

Prof. dr hab. inż. Marek Lefik
Politechnika Łódzka
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Katedra Geotechniki i Budowli Inżynierskich
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź.

Łódź, 11 grudnia 2017 roku.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Konkola
„Numerical analysis of pile installation effects in cohesive soils”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała Rady Wydziału Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej oraz pismo w tej sprawie od Dziekana, profesora Krzysztofa Wilde z dnia 26 czerwca 2017 r.

2. Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska napisana przez mgr inż. **Jakuba Konkola** z Katedry Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej. Promotorem pracy jest dr hab. inż. **Lech Bałachowski** prof. nadzw. PG.

Rozprawa napisana jest po angielsku.

Praca liczy 242 strony, jest podzielona na 10 rozdziałów, ilustrują ją 124 rysunki i wykresy oraz 40 tabel. Spis literatury zawiera 228 pozycji. Streszczenia w języku angielskim i polskim oraz spis skrótów i oznaczeń umieszczono na początku rozprawy. Dołączone jest osiem załączników, stanowiących integralną część doktoratu.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy, ocena trafności doboru jej tematu i tytułu.

W przedstawionej rozprawie doktorskiej opracowano autorskie równania empiryczne pozwalające na obliczenie efektywnych naprężeń radialnych wywołanych wprowadzeniem w grunt pala przemieszczeniowego. Zaproponowane formuły uwzględniają proces konsolidacji gruntu wokół pala. Równania te zostały sformułowane na podstawie analiz numerycznych przeprowadzonych Metodą Elementów Skończonych. Zastosowano modele teoretyczne uwzględniające skończone przemieszczenia, posłużono się uaktualnionym podejściem Lagrange'a oraz arbitralnym i sprzężonym sformułowaniem Lagrange'a-Eulera.

Zrozumienie interakcji gruntu wokół pala przemieszczeniowego zależy w sposób decydujący od składowej radialnej naprężenia. Dlatego temat pracy doktorskiej jest wybrany właściwie, Jest to temat ważny z inżynierskiego punktu widzenia. W wyniku przeprowadzonych analiz powstała metoda inżynierska pozwalająca na stosunkowo łatwe szacowanie nośności pala przemieszczeniowego.

Charakteryzując rozprawę ogólnie zacznę od stwierdzenia, że praca ta zdecydowanie wyróżnia się pozytywnie zarówno na tle innych prób modelowania numerycznego zagadnień mechaniki gruntów jak i z obiektywnego punktu widzenia – jako niezwykle ciekawa analiza porównawcza modeli numerycznych i oceny ich zdolności przybliżania rzeczywistości fizycznej, której pewne aspekty poznajemy w doświadczeniu. Ponadto analiza ta jest świetnie udokumentowana i powinna być opublikowana jako ważne źródło opisujące twórczy proces modelowania numerycznego w mechanice gruntów. Stosowanie metod numerycznych w geotechnice jest wciąż jeszcze raczej sztuką niż standardową działalnością inżynierską. Największą wartością tej pracy to właśnie propozycja wszechstronnego uzasadnienia przyjętego modelu numerycznego. Proponowany schemat postępowania powinien być obowiązującym standardem budowania modelu numerycznego.

W tym kontekście, dość ogólny tytuł pracy wydaje się trafny, odzwierciedla on zawartość merytoryczną rozprawy.

4. Szczegółowa analiza treści rozprawy i jej ocena merytoryczna

4.1. Rozdział pierwszy (w punkcie 1.2) zawiera sformułowanie ogólne przedmiotu rozważań. Autor wyróżnia tu cel główny pracy – studium wpływu procesu instalacji pala przemieszczeniowego na jego nośność w gruntach spoistych. Celem drugorzędym jest weryfikacja dokładności i adekwatności zastosowanych metod numerycznych zaś celem końcowym – opracowanie formuły empirycznej opisującej korelację parametrów wytrzymałościowych gruntu z wartościami promieniowej składowej naprężenia efektywnego oraz parametrami opisującymi konsolidację, która rozwinie się po zakończeniu instalacji pala. W rozdziale tym Autor wzmiankuje również o walidacji tej formuły badaniami terenowymi nośności pali. W punkcie 1.1. Autor opisuje krótko sytuację fizyczną i procesy fizyczne, jakie rozważa w kontekście instalacji pala przemieszczeniowego w gruncie spoistym. W punkcie trzecim tego wstępnego rozdziału przedstawiono układ pracy oraz zawartość poszczególnych jej rozdziałów.

