

# Błędy w ocenie podłoża gruntowego przyczyną uszkodzeń obiektów budowlanych

Dr hab. inż. Wiesław Kietliński, dr inż. Krzysztof Gradkowski, Politechnika Warszawska

## 1. Wprowadzenie

Właściwe rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych podłoża budowlanego, na którym posadowione są obiekty budowlane, jest podstawą stabilnego poziomu kosztów eksploatacji obiektów budowlanych. Sformalizowanie wymagań poprzez liczne akty prawne i obowiązujące przepisy nie zawsze prowadzi do właściwego zaprojektowania i wykonania części budynków w strefie fundamentowej. Pełny zakres rozpoznania i uwzględnienia właściwości ośrodka gruntowego, w którym i na którym posadowione są obiekty budowlane eliminuje późniejsze problemy związane z eksploatacją, a zwłaszcza części ich przyziemia.

W celu ekspozycji znaczenia poszczególnych właściwości podłoża budowlanego i potrzeby ich uwzględnienia tak na etapie projektu, jak i realizacji obiektów budowlanych, autorzy przyjęli konwencję relacji zachodzących zjawisk w konkretnych przypadkach, z którymi zetknęli się podczas swojej pracy zawodowej.

## 2. Przykłady popełnianych błędów

Jedno z analizowanych zdarzeń miało miejsce w okolicach Krakowa, w sąsiedztwie budowanej autostrady. W okresie prowadzonych robót uszkodzeniu uległo kilkadziesiąt budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych. Charakter tych uszkodzeń sprowadzał się w istocie do pęknięć pionowych obejmujących ławy fundamentowe i ściany. W wielu przypadkach pęknięcia ścian parteru kończyły się na wieńcach stropowych, ale liczne były przypadki, że przechodząc przez jedną i trzy kondygnacje kończyły się pod murlatą. W kilkunastu przypadkach zgłoszone zostały uszkodzenia budynków pochodzących z okresu międzywojennego, wznoszonych na ławach i ścianach fundamentowych wykonanych z kamienia. Tak więc wśród uszkodzonych obiektów były budynki mieszkalne i usługowe pochodzące z różnych okresów i o różnej konstrukcji. W opinii osób poszkodowanych, uszkodzenia powstały w wyniku drgań wywoływanych przez pracujący sprzęt, szczególnie ciężkie walce wibracyjne oraz ruch środków transportowych przemieszczających się po ulicach nie przystosowanych do występujących w tej sytuacji obciążeń.

Analizując dokumenty budowy autorzy odnotowali fakt, że żaden z uczestników procesu inwestycyjnego, w tym Generalny Wykonawca robót, nie sporządził przynajmniej fotograficznej inwentaryzacji obiektów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót.

Szczegółowa analiza miejsc usytuowania uszkodzonych obiektów pozwoliła wyodrębnić dwa charakterystyczne obszary, a mianowicie;

a) teren prawie płaski usytuowany w sąsiedztwie strumienia przecinającego autostradę, na którym usytuowanych było kilkanaście budynków jednorodzinnych z czego kilka uległo uszkodzeniu,

b) teren powyżej drogi lokalnej usytuowanej na zboczu wzniesienia równoległego do budowanej autostrady.

W przypadku pierwszej lokalizacji po odkryciu fundamentów dwóch uszkodzonych budynków okazało się, że poniżej poziomu posadowienia ław fundamentowych zalega w podłożu warstwa torfu o miąższości powyżej jednego metra. Budynki były zlokalizowane 15–20 m od rzeki, której koryto zostało umocnione pyłami żelbetowymi ażurowymi, a rzędna dna obniżona ok. 1,5 m. W wyniku obniżenia poziomu dna rzeki, obniżył się, w podobnych granicach, poziom wody gruntowej w rejonie budynku, powodując osuszenie warstwy torfu zalegającego pod fundamentami, co wywołało nierównomierne jego osiadanie, a w konsekwencji spękanie fundamentów oraz ścian konstrukcyjnych budynków. Nieco dalej od strumienia rzeki, przyczyną popękania fundamentów oraz ścian zewnętrznych jednego budynku były korzenie przydrożnych drzew.

