

Podejmowanie robót budowlanych w kontekście oceny geotechnicznych warunków posadowienia obiektu

XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna awarie budowlane 2013

Dr hab. inż. Jerzy Sękowski, Politechnika Śląska, Gliwice

1. Wprowadzenie

Działalność budowlana w świetle prawa obejmuje zarówno obiekty nowe, jak i obiekty istniejące. Zakres prac w odniesieniu do tych ostatnich jest bardzo szeroki, począwszy od drobnych napraw i remontów po pełną odbudowę. Podejmowanie robót budowlanych wymaga m.in. oceny geotechnicznych warunków posadowienia każdego z obiektów. Od jej wyników uzależniony jest bowiem zarówno sposób posadowienia obiektów nowo projektowanych i istniejących, jak i zakres ewentualnych prac naprawczych.

Artykuł dotyczy zasadniczo obiektów kubaturowych poddanych szeroko rozumianym pracom naprawczym. Po krótkim przybliżeniu ich potencjalnego zakresu i za-

sad podejścia od strony geotechnicznej, omawiane problemy zostaną zilustrowane wybranymi przykładami z praktyki budowlanej.

2. Przedstawienie problemu

W myśl Ustawy „Prawo budowlane” [1] pod pojęciem robót budowlanych należy rozumieć zarówno wykonywanie obiektu, jak i jego: rozbudowę, nadbudowę, przebudowę, odbudowę oraz remont. Wykonywanie obejmuje inwestycję nową, natomiast rozbudowa (np. o nowe fragmenty), nadbudowa (np. o jedną lub kilka kolejnych kondygnacji), przebudowa (np. z tytułu zmiany funkcji), odbudowa (np. zniszczonych lub poważnie uszkodzonych) oraz remont (np. naprawy za-



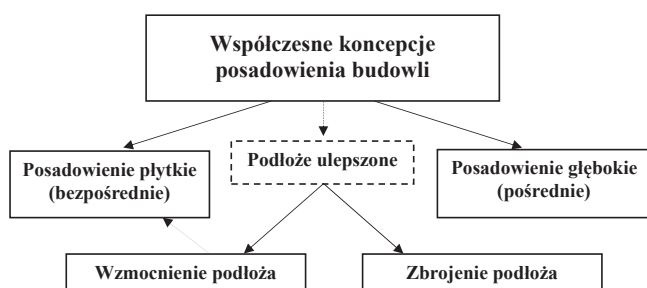
Rys. 1. Zakres potencjalnych prac naprawczych

istniałych uszkodzeń, względnie dostosowania obiektów do aktualnych wymagań np. cieplnych) obiektów istniejących (rys. 1).

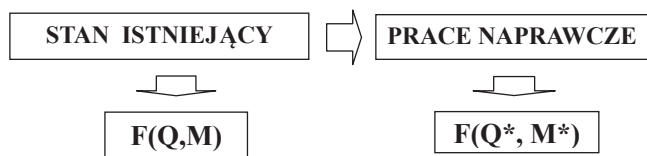
I w jednym i w drugim przypadku niezwykle istotnym zagadnieniem pozostaje ocena geotechnicznych warunków posadowienia wspomnianych obiektów. Na ocenę tę składa się analiza warunków gruntowo-wodnych w podłożu, której podstawą są wyniki rozpoznania podłoża w zakresie wynikającym z ustalonej wcześniej kategorii geotechnicznej, i będąca jej następstwem koncepcja, a następnie projekt posadowienia obiektu. Prawidłowe posadowienie każdego z nich powinno spełniać wymagane przez EUROKOD 7 [2] warunki stanów granicznych. Rozwiązania takie powinny spełniać również określone warunki konstrukcyjne, a ponadto być ekonomiczne i estetyczne oraz akceptowane społecznie.

Współcześnie można mówić o trzech, a w zasadzie czterech koncepcjach posadowienia obiektów budowlanych (rys. 1) [3], [4]. Gdy obciążenia z obiektu są przekazywane przez podstawy fundamentów na podłoże, mówimy o posadowieniu bezpośrednim. Gdy ma to miejsce na jego głębsze warstwy, zwykle za pomocą dodatkowych elementów konstrukcyjnych, mówimy o posadowieniu pośrednim. Jeśli natomiast posadowienie bezpośrednie jest niemożliwe bądź ekonomicznie nieuzasadnione, to podłoże gruntowe można, bez konieczności uciekania się do posadowienia pośredniego, ulepszyć, wzmacniając je (np. przez dogęszczenie) bądź też zbrojąc (np. geosiatkami). Pomocnymi w zakresie ulepszania podłoża jest szereg metod, którymi zajmuje się geoinżynieria [4, 5].