Powtórna lektura tego rozdziału, po zapoznaniu się z całą rozprawą, pozwala stwierdzić, że zapowiedziane w nim treści odpowiadają zawartości pracy. **Jednak moim zdaniem, w przyszłej redakcji pracy (dla jej koniecznej publikacji), należy zdecydowanie podkreślić metodę budowania modelu numerycznego, jaką zastosowano w rozprawie. Z treści pracy wynika, że kalibracja modelu to nie „secondary objective” jak pisze Doktorant w rozdziale wstępnym, ale elementarna i fundamentalna część budowy modelu numerycznego. Walidacja formuł jest również zasadniczym elementem opracowywania formuł empirycznych. W rozprawie doktorskiej Doktorant poświęcił temu zagadnieniu bardzo wiele miejsca i wysiłku. Wobec tego, etapy te powinny być zaakcentowana dużo wyraźniej w rozdziale wstępnym, niż tylko jednym zdaniem na stronie 47.** Zarówno kalibracja jak i walidacja modelu numerycznego wymaga zwykle ogromnego nakładu pracy, dlatego trzeba podkreślać wyraźniej niż ma to miejsce w rozdziale wstępnym rolę tych elementów modelowania numerycznego. Lektura rozprawy doktorskiej przekonuje o tym, że Autor pracy rozumie to bardzo dobrze. Oceniam bardzo wysoko tę świadomość jednak w zapowiedzi treści rozprawy tematy te powinny znaleźć wyraźniejsze odbicie.

Oceniając po lekturze całej rozprawy deklaracje Autora dotyczące analizy procesów fizycznych, jakie zachodzą w kontekście instalacji pala przemieszczeniowego w gruncie spoistym muszę stwierdzić, że pozostało dla mnie niejasne jedynie pojęcie „Ageing of soil structure” i jego miejsce w przedstawionym opracowaniu. Analiza zjawisk związanych ze zmianami ciśnień porowych i „reorganizacją” obszaru gruntowego w sąsiedztwie pala jest istotnie treścią opracowanego modelu numerycznego.

Zapisanej explicite tezy pracy trudno doszukać się zarówno w tym rozdziale jak i w dalszej części rozprawy. Zamiast tego sformułowano tu cel główny i cele dodatkowe.

Formułowanie celu pracy zamiast tezy pracy jest ogólniejsze i bardziej naturalne we współczesnej nauce, zwłaszcza w dyscyplinach technicznych. Uczynieniu zadość formalnemu wymaganiu sformułowania tezy prowadzi czasem do karkołomnych figur stylistycznych. Dlatego brak wyraźnie zapisanej tezy pracy nie jest moim zdaniem brakiem formalnym, przeciwnie, treść rozprawa jest dzięki temu czytelniejsza.

Podsumowując rozdział pierwszy pracy należy stwierdzić, że zgodnie z tytułem, ma on charakter krótkiego wstępu formalnego.

4.2. W rozdziale drugim przedstawiono w sposób syntetyczny opis obecnego stanu wiedzy na temat efektów instalacji pali w gruntach spoistych. Przegląd modeli numerycznych, obliczeniowych, badań terenowych i laboratoryjnych zredagowany jest kompetentnie lecz bardzo skrótowo. Przedstawiono najważniejsze idee, są jedynie sygnalizowane. W większości przypadków, jak na przykład w przypadku rysunku 2.2, krótki opis nie jest wystarczający, aby zrozumieć przedstawiane koncepcje. Są to jednak zagadnienia znane, ponadto Autor odsyła do literatury, wskazując prace w których można znaleźć szczegółowe wyjaśnienia. **Jeśli chodzi o rysunek 2.2 – nie jest jasne, jak jest on powiązany z głównym zagadnieniem rozwiązywanym w pracy, czyli z ustaleniem przebiegu naprężeń promieniowych.** W układzie chronologicznym przedstawiono krótko najważniejsze prace prowadzące do zrozumienia takich efektów instalacji pala jak geometria obszarów zaburzonych w sąsiedztwie pala, zmiany mechaniczne struktury gruntu w trakcie instalacji pala, efekty konsolidacji po zakończeniu etapu wprowadzania pala w grunt, przegląd metod analitycznych opisu efektów instalacji pala, możliwości modelowania tych zjawisk za pomocą programów MES, przegląd możliwości przewidywania efektów instalacji na podstawie badań CPT. Rozdział kończy krótki przegląd sformułowań empirycznych.