W przypadku dwóch następnych budynków charakteryzujących się nieregularnymi pęknięciami ścian zewnętrznych i ścian fundamentowych oraz ław wykonanych z kamienia, za wielce prawdopodobną przyczynę uszkodzeń uznano drgania powstałe przy budowie drogi dojazdowej do autostrady. Tłumaczenia, że operatorzy walców nie korzystali z wibracji, autorzy uznali za niewiarygodne w kontekście opinii osób poszkodowanych oraz samej konstrukcji nawierzchni. W przypadku jednego budynku usytuowanego na zboczu wzniesienia, powyżej drogi lokalnej biegnącej równoległe do budowanej autostrady, przyczyną uszkodzenia budynku był zapoczątkowany ruch skarpy wywołany nadmiernym obciążeniem drogi transportem budowlanym.

Zdarzenie drugie miało miejsce w 2009 roku, w województwie dolnośląskim. Blisko rok po wybudowaniu budynku jednorodzinnego niepodpiwniczonego z podłogą opartą na podłożu gruntowym, inwestor dostrzegł pęknięcie posadzek oraz ścian działowych.

Z opinii geologiczno-inżynierskiej opracowanej na zlecenie poszkodowanych, możemy się dowiedzieć, że na podstawie odkrywek, sondowań i obserwacji, w konturach posadowienia obiektu nastąpiło obniżenie podłoża gruntowego tworząc pustki bezpośrednio pod warstwą konstrukcyjną wykonanych posadzek. Obniżenie podłoża wynosiło od 0,01 do 0,12 m. W dalszej części tej samej opinii stwierdzono, że przypuszczalnie intensywny napływ wód szczelinowych pod ciśnieniem spowodowanym zbieżną konfiguracją terenu spowodował wypłukiwanie gruntów zalegających na stropie granitu.

Wobec wyjątkowości zdarzenia występującego w jednym, spośród kilku mniej korzystnie z punktu widzenia sygnalizowanej przyczyny zaistnienia szkody zlokalizowanych budynków, postanowiono przeprowadzić dodatkowe analizy i badania. Trudno bowiem było się zgodzić z poglądem o wypłukiwaniu gruntu spod konstrukcji podłogi w zastanych warunkach, w wyniku ulewnych opadów deszczu, które istotnie miały miejsce w rozważanym okresie czasu, choć nie można było całkowicie wykluczyć ich wpływu na opisaną szkodę.

Prawdą jest, że pod budynkiem na głębokości 150–250 cm zalega strop podłoża skalnego granitowego. Według kierownika budowy, dla posadowienia zachodniej (bliższej wzniesieniu) ściany fundamentowej trzeba było podkuwać podłoże skalne, aby osiągnąć projektowany poziom posadowienia fundamentu. Natomiast, aby także wschodnia ściana zewnętrzna posadowiona była na podłożu skalnym, jej głębokość posadowienia powiększono, wydłużając odpowiednio jej część podziemną. Podobnie bezpośrednio na podłożu skalnym oparto dwie ściany konstrukcyjne wewnętrzne. Tym sposobem, wewnątrz budynku było skutecznie chronione przed ewentualnym napływem wód gruntowych od strony zbrocza.

Zaznaczyć należy, że wody gruntowe mają naturalną własność utrzymywania poziomu dostosowanego do ukształtowania terenu, co oznacza, że podobny może być naturalny poziom zwierciadła wód gruntowych w szczytowej części zbrocza jak i u podnóża stoku. Aby wody opadowe dokonały rozluźniającego wypłukania gruntu osłoniętego dokoła fundamentami ścian zewnętrznych, potrzeba niezwykle dużego impetu spływających wód. W rozważanym wypadku mamy wiele przegród zlokalizowanych powyżej przedmiotowego budynku, takich jak fundamenty innych budynków, murki, itp. Ponadto, zwietrzelina skalna i „zagliniona” pospółka zidentyfikowane w wyniku badań przeprowadzonych w ramach wykonywanych ekspertyz są gruntami stosunkowo mało podatnymi na wypłukiwanie, w szczególności przy dostępie ograniczonym barierą ścian fundamentowych.

