

# Wybrane przykłady awarii budowlanych związanych z zagadnieniami geotechnicznymi

MARIUSZ KOWALOW\*, MARTA CHRYSĆINA, MAŁGORZATA WRÓBEL-HEN  
Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k.

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono wybrane przykłady awarii budowlanych wynikłych wskutek niewłaściwego rozpoznania lub braku rozpoznania warunków gruntowo-wodnych, błędnie przyjętych rozwiązań projektowych, błędów wykonawczych i braku prawidłowego prowadzenia robót budowlanych. Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych oraz analiz materiałów archiwalnych i pomiarów zostały określone potencjalne przyczyny wystąpienia awarii oraz określono rozwiązania naprawcze.

**Słowa kluczowe:** warunki gruntowe, badania geotechniczne, doradztwo geotechniczne, posadawianie obiektów budowlanych

## 1. Geotechniczne warunki posadawiania obiektów budowlanych

Obowiązujące przepisy w projektowaniu obiektów budowlanych określają szczegółowe zasady ustalania geotechnicznych warunków posadawiania. Podstawę w tym ustalaniu stanowią badania geotechniczne.

Zakres badań geotechnicznych gruntu ustala się:

- w zależności od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego,
- stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz sporządza, adekwatną do stwierdzonej kategorii geotechnicznej w określonych warunkach gruntowych, dokumentację geotechniczną.

Przepisy Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 roku poz. 463), jednoznacznie ustalają trzy kategorie geotechniczne obiektów, z uwagi na stopień skomplikowania dzielą warunki gruntowe na proste, złożone i skomplikowane oraz przewidują trzy formy opracowań geotechnicznych.

Sposób i zakres wykonywania opinii geotechnicznych, dokumentacji z badań podłoża gruntowego i projektów geotechnicznych warunków posadawienia określa ww. Rozporządzenie.

W ramach przygotowania inwestycji należy wykonać:

- rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych – odpowiednie do prognozowanych warunków gruntowo-wodnych i planowanego obiektu,
- rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych (sąsiedztwo rzek, strefy zagrożeń powodzią, sączenia, napięcie zwierciadło wód podziemnych itd.),
- rozpoznanie archeologiczne,

---

\*Autor do korespondencji: m.kowalow@gco-consult.com

- rozpoznanie dot. zagrożeń wojennych (niewybuchy),
- rozpoznanie terenu pod względem stanu czystości środowiska gruntowo-wodnego.

## 2. Problemy geotechniczne, czyli gdzie zaczyna się problem?

Głównymi przyczynami wystąpienia awarii budowlanej mogą być:

- niepełne, nieprawidłowe rozpoznanie warunków gruntowo – wodnych na terenie planowanej inwestycji i wynikające z niego błędne wnioski i zalecenia dla projektantów,
- nieprawidłowy lub niedostosowany do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych wybór rozwiązań konstrukcyjnych projektowanej inwestycji i wynikające z tego problemy i błędy wykonawcze.

Efekty błędów projektowych widoczne są w postaci m. in.

- nadmiernych, nierównomiernych osiadań,
- utraty stateczności skarp,
- wystąpienia wód podziemnych w budynkach podpiwniczonych,
- przebiccia hydraulicznego gruntu,
- trudności w prowadzeniu robót budowlanych,
- nadmiernych przemieszczeń obudów wykopów budowlanych.

W poniższych rozdziałach przedstawiono wybrane przykłady awarii budowlanych znanych z praktyki GCO, będących efektem niewłaściwego rozpoznania lub braku rozpoznania warunków gruntowo – wodnych, błędnie przyjętych rozwiązań projektowych, błędów wykonawczych i braku prawidłowego prowadzenia robót budowlanych.

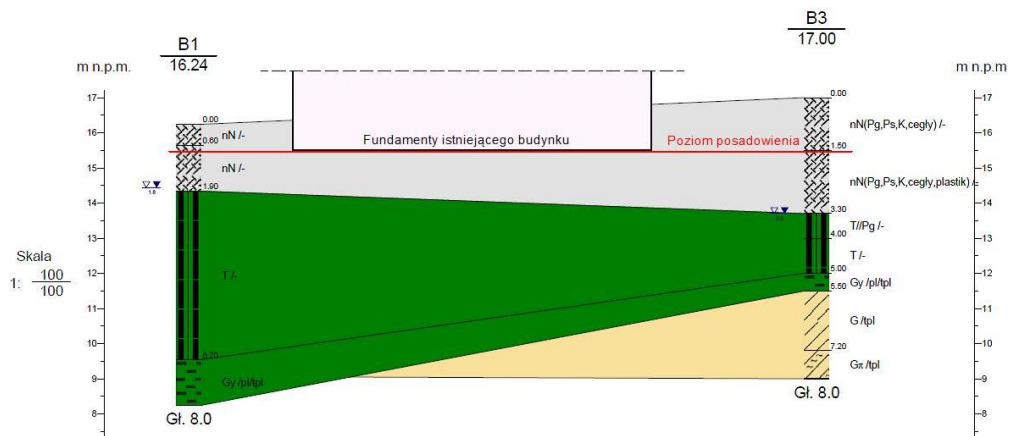
## 3. Dom w Chojnie – nadmierne osiadania w wyniku zalegania poniżej poziomu posadowienia gruntów słabonośnych o znacznych miąższościach

