

DR HAB. INŻ. PIOTR E. SROKOSZ, PROF. UWM

UNIwersytet WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII

INSTYTUT GEODEZJI I BUDOWNICTWA

KATEDRA INŻYNIERII BUDOWLANEJ

UL. JANA HEWELIUSZA 4

10-724 OLSZTYN

Olsztyn, dn. 09 maja 2022 r.

Tel.: 89 523 47 61

Kom.: 501 57 47 47

e-mail: piotr.srokosz@uwm.edu.pl

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie

dnia 12. 05. 2022

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
W P Ł Y N Ę Ł O

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Adama Wasiluka

pt.

Analiza wpływu niepewności na interpretację wyników krzywej Q-s, przy wykonywaniu próbnych, statycznych obciążeń pali.

Promotor: prof. dr hab. inż. Zygmunt Meyer

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Adama Wasiluka, zatytułowanej " Analiza wpływu niepewności na interpretację wyników krzywej Q-s, przy wykonywaniu próbnych, statycznych obciążeń pali ", została sporządzona na zlecenie Pana prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, zgodnie z pismem z dnia 7-ego marca 2022 roku, otrzymanym w dniu 14-ego marca 2022 roku.

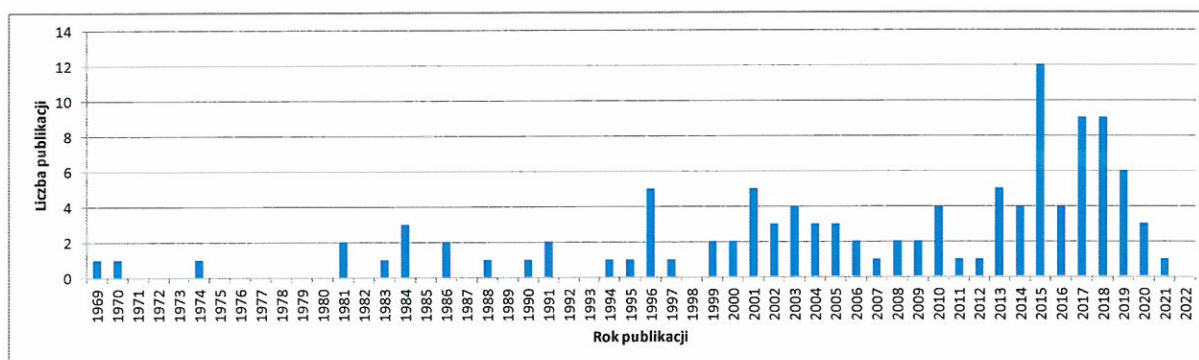
Spis treści

1. Charakterystyka ogólna rozprawy
 - 1.1. Formalna struktura rozprawy
 - 1.2. Krótkie przedstawienie treści rozprawy
2. Szczegółowa ocena rozprawy
 - 2.1. Ocena merytoryczna, uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne
 - 2.2. Ocena formalnej strony rozprawy
3. Podsumowanie i wniosek końcowy

1. Charakterystyka ogólna rozprawy

1.1. Formalna struktura rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska ma formę maszynopisu książki. Tekst pracy liczy 127 stron i został podzielony na 9 rozdziałów zakończonych zbiorczym zestawieniem literatury źródłowej. Uzupełnieniem jej zawartości są streszczenia w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń i symboli, które umieszczono po spisie treści, na początku maszynopisu, a także spisy: rysunków, zdjęć, tabel oraz 4 załączniki umieszczone po spisie literatury źródłowej. Literaturę źródłową stanowi 111 pozycji bibliograficznych z lat 1969-2021, z przewagą ich liczebności z lat 1999-2021 (rys.1), w tym 54 publikacje z ostatnich 10 lat, głównie publikacje w czasopiśmie i materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym, rozprawy monograficzne i projekty techniczne, bez adresów witryn internetowych. Podział treści rozprawy można uznać za prawidłowo wyważony, a objętość rozdziałów - adekwatna do istotności poruszanych w nich zagadnień. Podsumowując, strukturę pracy, w tym kolejność przedstawionych w niej zagadnień, można uznać za prawidłowe.