Podejmowanie prac naprawczych, od rozbudowy po remonty, skutkuje zwykle wzrostem obciążeń na podłoże gruntowe $\{F(Q, M) \rightarrow F(Q^*, M^*)\}$ – rysunek 3.



Rys. 2. Współczesne koncepcje posadowienia budowli [3], [4]



Rys. 3. Ilustracja możliwych rozwiązań w odniesieniu do obiektu poddanego pracom naprawczym

Stąd w pełni uzasadnione jest przeprowadzenie powtórnej analizy geotechnicznych warunków posadowienia objętych tymi robotami obiektów i sprawdzenie wymaganych normami stanów granicznych. Analiza taka powinna objąć wszystkie przypadki, szczególnie jednak te, dla których posiadane dokumenty i informacje są niewystarczające lub niejednoznaczne.

Wnioski wynikające z analizy mogą być różne, zalecając:

- pozostawienie istniejącego posadowienia bez zmian,
- wzmocnienie istniejących fundamentów,
- wzmocnienie podłoża,
- zmianę istniejącego posadowienia,
- ograniczenie zakresu, a nawet wykluczenie prac naprawczych.

Możliwe warianty symbolicznie ilustruje rysunek 3.

Wybór ostatecznego rozwiązania uwzględniać powinien również aspekt ekonomiczny przedsięwzięcia. To trudny problem i wyzwanie dla projektanta, któremu łatwiej sprostać współpracując z architektem, archeologiem, konserwatorem i geotechnikiem.

3. Geotechniczne warunki posadowienia obiektów istniejących – przykłady

W dalszej części artykułu przytoczone zostaną przykłady, ilustrujące niektóre z wymienionych w punkcie 2 wariantów rozwiązań.

Przykład 1. Część budynku jednej z komend powiatowych policji postanowiono nadbudować o jedną kondygnację (rys. 4). Brak danych na temat warunków gruntowo-wodnych w podłożu istniejącego obiektu i jego posadowienia, a także wzrost obciążeń na podłoże z tytułu nadbudowy, przesądził o wykonaniu stosownych badań geotechnicznych.



Rys. 4. Budynek w części przeznaczonej do nadbudowy

Z przeprowadzonych badań kontrolnych (odkrywki, wiercenia) i badań laboratoryjnych oraz uzyskanych informacji wynikało, że:

- a) podpiwniczony obiekt nie doznał w okresie użytkowania większych zarysowań i zniszczeń,
- b) w części przewidzianej pod nadbudowę został on posadowiony na żelbetonowych ławach fundamentowych o zmiennej szerokości ($B=0,7 \div 1,4$ m) na poziomie około $1,9 \div 2,1$ m ppt. wprost na średnio zagęszczonych ($I_D=0,5$) piaskach średnich zalegających do głębokości co najmniej 2,5 m ppt. Nie stwierdzono pustek pod posadzką ani oznak jej uszkodzeń. Minimalny poziom posadowienia tej części budynku, odniesiony do posadzki, wynosi $D_{\min}=0,5$ m.
- c) w żadnym z otworów nie nawiercono wody gruntowej.

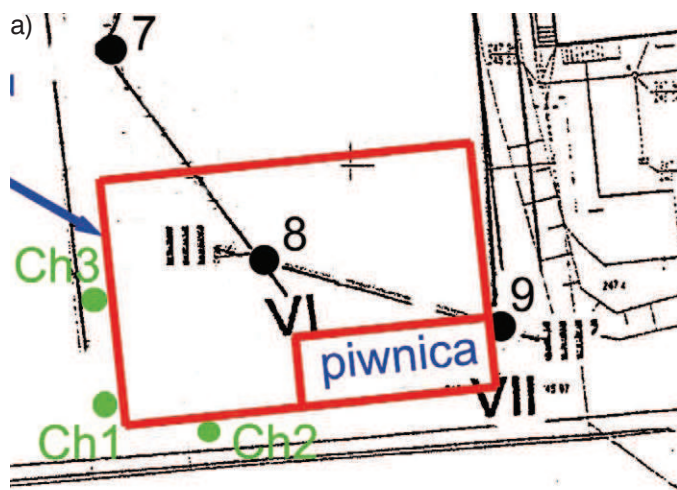
Analiza obliczeniowa wykazała, że nadbudowa partowej części obiektu o jedną kondygnację jest w pełni realna pod warunkiem, że obliczeniowe obciążenia jednostkowe z konstrukcji na podłoże nie przekroczy łącznie wartości $q_r=220$ kPa. Wobec oszacowanych przez projektanta obciążeń docelowych na poziomie około 160 kPa, przewidywana nadbudowa nie wymagała więc żadnych przedsięwzięć w odniesieniu do przyjętych pierwotnie warunków posadowienia istniejącego obiektu.

