

Prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska
Katedra Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: Maria.Kaszynska@zut.edu.pl

Wpłynęło dnia **2021-08-31**
Podpis *M. K.*

Szczecin, 20.08.2021

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
PANI MGR INŻ. ANNY ADAMCZAK-BUGNO
pt. „Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów
mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych”

1. Podstawa formalna i przedmiot recenzji

Niniejszą recenzję opracowałam na prośbę Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej prof. dr hab. inż. Jerzego Wawrzeńczyka, wyrażoną w skierowanym do mnie piśmie RNB/35/2021 z dnia 27 maja 2021 roku, informującym mnie, że Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej uchwałą nr 2/2021 z dnia 19 maja 2021 r. wyznaczyła mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Adamczak – Bugno.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Adamczak-Bugno pt. *„Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych”* przygotowana pod kierunkiem promotora Pana prof. dr hab. inż. Grzegorza Świta i promotora pomocniczego Pani dr inż. Aleksandry Krampikowskiej.

Recenzję opracowałam na podstawie obowiązujących przepisów Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) i Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. poz. 1669) z dnia 30 sierpnia 2018 r., a także Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. Nr 204 poz. 1200) oraz jego nowelizacji z dnia 19 stycznia 2018 r (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).

2. Tematyka rozprawy

Tematyka pracy dotyczy oceny wpływu warunków środowiska i obciążeń wyjątkowych na właściwości mechaniczne płyt cementowo-włóknistych na podstawie przeprowadzonych badań metodami nieniszczącymi. Zastosowano jako wiodącą metodę badań emisję akustyczną oraz pomocniczo, jak określa Autorka, metodę optyczną z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego. Doktorantka postawił sobie jako cel rozprawy opracowanie metodyki badań i analiz pozwalających na ocenę zmienności właściwości mechanicznych płyt cementowo-włóknistych przy zastosowaniu wybranych nowoczesnych metod nieniszczących. Podjęty temat jest bardzo aktualny, szczególnie z uwagi na stosowanie tego typu płyt okładzinowych w elewacjach budynków wysokich, których wznosi się w kraju coraz więcej. Sprawa monitoringu powstałych w strukturze materiału uszkodzeń w wyniku długofalowej eksploatacji jest niezwykle istotna, gdyż pozwala na zapewnienie bezpiecznej eksploatacji obiektu i zagwarantowanie bezpieczeństwa jego użytkownikom. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki analiz i opracowane wnioski mogą mieć szersze zastosowanie również do innych materiałów i wyrobów budowlanych.

3. Układ redakcyjny rozprawy

Recenzowana rozprawa ujęta w 9 rozdziałach ma typowy układ charakterystyczny dla prac studialno-doświadczalnych. Całość zawiera 262 strony formatu A4. Po wprowadzeniu w problematykę, przedstawieniu celu i zakresu pracy Doktorantka w części studialnej omawia stan wiedzy w zakresie podjętej problematyki a następnie w części doświadczalnej przedstawia wyniki i analizy swoich badań, podsumowując to wnioskami i wskazując planowane kierunki dalszych badań. Kolejność rozdziałów uznać można za właściwą, a zawarte w nich treści odpowiadają tytułom rozdziałów. Brakuje w pracy spisu oznaczeń, które przyjęto we wzorach.

Rozdział pierwszy (5 stron) stanowi wprowadzenie w problematykę pracy. Autorka krótko omówiła historię stosowania kompozytów cementowo-włóknistych, zaczynając od eternitu do kompozytów z włóknami celulozowymi dziś stosowanymi, a które zastosowała w swoich badaniach. Wskazała na potrzeby badawcze wynikłe z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa obiektom, w których elementy elewacyjne narażone na agresję środowiska charakteryzują się obniżoną trwałością i z biegiem czasu tracą swoje właściwości użytkowe. Jako narzędzie badawcze do oceny zastosowała wybrane metody nieniszczące.

