

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Zabielska-Adamska  
Katedra Geotechniki, Dróg i Geodezji  
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
Politechnika Białostocka

Białystok, dnia 22 listopada 2024 r.

## RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Piotra Osińskiego

nt. „The influence of water saturation state on slopes stability conditions”

### 1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Recenzja została opracowana na podstawie:

- pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie prof. dr. hab. inż. Eugeniusza Kody (pismo nr IIL 52/2024 z dnia 11 października 2024 r.), realizującego uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny z dnia 9 października 2024;
- egzemplarza rozprawy doktorskiej.

Praca doktorska, napisana w języku angielskim, została wykonana w SGGW w Warszawie. Badania laboratoryjne prezentowane w rozprawie wykonano w Durham University w Wielkiej Brytanii oraz w SGGW w Warszawie. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda, a kopromotorem – profesor David Toll z Durham University.

### 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY

Grunt jest ciałem dwu lub trójfazowym, w którym obecność więcej niż dwóch faz powoduje odmienne charakterystyki materiału, a taki grunt określa się jako nienasycony. Obserwuje się tu zachowania niezgodne z zasadami klasycznej mechaniki gruntów, opisującej grunty nasycone. W obszarze gruntów nienasyconych zawierają się głównie naturalne i zagęszczane grunty mało spoiste i spoiste, charakteryzujące się ujemnym ciśnieniem wody w porach gruntu, które determinuje właściwości mechaniczne oraz przepuszczalność. Mechanika gruntów nienasyconych jest dziedziną stosunkowo młodą. Pierwsze uznane równanie naprężenia

efektywnego odniesione do naprężenia całkowitego i ssania matrycowego zostało zaproponowane przez Bishopa w 1955 roku na podstawie wcześniejszych badań gruntów nienasyconych, prowadzonych głównie w Wielkiej Brytanii. Recenzowana praca ściśle wpisuje się w problematykę gruntów nienasyconych. Dziedzina ta nie jest szeroko rozpowszechniona ze względu na trudności napotymane w badaniach laboratoryjnych i ich interpretacji. Należy docenić Doktoranta, że podjął się tak trudnej tematyki badawczej. Jest ona aktualna, a wyniki badań laboratoryjnych bardzo cenne ze względu na dostępność aparatury badawczej jedynie w wyspecjalizowanych laboratoriach naukowych. Praca ma też walory aplikacyjne – przedstawiono ocenę wpływu zmian wilgotności gruntu na bezpieczeństwo konstrukcji ziemnych.

Tytuł pracy „The influence of water saturation state of soil on slope stability conditions” („Wpływ stanu nasycenia wodą na warunki stateczności zbocza”) jest zwięzły i celnie dobrany. Treść pracy przybliżają teza i cele pracy, zapisane w rozdziale 1. *Wprowadzeniu*. Problematyka pracy doktorskiej jest ściśle związana z naukami inżynierjno-technicznymi, ale zawiera także pewne elementy interdyscyplinarne z nauk przyrodniczych. Z pewnością można stwierdzić, że część badawcza zawiera się w obszarze dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (dawniej budownictwo) i specjalności geotechnika.

Rozprawa składa się z Wprowadzenia, 9. rozdziałów i Bibliografii. Każdy z rozdziałów głównych zakończono podsumowaniem lub wnioskami (w przypadku badań własnych). Rozprawa została zawarta na 159. stronach formatu A4. Zawiera 25 tabel oraz 77 rysunków. W spisie literatury Autor zamieścił 168 pozycji literatury, głównie artykułów naukowych i rozdziałów w monografiach, przede wszystkim dotyczących mechaniki gruntów nienasyconych, oceny stateczności zboczy i wpływu zmian klimatycznych na otoczenie naturalne i obiekty inżynierskie. Wszystkie podane źródła literaturowe zostały napisane w języku angielskim. W spisie literatury zamieszczono 10 pozycji współautorskich Autora pracy. Nie wszystkie pozycje literatury zamieszczone w spisie zostały przywołane w treści pracy, jak również w pracy zamieszczono pozycje nie figurujące w spisie, co zostanie opisane w uwagach natury formalnej. Pracę uzupełniają streszczenia w języku polskim i angielskim, w sumie zajmujące 4 strony. Na końcu pracy zamieszczono spis tabel i rysunków.

