

Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

Bydgoszcz, 5 września 2023 r.

**Recenzent:**

dr hab. inż. Dariusz Bajno prof. PBS  
Wydział Budownictwa, Architektury  
i Inżynierii Środowiska  
Politechniki Bydgoskiej  
Al. Prof. S. Kaliskiego 7  
85-796 Bydgoszcz  
tel.+48 52 340 85 00, kom.+48 502 187 898  
e-mail: [dariusz.bajno@pbs.edu.pl](mailto:dariusz.bajno@pbs.edu.pl)

**Adresat recenzji:**

Wydział Budownictwa  
Politechniki Śląskiej  
ul. Akademicka 5  
44-100 Gliwice

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

mgr inż. Tomasza Gąsiorowskiego

pt.

„Nośność i odkształcalność skrępowanych żelbetem ścian z ABK ścinanych monotonicznie”.

**1. Podstawa formalna**

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 29 czerwca 2023 r. na podstawie przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 2003 r.
- Umowa o dzieło nr UMC/2276/2023 z dnia 5 lipca 2023 r.

**2. Podstawa prawna**

Przewód doktorski prowadzony jest zgodnie z:

- Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003, nr 65, poz. 595, z późn. zm.),
- Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U.2016.poz.1586).

**3. Przedmiot i opis ogólny rozprawy**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gąsiorowskiego

pt.

„Nośność i odkształcalność skrępowanych żelbetem ścian z ABK ścinanych monotonicznie”.  
Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Radosław Jasiński prof. PŚ.

Rozprawa została złożona w postaci zwanego, jednostronnie zadrukowanego skryptu łącznie 399 stron. Składa się z 7 rozdziałów merytorycznych zawierających 128 rysunków i 41 tabel, streszczenia w języku polskim, oraz z 2 załączników zawierających 279 rysunków i 7 tabel. W

POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,  
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 18.09.2023

nr 192 zał. —

Wpłynęło dnia 7.09.2023 r.

bibliografii przywołano 119 pozycji literaturowych (27 w języku polskim i 92 w języku angielskim, w tym 3, gdzie Doktorant jest współautorem) i 56 pozycji będących normami i wytycznymi. Układ pracy jest logiczny i czytelny, charakterystyczny zarówno dla prac naukowych jak i badawczych.

#### **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

##### **4.1 Przedmiot, cel i tezy rozprawy**

Przedmiotem rozprawy są ścinane monotonicznie ściany, wykonane z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABC) i skrępowane żelbetem a dokładniej badanie ich nośności oraz odkształcalności.

Doktorant postawił sobie następujący, ogólny cel: ocena wpływu skrępowania na nośność i odkształcalność ścian murowych, poddanych poziomemu ścinaniu w oparciu o przeprowadzone analizy studialne, własne badania doświadczalne, obliczenia numeryczno - analityczne.

Praca swym zakresem obejmuje:

- analizę aktualnego stanu wiedzy w zakresie badań doświadczalnych oraz opracowań teoretycznych, dotyczących ścinania ścian zbrojonych, wypełniających i skrępowanych, na podstawie, której Doktorant sformułował tezy oraz opracował program badań doświadczalnych,
- badania doświadczalne skrępowanych ścian ścinanych poziomo obciążonych monotonicznie, na podstawie których postanowił On porównać skutki, jakie wywołało zastosowane skrępowanie na podstawowe parametry mechaniczne muru,
- badania materiałowe murów i komponentów składowych: zapraw, elementów murowych z ABK, betonu elementów krepujących i stali oraz stali zbrojeniowej, stanowiących podstawę budowy numerycznego modelu skrępowanego,
- obliczenia numeryczne z wykorzystaniem MES służące analizie zmian stanu odkształcenia i naprężenia w murze oraz morfologii zarysowań.

Doktorant sformułował tu następujące tezy:

##### **Teza 1**

Stosowanie skrępowania korzystnie wpływa zarówno na rysoodporność, nośność jak i odkształcalność ścian murowanych, poddanych poziomemu ścinaniu.

##### **Teza 2**

Czynnikami determinującymi stan naprężeń i odkształceń są wstępne naprężenia ściskające.

##### **Teza 3**

Skrępowanie powoduje zmiany morfologii zarysowań oraz mechanizmu zniszczenia w porównaniu z poziomo ścinanymi ścianami nieskrępowanymi.

