

Recenzja spełnia wymagania formalne

dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ

Zielona Góra, 04.11.2025 r.

Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Budownictwa
ul. prof. Z. Szafrana 1
65-516 Zielona Góra

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Julii Blazy
pt. „SYNTHETIC FRC GROUND SLABS
SUBJECTED TO A CENTRAL CONCENTRATED FORCE”
PŁYTY NA GRUNCIE Z BETONU
ZBROJONEGO WŁÓKNAMI SYNTETYCZNYMI
PODDANE CENTRALNEMU OBCIĄŻANIU SIŁĄ SKUPIONĄ

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została opracowana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Piotra Folegi, zawartą w piśmie nr RDILGT.512.38.2025 z dnia 03.10.2025 r. Podstawę formalną recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 25. września 2025 r. oraz Umowa o dzieło UMC/3003/2025 na wykonanie recenzji (stopień doktora) do wniosku numer 2869/UMC/RBO-3/2025 z dnia 26.09.2025 r.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Julii Blazy pt. „Synthetic FRC ground slabs subjected to a central concentrated force” - Płyty na gruncie z betonu zbrojonego włóknami syntetycznymi poddane centralnemu obciążaniu siłą skupioną. Pracę przygotowano na Politechnice Śląskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Łukasza Drobca, pełniącego funkcję promotora rozprawy doktorskiej.

3. Układ i treść rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska napisana jest w języku angielskim, obejmuje 405 stron maszynopisu, łącznie ze spisem treści, wykazem podstawowych symboli, bibliografią,

załącznikami, streszczeniami w języku polskim i angielskim oraz poszerzonym streszczeniem w języku polskim.

Rozprawa podzielona jest na 10 rozdziałów i dodatkowo zawiera załączniki A i B.

Rozdział pierwszy zawiera uzasadnienie podjęcia tematu z podkreśleniem wagi problemów związanych z potrzebą uzupełnienia badań dla aktualnie stosowanego w budownictwie betonu zbrojonego włóknami syntetycznymi.

W rozdziale drugim Autorka zdefiniowała przedmiot badań, sformułowała tezy i cele pracy, wskazała narzędzia, przedstawiła zakres prowadzonych badań oraz strukturę pracy.

W rozdziale trzecim przedstawiona jest charakterystyka fibrobetonu (FRC - fiber reinforced concrete), przede wszystkim zawierającego włókna syntetyczne (SyFs - synthetic fibers), opisane są modele teoretyczne i analityczne, normy dotyczące badań oraz projektowania elementów z fibrobetonu, jak również wyniki dotychczasowych badań eksperymentalnych wpływu włókien syntetycznych na właściwości betonu i pracę płyt na gruncie.

Rozdział czwarty poświęcony jest prezentacji badań mieszanki betonu z włóknami syntetycznymi (SyFRC - synthetic fiber reinforced concrete) przeprowadzonych w dwóch etapach. W pierwszym etapie poddano badaniom małe próbki, aby ocenić wpływ dodatku, rodzaju oraz ilości makrowłókien SyFs na właściwości mechaniczne betonu: na moduł sprężystości, wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przy zginaniu i rozłupywaniu oraz energię pęknięcia. Przebadano pięć wariantów SyFRC, różniących się typem dodanych włókien oraz ich dawką, porównując je z betonem referencyjnym bez włókien. Drugi etap badań obejmował testy elementów płytowych na gruncie, których celem była analiza zależności między obciążeniem skupionym a ugięciem płyty, morfologią zarysowań, ugięć, mechanizmów zniszczenia oraz geometrii stożka przebicia. Badania wykonane zostały na zaprojektowanym w tym celu stanowisku badawczym.

