

Prof. dr hab. inż. Maciej Werno
prof. zw. Politechniki Koszalińskiej
Adres prywatny:
ul. Rodzinna 17, 80-260 Gdańsk

Gdańsk, dnia 8 czerwca 2018 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgra inż. Piotra Cichockiego

pt. „Analiza współpracy fundamentu płytowo-palowego z podłożem gruntowym z uwzględnieniem oporu poboczniczy i podstawy pala wywołanych osiadaniem”

1. Podstawa opracowania

Recenzję rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Cichockiego opracowałem na podstawie następujących materiałów:

- pisma Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 28 maja 2018 r.,
- egzemplarza rozprawy doktorskiej.

2. Tematyka rozprawy doktorskiej

Fundamenty płytowo-palowe są szczególnym sposobem posadowienia obiektów inżynierskich. W złożonych warunkach geotechnicznych oraz przy relatywnie dużej masie danego obiektu, a także w przypadku bardzo wysokich budowli kubaturowych, takie rozwiązanie posadowienia stanowi alternatywę do rozwiązania „stricte” palowego. W każdym przypadku podjęcie decyzji co do zastosowania fundamentu płytowo-palowego wymaga analizy optymalizacyjnej. Istotnym elementem jest tu maksymalne wykorzystanie nośności zarówno płyty fundamentowej jak i nośności zespołu pali. Wprawdzie do dyspozycji projektowej istnieją uogólnione rozwiązania analityczne i numeryczne, to w niektórych przypadkach posługuje się badaniami modelowymi nawet wykonywanymi w polu dużych przyspieszeń – badania w wirówkach, symulujące rzeczywistą masę ośrodka gruntowego i fundamentu jak np. badania dla obiektu wieżowego Messeturm we

Frankfurcie wykonanych na przełomie lat 80-tych i 90-tych ubiegłego stulecia. Może to świadczyć o tym, że każda metoda obliczeniowa nawet dedykowana dla konkretnej budowli posiada pewien margines niepewności. Dlatego jakkolwiek przyczynę do rozwoju metod obliczeniowych, a tym bardziej fundamentów płytowo-palowych jest niezwykle cenny. W związku z tym przedmiot i cel rozprawy doktorskiej oraz sformułowane tezy uważam za trafne, aktualne i uzasadnione zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i z punktu widzenia zastosowań w praktyce inżynierskiej, choć pewnym utrudnieniem proceduralnym jest znajomość związku pomiędzy obciążeniem i osiadaniem, który uzyskuje się na podstawie „a priori” statycznego próbnego obciążenia reprezentatywnego pala.

Recenzowana praca mająca charakter rozwiązania analitycznego, składa się z dziewięciu rozdziałów i zawarta jest na 166-ciu stronach wraz z rysunkami, tablicami, wykazem literatury z 109-ma pozycjami, w zdecydowanej większości opublikowanymi w ostatnim dwudziestoleciu.

Rozdział pierwszy zawiera wstęp, a rozdział drugi formułuje cel i tezy pracy oraz zakres rozprawy.

W rozdziale trzecim Doktorant dokonał przeglądu i analizę zagadnienia współpracy płyty i pali na podstawie dostępnej literatury. Rozdział ten stanowi 1/3 objętości pracy i zawiera krótki przegląd stosowanych analitycznych i numerycznych metod obliczeniowych, z uwzględnieniem podstawowych założeń i ograniczeń. W przypadku trudnych warunków geotechnicznych i skomplikowanych układów fundamentowych opracowane zostały przestrzenne modele numeryczne z wykorzystaniem programów PLAXIS, ABACUS i innych. W dalszej części tego rozdziału Doktorant scharakteryzował wykonane badania modelowe głównie mające na celu określenie rozdziału nośności na płytę i na pale w różnej konfiguracji pali. Rozdział kończy się wynikami monitoringu trzech budynków wieżowych, w aspekcie skuteczności zastosowanych fundamentów płytowo-palowych.

