

Warszawa, 12 marca 2025 r.

Prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski
Instytut Kolejnictwa
04-275 Warszawa
ul. Chłopickiego 50

Recenzja
pracy doktorskiej mgr inż. Macieja Miturskiego
pt. „Charakterystyka wytrzymałościowa gruntu stabilizowanego
cementem z dodatkiem włókien polipropylenowych”

1. Podstawa recenzji

Podstawą recenzji jest pismo prof. dr hab. inż. Eugeniusza Kody, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, powiadamiające o powołaniu mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie na posiedzeniu w dniu 9 października 2024 roku, na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Maciejowi Miturskiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Podstawą prawną recenzji jest ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

Promotorem pracy jest dr hab. inż. Wojciech Sas, prof. SGGW z Instytutu Inżynierii Lądowej SGGW, a promotorem pomocniczym dr inż. Andrzej Głuchowski z Instytutu Inżynierii Lądowej SGGW.

2. Tematyka pracy, jej cel oraz zakres

Tematyka pracy dotyczy wpływu włókien polipropylenowych na charakterystykę wytrzymałościową gruntów stabilizowanych cementem.

Głównym celem rozprawy doktorskiej była analiza czynników wpływających na wytrzymałość na ścislenie gruntu stabilizowanego cementem z włóknami polipropylenowymi oraz wyznaczenie zależności pomiędzy wytrzymałością na ścislenie a parametrami, takimi jak:

objętość porów, objętość spoiwa, objętość włókien, objętość szkieletu gruntowego świeżej mieszanki i czasu utwardzania oraz odporności na działanie wody.

Dodatkowo w pracy przyjęto następujące cele szczegółowe:

- określenie wpływu dodatku włókien polipropylenowych na wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie cementogruntu,
- określenie wpływu dodatku włókien polipropylenowych na parametry odkształceniowe,
- wyznaczenie zależności empirycznych pomiędzy prędkością pulsu ultradźwiękowego a wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie,
- wyznaczenie zależności empirycznych pomiędzy parametrami odkształceniowymi a wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie,
- wyznaczenie równania do określania wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie cementogruntu z dodatkiem włókien polipropylenowych na podstawie koncepcji ośrodka pięciofazowego.

Doktorant w rozprawie doktorskiej postawił następującą hipotezę badawczą:

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie gruntu stabilizowanego cementem z dodatkiem włókien polipropylenowych zależy od porowatości cementogruntu, objętości cementu i włókien, czasu utwardzania oraz odporności na działanie wody.

Zakres pracy obejmował badania laboratoryjne i analizy. W ramach badań własnych Doktorant przebadiał 25 mieszanek, na bazie których wytworzono łącznie 432 próbki gruntu stabilizowanego cementem bez dodatku i z dodatkiem włókien polipropylenowych.

Rozprawa liczy 262 strony i zawiera:

- stronę tytułową,
- oświadczenia promotora rozprawy,
- oświadczenie autora rozprawy,
- streszczenie w języku polskim i angielskim,
- spis treści,
- wykaz stosowanych oznaczeń,
- 8 rozdziałów,
- literaturę,
- spis rysunków,
- spis tabel,
- załączniki A i B.

3. Uwagi i pytania do poszczególnych części pracy

Ad Streszczenie

W streszczeniu podano, że „Wyznaczona zależność charakteryzowała się średnim bezwzględnym błędem procentowym wynoszącym 14,52%. Następnie przeprowadzono badania kontrolne wyznaczonej zależności.”

Brakuje w streszczeniu informacji jaka zależność została uzyskana w wyniku badań.

Ad Wykaz zastosowanych oznaczeń

W wykazie są oznaczenia:

CIV indeks cementu (oznaczenie org.),

UCS wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie (oznaczenie org.),

UCS_{ref} wartość referencyjna UCS (oznaczenie org.),

q_u wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie (oznaczenie org.).

Nie jest jasne co oznacza org. w opisie tych oznaczeń.