We *Wprowadzeniu* (Rozdział 1) Autor uzasadnia motywację podjęcia tematu. Wyjaśnia wpływ zmian klimatu na stateczność budowli ziemnych. Na podstawie literatury ocenia deszcze nawalne i susze jako główne przyczyny zagrożeń osuwiskowych. Utrata stateczności jest efektem sekwencji oddziaływań, które początkuje zmiana ciśnienia w porach gruntu i postępująca zmiana struktury gruntu.

Celem pracy jest zbadanie wpływu zmiany warunków atmosferycznych na długoterminową użyteczność i bezpieczeństwo konstrukcji ziemnych, z naciskiem na zrozumienie hydro-mechanicznego zachowania się materiału nasypu w warunkach niepełnego nasycenia. Ma to pomóc w przewidywaniu i zapobieganiu awariom konstrukcji ziemnych związanych ze zmianą klimatu. **Tezą** pracy jest: Zmienne właściwości gruntu w różnych stanach nasycenia determinują wybór parametrów geotechnicznych do analizy stateczności zboczy. Tezą uzupełniającą jest: Interdyscyplinarne podejście do analizy stateczności, które bierze pod uwagę interakcje pomiędzy zmianą klimatu, parametrami geotechnicznymi i warunkami nasycenia gruntu, jest kluczowe do zrozumienia zachowania zboczy poddanych różnym zdarzeniom pogodowym. Dodatkowo sformułowano cztery cele szczegółowe prowadzące do udowodnienia tezy. W zakresie pracy opisano osiągnięcia poszczególnych rozdziałów pracy.

Rozdział 2. poświęcono przeglądowi literatury ściśle powiązanej z tematyką badawczą. Należy podkreślić dużą wiedzę Autora w tematyce rozprawy. Omówiono wyniki badań gruntów nienasyconych i metody prowadzące do ich uzyskania. Podano wady i zalety różnych metod pomiaru ciśnienia ssania w gruncie nienasyconym, a także wpływ nasycenia gruntu na stateczność zboczy. Scharakteryzowano metody badań wytrzymałości na ścinanie i modele konstytutywne gruntów nienasyconych.

W kolejnym, 3. Rozdziale opisano właściwości fizyczne badanych gruntów – gliny piaszczystej i piasku drobnego. Grunty te wykorzystywane były do budowy nasypu doświadczalnego BIONICS i podczas badań w ramach projektu MUMOLADE w Wielkiej Brytanii. Na rysunku 3.3 pokazano silną korelację gęstości objętościowej szkieletu gruntowego gruntu spoistego uzyskaną w badaniach laboratoryjnych i zagęszczeniu nasypu doświadczalnego. Uwagi do rozdziału 2. opisano w Uwagach krytycznych i Uwagach natury formalnej.

W rozdziale 4. przedstawiono przygotowanie próbek do badań własnych. Próbki gruntu spoistego po odsianiu przez sito 2,80 mm zagęszczano metodą ubijania przy różnych wilgotnościach początkowych. Próbki gruntu niespoistego zagęszczano metodą ugniatania bezpośrednio na stanowiskach badawczych. Do zagęszczenia gliny piaszczystej mam pytanie w Uwagach dyskusyjnych.

