Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
Tel. kom. +[redacted]
E-mail: krzysztof.schabowicz@pwr.edu.pl

Wrocław, 12.06.2023 r.

Recenzja spełnia wymagania formalne

Adresat Recenzji:

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

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Krzysztof Grzyb

pt.: *„The behavior of masonry stiffening walls based on the full-scale research"*

1. Podstawa formalna

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 27 kwietnia 2023 r.,

- Pismo Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej z dnia 12.05.2023 r., podpisane przez Przewodniczącego Rady Pana dra hab. inż. Marcina Staniek, prof. PŚ.

Wpłynęło dnia 12.06.2023 r.

2. Przedmiot i opis ogólny rozprawy

Przedmiot recenzji stanowi rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Grzyba pt.: *„The behavior of masonry stiffening walls based on the full-scale research"*, a jej promotorem jest dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ.

Rozprawa została przedłożona w formie zwartego dwustronnie zadrukowanego raportu i liczy 264 strony. Praca została napisana w języku angielskim, zawiera 54 tabele i 197 rysunków oraz 180 wzorów. Składa się ona z 9 rozdziałów, bibliografii stanowiącej łącznie 167 pozycji literaturowych i 21 normatywnych oraz załącznika w formie 16 rysunków. Treść rozprawy poprzedza wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń, a kończy streszczenie w języku polskim i angielskim oraz poszerzone streszczenie w języku polskim. Do pracy dołączona jest płyta CD.

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 ocena zachowania się ścian usztywniających wykonanych z elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) zarówno w fazie sprężystej jak i nieliniowej.

Praca motywowana była między innymi następującymi czynnikami:

- brakiem spójnych procedur i niejasnych sformułowań normowych projektowania ścian usztywniających przy tendencji rynkowej do optymalizacji konstrukcji poprzez zmniejszania przekroju poprzecznego ścian,
- nieznaną rzeczywistą wielkością redystrybucji sił wewnętrznych w murowanych ścianach usztywniających,
- brakiem spójnych metod określania sztywności ścian usztywniających i rozdziału obciążeń poziomych na poszczególne ściany,
- nieznanym wpływem perforacji ścian na sztywność konstrukcji.

Z kolei celami pracy są:

- określenie rzeczywistej redystrybucji sił wewnętrznych,

- analiza propagacji zarysowań i morfologii rys,
- propozycja metody wyznaczania położenia środka skręcania budynku,
- określenie faz pracy murowanych ścian usztywniających w zakresie sprężystym i post-sprężystym.

W pracy sformułowano aż sześć tez, a mianowicie:

1. Sztywność poszczególnych części konstrukcji determinuje wielkość redystrybucji sił wewnętrznych w budynku murowanym.
2. Sprężysty zakres pracy konstrukcji murowej jest niewielki i stanowi ok. 30% nośności.
3. Ściany usztywniające poddane ścinaniu ulegają znacznej degradacji swojej sztywności.
4. Położenie środka skręcania budynku wynika z rozkładu sztywności poszczególnych elementów konstrukcyjnych (ścian).
5. Budynek, w którym występuje niesymetryczny rozdział sztywności elementów usztywniających, na skutek działania obciążenia poziomego, ulega przesunięciu (translacji) oraz skręceniu (obrotowi).
6. Dobór metody homogenizacji konstrukcji murowej wpływa na dokładność numerycznego odwzorowania pracy konstrukcji.

3.2. Charakterystyka i ocena poszczególnych rozdziałów rozprawy

Rozdział pierwszy *Introduction* zawiera wprowadzenie w tematykę pracy. Zamieszczono w nim opis aktualnej sytuacji gospodarczej i rynkowej dotyczącej branży budowlanej, wprowadzając w problematykę badawczą poprzez wskazanie koncepcji zrównoważonego rozwoju w budownictwie. Zauważono, że we współczesnym projektowaniu pomijane są zagadnienia ścian usztywniających.

W rozdziale drugim *Motivation and assumption of the dissertation* sformułowano zasadniczy cel pracy, tezy i zakres oraz wyznaczono zadania szczegółowe, które pozwoliły na realizację postawionego celu.

Rozdział trzeci *Evaluation of the state of knowledge* obejmuje analizę stanu wiedzy w ujęciu przepisów normowych oraz publikacji naukowych w literaturze krajowej i zagranicznej. W rozdziale przedstawiono wybrane wyniki badań konstrukcji murowych, procedury obliczeniowe i metody homogenizacji muru, stosowane w obliczeniach numerycznych.

W rozdziale czwartym *Experimental research* przedstawiono założenia autorskiego programu badań doświadczalnych obejmujących badania laboratoryjne pełnoskalowych modeli budynków murowanych. W Rozdziale przedstawiono opis stanowiska badawczego, jak również opis wykorzystywanych metod pomiarowych.

Rozdział piąty *Behavior of the masonry stiffening walls* zawiera główne wyniki badań i opis faz zachowania się ścian usztywniających, zarówno w zakresie sprężystym, jak również nieliniowym. Z kolei w rozdziale szóstym *Crack morphology* przedstawiono wyniki analizy morfologii rys i pęknięć ścian z wykorzystaniem cyfrowego systemu korelacji obrazu - DIC.

