

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza WRZESIŃSKIEGO
pt. Analiza stateczności nasypu z uwzględnieniem wpływu
kierunków naprężeń głównych na wytrzymałość na ścinanie podłoża gruntowego

Podstawa opracowania recenzji

Pismo Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 20.05.2016 r. (Nr BIS-260/2016) wraz z załączonym egzemplarzem rozprawy doktorskiej, której promotorami są:

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Lechowicz z SGGW w Warszawie
dr hab. inż. Maria J. Sulewska, prof. PB z Politechniki Białostockiej

1. Tematyka i cel rozprawy

Zagadnienia dotyczące analizy stateczności (stanów granicznych nośności ULS i stanów granicznych użytkowności SLS) nasypów ziemnych posadowionych na podłożu z gruntów spoistych, możliwie najwierniej odzwierciedlających złożone warunki rzeczywiste, obejmują nie w pełni wyjaśnione lub dotychczas pomijane czynniki, które mają większy lub mniejszy wpływ na wyniki ilościowe tych analiz.

Autor rozprawy doktorskiej dostrzegł te czynniki i pod kierownictwem obu Promotorów postanowił je przebadać i przeanalizować formułując następującą hipotezę naukowo-badawczą: *W ocenie stateczności nasypu posadowionego na gruntach spoistych należy uwzględnić zmianę wytrzymałości na ścinanie bez odpływu podłoża wynikającą ze zjawiska obrotu kierunków naprężeń głównych.* Jednocześnie jako główny cel rozprawy doktorskiej przyjął: *Opracowanie nowej metody analizy stateczności nasypu uwzględniającej wpływ kierunków naprężeń głównych na wytrzymałość na ścinanie bez odpływu podłoża z gruntu spoistego.*

W celu udokumentowania tej hipotezy i osiągnięcia przyjętego celu rozprawy Autor:

- przeanalizował dotychczasowe sposoby obliczeń stateczności nasypów ziemnych i wyznaczenia wytrzymałości gruntów spoistych na ścinanie,
- określił zakres i metodykę własnych nietypowych badań laboratoryjnych oraz opracował i przeanalizował wyniki tych badań z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych do prognozy wytrzymałości gruntu spoistego na ścinanie bez odpływu,
- przedstawił propozycję własnej, nowej metody analizowania stateczności nasypu wraz z przykładami i wynikami obliczeń,
- przedstawił także wnioski podsumowujące wyniki całości badań, analiz i obliczeń oraz wskazał kierunki dalszych prac badawczych i analiz dotyczących tematyki rozprawy doktorskiej.

Tematykę recenzowanej rozprawy doktorskiej oceniam jako aktualną i istotną z geotechnicznego punktu widzenia, a sformułowaną hipotezę naukowo-badawczą oraz sposób jej udokumentowania i potwierdzenia uznaję za właściwe oraz warte badania z poznawczo-naukowego i aplikacyjno-inżynierskiego punktu widzenia.

2. Analiza treści i ocena rozprawy

Rozprawa doktorska (o objętości 172 strony tekstu plus 56 stron załączników) ma charakter doświadczalno-analityczny. Po wstępie zawierającym hipotezę, cel i zakres rozprawy (rozdział 1) wyodrębnić można pierwszą część rozprawy (rozdziały 2+3 o objętości około 27%) mającą charakter kompilacyjny. Część druga (rozdziały 4+7 plus dwa załączniki) ma charakter oryginalnych własnych badań laboratoryjnych i własnych obliczeń numerycznych wraz z opracowaniem i analizą wyników oraz zawiera propozycję nowej, własnej metody analizowania stateczności nasypu ziemnego posadowionego na podłożu spoistym wraz z przykładami obliczeń oraz z wnioskami i wskazaniem kierunków dalszych prac badawczych.

Całość rozprawy uzupełnia obszerny (202 pozycje) spis literatury (książki, artykuły, normy), w którym około 79% stanowi literatura zagraniczna. W dwóch załącznikach zawarte są szczegółowe wyniki własnych badań laboratoryjnych i własnych obliczeń numerycznych Autora.

Proporcje objętościowe między poszczególnymi rozdziałami rozprawy są właściwe, układ rozdziałów logiczny, przejrzysty i konsekwentny, a język (poza drobnymi usterkami) poprawny technicznie i stylistycznie. Szata edytorska rozprawy bardzo staranna i bez zastrzeżeń.