Rys.1.

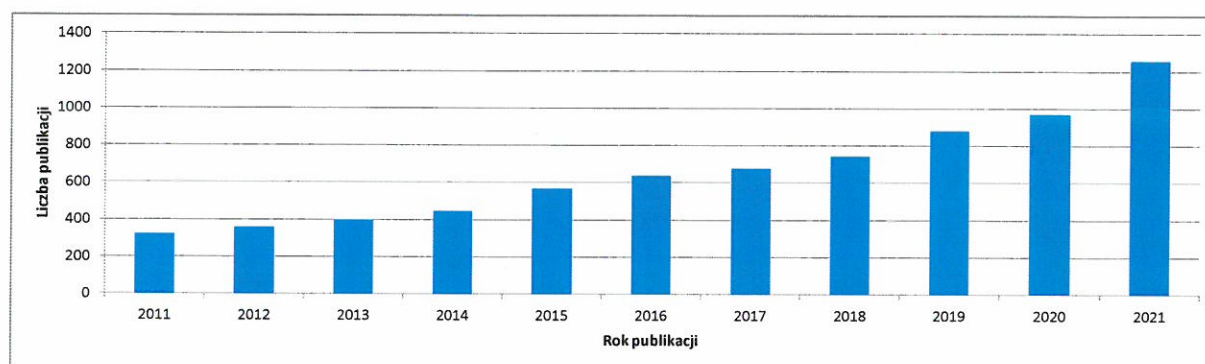
1.2. Krótkie przedstawienie rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest analiza wybranych zjawisk fizycznych towarzyszących próbnym, statycznym obciążeniom pali fundamentowych, które mają decydujący wpływ na przebieg tego rodzaju badań oraz interpretację uzyskiwanych wyników pomiarowych.

Historia fundamentów palowych sięga kilku tysięcy lat¹ i nierozdzielnie wiąże się z historią ludzkości, gdyż postęp w rozwoju technik posadowienia głębokich obiektów mieszkalnych niewątpliwie jest istotnym wskaźnikiem postępu rozwoju cywilizacyjnego człowieka. Opracowanie pierwszej koncepcji fundamentowania pośredniego na palach, w tym konkretnym przypadku palach prefabrykowanych, drewnianych, przypisywana jest ludziom z okresu neolitu, zamieszkującym obszar dzisiejszej Szwajcarii w latach 4300–800 p.n.e. Najprawdopodobniej głównym powodem wznoszenia siedzib ludzkich na palach posadowionych w dnie jezior, w stosunkowo niewielkiej odległości od brzegu, była ochrona przed dzikimi zwierzętami. Pierwszego odkrycia takiego prehistorycznego siedliska ludzkiego dokonano na polodowcowym Jeziorze Zuryskim w 1854 roku. Aktualnie w ponad 20 szwajcarskich muzeach można oglądać wystawy poświęcone ówczesnym mieszkańcom tego specyficznego rodzaju obiektów.

¹ Ulitskii V.M. History of pile foundation engineering. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 32, 110–114 (1995)

Z trwałością i skutecznością funkcjonowania posadowienia na palach łączy się wieloaspektowo ujmowane właściwe rozpoznanie i opis współpracy ich konstrukcji z podłożem. Bez wątplenia, problemy z oszacowaniem nośności i odkształcalności tego rodzaju posadowienia wynikają przede wszystkim ze złożonego charakteru oddziaływań zachodzących w strefach kontaktowych pomiędzy poszczególnymi elementami składowymi fundamentu oraz gruntami stanowiącymi lokalnie naruszone podłoże, które cechują się złożonymi i, co gorsza, niestałymi w czasie i przestrzeni właściwościami mechanicznymi i fizycznymi. Badania naukowe dotyczące rozpoznania i opisu zachowywania się pali pod obciążeniem mają tak wiele aspektów, że trudno je nawet wszystkie wymienić. Przykładem nietypowej tematyki badań związanej ze specyficznym formowaniem i wzmacnianiem strefy kontaktowej pomiędzy palem a podłożem gruntowym może być zastosowanie wysokoenergetycznej obróbki wyładowaniem elektrycznym². W momencie przygotowywania niniejszej recenzji, baza ScienceDirect zawierała ponad 16000 publikacji zawierających słowa kluczowe "pal + test + statyczne + obciążenie", przy czym od ostatnich kilkunastu lat ich liczba rośnie monotonicznie (np. od 327 w roku 2011, do 1257 w roku 2021, rys.2), przy czym w bieżącym roku ukazało się już 758 publikacji związanych z tą tematyką.



