

WPLYNEŁO  
3. 10. 2023  
539 2023

prof. dr hab. inż. Elżbieta Horszczaruk  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

*P. Garbacz*  
03/10/2023

DZIEKAN  
Wydziału Inżynierii Lądowej

*prof. dr hab./inż. Andrzej Garbacz*

Szczecin, dnia 23.09. 2023 r.

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgra inż. Damiana Łukasza Cichockiego**

pt.: „Wpływ wybranych modyfikacji betonu na współczynnik pełzania”

z dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych; dyscypliny: Inżynieria Lądowa, Geodezja i  
Transport

Promotor: prof. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski

Promotor pomocniczy: dr inż. Piotr Leon Narloch

### 1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała nr 769/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 04.07. 2023 r.,
- Pismo Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 13.07.2023 r.

### 2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Rozprawa ma charakter doświadczalno-analityczny i dotyczy wpływu wybranych modyfikacji materiałowych betonu na współczynnik pełzania. Przedłożona w formie zwartej publikacji praca liczy łącznie 164 strony i składa się z 10 rozdziałów poprzedzonych streszczeniami w języku polskim i angielskim. W tekście pracy zamieszczono 22 tablice i 95 rysunków.

Rozdział 1 jest krótkim wprowadzeniem w tematykę rozprawy. Rozdział 2 zawiera tezę, cel i zakres pracy. Kolejne rozdziały (rozdziały od 3 do 5) zawierają studia literaturowe, których przedmiotem są: modyfikacje materiałowe mieszanek betonowych w zakresie dodatków mineralnych i domieszek chemicznych, ogólna charakterystyka odkształceń betonu ze szczególnym uwzględnieniem pęcznienia i skurczu betonu oraz przegląd obliczeniowych i badawczych modeli do wyznaczania odkształceń pęcznienia.

Rozdziały od 6 do 8 zawierają opis badań własnych Doktoranta. W rozdziałach tych omówiono program i metodykę badań doświadczalnych, dobór podstawowych skalników i ustalenie składu mieszanek betonowych oraz wyniki badań. Rozdział 9 zawiera analizę wyników badań oraz porównanie doświadczalnie wyznaczonego współczynnika pęcznienia z wartościami modelowymi wg Eurokodu 2. W oparciu o wyniki badań, w rozdziale 10 dokonano podsumowania i sformułowano wnioski końcowe. Rozprawę kończy bibliografia zawierająca 111 pozycji literaturowych, 5 źródeł internetowych oraz 19 norm.

Podsumowując stwierdzam, że układ rozprawy, kolejność prezentowanych wyników oraz poprawność językowa nie budzi zastrzeżeń.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

#### **3.1. Ocena ogólna rozprawy**

Recenzowana rozprawa wskazuje na kompetencje Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań laboratoryjnych i interpretacji ich wyników. Widoczna jest konsekwencja działań poczynwszy od literaturowego rozpoznania tematu, poprzez opracowanie planu eksperymentu i zrealizowanie badań do próby analizy uzyskanych wyników i porównania ich z wybranym analitycznym modelem normowym. Ogólnie można stwierdzić, że Doktorant rozwiązał poprzez badania laboratoryjne i analizę ich wyników podjęty problem naukowy.

Przedstawione poniżej krytyczne uwagi mają w wielu wypadkach charakter dyskusyjny a ich celem jest pobudzenie Doktoranta do podjęcia dalszych badań i analiz w celu wyjaśnienia wątpliwości i przygotowywania dalszych publikacji.

#### **3.2. Ocena tezy pracy**

Zdaniem recenzenta teza pracy (str. 13) jest sformułowana zbyt ogólnie. Stwierdzenie „*Modyfikacje materiałowe betonu, takie jak rodzaj i zawartość dodatku oraz napowietrzenie, znacząco wpływają na wartości współczynnika pęcznienia*” powinno być sformułowane bardziej

precyzyjnie w odniesieniu do modyfikacji materiałowych badanych w eksperymencie np.: „*Modyfikacje materiałowe betonu, takie jak zawartość dodatku żużla wielkopieczowego oraz napowietrzenie, znacząco wpływają na wartości współczynnika pełzania*”. W badaniach analizowano wpływ tylko jednego rodzaju dodatku mineralnego (żużel wielkopieczowy), więc nie można w tezie powoływać się na rodzaj stosowanych dodatków.

