



Gliwice, 8.09.2024 r.

Prof. r hab. inż. Łukasz Drobiec
Katedra Konstrukcji Budowlanych
Zespół Konstrukcji betonowych i murowych
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska
Ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

Eda *dek/2024/09/00339/2/1*

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Witkowskiego

pt. „WPŁYW ZAWILGOCENIA MURÓW CEGLANYCH NA ICH NOŚNOŚĆ
I ODKSZTAŁCALNOŚĆ PRZY ŚCISKANIU”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Pani Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej dr hab. inż. Lucyny Domagały, prof. PK, informujące o podjęciu uchwały przez Radę Naukową Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Witkowskiego.

2. Charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Michała Witkowskiego pt. „Wpływ zawilgocenia murów ceglanych na ich nośność i odkształcalność przy ściskaniu”. Praca ma charakter teoretyczno-badawczy i składa się z 10 rozdziałów, oraz wykazu podstawowych oznaczeń, spisu literatury oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. Bibliografia obejmuje

114 pozycji piśmiennictwa, w tym 6 pozycji współautorskich Doktoranta i 7 pozycji zawierających normy. Tekst rozprawy liczy 133 strony i zawiera 64 rysunki, 27 tabel oraz 37 wzorów.

W Rozdziale 1 (Wprowadzenie), zamieszczono uzasadnienie wyboru tematyki pracy. Podkreślono, że w sytuacjach zalewania murów wodą może dochodzić do obniżenia wytrzymałości elementów murowych i zaprawy, a w konsekwencji wytrzymałości muru. To skłoniło autora rozprawy do podjęcia jej tematu.

W rozdziale 2 zestawiono podstawowe symbole i oznaczenia wykorzystane w treści pracy.

Rozdział 3 zawiera cel, zakres oraz tezy pracy. Podstawowym celem pracy było określenie wpływu wysokich poziomów zawilgocenia (bliskich stanowi nasycenia wodą) na wytrzymałość i odkształcalność murów ceglanych poddanych obciążeniom ściskającym. Postawiono następujące trzy tezy:

- Silne zawilgocenie (bliskie stanowi pełnego nasycenia wodą) murów ceglanych w budynkach istniejących powoduje znaczące obniżenie wytrzymałości na ściskanie oraz zmianę parametrów charakteryzujących odkształcalność murów przy ściskaniu, co znacząco wpływa na redukcję nośności murów.
- Spadek wytrzymałości na ściskanie murów ceglanych na skutek ich silnego zawilgocenia można określić na podstawie badań materiałów murowych, z których mury zostały wykonane. Badania te można wykonać na niewielkich próbkach materiałów pobranych z konstrukcji, bowiem istnieje zależność pomiędzy parametrami charakteryzującymi strukturę cegieł i zapraw takich jak: gęstość pozorna, nasiąkliwość, porowatość, struktura porowatości, a spadkami wytrzymałości na ściskanie materiałów murowych spowodowanymi ich silnym zawilgoceniem, które to spadki determinują redukcję wytrzymałości murów.
- Badania nieniszczące są pomocne w ocenie spadków wytrzymałości materiałów murowych i murów spowodowanych ich silnym zawilgoceniem i mogą być traktowane jako badania uzupełniające do badań niszczących i małoniszczących.

W rozdziale 4 zamieszczono przegląd stanu wiedzy w zakresie wpływu zawilgocenia na nośność murów ceglanych. Opisano mechanizm narastania uszkodzeń w materiałach murowych i murach w wyniku ich silnego zawilgocenia oraz zaprezentowano wyniki dotychczas przeprowadzonych badań doświadczalnych. W rozdziale tym podano także zalecenia normowe w zakresie możliwości uwzględnienia zawilgocenia w ocenie wytrzymałości murów.

W rozdziałach 5, 6, 7 opisano badania własne. Scharakteryzowano procedury badawcze, sprzęt badawczy i wykonano analizę wyników badań. W rozdziale 5 zamieszczono wyniki badań i analizy dla cegieł oraz zapraw z różnych okresów historycznych. Wykonano badania wytrzymałości na ściskanie próbek zapraw i cegieł w stanie powietrzno-suchym i po nasyceniu wodą. Przeprowadzono ponadto badania gęstości, nasiąkliwości, porowatości i struktury porów. Podjęto próbę identyfikacji wpływu wilgoci na wytrzymałość cegieł przy zastosowaniu metody ultradźwiękowej. Rozdział 6 dotyczy badań filarów ceglanych wyciętych z murów historycznych. Badaniom poddano 10 murowanych filarków pozyskanych podczas przebudowy budynku Politechniki Krakowskiej, powstałego na przełomie XIX i XX wieku na terenie ówczesnych Koszar Arcyksięcia Rudolfa. W rozdziale 7 opisano badania próbek rdzeniowych pobranych z murów. Sprawdzano możliwość określenia wpływu stanu zawilgocenia muru na jego wytrzymałość i odkształcalność na podstawie próby ściskania odwiertów rdzeniowych małych średnic pobranych z murów.