Rys.2.

Jest to niewątpliwy dowód ciągłego rozwoju metod analizy zjawisk zachodzących w układach fundament palowy - podłoże gruntowe w odniesieniu do infrastruktury lądowej jak i morskiej, które cieszą się ogromnym zainteresowaniem nie tylko w środowisku naukowym, ale również w geotechnicznej branży projektowo-wykonawczej, umocowanej swoją działalnością w szeroko pojętym budownictwie lądowym i morskim. Recenzowana rozprawa doktorska doskonale wpisuje się podjętą tematyką w ten trend.

W pierwszym rozdziale pracy liczącym 9 stron (2 rys.), Autor przedstawił wieloaspektową klasyfikację pali, rodzaje badań mających na celu oszacowanie ich nośności, odnosząc się, m.in. do uchylonych i obowiązujących norm i przepisów państwowych. Zwrócił uwagę na liczne czynniki prowadzące do występowania niedokładności i niejednoznaczności w procedurach interpretacji wyników próbných obciążeń, które czynią je trudnymi i wymagającymi od inżynierów stosownego doświadczenia zawodowego. Najistotniejszą częścią tego rozdziału jest uzasadnienie podjęcia badań, których przedmiotem jest ustalenie wpływu różnego rodzaju niepewności na wyniki interpretacji statycznych, próbných obciążeń pali. Autor słusznie zauważa, iż niepewności towarzyszące obliczeniom wynikają, np. z niedoskonałości stosowanych relacji konstytutywnych, czy chociażby z faktu zmiany

² Dzhantimirov Kh.A., Rytov S.A., and Kryuchkov S.A. Application of high-power electrical sparks for dynamic compaction of soil. *International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*. 1. (2010)

właściwości mechanicznych rodzimego podłoża w procesie instalowania fundamentu, które to zmiany są trudne w identyfikacji na etapie projektowania.

W drugim, dwustronicowym rozdziale, Autor przedstawił tezę rozprawy wraz z towarzyszącymi jej założeniami oraz metodami i narzędziami badawczymi. Teza została sformułowana w następujący sposób: *Istnieje możliwość, na podstawie analizy krzywej próbnego, statycznego obciążenia pala, ustalenia niepewności wynikających ze sposobu prowadzenia tego testu oraz uwzględnienia ich w interpretacji wyników.* Przedstawiając dowód tej tezy przyjęto szczegółowy zakres postępowania a także zestaw metod i narzędzi badawczych nawiązujący bezpośrednio do adaptacji modelu Meyera-Kowalowa (M-K).

Trzeci, najobszerniejszy rozdział (33 str., 16 rys.) stanowi przegląd wybranych metod interpretacji wyników testów statycznego obciążenia pali (scharakteryzowano ogółem 12 metod wraz z ich modyfikacjami) i metod badań eksperymentalnych dotyczących zagadnienia wyznaczania empirycznych relacji $Q-s$. Autor, na podstawie analizy literatury źródłowej, zwrócił uwagę na brak spójności w postrzeganiu nośności granicznej fundamentu palowego, jako zunifikowanego parametru, który prowadzi do swoistych nieporozumień zarówno wśród badaczy jak i inżynierów funkcjonujących w branży projektowej. W końcowej części tego rozdziału Autor porusza tematykę źródeł niepewności i wyodrębnia w nich dwa główne rodzaje: związane z szacowaniem właściwości fizycznych i mechanicznych gruntów znajdujących się w podłożu oraz niedokładnościami modeli obliczeniowych, nawiązując w ten sposób do sformułowanej przez siebie tezy. Rozdział kończy syntetyczna prezentacja programu badań, w którym wydzielono część analityczną i doświadczalną.

