

Wrocław, 11.08.2023 r.

dr hab. inż. Monika Podwórna, prof. PWr
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Mechaniki Budowli i Inżynierii Miejskiej
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgra inż. Dariusza Szwarekowskiego
pt. „Numeryczna analiza ograniczania drgań transportowych
przez wibroizolacyjną przegrodę w gruncie”

1. Podstawa i przedmiot opracowania

1.1. Podstawa formalna

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej Pani dr hab. inż. Lucyny Domagały, prof. PK z dnia 30 czerwca 2023 r. nr LO.510.46.3.2018, wraz z umową o dzieło na recenzję doktorską.

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Dariusza Szwarekowskiego pt. „Numeryczna analiza ograniczania drgań transportowych przez wibroizolacyjną przegrodę w gruncie”, złożona na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, napisana pod kierunkiem promotora Pani prof. dr hab. inż. Elżbiety Pileckiej. Promotorem pomocniczym w pracy był Pan dr hab. inż. Filip Pachla, prof. PK.

Doktorant reprezentuje dziedzinę *nauk inżynieryjno-technicznych*, dyscyplinę *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Wydziału Inżynierii Lądowej	
29 SIE. 2023	
Wpłynęło dnia.....	
L. dz.	10.510.46.5.2018
podpis.....	<i>[Signature]</i>

1.3. Podstawa prawna

Podstawą prawną opracowania są:

- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (t.j. Dz.U. 2023 poz. 742 z późniejszymi zmianami);
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 poz. 1669 z późniejszymi zmianami)
Art. 179. U. 1. Przewody doktorskie, postępowania habilitacyjne i postępowania o nadanie tytułu profesora wszczęte i niezakończone przed dniem wejścia w życie ustawy, o której mowa w art. 1, są przeprowadzane na zasadach dotychczasowych, z tym że jeżeli nadanie stopnia doktora, stopnia doktora habilitowanego lub tytułu profesora następuje po dniu 30 kwietnia 2019 r., stopień lub tytuł nadaje się w dziedzinach i dyscyplinach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 5 ust. 3 tej ustawy;
- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (t.j. Dz.U. 2017 poz. 1789)
art. 51.u. 1. Przewody doktorskie i habilitacyjne, niezakończone do dnia wejścia w życie ustawy, są prowadzone na podstawie przepisów dotychczasowych;
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 stycznia 2018 roku *w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. 2018, poz. 261).

2. Kryterium oceny

W niniejszej opinii, rozprawę analizowano pod kątem spełnienia punktów zawartych w art. 13 u. 1. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, a mianowicie:

Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora albo pod opieką promotora i promotora pomocniczego, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne, lub oryginalne dokonanie artystyczne, oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Dariusza Szwarekowskiego pt. „*Numeryczna analiza ograniczania drgań transportowych przez wibroizolacyjną przegrodę w gruncie*” dotyczy oceny skuteczności zastosowania w gruncie przegród tłumiących drgania transportowe.

Zakres pracy obejmuje cztery zasadnicze grupy badawcze:

- *doświadczalne badania terenowe i laboratoryjne w celu uzyskania informacji o fizycznych, mechanicznych i dynamicznych właściwościach podłoża;*
- *przygotowanie mieszaniny gruntobetonu z dodatkiem odpowiednich proporcji odpadów gumowych z recyklingu zużytych opon w celu wyznaczenia właściwości materiałowych;*
- *analizy numeryczne teoretycznego modelu wymuszenia kinematycznego w podłożu jednorodnym bez- oraz z przegrodą w gruncie;*
- *szczegółowe analizy numeryczne doświadczalnego podłoża gruntowego, uzyskanego z badań terenowych, z różnymi typami przegród w gruncie, poddanego wymuszeniu kinematycznemu.*

Wnioski uzyskane na podstawie przedmiotowych analiz mogą być wykorzystane do nowoczesnego zabezpieczania konstrukcji w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu zarówno kołowego jak i transportu szynowego.

Rozprawę podzielono na 15 rozdziałów. W przedostatnim rozdziale zamieszczono spis literatury (228 pozycji), w ostatnim 12 załączników. Do pracy dołączono streszczenia w języku polskim i angielskim. Praca zawiera 166 ponumerowanych rysunków, 136 ponumerowanych wzorów oraz wiele tablic bez numeracji. Praca jest bardzo obszerna - łącznie liczy 285 stron. Recenzent zauważa 5 części: wstęp 30 stronicowy (rozdziały 1-5), opis modelowania numerycznego (rozdział 6), opis badań terenowych i laboratoryjnych wraz z ich analizą (rozdziały 7-11), podsumowanie wraz z kierunkami badań (rozdziały 12-13) oraz załączniki (rozdział 15 – 80 stron).

