

Dr hab. inż. Maria Jolanta Sulewska, prof. PB  
Katedra Geotechniki i Mechaniki Konstrukcji  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Politechnika Białostocka  
ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej mgr. inż. Emila Sobóla na temat: „Czynniki warunkujące tłumienie fal sejsmicznych w gruntach spoistych”

Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Alojzy Szymański.  
Promotorem pomocniczym jest dr inż. Wojciech Sas.

#### 1. Podstawa opracowania

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr. inż. Emila Sobóla pt. „Czynniki warunkujące tłumienie fal sejsmicznych w gruntach spoistych” opracowałam na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dr. hab. inż. Eugeniusza Kody, prof. nzw. SGGW (pismo z dnia 24.07.2018) w związku z uchwałą Rady Wydziału z dnia 18.07.2018 roku.

#### 2. Ogólna charakterystyka i struktura pracy

Problematyka rozprawy doktorskiej zawiera się w obszarze dyscypliny budownictwo i specjalności geotechnika. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma charakter badawczy i dotyczy analizy wyników badań gruntów spoistych w kolumnie rezonansowej.

Rozprawa liczy ogółem 245 stron, w tym 122 rysunki i 40 tabel. Praca składa się ze streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu treści, siedmiu rozdziałów, spisu literatury, wykazu wybranych symboli i oznaczeń oraz spisów rysunków i tabel.

**Rozdział 1.** stanowi wstęp, w którym sprecyzowano cel, hipotezę badawczą i układ pracy (5,5 strony).

**W rozdziale 2.** zamieszczono przegląd literatury na temat tłumienia fal sejsmicznych (rodzaje fal w przyrodzie, mechanizmy tłumienia, parametry opisujące sztywność gruntu, nieliniowa zmienność parametrów odkształceniowych i współczynnika tłumienia, czynniki warunkujące tłumienie i sztywność gruntów) (64 strony).

**W rozdziale 3.** zamieszczono przegląd terenowych i laboratoryjnych metod badań gruntów obciążonych w sposób dynamiczny (17,5 strony).

**Rozdział 4.** zawiera opis aparatury i metod badań własnych (budowa i modyfikacja kolumny rezonansowej, sposób przygotowania próbek do badań w kolumnie rezonansowej, sposób obliczania modułu odkształcenia postaciowego i współczynnika tłumienia, kalibracja kolumny rezonansowej) (20 stron).

**W rozdziale 5.** zamieszczono wyniki badań własnych (zakres badań, opis badanych gruntów, program badań, wyniki analiz granulometrycznych, wyniki badań edometrycznych, wyniki badań współczynnika tłumienia, badanie wpływu innych parametrów geotechnicznych na wartość współczynnika tłumienia) (63 strony).

**Rozdział 6.** dotyczy interpretacji wyników na podstawie analiz statystycznych, których ostatecznym celem jest opracowanie zależności empirycznych (zakres przeprowadzonych

analiz statystycznych, ocena wyników badań współczynnika tłumienia, analizy korelacji i regresji, wybór najlepszych modeli statystycznych) (40 stron).

**Rozdział 7.** zawiera podsumowanie i wnioski oraz program dalszych prac (6 stron).

**W spisie literatury** zamieszczono 181 pozycji, w większości w języku angielskim, w tym: 78 pozycji opublikowanych po roku 2000 (42,8%), 6 norm oraz 9 publikacji autorskich i współautorskich mgr. inż. Emila Sobóla.

### 3. Teza i cel rozprawy

**Teza rozprawy** brzmi: Współczynnik tłumienia gruntów spoistych zależy od zakresu przewidywanych odkształceń postaciowych, naprężenia efektywnego oraz spoistości.

- Pytanie do tezy: Co oznacza wyrażenie „zakres przewidywanych odkształceń postaciowych” i na jakiej podstawie można ten zakres przewidzieć?

**Celem głównym** rozprawy jest: wyodrębnienie i analiza czynników wpływających na wartości współczynnika tłumienia  $D$  gruntów spoistych oraz opracowanie zależności empirycznej określającej współczynnik tłumienia  $D$  wybranych gruntów spoistych w zakresie małych i średnich odkształceń.