Budynek mieszkalny został zaprojektowany i wykonany jako obiekt dwukondygnacyjny, niepodpiwniczony w technologii tradycyjnej murowanej. Posadowiony jest w sposób bezpośredni na płycie fundamentowej na nasypie z gruntów mineralnych. Zgodnie z informacją przekazaną przez właściciela obiektu, przed budową obiektu wykonano wymianę gruntu do głębokości około 2 m p.p.t. na grunt mineralny.

Przedmiotowy budynek został oddany do użytku około 13 lat temu. Obecnie budynek osiada nierównomiernie w kierunku zachodnim. Różnica wysokości wg danych przekazanych przez właściciela po obu stronach budynku wynosi około 0,5 m.

Wyniki przeprowadzonego rozpoznania geotechnicznego wskazują na zaleganie w podłożu antropogenicznych nasypów niekontrolowanych stanowiących materiał wymiany oraz nasypu pod istniejącym obiektem o miąższości od 1,9 do 3,3 m. Poniżej gruntów nasypowych zalegają grunty organiczne w postaci torfów i gytii do głębokości od około 5,5 do powyżej 8 m p.p.t. Pod osadami organicznymi stwierdzono występowanie głównie glin i glin piaszczystych.

W wyniku przeprowadzonych badań w październiku 2021 r. stwierdzono występowanie swobodnego zwierciadła wód podziemnych w obrębie nasypów i utworów czwartorzędowych na głębokości od około 1,8 do 3,3 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 13,7 do 15 m n.p.m.



Rys. 1. Przekrój geotechniczny.

Wykonany nasyp gruntów o charakterze niekontrolowanym tzn. z gruntów spoistych i niespoistych z domieszkami odpadów budowlanych nie stanowi podłoża budowlanego w myśl przepisów Prawa budowlanego i nie może być traktowany jako podłoża nośne i słabo odkształcalne.

Ponadto zalegające poniżej warstwy gruntów organicznych i plastycznych do twardoplastycznych gytii do głębokości od 5,5 do powyżej 8 m p.p.t., zostały dodatkowo przyciśnięte wykonanym nasypem co uruchomiło dodatkowe osiadania gruntów słabonośnych.

Ukośny układ warstw gruntów organicznych pokrywa się ze stwierdzonym kierunkiem osiadania obiektu tzn. największe osiadanie odbywa się w kierunku zachodnim. Osiadanie gruntów organicznych jest procesem wieloletnim mogącym trwać nawet kilkadziesiąt lat.

Stwierdzone występowanie gruntów słabonośnych w poziomie posadowienia oraz poniżej jest prawdopodobnie jedną z głównych lub bezpośrednią przyczyną występowania pęknięć i zarysowań stwierdzonych przez Zamawiającego wewnątrz obiektu. Proces osiadania będzie postępował dalej w czasie w sposób nierównomierny ze względu na układ warstw w podłożu.

Zaproponowano wzmocnienie gruntów słabonośnych pod istniejącym fundamentem mające na celu poprawę parametrów geotechnicznych gruntów organicznych i/lub podniesienie fundamentów do rzędnej projektowej przy pomocy np. iniekcji strumieniowej wysokociśnieniowej, wykonaniu mikropali.

W przypadku zastosowania iniekcji strumieniowej wysokociśnieniowej możliwe jest wykonanie kolumn pod płytą fundamentową w obszarze krawędziowym. Kolumny powinny zostać zakotwiczone w gruntach nośnych min. 1 m poniżej gruntów organicznych.

Dodatkowo należy wykonać podbicie płyty pod pozostałą częścią budynku, co może się wiązać z technicznymi problemami ze względu na charakter budynku (brak dostępu od środka obiektu).

Ze względu na upad warstw w kierunku zachodnim budynek będzie narażony na przełamanie, w związku z czym, będzie wymagał dodatkowych wzmocnień konstrukcji ścian i dachu.

Ostatecznie zalecono rozważnie całkowitej rozbiórki obiektu i wykonanie posadowienia w sposób pośredni na studniach, kolumnach betonowych lub palach.