Zgodnie z normą przedmiotową PN-76/B-03001 *Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń*, podłoże gruntowe, na którym oparta jest podłoga parteru należy uważać za podłoże konstrukcyjne. Natomiast norma przedmiotowa PN-B-06050:1999 *Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne* określa, iż wskaźnik zagęszczenia nasypów, które mają pełnić funkcję podłoża konstrukcyjnego powinien być nie mniejszy niż 0,97. Podkreślić należy, że podłoga (posadzka) na poziomie parteru jest swoistą płytą fundamentową dla ścian działowych kondygnacji parterowej. Zatem podłoże gruntowe, na którym budowana była płyta podłogowa powinno być najpierw należyście zbadane pod względem zagęszczalności oraz nośności, następnie zagęszczone zgodnie z wymogami normowymi, a wynik badań po zagęszczeniu podłoża winien być stwierdzony wpisem do dziennika budowy, co oznaczałoby przyzwolecie na wykonanie płyty podłogowej. W rozważanym wypadku nie ma informacji o jakichkolwiek badaniach sprawdzających podłoże gruntowe przed posadowieniem na tym podłożu parterowej płyty podłogowej. Brak jest także wpisu do dziennika budowy geologa o przeprowadzeniu jakichkolwiek wyprzedzających badań geotechnicznych, co pozostaje w sprzeczności z wymogiem przepisów budowlanych. Podstawowe wyniki wyprzedzających badań geotechnicznych powinny być przedstawione w projekcie budowlanym, zgodnie z rozporządzeniem ministra infrastruktury z 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. Nr 120, poz. 1133 oraz z 2008 r. Nr 201, poz. 1239). Niestety, autorzy opracowania nie dysponowali pełnym tekstem projektu budowlanego, ale z przeprowadzonych rozmów z kierownikiem budowy można wyciągnąć wniosek, że żadne wyprzedzające badania geotechniczne nie były wykonywane. Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że brak należytego zagęszczenia podłoża gruntowego przed wykonaniem płyty podłogowej sprawił, że podłoże to wskutek naturalnych zjawisk fizycznych osiadło (kilka – kilkanaście centymetrów) co wystarczyło, by wystąpiły zarysowania (spęknięcia) podłogi i ścian działowych na parterze.

Postępowanie zgodne z zasadami sztuki budowlanej powinno być i jest następujące:

1. geolog sonduje grunt rodzimy, bada jego przydatność (też podatność na osiadania) do posadowienia na nim płyty czy innych elementów budowlanych,
2. jeśli podłoże nadaje się do bezpośredniego na nim posadowienia, to geolog podaje w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej cechy tego podłoża, aby projektant konstruktor wziął je pod uwagę w projektowaniu konstrukcji, następnie usuwa się wierzchnią warstwę (10–15 cm) gruntu rodzimego, który doznał zaburzenia naturalnej struktury (ludzie, pojazdy, itp.) i w miejsce warstwy usuniętej układa się warstwę kruszywa właściwie zagęszczalnego (żwir, tłuczeń, pospółka, itp.), doprowadzając do zagęszczenia  $\geq 0,97$ ,

3. na ogół jednak podłoża nie są idealne i występuje konieczność albo ulepszenia podłoża gruntowego, albo jego wymiany do określonej głębokości według wskazań dokumentacji geologicznej,

4. badania na zewnątrz budynku wskazują (to wewnątrz też!), że w podłożu występuje pospółka zagliniona. Gliny silnie kurczą się przy osuszeniu. Ponadto, ograniczona jest skuteczność ich mechanicznego zagęszczenia za pomocą płyt wibracyjnych. Właściwym było, po pierwsze określenie wilgotności optymalnej gruntu rodzimego (badanie Proctor'a), następnie określenie rzeczywistej wilgotności gruntu przed podjęciem decyzji o dalszych robotach. Z ekonomicznego punktu widzenia, mając na uwadze niewielką objętość rozważanego gruntu, należało warstwę około 1,50 m podłoża gruntowego po prostu wymienić na grunt o dobrych parametrach do stosowania na nasypy konstrukcyjne. Zagęścić go według wskazań normy przedmiotowej i następnie wykonać na nim płytę podłogową,

5. sposób prowadzenia robót ziemnych odtworzony z wpisów do dziennika budowy, polegający na pozostawieniu w obrysie ścian fundamentowych budynku gruntu rodzimego, praktycznie wykluczył możliwość jego zagęszczenia.