4.3. Rozdział trzeci poświęcony jest przeglądowi technik numerycznych (wybranych z repertuaru procedur programu ABAQUS) pozwalających na modelowanie ośrodków jedno i dwufazowych, podlegających dużym przemieszczeniom, które mogą prowadzić do niedopuszczalnych deformacji elementów siatki MES. Na tym tle przedstawiona jest, w zakończeniu tego rozdziału, własna i oryginalna strategia modelowania zjawisk zachodzących w gruncie w trakcie i po instalacji pala przemieszczeniowego wprowadzanego w grunt metodą quasi-statyczną. Po rozważaniach ogólnych przedstawiających jakościowo problemy związane z modelowaniem numerycznym dużych przemieszczeń, przedstawione są, (w ujęciu koncepcyjnym i jakościowym, co jest zrozumiałe i właściwe) metody: Lagrange’ i Eulera, ich numeryczne implementacje znane jako Updated Lagrangian (UL), Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) oraz Coupled Eulerian-Lagrangian (CEL). Podobnie, w ujęciu jakościowym przedstawione są strategie explicit i implicate całkowania równań modelu względem czasu. Na koniec przedstawiono strategię modelowania polegającą na tym, że obliczenia w fazie instalacji prowadzone będą metodą UL i jednocześnie metodami ALE lub/i CEL zaś zachowanie się ośrodka gruntowego po zakończeniu procesu instalacji pala będzie modelowane przy pomocy metody UL. Jest to oryginalna koncepcja Autora rozprawy, umotywowana jest potrzebą porównania (kontroli)

wyników uzyskanych niezależnymi metodami. Strategia ta pociąga za sobą problemy związane z przygotowaniem kompatybilnych danych dla modelu konstytutywnego gruntu dla różnych sposobów modelowania (ośrodek dwufazowy - ośrodek jednofazowy, inne różnice jakościowe, takie jak analiza zagadnienia sformułowanego przy użyciu jedynie naprężeń całkowitych lub sformułowania opartego na pojęciu naprężeń efektywnych). Uważam, że takie podejście jest słuszne i prowadzi do interesujących porównań. Już sama ciekawość wyników otrzymanych różnymi metodami jest wystarczającą motywacją do sformułowania takiej strategii obliczeń. Procedury ALE i CEL zastosowano (podobnie jak UL) dla materiału sprężysto-idealnie-plastycznego, jednak w procedurach Eulera-Lagrange'a przyjęto hipotezę Treski zaś w procedurze UL hipotezę MCC. Efekt nieściśliwość cieczy uzyskano przyjmując Moduł Poissona bliski wartości 0.5. Rozważania dotyczące innych parametrów konstytutywnych przedstawione są w po raz pierwszy w tym rozdziale. W kolejnych rozdziałach Autor podejmuje je jeszcze wielokrotnie. Wszystkie elementy opisu konstytutywnego są (moim zdaniem) prawidłowe i dopuszczalne, jako rozsądne przybliżenie właściwości ośrodka spoistego. **Podczas lektury dalszych rozdziałów nie znalazłem jednak precyzyjnego opisu wymiany danych pomiędzy modelami w momencie zakończenia instalacji pala i rozpoczęciem etapu konsolidacji. Dla czytelnika, który chciałby skorzystać z doświadczeń Autora dysertacji cenne byłyby informacje o procedurach ABAQUSA użytych w kolejnych fazach.** Takie informacje byłyby ważniejsze niż te, które zawarto w załączniku A. Związane z tym rozdziałem załączniki B i C zawierają przekształcenia bardzo pomocne w precyzyjnym zrozumieniu znaczenia danych użytych w modelach konstytutywnych. **Domyślam się, że analiza etapu konsolidacji rozpoczyna się jednocześnie dla całej pobocznicy dopiero po zakończeniu procesu instalacji, co jest też pewnym przybliżeniem rzeczywistości fizycznej.**