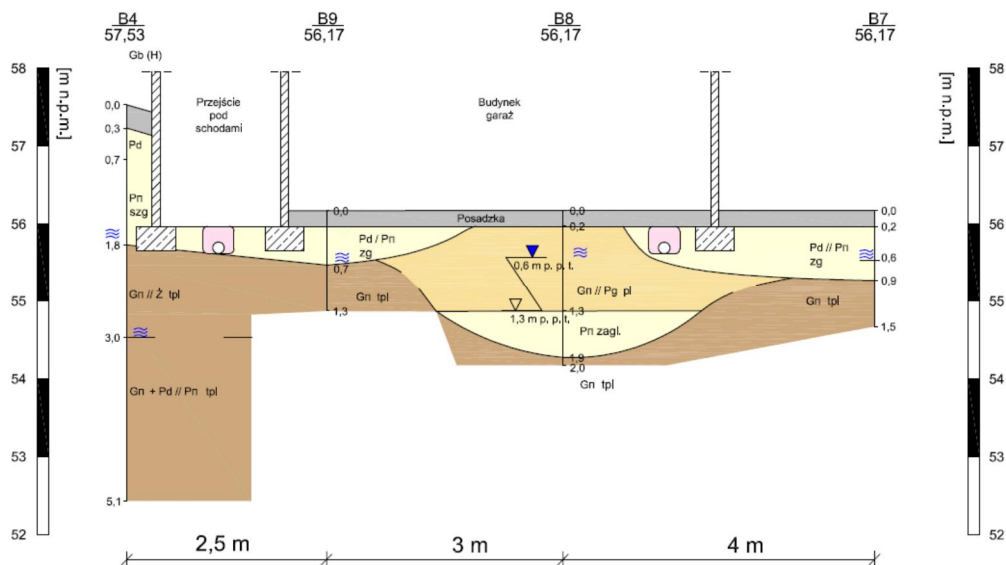
#### 4. Dom w Szczecinie/ Podjuchy – nadmierne osiadania w wyniku uplastycznienia gruntów zalegających poniżej poziomu posadowienia

Przedmiotowy budynek stanowi jeden z segmentów domu jednorodzinnego w zabudowie bliźniaczej. Jest to obiekt dwukondygnacyjny z podpiwniczeniem. Budynek został posadowiony w sposób bezpośredni na ławach fundamentowych ok. 1,5 m poniżej poziomu terenu (około 3 m poniżej „zera” budynku tj. na rzędnej 55,7 m n.p.m.). W najniższym punkcie obiekt posadowiony jest na rzędnej 55,11 m n.p.m. Wokół przedmiotowej części budynku (segment bliźniaka) oraz w garażu, właściciel domu wykonał samodzielnie, drenaż opaskowy w poziomie posadowienia fundamentów, ze spadkiem do studni rewizyjnej znajdującej się na wjeździe do garażu.

Budowa domu w zabudowie bliźniaczej rozpoczęła się w 1999 r. Obecny właściciel budynku nabył go w roku 2001 w stanie surowym. W trakcie użytkowania obiektu w 2012 r. pojawiło się pierwsze spękanie na ścianie na parterze budynku. Natomiast w 2015 r. właściciel stwierdził kolejne zarysowania obiektu w piwnicy oraz na południowej ścianie budynku (od strony ogrodu).



Rys. 2. Widoczne zarysowania a) na zewnątrz budynku b) wewnątrz budynku.



Rys. 3. Przekrój geotechniczny.

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych w styczniu 2018 r., stwierdzono, iż w poziomie posadowienia budynku zalegają głównie utwory niespoiste reprezentowane przez

piaski drobne oraz piaski pylaste. Lokalnie, stwierdzono bezpośrednio pod posadzką występowanie warstwy glin pylastych przewarstwionych piaskiem gliniastym w stanie plastycznym o miąższości około 1,1 m.

We wszystkich otworach wykonanych wewnątrz budynku stwierdzono występowanie intensywnych śąceń na głębokości ok. 0,6–0,7 m p.p.t. tj. na rzędnej około 55,7 m n.p.m.

Na podstawie analizy wyników badań wstępnie można stwierdzić, iż w piwnicy w części garażowej, na głębokości od ok. 1,3 do 1,9 m poniżej płyty posadzkowej istnieje soczewka zbudowana z piasków pylastych, w której stwierdzono napięte zwierciadło wody gruntowej. Powyżej soczewki, bezpośrednio pod płytą posadзки, zalegają grunty spoiste w stanie plastycznym.

Dodatkowo w odległości około 8 m na zachód od terenu badań, zgodnie z Mapą osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi (PIG – System Osłony Przeciwosuwiskowej) znajduje się teren zagrożony ruchami masowymi, ujęty pod numerem ewidencyjnym 10319. Oznacza to, iż teren badań znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie terenu zagrożonego ruchami masowymi (rys. 4).



Rys. 4. Wycinek mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, źródło: <http://geoportal.szczecin.pl>.