Od czwartego rozdziału (10 str., 4 rys.), zatytułowanego *Analiza zjawiska*, w rozprawie ujęto autorskie dokonania Doktoranta, które są Jego twórczym wkładem w rozwój analiz dotyczących interpretacji wyników badań fundamentów palowych. Rozdział ten można podzielić na dwie części: podrozdziały od 4.1 do 4.3, zawierające prezentację sformułowania modelu M-K oraz podrozdziały 4.4 i 4.5 prezentujące podstawowe założenia i formuły zmodyfikowanego modelu M-K uwzględniającego niepewność, której źródłem jest "dopasowanie się gruntu" do fundamentu palowego w początkowej fazie obciążania i niepewność wynikająca z wyniesienia pali kotwiących stanowisko testowe, które łącznie stanowią sposób postępowania w jaki przeprowadzony został dowód postawionej tezy.

Piąty rozdział (8 str., 5 rys., 2 tab.) zatytułowany *Badania eksperymentalne*, stanowi weryfikację oryginalnego oraz zmodyfikowanego przez Autora modelu M-K na podstawie wyników badań doświadczalnych prowadzonych na palach wielkośrednicowych, obciążanych do momentu uzyskania znacznych gradientów przemieszczeń pionowych. Stosując analizę porównawczą wyników uzyskanych z badań oraz wyników uzyskanych z obliczeń oryginalnym i zmodyfikowanym modelem M-K, przeprowadzoną na zbiorach o ograniczonej liczbie punktów pomiarowych, wykazano wystarczająco wysoką dokładność zarówno oryginalnej jak i zmodyfikowanej postaci przyjętego modelu obliczeniowego. Rozważania przedstawione w tym rozdziale uzupełniają wyniki zestawione w załącznikach 1 (wyniki badań 5 przypadków pali) i 2 (wyniki aproksymacji i ekstrapolacji badań zestawionych w załączniku 1).

Treść obszernego rozdziału szóstego (32 str., 20 rys., 12 tab.), zatytułowanego *Badania analityczne*, obejmuje eksperymenty analityczno-obliczeniowe, których celem było wykazanie skuteczności przyjętego sposobu rozwiązania postawionego problemu naukowego. Na podstawie 61 przypadków testów statycznego obciążenia zrealizowanego w ograniczonym zakresie przemieszczeń pionowych, stosując analizę wyników badań

eksperymentalnych za pomocą zmodyfikowanego modelu obliczeniowego M-K wspartą podstawowymi narzędziami analizy statystycznej, prawidłowo zidentyfikowano wpływ niepewności związanych z interakcją pali z gruntami podłoża oraz niedoskonałościami systemów kotwiących stanowisk badawczych. Rozdział ten uzupełniają dwa załączniki (załącznik 3 i obszerny, 61 stronicowy załącznik 4). Dyskusja uzyskanych wyników objęła wszystkie aspekty przewidziane przygotowanym przez Autora programem analiz. Przedstawione w rozdziale piątym i szóstym wyniki eksperymentów obliczeniowych są najważniejszym elementem przeprowadzonych analiz, gdyż stanowią dowód postawionej przez Doktoranta tezy.

Część twórczą pracy kończy rozdział siódmy (11 str., 7 rys., 2 tab.), w którym Autor przedstawił zaproponowane przez siebie rozwiązanie postawionego problemu naukowego w aspekcie użytecznym. Zaproponował algorytm postępowania, który wsparł przykładami obliczeniowymi.

Pracę kończą krótkie rozdziały: ósmy (3 str.) i półstronicowy dziewiąty. Rozdział ósmy zawiera podsumowanie zrealizowanych badań oraz wnioski, w tym dotyczące zasad poprawnej analizy wyników badań próbnych obciążeń pali fundamentowych. W rozdziale dziewiątym Doktorant zasygnalizował kierunki dalszych badań związanych z podjętą w rozprawie tematyką analiz eksperymentalnych i obliczeniowych dotyczących prawidłowej realizacji testów statycznego, próbnego obciążenia pali i interpretacji uzyskiwanych z nich wyników.

