niestety sposób zaprojektowania i/lub przeprowadzenia robót ziemnych często powoduje, że ta korzystna sytuacja zmienia się na gorsze.

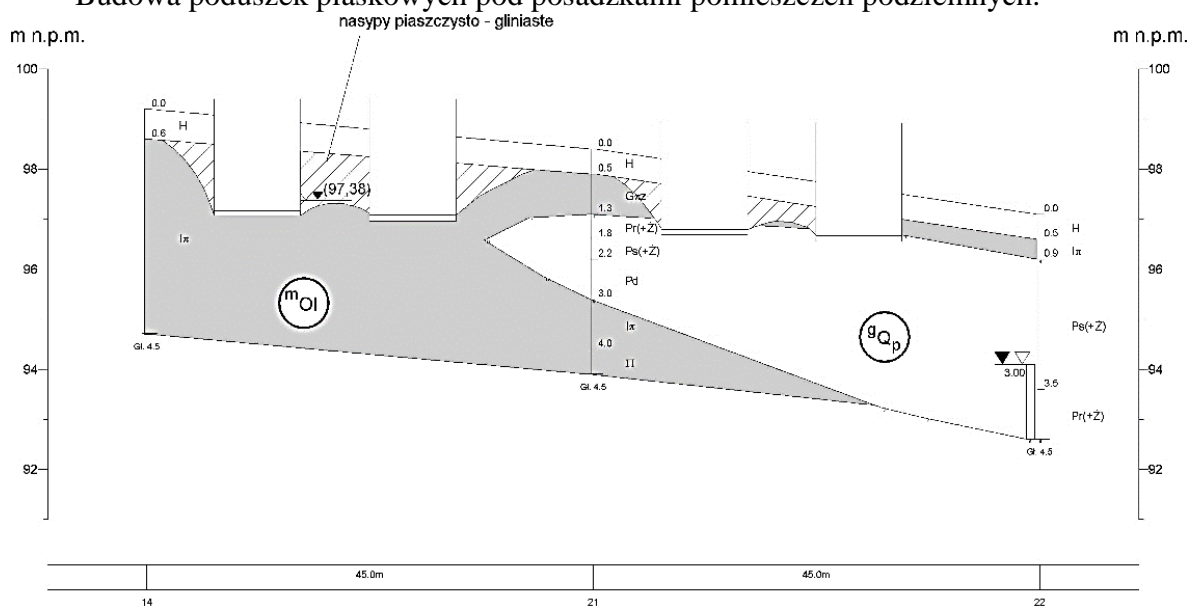
Teren szczecińskiej dzielnicy Warszewo to zaburzona glacitektonicznie wysoczyzna polodowcowa. W połowie lat siedemdziesiątych XX w. do piwnic niektórych budynków wybudowanego tam kilka lat wcześniej w osiedla domów jednorodzinnych zaczęła przesiąkać woda. Na potrzeby projektu odwodnienia przeprowadzono badania geotechniczne [28]. Podłoże



zbudowane było z różnorodnych (piaski, gliny) plejstocenijskich utworów lodowcowych oraz z oligocenijskich iłów septariowych. Profile wierceń wykonanych do projektu budowlanego nie wyjaśniały sytuacji, wykonano więc odkrywkę fundamentów. Okazało się, że szerokoprzestrzenne wykopy fundamentowe zasypano przypadkowym gruntem. Tam, gdzie wykopy sięgnęły piasków lodowcowych nie miało to negatywnych skutków, bowiem strefa aeracji piasków stanowiła odbiornik przesączających się przez dość dobrze przepuszczalne nasypy piaszczysto – gliniaste wód opadowych. W przypadku budynków posadowionych w iłach niedbale zasypane wykopy utworzyły swoiste „wanny” (rys. 4). Jedyne ujście dla zbierającej się w nich wody były niestety piwnice domów.