Ad 1. Wstęp

W podrozdziale 1.3 przyjęto następujący główny cel pracy:

„Analiza czynników wpływających na wytrzymałość na ściskanie gruntu stabilizowanego cementem z włóknami polipropylenowymi oraz wyznaczenie zależności pomiędzy wytrzymałością na ściskanie a parametrami takimi jak: objętość porów, objętość spoiwa, objętość włókien, objętość szkieletu gruntowego świeżej mieszanki i czasu utwardzania oraz odporności na działanie wody.”

W praktyce inżynierskiej w procesie stabilizacji gruntów spoiwami lub lepiszczami stosuje się dozowanie wagowe, które jest niezależne od różnego stanu zagęszczenia mieszanek stabilizowanych, a także różnego stanu zagęszczenia składników tych mieszanek. Wymaga wyjaśnienia, dlaczego Doktorant przyjął poszukiwanie zależności objętościowych a nie wagowych.

Ad 2. Przegląd stanu wiedzy

W podrozdziale 2.3. *Stabilizacja gruntu* na str. 27 Doktorant pisze:

„Proces stabilizacji mechanicznej polega na zmodyfikowaniu gruntu wzmacnianego poprzez dodanie do niego innych gruntów o odpowiednio dobranym uziarnieniu lub innymi elementami (np. zbrojeniem). W wyniku takiego działania otrzymuje się grunt o dobrych parametrach

zagęszczalności, co wpływa bezpośrednio na poprawę właściwości mechanicznych czy też zwiększoną odporność na działanie wody.”

Najczęściej stabilizacja mechaniczna wykonywana jest z mieszanek kruszyw naturalnych lub sztucznych o odpowiednio dobranym uziarnieniu i wskaźniku różnoziarnistości. Z tego powodu definicji stabilizacji mechanicznej nie należy ograniczać tylko do gruntów ale również do kruszyw.

W podpunkcie 2.3.2.3. *Wpływ zawartości i rodzaju spoiwa* na str. 36 Doktorant opisuje wpływ zwiększenia zawartości cementu w mieszance na wytrzymałość cementogruntu na ściskanie. W opisie tym brakuje informacji czy zawartości cementu są określone wagowo, czy objętościowo. Zwrócić należy także uwagę, że ilości cementu wynoszące od 30% do 50% (niezależnie wagowo czy objętościowo) nie są w praktyce inżynierskiej stosowane do stabilizacji gruntów cementem.

W tym samym podpunkcie (str. 37) na rysunku 2.1. przedstawiającym strefy rozwoju wytrzymałości w stabilizowanym gruncie spoistym nie określono czy zawartość cementu jest podawana wagowo, czy objętościowo. Ww. rysunek jest przytoczony z publikacji [71] i na podstawie danych zawartych w tej publikacji należałoby określić procentowy udział cementu w mieszance cementogruntovej (objętościowy lub wagowy).

W podpunkcie 2.3.2.5. *Kryteria normowe* na str. 43 Doktorant podaje, że:

„W metodzie pierwszej klasyfikacji przeprowadza się na podstawie badania CBR przeprowadzonego zgodnie z normą PN-EN 13286-47 [202]. Badanie należy przeprowadzić po 4 dniach pielęgnacji lub innym okresie, jeśli został on wskazany w przepisach miejscowych.”

W rozprawie nie jest zdefiniowane, co to są przepisy miejscowe.

W podpunkcie 2.3.3.3. *Wpływ włókien na parametry wytrzymałościowe* na str. 59-60 przedstawiono wyniki badań gruntów stabilizowanych cementem z dodatkami włókien. W tekście kilkakrotnie są przytaczane „grunty stabilizowane”, ale nie wiadomo o jaką stabilizację chodzi (cementem, wapnem, popiołami). W rozprawie doktorskiej powinny być sformułowania bardziej precyzyjne. Ponadto podawane są procentowe ilości dodatku włókien bez określenia czy jest to ilość wagowa, czy objętościowa. Ww. opisy wymagają doprecyzowania.