##### **Teza 4**

Analiza numeryczna pozwala na dość dobre odwzorowanie zachowania się muru skrępowanego i wyjaśnienie wpływu skrępowania na stan naprężeń i odkształceń oraz morfologię zarysowań ściany poddawanej poziomemu ścinaniu.

W mojej opinii, cel/cele pracy zostały poprawnie określone a postawione tezy są właściwe w odniesieniu do dalszej treści rozprawy.

Tezy nie zamykają tu zadania badawczego, lecz otwierają dopiero pewien konkretny kierunek dalszych poszukiwań i sprawdzeń polegający również na badaniach innych materiałów podlegających skrępowaniu.

## 4.2 Charakterystyka i ocena rozdziałów rozprawy

Układ rozprawy jest logiczny i czytelny. Pierwsze strony zawierają obszerny wykaz podstawowych oznaczeń znacznie poprawiający przyswajalność pracy podczas czytania.

### Rozdział 1 – „Wstęp”

Jest on ogólnym wprowadzeniem do treści rozprawy, niemniej jednak zasadniczo ujmuje opisywane i rozważane w dalszej części problemy dotyczące niewystarczającej nośności konstrukcji murowych niezbrojonych i zbrojonych poddawanych oddziaływaniom wyjątkowym, na terenach sejsmicznych, para sejsmicznych oraz na terenach szkód górniczych. Szczególne dotyczy to murów zawierających otwory.

### Rozdział 2 – „Cele, tezy i zakres pracy”

Został omówiony w podrozdziale 4.1.

### Rozdział 3 – „Analiza aktualnego stanu wiedzy”

Zawiera analizę aktualnego stanu wiedzy z zakresu dotychczas przeprowadzonych badań w kraju jak i na świecie, a w szczególności dotyczących badań ścian zbrojonych, wypełniających oraz skrępowanych i skrępowanych z otworami. Zawiera również odniesienie się Doktoranta do dostępnych przepisów, wytycznych oraz polskich norm poprzedzających wprowadzenie Eurokodu 6-1 a także do samego Eurokodu 6-1 i innych obowiązujących w Europie norm oraz poza nią w przedmiocie zagadnienia. Jest to jeden z dwóch najobszerniejszych rozdziałów dysertacji.

W podsumowaniu rozdziału Doktorant stwierdza:

Mechanizm zniszczenia oraz odkształcalność muru skrępowanego poddanego poziomemu ścinaniu w głównej mierze zależy od wartości wstępnych naprężeń ściskających, a także kształtu ściany położenia i zbrojenia elementów krępujących, warunków jej podparcia i obciążenia. Badanie murów skrępowanych przeprowadzone przez innych autorów wskazuje na to, że skrępowanie ma korzystny wpływ na wartość naprężeń rysujących i niszczących, a także na odkształcalność postaciową muru przed i po zarysowaniu. Korzyści wynikające ze stosowania skrępowania są znacznie większe niż w przypadku zastosowania zbrojenia.

Zastosowane skrępowanie powoduje zmiany postaci zniszczenia muru ścinanego, przy czym obserwuje się podobieństwa do zniszczenia muru stanowiącego wypełnienie szkieletu. Niezbędnym więc było przeprowadzenie badań eksperymentalnych ścian skrępowanych poddanych poziomemu doraźnemu ścinaniu, których dotychczas nie wykonywano w kraju a liczba badań zagranicznych w tym zakresie jest znikomo mała.

Teoretyczne modele zniszczenia ściany skrępowanej Doktorant opracował przez analogię do modelu ściany wypełniającej szkielet i bazującej na nośności ukośnego krzyżulca lub modelu tarczowego podobnie jak w ścianach zbrojonych pionowo.

Elementy krępujące umieszczone wzdłuż pionowych krawędzi otworów okiennych powinny skutecznie ograniczyć efekt koncentracji naprężeń w rozciąganych w strefach otworów powodując wzrost rysoodporności i jednocześnie sztywności muru.

Teoretyczny model zniszczenia ścian skrępowanych założono poprzez przyjęcie schematu ściany wspornikowej, dla której dopuszczono swobodę obrotu jednej z poziomych jej krawędzi, ograniczając tym samym zakres stosowania do ścian kondygnacji nieobciążonych stropami.

