

Wpłynęło
do Biura Wydziału WILiS
dn: 16.02.2026
l.dz. 114 podpis Lubruszko

Recenzent:

dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK
Katedra Konstrukcji Żelbetowych i Sprężonych L-01
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Krakowska
e-mail: wit.derkowski@pk.edu.pl

Kraków, 30 stycznia 2026 r.



RPW/5434/2026 P
Data: 2026-02-11

Adresat Recenzji:

prof. dr hab. inż. Ewa Wojciechowska
Dziekan Wydziału
Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
al. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Burdzińskiego, pt.:

„Doświadczalno-numeryczna analiza wpływu skrepowania pręta zbrojeniowego w betonie na zachowanie przyczepności w teście pull-out”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo prof. dr hab. inż. Ewy Wojciechowskiej, Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, z dnia 24 listopada 2025 roku, przesłane wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej, raportem antyplagiatowym, Regulaminem wyróżniania prac doktorskich Politechniki Gdańskiej oraz umową o dzieło na wykonanie recenzji.

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. 2018 poz. 1668) wraz z późniejszymi zmianami.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Marcina Burdzińskiego pt.: *„Doświadczalno-numeryczna analiza wpływu skrepowania pręta zbrojeniowego w betonie na zachowanie przyczepności w teście pull-out”*. Praca została napisana pod kierunkiem dr. hab. inż. Macieja Niedostatkiwicza, prof. PG, pełniącego funkcję promotora.

Opiniowana rozprawa, sporządzona w języku polskim, została wydana w jednym, obszernym tomie, liczącym 248 stron. Obejmuje ona 6 stron zawierających spis treści oraz wykaz użytych skrótów i symboli, 216 stron zasadniczej części pracy, 5 stron ze spisami rysunków i tabel, a także 19 stron zawierających wykaz 254 pozycji literaturowych oraz 23 norm.

Szeroko rozumianą tematyką dysertacji jest analiza zjawiska przyczepności betonu do stalowego, zbrojanego pręta zbrojeniowego, określanej doświadczalnie w badaniu metodą *pull-out* (POT).

Wsech

Szczególną uwagę poświęcono wpływowi skrępowania pręta przez otaczający go beton na wartość tej przyczepności.

W dobie pojawiania się na rynku coraz większej liczby nowych mieszanek betonowych, często opartych na alternatywnych, niskoemisyjnych spoiwach lub kruszywach z recyklingu, a także nowych gatunków stali zbrojeniowej o zmodyfikowanym kształcie uźebrowania, co istotnie wpływa na mechanizmy przyczepności, każdorazowo niezbędne jest potwierdzenie skuteczności kotwienia prętów w betonie. Szczegółowe rozpoznanie zarówno doświadczalnych, jak i numerycznych metod oceny przyczepności ma więc istotne znaczenie i stanowi ono nie tylko interesujący problem naukowy, lecz również realną potrzebę rynku budowlanego. Warto też podkreślić, że analiza lokalnych zjawisk przyczepności ma bezpośrednie przełożenie na globalną nośność oraz użytkowność konstrukcji żelbetowych, łącząc badania o charakterze podstawowym z ich istotnymi konsekwencjami projektowymi. A zatem, tematyka doktoratu bardzo dobrze wpisuje się w aktualne trendy w budownictwie, trafnie identyfikując obszary nadal niedostatecznie rozpoznane naukowo.

Zagadnienie przyczepności betonu do zbrojenia w elementach żelbetowych od wielu lat stanowi przedmiot licznych badań i analiz, których wyniki zostały szeroko opisane w literaturze oraz znalazły odzwierciedlenie w różnorodnych wytycznych obliczeniowych. Doktorant podejmuje jednak próbę szczegółowego opisu tego zjawiska w skali pojedynczego żebra pręta zbrojeniowego, proponując zasady modelowania numerycznego z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Zaproponowane podejście umożliwia wiarygodne odwzorowanie rzeczywistych warunków pracy obetonowanego pręta zbrojeniowego.