2. Szczegółowa ocena rozprawy

2.1. Ocena merytoryczna, uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy bardzo interesującego i niezwykle istotnego z punktu widzenia praktyki inżynierskiej zagadnienia, jakim jest predykcja nośności fundamentów palowych przeprowadzana na podstawie analizy wyników badań statycznego obciążenia z uwzględnieniem niepewności powstających w różnych fazach przeprowadzanych testów obciążeniowych, a związanych ze zjawiskiem "dopasowywania się", czy raczej wzajemnego mobilizowania się układu pal-podłoże gruntowe, jak również związanych ze zjawiskiem zmian wysokości poziomu terenu w otoczeniu badanego pala. Przedmiotowa predykcja związana jest z faktem, iż w wielu przypadkach tego rodzaju badań nie osiąga się stanu dużych gradientów przemieszczeń pionowych co zmusza interpretatorów do różnego rodzaju ekstrapolacji wyników, które zwykle, w swoich najprostszych postaciach, obarczone są niewielkim prawdopodobieństwem zgodności z rzeczywistym zachowaniem się badanego fundamentu. Rozprawę można zaliczyć do oryginalnych opracowań naukowych o dużym znaczeniu praktycznym w tym zakresie. Temat podjęty przez Autora jest aktualny i bardzo ważny zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Osiągnięcia przedstawione w pracy można uznać za wyraźny postęp w rozwoju analiz zjawisk zachodzących w układzie fundament palowy-podłoże gruntowe. Recenzent pozytywnie ocenia jakość merytoryczną pracy i zgłasza tylko kilka uwag do jej treści, które wymagają komentarza ze strony Autora. Wszystkie wątpliwości - w kolejności chronologicznej - przedstawiono poniżej.

Streszczenie pracy we właściwym, syntetycznym sposobie oddaje cel i zakres pracy, lecz dość skromnie i chyba zbyt ogólnie prezentuje uzyskane wyniki i wnioski, które zdaniem Recenzenta są na tyle interesujące, że zasługują na stosowne wyeksponowanie w streszczeniu.

W treści rozdziału 1 zawarto przekonujące uzasadnienie konieczności podjęcia przedmiotowej tematyki badań. Autor słusznie zauważył, że *"Niepewność towarzysząca [...] obliczeniom zależy od tego, jak daleka jest rzeczywista zależność [stanu - przyp. rec.] odkształceń od [stanu - przyp. rec.] naprężeń [w gruncie - przyp. rec.] [...] w rozpatrywanych warunkach od prawa Hooke'a"*. Uproszczenia stosowane w relacjach konstytutywnych nabierają szczególnego znaczenia w świetle wyników badań eksperymentalnych wykazujących współistnienie sprężystej i plastycznej części deformacji już w zakresie tzw. małych odkształceń³.

Teza pracy została sformułowana we właściwy sposób, który umożliwia metodyczne przeprowadzenie oczekiwanego dowodu za pomocą wskazanych metod i narzędzi badawczych. Jednakże w zakresie rozprawy ujęto opracowanie "pakietu komputerowego", który jako numeryczna implementacja opracowanego modelu matematycznego z pewnością zasługuje na uwagę, a o którym Autor nie wspomina ani słowem w dalszej części pracy.

Przegląd dotychczasowych osiągnięć naukowych w zakresie metod interpretacji wyników badań *in situ* fundamentów palowych, opracowany na podstawie literatury źródłowej, prawidłowo uzasadnia postawioną tezę - Recenzent nie zgłasza uwag merytorycznych do zawartego w pracy przeglądu literatury, chociaż w tekście pracy nie odnalazł cytowań dwóch pozycji zamieszczonych w spisie literatury ([14] i [41]). Pewne wątpliwości budzi jedynie wyjaśnienie znaczenia indeksów dolnych użytych symboli, zamieszczone na str. 28₁₀ (zasady formatowania⁴): *"W metodzie M-K parametry określone indeksem dolnym „2” odnoszą się do całego elementu palowego, zaś parametry określone indeksem dolnym „1” jedynie do jego podstawy. W przypadku, gdy symbole parametrów nie zostały opisane numerycznym indeksem dolnym, rozumieć należy przez to odniesienie do całego elementu palowego"*. Dodatkowo, w opisie graficznej ilustracji porównania modeli Meyera-Kowalowa i Chin-Kondnera przedstawionej na rys.3.9, Autor odwołuje się do wyników próbnego obciążenia pala Lp.10, którego nie ma w załączniku 4. Przegląd literatury wieńczy opis autorskiego programu badań, który jest efektem analizy stwierdzonych, możliwych kierunków dalszego rozwoju metod w zakresie interpretacji wyników próbnych obciążeń pali - w podrozdziale tym zabrakło rys.3.17, na którym Autor chciał przedstawić "graficzną interpretację programu badań".