Zostały także sformułowane **cele szczegółowe**: 1) określenie optymalnej metody wyznaczania współczynnika tłumienia w gruntach spoistych z zastosowaniem kolumny rezonansowej, 2) opracowanie charakterystyk opisujących zmienność współczynnika tłumienia w zależności od zidentyfikowanych czynników, wpływających na zjawisko tłumienia w gruntach spoistych, 3) określenia wartości maksymalnych i siecznych modułów odkształcenia postaciowego w badanym zakresie odkształceń wybranych gruntów spoistych przy użyciu kolumny rezonansowej, 4) opracowanie zależności empirycznej określającej współczynnik tłumienia  $D$  wybranych gruntów spoistych w zakresie małych i średnich obciążeń.

- Uważam, że w świetle tematu rozprawy, teza i cel główny oraz cele szczegółowe zostały określone bardzo trafnie. Wątpliwości może budzić cel szczegółowy trzeci podany bez kilku słów wyjaśnienia, dlaczego mieści się on w temacie pracy.

### 4. Uwagi merytoryczne do poszczególnych rozdziałów rozprawy

W tym punkcie recenzji zawarłam uwagi i pytania, dotyczące treści kolejnych rozdziałów rozprawy.

**Rozdziały 2 i 3** mają charakter przeglądowny.

- Są obszerne, bardzo szczegółowo i wnikliwie omawiają przegląd literatury na temat wyników badań tłumienia fal w gruntach oraz metod badania gruntów obciążonych dynamicznie, przywołując prawie wszystkie pozycje spośród publikacji wymienionych w spisie literatury.
- Szczególnie należy docenić to, że Autor opisuje stan wiedzy, uwzględniając także rys historyczny z podziałem na poszczególne zagadnienia. Autor rozwija myśl przewodnią i ściśle „trzyma się” tematu i celów pracy oraz przeprowadza analizę krytyczną cytowanej literatury. Rozdział 2. kończy się uzasadnieniem podjęcia badań nad wpływem różnych czynników na charakterystyki tłumienia gruntów spoistych, a rozdział 3. kończy się uzasadnieniem wyboru metody badania gruntów spoistych obciążonych dynamicznie i uzasadnia pogląd, że najwłaściwszą aparaturą do wykonania zaplanowanych badań jest kolumna rezonansowa. W rozdziałach 2. i 3.

oraz 4. przejrzycie wyjaśniono wszystkie ważne aspekty analizowanego zagadnienia naukowego.

**W rozdziale 5.** opisano wyniki badań własnych.

- W rozdziale 5.2 napisano, że informacje o historii naprężenia mają „związek ze śmiałą tezą jakoby wskaźnik prekonsolidacji OCR nie miał wpływu na wartość współczynnika tłumienia”, co sugeruje, że ta teza nie została w pełni udowodniona. Natomiast wcześniejsza analiza literatury opisana w rozdziale 2.5.4. doprowadziła Autora do ostatecznego wniosku: „Podsumowując, wpływ historii naprężenia na współczynnik tłumienia jest znikomy i można go pominąć”. Który z tych poglądów ostatecznie Autor przyjął?
- Treści rozdziałów: 5.2 (Zakres przeprowadzonych prac), 5.4 (Miejsca poboru materiału badawczego), 5.4 (Program badań) i 5.5 (Materiał badawczy) są pomieszczone, a powinny być uporządkowane i podzielone na zwarte i konkretne rozdziały, np.: zakres badań, opis badań, opis badanych gruntów.
- Odnośnie do rozdziału 5.2 i 5.3: Grunty poligonu Bartycka zalegające do około 2m p.p.t. zostały opisane jako „mady ciężkie w postaci glin piaszczystych” – wobec tego, jaka była zawartość części organicznych w tych gruntach (str. 115)? Jakie znaczenie przy opisie miejsc pobierania próbek gruntów miały piętra wodonośne, np. Równiny Warszawskiej (str. 116-117)?
- W rozdziale 5.6 na rys. 5.6 zamieszczono „Przykładowe krzywe ściśliwości w zależności od wysokości próbki i naprężenia” – co Autor miał na myśli pisząc o wysokości próbki w kontekście badań edometrycznych?
- Rozdziały 5.7.1.1 i 5.7.1.2 powinny być połączone w jeden rozdział zatytułowany np.: Wybór metody określania współczynnika tłumienia. Porównywano ze sobą, na podstawie 10. pomiarów, dwie (a właściwie cztery) metody: metodę na podstawie krzywej gaśnięcia drgań swobodnych KGDS (przy 2 pierwszych cyklach  $D_{2C}$ , przy 3 pierwszych cyklach  $D_{3C}$  i przy dobranej liczbie cykli  $D_{CD}$ ) oraz metodę analizy pasma połowy mocy APPM. Nie podano zakresu liczby cykli wybranych do obliczania współczynnika tłumienia.
- Tok rozumowania Autora jest poprawny i przekonujący, przyjęte kryterium wyboru „najlepszej” metody jest właściwe. Analiza kończy się wyborem metody KGDS przy  $D_{CD}$ , na podstawie wniosku, że przy zastosowaniu tej metody wartości dwóch przyjętych miar zróżnicowania rozkładu cech były najmniejsze.
- Dobrze byłoby podać wzory, według których obliczano miary zróżnicowania cech (str. 133-136 pracy).
- Należy ponadto zauważyć, że dzieląc wartość odchylenia standardowego przez średnią arytmetyczną pomiarów (str. 133 pracy) uzyskuje się klasyczną względną miarę zróżnicowania rozkładu cechy, która to miara nazywa się współczynnikiem zmienności  $V=(s/X_{\text{śred}})100$  [%]; w pracy ten miernik jest nazwany średnią zmiennością procentową wyników.
- Następny rozdział 5.7.2 o bardzo ogólnym tytule: Współczynnik tłumienia  $D_{CD}$  – prezentacja wyników, zawierał analizę wpływu na współczynnik tłumienia takich czynników jak: odkształcenie postaciowe, naprężenie efektywne, wskaźnik porowatości, historia naprężenia, rodzaj gruntu, częstotliwość drgań, znormalizowany moduł odkształcenia postaciowego. Uzyskane zależności przedstawiono na wykresach i szczegółowo opisano, porównując do zależności opublikowanych w literaturze i przeprowadzając ich analizę krytyczną.
- Czy wybór postaci funkcji kwadratowej przeważnie przyjmowanej do opisów zależności, jest osiągnięciem własnym Autora, czy też przyjęto postać tej funkcji na podstawie literatury?

