

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

Zielona Góra, 04.11.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Dariusza Sanewskiego pt. „ANALIZA NOŚNOŚCI I RYSOODPORNOŚCI MURU ZABYTKOWEGO PODDANEGO ZGINANIU W PŁASZCZYŹNIE”

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została opracowana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Piotra Folegi, prof. PŚ, zawarta w piśmie nr RDILGT.512.9.2024 z dnia 07.10.2024 r. Podstawę formalną recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 26. września 2024 r. oraz Umowa nr UMC/3680/2024 z dnia 02.20.2024 r.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Dariusza Sanewskiego pt. „Analiza nośności i rysoodporności muru zabytkowego poddanego zginaniu w płaszczyźnie”. Pracę przygotowano na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Łukasza Drobca, pełniącego funkcję promotora oraz dr inż. Adama Piekarczyka, pełniącego funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim.

3. Układ i treść rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska obejmuje 192 strony maszynopisu, łącznie za spisem treści, wykazem norm, stron internetowych, wykazem oznaczeń, wzorów, zdjęć, skanogramów, tabel, rysunków, kart danych technicznych, kart produktu i aprobat technicznych.

Rozprawa podzielona jest na 11 rozdziałów.

Rozdział pierwszy zawiera streszczenie pracy w języku polskim i angielskim, a także uzasadnienie podjęcia tematu z podkreśleniem wagi problemów związanych z inwestycjami budowlanymi realizowanymi w obiektach zabytkowych.

W rozdziale drugim Autor zdefiniował przedmiot badań, sformułował cele pracy, wskazał narzędzia, przedstawił zakres prowadzonych badań oraz strukturę pracy.

W rozdziale trzecim opisana jest historia rozwoju budownictwa murowego od starożytności do czasów współczesnych, przedstawione są czynniki wpływające na destrukcję murów ceglanych, mechanizmy powstawania rys i pęknięć w tych konstrukcjach, wyniki dotychczasowych badań w zakresie rysoodporności oraz metody wzmocnień murów prętami kompozytowymi i prętami ze stali nierdzewnej. Autor zwrócił uwagę na brak badań dotyczących metod wzmacniania ścian na podporach podatnych.

Rozdział czwarty zawiera szczegółowy opis badań materiałowych komponentów muru. Została wykonana analiza wapiennych zapraw historycznych oraz badania ich wytrzymałości na zginanie i ściskanie, a następnie wykonano badania laboratoryjne dla zaproponowanej przez Autora zaprawy naprawczej tiksotropowej zmodyfikowanej włóknami rozproszonymi. Przeprowadzono również badania wytrzymałości na ściskanie cegieł: (1) gotyckich, (2) renesansowych, (3) pochodzących z początku XX. wieku oraz (4) cegieł współczesnych. Kolejnym etapem były badania przydatności zaprawy tiksotropowej ze zbrojeniem rozproszonym do naprawy konstrukcji murowych metodą powierzchniową stosując siatkę PBO (poliparafenilen-benzobisoxazol) wg systemu FRCM (ang. Fibre Reinforced Cementitious Matrix) oraz metodą przypowierzchniową z zastosowaniem prętów kompozytowych GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer).

Rozdział piąty poświęcony jest prezentacji badań wytrzymałościowych dla zaproponowanych elementów badawczych, opisany jest zakres i wyniki przeprowadzonych badań. Zastosowane elementy badawcze, jakimi były ściany murowane o szerokości 2 cegieł, wysokości 9 warstw cegieł i grubości 1 cegły, zbadane zostały w trzech wariantach: modele niewzmocnione CS, modele wzmocnione jednostronnie CSF1 i modele wzmocnione dwustronnie CFS2 dla serii ścian wykonanych z cegieł współczesnych oraz ścian z rozbiórkowych cegieł historycznych z zastosowaniem dawnych metod murowania: (G) z cegieł neogotyckich, (R) renesansowych, (N) z lat 20-30 XX. w. Zbadany został wpływ wzmocnienia muru na wytrzymałość na ściskanie i zginanie oraz wpływ zbrojenia przypowierzchniowego na nośność muru zginanego w płaszczyźnie.