Rozdział 1 zawiera wprowadzenie wraz z jasno określonymi: głównym celem oraz celami szczegółowymi, tezą i zakresem pracy.

Rozdział 2 przedstawia skrótowe informacje na temat drgań transportowych z podziałem na transport kołowy i szynowy.

Rozdział 3 prezentuje skrótowe informacje na temat przegród gruntowych pod kątem ich zastosowania do ochrony budynków i ludzi przed drganiami.

Rozdział 4 opisuje zjawisko propagacji fal w ośrodku gruntowym.

Rozdział 5 przedstawia charakterystyki dynamiczne ośrodka gruntowego. Uwaga Autora została skupiona na sztywności gruntu oraz tłumieniu fal w ośrodku gruntowym.

Rozdział 6 dotyczy zagadnienia numerycznego modelowania propagacji drgań w podłożu gruntowym z wykorzystaniem metody elementów skończonych. W pracy zostało wykorzystane komercyjne oprogramowanie MIDAS GTS NX.

Rozdział 7 jest wprowadzeniem do rozdziałów 8 - 11.

Rozdział 8 przedstawia zakres doświadczalnych badań terenowych i laboratoryjnych przeprowadzonych w celu identyfikacji podłoża gruntowego. Badania terenowe zostały przeprowadzone w obszarze peryferyjnym miasta Krakowa - obręb Podgórze.

Rozdział 9 prezentuje zakres badań laboratoryjnych przeprowadzonych w celu identyfikacji mieszanki gruntobetonu z dodatkiem odpadów gumowych służącej jako przegroda gruntowa wykonana w technologii TRENCHMIX (technologia CDMM <ang. *continuous deep mixing method*>).

Rozdział 10 dotyczy badań numerycznych podłoża jednorodnego poddanego wymuszeniu kinematycznemu. Analizowano wpływ zamontowanej przegrody na propagację drgań w jednowarstwowym ośrodku gruntowym. Przeprowadzono analizy numeryczne z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania MIDAS GTS NX dla 5 różnych przegród.

Rozdział 11 dotyczy podobnych analiz numerycznych podłoża gruntowego o właściwościach uzyskanych z badań terenowych (opisanych w rozdziale 8). Przeprowadzono symulacje numeryczne z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania MIDAS GTS NX dla 4 różnych przegród.

Rozdział 12 zawiera podsumowanie pracy wraz z wnioskami końcowymi.

Rozdział 13 prezentuje wytyczone potencjalne kierunki dalszych prac badawczych w przedmiotowej tematyce.

Rozdział 14 to spis literatury.

Rozdział 15 składa się z 12 załączników, które w formie tabelarycznej przedstawiają wyniki badań, symulacji numerycznych i analiz.

Stwierdzam, że zaproponowany w rozprawie doktorskiej układ rozdziałów jest logiczny i bardzo przejrzysty. Praca jest napisana w miarę starannie, poprawnym językiem. Większość rysunków nie budzi zastrzeżeń.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Wybór tematyki rozprawy

Problematyka rozprawy należy do zagadnień geotechnicznych. Tematyka pracy - możliwości zastosowania w gruncie przegrody z cementogruntu zmieszanego z odpadami gumowymi w celu ograniczenia drgań transportowych – zawarta jest w zakresie badań w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Zagadnienie jest istotne, gdyż pozwala na poszukiwanie skutecznych metod zabezpieczania konstrukcji przed nadmiernymi drganiami bez ingerencji w obiekt budowlany. Podjęte badania posiadają zarówno walor naukowy jak i duże znaczenie praktyczne z uwzględnieniem nowych trendów recyklingu.

Rozważany problem badawczy jest oryginalny. Praca zawiera analizę teoretyczną, symulacje komputerowe i badania doświadczalne oraz terenowe przeprowadzone przez Autora. Doktorant zainteresował się zagadnieniem, które nie zostało jeszcze w dostatecznym stopniu zbadane, proponuje autorskie podejście, w którym wskazuje odpowiednie narzędzie rozwiązania tego problemu. Znane z literatury i z praktyki inżynierskiej rozwiązanie w zakresie redukcji fali propagującej, polegające na wprowadzeniu w ośrodek gruntowy materiału o znacząco odmiennych charakterystykach, zostało wzbogacone o wartości środowiskowe tj. ochrona środowiska naturalnego (powtórne wykorzystanie odpadów). W pracy udowodniono, że do tej pory stosowana do wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych lub wzmacniania gruntów technologia TRENCHMIX może mieć zastosowanie do ekranowania drgań.

