



The Author of the PhD dissertation:

**Jakub Konkol, MSc BEng**

Title of PhD dissertation:

**Numerical analysis of pile installation effects in cohesive soils**

Title of PhD dissertation in Polish:

**Numeryczna analiza efektów instalacji pala w gruntach spoistych**

## **Summary of PhD dissertation in Polish**

W niniejszej pracy przedstawiono empiryczne równanie opisujące efektywne naprężenia radialne po instalacji pala przemieszczeniowego i konsolidacji podłoża gruntowego wokół niego. Propozycja została sformułowana na podstawie analiz numerycznych przeprowadzonych Metodą Elementów Skończonych i sformułowań: Zaktualizowanego sformułowania Lagrange'a, Arbitralnego sformułowania Lagrange'a-Eulera oraz Sprzężonego sformułowania Eulera-Lagrange'a. Zaproponowane równanie zostało skalibrowane na podstawie bazy danych zawierającej wyniki 30 próbnych obciążeń statycznych pali przemieszczeniowych wykonanych w depozytach gruntów spoistych na całym świecie. Propozycję autora zwalidowano na podstawie wyników 10 próbnych obciążeń statycznych pali CMC na poletkach badawczych w Poznaniu. Ponadto, własną propozycję porównano z 7 innymi, szeroko stosowanymi metodami projektowania pali w gruntach spoistych. W pracy przedstawiono metodologię badawczą oraz krótkie streszczenie Metody Elementów Skończonych (MES) z naciskiem na sformułowania przeznaczone do analizy dużych deformacji. Dokonano numerycznej identyfikacji parametrów materiałowych, które wpływają na naprężenia radialne po instalacji pala i konsolidacji podłoża gruntowego wokół niego. Następnie zweryfikowano stosowane metody numeryczne i modele konstytutywne na podstawie badań polowych na poletkach w ilach londyńskich, sondowań CPT w ilach koszalińskich oraz sondowań CPT-u w ilach poznańskich. Interpretacja testów numerycznych pozwoliła na sformułowanie zależności opisującej efektywne naprężenia radialne po instalacji pala i konsolidacji podłoża gruntowego wokół niego. Kalibracja równania została wykonana na podstawie wysokiej jakości bazy danych obejmującej 30 próbnych obciążeń statycznych. Niezawodność rozwiązania przebadano na podstawie całej bazy danych zawierającej 75 pali przemieszczeniowych wykonanych w gruntach spoistych. Oprócz walidacji propozycji autora wykonano także obliczenia numeryczne Metodą Elementów Skończonych dla reprezentatywnego pala. Obliczenia obejmowały analizę dużych przemieszczeń, w których uwzględniono wszystkie etapy konstrukcji i obciążenia wybranego pala oraz uproszczony model MES pala referencyjnego z wykorzystaniem proponowanej formuły na naprężenia radialne w celu wyznaczenia krzywej obciążenie-osiadanie. W podsumowaniu określono ograniczenia w wykorzystaniu propozycji autora oraz kierunki i możliwości przyszłych badań związanych z efektami instalacji.

**Keywords of PhD dissertation in Polish:** Grunty spoiste, Metoda Elementów Skończonych, Efekty instalacji, łączone sformułowania Lagrange'a-Eulera, Duże przemieszczenia, Instalacja pala



## Summary of PhD dissertation in English

In this thesis the empirical equation for radial effective stress calculation after displacement pile installation and following consolidation phase has been proposed. The equation is based on the numerical studies performed with Updated Lagrangian, Arbitrary Lagrangian-Eulerian and Coupled Eulerian-Lagrangian formulations as well as the calibration procedure with database containing world-wide 30 pile static loading tests in cohesive soils. The empirical formula has been validated with 10 pile static load tests performed in Poznań clay and its reliability has been compared with 7 pile design methods. In this thesis, the description of research methodology and brief review of Finite Element Method with emphasis on large deformation formulations have been given. The key soil parameters which influence the radial stresses after pile installation and subsoil consolidation, both modelled numerically, have been identified. Next, the numerical methods have been validated with a high quality instrumented pile installation test in London clay and simulations of CPT and CPT-u soundings in Koszalin and Poznań clays, respectively. As a consequence of numerical tests interpretation, the general form of the empirical relation for radial effective stress has been provided. This relation has been calibrated with high quality, 30 pile static load tests. Next, the reliability of pile bearing capacity prediction with the proposed empirical formula has been checked using the database of all 75 piles and reference piles in Poznań site. Besides the validation of the author's equation for radial effective stress after installation and subsequent consolidation, the numerical calculation for the reference pile in Poznań site has been carried out. Numerical calculations include large deformation analysis where all pile construction steps have been taken into account and simplified finite element model where author's empirical formula have been adopted to predict the load-settlement response of the reference pile. Finally, the limitations of the proposed formula are provided and the further possible research directions due to pile installation effects are pointed out.

**Keywords of PhD dissertation in English:** Cohesive soils, Finite Element Method, Installation Effects, Lagrangian-Eulerian coupling, Large deformation, Pile jacking