Rozdział 8 poświęcony jest ocenie wpływu zawilgocenia na wytrzymałość na ściskanie murów na podstawie badań cegieł i zapraw. Opisano zależności do określenia wpływu wytrzymałości cegieł i zaprawy na wytrzymałość murów oraz zależności do określania wpływu zawilgocenia na wytrzymałość muru.

W rozdziale 9 zamieszczono analizę nośności murów ceglanych w stanie silnie zawilgoconym. Określono spadki nośności ścian ceglanych w budynkach istniejących spowodowane nasyceniem murów wodą.

Rozdział 10 stanowi podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz obliczeniowych. W rozdziale tym podano również planowane kierunki dalszych badań oraz obszary wiedzy



wymagające dalszych badań i analiz. Na końcu pracy zamieszczono streszczenia w języku polskim i angielskim, bibliografię oraz spis rysunków i tabel.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Poprawna diagnostyka i skuteczna ocena wpływu zawilgocenia na wytrzymałość muru stanowią obecnie poważne wyzwanie. Brak wiedzy na ten temat może w sytuacjach wyjątkowych (powódzie, zlania wodami technologicznymi) doprowadzić nawet do katastrofy czy awarii mocno wyteżonych konstrukcji murowych. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta temat rozprawy jest oryginalny i aktualny, a zdefiniowane cel i zakres pracy są jasne, zasadne i ważne tak z naukowego jak i z praktycznego punktu widzenia.

3.1. Tezy pracy

Tezy pracy przyjęto poprawnie i wynikają one z przeprowadzonego przeglądu stanu wiedzy. Na bazie celów i zamierzeń pracy sformułowano program badawczy rozprawy. Program ten sformułowano poprawnie, a uzyskane wyniki mają znaczenie poznawcze oraz praktyczne i świadczą o oryginalności podjętego tematu.

3.2. Ocena naukowej wartości rozprawy

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowe Autora uznaję:

- ☐ Przeprowadzenie badań komponentów muru i fragmentów murów zabytkowych.
- ☐ Zaproponowanie wzorów do określania wpływu wilgoci na wytrzymałość elementów murowych, zapraw i muru.
- ☐ Zaproponowanie zależności pomiędzy nasiąkliwością a spadkiem wytrzymałości na ściskanie, zależności między gęstością pozorną cegieł a spadkiem wytrzymałości na ściskanie cegieł wynikającym z ich nasycenia wodą oraz zależności pomiędzy ilością porów o średnicy $1,0 \div 100 \mu\text{m}$ a spadkiem wytrzymałości na ściskanie zapraw wynikającym z ich nasycenia wodą.
- ☐ Podjęcie próby zastosowania metod nieniszczących (metoda ultradźwiękowa) do oceny wpływu zawilgocenia na parametry cegieł ceramicznych.



- Potwierdzenie możliwości prognozowania spadków wytrzymałości murów w stanach nasycenia wodą na podstawie badań próbek rdzeniowych pobranych z konstrukcji.

4. Uwagi krytyczne

Jak każda praca, taki i recenzowana rozprawa nie jest wolna od drobnych błędów, niedopowiedzeń czy niedociągnięć. Uwagi do pracy recenzent podzielił na ogólne oraz na uwagi szczegółowe.

4.1. Uwagi ogólne

Uwaga dotycząca opisu wyników badań funkcjami

W pracy czasem wyniki badań opisuje się funkcją liniową, a czasem funkcją kwadratową. Czy wynika to z lepszego dopasowania danych funkcji do wyników badań. Recenzent prosi o wyjaśnienie.

Uwaga dotycząca wymiarów badanych filarków

W pracy pozyskiwano elementy do badań muru z obiektu istniejącego. Wycinano filarki o przekroju 30x30 cm i wysokości 5÷8 warstw cegieł. Elementy te są dalekie od wymiarów normowego elementu próbnego do określania wytrzymałości muru. Czy nie było możliwości pozyskania większych modeli, spełniających wymagania normy?

Uwaga dotycząca opisu badanych filarków

Zdaniem recenzenta w pracy brak jest inwentaryzacji badanych próbek. Pokazano tylko zdjęcia próbek z jednej strony, co utrudnia interpretację wyników badań. Wydaje się, że należało zamieścić rysunki modeli z rozwinięciem każdej z płaszczyzn.