Oceniam podjęty w pracy doktorskiej temat jako ambitny i zasadny do rozważań naukowych, a wyniki badań i analiz, uważam jako bardzo użyteczne w praktyce budowlanej.

4.2. Główne osiągnięcia rozprawy

Rozprawa ma charakter naukowo-badawczy z elementami teoretycznymi, numerycznymi oraz doświadczalnymi. Głównym zagadnieniem podjętym w pracy jest analiza zastosowania pionowej przegrody z materiałów recyklingowych jako bariery wibroizolacyjnej w gruncie - ekran chroniący konstrukcje budowlane przed nadmiernymi drganiami wywołanymi ruchem drogowym lub szynowym. Główny cel pracy (ocena zastosowania) został osiągnięty przy wykorzystaniu symulacji numerycznych oraz badań terenowych. Realizacja celu wymagały od Autora przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą ze znajomości zagadnień teoretycznych, a także wiedzy praktycznej i umiejętności posługiwania się metodami badawczymi.

4.3. Ogólna ocena rozprawy

Wszystkie sformułowane cele rozprawy doktorskiej

1. *analiza skuteczności zastosowania pionowej przegrody jako bariery wibroizolacyjnej przy wykorzystaniu obliczeń metody elementów skończonych (MES) – główny cel;*
2. *autorska koncepcja wykorzystania odpadów gumowych pochodzących z recyklingu zużytych opon przy formowaniu pionowych przegród w gruncie jako mieszaniny gruntobetonu;*
3. *analiza skuteczności zastosowanych przegród na tłumienie drgań, wzbudzonych vibroseisem, w gruncie jednorodnym lub uwarstwionym, opartym na rzeczywistym modelu geotechnicznym podłoża, na podstawie analiz numerycznych MES;*

zostały osiągnięte. Badania naukowe zrealizowane w ramach rozprawy wnoszą wiele oryginalnych elementów w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Podsumowując, o pozytywnej ocenie dysertacji decydują poniższe cechy:

- o tematyka rozprawy jest dobrze dobrana;
Temat jest ciekawy z poznawczego punktu widzenia. Zagadnienia wymagają zarówno wiedzy ogólnej jak i specjalistycznej.
- o sformułowane tezy i cele pracy należy uznać za wykazane i osiągnięte;
- o praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego;
Oprócz oryginalności, podjęte zagadnienie powiązane jest bezpośrednio z potrzebami praktyki inżynierskiej.
- o struktura pracy jest przejrzysta i logiczna;
Poszczególne rozdziały oraz analizy są dobrze dobrane i właściwie podsumowane.
- o stan wiedzy literaturowej jest aktualny;
Literatura przedmiotu rozprawy jest dobrze rozpoznana zarówno w części dotyczącej zagadnień technicznych, jak i legislacyjnych oraz normowych. Dobór literatury wskazuje na wysokie kompetencje Doktoranta w tym zakresie.
- o rozprawa jest dobrze zredagowana;
Od strony technicznej, pomijając mankamenty i drobne nieścisłości, rozprawa jest w miarę starannie przygotowana pod względem edytorskim. Zamieszczone rysunki i tablice są czytelne. Terminologia jest prawidłowa.

5. Uwagi szczegółowe i dyskusyjne

5.1. Uwagi redakcyjne

Pozytywnie oceniam walory redakcyjne pracy, niemniej jednak mam kilka uwag krytycznych:

1. W pracy występują błędy stylistyczne, np.

a) s. 5: *Autorskie badania własne zrealizowano w 4 grupach badawczych, które obejmowały: badania terenowe i laboratoryjne ośrodka gruntowego; projekt mieszaniny gruntobetonu z dodatkiem odpadów gumowych pochodzących z recyklingu zużytych opon, stanowiących materiał przegrody; modelowanie numeryczne ośrodka jednorodnego poddanego wymuszeniu kinematycznemu bez i z zastosowaniem przegrody oraz analizy numeryczne odpowiedzi dynamicznej podłoża uwarstwionego poddanego wymuszeniu kinematycznemu bez i z przegrodą.*

b) s. 5: *Prawidłowość odwzorowania odpowiedzi dynamicznej podłoża na zadane wymuszanie kinematyczne w postaci sygnału vibroseis zweryfikowano poprzez porównanie wyznaczonych numerycznie amplitud pionowych i poziomych przyspieszeń drgań z wartościami pomierzonymi na poligonie badawczym.*

c) s. 23: *Grunt, poddany dużym wartościom obciążeń statycznych od projektowanych obiektów budowlanych, będzie miał zupełnie inną charakterystykę sztywności opisaną za pomocą modułu G niż w przypadku poddania go wymuszeniom kinematycznym o małych amplitudach od drgań transportowych.*

d) s. 34: *Obszrne (Obszerne) wyjaśnienie założeń modelu HSs z licznymi przykładami znajduje się w publikacji Obrzuda i Trutego [126].*

e) s. 43: *W przypadku wskaźnika plastyczności IP (ang. PI -plasticity index) jego wzrost przy większych nieprężeniach (naprężeniach) nie wpływa znacząco na zmianę sztywności.*

2. Zdaniem Recenzenta brakuje definicji symboli w kilku wzorach np. wzory 11, 12, 13, 28, 61. Tym bardziej, że symbol α we wzorze 13 (s. 28) ma inne znaczenie niż we wzorze 19 (s. 28) lub we wzorze 89 (s.49) czy zdefiniowany we wzorze 122 (s. 77). Podobnie symbol m – zdefiniowany we wzorach 4 (s.25) oraz 31 (s.35) oraz niezdefiniowany we wzorze 61 (s.42).

3. Recenzent zauważa kilka błędów edytorskich, a mianowicie:

a) pojawiają się wątpliwości czy słuszne są odwołania w równaniach na s.29:

Dla płaskiego stanu naprężenia – odkształcenia, przy wykorzystaniu liniowych zależności z teorii sprężystości, równanie sprowadza się do formy:

$$\rho r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = Er \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + 2E \frac{\partial u}{\partial r} \quad [15]$$

lub

$$\frac{\partial^2(ur)}{\partial t^2} = \frac{E \partial^2(ur)}{\rho \partial r^2} \quad [16]$$

Podstawiając do równania (24) zależność $v = (E/\rho)^{0,5}$, równanie na przemieszczenia wyraża się zależnością

$$u(r, t) = \frac{1}{r} [f(vt - r) + g(vt + r)] \quad [17]$$

Równanie 24 na s.31 ma postać:

$$\delta W_{ext} = \delta \mathbf{d}^T \mathbf{F} = \delta \mathbf{d}^T \left[\sum \int_{\Omega} \mathbf{B}^T \mathbf{D} \mathbf{B} d\Omega \right] \mathbf{d} = \delta \mathbf{d}^T \mathbf{K} \mathbf{d} \quad [24]$$

b) pojawiają się wątpliwości czy na s. 36, słuszne jest odwołanie do rys. 29:

... Wartość maksymalnych naprężeń ścinających została ograniczona warunkiem wynikającym z modelu C-M (rys. 29).

Na s. 55 znajduje się rys. 29: Rysunek 29. Sweep stały 20Hz z taperem kosinusowym

4. W pracy czasami występują zbyt małe oddzielenia podpisów rysunków i reszty tekstu, np. rys. 17 na s. 41 czy rys. 18 na s. 43, powodując mniejszą czytelność pracy.
5. Na s. 80 niezrozumiałe są dla Recenzenta objaśnienia pod wzorem 76.
6. We wzorze 88 na s. 48 występuje współczynnik k . Na s. 47 jest zapis „Współczynnik k jest określony z wykresu”. Jest to zapis mało precyzyjny.
7. Zapis ze s. 58: *W rozdziałach 8, 9, 10, 11 przedstawiono metodykę badawczą pracy, która umożliwiła udzielenie (?) wniosków na postawione tezy naukowe.* Czy wnioski są udzielane?
8. Uwagi edycyjne do cytowanej literatury:
 - brak informacji o roku publikacji w pozycjach 13, 96, 179;
 - tzw. „literówki” w pozycjach 172, 183, 195;
 - mało precyzyjny opis pozycji 219;
 - cytowane akty prawne z nieaktualnymi opisami bibliograficznymi, np.
 - poz. 197 – powinno być: tekst jednolity Dz.U. 2022 poz. 2556 z późn. zm. lub ewentualnie Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627 z późniejszymi zmianami;

poz. 198 – powinno być: t. j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm. lub ewentualnie Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami,
poz. 199 – powinno być: t. j. Dz.U. 2023 poz. 633 lub ewentualnie Dz. U. 2011 nr 163 poz. 981 z późniejszymi zmianami.