- Niewątpliwym osiągnięciem naukowym Autora jest uszeregowanie czynników wpływających na wartość współczynnika tłumienia pod względem ich ważności. Najważniejszymi czynnikami okazały się: poziom odkształcenia (nie napisano, za pomocą którego parametru wyrażony:  $\gamma$  czy  $G$  czy  $G/G_{MAX}$ ?), naprężenie efektywne  $p'$  i wskaźnik plastyczności  $I_p$  oraz ewentualnie wskaźnik porowatości  $e$ .

**Rozdział 6.** pod tytułem: Interpretacja uzyskanych wyników, zawiera analizy statystyczne wyników badań.

- W rozdziale 6.1 napisano, że w celu redukcji liczby zmiennych w planowanych modelach zastosowano analizę czynników głównych. Na podstawie dalszych analiz okazało się, że spośród najważniejszych czynników można wybrać tylko 2 lub 3 czynniki, które weszłyby do modeli. Czy wobec tego rzeczywiście zastosowano analizę czynników głównych i po co?
- W rozdziale 6.2.1 przeprowadzono analizę miar rozrzutu wyników  $D_{CD}$ , która, moim zdaniem, była już wystarczająco przeprowadzona w rozdziale 5.7.1.2.
- Dlaczego błąd standardowy średniej, oznaczony w pracy jako BSS, wyrażony jest w procentach (tab. 6.2 i 6.3)? Z wzoru (6.6) nie wynika, by miał takie miano (i nie powinien mieć). Dlaczego w mianowniku wzoru (6.6) jest pierwiastek kwadratowy z  $(N-1)$  a nie  $N$ ?
- Dlaczego Autor uważa, że jeśli względny błąd pomiaru, oznaczony jak BWP, jest mniejszy niż 5%, to badania wykonane zostały poprawnie (str. 179)? Czy gdyby BWP był większy niż 5%, świadczyłoby to o niepoprawnym wykonaniu badań?
- Dlaczego na wykresach normalności zmienne  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$  wyrażone są w %? Są to wykresy i testy normalności a nie, jak napisano „normalizacji” (w tytule rozdziału 6.2.2 oraz na str. 181). Jaki zakładano poziom istotności  $\alpha$ ? Przy żadnej z analiz statystycznych nie napisano, jaki przyjmowano poziom istotności, a najczęściej przyjmuje się  $\alpha=5\%=0,05$ . Czy rzeczywiście stosowano Test W Shapiro-Wilka z modyfikacją Roystona (str. 180)?
- W rozdziale 6.2.3 przeprowadzono analizę korelacji liniowej, w celu doboru zmiennych do opracowania modeli  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$  na podstawie macierzy korelacji liniowej.
- Na str. 184 Autor pisze: „Dodatkowo  $V_s$  dość dobrze koreluje z  $G/G_{MAX}$ , co również pozytywnie wpływa na konstrukcję związku empirycznego” oraz na str. 186 i 187: „Ponownie do dalszej analizy wybrano ... wskaźnik porowatości i wskaźnik plastyczności, ponieważ bardzo dobrze korelowały między sobą...”. Dalej Autor stosuje ten sam tok rozumowania.  
Tymczasem dobra korelacja liniowa między dwiema zmiennymi wprowadzanymi do modelu nie stanowi zalety, a wręcz przeciwnie, jest wadą i wskazówką, że do modelu można wprowadzić tylko jedną z nich. Zmienne dobrze skorelowane ze sobą (współliniowość zmiennych) wnoszą do modelu te same informacje i któraś z nich jest nadmiarowa (redundantna), co przeważnie skutkuje jej nieistotnością statystyczną w modelu (Stanisz, t. 2, 2007).
- Dlaczego Autor uznał, że zakres  $p' = 30 - 415$  kPa stanowi małe zróżnicowanie naprężeń (ostatnie zdanie na str. 191)?
- W rozdziale 6.2.4 została opisana analiza regresji.
- Na podstawie literatury przyjęto postać funkcji potęgowej do określenia modeli  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$ , a kryterium wyboru najlepszego modelu jest najmniejsza wartość średniego błędu względnego funkcji (nie podano wzoru). Uzyskano dość skomplikowane wzory, nie opisując nawet hasłowo procedury, w jaki sposób je konstruowano.

