

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. 30 kwietnia 2026 r.

Tel.: 89 523 47 61
e-mail: piotr.srokosz@uwm.edu.pl

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Artura Zachodniego

pt.

Badania współpracy fundamentów płytowo-palowych z podłożem gruntowym.

Promotor: dr hab. inż. Marcin Cudny, prof. PG

Wpłynęło
do Biura Wydziału WILiŚ
dn.: 07.05.2026
I.dz. 372 podpis: Grymuż

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Artura Zachodniego, zatytułowanej „Badania współpracy fundamentów płytowo-palowych z podłożem gruntowym”, została sporządzona na zlecenie Pani prof. dr hab. inż. Ewy Wojciechowskiej, Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, zgodnie z pismem z dnia 02-ego marca 2026 roku (sygnatura I.dz.149/WILiŚ/2026), otrzymanym w dniu 05-ego marca 2026 roku.

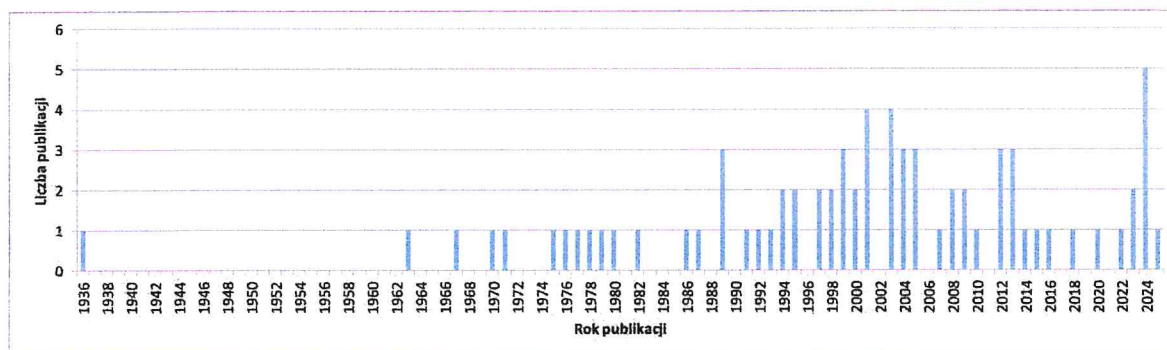
Spis treści

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 dwuczęściowego maszynopisu książki. Praca została napisana w języku polskim. Pierwsza część zawiera tekst liczący 164 strony, który został podzielony na 7 rozdziałów zakończonych zbiorczym zestawieniem literatury źródłowej, spisem tablic i rysunków. Uzupełnieniem jej zawartości są streszczenia w języku polskim i angielskim oraz zestawienie wyjaśnień najważniejszych symboli oznaczeń i skrótów wykorzystanych w tekście, które umieszczono za spisem treści, na początku maszynopisu. Literaturę źródłową stanowią 73 pozycje bibliograficzne z lat 1936-2025, bez wyraźnej przewagi ich liczebności w ciągu ostatnich 20 lat (rys.1), w tym 13 publikacji z ostatnich 10 lat. W materiałach źródłowych przeważają publikacje w czasopismach i materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym oraz rozprawy monograficzne. Druga część maszynopisu zawiera 8 obszernych załączników z wynikami obliczeń, których układ odpowiada kolejności zagadnień merytorycznych poruszanych w pierwszej części pracy. 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 w pełni prawidłowe.



Rys.1.

1.2. Krótkie przedstawienie rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest metodyka modelowania współpracy fundamentów płytowo-palowych (FPP) z podłożem gruntowym, w koncepcji której przyjęto wykorzystanie Metody Elementów Skończonych (MES). Szczególną uwagę poświęcono opisowi mechanizmu redystrybucji sił działających w układzie FPP poprzez analizę wybranych wariantów, obejmujących m.in. model konstytutywny ośrodka gruntowego, początkowy stan naprężenia, anizotropię sztywności, zastosowane elementy modelujące fundamenty palowe oraz zjawisko wiązania betonu. Na podstawie wyników przeprowadzonych, kompleksowych analiz sformułowano wytyczne dotyczące zasad projektowania i weryfikacji poprawności wymiarowania fundamentów płytowo-palowych.