Można stwierdzić, że recenzowana rozprawa ma charakter przede wszystkim doświadczalno-obliczeniowy. Podstawą wnioskowania są starannie zaplanowane i przeprowadzone badania eksperymentalne autora, uzupełnione analizami parametrycznymi wykonanymi na bazie zwalidowanego modelu numerycznego. Uzyskane wyniki podkreślają praktyczny wymiar dysertacji, mimo że sama praca ma charakter badań podstawowych. Dysertacja mgr inż. Marcina Burdzińskiego dobrze uzupełnia zatem lukę pomiędzy praktyką normową a rzeczywistą mechaniką zjawiska.

3. Krótka charakterystyka treści rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska składa się z siedmiu rozdziałów silnie zróżnicowanych pod względem objętościowym.

Rozdział 1, liczący 4 strony, zawiera bardzo krótkie wprowadzenie do problemu badawczego, po czym prezentuje cele pracy oraz cztery tezy badawcze, a także jej strukturę. W ostatnim podpunkcie tego rozdziału Doktorant w sposób jednoznaczny określa zakres wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji, co należy ocenić jako dobrą praktykę akademicką, sprzyjającą przejrzystości i rzetelności prac o charakterze naukowym.

Rozdział 2 na 44 stronach zawiera szczegółowy opis zjawiska przyczepności betonu do stali zbrojeniowej, przygotowany na podstawie szerokich studiów literaturowych. Przedstawia on zarówno samą definicję przyczepności, jak i omawia jakie czynniki mają wpływ na jej wielkość, mechanizmy utraty przyczepności obserwowane dla prętów gładkich oraz żebrowanych oraz różne modele obliczeniowe opisujące interakcję beton – zbrojenie w elemencie żelbetowym. Ta część pracy została opracowana bardzo sumiennie i z pewnością stanowi dużą wartość tej dysertacji.

W rozdziale 3, liczącym 10 stron, przedstawiono badań własnych przeprowadzonych przez Doktoranta. Początkowo przedstawiona *Motywacja* jest raczej przedstawieniem pomysłu bardzo szerokiego programu badawczego, dla którego opiniowany doktorat stanowi jedynie wstęp. W dalszej części przedstawiono jednak zakres zrealizowanych badaniach laboratoryjnych oraz analiz numerycznych.

Rozdział 4, największy, bo liczący aż 84 strony, zawiera opis zasadniczych dla niniejszej pracy doświadczalnych badań przyczepności, zrealizowanych metodą POT na 117 próbkach. Analizowanymi parametrami w tych badaniach były: położenie pręta w próbce, jego średnica oraz długość obetonowania. Doświadczenia te zostały poprzedzone badaniami materiałowymi w szerokim zakresie. Rozdział ten zawiera nie tylko same wyniki eksperymentów, ale również ich analizę zakończoną szczegółowymi wnioskami.

Rozdział 5 na 67 stronach przedstawia przeprowadzone analizy numeryczne wykonane przy użyciu programu ABAQUS. Zawiera on opis zastosowanych modeli materiałowych oraz zasady modelowania zjawiska przyczepności, po czym - podobnie jak w rozdział czwarty – podaje wyniki, analizy i wnioski.

Zakończenie pracy doktorskiej stanowią Rozdział 6 (2 strony) z końcowymi wnioskami odnoszącymi się do tez przedstawionych na początku pracy oraz Rozdział 7 (5 strony) przedstawiający kierunki potrzebnych dalszych badań w analizowanym obszarze.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Po dogłębnym zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr inż. Marcina Burdzińskiego stwierdzam, że przyjęty układ i sposób prezentacji treści jest logiczny i typowy dla prac o charakterze doświadczalno-obliczeniowym.