Normowe zależności służące do określania nośności muru skrępowanego stanowią superpozycję nośności muru niezbrojonego oraz nośności na ścinanie elementów krępujących, a nawet pomijają udział elementów krępujących. Normy narzucają sprawdzenie nośności na zginanie w płaszczyźnie z uwzględnieniem obecności pionowego zbrojenia rdzeni.

Możliwość stosowania kryteriów autorskich i empirycznych - teoretycznych opisujących nośność muru skrępowanego wymagała określenia wielu parametrów mechanicznych i współczynników empirycznych, co w znacznym stopniu uniemożliwia praktyczne zastosowanie.

Obecny stan wiedzy nie zapewnia dokładnego odwzorowania zachowania się ścian skrępowanych, a w szczególności ścian z otworami i nie pozwala na precyzyjne określenie rysoodporności, nośności i odkształcalności murowych ścian skrępowanych.

#### **Rozdział 4 – „Badania własne ścian skrępowanych”**

Rozdział ten zawiera obszerne wyniki zasadniczych badań przeprowadzonych na 18-tu modelach ścian skrępowanych pełnych i z otworami, poddanych poziomemu ścinaniu.

##### **Modele badawcze ścian obejmowały:**

Pierwszy model (referencyjny) był pełną konstrukcją ścienną z dwoma pionowymi skrajnymi rdzeniami żelbetowymi zwieńczonymi górnym i dolnym rygłem żelbetowym. Zbrojenie podłużne rdzeni składało się z czterech prętów  $\varnothing 10\text{mm}$  (stal B500SP) umieszczonych w narożach przekroju o sumarycznym stopniu zbrojenia  $\rho = 1,29\% > \rho_{\min} = 0,8\%$  poprzecznego i (min. szerokość przekroju), składającego się z prętów  $\varnothing 8\text{ mm}$  (stal B500SP) w rozstawie co 125/250 mm. Otulina wkładek zbrojeniowych betonem wynosiła  $c_{\text{nom}} = 25\text{mm}$ . Dolny rygiel wykonany został w wersji prefabrykowanej o przekroju poprzecznym  $b \times h = 250 \times 160\text{mm}$  i pełnił również funkcję podwaliny utrzymującej konstrukcję modelu badawczego ściany skrępowanej. Zastosowano w nim zbrojenie w postaci 3 wkładek zbrojeniowych o  $\varnothing 16\text{ mm}$  przy każdej krawędzi, połączonych strzemionami o średnicy  $\varnothing 10\text{ mm}$  w rozstawie co 150 mm. Rygiel górny wykonano w wersji monolitycznej, o wymiarach przekroju  $180 \times 180\text{ mm}$  ze zbrojeniem podłużnym w każdym jego narożu składającym się z czterech wkładek o średnicy  $\varnothing 10\text{ mm}$  uciągniętych w narożach, ze stali B500SP o stopniu zbrojenia wynoszącym  $\rho = 1,29\% > \rho_{\min} = 0,8\%$ . W przekroju poprzecznym zastosowano strzemiona  $\varnothing 8\text{ mm}$ , wykonane ze stali jak wyżej i rozmieszczone w rozstawie co 105 mm (na odcinkach zakładów prętów podłużnych) oraz 250 mm na środkowym odcinku rygla. Krępujące elementy żelbetowe wykonano z betonu o wytrzymałości na ściskanie równej  $f_{c,\text{cube}} = 25,1\text{ N/mm}^2$ . Otulenie betonem strzemion wynosiło  $c_{\text{nom}} = 25\text{mm}$ .

W pozostałych modelach badawczych wykonano centralnie ulokowany, prostokątny otwór o wymiarach  $b \times l = 0,972 \times 1,55\text{ m}$ , o polu powierzchni  $= 1,5\text{ m}^2$ . Ściany skrępowano obwodowo, identycznie jak to miało miejsce w modelu pełnym. Przekrój oraz zbrojenie pionowych rdzeni i rygli były tożsame z modelem referencyjnym, podobnie jak beton oraz stal zbrojeniowa. Otwór okienny przesklepiono górą w prefabrykowanym żelbetowym nadprożem wykonanym w szalunku traconym, w tym przypadku w kształtkach betonu komórkowego.

W kolejnych modelach badawczych wykonano centralnie usytuowany otwór o geometrii takiej samej jak w modelu opisanym wyżej, dodatkowo go krępując wzdłuż pionowych krawędzi. Krępujące elementy żelbetowe wykonano z takich samych materiałów jak w 2 poprzednich modelach.