Przykład 2. W krótkim czasie po wykonaniu obiektu handlowego zdecydowano o jego czasowym wyłączeniu z użytkowania. Stwierdzono bowiem wyraźne przemieszczenia konstrukcji nośnej dachu, liczne zarysowania niektórych elementów konstrukcyjnych obiektu oraz wyrzucenia posadzki. Przed podjęciem prac remontowych i opracowaniem projektu naprawy oraz wzmocnienia uszkodzonej konstrukcji wykonano m.in. dodatkowe rozpoznanie geotechniczne podłoża. Teren został już bowiem wcześniej rozpoznany dla potrzeb projektowanej inwestycji. Wnioskowano wówczas za posadowieniem bezpośrednim projektowanego obiektu przy dopuszczalnym nacisku 180 kPa, zalecając jednocześnie lokalną wymianę gruntów plastycznych (rejon otworu nr 8 – rys. 5a). Zaprojektowany pawilon handlowy o powierzchni zabudowy około 1014 m² i powierzchni sprzedaży 617,5 m² to obiekt wolnostojący, częściowo

wo podpiwniczony, wykonany w konstrukcji mieszanej. Konstrukcja nośna pawilonu posadowiona została na ławach i stopach fundamentowych na poziomie $-2,3$ m i $-3,25$ m ppt., odpowiednio: część niepodpiwniczona i podpiwniczona.

Podczas wykonywania robót ziemnych i fundamentowych w dnie wykopów stwierdzono grunty rodzime nie dokonując jednak wymiany plastycznych iłów pylastych. Zgodnie z projektem, wykonano wokół obiektu drenaż opaskowy.

Dodatkowe rozpoznanie geotechniczne, o którym wspomniano, obejmowało wykonanie trzech otworów badawczych (Ch1; Ch2; Ch3 – rys. 5a), usytuowanych w rejonie najpoważniejszych uszkodzeń, a nieobjętym wcześniejszym rozpoznanie geotechnicznym. W otworze Ch1 na głębokości 2,3 m ppt. stwierdzono występowanie miękkoplastycznych ($I_L=0,7$) iłów pylastych z przewarstwieniami piasku w postaci soczewki o miąższości 0,7 m. Warstwy tej nawiercono w otworach pozostałych, stwierdzając w nich natomiast ility w stanie plastycznym ($I_L=0,3$). Oznacza to, że w obrębie wybudowanego obiektu handlowego występują grunty bardzo spoiste o zróżnicowanym stanie fizycznym i zmiennym rozkładzie przestrzennym. Za przyczynę nierównomiernych osiadań obiektu uznano lokalne przekroczenie warunku nośności na wypieranie dla ściany zachodniej – w linii otworów Ch1 i Ch3 ($q_{rs}=156$ kPa $>$ $m \cdot q_{fn}=88$ kPa), zalecając wymianę miękkoplastycznego iltu lub podparcie najbardziej zagrożonych fundamentów obiektu. W następstwie powstał projekt wzmocnienia konstrukcji obiektu, obejmujący m.in. wykonanie 74 mikropali typu GONAR o długościach: 4,0; 5,0 i 6,0 m wzdłuż ściany zachodniej i południowej w odstępach co 1 m, o średnicy 130 mm, przewierczanych przez stopy lub ławy pod kątem 5° do wnętrza budynku (rys. 5b). Projekt zawierał także sposób wzmocnienia piwnicy przez wykonanie niepełnej „skrzyni fundamentowej” i metody naprawy powstałych zarysowań (kotwienie z wypełnieniem zaprawami na bazie żywic). Zrezygnowano z wymiany gruntów słabych. Autorzy pracy [6] po gruntownym



Rys. 5.
Plan sytuacyjny z rozmieszczeniem otworów badawczych (a) i podbijanie fundamentów (b)

przeanalizowaniu problemu i dostępnych materiałów pozytywnie ustosunkowali się do przyjętego sposobu posadowienia obiektu, przyczyn zaistniałych uszkodzeń i zasadności przyjętego sposobu wzmocnienia szczególnie wszystko dokumentując obliczeniami. Przyjęty i zrealizowany sposób naprawy uszkodzonej konstrukcji, a zwłaszcza posadowienia obiektu okazał się skuteczny.

Przykład 3. Część północno-zachodnią budynku Urzędu Miejskiego w Gliwicach zamierzano nadbudować o jedną kondygnację (aktualnie ten fragment jest pięciokondygnacyjny). Sam obiekt wybudowany został w latach 1924–1928 i do II wojny światowej był wizytówką miasta (rys. 6).