- Wartość średniego błędu względnego bez podania zakresu błędu (średni błąd względny max-średni błąd względny min) nie jest wystarczającą informacją do oceny jakości modelu, np. dla równania (6.11) średni błąd względny wynosi 17,3%, a dla równania (6.12) wynosi 23,2% (str. 198), tymczasem w tab. 6.16 podano według równania (6.11)  $BW_{\text{śred}}=22,9\%$  przy zakresie błędów od 7,4 do 83,2%; a dla równania (6.13) w tab. 6.17 podano  $BW_{\text{śred}}=22,7\%$  przy zakresie od 5,5 do 46,7%. To samo pytanie dotyczy wzorów (6.13)-(6.16). Skąd wynikły te rozbieżności?
  - Nie napisano, czy wszystkie wyrazy przyjętych modeli były statystycznie istotne.
  - Autor na str. 193 pisze nadzwyczaj słusznie: „Proste zależności zazwyczaj wymagają niższych kosztów w przypadku kontroli ich wyników w przyszłości oraz sprzyjają ich praktycznemu wykorzystaniu”.
- Jak rozumiem, Autor usilnie starał się uzyskać modele podobne do modeli zamieszczonych w literaturze, w celu porównania błędów uzyskanych dla badanych przez Autora gruntów, a obliczonych według modeli Autora i modeli podanych w literaturze, co zostało przedstawione w rozdziale 6.2.5 w tab. 6.16, 6.17 i 6.18. Czy analizowano, dla porównania, również prostsze modele: liniowej regresji prostej i wielorakiej i jaka była ich jakość predykcyjna?
- Dlaczego wyniki  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$  otrzymuje się w % i jaka jest interpretacja fizyczna parametrów  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$  wyrażonych w % (% czego?)?
  - Nie podano wzorów, według których obliczano błędy bezwzględne (oznaczone jako BB) i względne (WB).
  - Co Autor miał na myśli pisząc w komentarzu do rys. 6.11: „...wąsy przedstawiają 96% przedział ufności”?
  - Z rys. 6.11 (bez przeprowadzania testów istotności różnic średnich) można wyciągnąć wniosek, że różnice między wynikami  $D_{CDMIN}$  otrzymanymi według analizowanych wzorów są praktycznie nieistotne statystycznie; oprócz wyniku uzyskanego według modelu Ishibashi i Stewarta, 2001, którego wartość średnia jest wyraźnie mniejsza, a wykres („wąsy”) jest rozłączny z wykresami pozostałych średnich. Również średnie  $D_{CD}$  (rys. 6.12) nie wykazują różnic istotnych statystycznie. Trzeba jednak zauważyć, że równania zaproponowane przez Autora najdokładniej odzwierciedlają wyniki badań.
  - Osiągnięciem naukowym Autora jest wybór najlepszych modeli empirycznych dla dwóch grup gruntów, wydzielonych ze względu na  $I_p$ , na podstawie analizy błędów przeprowadzonej w rozdziale 6.2.5. Opracowano równania do przewidywania wartości współczynników tłumienia  $D_{CD}$  oraz  $D_{CDMIN}$  osobno w dwóch grupach gruntów spoistych: gruntów mało i średnio spoistych oraz gruntów zwięzłe i bardzo spoistych. W porównaniu z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy i przedstawionymi w literaturze, zależności Autora charakteryzują się znacznie mniejszymi wartościami średnich błędów względnych.
  - W rozdziale 6.2.6 zamieszczono 4 wybrane najlepsze modele statystyczne w zależności od spoistości gruntu i zakresu odkształceń (zakresy odkształceń sprężystych i odkształceń sprężysto-plastycznych) oraz sprecyzowano zakresy ich stosowalności (zakresy naprężenia efektywnego, wskaźnika porowatości, wskaźnika prekonsolidacji). W ten sposób udowodniono tezę i zrealizowano cel główny rozprawy.