Takie sytuacje są niestety powszechne także dziś dla budownictwa mieszkaniowego realizowanego na podłożach zbudowanych z gruntów spoistych, w tym z iłów. Konkurencja na rynku deweloperskim i współczesne standardy każą projektować apartamentowce z garażowcami podziemnymi. Niestety wiele realizacji kopiuje następujący schemat:

- Uznanie we wnioskach wynikających z badań podłoża (realizowanych w skrajnie ograniczonym zakresie), że warunki wodne są korzystne;
- Wynikająca z powyższego ochrona ścian i posadzek pomieszczeń podziemnych budowli jedynie w postaci izolacji przeciwwilgociowej;
- Szerokoprzestrzenne wykopy fundamentowe niszczące istniejące sieci drenaży;
- Drenaże opaskowe wokół budynku realizowane powyżej poziomu posadowienia i posadzek pomieszczeń podziemnych;
- Niedbała likwidacja wykopu przypadkowym gruntem;
- Budowa poduszek piaskowych pod posadzkami pomieszczeń podziemnych.



Rys. 4. Przekrój ilustrujący mechanizm zawilgacania piwnic budynków posadowionych w iłach

W efekcie drenaż odbiera tylko część migrujących przez nasypy wód pochodzenia atmosferycznego, reszta przedostaje się do poduszki piaskowej pod posadzką. W przypadku długotrwałych opadów lub gwałtownych roztopów woda nie mieści się w poduszce i zalewa posadzki piwnic i garaży (rys. 5). Remedium w takiej sytuacji może być technicznie trudny (i kosztowny) do wykonania w eksploatowanym już budynku drenaż wewnętrzny.



Rys. 5. Posadzka posadowionego w iłach garażowca zalana po roztopach w styczniu 2011 r.

## 5. Podsumowanie

Zmiany poziomu wód gruntowych w mniejszym lub większym stopniu oddziałują na podłoża budowli. Wpływ ten może być szczególnie istotny, jeśli w podłożu zalegają ily. Wynika to z szczególnych cech tych gruntów, mianowicie ekspansywności, czyli reagowania pęcznieniem lub skurczem na (odpowiednio) zwiększenie lub zmniejszenie wilgotności oraz ich nikłej przepuszczalności. Ponadto ily poddane znacznym obciążeniom w przeszłości geologicznej (np. procesom glacictektonicznym) posiadają trudne do wykrycia powierzchnie nieciągłości (złustrzenia). W naturalnych warunkach stan iłów jest zwykle twaroplastyczny (przypowierzchniowo) lub półzwarty. Jeśli warunki hydrogeologiczne pozostaną niezmienione ily poddane obciążeniom reagować będą stosownie do ich cech mechanicznych. Dodatkowe dostawy wody w rejon budowli spowodują zwiększenie ich wilgotności i zależnie od stosunku wywieranych obciążeń do ciśnienia pęcznienia iłów mogą powodować albo zwiększone osiadanie albo wypiętrzanie fundamentów i posadzek piwnic. Przesuszenie ilastego podłoża spowoduje jego skurcz i w efekcie osiadanie budowli. Kształtowanie skarp w iłach często prowadzi do uruchomienia procesów osuwiskowych, jeśli grunty w koronie skarpy są przepuszczalne i woda z nich uplastycznia strop iłów lub grunt na złustrzeniach redukując drastycznie opór na ścinanie. Wreszcie korzystne warunki wodne w otoczeniu pomieszczeń podziemnych budynków sadowionych w iłach szybko staną się niekorzystne, gdy otoczy je przepuszczalny nasyp. Realizując roboty ziemne w iłach, kształtując teren, czy planując nasadzenia inżynier musi pamiętać, że jeśli działania te spowodują zmiany stosunków wodnych podłoża, odbije się to negatywnie na eksploatacji budowli.

## Literatura

1. Mojski J.E.: *Ziemie polskie w czwartorzędzie*, PIG, Warszawa, 2005.
2. Polska Norma PN-EN ISO 14688 *Badania geotechniczne; Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów*, PKN Warszawa, 2006.
3. Polska Norma PN-86/B-02480 *Grunty budowlane; Określenia, symbole, podział i opis gruntów*, PKNMiJ, 1986.
4. Tarnawski M.: *Zastosowanie presjometru w badaniach gruntu*. PWN, Warszawa, 2007.



