

Prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła
Politechnika Wroclawska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
e-mail: jerzy.hola@pwr.edu.pl

Wrocław, 17 lipca 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgra inż. Artura Matusiaka

**pt.: „Analiza wpływu powłoki z polimocznika na parametry wytrzymałościowe
wybranych elementów konstrukcyjnych.”**

1. PODSTAWY OPRACOWANIA RECENZJI

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 16 czerwca 2023 roku Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej, podpisane przez Przewodniczącego Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Architektura i Urbanistyka, Pana prof. dra hab. inż. Dariusza Gawina, który zgodnie z Uchwałą Rady z dnia 16 czerwca 2023 r. zwraca się z prośbą o przyjęcie obowiązków recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Artura Matusiaka.

Merytoryczną podstawę opracowania recenzji stanowi załączona do ww. pisma rozprawa doktorska Pana mgra inż. Artura Matusiaka.

2. PRZEDMIOT I ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Artura Matusiaka pt.: „Analiza wpływu powłoki z polimocznika na parametry wytrzymałościowe wybranych elementów konstrukcyjnych”. Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Jacek Szafran, prof. PŁ. Recenzowana rozprawa ma charakter badawczo-teoretyczny i ujęta została w 11 rozdziałach. W swojej zasadniczej części liczy 153 strony wydruku komputerowego, w tym 106 rysunków i 23 tabele. Rozprawę dopełniają: lista publikacji, wystąpień i innych osiągnięć Autora rozprawy

H.H.

oraz załączniki. Przywołana w rozprawie bibliografia liczy 112 ponumerowanych pozycji, w tym 12 pozycji których Autor rozprawy jest współautorem oraz 15 odrębnie ponumerowanych pozycji norm i wytycznych.

Rozprawę rozpoczyna streszczenie w językach polskim i angielskim, po którym umieszczono spis treści, a następnie wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów.

Rozdział 1 to wprowadzenie do rozprawy, w którym między innymi krótko scharakteryzowano trzy zasadnicze jej części, mianowicie: przegląd literatury (cz.1), badania eksperymentalne (cz. 2) oraz metody obliczeniowe i wnioski (cz.3).

Rozdział 2 zawiera cel, zakres i tezy rozprawy.

W rozdziale 3, na który składa się pięć podrozdziałów, dokonano przeglądu literatury. Pierwszy podrozdział dotyczy diagnostyki stanu technicznego elementów konstrukcyjnych, a kolejne: przyczyn wykonywania napraw elementów konstrukcyjnych, podstawowych metod napraw elementów konstrukcyjnych, powłok polimocznikowych, membran polimocznikowych w badaniach naukowych.

Rozdział 4, nazwany badania powłok polimocznikowych, składa się z czterech podrozdziałów i prezentuje rezultaty własnych badań eksperymentalnych. W pierwszym podrozdziale podano opis i cel badań, w drugim wyniki badań, w trzecim zamieszczono analizę wyników badań, a w czwartym podsumowanie.

Rozdział 5 poświęcono badaniom elementów (próbek walcowych) z betonu komórkowego. Przedstawiono w tym rozdziale, w czterech podrozdziałach nazwanych tak samo jak podrozdziały w rozdziale 3, własne badania eksperymentalne.

W rozdziale 6 również przedstawiono rezultaty własnych badań eksperymentalnych, dotyczące kręgów betonowych. Nazwy czterech podrozdziałów tego rozdziału są identyczne, jak podrozdziałów w rozdziałach 3 i 4.

Z kolei rozdział 7 poświęcono badaniom belek żelbetowych. Składa się on z 12 podrozdziałów. Podrozdziały jeden do dziewięć odnoszą się do własnych badań eksperymentalnych i zawierają w kolejności: opis i cel badań, opis materiałów użytych do wykonania belek, implementację systemu ARAMIS w badaniach belek żelbetowych, opis stanowiska badawczo-pomiarowego, wyniki badań belek, analizę

wyników badań, wyniki badań z wykorzystaniem systemu ARAMIS. Natomiast w podrozdziałach dziesięć i jedenaście zaprezentowano modele obliczeniowe zginanej belki żelbetowej, pokrytej powłoką z polimocznika, odpowiednio w stanie granicznym użytkowości i w stanie granicznym nośności. Rozdział ten zakończono podsumowaniem.

W rozdziale 8 dokonano podsumowania i sformułowano wnioski wynikające z przeprowadzonych badań i analiz oraz rozważań teoretycznych, wskazano ponadto kierunki dalszych badań.

Natomiast w kolejnych dwóch rozdziałach 9 i 10 dokonano spisów, odpowiednio rysunków i tabel.