9. Na s. 190 jest zapis o rozdziale 12.5, którego nie ma w pracy.

5.2. Uwagi merytoryczne

Szczegółowa analiza rozprawy pozwala na przedstawienie kilku uwag o charakterze dyskusyjnym. Uwagi te wymagają skomentowania przez Autora w ramach referatu lub podczas odpowiedzi na pytania w dyskusji.

1. Recenzent prosi o sprecyzowanie w jaki sposób Doktorant rozumie sformułowanie „częstotliwość drgań drogowych”.

Na stronie 12 zapisane jest:

Drgania drogowe stanowią najczęstsze źródło drgań w otoczeniu budynków i ludzi. Generowane są przez zróżnicowane środki transportu: samochody osobowe, dostawcze do 3,5t., samochody ciężarowe, autobusy. Charakteryzują się szerokim spektrum drgań z zakresu od 1- 100Hz [81= Kogut J.: Analiza spektrum odpowiedzi drgań drogowych. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1999].

Na stronie 14 jest zapis:

Częstotliwość drgań drogowych są ściśle uzależnione od rodzaju poruszającego się pojazdu. Dominują następujące zakresy:

- a) *Samochody osobowe – poziom drgań [1-25Hz],*

[24= Ciesielski R., Maciąg E.: Drgania drogowe i ich wpływ na budynki, WKiŁ, Warszawa 1990, 50= Gang W., Cai W., Shujin Li.: Effect of Vibration from Highway Vehicle Load on adjacent Buildings and its Assessment. Gang Wang et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 267 052048, 2019, 90=Lak M.A., Degrande G., Lombaert G.: The effect of road unevenness on the dynamic vehicle response and ground-borne vibrations due to road traffic, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 31, s. 1357–1377, 2011],

- b) *Obciążone samochody ciężarowe i autobusy – [8-25Hz]*

[24= Ciesielski R., Maciąg E.: Drgania drogowe i ich wpływ na budynki, WKiŁ, Warszawa 1990, 50= Gang W., Cai W., Shujin Li.: Effect of Vibration from Highway Vehicle Load on adjacent Buildings and its Assessment. Gang Wang et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 267 052048, 2019, 206=Wolf S.: Potential low frequency ground vibration (<6.3 Hz) impacts from underground LRT operations, Journal of Sound and Vibration 267, s. 651–661, 2003],

- c) *Nieobciążone samochody ciężarowe – poziom drgań od 3-4Hz,*

[24= Ciesielski R., Maciąg E.: Drgania drogowe i ich wpływ na budynki, WKiŁ, Warszawa 1990].

Oprócz powyższych, w rozdziale 2.2 Autor opisuje *drżania szynowe*.

Dalej, na stronie 14 Autor opisuje:

Drgania dla pojazdów poruszających się po nawierzchni szynowej można uzależnić od rodzaju środka transportowego:

- *Pociągi dużych prędkości ...*
- *Tramwaje miejskie ...*
- *Pociągi towarowe*

2. Zdaniem Recenzenta mało precyzyjne jest sformułowanie ze strony 16: „Zwiększone drgania dla nawierzchni szynowych mogą być wynikiem pokrycia się rezonansu układu torowego z jedną ze składowych harmonicznych przejazdu układu kołowego przez podkład. Zgodnie z Leksykonem naukowo-technicznym WNT Warszawa 1984r: „Rezonans – zjawisko fizyczne zachodzące w układach drganiowych, polegające na szybkim wzroście amplitudy drgań układu, gdy częstotliwość zewnętrznych drgań wymuszających jest równa lub bliska częstotliwości drgań własnych układu”.

3. Recenzent nie zgadza się z zapisem na stronie 25:

Ruch drgający z uwzględnieniem tłumienia w ogólnej formie można przedstawić za pomocą równania [85= Kramer S.L: Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, Prentice Hall Inc, 1996]

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + kq = F(x). \quad [4]$$

Wzór 4 powinien mieć postać $m\ddot{u} + c\dot{u} + kq = F(t)$. Jest to prawdopodobnie błąd edytorski, gdyż w wyjaśnieniach oznaczeń oraz we wzorze 5, jest już zapis poprawny.