5. Palmer A.C.: Undrained plane-strain expansion of a cylindrical cavity in clay: a simple interpretation of pressuremeter test. *Géotechnique* 22(3), 1972.
6. Helenelund K.V.: Geotechnical peat investigations. Proc. 1st Baltic Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Gdańsk, 1975.
7. Jeż J., Borowczak P.: Osiadanie 30-letniego budynku mieszkalnego w świetle zmian warunków przyrodniczych w jego otoczeniu. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1996.
8. Jeż J., Wojtasik A.: Utrata ekologicznej stabilności podłoża gruntowego przyczyną niespodziewanej awarii osiedla mieszkaniowego. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1997
9. Zawalski A., Woziwodzki Z.: Chroniczny stan awaryjny budynku posadowionego na podłożu ekspansywnym. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1997.
10. Woziwodzki Z., Zawalski A.: Diagnostyka i mechanizm awarii budynku hotelowego posadowionego na podłożu ekspansywnym. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1999.
11. Godlewski T.: Porwak iłu jako przyczyna zniszczenia konstrukcji budynku. XXII Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 2005.
12. Woziwodzki Z., Zawalski A.: Awaria budynku jednorodzinnego posadowionego na podłożu ekspansywnym. XX Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 2001.
13. Klin S.: Analiza statyczno-wytrzymałościowa problemu pęknięcia budynków posadowionych na aktywnych gruntach spoistych. IV Sympozjum na temat *Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych*, Szczecin, 1978.
14. Borowczak P., Jeż J.: Awaria sali gimnastycznej usytuowanej w pobliżu drzewa. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1995.
15. Mroczkowski M.: Wpływ zmian własności geotechnicznych podłoża gruntowego na uszkodzenia elementów konstrukcji ramy żelbetowej. XII Sympozjum na temat: *Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych*, Szczecin – Świnoujście, 1991.
16. Jeż J., Jeż T.: Niespodziewane osiadania kamienicy. XX Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 2001.
17. Matysiak A., Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Awaria domu studenckiego posadowionego na gruncie ekspansywnym. III Sympozjum na temat *Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych*, Szczecin, 1977.
18. Biedrowski Z., Troć M.: Awaria budynków posadowionych na zboczu usuwiskowym doliny Warty w Poznaniu. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1997.
19. Borowczak P., Florkiewicz A., Mania M.: Awaria kolektora sanitarnego wywołana osuwiskiem strukturalnym. XXII Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 2005
20. Łukasik W.: Proces geodynamiczny jako przyczyna awarii urządzeń komunalnych. II Sympozjum Naukowe na temat *Problemy bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych na tle zaistniałych katastrof i awarii*, Szczecin, 1976.
21. Kawalec J.: Lokalna awaria skarpy wykopu kolejowego. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1999.
22. Jeż J., Kostrzewski W.: Osuwisko zboczowe z linią kolejową w warunkach utraty jego ekologicznej równowagi. Konferencja naukowo – techniczna *Awarie Budowlane*, Szczecin – Międzyzdroje, 1997.

23. Junik J., Tarnawski M.: Dokumentacja geotechniczna podłoża wschodniej ściany kościoła... w Szczecinie. Geoprojekt Szczecin, 2000.
24. Junik J., Tarnawski M.: Opinia geotechniczna dotycząca warunków gruntowo – wodnych podłoża i stateczności skarpy... w Szczecinie. Geoprojekt Szczecin, 1998.
25. Wysokiński L.: Błędy systematyczne w budowie nasypów drogowych na przykładzie analizy obwodnicy Gorzowa Wielkopolskiego. XXIV Konferencja naukowo – techniczna Awarie Budowlane, Szczecin – Międzyzdroje, 2009.
26. Grochowska V., Wojtasiuk P., Ura M. i inni: Ekspertyza geotechniczna dotycząca budowanej skarpy... w Szczecinie. Geoprojekt Szczecin, 2011.
27. Grochowska V., Tarnawski M.: Ekspertyza geotechniczna dotycząca budowanej skarpy w rejonie drogi dojazdowej... w Szczecinie. Geoprojekt Szczecin, 2011.
28. Głuszkiewicz H., Tarnawski M.: Dokumentacja technicznych badań podłoża gruntowego do projektu technicznego odwodnienia terenu osiedla domów jednorodzinnych... w Szczecinie Warszawie. Geoprojekt Szczecin, 1976.