W rozdziale 5. zamieszczono wyniki badań własnych ssania całkowitego i matrycowego, prezentując krzywe charakterystyki grunt – woda, zwane również krzywą retencji wody. Krzywe określają zależność pomiędzy ssaniem a wilgotnością objętościową (wyrażanej stosunkiem objętości wody w porach gruntu do całkowitej objętości szkieletu gruntowego),

wilgotnością grawimetryczną lub stopniem nasycenia  $S_r$ . Klasycznie badanie przeprowadza się podczas suszenia próbek. Autor zwraca uwagę, że przebieg krzywych podczas suszenia i zawilgacania jest inny; znaczenie ma też krotność suszenia i nawadniania. Badania zagęszczonego gruntu spoistego przeprowadzono za pomocą tensjometrów o wysokiej zdolności pomiaru ciśnienia przy ciągłym lub skokowym suszeniu oraz za pomocą talerzy ciśnieniowych. Określono wpływ krotności suszenia i nawadniania, co zbadano na stanowisku badawczym wyposażonym w tensjometr. Dodatkową wartością jest porównanie uzyskanych wyników badań do badań tego gruntu wykonanych przez innych badaczy za pomocą innych metod.

Rozdział 6. poświęcono badaniom ssania gruntu niespoistego wykonanych za pomocą tensjometru oraz metodą translacji osi w aparacie trójosiowego ściskania.

W rozdziale 7. przedstawiono badania wytrzymałości na ścinanie gliny piaszczystej zagęszczanej przy różnych wilgotnościach, badanej jako nasączanej i w stanie nienasyconym. Badania gliny nasączanej o trzech różnych wilgotnościach przy zagęszczaniu  $\geq w_{opt}$  przeprowadzono w klasycznym aparacie trójosiowego ściskania, a próbki nasycano metodą ciśnienia wyrównawczego. Obszerne badania próbek nienasyconych przeprowadzono w dwukomorowym aparacie trójosiowym (przy stałej wilgotności) na próbkach bezpośrednio po zagęszczeniu, a także na próbkach zwilżonych i wysuszonych. Stwierdzono, że wilgotność przy zagęszczeniu miała największy wpływ na wytrzymałość próbek

W rozdziale 8. pokazano badania wytrzymałości na ścinanie nienasyconego piasku drobnego badanego w zmodyfikowanym aparacie Bishopa-Wesleya, co umożliwiło kontrolę ciśnienia ssania podczas całego badania. Badania wytrzymałości metodą CU wykonano dla wielokrotnych cykli zwilżania i suszenia. Zwrócono uwagę na wpływ temperatury podczas badania. Zaobserwowano wzrost wytrzymałości na ścinanie w pierwszym cyklu suszenia.

Rozdział 9. poświęcono analizie stateczności skarpy modelowej zbudowanej z badanych materiałów. Modelowanie numeryczne pozwoliło na zróżnicowanie współczynnika bezpieczeństwa w zależności od materiału skarpy i ciśnienia wody w porach gruntu, na co pozwoliły uzyskane zależności z badań własnych.

Pracę kończy rozdział 10. *Wnioski końcowe i rekomendacje przyszłych badań.* Sformułowano wnioski są raczej podsumowaniem odzwierciedlającym osiągnięcia przedstawione w pracy. Wszystkie stwierdzenia znajdują potwierdzenie w przedstawionych wynikach badań. Z pewnością można stwierdzić, że teza została udowodniona a cel spełniony. Szkoda, że Autor nie pokusił się na sformułowanie zwartych wniosków wynikających z przeprowadzenia tak dużej liczby badań i osiągniętych zależności.

### 3. OCENA PRACY

Praca doktorska mgr. inż. Piotra Osińskiego ma charakter doświadczalno-analityczny. Autor wykazał się umiejętnością sprecyzowania tematu i posługiwania się metodą naukową przy jego realizacji. Recenzowana rozprawa doktorska zawiera szereg oryginalnych wyników badań i analiz. Doktorant wykazał się głęboką znajomością literatury, chociaż można tu zarzucić brak staranności przy sporządzeniu jej spisu. Badania laboratoryjne podjęte przez Autora wymagały dużej specjalistycznej wiedzy i umiejętności wykorzystania unikatowej aparatury. Moim zdaniem największą wartością pracy jest wykonanie kompleksowych badań właściwości mechanicznych i ciśnienia ssania gruntów nienasyconych. Cel pracy został osiągnięty, a teza udowodniona.