### 3.3. Ocena części studialnej

Zagadnienia w rozprawie poddane studiom literaturowym (opis zjawisk pełzania i skurczu betonu, opis metod badawczych pozwalających na wyznaczenie wielkości odkształceń pełzania i modeli teoretycznych opisujących to zjawisko) jak i dobór analizowanej literatury należy uznać za właściwe.

W świetle postawionej w rozprawie tezy, zdaniem recenzenta, w rozprawie zabrakło przeglądu literatury dotyczącego wpływu dodatków mineralnych na wielkość odkształceń pełzania. Chodzi tu głównie o pył krzemionkowy i popiół lotny. Wpływ pyłu krzemionkowego na wielkość odkształceń pełzania jest dość dobrze zbadany. Ma to związek z projektowaniem konstrukcji z betonów wysokiej wytrzymałości (BWW), gdzie pył krzemionkowy jest głównym dodatkiem pozwalającym na uzyskanie przez beton wysokiej wytrzymałości na ściskanie. Badania własne Doktoranta dotyczą wprawdzie betonów zwykłych a nie BWW, jednak wpływ dodatków mineralnych na wartość odkształceń pełzania należało krótko opisać w przeglądzie literaturowym. Bardzo mało jest badań dotyczących wpływu zastosowania żużla wielkopieczowego na współczynnik pełzania, co należało zdaniem recenzenta również podkreślić w studium literatury.

### 3.4. Ocena części badawczej rozprawy

Badania doświadczalne zostały zrealizowane według własnego programu badań Doktoranta. Starannie dobrano skład 9 mieszanek betonowych, dla których przyjęto dwie modyfikacje materiałowe: zawartość żużla wielkopieczowego względem cementu (0%, 25% i 75%) oraz poziom napowietrzenia mieszanki (2,5%, 4,4% i 6,9%). Wyjściowa klasa betonu C30/37 została potwierdzona w badaniach wstępnych dla wszystkich betonów. Badania odkształceń pełzania przeprowadzono na 18 pełzarkach sprężynowych zgodnie z normą PN-EN 12390-17. Badania przeprowadzono na próbkach prostopadłościennych o wymiarach 100x100x500 mm, z czego dla każdego betonu 2 próbki wykorzystano do badania pełzania a 3 próbki do badania skurczu. Oznaczono również wytrzymałość na ściskanie i moduł sprężystości dla wszystkich betonów po 28 dniach dojrzewania, przyjmując minimalną liczbę

3 próbek w każdym badaniu dla danego rodzaju betonu. Z uwagi na złożoną procedurę badawczą, bardzo długi czas prowadzenia badań oraz zaplanowanie badań 9 różnych betonów, przyjęcie minimalnej, wymaganej normowo liczby próbek dla wszystkich rodzajów badań, wydaje się całkowicie zasadne.

Oryginalnym rozwiązaniem Doktoranta jest zapewnienie stabilnych warunków wilgotnościowych w pomieszczeniu z pełzarkami, dzięki zastosowaniu autorskiego systemu utrzymywania wilgotności przy stałej temperaturze. Badania w poszczególnych etapach zaprogramowano i wykonano właściwie. Nie wnoszę zastrzeżeń do metodyki zrealizowanych badań.

### 3.5. Ocena części analitycznej i wniosków

Doktorant przy użyciu programu STATISTICA dokonał analizy danych doświadczalnych wykorzystując analizę Pareto do oceny poziomu istotności zastosowanych modyfikacji materiałowych nie tylko w odniesieniu do współczynnika pełzania, ale także wytrzymałości na ściskanie i modułu sprężystości badanych betonów. Dokonał również analizy porównawczej wartości współczynników pełzania obliczonych wg Eurokodu 2 oraz wyznaczonych na podstawie badań.

W przeprowadzonej analizie i wnioskach końcowych Doktorant koncentrował się głównie na wynikach statystycznych stwierdzając, że samo napowietrzanie mieszanki betonowej nie miało tak znaczącego wpływu na współczynnik pełzania jak wysoka zawartość żużla wielkopiecowego w betonie. Zdaniem recenzenta należało wykonać oznaczenie charakterystyki porów powietrznych w badanych betonach, która pozwoliłaby na przeprowadzenie szerszej analizy współczynnika pełzania w oparciu o strukturę badanych betonów.

W przeprowadzonej analizie brakuje danych w zakresie odchylenia standardowego wyników pomiarów wytrzymałości na ściskanie i modułu sprężystości. Zabrakło też, zdaniem recenzenta, porównania uzyskanych wyników współczynnika pełzania z wynikami publikowanymi w literaturze.