W **rozdziale drugim** (2 strony) przedstawiono problem naukowy, cel i zakres pracy, hipotezy oraz oryginalne elementy pracy. W rozdziale tym Autorka nie przedstawiła wyodrębnionej tezy rozprawy, co nie jest dziś konieczne, ale przy realizacji założeń wskazuje na dochodzenie do meritum sprawy i jej udowodnienie akcentuje uzyskanie przez Doktorantkę celu i rozwiązanie zdefiniowanego problemu badawczego. Natomiast Doktorantka podała 5 hipotez, z których po odpowiednim przereformowaniu hipoteza 4 i 5 mogłyby stanowić tezę pracy, która w rozprawie zostałaby udowodniona. Jako oryginalne elementy pracy Doktorantka wypunktowała Jej zdaniem najważniejsze osiągnięcia naukowe zawarte w rozprawie, z niektórymi z nich recenzentka w pełni się zgadza, co będzie omówione w dalszej części recenzji.

Rozdział trzeci (20 stron) zawiera przegląd literatury związanej z podjętym tematem, rozdzielony na dwie zasadnicze części: pierwsza dotyczy charakterystyki kompozytów cementowo-włóknistych (pkt 3.1), a druga metod diagnostycznych stosowanych w badaniach płyt cementowo-włóknistych (pkt. 3.2 i pkt. 3.3). Rozdział kończy się krótkim podsumowaniem dotyczącym zastosowania metod nieniszczących w badaniach kompozytów cementowo-włóknistych, wskazującym na potrzeby badawcze w tym temacie.

W **rozdziale czwartym** (12 stron) Autorka przedstawiła zakres badań własnych, omówiła ogólne założenia badawcze, scharakteryzowała ciała próbne oraz zaprojektowane stanowiska badawcze.

Rozdział piąty (178 stron) stanowi zasadniczą część rozprawy. Przedstawione są w nim wszystkie wyniki badań oraz analizy statystyczne.

W **rozdziale szóstym** (3 strony) zaproponowano na podstawie wyników przeprowadzonych badań nieniszczących procedurę oceny stanu płyt cementowo-włóknistych, a w **rozdziale siódmym** (4 strony) przedstawiono wnioski i kierunki dalszych badań.

Rozdział ósmy to spis literatury zawierający łącznie 180 pozycji w tym, co zasługuje na podkreślenie, 5 współautorskich publikacji Doktorantki. **Rozdział dziewiąty** zawiera krótkie streszczenia w języku polskim i angielskim.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa ma charakter studialno-badawczy. Autorka zrealizowała bardzo obszerny i wielokierunkowy program badawczy, pozwalający na rozwiązanie założonego problemu naukowego. Celem rozprawy była ocena wpływu wybranych oddziaływań

środowiskowych wpływających na trwałość i bezpieczeństwo użytkowania obiektów, w których zastosowano elewacyjne płyty włóknisto-cementowe i określenie zmienności ich cech mechanicznych w wyniku eksploatacji.

Pragnę już na wstępie mojej recenzji stwierdzić, że moja ocena recenzowanej rozprawy jest bardzo pozytywna i podkreślić, że założony cel udało się Autorce w pełni zrealizować. Przyjęta koncepcja badań jest przemyślana i co zasługuje na szczególne podkreślenie wykorzystuje nowoczesne metody badań i analiz, między innymi zaawansowane metody emisji akustycznej w połączeniu z analizą falkową, co w przypadku materiałów kompozytowych na bazie cementu nie jest powszechnie przyjęte i stosowane i co należy uznać za osiągnięcie Doktorantki.

Autorka przy wnioskowaniu o zachodzących w płytach procesach destrukcyjnych bazowała na analizie podstawowych parametrów sygnałów EA oraz na analizie kształtu fal. Do budowy bazy sygnałów wzorcowych, potrzebnych do oceny zmian cech mechanicznych badanych płyt, Autorka zastosowała metodę rozpoznawania wzorca, w wersji z arbitralnym podziałem na klasy-USPR, wykorzystując 14 charakterystycznych parametrów EA. Do podziału sygnałów na klasy odpowiadające procesom destrukcyjnym w kompozytach cementowych wykorzystała metodę grupowania *k-means*. Do określenia wzorcowych widm akustycznych dla sygnałów z poszczególnych grup Autorka zastosowała program do analizy czasowo-częstotliwościowej wykorzystujący transformację falkową bazującą na falce Gabora.