W przeglądzie dostępnych algorytmów obliczeniowych wymienione są metody należące do grupy metod bezsiatkowych, moim zdaniem – najnowocześniejsze w zastosowaniu do modelowania dużych przemieszczeń. **Zabrakło jednak w rozprawie dyskusji dotyczącej zalet takiego podejścia w stosunku do przyjętych metod modelowania numerycznego. Czy metody te były brane pod uwagę jako potencjalne narzędzia rozwiązania problemu, jeśli tak to co zadecydowało o ich odrzuceniu?** Zagadnienia geotechniczne metodami bezsiatkowymi, w tym zagłębianie pala w gruncie, rozwiązuje prof. Zdzisław Więckowski z Politechniki Łódzkiej.

4.4. W rozdziale czwartym przedstawiono sformułowania algorytmów MES dla dużych przemieszczeń. Po wstępnym opisie istoty tej metody omówiono jakościowo i syntetycznie, ograniczając się do niezbędnych formuł, uaktualniane podejściem Lagrange'a oraz arbitralnym i sprzężonym sformułowaniem Lagrange'a-Eulera. Wobec tego, że rozdział ten ma charakter prezentacji znanej metody obliczeniowej, ograniczę się do stwierdzenia, że przedstawione sformułowania są poprawne i dobrze charakteryzują przyjętą metodę modelowania numerycznego zagadnienia instalacji pala i zachowania się gruntu po instalacji. W szczególności trawnie przedstawiono słabe i mocne strony wszystkich metod numerycznych wykorzystywanych w poszczególnych algorytmach obliczeniowych zastosowanych modeli numerycznych.

4.5. Rozdział piąty dotyczy wstępnych studiów i testów dotyczących prawidłowego kalibrowania parametrów konstytutywnych dla różnych opisów, użytych później w modelowaniu gruntu otaczającego pal. W szczególności oceniono tu wrażliwość modelu na poszczególne parametry i ich wpływ na dokładność symulacji instalacji pala. Korelacje parametrów związków konstytutywnych dla opisu bazującego na naprężeniach całkowitych i na naprężeniach efektywnych ustalono wykonując testy numeryczne próby trójosiowej typu

UU. Szczegóły testu numerycznego, którego wynikiem jest rysunek 5.4., przytoczone w formie kolejnego załącznika, mogłyby być bardzo ciekawym elementem dokumentacji procesu kalibracji. Kolejnym ważnym etapem jest 138 testów numerycznych instalacji pala, wykonanych przy użyciu trzech wybranych algorytmów. W tym wypadku szczegóły wszystkich modeli numerycznych są dość precyzyjnie opisane w kolejnych podrozdziałach. W mojej opinii, procedura porównania wyników zaproponowana przez doktoranta jest bardzo ciekawa, stanowi Jego twórcze osiągnięcie. Porównuje on wybrane pola zmiennych zagadnienia, takie jak składowe tensora naprężeń całkowitych i efektywnych, ciśnienie porowe i inne, oraz pewne wielkości syntetyczne obliczone na podstawie wyników testów. Porównania te są treścią kolejnych podrozdziałów, ilustrują je rysunki 5.7 – 5.9 i 5.11. Trudno w tym miejscu odnosić się do wszystkich komentarzy i wniosków, jakie Autor zapisał w tym rozdziale. Chcę stwierdzić, że zgadzam się z nimi w większości. Uważam, że zgodność wyników tych testów, otrzymanych różnymi procedurami, jest jakościowo bardzo dobra. Rozbieżności, które obserwuje i komentuje Doktorant są, moim zdaniem, nieuniknione. Prawidłowo opisane są takie elementy modelu jak wielkość obszaru zamkniętego sztucznie skonstruowanym brzegiem, dobór kroku czasowego, sposób zagęszczania siatki, tarcie pomiędzy pobocznica a gruntem (model Coulomba) i tym podobne.