Uwzględniając wyniki przeprowadzonych prac terenowych należy stwierdzić, iż prawdopodobnie przyczynami wystąpienia zarysowań wewnątrz domu oraz na południowej, zewnętrznej ścianie budynku są:

- lokalne pogorszenie warunków gruntowych w poziomie posadowienia spowodowane niekontrolowanym dopływem wód śąceńowych w rejon fundamentów i brakiem ich odprowadzenia,
- kolmatacja istniejącego drenażu wewnątrz garażu,
- zaobserwowany ruch skarpy wywołany uplastycznieniem warstwy gruntów spoistych tworzących linię poślizgu.

W celu ustabilizowania stosunków wodnych w rejonie posadowienia budynku oraz w rejonie skarpy zalecono wykonanie odprowadzenia wody zalegającej w soczewce piasku spod domu z rejonu posadowienia i/lub sanację istniejącego drenażu wew. garażu oraz wykonanie np. ściany z gabionów z drenażem w podstawie ściany, który zbierałby i odprowadzał wodę przesiąkającą ze skarpy np. do kanalizacji deszczowej.

Konieczne będzie również wykonanie wymiany gruntu i/lub wzmocnienia na odcinku ławy od ściany zewnętrznej domu do drzwi prowadzących do pozostałych pomieszczeń piwnicznych. Prace te powinny być prowadzone w sposób ręczny w sekcjach naprzemiennie, tak aby zachować stateczność budynku (nie naruszając jego konstrukcji).

## 5. Osunięcia skarp

Często spotykanym zjawiskiem w praktyce inżynierskiej jest osuwanie się skarp w wyniku niewłaściwie prowadzonych robót ziemnych lub braku odpowiedniego zabezpieczenia skarp zboczny.

Rozpatrywana skarpa, gdzie doszło do osunięcia mas ziemnych stanowi część zbocza Doliny Odry (rysunek 5). Skarpa została ukształtowana w formie tarasów, w wyniku przeprowadzonej makro- i mikroniwelacji terenów w celu ich przygotowania pod zabudowę mieszkaniową, głównie jednorodziną.



Rys. 5. Osunięte masy ziemne a) widok u podnóża skarpy; b) widok z korony skarpy.

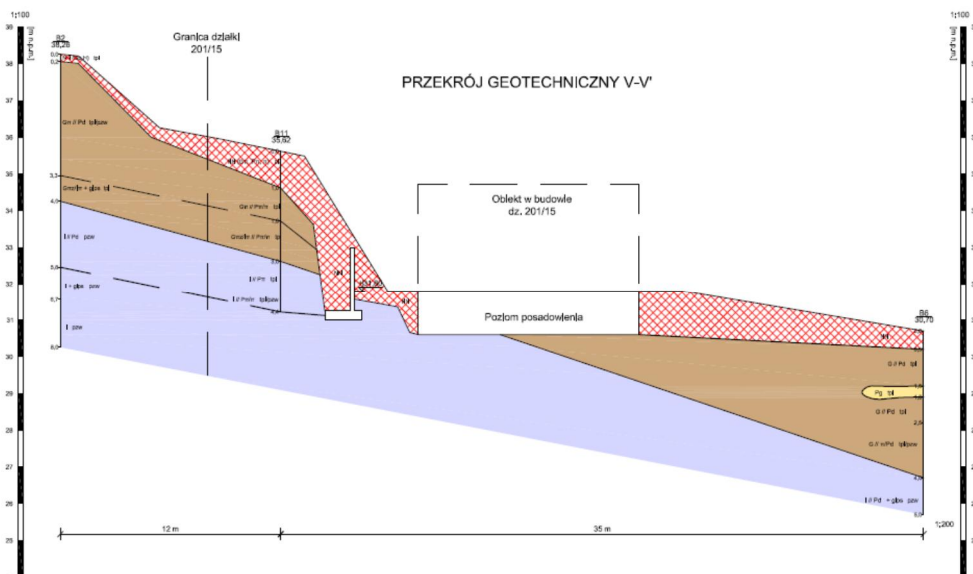
Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych oraz neogenu.

Poniżej poziomu terenu zalega głównie warstwa nasypów niekontrolowanych w stanie plastycznym o zmiennej miąższości wahającej się od około 0,2 do 1 m zbudowanych z glin piaszczystych, glin pylastych z przewarstwieniami piasków drobnych, piasków pylastych oraz pyłów oraz domieszkami humusu.

Bezpośrednio pod warstwą nasypową występują utwory spoiste reprezentowane przez gliny pylaste oraz gliny pylaste zwięzłe przewarstwione piaskiem drobnym, piaskiem pylastym lub pyłem i lokalnie kryształkami gipsu. Są to grunty głównie w stanie twardoplastycznym do półzwartego.