W rozdziale czwartym Doktorant prezentuje autorskie rozwiązanie obliczeniowe postawionego problemu, oparte m.in. na minimalizacji w normie kwadratowej wartości sformułowanych funkcji, nie podając jednocześnie żadnej informacji na temat spełnienia warunków Hadamarda⁵ (istnienie, jednoznaczność i stabilność rozwiązania). Oczywiście, biorąc pod uwagę sens fizyczny analizowanych formuł matematycznych można przekonać się, że wszystkie warunki są spełnione, ale chociażby z formalnego punktu widzenia, w tego rodzaju analizach informacja na ten temat jest zawsze wysoce wskazana. W rozdziale tym brakuje również graficznej prezentacji opisanego algorytmu obliczeniowego, który został zaimplementowany w docelowym narzędziu komputerowym (nie wiadomo również w jakim języku programowania). Wydaje się, że w pracy mającej charakter eksperymentów obliczeniowych realizowanych autorskimi rozwiązaniami analitycznymi i numerycznymi, schematy blokowe są oczywistym elementem informacyjnym, który za pomocą konstrukcji złożonej z operandów, predykatów, etykiet itp., w specyficznym dla algorytmów metajęzyku,

³ Bujko M. Identyfikacja i opis odkształceń sprężysto-plastycznych gruntów w zakresie małych odkształceń. Rozprawa doktorska, Politechnika Białostocka (2021)

⁴ indeks przy numerze strony oznacza wiersze liczone od góry od dołu

⁵ Hadamard J. Sur les problèmes aux dérivées partielles et leur signification physique. *Princeton University Bulletin*, 49–52 (1902)

w elegancki i czytelny sposób przedstawia operacje zawarte w kodzie stworzonego narzędzia obliczeniowego. W publikacjach o charakterze zarówno naukowym jak i technicznym stosuje się zasady zawarte np. w normie ISO 5807:1985⁶, które powszechnie dostępne są on-line (np.⁷). Biorąc pod uwagę fakt, iż Autor wprowadzał modyfikacje do podstawowej wersji algorytmu obliczeniowego wg modelu M-K, chcąc w pewien sposób rozszerzyć zakres jego działania - możliwość porównania schematów blokowych różnych wersji byłaby bardzo pomocna w aspekcie oceny merytorycznej opracowanego rozwiązania i zastosowanych metod optymalizacji. Uwaga na temat konstrukcji schematu blokowego dotyczy również algorytmu przedstawionego na rys.7.7 (str.113).