Zasadniczą część rozprawy kończy rozdział 11, w którym zestawiono wykorzystaną w rozprawie bibliografię.

Rozprawę kończą: lista publikacji, wystąpień i innych osiągnięć Autora rozprawy (rozd. 12) i załączniki zawierające trzy karty techniczne powłoki z polimocznika oraz dwa potwierdzenia z Urzędu Patentowego RP złożonych wniosków o udzielenie patentu na wynalazek (rozd. 13).

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą stwierdzam, że jej treść jest w zgodzie z tytułem, a przyjęty układ jest prawidłowy i typowy dla prac o charakterze badawczo-teoretycznym. Rozprawę napisano dobrą polszczyzną, zilustrowano w bardzo dobrym stopniu czytelnymi rysunkami i tabelarycznymi zestawieniami prezentującymi uzyskane rezultaty badań. Zwraca uwagę staranne zredagowanie rozprawy, w tym bardzo staranne udokumentowanie przeprowadzonych badań. Dobór pozycji literaturowych jest trafny i można uznać go za wystarczający, około 60% stanowią pozycje anglojęzyczne, a około 70% pozycji jest z ostatnich 10 lat.

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

3.1. Ocena doboru tematu i postawionego celu

Przystępując do oceny doboru tematu warto zauważyć, że pionierskie zastosowania polimocznika datują się na lata 80. ubiegłego wieku, co pozwala zaliczyć to tworzywo do stosunkowo nowych. Wyraźny wzrost zastosowań tego kompozytowego tworzywa, nie tylko w budownictwie, nastąpił w obecnym wieku. Jest

ono stosowane w postaci powłok i z uwagi na bardzo uniwersalne właściwości, takie jak na przykład wodoszczelność, duża odporność na obciążenia mechaniczne i chemiczne, mrozoodporność i równocześnie duża elastyczność i rozciągliwość, zyskuje coraz więcej zwolenników. Powłoki polimocznikowe nakładane są poprzez natrysk, zarówno na powierzchnie poziome i pionowe. Wykazują bardzo dobrą przyczepność do większości podłoży budowlanych. Stosowane są zarówno w nowych jak i w istniejących obiektach budowlanych, głównie do zabezpieczeń różnych konstrukcji żelbetowych i stalowych przed destrukcyjnymi oddziaływaniami środowiskowymi. Różnorodność zastosowań powłok polimocznikowych poszerza się wraz z upływem czasu, do czego przyczyniają się ich kolejne badania wnoszące nowe wartości poznawcze. Przykładem mogą być tutaj badania ścian murowanych pokrytych powłoką polimocznikową, pokazujące w jakim stopniu powłoka ta może minimalizować skutki fali uderzeniowej powstałej podczas wybuchu łatwopalnej cieczy albo gazu. W przypadku konstrukcji wykonanych z betonu sygnalizuje się w literaturze, że pokrycie ich powierzchni powłoką polimocznikową może skutkować poprawą nośności i sztywności, co zaobserwowano na przykładzie elementów płytowych. Problem współpracy powłok polimocznikowych z obciążonymi w różny sposób elementami konstrukcyjnymi, nie tylko betonowymi i żelbetowymi, nie został do tej pory dobrze rozpoznany na drodze badawczej. Nie wiadomo m.in. czy i w jakim stopniu powłoka polimocznikowa nałożona na powierzchnię obciążonych elementów betonowych albo żelbetowych wpływa na nośność i na mechanizm zniszczenia takich elementów, jak wpływa na mostkowanie powstających w nich rys, stąd nie ma też opracowanych modeli obliczeniowych dla takich elementów mogących znaleźć zastosowanie w praktyce inżynierskiej. Dlatego za jak najbardziej zasadne uznaję podjęcie przez Autora rozprawy ambitnego zadania uzupełnienia tej brakującej wiedzy.

Podsumowując ten fragment recenzji uważam, że temat recenzowanej rozprawy bardzo dobrze wpisuje się w zasygnalizowany problem i zasługuje na pozytywną ocenę bo jest aktualny, interesujący i ma znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Również na pozytywną ocenę zasługuje cel rozprawy, sformułowany na stronie 14 w podrozdziale 2.1, bo jest oryginalny i zasadny.

3.2. Tytuł rozprawy

Nie wnoszę uwag do zaproponowanego przez Autora tytułu rozprawy.