Część kompilacyjna rozprawy (rozdziały 2 i 3) charakteryzuje się syntetycznym, a jednocześnie wyczerpującym przedstawieniem:

- głównych czynników oraz zakresem i rodzajem stosowanych dotychczas analiz stateczności nasypów ziemnych z wykorzystaniem metody równowagi granicznej oraz metody elementów skończonych,
- metodyki wyznaczania wytrzymałości gruntów spoistych na ścinanie z uwzględnieniem wpływu kierunków naprężeń głównych i anizotropii na wytrzymałość na ścinanie bez odpływu oraz na laboratoryjne metody wyznaczania tej wytrzymałości w cylindrycznym aparacie skrętnym.

Sformułowaną hipotezę naukowo-badawczą i przyjęty główny cel rozprawy doktorskiej (rozdział 1), z uwzględnieniem faktów przedstawionych w części kompilacyjnej (rozdziały 2 i 3), Autor zrealizował kompleksowo i z powodzeniem w drugiej zasadniczej części rozprawy doktorskiej w której:

- **w rozdziale 4 (najobszerniejszym objętościowo) zaplanował i wykonał:**
 - cel, zakres, własnych badań laboratoryjnych gruntów spoistych określając: wytrzymałość na ścinanie bez odpływu w aparacie trójosiowego ściskania oraz w cylindrycznym aparacie skrętnym (badania zasadnicze), właściwości fizyczne, ciśnienie pęcznienia, historię naprężenia (w badaniach uzupełniających),
 - opracował i porównał wyniki wymienionych badań oraz przeanalizował je wykorzystując do prognozy wytrzymałości na ścinanie bez odpływu sztuczne sieci neuronowe i przedstawiając własną propozycję zależności analitycznej opisującej zmianę tej wytrzymałości,

- **w rozdziale 5 przedstawił:**
 - analizę numeryczną z wykorzystaniem MES w warunkach płaskiego stanu odkształcenia dotyczącą zachowania się podłoża spoistego w warunkach bez odpływu obciążonego nasypem ziemnym stosując odpowiednio dwa modele konstytutywne (sprężysto-idealnie plastyczny z warunkiem plastyczności Coulomba-Mohra i sprężysto-plastyczny Modified Cam-Clay) dla poszczególnych rodzajów gruntów, dwa warianty budowy nasypu ziemnego - bez ławeczki (klasyczny) i z ławeczką oraz dziewięć schematów obliczeniowych różniących się nachyleniem skarp nasypu ziemnego, miąższością podłoża spoistego i szerokością ławeczki,
 - przebieg wyznaczonych stref powierzchni poślizgu o mechanizmach zniszczenia odpowiadających schematom ścinania gruntu spoistego w cylindrycznym aparacie skrętnym,
 - procentowy udział poszczególnych stref powierzchni poślizgu dla dziewięciu schematów obliczeniowych, obu wariantów budowy nasypu ziemnego i obu modeli konstytutywnych gruntu stwierdzając, że strefa porównywalna do standardowego badania w aparacie trójosiowego ściskania występuje w niewielkim zakresie (5÷17%) w stosunku do pozostałych stref o kątach obrotu kierunków naprężeń głównych $\alpha \neq 0^\circ$.
- **w rozdziale 6 Autor zaproponował i przedstawił:**
 - własną oryginalną metodę analizowania stateczności nasypu ziemnego, w której uwzględnił wpływ zmian kąta obrotu kierunków naprężeń głównych na wytrzymałość na ścinanie bez odpływu podłoża spoistego obciążonego nasypem ziemnym,
 - szczegółową procedurę wyznaczania współczynnika stateczności nasypu ziemnego polegającą na porównaniu wzdłuż potencjalnej powierzchni poślizgu wartości naprężeń stycznych z wartościami granicznymi naprężeń stycznych odpowiadającymi wytrzymałości na ścinanie bez odpływu, co pozwala określić stateczność nasypu ziemnego z uwzględnieniem dodatkowego czynnika dotychczas pomijanego,
 - zbiorcze syntetyczne zestawienie wyników obliczeń wartości współczynników stateczności nasypu ziemnego według dotychczasowych metod i zaproponowanej własnej metody wraz z ich porównaniem i analizą,
- **w rozdziale 7 stanowiącym podsumowanie całości rozważań Autor zamieścił i wskazał:**
 - trzy grupy wniosków wynikających z wykonanych własnych badań laboratoryjnych, z analiz mechanizmu zniszczenia podłoża spoistego obciążonego nasypem ziemnym oraz z zaproponowanej metody analizy stateczności układu nasyp ziemny - podłoże spoiste,
 - celowość kierunków dalszych badań laboratoryjnych w cylindrycznym aparacie skrętnym, kierunków analiz mechanizmów zniszczenia układu nasyp ziemny-podłoże gruntowe z uwzględnieniem zróżnicowanego uwarstwienia podłoża oraz prowadzenia dalszych prac badawczych dla innych rodzajów podłoża gruntowego.