W rozdziale szóstym opisane są badania wytrzymałości muru na ścinanie. Przeprowadzone zostały badania na elementach badawczych, jakimi są ściany murowane z cegły ceramicznej pełnej dla trzech wariantów: CV/B – ściany niewzmocnione, CVF1/B – wzmocnione jednostronnie, CVF2/B – wzmocnione dwustronnie. Próbkę referencyjną CVF1/B i CVF2/B zostały wzmocnione siatką PBO wklejaną w licach na naprawczej zaprawie zmodyfikowanej włóknami rozproszonymi.

Rozdział siódmy zawiera opis badań wytrzymałości muru na ukośne rozciąganie przy ścisaniu. Elementy badawcze wykonane zostały z cegły pełnej współczesnej na zaprawie trasowo-wapiennej, a do powierzchniowego wzmocnienia elementów zastosowano zaproponowaną przez Autora naprawczą zaprawę zmodyfikowaną włóknami rozproszonymi. Badania zostały przeprowadzone w trzech wariantach: CV/B – ściany niewzmocnione, CVF1/B – wzmocnione jednostronnie, CVF2/B – wzmocnione dwustronnie.

W rozdziale ósmym zaprezentowane są badania wytrzymałości na ściskanie ścian podpartych podatnie. Celem tych badań było stwierdzenie wpływu wzmocnienia powierzchniowego i przypowierzchniowego na nośność oraz deformacje ściany z otworem okiennym opartej na

uginającej się konstrukcji. Wykonane zostały dwa identyczne elementy badawcze, które są odwzorowaniem fragmentu jednej ze ścian budynku wpisanego do rejestru zabytków. Elementy badawcze zostały poddane obciążeniom aż do chwili uszkodzenia, a następnie uszkodzone ściany zostały wzmocnione powierzchniowo siatką PBO (model 1) lub wzmocnione przypowierzchniowo prętami z włókna szklanego w poziomych bruzdach (model 2). Kolejnym etapem były badania wytrzymałościowe tych elementów wstępnie uszkodzonych i wzmocnionych, badania zależności ugięcia od obciążenia, badania kąta deformacji poprzecznej ścian. Przedstawione analizy świadczą o obszernej wiedzy praktycznej Doktoranta.

W rozdziale dziewiątym zawarte są wnioski analiz wyników przeprowadzonych badań, a w rozdziale dziesiątym kierunki dalszych badań.

Zamieszczony wykaz literatury zawiera 49 pozycji (w tym 3 pozycje autorskie i 1 pozycja współautorska doktoranta), spośród całości 8 pozycji jest w językach obcych, angielskim i niemieckim. Ponadto praca zawiera 8 kart danych technicznych, kart produktów i aprobat technicznych, wykaz 15 norm, spis 28 stron internetowych.

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

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Ocena doboru tematu rozprawy

Wybór przez Doktoranta problematyki związanej ze wzmacnianiem historycznych konstrukcji murowych, jako tematu rozważań naukowych, zasługuje na uznanie. Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne stosowane w renowacji obiektów zabytkowych powinny być zgodne zarówno z wymogami normowymi, jak i przede wszystkim z doktryną konserwatorską. Metody wzmacniania konstrukcji murowych stosowane w obiektach współczesnych często nie są akceptowane przez konserwatorów zabytków. Przy wzmacnianiu historycznych murów wymagany jest niski stopień ingerencji w substancję konstrukcyjną oraz odwracalność procesu aplikacji przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniego przyrostu nośności elementu wzmacnianego.