Rozdział piąty zawiera analizę wyników badań materiałowych obejmujących: urabialność, moduł sprężystości, wytrzymałość na ściskanie, zginanie i rozciąganie przy rozłupywaniu. Rozdział zawiera również opis zachowania się płyt swobodnie podpartych na obwodzie i płyt na gruncie, poddanych centralnemu obciążeniu skupionemu. Zbadano reakcję na odkształcenie pod obciążeniem sił powodujących pęknięcie przy zginaniu, a także nośność przy ścinaniu, profile ugięcia, morfologię pęknięć i charakterystyki stożków przebicia. W tym rozdziale zamieszczone są wyniki analiz wpływu dodania, dawkowania i rodzaju SyFs przeprowadzone przez Doktorantkę.

W rozdziale szóstym przedstawione są wyniki analizy porównawczej eksperymentów z wybranymi modelami teoretycznymi w celu oceny ich możliwości i dokładności prognozowania zachowania się płyt SyFRC. W rozdziale tym zbadano także wpływ włókien syntetycznych i rodzaju podłoża na nośność płyt SyFRC przy ścinaniu oraz wpływ różnych warunków podparcia na ich nośność na zginanie. Przedstawiono również procedurę walidacji modeli analitycznych.

Rozdział siódmy zawiera zestawienia wyników badań eksperymentalnych i analitycznych, wraz z ich analizą porównawczą z innymi wynikami badań. Skoncentrowano się na ocenie wpływu dodatku włókien, ich dawki i rodzaju na zachowanie płyt SyFRC poddanych ścinaniu. Ponadto w rozdziale tym przedstawiono krytyczne uwagi na temat przeprowadzonych badań i analiz, wskazując zarówno ich mocne strony, jak i ograniczenia. Przedstawione analizy świadczą o obszernej wiedzy Doktorantki.

W rozdziale ósmym zawarte są ostateczne wnioski i zalecenia projektowe, w tym metody uwzględnienia wpływu włókien syntetycznych w obliczeniach nośności przy ścinaniu oraz określenia lokalizacji krytycznego przekroju kontrolnego dla płyt SyFRC.

W rozdziale dziewiątym podkreślono potencjał i konieczność dalszych badań nad wpływem dodatku włókien syntetycznych na właściwości SyFRC, wskazując kluczowe obszary przyszłych badań.

Rozdział dziesiąty stanowi spis bibliografii. Zamieszczony wykaz literatury zawiera 250 pozycji, w tym 206 jest w języku angielskim i 44 są w języku polskim. Na podkreślenie zasługuje fakt, że aż 26 pozycji są to publikacje autorskie lub współautorskie Doktorantki.

Struktura pracy jest prawidłowa i starannie dobrana. Układ, kolejność i zakres poszczególnych części rozprawy w wyczerpujący sposób przedstawia przedmiot i zakres badań, cele pracy, metodykę, wyniki i analizy przeprowadzonych badań oraz wnioski końcowe.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Ocena doboru tematu rozprawy

Wybór przez Doktorantkę problematyki związanej z zastosowaniem fibrobetonu z włóknami syntetycznymi w konstrukcjach przemysłowych jako tematu rozważań naukowych zasługuje na uznanie. W aktualnie intensywnej eksploatacji obiektów przemysłowych, materiały o podwyższonej odporności na obciążenia dynamiczne i mechaniczne są szczególnie pożądane.

Temat badań konstrukcji betonowych zbrojonych włóknami syntetycznymi mieści się w przedmiocie badań w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport i jest ważny, ponieważ pozwala na wdrażanie nowoczesnych rozwiązań materiałowych zgodnych z ideą zrównoważonego budownictwa. Wybór tej problematyki odpowiada na aktualne wyzwania technologiczne i otwiera nowe perspektywy dla rozwoju materiałów kompozytowych w budownictwie. To kierunek badań o wysokim potencjale wdrożeniowym i dużym znaczeniu gospodarczym dla inżynierii lądowej, między innymi ze względu na wydłużenie czasu użytkowania, a tym samym zmniejszeniem kosztów eksploatacji.