Należy dodać, że wzór dotyczy równania ruchu dla układu o jednym dynamicznym stopniu swobody (SDOF). Jeżeli Autor rozważa *ogólną formę* to, zdaniem Recenzenta, powinien zapisać $B\ddot{\bar{q}} + C\dot{\bar{q}} + K\bar{q} = \bar{F}(t)$ - zob. np. Jan Langer *Dynamika budowli*.

Przy okazji można wspomnieć o zdziwieniu Recenzenta na przywołanie źródła (praca doktorska z 2001 roku) ogólnie znanego wzoru 6, czyli:

$$c_c = 2\sqrt{km} \quad [6]$$

[28] Darendeli M.B.: *Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves*. PhD. Uniwersytet Austin, 2001.

zob. np.

a) J. Langer.: *Dynamika budowli*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 1980, s.23:

bezwymiarowy współczynnik tłumienia: $\gamma = 2\alpha = c/\sqrt{km}$;

b) P. Śniady: *Podstawy stochastycznej dynamiki konstrukcji*, Oficyna Politechniki Wrocławskiej, 2000, s. 9:

równanie różniczkowe przyjmuje postać: $\ddot{y}(t) + 2\alpha\dot{y}(t) + \omega^2 y(t) = \frac{1}{m}f(t)$

dla oznaczeń: współczynnik tłumienia: $\alpha = \xi\omega = c/2m$, ξ – liczba tłumienia, częstość drgań własnych układu $\omega^2 = k/m$.

Jak słusznie zauważył Doktorant, tłumienie krytyczne występuje, gdy współczynnik tłumienia jest równy jedności.

4. Na s. 49 jest mało precyzyjny zapis: najpierw Autor przedstawia parametr tłumienia (prawdopodobnie) w formie macierzowej - brak wyjaśnienia symbolu c (wzór 89). Następnie przedstawia równanie ruchu dla układu SDOF z parametrem tłumienia c (wzór 90 będący poprzednio wzorem 5) błędnie powołując się na wzór 63. Czy we wzorze 89 symbol c jest symbolem macierzy tłumienia w dowolnym układzie dyskretnym? Jaka jest różnica między wzorem 90, a wzorem 28 ze s.32?
5. W rozdziale 8 pracy zostały opisane szczegółowe badania terenowe przeprowadzone przy współudziale Doktoranta. Czy w celu stworzenia modelu geotechnicznego podłoża można posłużyć się nieco bardziej uproszczonymi badaniami (o mniejszej skali pracochłonności, kosztochłonności i czasochłonności)? Jakie byłyby konsekwencje uproszczenia badań?
6. W pracy jest mało czytelna informacja o udziale gumy w badanej przegrodzie. Na s. 102 jest zapis, że zbadana mieszanka gruntowo cementowa była z 25% dodatkiem granulatu gumowego lub strzęp gumowych. W dalszej części pracy są informacje o próbkach z 20% udziałem. Jaki ostatecznie był udział gumy? Czy były badane inne proporcje dodatków gumowych? Skąd wynikają proporcje składników przegrody?
7. Czy znane są Doktorantowi badania pod kątem szkodliwości (bądź nie-) wykorzystania odpadów gumowych w gruncie, zwłaszcza w pobliżu terenów wodonośnych?

Reasumując stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska jest autorskim osiągnięciem naukowym. W pracy nie znajduję błędów merytorycznych. Uwagi Recenzenta mają jedynie charakter dyskusyjny i nie obniżają bardzo dobrej oceny rozprawy doktorskiej.

6. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska będąca przedmiotem niniejszej opinii stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego i wnosi wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wykorzystania odpowiednich metod naukowych i technik badawczych.

Doktorant zrealizował problematykę badawczą określoną w celu oraz w zakresie dysertacji. Poprawnie sformułował tezy pracy oraz udowodnił ich zasadność. Wykorzystał właściwe metody badań i odpowiednie analizy, wnosząc do pracy własne oryginalne elementy.

Recenzowana rozprawa mgr inż. Dariusza Szwarekowskiego pt. *„Numeryczna analiza ograniczania drgań transportowych przez wibroizolacyjną przegrodę w gruncie”* spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (t.j. Dz.U. 2017 poz. 1789).

Stawiam wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Krakowskiej o przyjęcie rozprawy oraz o dopuszczenie Autora do publicznej obrony.

dr hab. inż. Monika Podwórna, prof. PWr