Poniżej zalegają utwory neogenu reprezentowane przez iły oraz iły przewarstwione piaskiem drobnym lub piaskiem pylastym, pyłem z dodatkiem kryształków gipsu. Iły znajdują się w stanie twardoplastycznym do półzwartego. Przekrój geotechniczny przedstawiono na rysunku 6.

W dwóch otworach wykonanych w rejonie osuniętych mas ziemnych stwierdzono sączenia wód na różnych głębokościach od około 1,4 do 2,4 m p.p.t. tj. na rzędnych od około 32,2 do 34,2 m n.p.m. W trakcie prac terenowych nie nawiercono zwierciadła wód gruntowych.



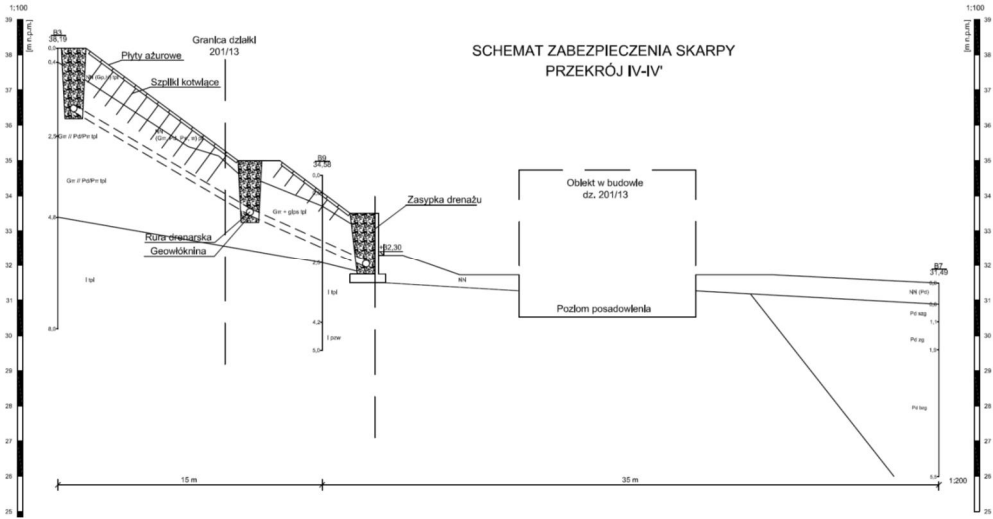
Rys. 6. Przekrój geotechniczny.

Z uwagi na występujące w rejonie skarpy warunki gruntowo – wodne można stwierdzić, iż najbardziej prawdopodobną przyczyną osunięcia się skarpy był brak jej odwodnienia (ujęcia i odprowadzenia wód śączeniowych), co spowodowało zmianę (pogorszenie) warunków gruntowych wewnątrz skarpy, głównie poniżej warstwy nasypowej.

Brak ujęcia wód śączeniowych, dopływających do skarpy od północnego – zachodu z wyżej położonych terenów oraz opadowych infiltrujących w głąb skarpy, spowodował uplastycznienie się warstwy gruntów spoistych zalegającej poniżej utworów nasypowych, ułożonych ze spadkiem w kierunku podnóża skarpy. Niekontrolowany dopływ wód śączeniowych do skarpy stworzył korzystne warunki do przesuwania mas ziemnych zgodnie z kierunkiem nachylenia skarpy, powodując w końcowym efekcie awarię skarpy.

Zaproponowano wykonanie głębokiego drenażu całej skarpy w trzech poziomach mającego na celu ujęcie i odprowadzenie poza tren skarpy wód śączeniowych jak i opadowych infiltrujących wewnątrz skarpy. Dodatkowo zalecono wykonać ponowną reprofilację skarpy poprzez wykonanie np. kaskadowego ukształtowania nachylenia zbocza skarpy, w celu usunięcia warstwy utworów nasypowych jak i zmianę konta nachylenia skarpy (wypłaszczenie skarpy). Uzupełniająco zalecono wykonanie stabilizacji powierzchni skarpy, która dodatkowo zabezpieczy ją przed erozją, mogącą wystąpić wskutek działania czynników atmosferycznych. Jako stabilizację powierzchniową można zastosować np. ażurowe płyty betonowe wypełnione gruntem wraz z hydroobsiewem z właściwie dobranym składem roślin. Schemat zabezpieczenia skarpy wraz z systemem odwodnienia przedstawiono na rys. 7.

Do podobnego osunięcia skarpy doszło w rejonie Szczecina, w obrębie Wzgórz Warszawskich (rysunek 8). Rzeźba terenu w omawianym przypadku została bardzo silnie przekształcona antropogenicznie z uwagi na prowadzoną wokół przedmiotowego terenu intensywną zabudowę mieszkaniową oraz budowę infrastruktury komunikacyjnej.