W tym samym podpunkcie Doktorant przedstawił wyniki badań kąta tarcia wewnętrznego i kohezji gruntów stabilizowanych z dodatkiem włókien. Tu także brakuje informacji, jakim spoiwem były stabilizowane grunty. Należy także zauważyć, że badania kąta tarcia

wewnętrznego i kohezji mają pewne znaczenie w przypadku niezwiązanych lub słabo związanych mieszanek gruntów stabilizowanych cementem z dodatkiem włókien. Po związaniu i stwardnieniu właściwości takich cementogrunty powinny być określone wytrzymałością, np. na ściskanie i modulem sprężystości. Z tego powodu zasadne jest przytoczone w rozprawie na str. 69 stwierdzenie, że:

„W przypadku badań gruntów stabilizowanych stosunkowo rzadko przeprowadzane są badania mające na celu określenie wytrzymałości na ścinanie w aparacie trójosiowego ściskania.”

Ad 3. Materiał badań

Znacznie lepszy byłby tytuł:

Materiały do badań

lub

Materiały do badań własnych

Badania własne obejmowały trzy grunty. Dlatego podrozdział 3.1. powinien być zatytułowany *Grunty*.

Wiadomo, że do stabilizowania cementem najkorzystniejsze są grunty sypkie lub gruboziarniste. Grunty spoiste są zdecydowanie trudniejsze z uwagi na zbrylanie się i trudności mieszania z innymi składnikami, a także konieczność stosowania większej ilości cementu. Doktorant wybrał do badań trzy grunty:

- grunt nr 1 o zawartości frakcji pylastej i ilowej 39%,
- grunt nr 2 o zawartości frakcji pylastej 9%,
- grunt nr 3 o zawartości frakcji pylastej i ilowej 97%.

Taki dobór wskazuje, że grunty nr 1 i 3 są trudniejsze do stabilizacji cementem w porównaniu do gruntu nr 2. Proszę o przedstawienie argumentów za takim doбором gruntów do badań.

W programie badań przewidziano badanie gęstości właściwej gruntów, cementu i włókna polipropylenowego. Jaki był cel tych badań?

Ad 4. Metodyka i zakres badań

W podrozdziale 4.1. *Program badań* opisano dwa etapy badań.

Badania podczas etapu I zostały przeprowadzone z użyciem gruntu nr 1, przy zachowaniu jednorodnych warunków przygotowania mieszanek do badań, tj.:

- jeden rodzaj gruntu, rozdrobniony i przygotowany jednorazowo na wszystkie próbki,
- jeden rodzaj cementu, spoiwo pochodziło z jednej partii,
- jeden rodzaj włókien, zbrojenie rozproszone pochodziło z jednej partii,
- wspólna procedura dozowania, mieszania i zagęszczania dla wszystkich próbek.

Na str. 91, 92 i 94 podano informacje o ilościach składników w mieszankach cementogruntowych z dodatkiem włókien polipropylenowych, ale nie określono czy wagowo, czy objętościowo. Z opisu w 4.2.3. wynika, że składniki były dozowane wagowo, ale w celu pracy zaproponowano „...wyznaczenie zależności pomiędzy wytrzymałością na ściskanie a parametrami takimi jak: objętość porów, objętość spoiwa, objętość włókien, objętość szkieletu gruntowego świeżej mieszanki...”. Takie dane powinny być w rozprawie jednoznacznie określone.

Na str. 96 przedstawiono procedurę mieszania w warunkach laboratoryjnych, w której brakuje pierwszego działania, tj. odmierzenia ilości gruntu.

W programie badań przyjęto, że wilgotność mieszanek, z których zostaną wykonane próbki będzie w zakresie od 6 do 13% (str. 91). Z dotychczasowych doświadczeń dotyczących stabilizacji gruntów różnymi spoiwami wynika, że najlepsze wyniki wytrzymałościowe uzyskują mieszanki zagęszczane przy wilgotności optymalnej. Wilgotność optymalna gruntu różni się od wilgotności optymalnej gruntu z dodatkiem cementu i włókien. Dlatego potrzebne jest wyjaśnienie, dlaczego Doktorant nie prowadził badań na mieszankach o wilgotności optymalnej gruntu z dodatkiem cementu i włókien, zapewniającej podczas zagęszczenia maksymalną gęstość objętościowej szkieletu tych mieszanek?

W punkcie 4.4.2. *Parametry odkształceniowe* na str. 113 Doktorant pisze: „*Grunt stabilizowany, podobnie jak podłoże gruntowe, zachowuje się w sposób sprężysty jedynie w zakresie małych odkształceń.*” To bardzo dyskusyjne stwierdzenie. Trudno porównywać podłoże gruntowe, na przykład z gruntów spoistych, z gruntem stabilizowanym cementem o wytrzymałości na ściskanie np. 5 MPa, który po związaniu jest materiałem sprężystym.

