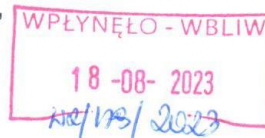


Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Kowalika

pt. „Wpływ odpadowych włókien bazaltowych

na właściwości mechaniczne fibrobetonu”



1. Podstawy formalne recenzji

Recenzję opracowano w oparciu o:

- uchwałę nr 273/42/RDND06/2021-2024 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Krakowskiej z dnia 05 kwietnia 2023 roku,
- umowę o dzieło nr 19/04/PRR/2023 zawartą z Politechniką Wrocławską w dniu 20 kwietnia 2023 roku,
- egzemplarz pracy "Wpływ odpadowych włókien bazaltowych na właściwości mechaniczne fibrobetonu". Raport serii PRE nr 13/2022. Praca doktorska, Tomasz Kowalik, wrzesień 2022

2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest analiza właściwości fibrobetonu zbrojonego włóknami otrzymanymi przez rozdrobnienie prętów bazaltowych. Praca ma charakter doświadczalny. Zawiera część studialną zawierającą przegląd wykonanych do tej pory w tym zakresie badań. Praca liczy 123 strony, zawiera 10 rozdziałów/punktów (w tym bibliografia i streszczenia w języku polskim i angielskim), 49 rysunków, 29 tablic.

Punkt 1 to wprowadzenie, w którym krótko opisano potrzebę i podano dane liczbowe dotyczące stosowania odpadowych materiałów budowlanych w Unii Europejskiej.

Punkt 2 zawiera charakterystykę fibrobetonów. Zawarto tu rys historyczny stosowania włókien rozproszonych do zbrojenia betonu, opisano typy włókien, metodykę badań fibrobetonów, przykłady badań włókien pochodzących z recyklingu.

W punkcie 3 sformułowano cel i tezy pracy.

Punkt 4 – „Część badawcza”- zawiera opis metodyki badań fibrobetonu na zginanie, opisano wykorzystane w badaniach pręty bazaltowe i technikę, jaką otrzymano z nich włókna.

Punkt 5 – „Badania własne” – zawiera wyniki badań wytrzymałości prętów z których pozyskano włókna, samych włókien oraz opis wykonania próbek z fibrobetonu.

W punkcie 6 zawarto wyniki badań cech mechanicznych oraz skurczu przygotowanych próbek.

Punkt 7 to podsumowanie otrzymanych wyników.

W punkcie 8 zawarto bibliografię, w której zawarto 99 pozycji literaturowych, 9 adresów stron internetowych i 9 norm. 2 pozycje literaturowe to materiały konferencyjne, w których Doktorant występuje jako współautor.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Dobór tematu i postawionych celów

Biorąc pod uwagę wzmożoną w ostatnich latach troskę o środowisko naturalne i realizację celów strategii *Zrównoważonego Rozwoju* gospodarka odpadami oraz ich recykling jest aktualnym problemem, godnym prowadzenia badań naukowych. W pracy poddano analizie fibrobeton zbrojony włóknami bazaltowymi, otrzymanymi z odpadowych prętów bazaltowych do zbrojenia betonu (prętów z defektami). Wątpliwości budzi jednak dostępność i ilość takich materiałów odpadowych. Czy są to ilości pozwalające na ich przemysłowe zastosowanie ? Autor pracy w punkcie 2 przytacza obce badania nad zastosowaniem włókien w postaci pociętych butelek PET czy drutów otrzymanych z zużytych opon samochodowych. W dobie rozwijających się gospodarek i wzrostu zamożności społeczeństw są to materiały dostępne w ogromnych, nieustannie rosnących ilościach, czego nie można powiedzieć o odpadowych prętach bazaltowych do zbrojenia betonu. Być może dlatego badania takie nie były podejmowane do tej pory. Temat do pozostawiam do dyskusji.

Pomijając opisane powyżej wątpliwości stwierdzam, że podjęty temat badań jest oryginalny, wykonane przez Autora badania są pionierskie.

Postawione tezy i cele pracy uważam za właściwe. Z uwagi na otoczenie włókien żywicą a przez to obniżoną przyczepnością i brak zakotwienia włókien, ich obecność w betonie niekoniecznie musi być korzystana dla wytrzymałości betonu, co zostało

wykazane badawczo. Postawione tezy oraz program badań zostały więc przyjęte właściwie.