Badania wszystkich modeli każdej serii przebiegało dwuetapowo i zostało przeprowadzone na stanowisku badawczym w Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej.

W ramach pierwszego etapu obciążono model wstępnymi naprężeniami ściskającymi  $\sigma_c$  z wykorzystaniem pionowego układu ciągnowego, a następnie w drugim już etapie, do każdego modelu przykładano poziomą siłę  $H$  wytworzoną przez siłownik w 3 cyklach. Pierwsze 2 cykle zrealizowały około 5% (10 kN) zakładanego obciążenia niszczonego  $H_u$ . W trzecim cyklu niszczącym, ściany obciążano skokowo, co 10 kN w dwuminutowych odstępach czasowych rejestrując automatycznie wskazania z siłomierzy i indukcyjnych czujników przemieszczeń. Badanie i pomiar kąta odkształcenia postaciowego prowadzono wykorzystując do tego celu układ ramkowy o wymiarach baz  $2 \times 1558$  mm (szerokość) i w wysokości 1761 mm.

W rozdziale tym zamieszczono również wyniki badań materiałowych używanych do wykonania modeli badawczych murów tj. zapraw, elementów murowych ABK oraz stali zbrojeniowej.

Bardzo cennym elementem tego fragmentu pracy jest podsumowanie zbiorcze, graficzne porównanie wyników badań zamieszczone na rysunkach 4.34 oraz 4.35, gdzie zestawiono uzyskane wartości analizowanych parametrów wszystkich zbadanych serii elementów i porównano je ze sobą.

### **Doktorant sformułował następujące wnioski:**

Dla ścian bez otworu serii **HOS-C-AAC** minimalnie ściskanych rysy przebiegały ukośnie przez spoiny sporne i czołowe. Wystąpiły one również w miejscach styku muru i żelbetowych elementów krępujących. Wzrost wartości wstępnych naprężeń ściskających spowodował to, że w murze dominowały rysy pionowe. W rozciąganych narożach oraz połowie wysokości żelbetowych elementów krępujących zaobserwowano zarysowania.

Skrepowanie w modelach bez otworów serii **HOS-C-AAC** wpłynęło w sposób istotny na wartości naprężeń rysujących. Jedynie w elemencie maksymalnie ściskanym stwierdzono 6% wzrost naprężeń w stosunku do analogicznie badanego modelu bez skrepowania. W chwili zniszczenia 6% i 7% wzrost naprężeń  $\tau_u$  wystąpił w modelach minimalnie i maksymalnie ściskanych.

Dla ścian z otworem serii **HAS-C1-AAC** (bez skrepowanych pionowo otworów) zaobserwowano, że stan zarysowania pojawił się w rozciąganych narożach otworów a następnie w dolnych narożach filarek okiennych. W chwili zniszczenia stwierdzono ukośne zarysowanie filarów oraz naroży ścian i elementów skrepowania w obrębie przerw roboczych. W ścianach tych, odkształcenia w chwili zarysowania w modelu minimalnie ściskanym były o 17% większe niż modelu niezbrojonym, podobną tendencję stwierdzono przy największych wartościach naprężeń ścinających (wzrost ponad 820%). W modelach maksymalnie ściskanie kąty odkształcenia postaciowego były mniejsze niż w analogicznie badanych modelach nieskrepowanych.

W ścianach z otworem serii **HAS-C2-AAC** (ze skrepowanymi pionowo otworami) stwierdzono, że morfologia zarysowań istotnie się różniła, ponieważ pierwsze zarysowania powstawały w dolnych narożach filarek okiennych (brak rys w rozciąganych narożach otworów okiennych), natomiast wzrost obciążeń powodował powstawanie rys na styku ze skrepowaniem i w pasmach podokiennych. W modelach tych ze skrepowaniem w okolicy otworów uzyskano podobną tendencję to jest w momencie zarysowania tylko w modelu minimalnie ściskanym otrzymano wzrost odkształceń postaciowych o 12% a przy największych naprężeniach wzrost odkształceń postaciowych zwiększył się o 388%. Również przy największych wstępnych naprężeniach ściskających odkształcenia były mniejsze niż w analogicznych modelach bez skrepowania.