Fundamenty płytowo-palowe stanowią jedno z najbardziej efektywnych rozwiązań posadowienia w trudnych warunkach gruntowych, ponieważ w pewien synergiczny sposób łączą zalety obu technik fundamentowania. Dzięki ich współpracy możliwe jest bardziej równomierne rozłożenie obciążeń oraz znaczące ograniczenie osiadań, co przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa konstrukcji i optymalizację kosztów (np. redukcję liczby pali w porównaniu z klasycznymi fundamentami palowymi). Ten rodzaj specyficznego

posadowienia nabiera szczególnie istotnego znaczenia w przypadku budynków wysokich, mostów oraz obiektów infrastrukturalnych posadowionych w trudnych warunkach gruntowych. Przykładem niewątpliwie spektakularnego zastosowania tego rodzaju fundamentów zespolonych jest posadowienie budynku wysokościowego Burj Khalifa (Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie), które zrealizowano w podłożu składającym się z osadów morskich powstałych w wyniku szeregu zmian poziomu morza w stosunkowo niedawnych czasach geologicznych – z okresu od czwartorzędu do późnego plejstocenu – przede wszystkim piasków wydm eolicznych, osadów ewaporatowych, piasków morskich i słabo scementowanych skał wapiennych¹. Innym przykładem, zwracającym uwagę ze względu na rozmach inwestycji, są chociażby wieże Petronas Towers (Kuala Lumpur, Malezja), których fundament FPP spoczywał pod warstwą osadów aluwialnych, na zwietrzalnych skałach osadowych (łupków ilastych, mułowców i piaskowców) formacji znanej pod lokalną nazwą „Kenny Hill”, które z kolei podparte są skałą macierzystą z okresu Syluru, składającą się głównie z wapienia kalcytowego i dolomitowego oraz ich form przeobrażonych². W przypadku infrastruktury mostowej, koncepcja fundamentów FPP była zastosowana m.in. w przypadku Viaduc de Millau (Millau, Francja), w którym każdy z siedmiu filarów oparto na płycie fundamentowej spoczywającej na czterech palach o średnicy 5 m i głębokości od 10 do 15 m, a sam fundament przenosi obciążenia z konstrukcji na podłoże składające się z wapieni (od północnej strony) i margli (od strony południowej)³. Fundamenty płytowo-palowe stanowią więc niezaprzeczalnie istotny element nowoczesnej inżynierii geotechnicznej, umożliwiając bezpieczne i ekonomiczne projektowanie skomplikowanych obiektów inżynierskich stanowiących niejednokrotnie spektakularne wyzwanie współczesnego budownictwa.

Bezpieczne projektowanie obiektów budowlanych wymaga stosowania narzędzi nieliniowej analizy. Potencjalne, techniczne problemy, związane z bezawaryjną eksploatacją obiektów budowlanych, bardzo często uzależnione są od trafnych przewidywań rozkładu sił działających w konstrukcji jak i deformacji w podłożu gruntowym. Systematyczne badania w tej materii są bardzo cenne i niezwykle pożądane, gdyż stanowią podstawę skutecznej predykcji i wysokiej wiarygodności obliczeń projektowych, które ze swojej natury powinny pozwolić przewidzieć wszystkie aspekty realizacji przedsięwzięcia jak i zapewnić bezpieczne funkcjonowanie inwestycji w całym okresie jej eksploatacji. W momencie przygotowywania niniejszej recenzji, baza ScienceDirect zawierała ponad 656 publikacji scharakteryzowanych słowami kluczowymi: „piled+raft+foundation”, przy czym w bazie znajdowało się około 38 publikacji, które ukazały się w bieżącym roku – ich tematyka dotyczy m.in. badań fizycznych i numerycznych układów FPP poddanych obciążeniu pionowemu w aspekcie opracowania modelu rozkładu obciążenia czy określanie reakcji sejsmicznej FPP na podstawie wyników eksperymentów doświadczalnych przeprowadzonych w wirówce. Powyższe jest niewątpliwym dowodem ciągłego rozwoju badań dotyczących sposobów prowadzenia analiz projektowych, w tym również numerycznych/symulacyjnych, których nadrzędnym celem jest uzyskiwanie reprezentatywnych, a przede wszystkim trafnych przewidywań dotyczących zachowania się układu „fundament – podłoże gruntowe” w różnych warunkach obciążenia. Recenzowana rozprawa doktorska wpisuje się podjętą tematyką w ten trend.