Uwaga dotycząca układu czujników LVDT na filarkach

Ze zdjęć wynika, że na płaszczyźnie bocznej zastosowano po jednym pionowym i poziomym czujniku LVDT, które zostały umieszczone niesymetrycznie. Taki układ utrudnia interpretację wyników w przypadku pojawienia się mimośrodów niezamierzonych. Chyba, że po drugiej stronie modelu zastosowano lustrzane obicie układu czujników. Recenzent prosi o komentarz na ten temat.

Uwaga dotycząca kształtu próbek walcowych

Badane próbki walcowe wycięte z istniejących murów miały nieregularny układ warstw zaprawy. Zdaniem recenzenta może to mieć wpływ na uzyskane wyniki badań. W takich przypadkach należy starać się wycinać próbki tak, aby układ spoin był regularny w przekroju.

Uwaga dotycząca punktu 8.1.

Zdaniem recenzenta punkt 8.1. powinien być znaleźć się w przeglądzie literatury, w punkcie 4.4.

4.2. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe dotyczą głównie znalezionych przez Recenzenta w tekście literówek oraz drobnych błędów i niedopowiedzeń. Recenzent nie ma uwag do wyglądu i układu pracy, który ocenia bardzo wysoko.

Recenzent nie ma również uwag do tytułu rozprawy, który jest sformułowany bardzo dobrze.

Str. 5, przed rys. 1.1. Doktorant pisze, że „*niebezpieczne ze względów konstrukcyjnych są sytuacje wyjątkowe, takie jak zalanie murów (czasem wielotygodniowe) w trakcie powodzi*”. Recenzent uważa, że równie niebezpieczne mogą być zalewania murów wodami z długotrwałej awarii instalacji lub wodami technologicznymi.

Str. 8, pod tablicą 1.1. Doktorant wskazuje liczne publikacje dotyczące sposobów pomiaru zawilgocenia murów. Pominęto tu ważną publikację: *Ks. B.: Diagnostyka wilgotnościowa obiektów budowlanych: metodyka i procedury badań. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2023.*

Str. 17, 3 wiersz od dołu, str. 16, 6 wiersz od dołu, str. 17, 7 wiersz od dołu. Doktorant wielokrotnie używa sformułowania „okres czasu”, co jest formą niepoprawną, ponieważ wyrażenie to należy do tzw. pleonazmów w którym oba człony oznaczają to samo.

Str. 53, 2 wiersz od góry. Jest: *ekspotencjalnych*, powinno być: *eksponencjalnych*.

Str. 84, 3 wiersz od dołu. Doktorant pisze: „*Odczyty na tych czujnikach znacząco się różniły, co było spowodowane znaczną niejednorodnością struktury wewnętrznej muru*”. Czy nie wystąpiły jakieś mimośrodki podczas badań?

Str. 114, 5 wiersz od góry. Doktorant pisze: „*wykazano, że redukcja wytrzymałości na ściskanie murów ceglanych na skutek ich silnego zawilgocenia (w stanie nasycenia wodą) może wynosić nawet 40%, natomiast redukcja nośności ścian może dochodzić do 50%*”. Oczywiście spadek nośności ścian o 50% jest to przypadek skrajny, co świetnie pokazano na rys. 9.1.

5. Wnioski końcowe

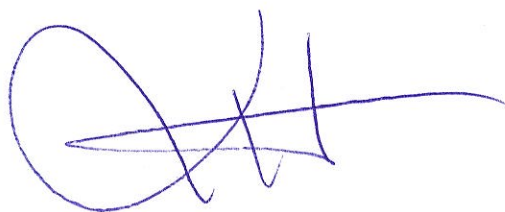
W recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Michał Witkowski rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, polegające na określeniu wpływu zawilgocenia na wytrzymałość elementów murowych zapraw i muru. Stwierdzam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, umiejętnościami planowania i prowadzenia badań laboratoryjnych oraz rozwiązywania problemów teoretycznych. Do rozwiązania postawionego problemu zastosował poprawne metody badawcze. Uzyskał oryginalne wyniki oraz wykazał, że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Widzi również kierunki dalszych badań. Świadczy to o Jego odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne Autorowi podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.



Oceniam, że rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdzam, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Michała Witkowskiego pt. „Wpływ zawilgocenia murów ceglanych na ich nośność i odkształcalność przy ściskaniu” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 r. "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki" (Dz. U. z 2003 r., Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) oraz w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668). W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec