

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

Imię i nazwisko recenzenta: **prof. dr hab. inż. Arkadiusz Kwiecień**

Afiliacja recenzenta: **Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika
Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska**

Tytuł pracy: **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**

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

Doktorant: **mgr inż. Amando Zagaroli**

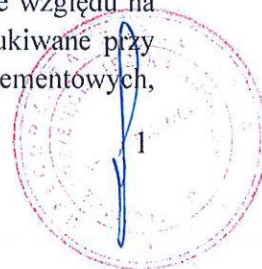
Raport:

Niniejszy raport z recenzji pracy doktorskiej został sporządzony na podstawie pisma prof. dr hab. inż. Piotra Folęgi, przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, z dnia 18 lipca 2025 r. oraz umowy o recenzję nr UMC/2517/2025, sporządzonej na podstawie wniosku nr 2415/UMC/RBO-3/2025, który zlecił mi przygotowanie recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Amando Zagaroli. Manuskrypt pracy doktorskiej Amando Zagaroli został dołączony do niniejszych dokumentów.

Temat i ogólna charakterystyka pracy doktorskiej wraz z elementami oceny

Przedmiotem oceny jest praca doktorska Amando Zagaroli pt. „Zachowanie się zewnętrznych, ceglanych ścian fasadowych wykonanych na zaprawach na bazie wapna — podejście eksperymentalne i symulacje nieregularnych osiadań i cyklicznych obciążeń ścinających typu sejsmicznego”, pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jana Kubicy. Manuskrypt pracy doktorskiej jest książką papierową napisaną w języku angielskim, liczącą 178 stron w formacie A4, składającą się z: wykazu prezentacji i publikacji powstałych w wyniku badań doktoranckich, spisu treści i 8 głównych rozdziałów. Rozdziały obejmują co następuje: Wprowadzenie, Przegląd literatury, Badania eksperymentalne, Symulacje numeryczne, Metody i procedury analityczne lub półanalityczne, Podsumowanie i wnioski, Kierunki dalszych badań, Dodatek. Manuskrypt kończy się bibliografią (zawierającą 260 pozycji), jednostronicowym streszczeniem oraz wykazami rysunków i tabel. Praca doktorska została przygotowana w ramach projektu SUBLime, finansowanego przez program Marie Skłodowska-Curie Action, European Training network — Innovative Training Network (ETN ITN).

Temat podjęty przez doktoranta jest trafny i ma wartość praktyczną. Zaprawy wapienne były stosowane od wieków w budownictwie, a w ostatnim stuleciu zostały w większości zastąpione zaprawami cementowymi. Zalety wapna mają nie tylko wpływ na środowisko, jako naturalny materiał wspierający wysiłki na rzecz dekarbonizacji. Jest ono również przydatne ze względu na kompatybilność z innymi materiałami budowlanymi, trwałość, a tym samym poszukiwane przy konserwacji dziedzictwa kulturowego. W przeciwieństwie do sztywnych zapraw cementowych,



zaprawy wapienne wykazują bardziej elastyczne właściwości i plastyczność, szczególnie wymagane w obszarach sejsmicznych.

Pomimo mniejszej wytrzymałości w porównaniu z zaprawami cementowymi, zaprawa wapienna może wykazywać bardziej obiecujące właściwości, ponieważ zapewnia murom większą odporność na odkształcenia spowodowane obciążeniami pionowymi (osiadanie) lub poziomymi (trzęsienia ziemi). Aby zapewnić odpowiednią sztywność, wytrzymałość, odkształcalność i mechanizm kontroli uszkodzeń murów, opracowuje się mieszanki zaprawowe zawierające większą ilość wapna powietrznego jako częściowy substytut spoiw cementowych. Konieczne są kompleksowe badania obejmujące analizę eksperymentalną, numeryczną i analityczną w tej dziedzinie, dlatego niniejsza praca doktorska spełniająca te wymagania jest ważna, zwłaszcza jeśli weźmie się pod uwagę kompleksową charakterystykę eksperymentalną w różnych skalach. Główne cele pracy zostały jasno i precyzyjnie określone przez doktoranta na początku, w postaci trzech tez przyczyniających się do rozwoju bardziej zrównoważonych i efektywnych strukturalnie systemów murarskich, odpowiednich dla nowoczesnych scenariuszy budowlanych i renowacyjnych. Potwierdzam, że tezy te zostały potwierdzone przez opracowania przedstawione w niniejszej pracy doktorskiej.