¹ Poulos, H.G., Bunce, G., Foundation Design for the Burj Dubai – the World’s Tallest Building. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Arlington, USA, 2008, art. nr 1.47;

² Baker, C.N., Kiefer, T.A., The Design of Foundations for the World’s Tallest Buildings. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Arlington, USA, 2013, art. nr SOAP-1;

³ Schlosser, F., Servant, C., Guilloix, A., Bergere, A., Millau viaduct geotechnical studies and foundations, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013, 5(3), s.243-247;

W trzynastostronicowym *Wprowadzeniu* (7 rys., 0 tab.) Autor przedstawił genezę tematu oraz uzasadnienie jego podjęcia, zwracając szczególną uwagę na konieczność sprecyzowania zasad poprawnego modelowania fundamentów płytowo-palowych (ze szczególnym uwzględnieniem mocnych i słabych stron dostępnych modeli konstytutywnych gruntu) a także wytycznych projektowo-wykonawczych FPP. Podał również cele pracy, stosownie uwypuklając najważniejszy efekt praktyczny, którym jest „*opracowanie metodyki doboru modeli konstytutywnych gruntów, uwzględniającej specyfikę warunków geotechnicznych oraz sposób prowadzenia analiz numerycznych, niezbędnych do uzyskania reprezentatywnych i wiarygodnych rezultatów inżynierskich.*”

W drugim rozdziale (25 str., 9 rys., 0 tab.) przedstawiono stosowane w praktyce inżynierskiej podejścia projektowe (w tym standaryzowane warunkami stanów granicznych nośności ULS i użyteczności SLS) oraz metody analizy FPP, które podzielono na trzy klasy: uproszczone (tzw. „konwencjonalne”, oparte na prostych modelach analitycznych, np. Poulosa-Davisa-Randolpha czy Burlanda), przybliżone (modele belki lub płyty na podłożu sprężystym) i „dokładne” obejmujące przede wszystkim zaawansowane techniki numeryczne MES.

Od trzeciego, obszernego rozdziału (80 str., 61 rys., 22 tab.), zatytułowanego „*Wielowariantowa analiza numeryczna FPP*”, w rozprawie ujęto autorskie dokonania Doktoranta, które należy traktować jako Jego twórczy wkład w rozwój metod modelowania układów FPP. Autor szczegółowo przedstawił wyniki przeprowadzonych analiz numerycznych, uwzględniając zarówno opis przyjętego modelu obliczeniowego (w tym m.in. odwzorowanie elementów konstrukcyjnych, procedurę modelowania przyrostu obciążenia) oraz testowanych modeli konstytutywnych ośrodka gruntowego. Zawarte w tym rozdziale liczne przykłady obserwacji poczynionych podczas eksperymentów numerycznych stanowią swoisty dowód mierzalnego wpływu doboru modelu konstytutywnego, stanu początkowego naprężenia w podłożu oraz anizotropii sztywności na charakter pracy systemu FPP, co potwierdzają uzyskane wartości osiadań oraz podziału obciążenia pomiędzy płytą fundamentową i palami w poszczególnych wariantach analiz, przedstawione zarówno w sposób graficzny jak i tabelaryczny. Przeprowadzone obliczenia umożliwiły już na tym etapie pracy sformułowanie ważnych wniosków dotyczących wrażliwości modelu na przyjęte założenia materiałowe oraz ewentualne implikacje praktyczne w projektowaniu FPP w złożonych warunkach gruntowych.