W rozdziale piątym Doktorant wykazał prawidłowość funkcjonowania zaproponowanej modyfikacji modelu M-K na podstawie wyników zweryfikowanych obserwacjami zachowania się pali fundamentowych obciążonych do stanu pojawienia się znacznych gradientów przemieszczeń pionowych. Pomimo, że analizowane zagadnienie nie obejmuje problemów modelowania numerycznego związanych ze złożoną nieliniowością materiałową czy geometryczną, w pracy brakuje pewnych elementów podstawowej metodyki przeprowadzania doświadczeń obliczeniowych z wykorzystaniem własnych narzędzi komputerowych. Przykładem może być brak wyników tak podstawowych testów weryfikacyjnych, jak wpływ niewielkich zaburzeń wartości parametrów (np. sterujących i kontrolujących działanie algorytmów operujących w normie kwadratowej itp.) na uzyskiwane wyniki. Można się jedynie domyślać, że takie testy były przeprowadzane - prezentacja ich wyników byłaby wysoce wskazana. Poruszona kwestia jest o tyle istotna, że opracowane przez Autora narzędzie komputerowe stanowiące implementację numeryczną sformułowanych równań matematycznych jest jedynym narzędziem, które wykorzystano do udowodnienia postawionej w rozprawie tezy. Należy w tym miejscu podkreślić, że w ogólności pomiędzy matematycznym sformułowaniem analizowanego problemu fizycznego a jego implementacją numeryczną w ekstremalnym przypadku mogą wystąpić tak duże różnice, że uzyskiwane wyniki mogą bardziej zależeć od zastosowanej formy numerycznej reprezentacji algorytmu niż od samego modelu matematycznego opisującego analizowane zjawisko fizyczne (pomijając już wpływ samej reprezentacji liczb zmiennoprzecinkowych w komputerze i dokładności przeprowadzanych na nich operacji). Jednakże same wyniki przeprowadzonych eksperymentów obliczeniowych, opisanych w rozdziałach piątym i szóstym, nie budzą zastrzeżeń. Pewien niedosyt budzi jedynie brak informacji na temat szczegółów samego procesu poszukiwania wartości parametrów charakteryzujących analizowane niepewności (np. uzyskanych wartości δ^2 ujętego w równaniu (4.9)).

W podrozdziale 6.5. zawierającym wyniki analiz zmian wartości parametrów modelu M-K stwierdzono, że *"Dla wartości uzyskanych niepewności wykonano testy sprawdzające normalność rozkładu [...], które pozwoliły potwierdzić założoną hipotezę o normalności rozkładu."* - szkoda, że nie przedstawiono wyników tych testów (np. w załączniku).

Uzyskane wyniki analiz statystycznych wskazują na istnienie widocznej relacji liniowej pomiędzy parametrami podstawowego i zmodyfikowanego modelu M-K (z wyjątkiem np. współczynnika κ_2 , w przypadku którego wartości współczynnika determinacji R^2 wskazują na niezadowalające dopasowanie wyznaczonej funkcji liniowej).

⁶ ISO 5807:1985(en): Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts;

⁷ https://www.issi.uz.zgora.pl/pl/didactic/cichy/aisd_01.pdf (dostęp: 09.05.2022r., 18:40);

W rozdziale siódmym przykłady obliczeniowe znakomicie ilustrują proponowaną do stosowania w praktyce inżynierskiej procedurę wyznaczania nośności pali na podstawie wyników próbnych obciążeń. Szkoda, że do przykładów wkrađło się wiele nieściśności, np. na str.110₄ w zestawieniu wartości liczbowych parametrów modelu M-K, wartość C wynosi 0,00131 mm/MN, podczas, gdy z załącznika 4.5, z którego najprawdopodobniej pochodzi przykład (pal Lp.39), widnieje inna wartość (C = 0,00095 mm/MN, zob. tab.6.7). Podobnie rzecz się ma z wartościami $N_2(s)$ zestawionymi w tabeli 7.1. - różnią się znacznie od wartości zestawionych w załączniku 4.5. W kolejnym etapie przykładowych obliczeń (str.111) wartości parametrów wyznaczone dla zmodyfikowanego modelu M-K są identyczne, jak dla modelu w wersji podstawowej. Przy okazji rodzi się pytanie, dlaczego w przykładzie pominięto ostatnią wartość ze zbioru par $\{s_i, N_i\} : \{5,46\text{mm}; 3080\text{kN}\}$?

Recenzent chciałby podkreślić, że mimo wymienionych wyżej uwag i wątpliwości oceniana rozprawa doktorska została przygotowana na dobrym poziomie merytorycznym, a wymienione niedoskonałości z powodzeniem będzie można usunąć podczas przygotowywania na jej podstawie publikacji naukowej, która z pewnością stanie się cenną pozycją literaturową zarówno dla ekspertów zajmujących się poruszaną tematyką naukową, jak i młodych pracowników nauki rozpoczynających działalność poznawczą i rozwojową w zakresie badań dotyczących metod interpretacji wyników statycznych, próbnych obciążeń pali z uwzględnieniem niepewności pochodzących z nie w pełni rozpoznanych zjawisk fizycznych.