3.2. Badania doświadczalne

W ramach pracy wykonano następujące badania doświadczalne:

- badanie wytrzymałości na rozciąganie prętów, z których pozyskano włókna. Badano pręty o średnicy 6, 8 i 10 mm (nie podano liczby badanych próbek, jedynie uśrednioną zależność $\sigma-\epsilon$ dla każdej średnicy),
- badanie wytrzymałości na rozciąganie włókien. Przebadano włókna o przekroju 4×4 mm, o długości 120 mm, łącznie 16 próbek
- badanie wytrzymałości na ściskanie betonu bez włókien po 28 dniach, z włóknami bazaltowymi w ilości 1; 1,5 i 2% oraz z włóknami stalowymi w ilości 1 i 2% ($6 \times 6 = 36$ próbek, kostki sześciennie 150 mm),
- badanie modułu sprężystości betonu bez włókien, z włóknami bazaltowymi i stalowymi, na próbkach walcowych 150×300 mm, łącznie przebadano 33 próbki,
- badanie wytrzymałości na zginanie betonu bez włókien, z włóknami bazaltowymi i z włóknami stalowymi, na próbkach $100 \times 100 \times 400$ mm, łącznie przebadano 30 próbek,
- badanie skurczu betonu bez włókien, z włóknami bazaltowymi i stalowymi, na próbkach $100 \times 100 \times 500$ mm, przez okres 165 dni, przebadano łącznie 54 próbki,
- badanie próbki pręta bazaltowego w mikrotomografii.

W celu przeprowadzenia badań doświadczalnych wykonano łącznie 153 próbki betonowe. Badania zostały prawidłowo zaplanowane i przeprowadzone. Jako oryginalną część doświadczalną uznać należy również opracowanie metody pozyskiwania włókien z prętów bazaltowych. Po kilku próbach różnych metod jako skuteczną i najlepszą wybrano metodę przepychania pręta przez krzyżowo ułożone ostrza, które tną pręta na słupki o przekroju 1×1 mm.

Uwagi i wątpliwości do programu i metodyki badań (do potraktowania jako dyskusyjne):

- badano wytrzymałość na rozciąganie włókien o przekroju 4×4 mm, kiedy do zbrojenia zastosowano włókna o przekroju 1×1 mm. Czy otrzymane wyniki wytrzymałości można uogólniać i przekładać na zastosowane włókna o mniejszym przekroju ?
- badania wytrzymałości na rozciąganie fibrobetonu wykonano na próbkach $100 \times 100 \times 400$ mm. Przytoczone normy w różny sposób definiują wymiary próbki. Przekrój próbki wynosi zarówno 100×100 mm, jak i 150×150 mm. Wprawdzie praca dotyczy zagadnień materiałowych, nie konstrukcyjnych, jednak powszechnie znane jest odmienne zachowanie betonu w konstrukcji, w stosunku do tego określanego na próbkach w małej skali. Mam wątpliwości, czy przy wymiar przekroju dwukrotnie większy niż długość włókna pozwoli na ich ułożenie w mieszance odzwierciedlające ich naturalne ułożenie w elemencie w większej skali. Z tego względu być może korzystniejsze byłoby wykonanie większych próbek, o przekroju 150×150 mm,
- badania próbki pręta w mikrotomografii wydają się być nieco przypadkowe, nie wnoszą wiele do sformułowanych wniosków.

3.3. Forma, układ i edycja pracy

Forma i układ pracy jest mocno nieuporządkowany, co utrudnia jej studiowanie. I tak:

- nie rozdzielono jednoznacznie części studialnej od części badawczej,
- podpunkt 2.1 („Rys historyczny”) zawiera podpunkty nie pasujące do niego tematycznie („Typy włókien stosowanych w budownictwie...”, „Rola włókien w zbrojeniu betonu oraz wytyczne.....”, „Metodyka badań fibrobetonów”, „Przykładowe badania włókien....”),
- tytuły punktów 4 i 5 („Część badawcza” i „Badania własne”) nie odzwierciedlają ich zawartości. Zasadnicze i najważniejsze badania (badania właściwości fibrobetonu) znajdują się w punkcie 6.