W podsumowaniu ogólnym Doktorant stwierdził, że w odniesieniu do zapisów normy Eurokod 6, która zaleca stosowanie obwodowego skrepowania przy wszystkich otworach o polu powierzchni przekraczającym  $1,5 \text{ m}^2$ , w stosunku do analogicznie badanych modeli bez takiego skrepowania badania wykazały, że wprowadzenie żelbetowych elementów krępujących wzdłuż

pionowych krawędzi otworów skutecznie zredukowało powstawanie wczesnych zarysowań w rozciąganych narożach otworów, co zaskutkowało wyraźnym wzrostem sztywności ścian.

### **Rozdział 5 – „Numeryczna analiza ścian skrzepowanych”**

Rozdział ten zawiera analizę wyników badań własnych z wykorzystaniem numerycznego modelu MES. Przedstawiono tu wyniki obliczeń numerycznych modeli ścian skrzepowanych, których celem była obserwacja morfologii zarysowań i predykcja wybranych parametrów mechanicznych. Numeryczne modele obliczeniowe zbudowano w systemie ATENA, który jest dedykowany do przeprowadzania analiz konstrukcji betonowych żelbetowych oraz murowych. W celu zamodelowania muru użyto sprężysto - plastycznego modelu materiału z powierzchnią plastyczności Menetrey-Willama (M-W), natomiast do przeprowadzenia analizy „zachowania się” konstrukcji skrzepowanych będących przedmiotem dysertacji Doktorant zbudował numeryczne modele całych ścian wraz z elementami konstrukcyjnymi stanowiska. Oddzielnie zamodelował każdy element murowy, konstrukcję skrzepowania, a w ścianach z otworami także nadproża. Obliczenia przeprowadził identycznie do przebiegu badań na modelach rzeczywistych. Sekwencyjne przykładanie obciążenia odwzorowano wprowadzając 3 fazy obciążenia.

#### **Rozdział ten zakończono następującymi wnioskami:**

W ścianach bez otworów, bez względu na wartości wstępnych obciążeń ściskających inicjacja rys występowała na przedłużeniu spoin czołowych natomiast w strefach narożnych modelu tworzyły się zarysowania związane ze zniszczeniem materiału elementów murowych wskutek ściskania, podobnie jak to miało miejsce w modelach rzeczywistych.

W ścianach z otworami wykazano, że inicjacja zarysowań występowała w narożach otworów w zasadzie tylko w ścianach minimalnie ściskanych. W ścianach maksymalnie ściskanych rysy tworzyły się filarkach. W chwili zniszczenia, bez względu na wartość wstępnych naprężeń ściskających, największe rysy powstawały w środkowej części filarków. Uszkodzeniu ulegały żelbetowe elementy krępujące w obrębie naroży oraz przerw roboczych. Zbrojenie elementów krępujących zminimalizowało dystrybucję zarysowań w rejonie rozciąganych naroży otworów okiennych w modelach ze skrzepowaniem typu C 2 (bez rdzeni przy otworach). W tych miejscach oraz w obszarach filarów wystąpiły największe naprężenia w zbrojeniu, co nie wpłynęło istotnie na obrazy zarysowań ścian z otworami.

Porównanie obrazów zarysowań modeli numerycznych oraz elementów badawczych przedstawiono na Rys. 5.16, 5.19, 5.22 natomiast stan względnych wartości naprężeń w prętach zbrojeniowych elementów krępujących pokazano na Rys. 5.18, 5.21, 5.24.

W żadnym przypadku ścian bez otworów oraz z otworami naprężenia w zbrojeniu nie osiągnęły umownej granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie.

### **Rozdział 6 – „Bilinearny model muru skrzepowanego”**

W rozdziale tym przeprowadzono analizę ścian skrzepowanych z wykorzystaniem bilinearnego modelu analitycznego.

W ścianach z otworami inicjacja zarysowań rozpoczynała się w rozciąganych narożnikach otworów okiennych, a następnie w filarkach przyotworowych. Istotna różnica wystąpiła w ścianach skrzepowanych, w których pionowe rdzenie biegnęły wzdłuż pionowych krawędzi otworów. W tym przypadku pierwsze rysy nie powstały w rozciąganych narożach otworów, lecz tylko w narożach filarków. W momencie zniszczenia wyraźnie większy wzrost odkształceń postaciowych spowodował znacznie większe zarysowanie muru oraz krępujących elementów żelbetowych.