Temat badań wzmacniania zabytkowych konstrukcji ceglanych mieści się w przedmiocie badań w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport i jest ważny, ponieważ pozwala na poszukiwanie skutecznych metod ochrony dziedzictwa materialnego. Prace badawcze dotyczące renowacji budynków mają znaczenie społeczno-gospodarcze, dotyczą utrzymania substancji budowlanej na odpowiednim poziomie technicznym i jednocześnie pozwalają na zapewnienie jakości i standardu życia użytkowników tych budynków.

Doktorant zajął się zagadnieniem, które nie zostało jeszcze w dostatecznym stopniu zbadane, proponuje autorski program badań wzmacnianych konstrukcji murowych. Oceniam podjęty w pracy doktorskiej temat jako zasadny do rozważań naukowych, a wyniki badań

laboratoryjnych, jako narzędzi służących do oceny skuteczności wzmacniania zabytkowych murów ceglanych, uważam jako użyteczne w praktyce budowlanej i konserwatorskiej.

4.2. Ocena celu rozprawy oraz metody rozwiązania postawionego problemu

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

Celem pracy było „ustalenie wpływu wzmocnienia murów ceramicznych powierzchniowo siatką PBO i przypowierzchniowo prętami kompozytowymi GFRP \varnothing 6 mm na zaprawie modyfikowanej na nośność i odkształcalność”.

Autor określił również cel pośredni badań, jakim jest „ustalenie czy siatka PBO i pręty kompozytowe GFRP \varnothing 6 mm na przyjętej, gotowej zaprawie naprawczej spełniają kryterium wytrzymałości i rysoodporności w naprawie murów ceramicznych”.

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

Doktorant sformułował problem – konieczność ustalenia wpływu wzmocnienia murów ceramicznych powierzchniowo siatką PBO i przypowierzchniowo prętami kompozytowymi GFRP \varnothing 6 mm na zaprawie modyfikowanej na nośność i odkształcalność i samodzielnie go rozwiązał. Zbudował autorski program badawczy umożliwiający analizę metod wzmocnień konstrukcji murowych, zatem założony cel rozprawy został osiągnięty.

Mgr inż. Dariusz Sanewski przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego wykazując się umiejętnością samodzielnej pracy naukowej. Opracował metodykę badań i ją zrealizował, zbudował autorskie narzędzie umożliwiające wybór najbardziej korzystnych rozwiązań wzmocnień konstrukcji murowych, zaprezentował uzyskane wyniki.

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

1. przeprowadzenie szerokiego zakresu badań wytrzymałościowych stwierdzając, że wzmocnienie prętami kompozytowymi może być bardziej skuteczne w elementach ściskanych i ścinanych, a w przypadku zginanych nadproży lepsze wyniki uzyskuje się wzmocnieniem powierzchniowym, które ma większą wytrzymałość na rozciąganie;
2. przeprowadzenie badań i analizy ich wyników, stwierdzając sześciokrotnie większe naprężenia ściskające w elementach próbnym wzmocnionych jednostronnie (CSF1) w stosunku do elementów próbnym niewzmocnionych (CS) uzyskane w chwili zarysowania i 1,7-krotnie większe naprężenia w chwili zniszczenia tych elementów oraz pięciokrotnie większe naprężenia ściskające w elementach wzmocnionych dwustronnie (CSF2) w stosunku do elementów niewzmocnionych (CS) uzyskane

w chwili zarysowania i 1,3-krotnie większe naprężenia w chwili zniszczenia tych elementów;

3. przeprowadzenie badań i analizy ich wyników, stwierdzając ponad sześciokrotny wzrost wytrzymałości muru na ścinanie w elementach próbnym wzmacnionych jednostronnie (CVF1/B) względem elementów próbnym niewzmacnionych (CV/B) i osiemnastokrotny wzrost wytrzymałości muru na ścinanie w elementach próbnym wzmacnionych dwustronnie (CVF2/B) względem elementów próbnym niewzmacnionych (CV/B);
4. przeprowadzenie badań wytrzymałości muru na ukośne rozciąganie przy ściskaniu elementów próbnym z cegły współczesnej, wykazując większe o około 30% naprężenie w elementach próbnym wzmacnionych jednostronnie (CTF1) w chwili zarysowania, a w chwili zniszczenia o około 80% względem elementu próbnego niewzmacnionego (CTF) oraz większe o około 20% naprężenie w elementach próbnym wzmacnionych dwustronnie (CTF2) w chwili zarysowania, a w chwili zniszczenia o prawie 80% względem elementu próbnego niewzmacnionego (CTF).