3.3. Tezy rozprawy

W rozprawie sformułowanych zostało 5 tez. Są one zamieszczone na stronie 15 w podrozdziale 2.3. Zdaniem recenzenta tezy w rozprawach doktorskich nie muszą być formułowane. Za w zupełności wystarczające uznaje się sformułowanie celu lub celów. Ponieważ tezy zostały sformułowane, to wypada je ocenić. I tak, nie wnoszę uwag krytycznych do tez pierwszej, trzeciej, czwartej i piątej. Zostały one sformułowane prawidłowo, a zrealizowany zakres badań eksperymentalnych i uzyskane rezultaty oraz przeprowadzone dogłębne analizy i rozważania potwierdzają ich prawdziwość. Tezy te zostały udowodnione, a odpowiedzi na nie zawarte są w podsumowaniach rozdziałów 4, 5 i 6 i w podsumowaniu i wnioskach w rozdziale 8. W odniesieniu do tezy trzeciej zgłaszam jedynie drobną uwagę redakcyjną, polegającą na propozycji poszerzenia jej zapisu o słowa; ..., w porównaniu z elementami referencyjnymi. Natomiast teza druga została sformułowana moim zdaniem na tyle ogólnie, że do wykazania jej prawdziwości należałoby posiłkować się, oprócz rezultatów badań własnych zawartych w rozprawie, literaturą przedmiotu i porównaniami właściwości i parametrów użytkowych powłok polimocznikowych z innymi materiałami nakładanymi w postaci powłok. Można było sformułować w to miejsce tezę szczegółową, której prawdziwość potwierdziłyby rezultaty badań własnych zamieszczone w rozdziale 4 rozprawy.

3.4. Ocena wartości naukowej rozprawy

Ocenę wartości naukowej rozprawy rozpoczynam od stwierdzenia, że zrealizowane przez Autora własne badania doświadczalne i analizy teoretyczne zostały zaplanowane właściwie z punktu założonego celu i sformułowanych tez. Metodyka badań nie budzi istotnych zastrzeżeń. Badania zostały moim zdaniem bardzo dobrze udokumentowane. Uzyskane zostały wartościowe oryginalne rezultaty, które Autor przedstawił w sposób jasny i czytelny w formie graficznej i tabelarycznej. Mocną stroną rozprawy jest w mojej opinii przeprowadzona wnikliwa i krytyczna analiza uzyskanych rezultatów, która stanowiła podstawę do sformułowania właściwych podsumowań i wniosków.

Po analizie rozprawy uważam, że do głównych osiągnięć naukowych Autora rozprawy można zaliczyć między innymi następujące dokonania:

- a) opracowanie oryginalnego programu badań doświadczalnych i konsekwentne jego zrealizowanie, w tym zaprojektowanie i zbudowanie stanowisk badawczo-pomiarowych na użytek zaprogramowanych badań,
- b) wykazanie na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych, że nałożenie powłoki polimocznikowej na powierzchnię próbek z betonu komórkowego prowadzi do obniżenia ich nośności na ściskanie, ale równocześnie korzystnie wpływa na mechanizm ich zniszczenia, w porównaniu z próbkami referencyjnymi,
- c) wykazanie na drodze badań eksperymentalnych przeprowadzonych w skali naturalnej, że w wyniku obustronnego nałożenia powłoki polimocznikowej na powierzchnię kręgów betonowych rośnie o 20,3% ich nośność na zgniatanie, wyższe są dla tych elementów wartości deformacji pod obciążeniem niszczącym i korzystniej zmienia ulega mechanizm ich zniszczenia, w porównaniu z elementami referencyjnymi,
- d) wykazanie na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych, że nałożenie powłoki polimocznikowej na powierzchnię belek żelbetonowych prowadzi do niewielkiego przyrostu ich nośności na zginanie wynoszącego kilka procent i to zależnego od ilości zbrojenia podłużnego oraz, że nie wpływa na wartości i przebieg ugięć, w porównaniu z elementami referencyjnymi,
- e) wykonanie porównawczych badań zarysowania oraz przemieszczeń belek żelbetonowych metodą optycznej korelacji obrazu z wykorzystaniem systemu ARAMIS i metodą „tradycyjną” oraz porównanie uzyskanych rezultatów,
- f) zaproponowanie, na bazie uzyskanych rezultatów badań eksperymentalnych, dwóch modeli obliczeniowych pracy statycznej zginanych belek żelbetonowych pokrytych powłoką z polimocznika, w stanie granicznym użytkowalności i w stanie granicznym nośności.

4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

Podczas czytania rozprawy nasunęły mi się, w kolejności, następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne oraz pytania do Autora.