2.2. Ocena formalnej strony rozprawy

Oceniając redakcyjny aspekt rozprawy należy stwierdzić, że Doktorant włożył dużo starań w proces przygotowania tekstu maszynopisu. Pomimo tego, można jednak znaleźć w pracy liczne uchybienia związane z użytą formą językową, w tym: gramatyką, stylistyką czy ortografią. Poniżej Recenzent pozwolił sobie na przytoczenie kilku przykładów:

- błędy interpunkcyjne, np. str.15₉ (brak kropki na końcu zdania);
- błędy gramatyczne, np. str.30₅, „*Na rys. 3.7 zaprezentowano wykresy krzywej osiadania przy różnych wartości parametru κ_2* ”;
- błędy ortograficzne, tzw. „literówki”, np. str.63₁₋₃ „*Podczas wykonywania tych badań pięć spośród testowanych pali było obciążanych w zakresie umożliwiającym osiągnięcie niekontrolowanych osiadań.*”; występujące również w nazwiskach autorów cytowanych publikacji, np. str.38₁₁ (Decorurta);
- błędy stylistyczno-gramatyczne, np. str.47¹⁵⁻¹⁶ „*Funkcje transformacyjne z powodu konstrukcji modelu jego uzmiennienie wymagałoby jego przebudowania.*”;
- tzw. „przejęzyczenia”, np. str.63₉₋₁₀ „*Przez zniszczenie należy rozumieć utratę statyczności związaną z niekontrolowanym osiadaniem*”.

W niektórych formułach matematycznych zabrakło nawiasów (np. 3.20), a w niektórych są one zbędne (np. 3.27).

Wymienione wyżej niedoskonałości językowe i redakcyjne można zaniedbać, bo są one mało widoczne w tekście pracy i nie przeszkadzają w jej merytorycznej analizie. Jednakże przed przygotowaniem tekstu do publikacji wszystkie usterki należy usunąć.

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie przedłożonego maszynopisu książki można stwierdzić, że przedstawiona rozprawa zawiera nowe i oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego, które zawiera się, m.in. w:

- opracowaniu autorskiej modyfikacji modelu obliczeniowego służącego do wyznaczania nośności granicznej pali fundamentowych na podstawie wyników próbnych, statycznych obciążeń, wraz z identyfikacją niepewności wynikających z warunków przeprowadzonego testu *in situ*;
- przeprowadzeniu wieloaspektowych i wielowariantowych eksperymentów obliczeniowych, których wynikami są m.in. zależności pomiędzy wartościami parametrów zmodyfikowanego i podstawowego modelu obliczeniowego,
- wykazaniu w drodze eksperymentu obliczeniowego, że wpływ niepewności związanych ze zjawiskami towarzyszącymi badaniom *in situ*, takimi jak progresywna mobilizacja współpracy fundamentu z podłożem, czy deformacja podłoża w otoczeniu pala, związana z wynoszeniem zespołu pali kotwiących, ma znaczący wpływ na nośność graniczną fundamentu oraz proporcje poszczególnych udziałów składowych tej nośności;
- sformułowaniu procedury obliczeniowej przeznaczonej do bezpośrednich zastosowań w praktyce inżynierskiej, dzięki wyprowadzonym liniowym zależnościom pomiędzy parametrami podstawowego i zmodyfikowanego wg autorskiej koncepcji modelu M-K.

Prezentacja w rozprawie licznych wyników obliczeń, które nawiązują do aktualnych i ważnych zagadnień naukowych, z aspektem wysoce użytecznym, stanowi potwierdzenie wysokich umiejętności Pana mgr inż. Adama Wasiluka związanych z samodzielnym prowadzeniem badań naukowych. Zarówno sformułowany przez Niego problem naukowy jak i jego rozwiązanie potwierdza te umiejętności.

Podsumowując, oceniana praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i może stanowić podstawę do nadania jego Autorowi stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Mogę stwierdzić, że Pan mgr inż. Adam Wasiluk spełnił wszystkie wymagania zdefiniowane w Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669) oraz Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.), wobec czego stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego oraz dopuszczenie Pana mgr inż. Adama Wasiluka do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Olsztyn, 9 maja 2022r.

Piotr Sroka