Strona edytorska rozprawy znajduje się na bardzo wysokim poziomie, choć nie uniknięto pewnych niedociągnięć, np. będących najprawdopodobniej efektem stosowania narzędzi sztucznej inteligencji do korekt językowych poszczególnych fragmentów tekstu, w wyniku czego niektóre akapity pojawiają się dwa razy pod rząd (patrz np. początek p. 2.2.3.2 na str. 35, akapity pod koniec str. 188, lub – co najbardziej rażące – drugi i trzeci wniosek końcowy pracy na str. 218).

Zakres i dobór pozycji literaturowych, odpowiednich dla podjętego tematu, uważam za właściwy i w pełni wystarczający.

Przyjęty tytuł dysertacji uważam za poprawny, dobrze odzwierciedlający jej zakres. Pozwolę sobie jednak na zwrócenie uwagi, która znikomo tylko wpływa na generalnie pozytywną opinię o tytule. Dotyczy ona możliwego doprecyzowania: w obecnych czasach do zbrojenia betonu używa się coraz częściej niemetalicznego zbrojenia FRP, w którym ewentualne uźebrowanie kształtowane jest w całkiem inny sposób, a przez to praca żeber ma trochę inny charakter – dlatego w tytule lepiej byłoby dodać słowo „stalowego”. Tak więc, tytuł mógłby brzmieć: „Doświadczalno-numeryczna analiza wpływu skrępowania stalowego pręta zbrojeniowego w betonie na zachowanie przyczepności w teście pull-out”.

Główną osią recenzowanej dysertacji są, sprecyzowane w rozdziale pierwszym — jak przypuszczam, na podstawie dogłębnych studiów literaturowych — cztery cele oraz cztery tezy naukowe. Zatem ich treść oraz sposób sformułowania powinny stanowić przedmiot analizy recenzenta. Ponieważ poszczególne cele można łatwo przyporządkować do kolejnych tez, ich analizę będę prowadził łącznie, dla każdej z tych par.

Pierwszy cel pracy, mówiący o konieczności doświadczalnej weryfikacji wrażliwości badania na błędy jego realizacji, świadczy o bardzo dużej dojrzałości naukowej Doktoranta, mającego pełną świadomość wpływu nie zawsze w pełni kontrolowanych niedokładności wykonania próbek lub technicznych aspektów prowadzonych doświadczeń na rzetelność badania naukowego. Jednakże teza, cyt.: „*Eliminacja potencjalnych błędów związanych z budową próbek i stanowiska badawczego oraz sposobu prowadzenia badania wpływa na poprawność wykonania i wiarygodność wyników testu pull-out*”, została sformułowana niepoprawnie — po dokonaniu pewnych skrótów można ją przedstawić jako: „*Eliminacja potencjalnych błędów związanych z realizacją badania wpływa na poprawność i wiarygodność tego badania*” — przez co staje się ona oczywista. Doktorant jednak w swojej pracy wykazał, że dojrzałe i odpowiedzialne podejście do realizacji badań doświadczalnych, rozumianych jako jedna z metod naukowych, powinno być prowadzone ze świadomością zakresu wpływu danego czynnika na wynik badania. Przykładowo wykazał on, że niekontrolowane zwiększenie zakotwienia pręta czy brak wypoziomowania próbki przed rozpoczęciem badania POT mają zasadniczy wpływ na wynik badania, podczas gdy wpływ metody pomiaru poślizgu może być uznany za pomijalny.

Drugi cel oraz druga teza dotyczą wykazania, że przy analizie wyników badania POT istotne jest uwzględnienie sprzężonego efektu różnych czynników jednocześnie wpływających na „zachowanie przyczepności”, a nie traktowanie każdego z nich osobno. W opisie celu przywołane zostały te czynniki, a mianowicie: grubość otulenia, średnica pręta oraz długość jego zakotwienia w betonie. Dla lepszego zrozumienia tej części wskazane byłoby zdefiniowanie już na samym początku pracy, jak Doktorant rozumie określenie „zachowanie przyczepności”, które zostało również użyte w tytule, jednakże sama teza jest istotna z naukowego punktu widzenia.

