

ZASTOSOWANIE PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA W PROJEKCIE POSADOWIENIA REKONSTRUOWANEGO OBIEKTU PRZEMYSŁOWEGO

Paweł FEDCZUK
Politechnika Opolska, Opole

1. Wprowadzenie

Konieczność przystosowania starych obiektów przemysłowych do nowych celów wymaga zwykle wzmocnienia (i modyfikacji) konstrukcji, wymuszając pełniejsze wykorzystanie „rezerw” tkwiących w jej nośności, a w szczególności – układu „fundament-podłoże”. Działanie takie poprzedza zwykle projekt rekonstrukcji obiektu, stosujący bardziej złożone modele ośrodków, lepiej opisujących rzeczywiste zachowanie materiałów konstrukcyjnych i gruntu.

W klasycznym podejściu projektowym zakres geotechniczny, zgodny z obowiązującą normą [1], obejmuje sprawdzenie warunków stanu granicznego nośności podłoża, jego osiadania oraz stateczności układu „fundament-podłoże”. Sprowadza się to w praktyce do weryfikacji kompletu nierówności, wykorzystujących zamknięte rozwiązania dla potraktowanych oddzielnie warunków. I tak – nośność ustala się ze zmodyfikowanego rozwiązania Terzagiego [2, 3, 1] dla modelu Coulomba-Mohra, osiadanie podłoża metodami teorii sprężystości [2] (wykorzystującymi rozwiązania dla jednorodnej półprzestrzeni sprężystej obciążonej równomiernie) z ewentualnym uwzględnieniem jednoosiowej konsolidacji [2], a – stateczność klasycznymi lub uproszczonymi metodami sprawdzającymi możliwość obrotu sztywnego fundamentu [3, 2]. Zastosowanie różnych modeli ośrodka gruntowego uniemożliwia w praktyce pełne wykorzystanie nośności, gdyż wtedy rzeczywiste osiadania są zdecydowanie większe (nawet kilkakrotnie) od prognozowanych. Stwarza to problemy z dokładnym ustaleniem „bezpiecznych rezerw” w nośności rehabilitowanego obiektu. Próbnе obciążenie fundamentu w rzeczywistych warunkach przyjęte do ustalenia realnej „bezpiecznej” nośności (z użyciem opisującej ten test charakterystyki „obciążenie fundamentu – osiadanie podłoża”) pozwala uniknąć tych niedogodności.

Niniejsze opracowanie prezentuje w zarysie spójną koncepcję takiego postępowania, umożliwiającego w miarę poprawne ustalenie rzeczywistej nośności podłoża pod fundamentami rehabilitowanego starego obiektu przemysłowego. Istotą jej jest próbnе obciążenie wybranego (zmodyfikowanego lub nowo wykonanego) fundamentu rekonstruowanego obiektu w zakresie prognozowanego przyrostu obciążenia i pomiar jego osiadań (w celu wykonania i analizy charakterystyki „obciążenie fundamentu – osiadanie podłoża”). Postępowanie takie pozwala ustalić rzeczywiste zachowanie podłoża

w otoczeniu modyfikowanej budowli, trudne do oszacowania metodami obliczeniowymi, (nawet numerycznymi) i uwzględnienie: rzeczywistej niejednorodności podłoża, złożonego zachowanie gruntu oraz historii obciążenia.

2. Koncepcja postępowania

Zgodnie z [1] sprawdzenie prawidłowości posadowienia rekonstruowanego obiektu wymaga spełnienia trzech warunków stanu granicznego: (1) nośności podłoża gruntowego, (2) osiadań (użytkowalności) i (3) stateczności, tworzących układ 3 nierówności

$$V_d \leq R_d \quad s \leq s_d \quad E_{dst:b} \leq E_{stb:b}, \quad (1)$$

w których: V_d , R_d – oznaczają wartości obliczeniowe obciążenia pionowego (lub składowej działającej prostopadle do podstawy fundamentu) i oporu przeciw temu oddziaływaniu, s , s_d – osiadanie i maksymalne osiadanie dopuszczalne, $E_{dst:b}$, $E_{stb:b}$ – wartości obliczeniowe efektu oddziaływań destabilizujących i stabilizujących. W stanie granicznym użytkowalności wyróżnia się 5 przypadków przemieszczenia fundamentów: (a) osiadanie maksymalne, (b) osiadanie średnie, (c) przechylenie pojedynczego fundamentu lub grupy fundamentów, (d) ugięcie fundamentów i (f) różnicę osiadań, sprawdzanych opcjonalnie dla określonych budowli. Weryfikacja stanu granicznego stateczności wymaga sprawdzenia możliwości obrotu układu „fundament-podłoże” (z wykorzystaniem metody analizy stateczności ogólnej).