Układ pracy doktorskiej jest przejrzysty i obejmuje wszystkie ważne kwestie pogrupowane w 7 głównych rozdziałach. We wstępie przedstawiono temat badań, nakreślono jego znaczenie naukowe i praktyczne oraz zdefiniowano główną hipotezę przewodnią pracy doktorskiej. Następnie przedstawiono krytyczny przegląd literatury związanej z głównymi tematami opracowanych badań. Ta część jest szczególnie cenna, ponieważ daje czytelnikom kompleksowy przegląd i wprowadzenie do aktualnego stanu wiedzy na temat przedstawionego problemu.

Najważniejsza jest część objęta rozdziałem 3, poświęcona badaniom eksperymentalnym z wykorzystaniem podejścia wieloskalowego. Badania próbek w małej i dużej skali są dobrze opracowane. Konfiguracje, metodologie i uzyskane wyniki są odpowiednio dobrane i przedstawione, a także poparte zdjęciami, tabelami i wykresami, ze szczególnym uwzględnieniem opracowania globalnych parametrów mechanicznych ścian murowanych. Rozdział 4 uzupełnia poprzedni rozdział o modelowanie numeryczne badanych ścian przy użyciu makromodelowania metodą elementów skończonych. Modele są dość dobrze skalibrowane w oparciu o wyniki eksperymentalne pochodzące z badań w małej skali. Wykorzystuje się je do symulacji zachowania ścian w warunkach obciążenia pionowego i bocznego, a także dokładnie weryfikuje za pomocą wyników eksperymentalnych z badań w dużej skali.

Wartość praktyczna jest widoczna w rozdziale 5, w którym przedstawiono porównawczą ocenę wyników eksperymentalnych w stosunku do istniejących modeli analitycznych i półanalitycznych, w tym modeli dostarczonych przez Eurokody. Należy zwrócić uwagę na krytyczną ocenę wiarygodności i dokładności prognostycznej tych modeli. Rozdziały 6 i 7 podsumowują kluczowe wyniki badań, omawiają główne wnioski i odnoszą się do implikacji dla zrównoważonych konstrukcji murowanych, wskazując możliwe kierunki przyszłych badań, ograniczenia i zastosowania murów na bazie wapna powietrznego. Załącznik na końcu zawiera raporty z danymi, w tym analizy statystyczne związane z testami eksperymentalnymi opisanymi w poprzednich podrozdziałach.

Praca ta stanowi ważny wkład w badania naukowe w tej dziedzinie, wraz z praktyczną weryfikacją i omówieniem wymagań normatywnych i projektowych, które są niezbędne do wdrożenia proponowanych rozwiązań w praktyce, zapewniając bezpieczeństwo zastosowań konstrukcyjnych. Autor pracy opublikował wyniki swoich badań w indeksowanych czasopismach i uznanych materiałach konferencyjnych, dzięki czemu jego wkład w tę dziedzinę jest obecnie zauważalny.

Szczegółowa dyskusja na temat treści pracy doktorskiej i uwagi krytyczne

Szczegółowe komentarze i uwagi krytyczne przedstawione poniżej mają na celu ulepszenie tej cennej pracy, gdy zostanie ona opublikowana w indeksowanych czasopismach (zdecydowanie zalecane). Najważniejsze uwagi są oznaczone symbolem *** i muszą zostać uwzględnione w manuskrypcie dla czasopisma. Komentarze oznaczone symbolem * są zaleceniami recenzenta przed publikacją wyników w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych, ze względu na lepsze zrozumienie inżynierskie przedstawionych wyników i porównań.