Cele trzeci i czwarty, związane z tworzeniem modeli numerycznych wiarygodnie odwzorowujących zachowanie próbki w badaniu POT, mogłyby zostać połączone w jeden cel o dużym znaczeniu dla dysertacji. Jednakże rozbieżność na oddzielną dla modelu z prętem gładkim oraz oddzielną dla modelu z prętem żebrowanym uważam za zasadne. W przypadku tezy trzeciej, cyt.: „*Kalibracja modelu numerycznego z prętem gładkim w celu najwierniejszego odwzorowania zachowania przyczepności w teście pull-out determinuje poprawne odzwierciedlenie przeprowadzonych eksperymentów w zakresie współpracy pręta i betonu*”, podobnie jak w przypadku tezy pierwszej, jej treść wydaje się nie najlepiej sformułowana, a jednocześnie zbyt oczywista.

Biorąc pod uwagę powyższe, wydaje się, że w przypadku recenzowanej pracy w pełni wystarczające byłoby dobre zdefiniowanie problemu naukowego oraz szczegółowych celów pracy, bez konieczności formułowania tez. Rezygnacja z ich wyszczególnienia na początku doktoratu nie powinna być traktowana jako umniejszająca rangę dysertacji, a mogłaby wręcz wyeliminować niepotrzebnie powstające wątpliwości.

Niezależnie od wspomnianych uwag i wątpliwości, jednoznacznie stwierdzam, że podjęta w pracy tematyka jest ważna i ma istotne znaczenie praktyczne dla dalszych badań nad przyczepnością betonu do zbrojenia. Jednocześnie stanowi ona bardzo interesujący problem naukowy, który wciąż wymaga dalszych badań i analiz umożliwiających stworzenie miarodajnych modeli obliczeniowych — dlatego właśnie wybór tego tematu oraz zakresu jego realizacji zasługuje na wysoką ocenę.

Poza wcześniej wymienionymi argumentami, na korzystną ocenę przedmiotowej rozprawy doktorskiej wpływają przede wszystkim następujące argumenty:

- **prawidłowo zrealizowane, dogłębne studia literaturowe analizy zjawiska przyczepności zbrojenia do betonu oraz metod badawczych stosowanych w tym zakresie, niejednokrotnie prezentujące przeciwstawne wnioski lub sądy poszczególnych badaczy.**
- **bardzo dobre rozpoznanie przez Doktoranta problemu z zakresu badań podstawowych w konstrukcjach żelbetowych, który wymaga dalszych analiz naukowych, a jednocześnie potrzebnego do rozwiązywania praktycznych problemów określania długości zakotwienia prętów zbrojeniowych w betonie;**
- **profesjonalnie opracowany program badań własnych w zakresie badań laboratoryjnych oraz analiz numerycznych, umożliwiający realizację postawionych celów pracy;**
- **niezwykle odpowiedzialne i sumienne przeprowadzenie badań eksperymentalnych na ponad 100 próbkach o zróżnicowanych typach;**
- **duża biegłość Doktoranta w modelowaniu zjawiska przyczepności zbrojenia do betonu, z użyciem metody elementów skończonych, w programie ABAQUS, w tym z uwzględnieniem rzeczywistej geometrii pręta zbrojeniowego;**
- **zaplanowanie i prawidłowe zrealizowanie szerokich analiz parametrycznych, pozwalających na określenie wpływu danych czynników na wielkość naprężenia przyczepności;**
- **perfekcyjne przygotowanie pracy pod względem edytorskim, szczególnie w zakresie prezentacji wyników własnych badań i analiz.**

Podczas studiowania rozprawy nasunął się również szereg innych uwag, wątpliwości lub pytań, które powinny zostać wyjaśnione. Uwagi te podzieliłem na następujące cztery grupy:

I. Uwagi ogólne

- W pracy znajduje się stosunkowo dużo powtórzeń już wcześniej podawanych informacji, czasami nawet całych akapitów (przykładowo: por. p. 2.2.2.1 i p. 2.3.1, duża część p. 3.1, p. 4.2.1, ostatni akapit na str. 82, itd.).
- Przyporządkowanie treści do poszczególnych rozdziałów czasem może wydawać się dyskusyjne. Przykładowo, duża część p. 3.2.1 oraz p. 4.2.1, dotyczących zakresu badań własnych, poświęcona została opisowi badań wcześniej zrealizowanych na świecie (strony 60-62 oraz 81-82). Naturalnym byłoby umieszczenie tych opisów raczej w rozdziale drugim, prezentującym wyniki studiów literaturowych. Innym przykładem może być umiejscowienie dwóch niewielkich akapitów z analiz numerycznych w środku analizy wyników badań eksperymentalnych (p. 4.4.2.3, str. 132-133), zamiast w rozdziale piątym, w całości poświęconym analizom numerycznym.
- Problem naukowy rozpatrywany w doktoracie w dużym stopniu sprowadza się do badania skrępowania pręta zbrojeniowego otaczającym betonem, którego miarą jest odległość położenia pręta od krawędzi przekroju próbki. Dlatego w programie badań przewidziano badanie próbek z centrycznym położeniem pręta oraz próbek z dwoma różnymi mimośrodami, jednakże w każdym z mimośrodowych przypadków analizowano jedynie mimośród w jednej płaszczyźnie (położenie przykrawędziowe). Szkoda, że doktorant nie podjął się próby określenia w jaki sposób na pracę pręta w próbce wpływa mimośród położenia w obu płaszczyznach, czyli typowe dla żelbetu

położenie pręta narożnego. ModelCode 2020, dostrzegając ten problem, wskazuje na „Badanie końca belki” (eng: End-beam test) jako na najbardziej miarodajne w celu określenia długości zakotwienia pręta, wykonywane na pręcie narożnym w belce. Mając na uwadze już i tak bardzo duży zakres eksperymentów zrealizowanych przez Doktoranta uważam, że kolejne badania mogłyby zostać pominięte, ale odpowiednie analizy można było jedynie przeprowadzić w modelach numerycznych, wcześniej skalibrowanych i zwalidowanych wynikami badań doświadczalnych.

- Analizy wyników poszczególnych serii badań zawierają stosunkowo dużo opisów słownych, powielających informacje podane w tabelach wyników, często sprowadzające się do podania informacji, które wartości są mniejsze lub większe od innych (np. patrz str. 118-119). Pożądana byłaby próba naukowego, jakościowego wyjaśnienia zaobserwowanych zjawisk, a nie głównie ilościowego.

