



Politechnika Wrocławska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

*Recenzje spełnia wymagania
formalne*

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, 08.09.2025 r.

Adresat Recenzji:

Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Armando Zagoroli

pt.: „*Behavior of external clay brick façade walls made of lime-based mortars - experiments and simulation approach of irregular settlements and seismic type cyclic shear loads*”

tytuł polski

„*Zachowanie się zewnętrznych, ceglanych ścian fasadowych wykonanych na zaprawach na bazie wapna – podejście eksperymentalne i symulacje nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego*”

1. Podstawa formalna

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

Wpłynęło dnia 11.09.2025 r.

- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 17 lipca 2025 r.,

- Pismo Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 18.07.2025 r., podpisane przez Przewodniczącą Rady Pana prof. dr hab. inż. Piotr Folęgę.

2. Przedmiot i opis ogólny rozprawy

Przedmiot recenzji stanowi rozprawa doktorska mgr inż. Armando Zagoroli pt.: *„Behavior of external clay brick façade walls made of lime-based mortars - experiments and simulation approach of irregular settlements and seismic type cyclic shear loads”* (tytuł polski: *„Zachowanie się zewnętrznych, ceglanych ścian fasadowych wykonanych na zaprawach na bazie wapna – podejście eksperymentalne i symulacje nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego”), jej promotorem jest prof. dr hab. inż. Jan Kubica.*

Rozprawa została przedłożona w formie zwartego dwustronnie zadrukowanego raportu i liczy łącznie 173 strony. Praca została napisana w języku angielskim, zawiera 64 tabele i 160 rysunków. Składa się ona z 7 rozdziałów, trzech załączników, bibliografii stanowiącej łącznie wykaz 260 pozycji literaturowych. Treść rozprawy poprzedza wykaz prezentacji na konferencjach i publikacji związanych z rozprawą doktorską, dodatkowo dołączono streszczenie w języku angielskim.

Badania przeprowadzono w ramach projektu Horyzont 2020 Marie Skłodowska-Curie ITN SUBLime („Zrównoważone zastosowania wapna budowlanego poprzez gospodarkę o obiegu zamkniętym i podejścia biomimetyczne”), którego celem jest zbadanie roli materiałów na bazie wapna powietrznego w budownictwie murowanym nowej generacji.

Układ pracy jest czytelny, charakterystyczny dla prac naukowych i badawczych, a sposób jej wydania jest poprawny.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Przedmiot i cel rozprawy

Problemem naukowym postawionym w pracy jest analiza zachowania niezbrojonych zewnętrznych ścian elewacyjnych z cegły ceramicznej wykonanych z zapraw wapiennych, ze szczególnym uwzględnieniem ich wydajności w przypadku nieregularnych osiadań pionowych (takich

jak te wywołane osiadaniem gruntu lub działalnością górniczą) oraz obciążeń cyklicznych w płaszczyźnie, które są reprezentatywne dla oddziaływań sejsmicznych.

Celem rozprawy było wykonanie badań eksperymentalnych i numerycznych, które mogą stanowić podstawę zarówno przyszłych wytycznych, jak i praktycznych zastosowań. W tym celu wdrożono kompleksową metodologię badań łączącą eksperymenty laboratoryjne i modelowanie numeryczne. Program eksperymentalny opracowano w oparciu o podejście wieloskalowe, obejmujące badania materiałów: zaprawy, cegieł oraz symulacje ścian w pełnej skali.

W pracy sformułowano trzy tezy:

1. Mieszanki zapraw o wyższej zawartości wapna powietrznego, jako częściowy substytut spoiw cementowych, pomimo niższej wytrzymałości mechanicznej, mogą nadal zapewniać odpowiednie parametry konstrukcyjne ścian murowanych, zwłaszcza w warstwach elewacyjnych ścian szczelinowych lub przeponowych, oferując jednocześnie korzyści środowiskowe.
2. Zmiany zawartości wapna powietrznego w składzie zaprawy znacząco, choć pozytywnie ze względu na odporność na pękanie, wpływają na globalne zachowanie się ścian murowanych, w szczególności pod względem sztywności, wytrzymałości, odkształcalności i mechanizmów zniszczenia.
3. Uproszczone modele numeryczne oraz istniejące normy i zalecenia analityczne mogą opisywać odpowiedź mechaniczną elementów murowanych wykonanych z zapraw wapienno-powietrznych, choć mogą wymagać kalibracji lub regulacji w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i niezawodności.