Uwagi:

1. *** Strona 13 — Rysunki 7 i 8 powinny zostać poprawione poprzez zwiększenie rozmiaru czcionki opisów osi i jednostek (np. [%] na wykresach (b)).
2. Dlaczego w niektórych testach zastosowano kontrolę obciążenia, a w innych kontrolę przemieszczenia? Nie pozwala to na porównanie wyników z odpowiednią dokładnością w przypadku testowania materiałów wrażliwych na współczynnik przemieszczenia.
3. Strona 16, tabela 1 — Dlaczego wytrzymałość na ściskanie cegieł z XVIII/XIX wieku jest tak wysoka w porównaniu z innymi przedstawionymi w tej tabeli?
4. Strona 16 — Trzęsienia ziemi dotyczą również (często w większym stopniu) inne narody europejskie, takie jak Turcja, Bałkany i Szwajcaria.
5. * Strona 21, równanie (I) — brak opisu $\int_b$ i $\int_m$.
6. Strona 26 — „Na podstawie badań... reakcji ścian” — to zdanie zawiera błąd gramatyczny. Co oznacza „tak”?
7. *** Strona 37, równanie (13) — „ k ” czy „ k ”?
8. Strona 48 — Zastosowany współczynnik kształtu wynosił 0,75, podczas gdy powinien wynosić $0,53 = 215 \times 102 / [(2 \times 215 + 2 \times 102) \times 65]$. Czy ma to wpływ na wyniki?
9. * Strona 54, tabela 12, rys. 50 — W jaki sposób obliczono przedstawione wartości naprężeń na podstawie sił? W tekście ani w załączniku nie ma żadnego równania.
10. * Strona 54 — W jaki sposób obliczono energię pęknięcia?
11. Strona 58, tabela 14 — Dlaczego liczba próbek różni się między sobą (zakres 3-9)?
12. * Strona 61, tabela 16 — Czy zamiast „Cegły gliniane” nie powinno być „Murowanie”?
13. Proszę o komentarz dotyczący różnic w maksymalnym obciążeniu przedstawionym na rys. 64 i 65 między LVDT a DIC.
14. * Rysunek 66 — Do czego wykorzystano DIC, skoro jego wyniki nie zostały przedstawione ani porównane z wynikami LVDT?
15. Podrozdział 3.3.1 — Dlaczego odległość „s” wynosi 350 mm, a nie 300 mm? Jakimi były kryteria wyboru zastosowanych odległości „s”?
16. Rys. 69 — Twierdzenie, że zastosowany schemat w pełni odzwierciedla nierównomierne osiadanie, jest wątpliwe. Jest ono słuszne, gdy przebiegająca krzywa deformacji górniczej w gruncie podtrzymuje ścianę w dwóch dolnych rogach (występuje efekt łuku — obciążenie własne (grawitacja) [G] i obciążenie dodatkowe [P] działają w tym samym kierunku strzałki przedstawionej na schemacie). Gdy podtrzymuje ścianę tylko w jednej połowie, a druga połowa „wisi”, występuje efekt wspornika (obciążenie własne (grawitacja) [G/2] i obciążenie

edstawionym
ia pionowe, a

- Muszę podkreślić, że podrozdział 3.4 jest bardzo wartościowy i przedstawia skondensowaną analizę oraz podsumowanie części eksperymentalnej. Potwierdza on naukową dojrzałość doktoranta. Również porównanie wyników przewidywanych i eksperymentalnych w tabeli 26 wraz z komentarzami poniżej ma bardzo wysoką wartość praktyczną i zaleca się wprowadzenie modyfikacji w obecnych normach.

Podsumowując całość materiału zawartego w pracy doktorskiej, a także wyniki badań i analiz, uważam, że doktorant Amando Zagaroli podjął się rozwiązania problemu trudnego z naukowego punktu widzenia, a niezbędnego z punktu widzenia praktycznych zastosowań. Przedstawione wyniki własnych badań są oryginalne i zawierają wiele nowości naukowych, mają wysoką wartość poznawczą i znacząco przyczyniają się do poszerzenia wiedzy na temat mieszanek zaprawowych o wyższej zawartości wapna powietrznego jako częściowego substytutu spoiw cementowych oraz ich roli w zachowaniu murów pod obciążeniami pionowymi i poziomymi.