Rozdział siódmy *Numerical analysis* obejmuje obliczenia numeryczne. W ramach pracy zaproponowano autorską procedurę homogenizacji muru, opierającą się na wynikach badań normowych. Podejście to zapewnia powtarzalność i dzięki temu może być weryfikowane przez innych badaczy. Ponadto wykonano analizy numeryczne z wykorzystaniem sprężysto-plastycznego modelu materiałowego z degradacją do odzwierciedlenia zachowania się ścian usztywniających.

W rozdziale ósmym *Discusions* przedstawiono dyskusję wyników przeprowadzonych badań w zakresie wyznaczania sztywności ścian w fazie sprężystej i post-sprężystej z uwzględnieniem ich zarysowania, położenie środka skręcania budynku oraz uproszczonej inżynierskiej metody analizy numerycznej ścian.

Z kolei w rozdziale dziewiątym *Conclusions* zebrano wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz.

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.

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. I tak:

4.1. Tytuł rozprawy zawiera wszystko to, co jest w rozprawie.

4.2. Praca napisana jest dobrym językiem z uwzględnieniem zasad stylistycznych, gramatycznych oraz interpunkcyjnych.

4.3. Zaprezentowany w pracy program badawczy stwarza wrażenie jakby był elementem większej całości. Stąd powstają pytania:

a) Czy analizowano obciążenia tak jak dla budynków wielokondygnacyjnych?

b) Czy analizowano różne grubości ścian?

c) Czy analizowano obciążenia dla stropów o rozpiętości 6000 mm?

d) Czy uwzględniano parametry gruntowe w obliczeniach?

4.4. W jaki sposób dobierano wartość obciążenia pionowego na stropie modelu badawczego? Jaki wpływ na wyniki badań miałoby zwiększenie obciążenia pionowego, a jaki jego zmniejszenie?

4.5. Dlaczego w modelu numerycznym posłużono się modelem homogenicznym muru – bez wymodelowania spoin pomiędzy elementami murowymi? Jaki ma to wpływ na wyniki obliczeń? Czy nieuwzględnienie płaszczyzn kontaktowych pomiędzy elementami murowymi nie prowadzi do niewiarygodnych rezultatów obliczeń?

4.6. Czy porównano wyniki prac badawczych z innymi pracami, w szczególności Prof. Tammama Bakeera z Dresden University of Technology, Faculty of Architecture (Niemcy), który to zajmował się tematyką globalnego zachowania konstrukcji murowych poddanych obciążeniu wiatrem i jej interakcji między elementami konstrukcyjnymi. Zaproponowane modele badawcze są podobne. Proszę o wskazanie różnic między tymi modelami.

4.7. W badaniach wykorzystano technikę DIC. Jak szacowano niedokładności pomiarowe przy wykorzystaniu tej techniki?

4.8. W jakim zakresie wyniki prac badawczych mogą być wykorzystane w praktyce inżynierskiej?

5. Wnioski

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Grzyba pt.: *„The behavior of masonry stiffening walls based on the full-scale research"*, której promotorem jest dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ stanowi rozwiązanie oryginalnego zadania naukowego dotyczącego oceny zachowania się ścian usztywniających wykonanych z elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) zarówno w fazie sprężystej jak i nieliniowej.

Uważam, że przedstawiony w rozprawie cel został osiągnięty, sformułowane zadanie naukowe rozwiązane, a tezy udowodnione.

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 nauczenia 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 murowanych usztywnień budynków. Na uwagę zasługuje fakt przeprowadzenia badań pełnoskalowych jednokondygnacyjnych budynków murowanych z elementów murowanych z autoklawizowanego betonu komórkowego o różnej geometrii otworów w ścianach. Analizy te pozwoliły na określenie faz pracy ścian usztywniających z określeniem zakresu pracy sprężystej i nieliniowej. Wykonano szczegółowe obserwacje propagacji uszkodzeń oraz morfologii rys z wykorzystaniem technologii cyfrowej korelacji obrazu. Wykazano zmianę geometrii filarków międzyotworowych i jej wpływ na sztywność konstrukcji. Zaproponowano dwie metody szacowania sztywności ścian usztywniających – metodę całkowitej sztywności oraz metodę empiryczną. Przedstawiono ponadto propozycję obliczania środka skręcania budynku na podstawie pomiaru przemieszczeń naroży budynku. Na podstawie porównania wyników teoretycznych i wyników badań określono wartości sił wewnętrznych. Ponadto opracowano autorską procedurę numerycznej homogenizacji konstrukcji murowej w oparciu o badania normowe i kalibrację parametrów mechanicznych. Zaproponowano inżynierskie podejście do analizy murowanych ścian usztywniających w oparciu o sprężyste modele numeryczne o skorygowanej sztywności ścian. Wyznaczono również dalsze kierunku prac badawczych i teoretycznych dotyczących tematyki rozprawy.

Biorąc pod uwagę powyższe wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej.

6. Sentencja Recenzji

Moim zdaniem recenzowana rozprawa mgr inż. Krzysztofa Grzyba pt.: *„The behavior of masonry stiffening walls based on the full-scale research"* **spełnia wymogi stawiane w Ustawie** z dnia 20 lipca

2018 r. "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.) (z późniejszymi zmianami) – **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 2026 r. poz. 1764) Marzena Gaura