4.6. Szczególnie ciekawa jest treść rozdziału szóstego. W rozdziale tym zebrano dane pochodzące z pomiarów wykonanych przy pomocy pali, które wyposażone zostały w czujniki umożliwiające pomiary siły osiowej, ciśnienia porowego naprężenia powierzchniowego i temperatury w kilku punktach pala, podczas pograżania pala w gruncie. Wykorzystano dane dla pali zagłębianych w gruntach dwuwarstwowych zbudowanych z prekonsolidowanych iłów londyńskich. Jak poprzednio, Autor wykonał model numeryczny trójosiowego badania typu UU. Jego wyniki, przedstawione na rysunku 6.4 są bardzo ciekawe, uważam je za zgodne jakościowo i ilościowo na tyle, na ile pozwalają założenia modelu (kryterium MCC). Uważam, że prowadzenie tych testów numerycznych powinno być standardem w przygotowaniu modelu numerycznego. W dalszej części tego bardzo wartościowego rozdziału, po ustaleniu parametrów geotechnicznych, przeprowadzono testy zgodności trzech modeli obliczeniowych z danymi pomiarowymi dla fazy instalacji pala i dla fazy konsolidacji. Zgadzam się w pełni z konkluzją Autora, że wszystkie testy dały wyniki zgodne z pomiarami. Pokazano dobrą zgodność dla szczególnie ważnego przypadku naprężenia promieniowego (Rys. 6.10a). Również dane dotyczące fazy konsolidacji pozwalają uznać model UL za możliwy do przyjęcia.

4.7. Podobny (do przedstawionego w rozdziale szóstym) schemat postępowania zastosowany został w rozdziale siódmym do analizy sondowań statycznych CPT. W tym przypadku wykorzystano materiały z sondowań statycznych z okolic Koszalina związanych z budową autostrady S6. Doktorant wykazał w tym rozdziale bardzo dobre zrozumienie i zdolność do interpretacji sondowań statycznych, wybór danych do testowania modelu numerycznego jest bardzo trafny (wybrano prekonsolidowane gliny). Testy numeryczne dotyczyły w tym wypadku testu edometrycznego i testu bezpośredniego ścinania. Rysunek 7.5 i kolejne, w których wykorzystano dane z prób trójosiowych, świadczą o dobrej zgodności danych obliczeniowych i wyników doświadczeń laboratoryjnych. Opis obliczeń numerycznych przy pomocy ABAQUSA i algorytmów ALE oraz UL potwierdza pozytywne jakościowe wnioski o przydatności tych schematów obliczeniowych do modelowania procesu zagłębiania pala (stożka CPT).

4.8. W rozdziale ósmym przeprowadzono badania numeryczne dla dziewięciu pali wybierając jako miarodajny dla wyprowadzenia formuły empirycznej obszar pala na

poziomie około połowy jego zagłębienia. W ten sposób uniknięto wpływu zaburzeń powstałych wokół ostrza pala i w pobliżu powierzchni gruntu. Opis stanu naprężenia wokół pobocznicy pala wybrano, w ten sposób, jako reprezentatywny dla etapu zagłębienia i konsolidacji. W rozdziale tym wykorzystane są doświadczenia numeryczne poprzednich rozdziałów oraz wyniki rozdziału piątego dotyczące wyboru tych parametrów gruntu i układu grunt-pobocznica, które najwyraźniej wpływają na ukształtowanie się stanu naprężeń wokół pala w trakcie jego zagłębienia i późniejszej konsolidacji. Pomimo tego, że w rozdziale tym przeprowadza się decydujące, docelowe badania numeryczne, ich opis w dużej mierze pokrywa się z podobnymi, przedstawionymi dla fazy modeli wstępnych. W tym rozdziale jakościowo nowe dane przedstawiają rysunki od 8.3 do 8.8. Pokazują one, że Autorowi rozprawy udało się uzyskać dane numeryczne, uzyskane sprawdzonymi procedurami, jakościowo powtarzalne i poprawne, reprezentatywne dla zjawisk fizycznych zachodzących wzdłuż pobocznicy pala, w jego sąsiedztwie. Stwierdzono, że formuły empiryczne (8.18) i (8.19) dają dobry obraz rozkładu naprężeń radialnych wokół pala, w sąsiedztwie jego pobocznicy. Powiązano te wyniki z oszacowaniami nośności pala, potwierdzając ich przydatność do oszacowań tych ważnych z inżynierskiego punktu widzenia wielkości.