Rys. 6. Obiekt obecnego Urzędu Miejskiego w Gliwicach w roku 1929

To obiekt w konstrukcji tradycyjnej zbudowany na rzucie czworoboku, całkowicie podpiwniczony z wewnętrznym dziedzińcem. Spalony w roku 1945, w następnych latach był wielokrotnie przebudowany. Aktualnie jest to obiekt sześciokondygnacyjny, z wyjątkiem części północno-zachodniej, która jest pięciokondygnacyjna. Z oceny stanu technicznego obiektu wynika [7], że ewentualna nadbudowa obiektu jest możliwa tylko tam, gdzie pierwotnie obiekt był sześciokondygnacyjny (po zastosowaniu niezbędnych wzmocnień niektórych elementów konstrukcyjnych). Natomiast rozważana nadbudowa obiektu od strony północno-zachodniej jest niewskazana. Zasadniczym powodem takiego wniosku jest brak wiedzy na temat przyjętego posadowienia obiektu. Usytuowany w bardzo niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych (bezpośrednie sąsiedztwo rzeki Kłodnicy, prawie sześciometrowa warstwa plastycznych i miękkoplastycznych namulów podścielonych na 7,5 m ppt. średnio zagęszczonymi

piaskami i pospółką, został posadowiony pośrednio na 476 palach o długości do 8 m. Szczęśliwie, jakkolwiek okupione bankrutem kilku firm, posadowienie budynku nie daje obecnie (wobec braku podstawowych informacji na temat średnicy, rozmieszczenia, a nawet typu zastosowanych pali) podstaw do przeprowadzenia wiarygodnych obliczeń ich nośności. Na obecnym etapie posiadanych informacji podejmowanie działań zmierzających do nadbudowy obiektu jest ekonomicznie nieuzasadnione, technicznie trudne i wielce ryzykowne.

5. Podsumowanie

Przytoczone w artykule wybrane przykłady reprezentują możliwe decyzje w odniesieniu do proponowanych sposobów rozwiązania posadowienia obiektów poddanych z różnego powodu pracom naprawczym. Potwierdzają one tezę o zasadności powtórnej analizy geotechnicznych warunków posadowienia takich obiektów. Prace naprawcze prowadzą zwykle do wzrostu obciążeń przekazywanych na podłoże, nie zawsze wystarczająco nośne do ich przeniesienia. Prowadzenie takich prac wymaga niejednokrotnie rozwiązania trudnego problemu, jakim jest skuteczne posadowienie takich obiektów. Współczesna geotechnika proponuje w takich przypadkach szereg interesujących rozwiązań, zarówno w zakresie posadowień bezpośrednich, jak i pośrednich, a także metod ulepszenia gruntów słabych (np. [8]).

Przedstawiona pokrótce problematyka jest złożona, o czym współdecydują: cechy samych obiektów i podłoża, na którym zostały posadowione. I pomimo niekiedy wyraźnego podobieństwa, każdy z przypadków jest inny i wymaga indywidualnego podejścia.

LITERATURA

- [1] Ustawa z 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623 z późniejszymi zmianami)
- [2] PN-EN 1997-1 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [3] Sękowski J., Współczesne koncepcje posadowienia obiektów budowlanych. Problemy Projektowe Budownictwa i Przemysłu. 1, 2000, ss. 25–26
- [4] Pisarczyk S., Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego. Warszawa, 2005
- [5] Sękowski J., Metody geoinżynierii w ulepszaniu gruntów słabych. Współczesne konstrukcje i instalacje w budownictwie. Monografia pod redakcją Wojciecha Dornowskiego. Wydział Architektury WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 2011, rozdział 6.1, ss. 147–169
- [6] Sękowski J., Sternik K., Awaria obiektu handlowego w wyniku przekroczenia nośności podłoża. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna. Awarie Budowlane. Szczecin – Międzyzdroje, t. II, 2011, ss. 721–728
- [7] Ekspertyza budowlana dotycząca nośności fundamentów, ścian i stropodachu budynku Urzędu Miejskiego w Gliwicach w związku z planowaną nadbudową jego niższej części od strony skweru Doncaster. Autorzy: Kliszczewicz R., Pająk Z., Sękowski J. 20 (Biblioteka Katedry Konstrukcji budowlanych Politechniki Śląskiej)
- [8] Naprawy i wzmocnienia konstrukcji zagłębionych w gruncie. XVI Ogólnopolska Konferencja „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”. Ustroń, 2001, t. 1–3