Do szczegółowych osiągnięć Autora należy zaliczyć:

1. Uzyskanie charakterystyk SWRC gruntu spoistego za pomocą różnych metod badawczych i ich porównanie z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy za pomocą innych metod badawczych.
2. Określenie wpływu krotności suszenia i nawadniania gruntu spoistego i niespoistego oraz zanikania tego wpływu w kolejnych cyklach.
3. Uzyskanie charakterystyk SWRC gruntu niespoistego przy różnych wskaźnikach porowatości gruntu za pomocą różnych metod badawczych.
4. Przeprowadzenie badań wytrzymałościowych gruntu spoistego zagęszczanego przy różnych wilgotnościach badanych w warunkach pełnego nasączenia w klasycznym aparacie trójosiowego ściskania oraz badań próbek nienasyconych w dwukomorowym aparacie trójosiowym (przy stałej wilgotności) bezpośrednio po zagęszczeniu, a także na próbkach zwilżonych i wysuszonych.
5. Stwierdzenie, że w przypadku gliny piaszczystej wilgotność przy zagęszczeniu ma większy wpływ na właściwości mechaniczne niż nawilżanie i suszenie badanych próbek. Mniejsza wilgotność przy zagęszczeniu i idące za tym ssanie wpływają na zwiększenie sztywności i wytrzymałość na ścinanie.
6. Przeprowadzenie badań wytrzymałości na ścinanie nienasyconego gruntu niespoistego w zmodyfikowanym aparacie Bishopa-Wesleya przy różnej wilgotności początkowej, wraz z kontrolą ciśnienia ssania podczas całego badania. Badania wykonano dla wielokrotnych cykli zwilżania i suszenia.

7. Stwierdzenie, że wytrzymałość na ścinanie nienasączonego piasku drobnego wzrasta wraz ze wzrostem ssania matrycowego. Wilgotność przy zagęszczeniu gruntu niespoistego nie ma znaczącego wpływu na zachowanie się gruntu podczas ścinania.
8. Wykazanie, że rodzaj gruntu i stan nasycenia mają znaczący wpływ na stateczność modelowego zbocza zbudowanego z badanych materiałów.

#### 4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

##### **Uwagi krytyczne:**

1. Moje uwagi krytyczne dotyczą opisu właściwości fizycznych badanych gruntów – gliny piaszczystej i piasku drobnego, który zamieszczono w rozdziale 3. Autor podaje tu wyniki badań fizycznych pojedynczych prób – tabele 3.1 i 3.2 oraz rysunki 3.1-3.5. Analiza wyników w tekście pracy nie odpowiada danym zamieszczonym w tabelach i na rysunkach. Przykładowo, w tekście (str. 49) podano, że materiał pobrany z nasypu został przesiany przez sito 2,80 mm, podczas gdy krzywe uziarnienia przekraczają 3 mm. Granice Atterberga oznaczano dla gruntu odsianego przez sito 0,425 mm. Nie podano, który materiał poddano badaniu zagęszczalności – odsiany przez sito 2.80 czy 0,425 mm, co opisano dopiero w rozdziale 4. Na stronie 51 podano błędną wartość maksymalnego ciężaru objętościowego. Na stronie 52, w tabeli 3.2 i na stronie 68 podano wartości maksymalnego i minimalnego wskaźnika porowatości badanego piasku drobnego; w każdym przypadku podano inne wartości. W tabeli 3.2 podano wartość  $D_{10}$  niezgodną z rysunkiem 3.4, a parametry zagęszczalności inne niż wynikające z rysunku 3.5. Inne braki wskazano w błędach natury formalnej w pkt 8.

##### **Uwagi natury formalnej:**

Praca została napisana poprawnym językiem angielskim i w większości jest starannie zredagowana. W treści pracy przywołano rysunki i tabele zamieszczone w rozprawie. Mam jednak kilka uwag natury edycyjnej, w szczególności do spisu literatury:

1. Autor w spisie literatury zamieścił 168 pozycji literatury, jednak nie przywołał w treści pracy aż 32. pozycji, w tym dwóch swojego współautorstwa (Osinski et al., 2020 oraz Osinski et al., 2014). Pozostałych pozycji ze względu na ich liczbę nie będę wymieniać.
2. 21. pozycji zacytowanych w pracy nie wymieniono w spisie literatury. Jedną z tych pozycji zacytowano wielokrotnie – Toll, 1999 ( str. 35, 46 i 47).