Zależność obciążenie – przemieszczenie w badanych modelach ścian skrzepowanych charakteryzowała się silną nieliniowością, która mogła przysparzać trudności interpretacyjne i

praktyczne aplikacje. Z tego powodu, do opisu zachowania się murów skrępowanych bez otworów jak i z otworami Doktorant posłużył się bilinearną (dwuliniową) zależnością obciążenie–przemieszczenie. W proponowanym modelu gałąź sprężysta łączyła początek układu współrzędnych z punktem odpowiadającym przemieszczeniom plastycznym  $u_y$  i maksymalnej sile  $P_{max}$ . Prosta przechodziła przez punkt o współrzędnych  $(u_{cr}; P_{cr})$  odpowiadający zarysowaniu.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazywały na to, że w ścianach bez otworów dyssypowana energia rosła ze wzrostem wstępnych naprężeń ściskających praktycznie proporcjonalnie z przemieszczeniami  $u_y$  i  $u_{max}$ . W stosunku do referencyjnych modeli nieskrępowanych uzyskane wartości dyssypowanej energii były średnio o 200% większe, a wartości współczynników ciągliwości były największe w modelach maksymalnie ściskanych, średnio 109%. W ścianach skrępowanych z otworami wykazano istotne obniżenie dyssypowanej energii w odniesieniu do modeli bez otworów. Średnie maksymalne siły  $P_{max}$  uzyskane w ścianach skrępowanych w odniesieniu do modeli nieskrępowanych nie wzrosły. W przypadku ścian nieskrępowanych z obwodowym skrępowaniem oraz otworem, energia malała wraz ze wzrostem wstępnych naprężeń ściskających a współczynnik ciągliwości zmalał od 9,4 do 5,1. W stosunku do modeli nieskrępowanych średnia energia wzrosła o 68%, przy czym największy wzrost odnotowano w modelach minimalnie ściskanych. W tym przypadku uzyskano wzrost wartości maksymalnej siły  $P_{max}$  średnio o 23%.

Wprowadzenie skrępowania wzdłuż pionowych krawędzi otworu okiennego w ścianach z otworem nie wywołało istotnego wzrostu dyssypowanej energii podobnie jak współczynnika ciągliwości, który zmieniał się w granicach od 5,5 do 6,4. Wpływ skrępowania uwidocznił się w odniesieniu do murów nieskrępowanych. Wzrost średniej dyssypowanej energii wyniósł 126% bez istotnej zmiany współczynnika ciągliwości. Postępując analogicznie jak w poprzednich modelach określono iloraz maksymalnych sił  $P_{max}$  uzyskanych modelu skrępowany MI nieskrępowanym otrzymując wzrost rzędu 77% (od 1,65 do 1,89). W tym przypadku wykazano, że zalecenia normy PN-EN-1996-1-1 o konieczności skrępowania otworów o polu powierzchni nie mniejszym niż 1,5 m<sup>2</sup>, było jak najbardziej zasadne i korzystne.

## Rozdział 7 – „Podsumowanie i wnioski”

Rozdział ten zawiera podsumowanie i wnioski skonstruowane na bazie przeprowadzonych badań studialnych, doświadczalnych oraz obliczeń numeryczno - analitycznych. W ramach przeprowadzonych badań zbadano 18 modeli ścian o długości ok. 4,0 m i wysokości ok. 2,5 m oraz grubości 0,18 m, w tym 6 modeli skrępowanych bez otworów, 6 modeli ze skrępowaniem typu C1 (bez pionowego krępowania otworu) oraz 6 modeli ze skrępowaniem typu C2 (z otworem pionowo skrępowanym). Modele badano przy trzech różnych wartościach wstępnych naprężeń ściskających 0,1, 0,75 i 1,0 N/mm<sup>2</sup>.

### Doktorant zaproponował tu również kierunki dalszych prac badawczych, a mianowicie:

- wykonanie badań dla ścian z otworem okiennym, ze skrępowaniem zlokalizowanym wzdłuż dolnej jego krawędzi,
- przeprowadzenie badań ścinania ścian skrępowanych z uwzględnieniem współpracy ze ścianami prostopadłymi w modelach jednokondygnacyjnych budynków ,
- uzupełnienie badań o inne klasy zaprawy i rodzaje elementów murowych,
- finalizację tarczowego i prezentowego (ST) modelu ściany skrępowanej bez otworów i z otworami
- uwzględnienie czynników o charakterze losowym, mający wpływ na zachowywanie się muru takich jak: właściwości zastosowanych materiałów, jakość wykonania muru itp.