II. Uwagi dotyczące badań doświadczalnych i analizy ich wyników

- Jak wspomniałem wcześniej, bardzo wysoko cenię zaplanowanie i wykonanie przez Doktoranta serii wstępnej badań w celu analizy wrażliwości wyniku badania na ewentualne błędy jego realizacji. W serii tej doktorant zbadał tylko trzy potencjalne źródła błędów i to ograniczenie jest zrozumiałe z punktu widzenia praktycznych możliwości realizacji badań. Pojawia się jedynie pytanie, dlaczego akurat te, a nie inne źródła błędów zostały wybrane. Szczególnie ważne jest ono w kontekście później uzyskanych wyników eksperymentu, gdzie np. rozrzut właściwości betonu w próbkach w znaczący sposób mógł wpłynąć na ich pracę.
- Na str. 79 wspomniano, że badania zrealizowane w ITB wykazały, że napis *EPSTAL* na pręcie zbrojeniowym „nie wpływa negatywnie na pracę zakotwienia pręta w betonie pod obciążeniem obliczeniowym”. Informacja ta ma duże znaczenie dla projektowania konstrukcji betonowych zbrojonych prętami ze stali B500SP EPSTAL, natomiast jest ona nie bardzo przydatna w zakresie prowadzenia badań naukowych w zakresie zachowania przyczepności tych prętów, szczególnie kiedy rozważana jest skala żebra pręta. W pracy nie znalazłem informacji, czy w prowadzonych badaniach eksperymentalnych odcinki obetonowania pręta zawsze znajdowały się w obszarach normalnego użebrowania, czy też w niektórych próbkach obetonowanie występowało w obszarze napisu *EPSTAL*, co mogłoby mieć wpływ na wynik badania.
- Efektem badań wstępnych była modyfikacja stanowiska badawczego w postaci zastosowania dodatkowej dwuwarstwowej, odkształcalnej podkładki w celu zapewnienia równomiernego oparcia próbki. Pojawia się zatem pytanie, czy w przypadku badania próbek z mimośrodowym położeniem pręta (szczególnie próbek typu M20) podkładka ta nie powodowała obrotu próbki podczas obciążenia, który – przy sztywnym zamocowaniu końca pręta w szczękach maszyny wytrzymałościowej – mógł wpływać na wcześniejsze zniszczenie próbki typu „mieszanego”.
- Na str. 89 podano, że w analizie wyników eksperymentów „poślizg w szczękach maszyny pominięto jako nieistotny”. Czy to stwierdzenie można uzasadnić na drodze eksperymentalnej lub obliczeniowej? Pytanie to jest o tyle istotne, że do wyznaczenia sztywności początkowej używa się poślizgu o wartości równej 0,1 mm. Aby poślizg w szczękach uznać za nieistotny dla wyniku obliczeń sztywności początkowej, musiałby on być około dwa rzędy mniejszy niż rozpatrywana wartość 0,1 mm, czyli maksymalnie kilka tysięcznych milimetra.
- Na str. 112, sztywność początkową dla próbek M40 większą niż dla próbek C tłumaczy się większą wytrzymałością na rozciąganie betonu użytego do realizacji próbek M40. Stwierdzenie to jednak

nie zawsze znajduje uzasadnienie – próbki C-12-5 i M40-12-5 miały niemalże identyczną wytrzymałość betonu na rozciąganie, podczas gdy w próbce M40-12-5 uzyskano dwa razy większe naprężenia przyczepności niż w C-12-5. A zatem i inne czynniki musiały wpłynąć na uzyskane wyniki.

- Istnieje sprzeczność pomiędzy pierwszym zdaniem ostatniego akapitu na str. 137 („... zaobserwowano zróżnicowanie szczytowych naprężeń przyczepności w zależności od długości zakotwienia”), a ostatnim zdaniem pierwszego akapitu na str. 139 („... szczytowe naprężenie przyczepności pozostaje na tym samym poziomie niezależnie od długości zakotwienia”).

III. Uwagi dotyczące analiz numerycznych

- Zamiast „model rozmazany” (str. 21) lepiej jest używać nazewnictwa „model rozmyty” – ta terminologia jest spójna z terminologią mechaniki i teorii ośrodków ciągłych i jest lepiej utrwalona w polskiej literaturze naukowej dotyczącej modelowania żelbetu.
- Dlaczego mając pełne informacje o przebiegu zależności naprężenie – odkształcenie dla stali zbrojeniowej, w analizach numerycznych zastosowano liniowo-sprężysty model materiału? To pytanie jest tym bardziej zasadne, że na str. 158 Autor podaje, że naprężenia w stali „zwykle” nie przekraczały granicy plastyczności, a na str. 179 wprost informuje, że założenie to okazało się niesłuszne. Czy nie należało zatem zmienić definicji modelu materiałowego dla stali?
- Str. 212, Rys. 5.50 - prezentowane naprężenie w pręcie zbrojeniowym ze stali gatunku B500SP osiąga na dużym odcinku wartość przekraczającą 1000 MPa, czyli znacznie więcej niż wytrzymałość tej stali. Fakt ten nie został skomentowany w pracy.
- Str. 217 - wniosek pierwszy mówi, że „najlepszym odwzorowaniem testu pull-out referencyjnej serii eksperymentalnej charakteryzował się model z rzeczywistą geometrią pręta” podczas, gdy wniosek trzeci podaje, że „we wszystkich modelach geometrycznych” uzyskany model zniszczenia „stoi w sprzeczności do wyników eksperymentów” (czyli nie uzyskano dobrego odwzorowania eksperymentu). Czy te dwa wnioski nie są przeciwstawne?