Trzecie zdarzenie miało miejsce w okolicach Radomia. Budynek mieszkalny jednorodzinny, niepodpiwniczony, z podłogą na gruncie, został wybudowany na podłożu z gruntów spoistych nazwanych gliniastymi. Po pięciu latach od momentu wybudowania budynku użytkownicy zauważyli, że w dwóch pomieszczeniach podłoga wraz z konstrukcją zaczyna się wypiętrzać. Po upływie miesiąca od momentu zaobserwowania zjawiska wykonano odkrywkę w miejscu największego wypiętrzenia się konstrukcji podłogi. Okazało się, że grunt w podłożu jest w stanie pełnego nasycenia wodą. Porównując zużycie wody zarejestrowane przez wodomierz w ostatnim miesiącu z miesiącami poprzednimi, okazało się ono o kilkadziesiąt m<sup>3</sup> większe. Okazało się także, że rozprówdzenie zimnej wody za wodomierzem wykonano pod posadzkami w podłożu gruntowym. Przyczyną nawodnienia gruntów w podłożu było pęknięcie metalowego trójnika umieszczonego w gruncie pod posadzką. Przyczyną uszkodzenia konstrukcji podłogi było pęcznienie gruntu w podłożu nie skompensowane cienką warstwą podsypki piaskowej pod posadzką.

Zdarzenie czwarte ma miejsce w odniesieniu do budynku położonego w tak zwanych dobrych warunkach posadowienia, zaliczanych co najwyżej do pierwszej kategorii projektowania geotechnicznego w rozumieniu Rozporządzenia ministra transportu, budownictwa i gospodarki wodnej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Korzystne warunki gruntowo-wodne w okolicy nie są całkowicie odporne na ulewne i obfite opady atmosferyczne w okresie letnim. Podłoże w otoczeniu budynku stanowiły piaski średnie, dobrze przepuszczalne w stanie zagęszczonym. Budynek jest cztero-

kondygnacyjny, z garażową kondygnacją podpiwniczenia o powierzchni zabudowy około 250 m<sup>2</sup>. Po czteroletnim okresie eksploatacji, w kondygnacji garażowej zaczęły pojawiać się intensywne zawilgocenia ścian i wysięki wody na posadzce. Zjawisko to jednoznacznie zaświadczało o zmienności poziomu zwierciadła wody gruntowej powodowanego infiltracją wód opadowych. Zarządca budynku, z własnej inicjatywy, spowodował wykonanie studzienki „chłonnej” o średnicy osiemdziesięciu centymetrów i do głębokości około 1,5 m od poziomu posadzki garażu, spodziewając się w ten sposób obniżenia poziomu wód gruntowych poniżej poziomu posadowienia ław ścian fundamentowych, a następnie swobodnego osuszenia pomieszczeń (rys. 1). Przewidywania te zupełnie zawiodły, bowiem w studzience ustabilizował się stały poziom wody gruntowej na poziomie około siedemdziesięciu centymetrów poniżej poziomu posadzki, powodując parowanie i atmosferę wilgoci we wszystkich częściach garażu. Po około pół roku pojawiły się narożne pleśnie i zaczątki grzyba, niezależnie od prób stałego pompowania wody ze studzienki w której zupełnie nie zmniejszał się poziom wody. Dobry i łatwo przepuszczalny grunt podłoża fundamentowego, stał się katalizatorem stałego poziomu wody gruntowej w studzience. Przy relatywnie wysokim, wahającym się poziomie wód gruntowych w gruncie łatwo przepuszczalnym, zabieg budowy studzienki stał się całkowicie nieskuteczny.



**Rys. 1.** Plan budynku i położenie studzienki w podpiwniczeniu

Studzienka powodowała pewną depresję w swoim sąsiedztwie, lecz zasięg tej depresji nie obejmował pełnej głębokości ścian fundamentowych budynku. Wywoływało to stałe zawilgocenie ścian i stałe parowanie wody w studzience. Koncentracja pary wodnej w narożnikach słabo wentylowanej części garażowej doprowadziła do trwałych zawilgoceń. Tak więc budowa dodatkowej studzienki stała się źródłem stałych problemów z „klimatem” części garażowej.

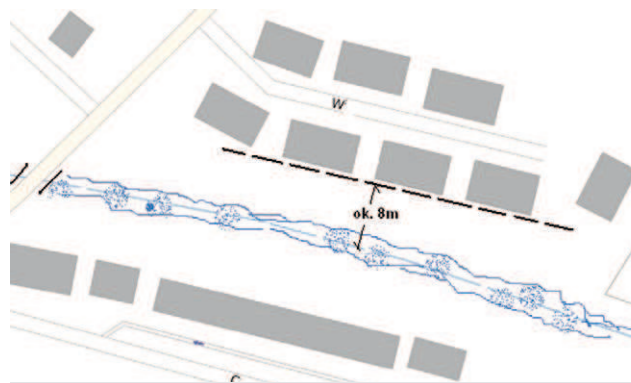
Zdarzenie piąte nastąpiło w średnio renomowanej lokalizacji podwarszawskiego osiedla domów czterodzinnych. Marketingowy sposób myślenia projektantów osiedla wymuszał na nich rozplanowanie położenia domów jak najbliższej płynącego obok strumienia (rys. 2).

Poszczególne domy mieszkalne, posadowione były niemal na powierzchni terenu to jest  $-0,60$  m od ppt, a garażową część przyziemia uzyskano przez zasypanie skarpowe do poziomu podłogi pierwszego piętra i zabudowę tarasów na tym poziomie. Ustalając sposoby posadowienia budynków pominięto jednak fakt zmiennych poziomów napełnień strumienia, zwłaszcza w okresach intensywnych opadów. Niewielki i malowniczy strumień z nurtem, szerokości około 1 m miał prawie jednowymiarowe wahania poziomu napełnień. Przy nośnym i łatwo przepuszczalnym piaszczystym gruncie podłoża w sąsiedztwie strumienia doszło do stałego podmakania posadzek i ław fundamentowych garaży trzech budynków. Powtarzające się zjawisko wywołało „rozszczerzenie” izolacji poziomej ścian przyziemia. Powstały liczne za-grzybienia, zwłaszcza w pomieszczeniach garażowych adoptowanych na mieszkalne.

Odbudowa i osuszenie oraz właściwe wykonanie izolacji pionowej ścian fundamentowych przyziemia okazało się bardzo kosztowne i uciążliwe. Bowiern jakiegokolwiek naprawy można było wykonywać tylko w okresach niskich stanów wód w strumieniu.

### 3. Podsumowanie

Analizując post factum opisane przypadki uszkodzeń budynków należy z całą stanowczością podkreślić, że podstawową przyczyną wszelkich problemów z zachowa-



**Rys. 2.** Schemat położenia domów mieszkalnych nad strumieniem

niem się substancji kubaturowych budynków w strefie zagłębionej, były złe oceny warunków gruntowo-wodnych i rozwiązań technicznych w budynkach decydujących o współpracy z podłożem gruntowym.

#### BIBLIOGRAFIA;

- [1] PN-76/B-03001. Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń
- [2] PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [3] Rozporządzenia ministra transportu, budownictwa i gospodarki wodnej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. z 27 kwietnia 2012 r. poz. 463)
- [4] Rozporządzeniem ministra infrastruktury z 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. Nr 120, poz. 1133 oraz z 2008 r. Nr 201, poz. 1239)

## XXI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”

10–12 października 2013 r. w Bielsku-Białej, w Hotelu Beskidy Park (poprzednia nazwa Transportowiec) odbędzie się XXI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”, organizowana przez Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa w Bielsku-Białej przy współpracy z Komitetem Ekologii przy Zarządzie Głównym PZITB, Instytutem Techniki Budowlanej, Politechniką Krakowską, Śląską Okręgową Izbą Inżynierów Budownictwa w Katowicach. Konferencja przeznaczona jest dla przedstawicieli środowisk naukowych, zawodowych, samorządowych i administracyjnych zajmujących się interakcją budownictwa i środowiska oraz zagadnieniami zrównoważonego rozwoju. Trzydniowa konferencja odbędzie się w Bielsku-Białej, w malowniczej okolicy Beskidu Śląskiego (pod Szyndzielnią). Zakres tematyczny spo-

tkania będzie obejmował tematykę ekologii i zrównoważonego rozwoju budownictwa.

Organizatorzy w szczególności zapraszają młodych naukowców, dla których przygotowano specjalne zniżki za opłatę konferencyjną. Referaty będą mogły być wydrukowane w punktowanych miesięcznikach branżowych oraz naukowych. Sponsorami Konferencji są: Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa w Katowicach, Austrotherm, AQUA Bielsko-Biała, Knauff Insulation. Szczegółowe informacje znajdują się na stronie internetowej [www.pzitb.bielsko.pl](http://www.pzitb.bielsko.pl)

PZITB Oddział w Bielsku-Białej  
ul. 3 Maja 10/14, 43-300 Bielsko-Biała  
tel.: (33) 816 68 34  
tel./faks: (33) 822 02 94  
e-mai: [biuro@pzitb.bielsko.pl](mailto:biuro@pzitb.bielsko.pl)