Proponowana koncepcja wykorzystania wyników próbnego obciążenia fundamentu (lub grupy fundamentów) modyfikowanych obiektów przemysłowych bazuje na analizie uzyskanej doświadczalnie charakterystyki „obciążenie fundamentu – osiadanie podłoża”. Tok postępowania obejmuje:

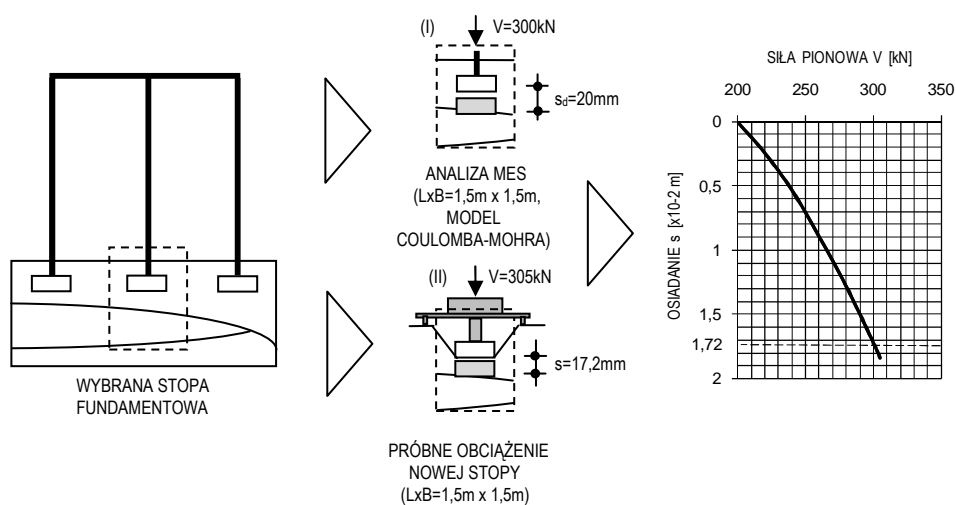
- a) oszacowanie rzeczywistych wartości obciążenia dla modernizowanego obiektu, jako różnicy pomiędzy działającymi na obiekt przed rekonstrukcją i po jej wykonaniu,
- b) ustalenie najniekorzystniejszych wariantów pracy konstrukcji (schematów osiadania i nośności) z wyborem zmodernizowanych fundamentów do próbnego obciążenia,
- c) modernizację wybranych fundamentów,
- d) poddanie wyselekcjonowanych fundamentów próbnemu obciążeniu (w zakresie nieznaczenie przekraczającym oszacowany przyrost obciążenia) po rekonstrukcji obiektu i wykreślenie zestawu charakterystyk „obciążenie fundamentu – osiadanie podłoża”,
- e) analizę uzyskanych wyników oraz odczytanie z wykresów wartości osiadania dla szacowanego poziomu obciążenia,
- f) sprawdzenie granicznych warunków: nośności, osiadania (odpowiednich jego przypadków) i stateczności dla ustalonego poziomu obciążenia.

Tak schematycznie sformułowany tok postępowania wymaga doprecyzowania. Oszacowanie rzeczywistych wartości obciążenia (a) fundamentów starego i zmodernizowanego obiektu wymaga wykonania poszerzonego projektu wstępnego, obejmującego zakresem zestawienie obciążeń dla budowli przed i po modernizacji. W obliczeniach najlepiej jest posłużyć się programem komputerowym metody elementów skończonych, umożliwiającym modelowanie zachowania gruntu i innych materiałów związkami nieliniowymi. Następny krok (b) wykorzystuje kompleksowy projekt modernizacji konstrukcji rehabilitowanej budowli oraz zaktualizowaną dokumentację

geologiczną gruntów podłoża. Wybór właściwych fundamentów do sprawdzenia posadowienia, poprzedza szczegółowa analiza możliwych schematów obciążenia budowli i fundamentów, oraz przypadków osiadania. Dobiera się ekstremalnie obciążone fundamenty występujące w koniecznych do sprawdzenia wariantach osiadania oraz nośności. I na nich (po odpowiedniej modernizacji uwzględniającej ewentualne ich powiększenie, wzmocnienie lub przebudowę) wykonuje się próbne obciążenie w nieznacznie przekroczonym (o 5-10%) prognozowanym przedziale obciążenia. W przypadku niemożności poddania ich takim badaniom zastępuje się je nowymi fundamentami (o identycznej konstrukcji i posadowieniu w bliskim otoczeniu właściwych), uwzględniając historię obciążenia (wstępnie dociążając je do poziomu nacisku jaki panował pod istniejącymi fundamentami starej budowli). Ze sporządzonych charakterystyk odczytuje się rzeczywiste wartości osiadań i obciążenia, wylicza niezbędne wielkości i sprawdza warunki zdefiniowane nierównościami (1). Możliwość utraty stateczności weryfikuje się obliczeniowo, wykorzystując odpowiednie metody analizy [2, 3]. Praktyczne zasady postępowania wyjaśnia przykład, podany poniżej.

3. Przykład zastosowania

Do prezentacji opisanej koncepcji postępowania (umożliwiającej ustalenie realnej nośności zmodyfikowanego fundamentu) wykorzystuje się teoretyczny przykład rekonstrukcji dwunawowej hali przemysłowej o konstrukcji ramowej (rys. 1).



Rys. 1. Schemat przykładu zastosowania próbnego obciążenia fundamentu
Fig. 1. The scheme of example of using the load test of foundation

Zakłada się, że w tym budynku środkowy ciąg stóp fundamentowych o kwadratowej podstawie (mającej długość L i szerokość B równą 1,0m) wymaga jej powiększenia do rozmiarów 1,5m x 1,5m. Możliwy prognozowany wzrost wartości obliczeniowego obciążenia osiowego ΔV wyniesie 100kN (powiększy się z 200kN do 300kN), nadal spełniając klasyczny warunek nośności podłoża [1] zdefiniowany zależnością (1.a). Siła

$V = 300\text{kN}$ nie przekracza dopuszczalnej wielkości oporu R_d (oszacowanej numerycznie z wykorzystaniem komputerowego programu metody elementów skończonych). Ze względu na techniczną trudność realizacji próbnego obciążenia na najniekorzystniejszej wyselekcjonowanej stopie (spoczywającej na najsłabszej części podłoża) – badanie wykonano na nowej, identycznej stopie posadowionej obok wybranej. Poddano ją próbnemu obciążeniu w przedziale obciążenia ΔV (powiększonemu o 5% wartości tj. do przyrostu na poziomie 105kN). Ze względu na częściowo już „wykorzystane” osiadanie podłoża przez stary obiekt (przed modernizacją) – przyjęte zostało ograniczenie na dodatkowy przyrost osiadania natychmiastowego s_d równy 20mm . Rezultat wykonanego teoretycznie badania ujęto w formę charakterystyki „obciążenie fundamentu – osiadanie podłoża”. Analiza wykresu pokazuje, że taki przyrost obciążenia zostanie osiągnięty na poziomie osiadania równym $s = 17,2\text{mm}$, co spełnia warunki prawidłowości posadowienia sprecyzowane nierównościami (1.a)-(1.b).

Ponieważ działanie siły pionowej nie powoduje utraty stateczności stopy fundamentowej, to weryfikacja warunku (1.c) nie jest konieczna.

4. Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja zastosowania próbnego obciążenia pozwala na zbliżone do rzeczywistości oszacowanie nośności podłoża pod fundamentem i zachowania układu „fundament-podłoże”. Postępowanie takie ograniczają jednak warunki techniczne jego realizacji – rzeczywisty stan rehabilitowanego obiektu oraz pominięta strona techniczna realizacji badania (uwzględniająca ograniczenia co do sposobu jej wykonania i wytrzymałości badanych fragmentów konstrukcji rehabilitowanego obiektu przemysłowego). Tym niemniej przewaga opisanego postępowania w stosunku do klasycznych koncepcji obliczeniowych polega na możliwości uwzględnienia rzeczywistego zachowania gruntu w podłożu i realnego wpływu jego własności na zachowanie układu „fundament-podłoże”.

Literatura

- [1] Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne, PN-EN 1997-1, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2008.
- [2] Wiłun Z.: Zarys geotechniki, WKŁ, Warszawa 1987.
- [3] Motak E.: Fundamenty bezpośrednio. Wzory, tablice, przykłady, Arkady, Warszawa 1988.

APPLICATION OF LOAD TEST IN THE FOUNDATION DESIGN OF RECONSTRUCTED INDUSTRY BUILDING

Summary

The following paper presents the concept of using the load test and “foundation loading – subsoil settlement” characteristic in design to establish correctly the real bearing capacity subsoil under foundations of revitalized old industry building.