Najslabszą częścią pracy są wnioski końcowe, które sformułowane są bardzo ogólnie i niezbyt starannie. Szczególnie ta uwaga odnosi się do wniosku trzeciego (str. 153): *„Porównanie wyników określonych laboratoryjnie oraz na podstawie modelu obliczeniowego EC 2, przedstawione na Rys. 9.9. pokazuje, iż rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi dla tych samych mieszanek potrafią przekroczyć 35 %, a więc przekraczają również deklarowaną przez normę EC 2 dokładność modelu na poziomie  $\pm 20$  %.* Jak należy domniemywać, chodzi

w tym wniosku o porównanie wyników współczynnika pełzania obliczonych na podstawie wyników z badań laboratoryjnych i wg Eurokodu 2. Przywołany we wniosku rysunek 9.9 przedstawia wpływ stopnia napowietrzenia mieszanki betonowej na wartość współczynnika pełzania betonu, a nie porównanie współczynników pełzania obliczonych z danych laboratoryjnych i wg Eurokodu 2. Dodatkowo Doktorant wyznaczył współczynniki pełzania dla badanych betonów a nie mieszanek betonowych, jak pisze we wniosku.

Gdyby Doktorant nie stosował jednakowych oznaczeń dla próbek betonowych i mieszanek, prawdopodobnie uniknąłby w tekście rozprawy podobnych błędów merytorycznych jak we wniosku trzecim. Przykładowo na stronie 145 w dwóch ostatnich liniijkach Doktorant stwierdza, że: *”wytrzymałość na ściskanie, która to w 365 dniu od przyłożenia obciążenia była prawdopodobnie jednakowa dla mieszanek M1 – M3”*.

Recenzent oczekuje, że w trakcie obrony Doktorant dokona korekty wniosków końcowych.

Podsumowując tę część recenzji, wiedzę teoretyczną, warsztat naukowo-badawczy Doktoranta i umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego badań oceniam pozytywnie.

#### **4. Ocena strony redakcyjnej pracy**

Ogólnie rozprawa napisana jest poprawnym językiem, myśli z reguły formułowane są jasno. Recenzent zauważył jednak pewne uchybienia, które nie mają wpływu na merytoryczną ocenę pracy i nie wymagają one odniesienia autora podczas obrony pracy:

- 1) Duża część rysunków zamieszczona w rozdziałach od 4 do 7 zawiera opisy osi i objaśnienia w języku angielskim. Rozprawa jest pisana w języku polskim i wymóg ten dotyczy również treści przedstawianej na rysunkach.
- 2) Str. 88 pierwszy wiersz od dołu – brakuje w numerze normy C512/C512M oznaczenia ASTM oraz odwołania do bibliografii.
- 3) Str. 112: *„Przy zastosowaniu żużla wielkopieczowego można uzyskać beton o lepszych właściwościach, co potwierdzają liczne prace naukowe [109]”* - autor powołuje się tylko na jedną pracę.
- 4) Str. 116: podpis pod rys. 7.4. *Schemat lodu zamarzającego w betonie* – to woda zamarza a nie lód.
- 5) W kilku miejscach w tekście przy powoływaniu się na normy brak odniesienia do bibliografii, patrz strony: 57, 61, 62, 88, 90, 110, 111, 117, 152.

- 6) Liczne błędy interpunkcyjne w całym tekście rozprawy, w tym przy przywoływaniu rysunków i tablic w nawiasach zwykłych, np. (Rys. 4.31.); (Rys. 4.32. i 4.33); (Rys. 6.2.) (Rys. 9.7.); (Tablica 7.5.);( Tab. 8.4.).

## **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Damiana Łukasza Cichockiego pt.: „Wpływ wybranych modyfikacji betonu na współczynnik pełzania” rozwiązuje postawione oryginalne zadanie naukowe. Doktorant wykazał się odpowiednimi umiejętnościami programowania i prowadzenia trudnych badań doświadczalnych. Autor uzyskał oryginalne wyniki z badań, przeanalizował je, krytycznie ocenił i wyciągnął w większości trafne wnioski. Świadczy to o predyspozycjach i odpowiednim jego przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 3 i 4 recenzji nie umniejszają w najmniejszym stopniu wartości naukowej rozprawy, która wnosi w przedmiotowym temacie istotny wkład w rozwój wiedzy w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na temat wpływu dodatków mineralnych i domieszek na współczynnik pełzania betonu.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa mgra inż. Damiana Łukasza Cichockiego pt.: „Wpływ wybranych modyfikacji betonu na współczynnik pełzania” spełnia wszystkie warunki rozprawy doktorskiej, określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