Rozdział czwarty zawierający propozycję opisu matematycznego w przedmiocie współpracy płyty i pali stanowi kluczową część pracy. Generalnie model oparty jest o pracę sprężystą podłoża gruntowego układu fundament – podłoże. W związku z tym Doktorant skorzystał z rozwiązania równania różniczkowego opisującego ugięcie płyty izotropowej na podporach sprężystych, przyjmując równomiernie rozłożone obciążenie pionowe na powierzchni płyty. Stan naprężenia w półprzestrzeni ośrodka gruntowego wyznaczył na podstawie teorii Boussinesq’a, przy

czym do dalszej analizy wprowadził tzw. strefę aktywną zdefiniowaną przez Meyera. W procedurze modelowania zastosował zasadę superpozycji tj. sumowanie wszystkich sił działających w danym punkcie rozpatrywanego ośrodka. Istotnym elementem rozwiązania jest uwzględnienie nieliniowego charakteru pracy pala w postaci krzywej obciążenie – osiadanie, uzyskane ze statycznego próbnego obciążenia pojedynczego pala wraz ze sposobem wykorzystania tej krzywej dla całej grupy pali. W tym zakresie została zastosowana procedura aproksymująca krzywą według zależności autorstwa Meyera i Kowalowa. Zjawisko osiadania identyfikuje się z mobilizacją oporów na pobocznicy i podstawie pali. Dodatkowym elementem rozwiązania jest możliwość uwzględnienia podłoża tzw. uwarstwionego różniącego się wartościami modułu odkształcenia, gęstości objętościowej i kąta tarcia wewnętrznego. Rozdział czwarty kończy się schematem blokowym obliczania płyty na uwarstwowionym podłożu i na palach. Po wprowadzeniu podstawowych danych wejściowych z wynikiem próbnego obciążenia pali uzyskuje się osiadanie podłoża i pali, a dalej ugięcie płyty. Jeżeli założony warunek dokładności obliczenia nie jest spełniony, wykonuje się iteracyjnie zmieniając warunki początkowe naprężenia kontaktowego.

W rozdziale piątym Doktorant dokonał próby weryfikacji opracowanego modelu obliczeniowego na podstawie wykonanych dwóch obiektów budowlanych i uzyskanych wyników obserwacji. Pierwszy przypadek dotyczył trzech podpór estakady drogowej posadowionych na fundamencie palowym. Uzyskane wartości osiadania grupy pali dobrze korelują z wyniki obliczeń bez udziału płyty w przekazywaniu obciążenia na podłoże. Drugi przypadek dotyczył dwóch zbiorników oczyszczalni ścieków, posadowionych na fundamencie płytowo-palowym. Niestety i w tym przypadku możliwe było wyłącznie porównanie zaobserwowanego osiadania na obrzeżach płyty z wynikami obliczeń co świadczy o poprawności modelu w tej części obliczeń.

Rozdział szósty po tytulem ”Przeгляд systematyczny rozwiązania” w istocie jest zastosowaniem modelu obliczeniowego dla kilku wirtualnych przykładów fundamentów tj. sprężystej płyty na podłożu, płyty z pojedynczym palem oraz płyty z grupą 5-ciu pali. Wyniki obliczeń opatrzone są licznymi analizami i komentarzami oraz wynikającymi z nich wnioskami.

Rozdział siódmy pod tytułem „ Praktyczne wykorzystanie” jest w istocie powtórzeniem „in extenso” przykładów weryfikacyjnych model, przedstawionych w rozdziale piątym.

Rozdział ósmy zawiera podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych analiz i badań.

Rozdział dziewiąty bardzo krótko prezentuje program dalszych badań.

3. Uwagi do rozprawy

Analizując zarówno merytoryczną treść, stronę formalną, jak i zakres rozprawy nasuwają się następujące uwagi krytyczne i pytania:

1. Cel i teza pracy nie są jednoznacznie sformułowane i trudne do szybkiego zrozumienia intencji autora. Powinny one być podane w sposób „werbalny”. Jest to o tyle ważne, że zarówno cel jak i teza muszą znaleźć również jednoznaczne odbicie we wnioskach. Drugi akapit tezy jest zbędny, gdyż jest to prawda oczywista.

2. Nie kwestionując zasadność zastosowania nieliniowej zależności obciążenie–osiadanie wg Meyera i Kowalowa zachodzi pytanie czy była one kiedyś stosowana. Wprawdzie Doktorant nie stwierdził tego na podstawie przeglądu literatury lecz warto zaglądnąć do bazy cytowań. Byłoby to istotne w perspektywie innych badań.

3. Doktorant rozszerzając rozwiązanie na podłoże uwarstwione definiowane jedynie zmianą modułu odkształceni, gęstością objętościową i kątem tarcia wewnętrznego znajduje się w ośrodku niespoistym. W tej sytuacji stosowanie pojęcia ośrodka uwarstwionego nie jest uprawnione.