3.2. Charakterystyka i ocena poszczególnych rozdziałów rozprawy

Rozdział pierwszy *Wstęp* wprowadza w tematykę badań, przedstawia znaczenie naukowe i praktyczne oraz definiuje główną hipotezę leżącą u podstaw badania. Sformułowano zasadniczy cel pracy, ogólny zakres oraz wyznaczono zadania, które pozwoliły na realizację postawionego celu.

W rozdziale 2 *Przegląd literatury* przedstawiono krytyczny przegląd literatury dotyczącej głównej tematyki badań. Obejmuje on właściwości fizyczne, chemiczne i morfologiczne materiałów murowych, w tym porównania współczesnych i historycznych cegieł i zapraw glinianych. Omawia również zachowanie mechaniczne muru w złożonych warunkach obciążenia oraz omawia strategie modelowania numerycznego, w szczególności metody elementów skończonych, stosowane do symulacji konstrukcji murowych.

Rozdział 3 *Badania eksperymentalne* opisuje materiały wybrane do badań oraz program badań eksperymentalnych mający na celu zbadanie ich parametrów mechanicznych. W rozdziale szczegółowo opisano konfiguracje badań, metodologie i wyniki uzyskane zarówno z badań na małą, jak i dużą skalę, ze szczególnym uwzględnieniem opracowania globalnych parametrów mechanicznych ścian murowanych.

W rozdziale 4 *Symulacje numeryczne* przedstawiono modelowanie numeryczne badanych ścian z wykorzystaniem metod makromodelowania metodą elementów skończonych. Modele te zostały skalibrowane w oparciu o wyniki eksperymentalne z badań w małej skali i wykorzystane do symulacji zachowania się ścian pod obciążeniem pionowym i poziomym.

Rozdział 5 *Metody i procedury analityczne lub półanalityczne* przedstawia ocenę porównawczą wyników eksperymentalnych z istniejącymi modelami analitycznymi i półanalitycznymi, w tym modelami zawartymi w Eurokodach. Krytycznie oceniono niezawodność i dokładność predykcyjną tych modeli.

W rozdziale 6 *Podsumowanie i wnioski* zawiera zamieszczono dyskusję wyników przeprowadzonych badań, zebrano wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz, podsumowano kluczowe wyniki badań, omówiono główne wnioski i omówiono ich znaczenie dla zrównoważonego budownictwa murowego.

Rozdział 7 przedstawia możliwe kierunki przyszłych badań, mające na celu rozwiązanie ograniczeń zidentyfikowanych w niniejszym badaniu oraz dalsze pogłębianie wiedzy i zastosowań murów na bazie wapienia powietrznego.

Przedstawiona w rozprawie i zweryfikowana doświadczalnie metodyka badań jest moim zdaniem trafna i poprawna pod względem merytorycznym. Zaprezentowane analizy odnoszą się zarówno do literatury krajowej jak i międzynarodowej. Podjęta tematyka wydaje się aktualna i potrzebna. Niewiele jest także prac poświęconych tej tematyce. Na uwagę zasługuje również staranność wykonanych badań i ich aplikacyjność w projektowaniu. Rozprawa doktorska prezentuje z całą pewnością ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

4. Uwagi krytyczne

Na wstępie chciałbym podkreślić, że przedstawione w niniejszym punkcie uwagi krytyczne odnośnie recenzowanej rozprawy zostały podane w charakterze dyskusji i pewnego rodzaju

uporządkowania przedstawionych treści z nadzieją, że mogą być przydatne i zostaną wykorzystane w trakcie opracowywania publikacji naukowych kierowanych do czasopism z tej tematyki.