Czwarty rozdział (17 str., 10 rys., 9 tab.) „*Uproszczenia w analizie numerycznej FPP w projektowaniu*” jest kontynuacją autorskiego wkładu Doktoranta w eksperymentalny opis modelowania FPP – w tej części pracy rozstrzyga On dość istotny problem, który dotyczy specyficznych, dyskretnych reprezentacji pali fundamentowych w ujęciu trójwymiarowym: odwzorowania za pomocą elementów objętościowych i elementów jednowymiarowych (belkowych), współpracujących z przestrzennym ośrodkiem gruntowym. Przeprowadzone analizy porównawcze wyników uzyskanych z obliczeń pozwoliły zidentyfikować zalety i ograniczenia każdego z podejść, biorąc pod uwagę kryteria osiągniętej dokładności odwzorowania interakcji fundamentu płytowo-palowego z gruntem oraz efektywności obliczeniowej (pod względem np. zasobów czy czasu).

Wyniki ostatniego wariantu analiz numerycznych FPP Doktorant zawarł w rozdziale piątym (7 str., 9 rys., 2 tab.), zatytułowanym „*Analiza wpływu wiązania betonu*”. Uwzględnienie w symulacjach numerycznych etapowej zmienności wartości modułu sprężystości betonu w czasie, wynikającej z procesu jego dojrzewania i twardnienia, pozwoliła na sformułowanie wniosku, że „*wpływ uwzględnienia wiązania betonu płyty*

fundamentowej na przebieg wartości α_{PRF} w modelowaniu FPP jest nieznaczny” i pomijalny „z praktycznego punktu widzenia”.

Finalnym efektem przeprowadzonych badań, który jednocześnie jest zrealizowanym celem postawionym w pracy, jest zbiór wytycznych projektowych dla fundamentów płytowo-palowych, który zawarto w rozdziale szóstym (19 str., 8 rys., 3 tab.). Opracowane przez Doktoranta wytyczne uwzględniają zarówno aspekty geometryczne systemu fundamentowego (w tym m.in. wpływ geometrii konstrukcji i obciążenia na pracę FPP) jak i wskazania dotyczące doboru właściwych modeli konstytutywnych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż niektóre z opracowanych procedur postępowania (np. schemat współpracy projektantów konstrukcji i posadowienia, rys. 99, str. 144 czy schemat kalibracji wartości modułów sztywności, rys. 102, str. 151) zostały przedstawione schematami blokowymi, w których zastosowano właściwe operatory, predykaty, łączniki czy etykiety pozwalające z łatwością dostrzec istotne etapy procedur i logiczne zależności między nimi.

Pracę kończy krótki rozdział siódmy (4 str.), w którym Autor podsumował uzyskane wyniki przeprowadzonych analiz, podkreślając najważniejszy element wdrożeniowy osiągniętego celu badań, jakim jest propozycja iteracyjnej procedury projektowania podstawowych parametrów FPP (długość, średnica, rozstaw pali) na podstawie analizy zmienności współczynnika α_{PRF} w zależności od postępu obciążenia. Finalnym rezultatem podjętych badań jest dodatkowo opis zmienności wartości współczynnika α_{PRF} , ze stosownym wyeksponowaniem jego wartości maksymalnej oraz zredukowanej, wywołanej przeciążeniem fundamentów palowych. We wnioskach Doktorant zaznaczył, że *„realizacja tej metody jest możliwa tylko przy zastosowaniu modelowania numerycznego”*. Uzupełnieniem wniosków jest ważne stwierdzenie, że proponowane schematy modelowania FPP wymagają weryfikacji doświadczalnej/obserwacyjnej, która jest możliwa jedynie w badaniach prowadzonych na obiektach w skali rzeczywistej.