Doktorantka zajęła się zagadnieniem, które nie zostało jeszcze w dostatecznym stopniu zbadane, proponuje autorski program badań elementów budowlanych, charakteryzujących się zwiększoną trwałością, obniżonymi kosztami eksploatacyjnymi oraz ograniczonym

negatywnym oddziaływaniem na środowisko naturalne, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych właściwości mechanicznych elementu. Oceniam podjęty w pracy doktorskiej temat jako zasadny do rozważań naukowych, a wyniki badań uważam jako użyteczne w praktyce budowlanej. Zaproponowane zalecenia projektowe mogą stanowić podstawę do aktualizacji norm i praktycznych wytycznych dla projektantów i wykonawców.

4.2. Ocena celu rozprawy oraz metody rozwiązania postawionego problemu

Na podstawie przeglądu literatury i przeprowadzonych analiz Doktorantka sformułowała cel i tezy rozprawy.

Celem pracy było „uzupełnienie stanu wiedzy poprzez przeprowadzenie obszernego programu badawczego i rozbudowanych analiz analitycznych płyt SyFRC na gruncie, obciążonych centralną siłą skupioną, koncentrując się na ich zachowaniu przy przebiciu”.

Tezy rozprawy dotyczą możliwości oszacowania odpowiedzi konstrukcyjnej płyt SyFRC na obciążenia siłami skupionymi na podstawie wyników badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek belkowych; wpływu dodatku, ilości i rodzaju SyFs na nośność na przebicie i długość krytycznego obwodu kontrolnego stożka przebicia oraz znaczenia warunków podparcia płyt na ich pracę. Tezy pracy brzmią:

1. „Odpowiedź konstrukcyjną betonowych płyt na gruncie zbrojonych włóknami syntetycznymi, obciążonych centralną siłą skupioną, można wiarygodnie przewidzieć na podstawie wyników uzyskanych z badań próbek belkowych poddanych rozciąganiu przy zginaniu.
2. Odpowiedź konstrukcyjna betonowych płyt na gruncie zbrojonych włóknami syntetycznymi, obciążonych centralną siłą skupioną, różni się znacząco od zachowania płyt niepodpartych, szczególnie pod względem nośności i modelu zniszczenia.
3. Dodatek włókien syntetycznych korzystnie wpływa na pracę betonowych płyt na gruncie po ich zarysowaniu oraz prowadzi do bardziej plastycznego modelu zniszczenia w porównaniu do płyt bez dodatku włókien.
4. Zastosowanie oraz zwiększenie ilości włókien syntetycznych zwiększa nośność z uwagi na przebicie oraz wydłuża krytyczny obwód kontrolny płyt na gruncie.
5. Rodzaj zastosowanych włókien syntetycznych ma wpływ zarówno na nośność z uwagi na przebicie, jak i na długość krytycznego obwodu kontrolnego płyt na gruncie.”

Realizacja celów wymagały od Autorki przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą ze znajomości zagadnień teoretycznych dotyczących badań konstrukcji betonowych zbrojonych włóknami syntetycznymi, a także wiedzy praktycznej i umiejętności posługiwania się metodami badawczymi.

Doktorantka sformułowała problem – konieczność opracowania metod badań doświadczalnych oraz rozbudowanych analiz analitycznych dotyczących płyt betonowych zbrojonych włóknami syntetycznymi i samodzielnie go rozwiązała. Opracowała

i zrealizowała program badań umożliwiający dokładne określenie wpływu dodatku, ilości i rodzaju włókien syntetycznych na nośność na przebicie płyty SyFRC na gruncie.