Ad 5. Wyniki badań laboratoryjnych

W tym rozdziale nie przytoczono załącznika A, w którym podane są oznaczenia próbek i ich skład.

Z wykresów pokazanych na rys. 5.1, 5.2 i 5.3. wynika, że aproksymowana wilgotność optymalna określona na podstawie wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie wynosi

odpowiednio 9%, 9% i 9,5%. Na str. 118 Doktorant podał informację, że w dalszych badaniach „Wszystkie próbki zostały przygotowane przy jednakowej wilgotności założonej, która została wyznaczona podczas badania nr 1 i wynosiła 10%.” Wymaga wyjaśnienia, dlaczego została przyjęta wilgotność inna niż te, przy których uzyskano największe wytrzymałości.

Na str. 121 Doktorant stwierdza, że: „Na podstawie uzyskanych wyników można dostrzec, że we wszystkich mieszankach zawierających włókna nastąpił wzrost wartości znormalizowanej w pierwszych dniach utwardzania ($T_C = 1$, $T_C = 3$ i $T_C = 7$). W następnych dniach wzrost ten nie był już jednoznaczny.” Jak można wyjaśnić to zjawisko?

Na str. 122 Doktorant podaje następujący opis pielęgnacji próbek: „Dla każdej mieszanki przygotowano sześć próbek z jednego zarobu, gdzie trzy próbki poddano pielęgnacji w wodzie przez okres 7 dni.” Taki opis wskazuje, że próbki po ich uformowaniu przed związaniem zostały wstawione do wody, czyli było to badanie na rozmakanie. Natomiast z rys. 5.9 wynika, że próbki uzyskiwały wytrzymałość. Opis pielęgnacji jest niejednoznaczny i trudno zorientować się o jakie badanie chodzi.

Na str. 125 przedstawiono opis wyznaczania siecznego modułu sprężystości, który powinien być podany w rozdziale 4 *Metodyka i zakres badań*.

Z tablicy 5.7 wynika, że w niektórych mieszankach zastosowanie włókien zmniejsza wartość siecznego modułu sprężystości. Jaka jest tego przyczyna?

Ad 6. Analiza

W tytule rozdziału rozprawy doktorskiej powinno być podane, o jaką analizę chodzi, np. analizę wyników badań.

Na str. 141 współczynnik $\Delta_1 = n$. W jakim celu został zdefiniowany sztucznie współczynnik tożsamy z porowatością?

Analogiczna uwaga dotyczy współczynnika Δ_2 tożsamego z indeksem cementu C_i .

Ad 7. Badania kontrolne

Badania kontrolne są zwykle powiązane z kontrolą jakości. W rozprawie doktorskiej powinny być badania weryfikacyjne.

Poprawny tytuł podrozdziału 7.2 powinien być „Weryfikacja zależności empirycznych”.

Ad 8. Podsumowanie, wnioski i dalszy kierunek prac

W podrozdziale 8.1. *Podsumowanie* Doktorant przytacza cel rozprawy, tj. „*Celem niniejszej pracy była analiza wpływu włókien polipropylenowych na właściwości mechaniczne cementogruntu oraz opracowanie funkcji matematycznej opisującej zależność między wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie cementogruntu a objętością jego poszczególnych faz, czasem utwardzania i odpornością na działanie wody.*”

Powyższy cel pracy różni się od głównego celu podanego w podrozdziale 1.3, a mianowicie „*Analiza czynników wpływających na wytrzymałość na ściskanie gruntu stabilizowanego cementem z włóknami polipropylenowymi oraz wyznaczenie zależności pomiędzy wytrzymałością na ściskanie a parametrami takimi jak: objętość porów, objętość spoiwa, objętość włókien, objętość szkieletu gruntowego świeżej mieszanki i czasu utwardzania oraz odporności na działanie wody.*”

Należy wyjaśnić tę różnicę.