Wnioski te są wyczerpujące, zwięzłe i wynikają z przeprowadzonych przez Autora własnych badań, obliczeń i analiz. Są także w pełni i szczegółowo udokumentowane w dwóch załącznikach o łącznej objętości 56 stron.

W przedstawionej treści zasadniczej części rozprawy doktorskiej (rozdziały 4÷7 plus dwa załączniki), mającej jednocześnie aspekt naukowo-poznawczy i aspekt aplikacyjny, Autor zamieścił szereg

trafnych i udokumentowanych fragmentów oryginalnych decydujących o własnym dorobku naukowym i aplikacyjnym. Należą do nich:

- wybór zakresu i metodyki przygotowania próbek gruntu spoistego (4 rodzaje), wykonanie złożonych i nowoczesnych geotechnicznych badań laboratoryjnych wytrzymałości na ścinanie bez odpływu tych próbek w wysokiej klasy aparaturze badawczej (szczególnie w cylindrycznym aparacie skrętnym i w aparacie trójosiowego ściskania) oraz opracowanie wyników tych badań z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych,
- propozycja zależności opisującej zmianę wytrzymałości na ścinanie bez odpływu spoistego podłoża gruntowego w zależności od wartości kąta obrotu kierunków naprężeń głównych,
- oryginalna własna propozycja metody analizowania stateczności nasypu ziemnego uwzględniająca wpływ kierunku naprężeń głównych na wytrzymałość na ścinanie bez odpływu spoistego podłoża gruntowego wraz ze szczegółową procedurą wyznaczania współczynnika stateczności nasypu ziemnego i z przykładami obliczeń.

Autor umiejętnie uwypuklił najistotniejsze aspekty i wyniki własnych badań laboratoryjnych wraz z ich analizą, metodykę i wyniki własnych analiz numerycznych oraz procedurę obliczeń w zaproponowanej metodzie analizowania stateczności nasypu ziemnego na podłożu spoistym. W przedstawionych analizach i komentarzach Autora pracy doktorskiej widoczne są:

- cechy naukowej dojrzałości,
- umiejętność właściwego zaplanowania, realizacji oraz obiektywnej oceny wyników badań i obliczeń,
- świadomość ważności (naukowej i praktycznej) oraz aktualności podjętej tematyki badawczej.

Uważam, że sformułowana hipoteza naukowo-badawcza (pt 1 niniejszej recenzji) została potwierdzona i w pełni udokumentowana wynikami własnych oryginalnych i nowoczesnych badań laboratoryjnych oraz obliczeń numerycznych, a przyjęty cel rozprawy został osiągnięty.

3. Uwagi krytyczne

Analizując treść rozprawy doktorskiej nasunęły mi się pewne uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym oraz redakcyjnym, wymagające skomentowania przez Autora rozprawy w ramach autoreferatu lub odpowiedzi na pytania w ramach dyskusji:

A. Uwagi merytoryczne

1. Badania laboratoryjne gruntów spoistych w cylindrycznym aparacie skrętnym wymagają stosowania specjalnych próbników do pobierania próbek w terenie, dokonywania wstępnej oceny ich jakości oraz precyzyjnego przygotowania próbek w kształcie wydrążonego walca.

Jak Pan ocenia stopień uzyskania powtarzalności jakości przygotowania różnych rodzajów próbek do badań w cylindrycznym aparacie skrętnym według zastosowanej własnej, oryginalnej procedury ich przygotowania ?

2. Autor stwierdza ogólnie (pt. 6.4 rozprawy doktorskiej) że: *stosowanie tradycyjnych metod oceny stateczności nasypu posadowionego na podłożu spoistym powoduje zawyżenie współczynnika stateczności szczególnie w przypadku nasypu z ławką.*

tych badań z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych, symulacyjne obliczenia numeryczne) i poprawnie oraz z powodzeniem je zastosował,


- zawarł w rozprawie szereg elementów oryginalnych wzbogacających i rozszerzających aktualny stan wiedzy w analizowanych zagadnieniach,
- wykazuje dobry stopień przygotowania naukowego, umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz wnikliwego i poprawnego analizowania wyników i wnioskowania.

Przedstawione fakty oznaczają, że rozprawa doktorska mgr inż. Grzegorza Wrzesińskiego pt. *Analiza stateczności nasypu z uwzględnieniem wpływu kierunków naprężeń głównych na wytrzymałość na ścinanie podłoża gruntowego* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami i wymaganiami o stopniach naukowych i tytule naukowym.

Stawiam wniosek o dopuszczenie Autora rozprawy do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Gdańsk

17.06.2016


Prof. dr hab. inż. Bohdan Zadroga
prof. zw. PG