IV. Uwagi edytorskie

- Na potrzeby pracy zebrano stosunkowo szeroką literaturę tematu, a poszczególne informacje zostały dobrze udokumentowane cytowaniami. Jednakże zabiegiem niepotrzebnym jest przywoływanie w tekście takich pozycji bibliografii, których zasługą jest to, że zacytowały wcześniejszą, ważniejszą pracę – informacja, że poz. [5, 190, 81] zacytowały pracę [22] została w pracy podana dwukrotnie: na str. 81 oraz na str. 115.
- Str. 43 i 44, Rys. 2.17 oraz Rys. 2.18 – rysunki pokazują etapy mechanizmu utraty przyczepności pręta przez wrywanie lub rozłupanie, jednakże etapy IV-B i IV-C są graficznie niespójne z etapem III - patrząc na wcześniej powstałe zarysowania ukośne w betonie, w końcowej fazie zerwanie przyczepności występuje zapewne w płaszczyźnie lekko bardziej odsuniętej od pobocznic pręta.
- Str. 99, Rys. 4.23 (a) – na zdjęciu trudno dopatrzeć się zniszczenia próbki, choć rysunek ten miał prezentować obrazy poszczególnych typów zniszczenia.
- Str. 134, Rys. 4.37 (a) i (b) – błędnie wstawiono dwukrotnie ten sam wykres.
- Str. 199, Rys. 5.40 oraz str. 212, Rys. 5.51 – brak legendy opisującej użyte kolory, brak zaznaczenia, gdzie kończy się obetonowanie pręta.

5. Podsumowanie recenzji

Mgr inż. Marcin Burdziński poświęcił swoją rozprawę doktorską szczegółowemu rozpoznaniu zjawiska przyczepności betonu do stali, określanego eksperymentalnie powszechnie stosowaną w inżynierii lądowej metodą POT. Praca ta wykazała, że prawidłowe wnioskowanie o przyczepności wymaga łącznej analizy wszystkich ważnych czynników wpływających na to zjawisko, a badania realizowane jedynie na próbkach z prętem centrycznie w nich osadzonym nie dają pełnego obrazu zjawiska. Doktorant wykazał również, że możliwe jest modelowanie numeryczne zachowania zbrojenia w betonie, realizowane w skali żebra pręta zbrojeniowego, które po skalibrowaniu na podstawie małej liczby eksperymentów może służyć do wiarygodnych, szerokich analiz zjawiska. Należy to uznać za wkład Pana Marcina Burdzińskiego w rozwój nauki, mogący mieć praktyczne zastosowanie przy wdrożeniach nowych materiałów do realizacji konstrukcji z betonu.

Jak już wspomniałem wcześniej, do ewidentnie pozytywnych aspektów pracy należy zaliczyć bardzo dobre metodologiczne podejście do analizy postawionego problemu naukowego, obejmujące jasne sprecyzowanie celów pracy, dobre zaplanowanie badań doświadczalnych stanowiących podstawę do dalszych poszerzonych analiz numerycznych zjawiska, w taki sposób, aby możliwe było sformułowanie udowodnionych wniosków końcowych. Cechy te, w mojej opinii, dobrze świadczą o przygotowaniu Kandydata w zakresie prowadzenia własnych badań naukowych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje wyjątkowo odpowiedzialne i sumienne przeprowadzenie badań eksperymentalnych, poprzedzonych badaniami wstępnymi służącymi eliminacji potencjalnych błędów. Innym ważnym osiągnięciem Doktoranta jest zbudowanie różnych modeli numerycznych w programie ABAQUS, w tym takich, w których uwzględnienia się rzeczywistą geometrię uźebrowania pręta zbrojeniowego. Są to, bez wątpienia, dwie wyróżniające cechy tego doktoratu.