**W rozdziale 7.** osiągnięcia pracy zostały najbardziej przejrzysto posumowane na schemacie algorytmu postępowania przy obliczaniu współczynnika tłumienia w zakresie małych i średnich odkształceń. Schemat ten stanowi właściwie główny i ostateczny wniosek rozprawy. Zamieszczono również wnioski szczegółowe oraz program dalszych prac.

## 5. Ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa ma charakter pracy eksperymentalnej i dotyczy geotechnicznych badań laboratoryjnych.

W pracy został postawiony problem analizy czynników wpływających na wartości współczynnika tłumienia gruntów spoistych. Badania tego parametru w komorze rezonansowej są pionierskie w kraju. W literaturze naukowej światowej również jest mało doniesień na temat badań współczynnika tłumienia gruntów spoistych. Autor na podstawie badań wykonanych na 15. próbkach gruntów spoistych opracował modele predykcyjne współczynników tłumienia i wybrał najlepsze z nich.

Do mocnych stron pracy należą, moim zdaniem:

- 1) wybór interesującej tematyki o walorach naukowych i jednocześnie użytecznych,
- 2) obszerny przegląd literatury, przeprowadzenie krytycznej analizy literatury i dyskusji z wnioskami innych badaczy,
- 3) przeprowadzenie laboratoryjnych badań w komorze rezonansowej, trudnych ze względu na skomplikowany sposób przygotowania i ustawienia próbek, jak również nieoczywistą interpretację wyników; Autor zaprezentował w pracy swoją biegłość i doświadczenie jako badacz,
- 4) wizja i plany dalszych badań i prac nad tematem.

Do oryginalnych własnych osiągnięć Autora zaliczam:

- 1) wybór najlepszej metody pomiaru współczynnika tłumienia,
- 2) uszeregowanie czynników w kolejności ich największego wpływu na wartość współczynnika tłumienia gruntów spoistych,
- 3) opracowanie modeli statystycznych oraz algorytmu postępowania przy badaniu i obliczaniu współczynnika tłumienia w zakresie małych i średnich odkształceń.

Do słabszych stron pracy należą, moim zdaniem, niedociągnięcia analizy statystycznej, mimo bardzo obszernych objaśnień.

## 6. Uwagi redakcyjne

Zasadniczo układ pracy jest właściwy, a podział treści przejrzysty. Pod względem językowym zauważono pewne uchybienia, z których najważniejsze wymieniam poniżej:

- W tekście nie powinno się używać skrótów, np.: ww – wyżej wymienione (str. 23, 26), wg – według (str. 28, 41, 60, 122, 133, 157), szczególnie na początku zdania.
- Uchybienia stylistyczne: ... oparty o kierunek... (str. 8), wyłączając sinusa i cosinusa (str. 20), tą zamiast tę (str. 31, 149), ... literatura ...jest podzielona... (str. 70), ilość prac badawczych zamiast liczba prac badawczych (str. 72, 181, 217), na dzień dzisiejszy (str. 89), ...co zdecydowanie uwiarygadnia pozyskany parametr G (str. 98), materiał badawczy zamiast badany (str. 112, 121), naprężenia w podziałce arytmetycznej (str. 125), ciężko dostrzec, zidentyfikować (str. 130, 148, 150), nieliteraturowe przebiegi (str. 131, 162), ciekawe rezultaty zamiast interesujące rezultaty (str. 161, 163), ... stworzono ogólną zależność... (str. 185), ... stosując konstrukcję zależności na współczynnik tłumienia (str. 194), ... propozycja autora okazuje się powodować najmniejsze błędy w analizowanych gruntach spoistych (str. 200).
- Błędy ortograficzne: nie ważne zamiast nieważne (str. 39), warzono zamiast ważono (str. 118), z pośród zamiast spośród (str. 173).
- Błędy literowe (str. 4, 7, 10, rys. 2.12, 30, 33, 42, 44, 52, 82, 87, 111, 141, 145, 165, 170, 177, 178, 183, 184, 215, 216).

- Nie należy używać dosłownych tłumaczeń wyrażen w języku angielskim, np.: „... dedykowane do tych zadań oprogramowanie” (str. 174) w jęz. polskim oznacza „specjalne oprogramowanie, przeznaczone...”.
- Brak objaśnień poszczególnych sześciu rysunków na rys. 5.8, nie opisano osi poziomej na rysunkach 5.11, 5.13.
- Brak w spisie literatury pozycji cytowanych w tekście: Ni, 1987 (str. 46), Iwasaki i Tatsuoka, 1977 (str. 48), Dias i Rodrigues, 2008 (str. 137), Lopez-Molina, 2008 (str. 137).
- Wydaje się, że brak jest cytowań w tekście pozycji znajdujących się w spisie literatury: Jamiołkowski i in., 1999; Marcuson i Wahls, 1978; Stanisz, 2006.
- Podwójnie zapisana w spisie treści jedna pozycja literatury 5 i 145.
- Błędne cytowania literatury: ASTM 1992 (brak numeru normy) (str. 3, 101), Blinkowski i Trylski, 1983 czy Blinowski i Trylski (str. 6), 1983, Head i Epps, 1986 zamiast Head, 1986 (str. 25), w 1979 Cooke i in. zamiast: w 1974 Cooke i in. (str. 29), Stokoe i in., 1999 zamiast Stoke i in., 1999 (str. 43), Garyś, 2014 zamiast Gabryś, 2014 (str. 44), w 2015 Keshavarz i Mehramiri czy w 2015 Keshavarz i Mehrairi (str. 49 i 50), Kagawa i in., 1992 zamiast Kagawy i in., 1992 (str. 49), Dong i McCartney, 2016 zamiast Dong i in., 2016 (str. 51), Kokusho i in., 1982b zamiast Kokusho, 1982b (str. 57, 58, 64, 67, 145), El Mosallamy i in., 2016 czy Mosallamy i in., 2016 (str. 69).

W związku z tym, że wiele uwag i pytań dotyczy zagadnień szczegółowych, proponuję formę pisemną odpowiedzi i wyjaśnień na uwagi dotyczące w szczególności zagadnień ze statystyki, jeśli taką formę Autor uzna za wygodniejszą.

## 7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa należy do prac doświadczalnych z zakresu geotechniki. Recenzowana praca zawiera bogaty materiał badawczy. Analizę poszczególnych zagadnień poruszonych w rozprawie Autor będzie mógł rozwijać w swojej dalszej pracy naukowej, ponieważ wyniki przeprowadzonych badań stanowią cenny dorobek, który może stać się podstawą do dalszego rozwoju naukowego Autora.

Autor podjął trudną tematykę badawczą, a Jego badania są pionierskie w skali kraju. Mają one walory naukowe i uytylitarne

Doktorant przeprowadził wnikliwą analizę wielu pozycji literatury, zdobył wiedzę specjalistyczną dotyczącą analizowanych zagadnień, wykonał badania za pomocą nowoczesnej aparatury. Wykazał się umiejętnością przeprowadzania badań, daje się zauważyć Jego biegłość i doświadczenie w tym zakresie.

Doktorant samodzielnie opracował opisane w pracy zagadnienia i osiągnął zakładane cele oraz udowodnił postawioną tezę. Rozprawa stanowi oryginalną propozycję rozwiązania problemu naukowego, wnosi nowe wartości naukowe w dziedzinie geotechniki oraz potwierdza dostateczny poziom wiedzy Doktoranta do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych. Sformułowane w recenzji uwagi dyskusyjne i zauważone niedoskonałości nie obniżają w sposób istotny pracy, którą oceniam wysoko.

W związku z tym, we wniosku końcowym stwierdzam, że rozprawa mgr. inż. Emila Sobóla pt.: „Czynniki warunkujące tłumienie fal sejsmicznych w gruntach spoistych” spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawą z 14 marca 2003 r o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule z zakresu sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej rozprawy.

*Ilana Sulenka*