Znaczną część uwag krytycznych podano już w punkcie 3.2 przy recenzowaniu poszczególnych rozdziałów. Poniżej je zebrano i usystematyzowano, a część z nich przedstawiono w formie pytań. I tak:

- 4.1. Tytuł rozprawy zawiera wszystko to, co jest w rozprawie.
- 4.2. Praca napisana jest dość dobrym językiem z uwzględnieniem zasad stylistycznych, gramatycznych oraz interpunkcyjnych.
- 4.3. Nie napisano co jest przedmiotem badań.
- 4.4. Jakie ograniczenia miała przeprowadzona metodyka badań?
- 4.5. Jakie uproszczenia zastosowano w modelach symulacyjnych?
- 4.6. Które zjawiska (pękanie, zarysowania, odpajanie) okazały się najbardziej krytyczne przy cyklicznych obciążeniach?
- 4.7. Jakie były największe trudności w odwzorowaniu nieregularnych osiadań i obciążeń sejsmicznych w symulacjach?
- 4.8. W jaki sposób zweryfikowano poprawność modeli numerycznych względem wyników badań eksperymentalnych?
- 4.9. Jakie są główne różnice w zachowaniu ścian murowanych na zaprawie wapiennej w porównaniu do zapraw cementowych?
- 4.10. Czy obserwowane uszkodzenia mają charakter odwracalny (np. poprzez naprawę) czy prowadzą do trwałej utraty nośności?
- 4.11. Jak wyniki badań mogą zostać wykorzystane w renowacji i konserwacji budynków zabytkowych?
- 4.12. Jak uzyskane wnioski mogą pomóc w ocenie bezpieczeństwa ścian w regionach sejsmicznych?
- 4.13. Jakie dalsze badania byłyby potrzebne, aby pełniej zrozumieć zachowanie ścian ceglanych w warunkach sejsmicznych?
- 4.14. Czy rozważano wpływ czynników środowiskowych (wilgoć, temperatura, starzenie zaprawy) na wyniki badań?
- 4.15. W jakim zakresie wyniki prac badawczych mogą być wykorzystane w praktyce inżynierskiej?

5. Wnioski

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Armando Zagoroli pt.: *„Behavior of external clay brick façade walls made of lime-based mortars - experiments and simulation approach of irregular settlements and seismic type cyclic shear loads”* (tytuł polski: *„Zachowanie się zewnętrznych, ceglanych ścian fasadowych wykonanych na zaprawach na bazie wapna – podejście eksperymentalne i symulacje nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego”*), której promotorem jest prof. dr hab. inż. Jan Kubica stanowi rozwiązanie oryginalnego zadania naukowego dotyczącego analizy zachowania zewnętrznych ścian elewacyjnych z cegły ceramicznej wykonanych z zapraw wapiennych, nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego.

Uważam, że przedstawiony w rozprawie cel został osiągnięty, sformułowane zadanie naukowe rozwiązane. Rozprawa doktorska wykazuje zatem umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta.

Należy zauważyć, że Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej i technicznej w zakresie prezentowanej tematyki, która podejmowana jest od pewnego czasu na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej. Świadczy to o dojrzałości naukowej Doktoranta, a przede wszystkim o jakości szkoły z jakiej się wywodzi. Niewątpliwie wpłynęło to korzystnie na całość pracy i dało możliwość nauczania się programowania i prowadzenia badań naukowych i doświadczalnych. Wykonano badania, które poszerzyły istniejącą bazę wiedzy. Na tej podstawie dokonano krytycznej analizy otrzymanych rezultatów przeanalizowano je i opracowano wnioski. Całość pracy świadczy jednak o przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowych i badawczych. Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, ma znaczenie naukowe i praktyczne, usystematyzowała częściowo wiedzę na temat zachowania zewnętrznych ścian elewacyjnych z cegły ceramicznej wykonanych z zapraw wapiennych, nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego. Ponadto rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników badań własnych Doktoranta w strefie gospodarczej.

6. Sentencja Recenzji

Moim zdaniem recenzowana rozprawa mgr inż. Armando Zagoroli pt.: *„Behavior of external clay brick façade walls made of lime-based mortars - experiments and simulation approach of irregular settlements and seismic type cyclic shear loads”* (tytuł polski: *„Zachowanie się zewnętrznych, ceglanych ścian fasadowych wykonanych na zaprawach na bazie wapna – podejście eksperymentalne i symulacje nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego”), spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – i dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.*

Z poważaniem,

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz prywatności osoby fizycznej na podstawie art.5.ust.2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz. U. z 2016 r. poz. 1764).

Marzena Gaura