3. Dwie różne pozycje swojego współautorstwa zacytowano jako Osinski et al., 2016, uniemożliwiając ich identyfikację. Dotyczy to również Toll et al., 2015. W innych pominięto autorów lub pomyłono daty publikacji. Część pozycji nie ma pełnego zapisu bibliograficznego, przykładowo pozycje, np. Head, 2006; Hughes et al., 2005; Koda & Osinski, 2015.
4. Pozycje w spisie nie zawsze umieszczono alfabetycznie.
5. Adresy stron internetowych należy podawać z datą dostępu.
6. Wzór 2.2, rysunek 2.2 czy tabela 8.1 powinny być przywołane z literatury. W mojej opinii część wzorów w punkcie 2.6.2 również wymaga przywołania, chociaż są znane szerokiemu gronu geotechników. Symbole we wzorze 2.2 i objaśnieniach nie są tożsame. Na str. 26 przywołano rysunek 2.2 zamiast 2.3, a na str. 49 rysunek 4.1 zamiast 3.1.
7. Zdarzają się drobne błędy, np. na stronie 51 podano wartość maksymalnej gęstości szkieletu gruntowego jako  $\gamma_{d \max}$ ; w tytule rysunku 3.4 (str. 52) jest „find sand” zamiast „fine sand”; na osi OY rysunku 3.5 (str. 53) podano jednostkę  $\text{kg/cm}^3$  zamiast  $\text{Mg/m}^3$  lub  $\text{g/cm}^3$ ; nad rysunkiem 3.5 zapisano, że rysunek przedstawia zależność „bulk density against moisture content” zamiast „dry density ...”; na stronie 59 podano, że próbki były „crushed” zamiast „compacted”; na stronie 78 użyto „axial and volumetric stresses”, zamiast „... strains”.
8. Nie wyjaśniono co oznacza w tabeli 3.2 (str. 53) bezwymiarowy parametr  $E$ .

**Uwagi dyskusyjne to:**

1. Proszę o wyjaśnienie czy przyjęta metoda zagęszczenia gliny piaszczystej ma odpowiadać krzywej zagęszczalności materiału uzyskanej metodą standardową Proctora. Jeśli tak, to grunt powinien być zagęszczany 22, a nie 27 uderzeniami standardowego ubijaka w każdej z 6 warstw.
2. Na stronie 67 podano, że metodą talerzy ciśnieniowych uzyskano większe wartości wilgotności grawimetrycznej, a mniejsze wartości stopnia nasycenia niż w przypadku tensjometru. Wyniki na rysunkach 5.3 i 5.4 wskazują jednak na tę samą tendencję. Proszę o wyjaśnienie.
3. W streszczeniu i we wprowadzeniu do rozdziału 7. podano, że badano próbki zagęszczano przy wilgotnościach 15%, 20% i 22%. Natomiast w tabelach 7.2 i 7.3 opisano próbki jako 17%, 20% i 22%, na co również wskazywałyby wyniki wilgotności.

## 5. WNIOSEK

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego zarówno w zakresie problematyki, jak i metod badawczych. Mgr inż. Piotr Osiński udowodnił, że potrafi samodzielnie prowadzić pracę badawczą i posiada dużą wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport (dawniej budownictwo). Uważam, że praca ze względu na zakres i rodzaj przeprowadzonych badań reprezentuje bardzo wysoki poziom merytoryczny, pomimo wskazanych uwag krytycznych. Wyniki badań własnych Doktoranta są oryginalne i istotne, na co wskazują również ich możliwości aplikacyjne.

Praca doktorska mgr. inż. Piotra Osińskiego pt. „The influence of water saturation state on slopes stability conditions” spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595, z późn. zm).

Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr. inż. Piotra Osińskiego do publicznej obrony.