4. Wyjaśnienia wymaga, czy zasięg strefy aktywnej wg Meyer dla płyty statycznej VSS zależy od parametrów gruntu skoro płyta VSS stosowana jest do oznaczania tych parametrów tj, nośności i pośrednio zagęszczenia badanej warstwy gruntu niespoistego.

5. Wyniki prezentowanej weryfikacji opracowanego modelu obliczeniowego na przykładzie dwóch obiektów i ich dostępnych danych są mało przekonujące. Spowodowane jest to incydentalnym monitoringiem obiektów. W tej sytuacji cytowany rozdział obciążenia na płytę i pale w przypadku drugiego analizowanego obiektu nie znajduje żadnego potwierdzenia w rzeczywistości.

6. Doktorant ratując się brakiem wiarygodnej weryfikacji modelu wykonał obliczenia dla wirtualnych trzech przykładów fundamentów, jak wcześniej wspomniano w niniejszej recenzji. Praktycznie jest to w jakimś stopniu badanie czułości modelu, biorąc między innymi pod uwagę uwzględnione założenia.

7. Rozdział siódmy pracy jest zbędny, gdyż stanowi powtórzenie rozdziału piątego.

8. Sformułowane wnioski z merytorycznego punktu widzenia nie budzą wątpliwości. Jednakże należy wyraźnie zaznaczyć, które wynikają z przeprowadzonych analiz opracowanego modelu, a które wynikają z literatury przedmiotu. Wnioski w pierwszym rzędzie powinny akcentować istotny wkład Doktoranta w przedmiocie pracy doktorskiej.

9. Jakikolwiek program dalszych badań nie ma wpływu na ocenę pracy doktorskiej i moim zdaniem jest zbędny.

10. Praca zawierająca duży ładunek informacji i analiz jest z tego powodu zbyt obszerna i dość rozwlekłe napisana. Wynika to z braku doświadczenia Doktoranta w zakresie redagowania zwięzłego tekstu, przy jednoznacznym formułowaniu, każdej myśli i każdego zagadnienia.

11. Drobne usterki zauważone w tekście dotyczą litery „D”, która zgodnie z wykazem oznacza średnicę pała, a pozostaje pytanie co oznacza ta litera między innymi we wzorach 4.12 oraz 4.18 do 4.20. Ponadto nie jest jasne co oznacza litera „N” z dolnym indeksem 2-s.

4. Ocena rozprawy

Oceniając recenzowaną pracę należy stwierdzić co następuje:

Doktorant postawił sobie dość ambitne zadanie wyeliminowania uproszczeń zazwyczaj wprowadzanych do analizy współpracy układu fundament płytowy – pał, opartej o teorię sprężystości. Najogólniej należy stwierdzić, iż w prezentowanym rozwiązaniu współpraca płyty sprężystej z podłożem przyjmowana dość powszechnie jako zjawisko liniowe została zastąpiona nieliniowym charakterem współpracy, sprowadzającym się do uwzględnienia charakterystyki zachowania się pała, na podstawie wyników statycznego próbnego obciążenia pojedynczego pała wraz z przekształceniem –przeniesieniem tych wyników na grupę pali. Nieliniowość ta została uwzględniona przez wykorzystanie uzyskanego związku pomiędzy obciążeniem i

osiadaniem uzyskanym z próbnego obciążenia, co zwykle manifestuje się charakterem krzywoliniowym.

Należy podkreślić iż jak już wspomniano wcześniej, fundamenty płytowo-palowe mają prawie wyłącznie zastosowanie w obiektach o wyjątkowej wysokości, obciążeniu i ograniczonej nośności podłoża. W związku z tym w krajach o wysokim poziomie technicznym, powszechną praktyką jest wykonanie próbnego obciążenia jednego lub kilku pali, do chwili uzyskania nośności granicznej. Dzięki temu możliwe jest zastosowanie takiego narzędzia obliczeniowego, które proponuje Doktorant.

Rekapitulując należy stwierdzić, iż Doktorant udokumentował w wystarczający sposób przyjętą tezę pracy, choć tylko w niewielkim stopniu udało się pozytywnie zweryfikować rozwiązanie Doktoranta, co nie umniejsza wartości pracy.

Wniosek końcowy

Na podstawie analizy i oceny rozprawy doktorskiej pt. *„Analiza współpracy fundamentu płytowo-palowego z podłożem gruntowym z uwzględnieniem oporu poboczniczy i podstawy pala wywołanych osiadaniem”*,

stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Cichockiego spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – Dz. U. nr 65, poz. z późniejszymi zmianami. Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy przez Radę Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie i dopuszczenie do publicznej obrony.