Elementy programu i wyniki badań w wielu miejscach są zbyt słabo udokumentowane. Przykładowo:

- nie podano w pracy żadnej informacji o składzie mieszanki betonowej, jedyną informacją o wykonanym betonie są wyniki badań właściwości mechanicznych

oraz skurczu. Precyzyjniejsze informacje o składzie mieszanki betonowej można znaleźć w przytoczonych w punkcie 2 obcych badaniach,

- przy prezentowaniu badań prętów bazaltowych nie podano liczby badanych próbek. Zamieszczono jedynie średnie zależności graficzne naprężeń i odkształceń. Czy badano po 1 pręcie o średnicy 6, 8 i 10 mm czy więcej ?
- przy badaniu wytrzymałości betonu na ściskanie po 14 dniach podano wartość średnią dla 1 próbki. Czy badano tylko jedną próbkę ?
- jaka to ilość włókien bazaltowych w betonie 0,5; 1 i 2 % ? W stosunku do masy jakiego składnika podano zawartości włókien ? Zazwyczaj ilość włókien w betonie określa się wagowo w metrze sześciennym betonu.

Praca zawiera szereg usterek edytorskich takich jak:

- pozostałości (przekreślone wyrazy) pozostałe po korekcie w edytorze tekstu Word,
- nieprawidłowo zbudowane i niepełne zdania,
- pomyłone odwołania do rysunków i norm lub ich brak,
- opisy tablic znajdują się pod a nie nad tablicami.

3.5. Inne uwagi do dyskusji

- 1) Autor rozprawy komentując wyniki badań wytrzymałości przy zginaniu stwierdza, że 1% zawartość włókien nie wpłynęła na „wytrzymałość sprężystą”, nie poprawiła jej. Tymczasem z rysunków 71 i 72 wyraźnie widać, że wytrzymałość na rozciąganie dla betonu z włóknami jest wyższa niż dla betonu bez włókien. Pierwsza wynosi 9402 a druga 8444 kN (wzrost o 11%). Co jest więc prawdziwe ?
- 2) W przypadku zawartości włókien 1,5 i 2% na wykresach (rysunki 73 i 74) widać już mocny wzrost wytrzymałości sprężystej wywołany obecnością włókien w betonie. Jak wytłumaczyć fakt, że obecność włókien zwiększa sprężystą wytrzymałość na rozciąganie (w chwili zarysowania) obniżając wytrzymałość na ściskanie oraz moduł sprężystości betonu?
- 3) Czy przy badaniu wytrzymałości na ściskanie zauważono dalszy wzrost wytrzymałości betonu po zarysowaniu przy obecności włókien w ilości 2%, co miało miejsce przy badaniu wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu. Zjawisko to jest powszechne przy ściskaniu próbek fibrobetonowych z włóknami stalowymi.

Fakt ten mógłby dodatkowo potwierdzić korzystny wpływ na beton zastosowanych włókien odpadowych.

3.5. Ocena wartości naukowej pracy

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy uważam, że:

- Doktorant podjął się zgłębienia oryginalnego i nierozpoznanego zagadnienia badawczego,
- zadanie zostało rozwiązane właściwie w drodze badań doświadczalnych. Określono optymalną ilość odpadowych włókien bazaltowych w betonie poprawiającą znacząco właściwości betonu, która wynosi 2%. Przy tej ilości włókien występuje efekt wzmocnienia po zarysowaniu. Przy tej ilości włókien wykazano również redukcję skurczu betonu o 42%, co ma istotne znaczenie praktyczne,
- badania zostały wykonane na dużej liczbie próbek,
- badawczym osiągnięciem Autora jest również pierwszy etap prac polegający na opracowaniu metody pozyskiwania włókien z prętów bazaltowych.

Wobec powyższych uznaję, iż praca ma charakter naukowy niezbędny dla pracy doktorskiej.

4. Wnioski końcowe

Opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Tomasza Kowalika rozwiązuje postawiony problem naukowy, dotyczący zastosowania odpadowych włókien bazaltowych i ich wpływu na właściwości fibrobetonu. Postawione tezy zostały udowodnione a cele osiągnięte.

Zarówno tezy pracy jak i metodyka rozwiązania problemu mają walory naukowe i poznawcze. Osiągnięte cele mogą znaleźć zastosowanie w praktyce inżynierskiej, co jest ważnym praktycznym aspektem pracy doktorskiej.

Autor rozprawy wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętego problemu, odpowiednimi umiejętnościami programowania badań doświadczalnych. Świadczy to o predyspozycjach i odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Wszelki uwagi krytyczne wymienione w punkcie 3 nie umniejszają wartości naukowej pracy, która wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie stosowania materiałów odpadowych do zbrojenia betonu.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgra inż. Tomasza Kowalika spełnia wymogi stawiane pracy doktorskiej zawarte w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595) oraz Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15.01.2004 roku (Dz. U. Nr 15, poz. 128) i stawiam wniosek o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

Rafał Szydlowski