## Rozdział 8 – „Bibliografia”

W bibliografii przywołano 119 pozycji literaturowych, w tym 27 krajowych w języku polskim (w trzech pozycjach Doktorant jest współautorem) i 92 w języku angielskim oraz 56 pozycji będących normami i wytycznymi.

### Załączniki

Rozprawę zamykają dwa obszerne załączniki.

**Załącznik nr 1** zawiera wyniki badań materiałowych i towarzyszących, czyli tych, z których wykonano modele badawcze. Badaniami objęto elementy murowe, zaprawy, beton nadproży oraz beton konstrukcji krępujących.

**Załącznik nr 2** zawiera wyniki badań ścian pełnych oraz z centralnie wykonanym otworem, zewnątrznie skrupowanych a także ścian z centralnie zlokalizowanym otworem skrupowanym wzdłuż jego krawędzi.

Załączniki zawierają wyniki badań, których wyniki wykorzystano w zasadniczej części pracy i które posłużyły do przeprowadzenia analiz i sformułowania wniosków końcowych.

### 5. Uwagi krytyczne

Na wstępie chciałbym podkreślić, że przedstawione w niniejszym punkcie uwagi krytyczne nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy i jednocześnie jej pozytywnej oceny. Część uwag zamieszczono już w punkcie 4 recenzji. Należy je traktować jako formę dyskusji i badaczy i praktyków, którzy podejściem naukowo – badawczym dążą do ulepszenia pewnych już ustabilizowanych i jednocześnie nie zawsze skutecznych w oczekiwanych efektach metod stosowanych w projektowaniu oraz diagnozowaniu konstrukcji skrupowanych. Mam nadzieję, że uwagi te znajdą zrozumienie Doktoranta i ukierunkują jego przyszłe działania badawczo naukowe w celu jego wdrożenia w praktyce budowlanej.

#### Inne uwagi krytyczne i pytania jakie nasunęły się podczas recenzowania pracy:

- 5.1 Praca została napisana poprawnym językiem pod względem stylistycznym i gramatycznym. Recenzent nie wskazuje tu na pewne niedociągnięcia edycyjne, w tym interpunkcyjne i literowe, które są praktycznie niezauważalne i nie mają merytorycznego wpływu na jej jakość i zrozumienie.
- 5.2 Tytuł rozprawy jest poprawny i odpowiada celom w niej postawionym.
- 5.3 Czytelność rysunków nie jest zadowalająca, dotyczy to m.in. Rys. 4.14 gdzie zarysowania na modelu ściany są praktycznie niewidoczne.
- 5.4 Wykresy przedstawione na Rys.3.53, 3.55, 3.56, 3.63, 4.24, 6.2, mogłyby być znacznie czytelniejsze, gdyby zwiększono ich skalę i wykonano kolorach (brak koloru nie dot. Rys. 4.24 i 6.2).
- 5.5 Doktorant posługuje się naprzemiennie pojęciem rysy i pęknięcia, a nie są one jednoznaczne – proszę o wyjaśnienie.
- 5.6 Czy różnica w czasie, pomiędzy skrupowaniem pionowym - rdzeniowym a późniejszym wykonaniem rygła może mieć znaczenie praktyczne w warunkach naturalnego środowiska budowy a następnie eksploatacji (czy taki przypadek był również brany pod uwagę)?