Na str. 189 Doktorant pisze; „*Dodanie włókien polipropylenowych do cementogruntu spowodowało zmniejszenie wartości modułów odkształceniowych (E_{50} , E_{UPV} , G_{UPV}). Efekt ten osłabiał się wraz ze wzrostem wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie.*”

Powyższy wniosek powinien być uzupełniony o określenie przyczyn lub prawdopodobnych przyczyn takiej zmiany.

W podrozdziale 8.2. *Wnioski* Doktorant opisuje, że „*podczas procesu przygotowywania mieszanek włókna polipropylenowe wykazywały tendencje do tworzenia lokalnych skupisk.*”

W rozdziałach 3 i 4 nie przedstawiono takiego zjawiska. Było ono opisywane w przeglądzie literatury.

Należy zwrócić uwagę, że istotnym kierunkiem dalszych badań jest określenie wpływu włókien polipropylenowych na mrozoodporność gruntów stabilizowanych cementem, co pozwoli na sprawdzenie przydatności włókien w praktyce inżynierskiej. Kierunek ten Doktorant przedstawił na str. 198.

Ad Załącznik A

Załącznik A powinien mieć tytuł. Wcześniej wspomniałem, że nie był przytoczony w tekście rozprawy.

Ad Załącznik B

Załącznik B powinien być zatytułowany.

4. Ocena pracy

Zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) opinia dotycząca danej rozprawy doktorskiej powinna zawierać następujące elementy:

- 1) ocenę wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie albo dyscyplinach;
- 2) ocenę wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora;
- 3) ocenę wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta

Pozytywnie oceniam teoretyczną wiedzę Doktoranta przedstawioną w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Doktorant wykazał się wiedzą w zakresie geotechniki oraz stabilizacji gruntów. Z rozprawy doktorskiej wynika także, że Doktorant ma znaczącą wiedzę teoretyczną obejmującą metody analizowania wyników badań oraz metody analiz statystycznych.

Ocena, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Tak, rozprawa doktorska wykazała, że Doktorant ma umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Doktorant określił cel główny pracy oraz cele szczegółowe. Postawił hipotezę badawczą, którą udowodnił po przeprowadzeniu badań laboratoryjnych i analiz.

Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Tak, rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Oryginalność polega na:

- opracowaniu zależności empirycznej umożliwiającej prognozowanie wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie gruntu stabilizowanego z i bez dodatku włókien polipropylenowych,

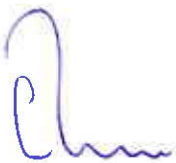
- wyznaczeniu zależności pomiędzy wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie a modułami odkształceniowymi dla gruntu stabilizowanego z i bez dodatku włókien polipropylenowych,
- wyznaczeniu zależności pomiędzy prędkością fali podłużnej i poprzecznej a wytrzymałością na jednoosiowe ściskanie gruntu stabilizowanego z i bez dodatku włókien polipropylenowych,
- wyznaczeniu zależności pomiędzy modułami statycznymi a modułami sprężystości i ścinania wyznaczonymi metodą ultradźwiękową,
- zbadaniu wpływu włókien polipropylenowych na właściwości mechaniczne gruntu stabilizowanego cementem.

5. Wniosek

Opiniowaną rozprawę doktorską oceniam pozytywnie, mimo moich licznych uwag i pytań. Podsumowując stwierdzam, że opiniowana praca doktorska mgr inż. Macieja Miturskiego pt. „Charakterystyka wytrzymałościowa gruntu stabilizowanego cementem z dodatkiem włókien polipropylenowych”, której promotorem jest dr hab. inż. Wojciech Sas, prof. SGGW z Instytutu Inżynierii Lądowej SGGW, a promotorem pomocniczym dr inż. Andrzej Głuchowski z Instytutu Inżynierii Lądowej SGGW, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, które podane są w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

Rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz Jego umiejętność do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a także stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Macieja Miturskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.



12. 03. 2025r.

२

(00)559007734912391999



(00)559007734912391999



Poczta Polska

Opłata pobrana _____ zł _____ gr



2024



KANCELARIA GŁÓWNA SGGW

2025-03-14

WPLYNEŁO DNIA -7-

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Instytut Inżynierii Lądowej

ul. Nowoursynowska 166 bud. 33

02-787 Warszawa



RPM/6397/2025 N
Data: 2025-03-14

Data: 2025-03-14