2. Szczegółowa ocena rozprawy

2.1. Ocena merytoryczna, uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy bardzo istotnego zagadnienia, jakim jest wiarygodna predykcja zachowania się fundamentów płytowo-palowych w aspekcie modelowania zjawisk nieliniowych, w tym związanych z redystrybucją sił pomiędzy elementami składowymi fundamentu, wywołaną m.in. występowaniem anizotropii czy zjawiska degradacji sztywności w zakresie małych i pośrednich odkształceń ośrodka gruntowego. Rozprawę należy zaliczyć do oryginalnych opracowań naukowych, przede wszystkim o istotnym znaczeniu praktycznym, biorąc pod uwagę kontekst konieczności optymalizowania rozwiązań technicznych w aspekcie bezpieczeństwa i kosztów inwestycji. Temat podjęty przez Autora jest aktualny i ważny zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Osiągnięcia przedstawione w pracy mają wyraźne znamiona postępu w rozwoju analiz numerycznych związanych z modelowaniem fundamentów zespolonych. Recenzent pozytywnie ocenia jakość merytoryczną pracy i nie zgłasza poważniejszych uwag merytorycznych do jej treści, lecz chciałby podzielić się pewnymi spostrzeżeniami, które wymagają komentarza ze strony Autora. Wszystkie wątpliwości – w kolejności chronologicznej – przedstawiono poniżej.

1. W tekście pracy znajdują się dwa streszczenia przygotowane w języku polskim. Streszczenie zawarte w części zatytułowanej *„Opis rozprawy doktorskiej”* zawiera

wszystkie wymagane elementy (m.in. cel badań, zastosowaną metodykę, kluczowe wyniki oraz wnioski). Z kolei „Abstrakt”, zamieszczony po „Liście symboli”, we właściwy, syntetyczny sposób oddaje jedynie cel i zakres pracy, a nie zawiera żadnych informacji dotyczących uzyskanych wyników i sformułowanych na ich podstawie wniosków.

- II. W treści rozdziału pierwszego zawarto wyczerpujące uzasadnienie podjęcia przedmiotowej tematyki badań a także wielokrotnie wyróżniono przyjęte cele badawcze⁴ (np. str. 1₂, 10³, 10₂), zwracając uwagę na „efekty końcowe” („sformułowanie wniosków dotyczących zasad poprawnego modelowania fundamentów płytowo-palowych”, str. 10¹²) oraz „efekty praktyczne” przeprowadzonych analiz („opracowanie metodyki doboru modeli konstytutywnych gruntów, uwzględniającej specyfikę warunków geotechnicznych oraz sposób prowadzenia analiz numerycznych”, str. 11¹⁸). Wydaje się, że jedynym elementem, którego zabrakło w tym rozdziale, jest stosownie wyeksponowana teza pracy, która stanowiąc jedno z kryterium oceny w swoisty sposób określa całą strukturę oraz kierunek badań finalnie prowadzący do jej niepodważalnego dowodu.
- III. Zdarza się, że przedstawiane w tekście pracy stanowiska Autora nie są spójne ze sobą. W pierwszym zdaniu podrozdziału 2.2.3 (str. 27¹⁴) Autor stwierdził: „Do kategorii metod dokładnych zalicza się zaawansowane techniki modelowania numerycznego, umożliwiające najbardziej precyzyjną analizę złożonych zagadnień geotechnicznych.” Z kolei w pierwszym zdaniu kolejnego akapitu na tej samej stronie wyraził On następującą opinię: „Należy jednak podkreślić, iż metody numeryczne dostarczają wyłącznie aproksymacyjnych rozwiązań równań różniczkowych opisujących dane zjawiska fizyczne. Ograniczenie to wynika z konieczności upraszczania rzeczywistego problemu obliczeniowego, w szczególności poprzez dyskretyzację analizowanego ośrodka gruntowego oraz jego granic”.
- IV. Omówienie w tekście pracy idei „prawa dylatacji Rowe’a z kryterium odciążenia w obszarze kontraktancji w modelu HS”, przedstawionej na rysunku pochodzącym z publikacji wykazanej w źródłach literaturowych⁵ (rys. 19, str. 45) jest zbyt skromne i wymaga dodatkowego komentarza.
- V. W podrozdziale 3.4. przedstawiono wybrane szczegóły dotyczące m.in. dyskretyzacji dwóch wariantów modeli obliczeniowych: fundamentu mostowego posadowionego na 12 i na 20 palach. W opisie zabrakło tak podstawowych informacji o zastosowanych elementach, jak chociażby liczba węzłów, liczba punktów Gaussa czy rodzaj funkcji kształtu.
- VI. W podrozdziale 3.5.2., w analizach sił wyznaczonych w palach (tekst na str. 85, tab. 7 na str. 86) jako kryterium oceny istotności wpływu warunków drenażu zastosowano wartości średnie z różnic wyznaczonych w zbiorze minimalnych i maksymalnych sił uzyskanych w poszczególnych wariantach symulacji numerycznej. Biorąc pod uwagę znaczne różnice pomiędzy skrajnymi wartościami wyznaczonych sił (reprezentujących wzajemny stosunek wartości przekraczający np. 20, jak to ma miejsce w przypadku wyników uzyskanych dla 65. dnia symulowanego upływu czasu i różnic wyznaczonych