- a) do układu rozprawy wnoszę dwie drobne uwagi. Wyniki badań belek żelbetonowych z wykorzystaniem systemu ARAMIS lepiej było umieścić w podrozdziale 7.8 (zamiast w podrozdziale 7.9), a następnie całościową analizę

wyników badań tych belek zamieścić w podrozdziale 7.9. Natomiast bibliografia powinna zostać umieszczona, moim zdaniem, w rozdziale 9, bezpośrednio po podsumowaniu i wnioskach.

- b) w nawiązaniu do terminologii użytej w rozprawie, przykładowo w nazwie podrozdziału 3.4 (Powłoki polimocznikowe) i w nazwie podrozdziału 3.5 (Membrany polimocznikowe) proszę, aby Autor wyjaśnił co rozumie przez powłokę, a co przez membranę, bo stosuje to nazewnictwo zamiennie, co nie jest moim zdaniem poprawne.
- c) podana na s.43 w 1-4 wg informacja o wykorzystanym w badaniach rodzaju polimocznika powinna zostać podana wcześniej, na s. 40.
- d) tabelaryczne zestawienie podstawowych parametrów zastosowanego polimocznika zamieszczone w rozdziale 5 na s. 55 w tabeli 5.2 niepotrzebnie dwukrotnie zdublowano, najpierw w rozdziale 6 w tabeli 6.2 na s. 71, a następnie w rozdziale 7 w tabeli 7.2 na s. 91. W zupełności wystarczające było w tych rozdziałach (6 i 7) przywołanie tabeli 5.2.
- e) w opisach badań: w rozdziale 5 na s. 55 podano, że próbki sezonowano w temperaturze pokojowej i sprawdzono ich wilgotność; w rozdziale 6 na s. 69 i w rozdziale 7 na s. 91 podano, że przed nałożeniem powłoki polimocznikowej i w trakcie jej nakładania kontrolowano temperaturę podłoża i otoczenia oraz wilgotność podłoża. Podczas publicznej obrony rozprawy proszę podać wartości tych temperatur i wilgotności. Ponadto proszę uszczegółwić opis dotyczący etapu przygotowania płaskich arkuszy polimocznika (patrz opis badań w rozdziale 4 na s. 42, 4wg) o rodzaj materiału, na którego płaskiej powierzchni wykonano natrysk polimocznika i o parametry temperaturowe i wilgotnościowe, j.w. Jak to Autor rozprawy słusznie zauważył na s. 41 w 1wd, precyzja opisów badań może się przydać badaczom zainteresowanym powtórzeniem badań.
- f) w nawiązaniu do tabeli 7.3 na s. 92 proszę doprecyzować, jaką wodę użyto do wykonania mieszanki betonowej.
- g) użyte na s. 120 w 5wd sformułowanie, wewnętrznej struktury żelbetu, nie jest poprawne. Słowo wewnętrznej, nie jest potrzebne.
- h) pozycja bibliograficzna 41 opublikowana została w czasopiśmie Structure and Environment, a nie w Structure, jak to w rozprawie podano.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Artura Matusiaka pt.: „Analiza wpływu powłoki z polimocznika na parametry wytrzymałościowe wybranych elementów konstrukcyjnych” rozwiązuje postawiony oryginalny problem naukowy mieszczący się w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Temat recenzowanej rozprawy jest aktualny i ma znaczenie naukowe i aplikacyjne. Cele rozprawy i tezy pierwsza, trzecia, czwarta i piąta są zasadne i oryginalne, cel został osiągnięty, a tezy te zostały udowodnione.

Zakres rozprawy został zrealizowany. Otrzymane oryginalne i wartościowe rezultaty zostały wnikliwie i krytycznie przeanalizowane, co jest mocną stroną rozprawy. Właściwie sformułowane zostały podsumowanie i wnioski, zaproponowane zostały kierunki dalszych badań.

Rozprawa dowodzi, że Autor posiada wystarczającą wiedzę w uprawianej przez siebie dyscyplinie, potrafi samodzielnie postawić oryginalny problem naukowy i przeprowadzić niezbędne badania eksperymentalne i analizy teoretyczne potrzebne do jego rozwiązania. Świadczy to o jego bardzo dobrym przygotowaniu i posiadanych umiejętnościach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Nieliczne uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej bardzo pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i porządkowy i mogą być pomocne Autorowi podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Artura Matusiaka spełnia wymogi Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2023 r. poz.742 z późn. zm.) i w związku z tym wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Architektura i Urbanistyka Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto uważam za zasadne poddanie pod dyskusję wniosku o wyróżnienie rozprawy, który niniejszym zgłaszam, który argumentuję bardzo dobrym udokumentowaniem przeprowadzonych badań eksperymentalnych oraz wnikliwą i krytyczną analizą wartościowych naukowo i również aplikacyjnie rezultatów.