Badania zostały przeprowadzone w kilku etapach:

- etap I – przeprowadzenie kompleksowego przeglądu literatury, który obejmował modele teoretyczne i analityczne, normy dotyczące badań oraz projektowania elementów z płyt SyFRC, oraz analiza wyników dotychczasowych badań wpływu SyFs na właściwości betonu i pracę płyt na gruncie;
- etap II - badania materiałowe – zostały określone podstawowe właściwości mechaniczne SyFRC obejmujące: moduł sprężystości, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu oraz wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu;
- etap III – badania doświadczalne osiemnastu płyt o wymiarach 200 x 1200 x 1200 mm, których celem było określenie zależności pomiędzy obciążeniem skupionym a ugięciem płyty, a także analiza morfologii zarysowań, ugięć, mechanizmu zniszczenia oraz geometrii stożka przebicia; realizacja tych badań prowadzona była na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym odwzorowującym warunki pracy płyty obciążanej punktowo na gruncie;
- etap IV – analiza porównawcza wyników badań z wybranymi modelami teoretycznymi zaproponowanymi przez Westergaarda, Falknera i in., Shentu i in. oraz Meyerhofa-Losberga, aby ocenić ich dokładność i trafność predykcyjną;
- etap V – przeprowadzenie analizy weryfikacyjnej opartej na wytycznych Raportu Technicznego 34, między innymi w celu zidentyfikowania głównego trybu zniszczenia oraz oceny indywidualnego udziału betonu, włókien i podparcia gruntowego w nośności na przebicie;
- etap VI - opracowanie praktycznych wskazówek projektowych płyt SyFRC.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, do istotnych osiągnięć naukowych Doktorantki zaliczam:

1. wykazanie, że dodatek makrocząstek włókien syntetycznych do betonu, znacząco poprawia zachowanie betonu po zarysowaniu, zwiększając jego plastyczność, energię pęknięcia oraz resztkową wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu;
2. wykazanie, że dodatek włókien syntetycznych zmienił również tryb zniszczenia z kruchego na bardziej ciągliwy zarówno w próbkach małych, jak i wielkoskalowych;
3. wykazanie, że płyty betonowe zbrojone włóknami syntetycznymi na gruncie charakteryzują się wyższą nośnością zarówno na zarysowanie przy zginaniu, jak i na ścinanie przez przebicie, a także bardziej plastycznym sposobem zniszczenia i lepszą redystrybucją obciążeń w porównaniu do płyt betonowych;
4. wykazanie wpływu włókien syntetycznych na rozkład naprężeń i sposób propagacji zarysowań;
5. przegląd i porównanie wybranych modeli teoretycznych w kontekście ich zastosowania do obliczeń SyFRC płyt na gruncie;

6. sformułowanie praktycznych wskazówek projektowych dotyczących sposobu uwzględniania udziału włókien syntetycznych w obliczeniach nośności na przebicie oraz przyjmowania położenia krytycznego przekroju kontrolnego.

5. Uwagi krytyczne

Przy ogólnej pozytywnej ocenie rozprawy nasuwają się uwagi, nie obniżające jednak walorów naukowych, warsztatowych i poznawczych zawartych w treści pracy.

Przede wszystkim rozprawa doktorska jest zbyt obszerna, obejmuje aż 405 stron maszynopisu.

Nasuwa się również pytanie - w jaki sposób badane były rysy w płycie betonowej zbrojonej włóknami syntetycznymi na gruncie poddanej centralnemu obciążaniu siłą skupioną?

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Julii Blazy stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego i wnosi wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wykorzystania odpowiednich metod naukowych i technik badawczych.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy istotnych dla budownictwa aktualnych zagadnień związanych z wykorzystaniem betonu zbrojonego włóknami syntetycznymi w konstrukcjach obiektów budowlanych. Obok wartości naukowych i poznawczych, dysertacja ma duże znaczenie praktyczne. Uważam recenzowaną pracę za oryginalną i cenną, spełniającą wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Stawiam wniosek o przyjęcie pracy i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Julii Blazy do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.

Ponadto, biorąc pod uwagę trafność wyboru tematyki rozprawy, wysoki poziom jej wykonania i możliwość wykorzystania wyników w praktyce budowlanej, wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej o wyróżnienie niniejszej rozprawy.

dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