Następnie z 14 najczęściej używanych parametrów EA do oceny uszkodzeń wybrała dwa parametry: czas trwania sygnału i jego moc. Niewątpliwym osiągnięciem Autorki jest przeprowadzenie na podstawie uzyskanych wyników badań podziału zarejestrowanych sygnałów na cztery klasy i przypisanie im konkretnych procesów destrukcyjnych zachodzących w strukturze materiału a na wykresach sygnałów EA oznaczonych zróżnicowanymi kolorami: klasa 1 (kolor zielony) – inicjacja mikropęknięć, klasa 2 (kolor czerwony) – rozwój i propagacja pęknięć, klasa 3 (kolor niebieski) – delaminacja materiału, odspajanie włókien, klasa 4 (kolor żółty) – zerwanie włókien i zniszczenie materiału.

Analizy przeprowadzone na podstawie wyników uzyskanych metodą EA zostały uzupełnione obserwacjami mikrostruktury materiału w skaningowym mikroskopie elektronowym. Powiązanie wyników z obu metod badawczych jest interesujące mimo, że zmiany w opisie mikrostruktury są niemal identyczne w płytach z 3 grup badawczych A, B, C.

Obszerłą część rozprawy stanowi analiza statystyczna uzyskanych wyników pomiarów, do opracowania której użyto programu IBM Statistics 26.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że rozprawa doktorska pani dr inż. Anny Adamczak-Bugno jest interesującym opracowaniem i wskazuje na bardzo duże zainteresowanie Doktorantki podjętą problematyką i możliwościami analizy i interpretacji wyników poprzez rozbudowanie tytułowej oceny zmienności cech materiałowych płyt cementowo-włóknistych pod wpływem różnych oddziaływań środowiskowych i wyjątkowych przy wykorzystaniu metody emisji akustycznej o inne metody badawcze i analityczne.

Za osiągnięcie Doktorantki uważam zdefiniowanie trzech stopni zmian parametrów mechanicznych badanych płyt pod wpływem różnych oddziaływań środowiskowych, a mianowicie: zmiana nieistotna, zmiana istotna oraz zmiana krytyczna i opisanie ich parametrami sygnałów emisji akustycznej (mocą sygnału, czasem jego trwania i częstotliwością) przypisanych do przyjętych klas charakteryzujących procesy destrukcyjne w materiale.

Przyjęte przez Doktorantkę rozwiązanie postawionego problemu naukowego charakteryzuje się oryginalnością i skutecznością. Założony cel naukowy został osiągnięty.

Obserwacja dalszych działań Doktorantki i rozwoju Jej kariery naukowej będzie interesująca, bo Doktorantka wykazała się poza bardzo dużą ogólną wiedzą teoretyczną w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo również dociekliwością wyróżniającą zaangażowanego badacza oraz pasją naukową.

5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Mimo pozytywnej oceny merytorycznej wartości rozprawy doktorskiej, z obowiązku recenzenta poruszę też sprawy, które moim zdaniem są dyskusyjne lub krytyczne:

- ✓ Analizę przeprowadzono dla płyt poddanych oddziaływaniom 14 warunków środowiskowych. Płyty referencyjne nie poddane procesom destrukcyjnym przechowywano w warunkach powietrzno-suchych i porównywano z destrukcją płyt nasączanych wodą (1godz, i 24 godz.), poddanych zmiennym cykлом kąpieli-suszenia (25 i 50 cykli), zamrażania-rozmrażania (10, 25, 50 i 100 cykli) , bezpośredniego oddziaływania płomienia ognia przez zróżnicowany okres czasu (2,5; 5; 7,5 i 10 min.) oraz oddziaływania temperatury 230°C przez 3 godz.

Jak istotne i zrozumiałe jest zróżnicowanie warunków destrukcyjnego oddziaływania na cechy mechaniczne badanych płyt tak niezrozumiałe jest dla recenzenta przyjęcie 3 serii płyt (A, B, C). W rozprawie nie podano charakterystyk poszczególnych serii, nie podano różnic między nimi, czym kierowano się przy wyborze, że uznano je jako reprezentatywne, jakie są ich parametry deklarowane przez producentów, itp. (str. 55). Autorka odwołuje się do badań wstępnych, ale nie przedstawia ich wyników, ani kryteriów oceny, nie powołuje się też na może własne publikacje, które to wyjaśniają. Trudno porównywać i interpretować wyniki badań, nie mając informacji wyjściowych o parametrach badanych ciał. Porównując uzyskane wyniki wydaje się, że rodzaj wybranych trzech grup płyt nie miał istotnego znaczenia, co też stwierdzono w analizach statystycznych.