- 5.7 Czy w ocenie Doktoranta można odpowiednim prognozowaniem przerw roboczych wpływać korzystnie na wielkość odkształceń skurczowych w wypełnieniu murowym i późniejszych odkształceń ścian skrzepowanych?
- 5.8 Czym był podyktowany dobór wielkości obciążeń pionowych (wstępnych naprężeń ściskających)?
- 5.9 Czy był analizowany wpływ długości oparcia nadproży na wielkość oraz zakres zarysowań lub spękań elementu skrzepowanego?
- 5.10 Jakiej wielkości elementy murowe były wypełnieniem modeli badawczych?
- 5.11 Czy do przewiązania elementów murowych, w tym przypadku ABK wystarczający będzie minimalny zakład normowy, czy wymaga on indywidualnego doboru?
- 5.12 Czy różny zakład elementów ABK w modelu C (Rys.4.1) i w modelach C1 i C2 (Rys.4.2 i 4.3) był celowo dobrany czy też wynikał z łatwości murowania i docinania tych elementów i czy taka sytuacja była w ogóle analizowana?
- 5.13 W ramach badań analizowany był przypadek pojedynczej ściany skrzepowanej, czy podobnie mogłyby zachowywać się konstrukcje ścian, które byłyby krotnością przyjętych modeli lub też ściany skrzepowane, wzajemnie do siebie prostopadłe (narożne)?
- 5.14 Czy pionowe spoiny pomiędzy bloczkami ABK były w rzeczywistych modelach ścian wypełnione i czy ich brak miałby istotny wpływ na stan naprężeń, zarysowań i odkształceń konstrukcji skrzepowanych bez otworów i z otworami?
- 5.15 Na stronie 131 pracy zapisano: „w modelach skrzepowanych serii HOS-C-AAc .... Połączenie żelbetowych rygli wykonano w postaci strzępi zazębiających się o minimalnym zakładzie wynoszącym 50 mm. Czy takie strzępia występowały w którymś z modeli, a jeżeli tak to jaki miały wpływ na stan odkształceń?
- 5.16 Na stronie 79 tablicy 3.9 w kolumnie „typ konstrukcji” w wierszach 3 i 7 prawdopodobnie omyłkowo wprowadzono numer II zamiast III.

## 6. Wnioski

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gąsiorowskiego pt. „Nośność i odkształcalność skrzepowanych żelbetem ścian z ABK ścinanych monotonicznie”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Radosław Jasiński prof. PŚ. stanowi oryginalne rozwiązanie zadania naukowego dotyczącego wpływu krępacji elementów murowych na nośność konstrukcji, stan jej odkształceń oraz zarysowań poddawanej obciążeniom wyjątkowym. Imponujący jest tu również przegląd literatury światowej i jej analiza.

W mojej opinii cel przyjęty w rozprawie został osiągnięty natomiast tezy zbudowane przez Doktoranta zostały potwierdzone.

Rozprawa zawiera nowatorskie podejście do zagadnień krępacji murów, chociaż dotyczy to na razie jedynie modeli wykonanych z elementów murowych ABK (grupa 1 wg Eurokodu 6) to wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport i tak jak to już podkreślono wielokrotnie w recenzji jest wartościowa pod względem naukowym i jednocześnie praktycznym, można ją uznać za zaawansowany już etap do pełnego rozwiązania problemu naukowego, w tym badań kolejnych modeli „wypełnionych” innymi rodzajem elementów murowych. Na podstawie przeglądu literatury krajowej i światowej, który jest tu bardzo obszerny a wręcz imponujący a także zapisów norm pozwalam sobie na stwierdzenie, że podjęta tematyka ścian skrzepowanych nadal jest podejściem pionierskim natomiast analizowany problem jest

kontynuacją prowadzonych wcześniej badań przeprowadzonych przez prof. Radosława Jasińskiego na Politechnice Śląskiej.

## 7. Sentencja recenzji

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Gąsiorowskiego pt. „Nośność i odkształcalność skrupowanych żelbetem ścian z ABK ścinanych monotonicznie” **spełnia wymogi** stawiane w Ustawie z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003, nr 65, poz.595, z późn. zm.) oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora, **stąd wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Kończąc recenzję, składam na ręce Doktoranta i Promotora gratulacje za trafny wybór tak ważnego z punktu widzenia naukowego i praktycznego oraz trudnego tematu, którego sfinalizowanie będzie miało bardzo wysoką wartość aplikacyjną. Na podkreślenie zasługuje oryginalność podjętej w dysertacji tematyki zawierającej niezbędne składniki metody badawczej, narzędzi badawczych oraz weryfikacji numerycznej. Doktorant wykazał się bardzo dobrymi kompetencjami merytorycznymi i dojrzałością badawczą opracowując metody badań o wysokim stopniu szczegółowości.

Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie tej pracy za cenne podejście naukowo badawcze do problemów związanych z oceną konstrukcji skrupowanych i powiązanie go z aspektami wdrożeniowymi na zasadach wyróżniania prac doktorskich obronionych na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej.

*z poważaniem*  
*Dariusz Fojus*