4.9. W rozdziale dziewiątym empiryczne formuły (8.18) i (8.19), zawierające syntetyczny opis skutków instalacji pala weryfikowane są za pomocą danych zebranych w dostępnych bazach danych. Wykorzystane bazy danych zawierają testy obciążenia statycznego pali wciskanych i wyciąganych wykonywane na całym świecie. Wybrano dane z siedmiu baz danych, starannie opisane i skomentowane przez Doktoranta. W drugiej części rozdziału użyto do weryfikacji dane zebrane z badań nośności pali w Poznaniu. Weryfikacja wzorów (8.18) i (8.19) uzyskana jest w tym rozdziale na drodze pośredniej, z danych dotyczących nośności pobocznicy pala. **Można tu sformułować wątpliwości dotyczące pewności tej procedury, jednak ważniejsze wydaje się podkreślenie faktu, że opracowane wzory związane są bezpośrednio z oceną nośności pobocznicy pala. To pozwala uznać je za ważne osiągnięcie praktyczne.**

Rozdział dziewiąty jest bardzo ważny gdyż wprowadza nową jakość do omawianej dysertacji. Mianowicie – dokumentuje możliwość wyboru i wykorzystania baz danych, w tym przypadku pochodzących z praktyki oceny nośności pali. Takie działanie powinno być standardowym elementem dokumentacji i weryfikacji efektów pracy badawczej w naukach technicznych. Rozdział ten dokumentuje jednocześnie umiejętność krytycznej analizy danych i ich prawidłowego wykorzystania przez Doktoranta. Autor rozprawy wykazał też bardzo dobrą znajomość praktycznych zagadnień geotechnicznych, związanych z obliczaniem i oceną nośności pali. Analiza danych związanych z nośnością pali i jej powiązanie z formułami (8.18) i (8.19) zawarta w tym rozdziale jest bardzo ciekawa, angażuje klasyczne narzędzia statystyczne analizy danych. Wysokich kompetencji praktycznych Autora rozprawy dowodzi również jego umiejętność powiązania wyprowadzonych wzorów ze standardami projektowania. Dyskusja tych zagadnień, przeprowadzona przez Doktoranta pozwala bardzo wysoko ocenić Jego zdolności do realistycznej i krytycznej oceny skuteczności i ograniczeń użytych metod i jakości wyników pracy badawczej.

4.10. Rozdział dziesiąty jest ostatnim rozdziałem merytorycznym, zawiera wnioski końcowe. Ich sformułowanie jest logicznym wynikiem zawartości kolejnych rozdziałów. W mojej opinii należałoby wyraźniej podsumować złożoność, a tym samym niewielką użyteczność prawidłowego, odpowiedzialnego modelowania numerycznego w codziennej praktyce inżynierskiej, racjonalne wykorzystanie technik numerycznych jako element pracy naukowo-badawczej i możliwość konstruowania łatwych sformułowań praktycznych na bazie

takiej analizy. Oczywiście – zgadzam się z wszystkimi konkluzjami, jakie Doktorant w tym rozdziale proponuje.

5. Uwagi szczegółowe, edytorskie i inne.

Stwierdzam, że praca jest prawidłowo skomponowana, błędy edytorskie i stylistyczne są nieliczne, nie wymagają wymieniania w recenzji. Strona graficzna pracy jest opracowana bardzo estetycznie i czytelnie. Rysunki są czytelne i dobrze ilustrują wyniki pracy.