⁴ numer strony i wiersze liczone ^{od góry} _{od dołu}

⁵ Obrzud, R., Truty, A., The Hardening Soil Model: A Practical Guidebook. Report 100701. Lausanne: ZSoil GeoDev; 2010;

w zbiorze sił minimalnych, str. 85₁₉), posługiwanie się przyjętą miarą średnią w takich przypadkach wymaga szczególnego uzasadnienia.

- VII. Niektóre wnioski sformułowane po cząstkowych analizach uzyskanych wyników obliczeń wydają się zbyt mocno uogólniać poczynione obserwacje. Przykładem może być stwierdzenie zawarte w podrozdziale 3.5.3 (str. 89₃) „Dla maksymalnej wartości wskaźnika udziału pali w przenoszeniu obciążenia zaobserwowano, że różnice pomiędzy analizowanymi przypadkami są nieznaczne i nie mają istotnego znaczenia praktycznego, niezależnie od rozstawu pali.” – poruszając aspekt praktycznego zastosowania uzyskanych wyników zaniedbano znaczenie statystycznej istotności dwóch przypadków różnych rozstawów pali. Zdarza się również, że zbyt daleko idące uogólnienia prowadzą do stwierdzeń, które są oczywiste i nie wymagają żadnych zaawansowanych analiz numerycznych, jak np. „projekt powinien maksymalizować udział podłoża w przenoszeniu obciążeń, co pozwala na optymalizację kosztów realizacji posadowienia” (str. 169₂).
- VIII. Zdarza się, że dyskusja wyników ogranicza się jedynie do stwierdzenia zaobserwowanej zależności, bez próby wyjaśnienia jej przyczyn. Przykładem może być „ogólny wniosek” zawarty w podrozdziale 3.5.6 (str. 112₈), który „wskazuje na większe wartości osiadania w przypadku schematu obciążenia V niż w przypadku schematu obciążenia MHV”, pomijając przy tym wyjątek, który wystąpił w przypadku wariantu obliczeń ze zmienną wartością K_0 , modelem HS i siatką pali 5x4 (tab. 21, rys. 71). Uzupełnienia analiz o stosowne propozycje wyjaśnień zaobserwowanych zależności przydałyby się jeszcze w innych miejscach pracy, np. w podrozdziale 4.1.2.

Recenzent pragnie podkreślić, że mimo wymienionych wyżej uwag i wątpliwości oceniana rozprawa doktorska została przygotowana na zadowalającym poziomie merytorycznym, a wymienione niedoskonałości z powodzeniem będzie można usunąć podczas przygotowywania na jej podstawie publikacji naukowych, które z pewnością staną się cenną pozycją literaturową zarówno dla ekspertów zajmujących się poruszaną tematyką naukową, jak i inżynierów-geotechników, prowadzących działalność zawodową, w której nieodłącznym elementem pracy jest wspomaganie procesu projektowania posadowień FPP narzędziami nieliniowej analizy numerycznej.

2.2. Ocena formalnej strony rozprawy

Oceniając redakcyjny aspekt rozprawy należy stwierdzić, że Autor włożył należyte starania w przygotowanie tekstu maszynopisu, aby czytało się go przyjemnie. Jednakże, usterek redakcyjnych w tekście jest dość dużo, a przykładami są:

- błędy ortograficzne (np. str. 8⁷), w tym tzw. „literówki” (np. str. 28¹) i tzw. „czeskie” błędy (np. opis na rys. 86);
- błędy interpunkcyjne (np. w liście punktowej na str. 16¹⁰⁻¹²);
- błędy gramatyczne (np. str. 8⁸);
- niewłaściwie stosowane wielkie litery (np. str. 31₄);
- powtórzenia (str. 44₄₋₅).

