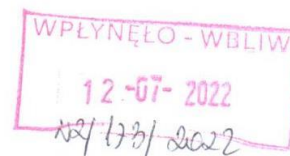


dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ
Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Budownictwa
ul. prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra
tel. 603 787 133
e-mail b.nowogonska@ib.uz.zgora.pl

Zielona Góra, 28.06.2022 r.



RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Szyszki
pt. „Mechanika muru historycznego obciążonego z płaszczyzny”

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została opracowana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Wojciecha Puły, zawartą w piśmie nr W2/612/2022 z dnia 04.05.2022 r. Podstawę formalną recenzji stanowi Uchwała nr 120/23/RDND06/2021-2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Wrocławskiej oraz Umowa nr 25/05/PRR/2022 z dnia 4 maja 2022 r.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Szyszki pt. „Mechanika muru historycznego obciążonego z płaszczyzny”. Pracę przygotowano na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jerzego Jasieńko, pełniącego funkcję promotora w przewodzie doktorskim.

3. Układ i treść rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska obejmuje 392 strony maszynopisu, łącznie z trzema załącznikami, ze spisem literatury, spisem treści, streszczeniem w języku polskim i angielskim. Rozprawa doktorska ma formę maszynopisu książki wydanej przez Politechnikę Wrocławską i w tym zakresie spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Rozprawa podzielona jest na 8 rozdziałów ujętych w dwie zasadnicze części: pierwsza pt. „Wprowadzenie” (rozdział 1 i 2) i część druga pt. „Prace badawcze własne” (rozdziały od 3 do 8), natomiast część trzecią stanowią załączniki.

Rozdział pierwszy zawiera wprowadzenie w tematykę rozprawy i zdefiniowanie przedmiotu badań z podkreśleniem wagi analizy pracy quasi-statycznej i dynamicznej murów historycznych obciążonych prostopadle do ich płaszczyzny. Autor sformułował cele pracy, wskazał narzędzia, przedstawił zakres prowadzonych badań oraz strukturę pracy.

Rozdział drugi zawiera opis metod obliczeniowych stosowanych w analizie nośności konstrukcji murowych obciążonych z płaszczyzny. Przedstawione jest podejście oparte na równowadze sił i momentów, podejście oparte na analizie przemieszczeń, opisane są zasady działania i wykorzystania zjawiska kołysania w konstrukcjach budowlanych oraz stosowane modelowanie numeryczne konstrukcji murowych. Rozdział zawiera przegląd norm i rozporządzeń technicznych stosowanych na świecie w zakresie szacowania nośności murów historycznych obciążonych z płaszczyzny. W rozdziale przedstawione są również przykłady badania murów z wykorzystaniem drukowanych bloczków gipsowych, a także opisane są stosowane metody wzmacniania historycznych murów wielowarstwowych.

Część druga pracy poświęcona jest prezentacji problemu badawczego, opisana jest metodyka, zakres, narzędzia oraz wyniki przeprowadzonych badań.

Po analizie studiów literaturowych Autor zaproponował oryginalną metodykę badań na modelach murów odzwierciedlających modele rzeczywiste w formie drukowanych w skali 1:10 bloczków gipsowych z zastosowaniem obciążeń murów z płaszczyzny poprzez równię pochyłą (badania quasi-statyczne) i stół wstrząsowy (badania dynamiczne). W celu uchwycenia pracy jakościowej, a także przeprowadzenia analiz ilościowych, próby były rejestrowane kamerą wysokich prędkości, a zapisy wideo przetwarzane z wykorzystaniem oprogramowania umożliwiającego śledzenie obiektów. Badane modele charakteryzowały się brakiem zaprawy, obecnością dwóch warstw, obecnością więzów oraz zmiennymi warunkami brzegowymi.

W **rozdziale trzecim** opisane są stanowiska i modele badawcze badań przeprowadzonych w laboratorium Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska (Department of Civil and Environmental Engineering) w Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA).

Rozdział zawiera także opis i wyniki badań wstępnych, mających na celu określenie minimalnej skali drukowanych bloczków 3D z proszku gipsowego oraz dostosowania współczynnika tarcia w badanych modelach.

W **rozdziale czwartym** przedstawiony jest opis i wyniki badań nieobciążonego modelu muru na równi pochyłej. Zbadanych zostało 57 modeli o zróżnicowanej charakterystyce. Na podstawie badań zidentyfikowano możliwe schematy zniszczenia oraz ich mnożniki zniszczenia w postaci tangensa kąta otrzymanego na równi pochyłej.

Rozdział piąty zawiera charakterystykę badań dynamicznych. Na stole wstrząsowym zbadanych zostało 9 różnych modeli, a w **rozdziale szóstym** teoretyczne zachowanie modeli przybliżano z wykorzystaniem równania ruchu bloku sztywnego podlegającego kołysaniu.

Rozdział siódmy zawiera analizę uzyskanych wyników badań dotyczących elementów kołyszących się o niewielkich rozmiarach w zakresie ich intensywności i wrażliwości na maksymalne przyspieszenie podłoża.

W **rozdziale ósmym** zawarte są wnioski analiz wyników przeprowadzonych badań.

Część trzecia zawiera trzy załączniki A, B i C z tabelarycznie zestawionymi wynikami badań.

Zamieszczony wykaz literatury zawiera 258 pozycji (w tym 1 pozycja współautorska doktoranta), spośród całości 250 pozycji jest w języku angielskim, co stanowi 97 % ogółu.

Struktura pracy jest logiczna. Układ, kolejność i zakres poszczególnych części rozprawy jest starannie dobrany i w wyczerpujący sposób przedstawia przedmiot i zakres badań, cel pracy, metodykę badań, wyniki i analizy przeprowadzonych badań oraz wnioski końcowe.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Ocena doboru tematu rozprawy

Problematyka rozprawy należy do zagadnień mechaniki konstrukcji budowlanych. Temat badania mechaniki murów obciążonych z płaszczyzny mieści się w przedmiocie badań w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport i jest ważny, ponieważ pozwala na poszukiwanie skutecznych metod wzmacniania konstrukcji murowych w obiektach zabytkowych. Podjęte badania posiadają zarówno walor naukowy jak i duże znaczenie praktyczne.

Rozważany problem badawczy jest oryginalny, stanowi analizę pracy mechanicznej quasi-statycznej oraz dynamicznej modeli murów obciążonych prostopadłe do ich płaszczyzny. Doktorant zajął się zagadnieniem, które nie zostało jeszcze w dostatecznym stopniu zbadane, proponuje autorskie podejście, w którym wskazuje odpowiednie narzędzie rozwiązania tego problemu.

Opis zachowania konstrukcji murów budynków zabytkowych poddanych ruchom gruntu wywołanym trzęsieniem ziemi i jednocześnie obciążonych w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni muru jest potrzebny do przewidywania uszkodzeń w obiektach zabytkowych. Poprawne szacowanie nośności murów historycznych, w szczególności w strefach sejsmicznych, jest niezbędne ze względu na dobór właściwych metod wzmacniania i konserwacji.

Oceniam podjęty w pracy doktorskiej temat jako zasadny do rozważań naukowych, a wyniki badań i analiz, uważam jako użyteczne w praktyce budowlanej.

4.2. Ocena celu, tezy rozprawy oraz metody rozwiązania postawionego problemu

Na podstawie przeglądu literatury, przeprowadzonych analiz i doświadczenia w praktyce inżynierskiej Doktorant sformułował cele rozprawy.

Głównym celem pracy była *„analiza pracy mechanicznej quasi-statycznej oraz dynamicznej murów historycznych obciążonych prostopadłe do ich płaszczyzny”*.

Doktorant sformułował także inne cele jakimi są:

- *„analiza i opis wpływu pracy mechanicznej quasi-statycznej oraz dynamicznej murów na zachowanie ilościowe i jakościowe murów”;*
- *„wskazanie wytycznych do szacowania nośności murów historycznych, rozpoznawania możliwych schematów zniszczenia oraz wprowadzenie mnożników bezpieczeństwa”;*
- *„konfrontacja szerokiej bazy wyników doświadczalnych z algorytmami normowymi”;*
- *„wyniki pracy mają za zadanie wspierać dobór właściwych metod wzmacniania i konserwacji, które są jednocześnie efektywne z punktu widzenia mechaniki i akceptowalne w kontekście doktryny konserwatorskiej”.*

Cele rozprawy zostały osiągnięte w wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych gipsowych modeli konstrukcji murowych oraz analiz pracy mechanicznej i dynamicznej tych modeli.

Realizacja celu wymagały od Autora przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą ze znajomości zagadnień teoretycznych dotyczących diagnostyki i mechaniki konstrukcji murowych, a także wiedzy praktycznej i umiejętności posługiwania się metodami badawczymi.

Doktorant sformułował **problem** – konieczność budowy narzędzia służącego do diagnostyki murów historycznych obciążonych prostopadłe do ich płaszczyzny i **samodzielnie go rozwiązał**. Zbudował autorski model umożliwiający analizę pracy mechanicznej quasi-statycznej oraz dynamicznej modeli murów obciążonych prostopadłe do ich płaszczyzny. Założony **cel rozprawy został osiągnięty**.

Zastosowana w recenzowanej rozprawie **metodyka badań** obejmowała następujące etapy:

1. identyfikację stosowanych metod i norm szacowania nośności murów historycznych obciążonych z płaszczyzny;
2. identyfikację zasad użycia drukowanych bloczków gipsowych w badaniach doświadczalnych konstrukcji murowych;
3. przygotowanie materiału badawczego bloczków gipsowych i modeli murów oraz przeprowadzenie badań wstępnych, mających na celu określenie minimalnej skali drukowanych bloczków oraz dostosowania współczynnika tarcia w badanych modelach;
4. przeprowadzenie badań quasi-statycznych dwuwymiarowych modeli murów jedno- oraz dwuwarstwowych; doktorant przeprowadził te badania na równi pochyłej przy wykorzystaniu kamery wysokiej prędkości oraz oprogramowania przetwarzającego zapis wideo, następnie przeprowadził analizę ilościową i jakościową otrzymanych wyników;
5. przeprowadzenie badań quasi-statycznych trójwymiarowych modeli murów jedno- oraz dwuwarstwowych; badania przeprowadzono na równi pochyłej przy wykorzystaniu kamery wysokiej prędkości oraz oprogramowania przetwarzającego zapis wideo;
6. przeprowadzenie badań dynamicznych dwuwymiarowych modeli murów jedno- oraz dwuwarstwowych; doktorant przeprowadził te badania na stole wstrząsowym przy wykorzystaniu kamery wysokiej prędkości oraz oprogramowania przetwarzającego zapis wideo, następnie przeprowadził analizę ilościową i jakościową otrzymanych wyników;
7. przeprowadzenie badań dynamicznych trójwymiarowych modeli murów jedno- oraz dwuwarstwowych; badania przeprowadzono na stole wstrząsowym przy wykorzystaniu kamery wysokiej prędkości oraz oprogramowania przetwarzającego zapis wideo;
8. przeprowadzenie analizy porównawczej uzyskanych wyników badań laboratoryjnych z wynikami wyznaczonymi zgodnie z zaleceniami normowymi szacowania nośności;
9. przeprowadzenie analizy wyników miar intensywności historii przyspieszenia podłoża i określenie krzywych wrażliwości zniszczenia układów wieloelementowych podlegających kotłowaniu.

Mgr inż. Marcin Szyszka przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego wykazując się umiejętnością samodzielnej pracy naukowej. Opracował metodykę badań i ją zrealizował, zbudował autorskie narzędzie umożliwiające badanie mechaniki murów historycznych obciążonych w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni muru płaszczyzny, następnie zaprezentował uzyskane wyniki.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, do istotnych osiągnięć naukowych Doktoranta zaliczam:

1. analizę wyników badań stwierdzających, że nadrzędną rolę w zakresie nośności murów obciążonych z płaszczyzny pełni ich integralność oraz smukłość, natomiast parametry wytrzymałościowe są drugorzędne;
2. probabilistyczną analizę wrażliwości wykazującą, że najefektywniejsze są krzywe wrażliwości oparte na miarach związanych z przyspieszeniem ruchu podłoża i smukłością próbek;
3. analizę wyników potwierdzającą, że zjawisko kołysania zachodzące w murach ma potencjał w zastosowaniach inżynierskich przy wykorzystaniu narzędzi probabilistycznych, natomiast analizy deterministyczne mogą prowadzić do błędnych wniosków.

5. Uwagi krytyczne

Przy ogólnej pozytywnej ocenie rozprawy nasuwają się pewne uwagi. Mają one charakter dyskusyjny, nie obniżają walorów naukowych, warsztatowych i poznawczych zawartych w treści pracy, jednakże wymagają ustosunkowania się do nich przez Autora rozprawy.

5.1. Uwagi dotyczące kwestii merytorycznych

Badania zostały przeprowadzone na modelach murów odzwierciedlających rzeczywiste historyczne konstrukcje murowe. Autor nie przedstawił w rozprawie analizy porównawczej pomiędzy właściwościami fizycznymi badanych drukowanych bloczków gipsowych a właściwościami fizycznymi rzeczywistych elementów murów obiektów zabytkowych. Bloczki gipsowe zostały poddane obróbce w celu ujednolicenia współczynnika tarcia. Warto rozważyć podjęcie badań porównawczych współczynnika tarcia dla badanych bloczków gipsowych i elementów z cegieł, a także porównać masę obu elementów murowych.

5.2. Uwagi dotyczące edycji pracy i poprawności językowej

Ponadto zauważyłam usterki redakcyjne (drukarskie i stylistyczne):

1. Str. 4, 17 w. od dołu – stwierdzenie „istnieje spora baza artykułów” to język potoczny;
2. Str. 56, w. 6 od dołu – sformułowanie „metody sprawdzania eksperymentalnego wytrzymałości na zginanie z płaszczyzny ścian murowanych” proponuję zastąpić „metody sprawdzania eksperymentalnego wytrzymałości na zginanie ścian murowanych obciążonych w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni muru”;
3. Str. 83, tab. 3.6 i 3.7, str. 85 tab. 3.10 – sformułowanie „obalenie próbek elementarnych” to język potoczny;
4. Str. 84, tab. 3.8 i 3.9 – sformułowanie „obalenie muru” to język potoczny;
5. Str. 299, w. 6 od dołu – we fragmencie zdania „analiza efektów obciążeń wykazały” – wkradła się drobna literówka.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy istotnych dla budownictwa zagadnień związanych z mechaniką konstrukcji murowych w obiektach zabytkowych. Obok wartości naukowych i poznawczych dysertacja ma duże znaczenie dla praktyki. Wskazane wyżej uwagi krytyczne należy traktować jako dyskusyjne i służące ewentualnemu uwzględnieniu w dalszych pracach badawczych i publikacjach Doktoranta.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Szyszki stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego i wnosi wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wykorzystania odpowiednich metod naukowych i technik badawczych.

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Pana **mgr inż. Marcina Szyszki** rozprawa doktorska pt. „Mechanika muru historycznego obciążonego z płaszczyzny” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Stawiam wniosek o przyjęcie pracy i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Marcina Szyszki do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.