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

1. W przeglądzie stanu wiedzy metoda wzmacniania konstrukcji murowych z zastosowaniem prętów niemetalicznych GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) jest szeroko opisana, natomiast zbyt mało uwagi poświęca się systemom wzmacnień powierzchniowych typu FRCM (ang. Fibre Reinforced Cementitious Matrix), w pracy zastosowano dwa typy wzmacnień konstrukcji murowych: prętami GFRP i siatką w systemie FRCM.
2. W punkcie 3.6 pracy pt. „Pręty kompozytowe w budownictwie” zamieszczono jeden podpunkt 3.6.1. „Cechy prętów z nierdzewnej stali spiralnej i prętów kompozytowych” i więcej podpunktów nie ma, nie było potrzeby wprowadzania podpunktu 3.6.1.
3. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego badania prowadzono w dwóch ośrodkach: Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie i Politechnice Śląskiej.
4. Badania materiałowe, przedstawione w rozdziale 4, zostały wykonane dla czterech rodzajów cegieł: renesansowej, neogotyckiej, pochodzących z początku XX wieku i współczesnej, natomiast badania przedstawione w dalszej części pracy dotyczące większych elementów badawczych, jakimi są ściany murowane z cegły ceramicznej pełnej, z uwagi na brak możliwości pozyskania dużej ilości materiału historycznego, wykonano tylko na cegle współczesnej. Czy wyniki badań murów z cegły współczesnej można odnieść bezpośrednio do murów historycznych?

5.2. Uwagi dotyczące edycji pracy i poprawności językowej

Ponadto zauważyłam usterki redakcyjne (drukarskie i stylistyczne):

1. str. 8. w. 4. od dołu - zamiast „rozdział piąty, szósty i siódmy poświęcono badaniom” powinno być „rozdziały [...] poświęcone są”;
2. str. 51. w. 7. od góry - zamiast „zmaksymalizowania” powinno być „zminimalizowania”;
3. str. 82. w. 7. od dołu - zamiast „zaprawa triasowo-wapienna” – powinno być „zaprawa trasowo-wapienna”;
4. str. 170 w. 7. od dołu - w zdaniu „należy sprawdzić wpływ inaczey rozmieszczonych otworów i ich większej liczby” brakuje określenia na co ma być wpływ.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy istotnych dla budownictwa aktualnych zagadnień związanych ze wzmacnianiem konstrukcji murowych. Obok wartości naukowych i poznawczych dysertacja ma duże znaczenie dla praktyki i przede wszystkim dla ochrony dziedzictwa materialnego. Przedstawione w pracy metody wzmocnień konstrukcji murowych są zasadne zarówno z punktu widzenia mechaniki muru, jak również doktryn konserwatorskich. Wskazane wyżej uwagi krytyczne należy traktować jako dyskusyjne i służące ewentualnemu uwzględnieniu w dalszych pracach badawczych i publikacjach Doktoranta.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Dariusza Sanewskiego stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego i wnosi wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria lądowa, geodezja 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. Dariusza Sanewskiego rozprawa doktorska pt. „Analiza nośności i rysoodporności muru zabytkowego poddanego zginaniu w płaszczyźnie” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz aktach normatywnych wykonawczych wydanych na jej podstawie.

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

dr hab. inż. Beata Nowożyńska, prof. UZ