Rys. 7. Schemat zabezpieczenia skarpy wraz z systemem odwodnienia,



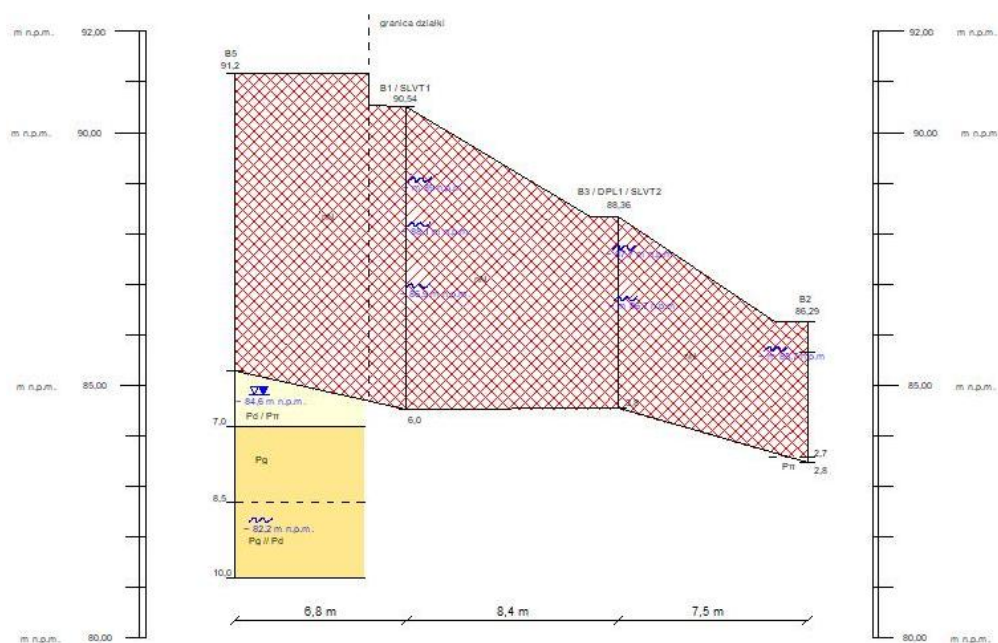
Rys. 8. Widok a) osuniętych mas w koronie skarpy; b) skarpy wzdłuż ogrodzenia działki.

Masy ziemne przemieszczone w wyniku zsuwu oraz strefę krawędziową skarpy stanowią nasypy antropogeniczne zbudowane głównie z piasków drobnych i piasków średnich zaglinionych, piasków gliniastych, piasków gliniastych przewarstwionych piaskiem drobnym oraz glin i glin piaszczystych przewarstwionych piaskiem drobnym z domieszkami żwiru. Stwierdzono również domieszki gruzu ceglanego. Mięszczość warstwy nasypowej w rejonie osuwiska jest zmienna i waha się od około 2,7 do 6 m. Grubość warstwy nasypów w strefie krawędziowej wynosi również ok. 6 m.



Bezpośrednio pod warstwą nasypów antropogenicznych stwierdzono występowanie utworów niespoistych reprezentowanych przez piaski drobne na pograniczu piasków pylistych oraz piaski pyliste. Poniżej zalegają piaski gliniaste oraz piaski gliniaste przewarstwione piaskiem średnim. Utwory te zostały nawiercone tylko w jednym otworze wykonanym do głębokości około 10 m p.p.t. Przekrój geotechniczny przedstawiono na rysunku 9.

We wszystkich otworach wykonanych w rejonie osuniętych mas ziemnych stwierdzono liczne i intensywne sączenia wód na różnych głębokościach od około 0,6 do 3,6 m p.p.t. tj. na rzędnych od około 86 do 89 m n.p.m.



Rys. 9. Przekrój geotechniczny.

Dodatkowo w odległości około 120 m na zachód od przedmiotowej działki, zgodnie z Mapą osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi (PIG – System Osłony Przeciwośuwiskowej, mapa z 2017 r.) znajduje się na wschodnim stoku doliny, którą płynie strumień Warszawiec, aktywne okresowo osuwisko, zinwentaryzowane pod numerem 80492.