Autor dysertacji rozwiązywał problem, w którym niemal na każdym kroku przyjmuje się powszechnie idealizacje teoretyczne bardzo radykalne, nieraz dalekie od rzeczywistości fizycznej. Oceniana praca nie pozostawia wątpliwości, że Doktorant zdaje sobie sprawę z przybliżeń opisu konstytutywnego i innych licznych uproszczeń, które musi wprowadzić aby móc zastosować narzędzia obliczeniowe. Oczywiście, moje interpretacje niektórych rozbieżności pomiędzy modelem numerycznym a obrazem rzeczywistości fizycznej mogą być inne niż Autora pracy, jednak uznałem, że tam, gdzie nie znajduję wyraźnych uchybień w warsztacie intelektualnym i numerycznym, nie powinienem proponować innych interpretacji.

Takich uchybień nie znalazłem.

W trakcie merytorycznej analizy kolejnych rozdziałów przedstawiłem kilka uwag, które łatwo znaleźć w tekście opinii (**zapisano je czcionką pogrubioną**), nie zostaną więc powtórzone w tym punkcie.

Interesuje mnie jednak opinia Autora na temat możliwości opracowania syntetycznej procedury w ramach programu ABAQUS lub poza nim, która dla gruntów spoistych i być może niespoistych pozwoliłaby zastosować modelowanie numeryczne jako standardowe narzędzie inżynierskie do opisu zachowania się pala przemieszczeniowego zagłębianego w gruncie. Odniosłem wrażenie, że Autor nie wierzy w możliwość standardowego modelowania tego zagadnienia metodami numerycznymi, uważa przedstawione numeryczne instrumentarium jako narzędzie pracy studialnej lub naukowej. Przede wszystkim jednak, jako metodę przygotowania innego typu zaleceń dla inżyniera – praktyka. W tym wypadku – zaleceń w formie wzorów empiryczno-wirtualnych na składową radialną naprężenia wokół pala. Czy tak jest istotnie?

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Oryginalnym osiągnięciem naukowym mgr inż. Jakuba Konkola jest opracowanie kompletnej procedury modelowania numerycznego w geotechnice, zawierającej kalibrację modelu, analizę wrażliwości na parametry wyjściowe, wybór prawidłowego opisu teoretycznego i fizycznego zagadnienia, weryfikację i walidację wyników.

Zgadzam się z większością stwierdzeń sformułowanych przez doktoranta w treści rozprawy. Uważam, że świadczą one o jego dużej dojrzałości naukowej i umiejętności dokonania krytycznej i porównawczej analizy teorii naukowych, w tym tych, które tworzy. Jest to warunek rozwoju opracowanego modelu, stanowi też bardzo istotny przyczynek do praktyki modelowania teoretycznego i numerycznego zagadnień związanych ze współpracą konstrukcji i gruntu. Doktorant zna współczesne metody numeryczne rozwiązywania zagadnień inżynierskich, potrafi odszukiwać potrzebne informacje nie tylko w literaturze, ale również w specjalistycznych bazach danych.

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dokonane przez Doktoranta, a także wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez jej Autora.

Rozprawa dotyczy dyscypliny naukowych „geotechnika”, „mechanika gruntów”, „metody numeryczne”. Autor wykazał się dobrą znajomością najważniejszych prac naukowych i inżynierskich związanych z tematem rozprawy doktorskiej, ogólną wiedzą teoretyczną z zakresu objętego tematem rozprawy oraz ogólną i specjalistyczną wiedzą teoretyczną związaną z wymienionymi wyżej dyscyplinami naukowymi.

Praca wyróżnia się całościowym ujęciem tematu, dojrzałością syntetycznych przeglądów stanu wiedzy w dziedzinie modelowania numerycznego w geotechnice, dojrzałością krytycznej i porównawczej analizy otrzymanych wyników.

Uważam, że jest to praca wyróżniająca się.

Wyróżniam ją za kompleksowe podejście do zagadnienia modelowania numerycznego w geotechnice, które opisałem w pierwszym zdaniu tego rozdziału recenzji.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Konkola spełnia wymagania „ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” oraz wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.



Marek Lefik