- ✓ Analizując wyniki badań trzech grup płyt Doktorantka nie porównywała wyników między grupami np. A_{14} - B_{14} - C_{14} tylko w ramach jednej grupy oceniała wpływ oddziaływań i różnic jakie one wywołują w strukturze i mikrostrukturze materiału. Może takie porównanie między grupami by coś więcej wniosło.
- ✓ Brak w rozprawie wyodrębnionej tezy sygnalizowano już w rozdz.2 recenzji.
- ✓ Doktorantka chyba miała problem z zdefiniowaniem tytułowych ciał badawczych, stosuje zamiennie tak wiele nazw zupełnie nieuzasadnionych: kompozyty cementowo-włókniste, elementy z włókno-cementu, płyty cementowo-włókniste, płyty cementowo-włóknowe, włókno-cement, elementy włóknisto-cementowe, płyty włókno-cementowe, a w rzeczywistości praca dotyczy płyt celulozowo-cementowych. Można by to odnieść do definicji dotyczących betonu z włóknami, czyli włóknobeton lub nazwa fibrobeton przyjęta z nazwy angielskiej *Fiber reinforced concrete*.
- ✓ Sposób przedstawienia wyników badań w rozdziale 5 nie ułatwia analizy. Jest bardzo wiele powtórzeń identycznych obserwacji przypisanych różnym przypadkom badawczym. Część tych wyników można by przenieść do załącznika a porównania i analizy przeprowadzić w formie tabelarycznej i graficznej na wykresach.
- ✓ W rozprawie na str. 54 Autorka podaje, że *„Podczas badań analizowano także rozkłady czasowo-częstotliwościowe sygnałów EA, dzięki którym określono wzorcowe charakterystyki widm akustycznych towarzyszących poszczególnym rodzajom procesów destrukcyjnych. Dodatkowo prześledzono przebieg siły obciążającej F i ugięcia oraz określono wytrzymałość na zginanie MOR i moduł Younga E_D .”* Gdzie w

6. Uwagi szczegółowe

Praca napisana jest starannie, ładnym językiem, zrozumiale. Drobne błędy komputerowe zaznaczono w tekście pracy. W tym punkcie pragnę tylko zasygnalizować kilka niezręcznych sformułowań aby Autorka ustrzegła się ich przy przygotowywaniu materiału do publikacji:

Str. 66 i kolejne – *W przypadku przykładowej próbki z przypadku badawczego....*

Str. 176 i inne – *zależność pomiędzy stopniem wiązania pomiędzy włóknami zbrojącymi a matrycą cementową*. Proszę zwrócić uwagę, że pomiędzy to inaczej „wśród wielu” a jeśli są tylko dwa składniki to stosuje się formę „między”.

Str. 254 i 255 – pozycje literatury 89 i 92 są identyczne

Str. 230 – 241 – rysunki 5.199 - 5.202 są opisane niejasno, trudno się zorientować czego dotyczą rysunki a), b), c) w poszczególnych zestawach.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Reasumując niniejszą recenzję uważam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Adamczak-Bugno jest pracą bardzo wartościową a realizacja tak obszernego i wieloaspektowego programu badań przez Doktorantkę potwierdza, że jest Ona doświadczonym badaczem i ma dużą wiedzę dotyczącą analizowanego problemu, metod badawczych i analiz statystycznych. Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi w myśl zapisu Ustawy oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne zawarte w pkt 5 recenzji nie obniżają wysokiej oceny merytorycznej rozprawy, mogą natomiast być pomocne Doktorantce przy przygotowywaniu fragmentów dysertacji do publikacji i planowaniu dalszych badań.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Adamczak-Bugno pt. *„Metoda emisji akustycznej jako narzędzie oceny zmiany parametrów mechanicznych kompozytów cementowo-włóknistych”* spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej.