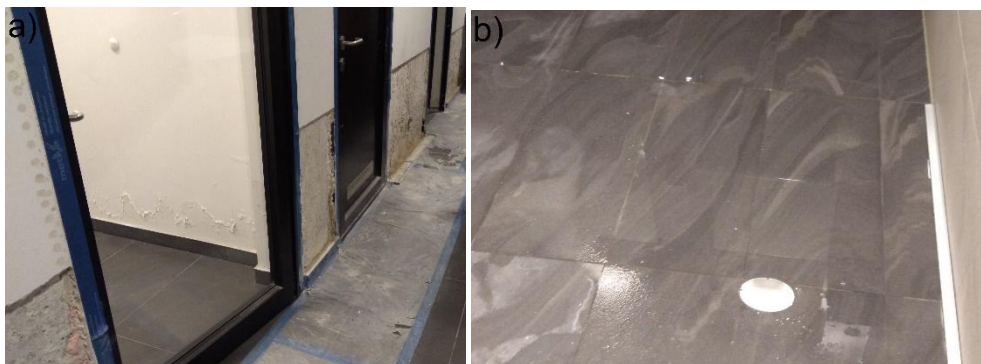
Z uwagi na istniejące warunki gruntowo-wodne w rejonie skarpy można stwierdzić, iż najbardziej prawdopodobną przyczyną osunięcia się nadsypanej części skarpy było niekontrolowane nawodnienie skarpy poprzez odprowadzenie w jej koronie wód pochodzących z drenażu opaskowego wokół domu, co spowodowało zmianę (pogorszenie) warunków gruntowych wewnątrz skarpy. Nawodnienie skarpy, spowodowało uplastycznienie się gruntów spoistych budujących skarpe, ułożonych ze spadkiem w kierunku podnóża skarpy. Niekontrolowany dopływ wód sączeniowych do skarpy stworzył korzystne warunki do przesuwania mas ziemnych zgodnie z kierunkiem nachylenia skarpy, powodując w końcowym efekcie awarię skarpy. Dodatkowo czynnikiem aktywującym ponowny zsuw mas ziemnych było dociążenie skarpy poprzez nawiezenie znacznych ilości ziemi w celu naprawy skarpy po osunięciu, które miało miejsce w grudniu 2015 r.

Uwzględniając wyniki przeprowadzonych badań oraz obserwacji terenowych w celu zabezpieczenia (stabilizacji skarpy) możliwe zaproponowano zabezpieczenie skarpy przez:

- wykonanie ścianki szczelnej stalowej lub z PCV (grodzice winylowe) wraz z głębokim drenażem,
- wykonanie głębokiego drenażu, reprofilację skarpy i powierzchniowe zabezpieczenie skarpy.

## 6. Wody podziemne w kondygnacjach piwnicznych

W jednym z obiektów zlokalizowanych na prawobrzeżnej części Szczecina, w trakcie jego użytkowania stwierdzono lokalne wystąpienie wód podziemnych w kondygnacji piwnicznej (rys. 10).



Rys. 10. a) Uszkodzenia wilgociowe powstałe w wyniku zalania wodą podziemną kondygnacji piwnicznej budynku; b) woda podziemna na posadzce w kondygnacji piwnicznej.

Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych. Poniżej poziomu terenu zalega warstwa nasypów niebudowlanych o miąższości od ok. 3,2 do 3,6 m. Nasypy niekontrolowane zbudowane są głównie z piasków drobnych oraz średnich z domieszkami humusu i gruzu oraz lokalnie piasków gliniastych i glin piaszczystych. Poniżej występują utwory niespoiste reprezentowane przez piaski drobne. Warstwa ta nie została przewiercona w trakcie prowadzonych badań do głębokości ok. 8 m p.p.t.

Zwierciadło wody podziemnej o charakterze swobodnym nawiercono na głębokości od ok. 3,1 do 3,6 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych od około 1 do 1,3 m n.p.m.

Uwzględniając głębokość posadowienia budynku (0,8 m n.p.m.) oraz głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych należy stwierdzić, iż w momencie prowadzenia badań terenowych w marcu 2018 r. poziom zwierciadła wód gruntowych znajdował się od około 0,2 do 0,5 m powyżej poziomu posadowienia obiektu.

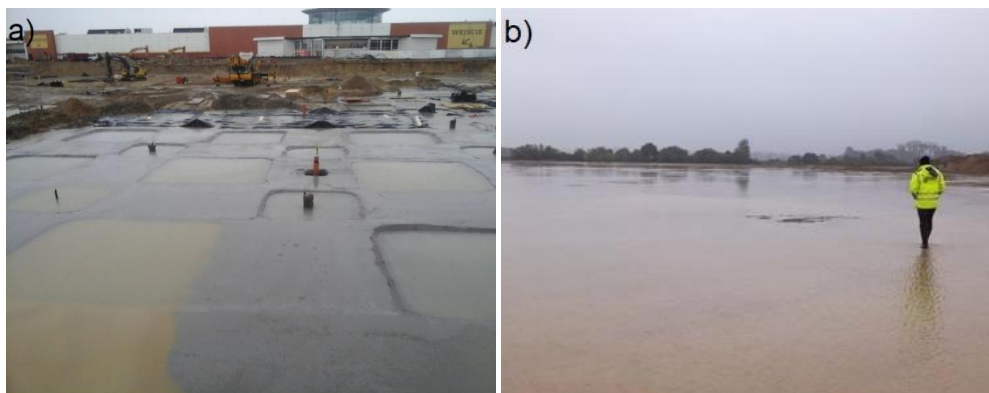
Na podstawie analizy warunków gruntowo-wodnych oraz przyjętych rozwiązań projektowych dotyczących sposobu posadowienia obiektu i jego uszczelnienia/ odwodnienia należy stwierdzić, iż nie zaprojektowano odpowiedniego do stwierdzonych warunków i przyjętego sposobu posadowienia systemu odwadniająco-uszczelniającego w pełni chroniącego budynek przed przedostawaniem się wód gruntowych do jego wnętrza.

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy materiałów archiwalnych można stwierdzić, iż wystąpienie wody w części podziemnej obiektu oraz zawilgocenie ścian były wynikiem błędów popełnionych w trakcie przygotowania inwestycji w tym braku opracowania dokumentacji wymaganych przepisami Prawa budowlanego, błędów projektowych oraz bardzo ogólnej analizy warunków hydrogeologicznych w rejonie inwestycji przeprowadzonej w ramach dokumentacji geotechnicznej.

W celu stałego obniżenia zwierciadła wód gruntowych wokół przedmiotowego budynku oraz zabezpieczenia podziemnej części kondygnacji budynku przed podtopieniami od wód gruntowych przy uwzględnieniu sposobu posadowienia obiektu oraz istniejących warunków gruntowo-wodnych zalecono wykonanie drenażu na zewnątrz lub wewnątrz budynku.

## 7. Awarie na budowie

Na poniższych zdjęciach przedstawiono przykładowe negatywne skutki przyjętych błędnych rozwiązań odwodnienia wykopów na czas trwania robót budowlanych (rysunek 11) jak również błędnego rozpoznania warunków gruntowych (rysunek 12), w wyniku których doszło m.in. do zalania wykopów, rozmycia skarp wykopów, zapadnięcia sprzętu budowlanego.



Rys. 11. a) Zalane wykop pod przegłębienia w płycie fundamentowej; b) zalana platforma robocza.



Rys. 12. a) Rozmyte ściany wykopu po opadach deszczu; b) unieruchomiony sprzęt budowlany w wyniku utraty nośności podłoża.

## 8. Podsumowanie

W przypadku posadowienia obiektów budowlanych szereg aspektów i okoliczności decyduje o bezszkodowym osiągnięciu celu budowy. Jak pokazują opisane przypadki, proste szacunki i oceny są możliwe tylko wtedy, gdy wystarczająca wiedza na temat warunków brzegowych jest dostępna na podstawie wstępnych badań [6].

Jeśli w fazie planowania nie zostanie przeprowadzone wystarczające rozpoznanie budowy podłoża i nie zostanie opracowany dostosowany do stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych projekt posadowienia, można już tylko reagować na etapie wykonania posadowienia na ewentualne widoczne słabe właściwości nośne podłoża lub błędy projektowe z tym związane [6].

Gdy obiekt zostanie ostatecznie ukończony, można spodziewać się wysokich kosztów naprawy powstałych szkód, z powodu ograniczonej dostępności w obszarze fundamentów [6].

Zaleca się, aby architekci lub inwestorzy w odpowiednim czasie zaangażowali specjalistów (inżynierów geotechników) do oceny współpracy pomiędzy gruntem a fundamentem [6].

### Literatura

1. Kondracki J.: Geografia Regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011,
2. Kowalski J.: Hydrogeologia z podstawami geologii, Wrocław 2007,
3. Mizerski W.: Geologia Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011,
4. Miłoś P.: Geomorfologia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009,
5. Hilmer K.: Schäden im Gründungsbereich, ErnstSohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1991,
6. Dariusz G., Relisko-Rybak J., Sydor P.: OBJAŚNIENIA DO MAPY OSUWISK I TERENÓW ZAGROŻONYCH RUCHAMI MASOWYMI Skala 1:10000, Gmina Miasto Szczecin, Powiat Województwo Miasto Szczecin, zachodniopomorskie, PIG-PIB, Warszawa 2017,
7. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. Nr 0, poz.463),
8. Kowalów, M.: Empiryczny model konsolidacji torfów w warunkach długiego czasu konsolidacji, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 379, Geotechnika IV, Szczecin, 1988,
9. Meyer Z., Kowalów, M.: Funkcja czasu w empirycznym modelu konsolidacji torfów, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 357, Geotechnika III, Szczecin, 1987,
10. Gwizdała K., Kościak P., Zastosowanie iniekcji strumieniowej do wzmacniania posadowień istniejących obiektów budowlanych.
11. Materiały własne Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. Sp. k.

### Selected examples of construction failures related to geotechnical issues

**Key words:** soil conditions, geotechnical research, geotechnical consulting, foundation of buildings