Analizę treści pracy utrudniają:

- niekompletne opisy na rysunkach (np. brak opisu punktów A i B na rys. 10);
- nieczytelne (i błędnie wskazujące) graficzne łączniki pomiędzy wykresami (np. rys. 76);

- nieczytelne rysunki (np. rys. 48);
- brak objaśnień zastosowanych skrótów w pierwszym ich wystąpieniu (np. opis osi na rys.3);
- błędne odwołania do formuł (np. str. 21⁶);
- błędne odwołania do źródeł bibliograficznych (np. str. 24¹⁷);
- odwołania do źródeł nieujętych w spisie literatury (np. str.26₂);
- kolokwializmy (np. str. 38₁₀);
- nieprecyzyjne podpisy tablic (np. tab. 7);
- błędne opisy kolumn w tablicach (np. tab. 8);
- mieszane jednostki (względne, bezwzględne) zestawianych wielkości fizycznych (np. tab.9);
- brak zer wiodących ze znakiem dziesiętnym w zestawianych wartościach (np. tab. 16);
- zbędne kolumny w tablicach (np. tab. 23);
- dane w wierszach zamienione miejscami (np. tab. 32);
- powtórzenia informacji na rysunkach (np. rys. 21 i 97);
- niezamknięte nawiasy (np. str.148⁸).

Wymienione wyżej niedoskonałości redakcyjne powinny zostać bezwzględnie usunięte przed przygotowaniem tekstu do ewentualnej publikacji.

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:

- identyfikacji specyficznej zmienności wartości współczynnika α_{PRF} rozdziału sił przekazywanych bezpośrednio na grunt przez płytę fundamentową oraz na podpory palowe w czasie przekazywania obciążenia na fundament, którą Autor proponuje traktować jako zmienną stanu w systemie FPP, umożliwiającą efektywniejsze projektowanie tego rodzaju konstrukcji za pomocą narzędzi modelowania numerycznego;
- zaplanowaniu i przeprowadzeniu wieloaspektowych oraz wielowariantowych, zaawansowanych analiz numerycznych fundamentów płytowo-palowych za pomocą wybranego narzędzia Metody Elementów Skończonych, które umożliwiły wyprowadzenie ilościowego wpływu m.in. zastosowanego modelu konstytutywnego gruntu, początkowego stanu naprężenia w podłożu, anizotropii sztywności, sposobu numerycznego odwzorowania fundamentów palowych i etapów wiązania betonu na obliczane wartości osiadań i współczynnika α_{PRF} ;
- opracowaniu bazy wyników eksperymentów symulacyjnych w atrakcyjnej formie graficznej, która zawiera zależności pomiędzy etapami zadawania obciążenia i wartościami: osiadania płyty, współczynnika α_{PRF} oraz sił w palach;
- opracowaniu propozycji iteracyjnej procedury projektowania podstawowych parametrów FPP (długość, średnica, rozstaw pali) na podstawie analizy zmienności współczynnika α_{PRF} w funkcji postępu obciążenia, mającej formę algorytmu zapisanego elegancką formą schematu blokowego.

Prezentacja w rozprawie zaawansowanych analiz teoretycznych oraz licznych wyników złożonych obliczeń numerycznych, które nawiązują do aktualnych i ważnych zagadnień naukowych, z aspektem wysoce użytecznym o wysokim potencjale wdrożeniowym, stanowi

potwierdzenie posiadania przez Kandydata zarówno ogólnej jak i szczegółowej wiedzy specyficznej dla dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, a także Jego umiejętności związanych z samodzielnym prowadzeniem badań naukowych. Zarówno sformułowany przez Niego problem naukowy jak i jego rozwiązanie potwierdza wymagany stopień tych umiejętności.

Podsumowując, oceniana praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Stwierdzam, że Pan mgr inż. Artur Zachodni spełnił wszystkie wymagania zdefiniowane w Art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 ze zm.), wobec czego stawiam wniosek o dopuszczenie Go do dalszych etapów postępowania.

Olsztyn, 30 kwietnia 2026r.

Pich Seba