W tym ostatnim aspekcie uwagi przedstawione w niniejszej recenzji mają niewielkie znaczenie, ale mam nadzieję, że ta niedoskonałość zostanie wyeliminowana w dalszych pracach badawczych doktoranta. Amando Zagaroli wykazał się rozległą wiedzą w dziedzinie badań eksperymentalnych związanych z dogłębną analizą murów z wykorzystaniem zapraw o wyższej zawartości wapna powietrznego, a także ich opracowaniem i analizą analityczną, wymaganą w praktyce inżynierskiej.

Obrona pracy doktorskiej jest pierwszym krokiem w karierze naukowej, dlatego wierzę, że w przyszłości doktorant rozwinie swój warsztat naukowy.

Doktorant Amando Zagaroli pomyślnie osiągnął zakładany cel pracy i ogólnie potwierdził tezę. Niemniej jednak, przed opublikowaniem wyników niniejszej pracy doktorskiej w czasopiśmie naukowych lub monografiach (zdecydowanie zachęcam go do tego), doktorant powinien rozważyć możliwość uzupełnienia i wyjaśnienia uwag zawartych w krytycznych spostrzeżeniach przedstawionych w niniejszym raporcie recenzenta.

Pomimo przedstawionych uwag krytycznych i wątpliwości stwierdzam, że przedłożona do recenzji praca doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a doktorant Amando Zagaroli wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną, eksperymentalną i praktyczną w danej dyscyplinie naukowej inżynierii lądowej, geodezji i transportu oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a tym samym spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Jakość przedłożonej pracy odpowiada standardom prac doktorskich w renomowanych międzynarodowych instytucjach badawczych i spełnia wymogi dotyczące rozpraw doktorskich zgodnie z obowiązującą ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” - Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późniejszymi zmianami.

W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie doktoranta Amando Zagaroli do publicznej obrony oraz o przyznanie mu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynierii lądowej, geodezji i transportu. Ewentualne wyróżnienie tej pracy powinno zostać omówione bezpośrednio po obronie przez członków Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu oraz przez obecnych na sali recenzentów.

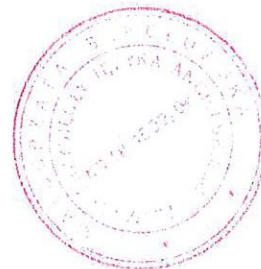
Ocena ogólna:

Pozytywna: Jako recenzent, proponuję komisji doktorskiej dopuszczenie pracy doktorskiej kandydata na doktora Amando Zagaroli do publicznej obrony, z niewielkimi poprawkami, szczegółowo przedstawionymi w niniejszym raporcie recenzenta.

[podpis]

Prof. dr hab. inż. Arkadiusz Kwiecień
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
Katedra Mechaniki Konstrukcji i Mechaniki Materiałów
Warszawska 24, 31-155 Kraków,
POLSKA

Ja, Małgorzata Sokołowska, tłumacz przysięgły języka angielskiego w Gliwicach, nr wpisu na listę tłumaczy przysięgłych TP/1509/05. Poświadczam zgodność niniejszego tłumaczenia z okazanym mi dokumentem sporządzonym w języku angielskim. Gliwice, dnia 5 listopada 2025 r. Repertorium nr 480/2025.



1. The first part of the paper discusses the importance of the study and the objectives of the research.

2. The second part of the paper describes the methodology used in the study, including the data collection and analysis techniques.

3. The third part of the paper presents the results of the study, which show a significant positive correlation between the variables.

4. The fourth part of the paper discusses the implications of the findings and provides recommendations for future research.

5. The fifth part of the paper concludes the study and summarizes the main findings.

6. The sixth part of the paper provides a detailed discussion of the limitations of the study and the potential for further research.

7. The seventh part of the paper provides a detailed discussion of the ethical considerations of the study.

8. The eighth part of the paper provides a detailed discussion of the practical applications of the study.