Chciałbym podkreślić, że przy prowadzeniu tak dużych i trudnych badań naukowych, jakich podjął się Pan Marcin Burdziński, pewne drobne potknięcia i błędy są nieuniknione - nawet najbardziej doświadczonym naukowcom zdarza się je przecież popełniać. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne lub wątpliwości, nie obniżają w najmniejszym stopniu mojej bardzo pozytywnej oceny pracy, a stanowią raczej głos w dyskusji naukowej oraz pewne wskazania, które mogą być wykorzystane podczas przygotowywania kolejnych prac lub publikacji naukowych.

Od recenzenta oczekuje się jednak, przede wszystkim, weryfikacji spełnienia przez przedłożoną dysertację wymogów stawianych pracom doktorskim, zawartych w Ustawie – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. W przypadku prac z zakresu inżynierii lądowej, sprowadza się to do sprawdzenia czy:

- rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (Art. 187. p. 1.),
- przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej (Art. 187. p. 2.).

W odniesieniu do punktu 1, art. 187, należy stwierdzić, że na podstawie zawartości przedstawionej rozprawy doktorskiej można jednoznacznie potwierdzić, iż Pan Marcin Burdziński posiada dużą wiedzę w zakresie podstaw projektowania konstrukcji żelbetowych oraz bardzo szczegółowe rozpoznanie nie tylko samego zjawiska przyczepności betonu do pręta zbrojeniowego, lecz także metod badawczych z nim związanych. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, rozumiana jako dobór i zastosowanie odpowiednich metod i narzędzi naukowych oraz

właściwe wnioskowanie na podstawie wyników prac cudzych i własnych, w przypadku niniejszej pracy również została wykazana.

Należy również dodać, że umiejętność tworzenia rozpraw naukowych wiąże się ze zdolnością prawidłowego prezentowania ich efektów, a zatem także z poprawnym sporządzaniem tekstów naukowych zgodnie z zasadami warsztatu, tj. z zachowaniem właściwej terminologii, zasad cytowania oraz reguł językowych. W tym zakresie przedstawiona dysertacja wykazuje zachowanie najwyższych standardów.

Recenzowana praca doktorska przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego poprzez indywidualne zaprojektowanie badań eksperymentalnych, w tym wprowadzenie niezbędnych modyfikacji w technologii badania POT, oraz wykonanie własnych modeli numerycznych bardzo wiernie odzwierciedlających realia prowadzonych badań doświadczalnych. A zatem spełnienie punktu 1, art. 187 ustawy również nie ulega wątpliwości.

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że przedłożona przez mgr inż. Marcina Burdzińskiego rozprawa pt. „Doświadczalno-numeryczna analiza wpływu skrepowania pręta zbrojeniowego w betonie na zachowanie przyczepności w teście pull-out” spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim, określonych w Ustawie – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. 2018, poz. 1668), wraz z późniejszymi zmianami, w związku z czym wnioskuję o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy w jej obecnym kształcie.

Znając Regulamin Wyróżniania Rozpraw Doktorskich obowiązujący na Politechnice Gdańskiej oraz biorąc pod uwagę fakt, że Pan Marcin Burdziński jest pierwszym współautorem siedmiu publikacji (w tym w czasopismach takich jak *Buildings* (IF = 3,1) oraz *Materiały Budowlane*), a także przede wszystkim treść jego pracy doktorskiej, której wyjątkowość podkreślałem w niniejszej recenzji, z pełnym przekonaniem stawiam wniosek o wyróżnienie tej rozprawy doktorskiej.



.....

dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK

