



Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

prof. dr hab. inż. Karol Prałat

Instytut Budownictwa

ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock,

e-mail: Karol.Pralat@pw.edu.pl, www.pw.plock.pl

Płock, 13 stycznia 2026 roku

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Majkowskiego

pt. „Badanie elementów betonowych z zbrojeniem stalowym i kompozytowym wysokich
wytrzymałości pod obciążeniem statycznym i dynamicznym”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą prawną sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo Pani dr inż. Justyny Sobczak-Piątki, Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, z dnia 25 listopada 2025 roku informujące o powołaniu przez Senat Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (uchwała nr 8/512 Senatu, z dnia 19 listopada 2025) mojej osoby na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Pawła Majkowskiego.

2. Ocena zasadności podjęcia tematu

Podjęcie badań nad zbrojeniami wysokiej wytrzymałości, zarówno kompozytowymi GFRP, jak i stalowymi B600B, jest w ważne ze względu na ich rosnące znaczenie w nowoczesnym budownictwie. Materiały te charakteryzują się wytrzymałością na rozciąganie istotnie przewyższającą parametry tradycyjnej stali zbrojeniowej, co otwiera nowe możliwości projektowe i pozwala na tworzenie konstrukcji o korzystnym stosunku wytrzymałości do masy. Zbrojenie kompozytowe stanowi realną alternatywę dla stali, a jego właściwości – takie jak odporność na korozję, obojętność elektromagnetyczna czy niski ciężar właściwy – są szczególnie cenne w wymagających

warunkach eksploatacyjnych. Jednocześnie należy podkreślić, że kompozyt zbrojony włóknami szklanymi (GFRP) posiada istotne ograniczenia, w tym niski moduł sprężystości, stosunkowo niską wytrzymałość na ściskanie oraz utratę parametrów w podwyższonych temperaturach, co wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych szerokich badań. Rozbieżne wyniki dotychczasowych eksperymentów dodatkowo podkreślają wagę pogłębionej analizy zachowania tego materiału w różnych warunkach pracy.

Istniejące procedury obliczeniowe dla elementów betonowych zbrojonych kompozytami z zawartością włókien (FRP) są niepełne i zachowawcze, co ogranicza możliwości praktycznego zastosowania takich materiałów. Rozwój nowych modeli obliczeniowych jest kluczowy dla popularyzacji i bezpiecznego wdrażania zbrojenia kompozytowego, a uzyskanie optymalnych procedur projektowych pozwoli na pełne wykorzystanie jego potencjału. Badania w tym zakresie mają znaczenie nie tylko teoretyczne, ale również praktyczne, umożliwiając optymalne projektowanie konstrukcji i otwierając drogę do szerszego ich stosowania. Szczególne uzasadnienie dla tego rodzaju zbrojenia znajduje się w konstrukcjach narażonych na środowiska agresywne, gdzie odporność na korozję jest kluczowa, a także w obiektach wymagających neutralności elektromagnetycznej. W elementach cienkościennych, takich jak płyty czy belki, wysoka wytrzymałość prętów kompozytowych może być efektywnie wykorzystana przy odpowiednim stopniu zbrojenia, co pozwala zniwelować negatywny efekt znacznych ugięć.

Równocześnie stal B600B, dzięki podwyższonej granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie, stanowi wartościową alternatywę w warunkach podwyższonych temperatur. Bardzo dobra przyczepność do betonu sprzyja efektywnemu i ekonomicznemu wykorzystaniu materiału w konstrukcjach. Kluczowym czynnikiem dla pełnego wykorzystania potencjału zarówno GFRP, jak i stali B600B, jest właściwy dobór mieszanki betonowej. Literatura jednoznacznie wskazuje, że stosowanie domieszek włókien różnych rodzajów znacząco poprawia parametry mechaniczne betonu, w tym wytrzymałość na ściskanie, rozłupywanie czy zginanie. Jednocześnie konieczna jest optymalizacja składu mieszanki, aby uniknąć pogorszenia jej urabialności i właściwości mechanicznych.

Podsumowując, zasadność podjęcia badań nad zbrojeniami wysokiej wytrzymałości wynika z aktualnych potrzeb inżynierii budowlanej, ukierunkowanych na trwałość, bezpieczeństwo i ekonomię konstrukcji. Dalsze prace nad procedurami obliczeniowymi oraz pogłębione analizy właściwości prętów kompozytowych GFRP oraz stali B600B są niezbędne, aby stworzyć solidne podstawy projektowe i normatywne dla materiałów, które mogą w istotny sposób zrewolucjonizować praktykę budowlaną.

3. Krótka charakterystyka pracy i zakresu rozprawy

Praca pt. „*Badanie elementów betonowych z zbrojeniem stalowym i kompozytowym wysokich wytrzymałości pod obciążeniem statycznym i dynamicznym*” została

przygotowana w zwartej w formie dysertacji liczącej 178 stron. W ocenie recenzenta, w tytule dysertacji powinno zastosować się zamiast przyimka *z* (*zbrojeniem*), jego wariant fonetyczny *ze* (*zbrojeniem*). W języku polskim użycie *z* czy *ze* zależy od tego, jak łatwo wymówić dane zestawienie. *Z zbrojeniem* jest trudnym do wypowiedzenia zbitkiem spółgłoskowym. W internetowej poradni językowej PWN, prof. Mirosław Bańko wyjaśnia, że przyimek *ze* należy zastosować przed wyrazami zaczynającymi się zbiegiem co najmniej dwóch spółgłosek, z których pierwsza to *z*, *s*, *ż*, *sz*, *ź*, *ś*. Zatem mówimy: *ze* stalą, *ze* zbrojeniem, *ze* strachem, *ze* żwirem, *ze* szpinakiem, *ze* żdźbłem, *ze* śniegiem.

Praca podzielona jest na 7 głównych rozdziałów oraz dodatkowo bibliografię oraz załączniki. Można ją podzielić na dwie zasadnicze części. W pierwszej z nich, Autor przedstawia analizę literatury przedmiotu w zakresie zagadnień dotyczących zbrojeń wysokiej wytrzymałości. Przegląd literatury został wykonany bardzo wnikliwie w oparciu o najnowsze artykuły z przedmiotowego zakresu. W pracy wykorzystano 131 pozycji literaturowych, w tym kilka norm. W większości są to artykuły, które ukazały się po 2010 roku, zaś w znacznej liczbie po 2020 roku. Niestety niektóre dane bibliograficzne publikacji są niepełne np. prace [60, 76, 97, 115]. Następnie Doktorant zaprezentował hipotezę badawczą, cel i zakres badań. Druga część pracy, to część badawcza, w której Autor przedstawia założenia i wybór metodyki badawczej. Znaczną część stanowi opis przygotowania próbek do badań, prowadzenie badań laboratoryjnych, wyniki, dyskusja oraz odniesienie się do postawionej hipotezy badawczej. Obie części wzajemnie się uzupełniają i stanowią integralne składniki całej dysertacji.

W ocenie recenzenta, w pracy brakuje oddzielnej części zatytułowanej *Aparatura badawcza*, w której przedstawiona by była metodyka wykonanych badań oraz rodzaj wykorzystanych urządzeń badawczych. Również oddzielna część w przedstawionej dysertacji związana z przygotowaniem i modyfikacją próbek, ułatwiłaby z pewnością odbiór tekstu. Na przykład, Autor stosuje w tekście określenia: płyty grupy I, II, III, IV, V oraz VI (s.71), wyjaśniając dopiero niniejsze oznaczenia w dalszej części rozprawy, w tabeli 9 (s. 73) oraz tabeli 11 (s. 81). Taki układ tekstu jest trudny w odbiorze dla czytelnika.

Praca zawiera 59 rysunków oraz 39 tabel. Część z nich została zamieszczona na końcu rozprawy w dziewiątej części jako załączniki. Nie do końca zrozumiałe jest dla recenzenta zestawienie wielu tabel i wyników właśnie w załącznikach. Podane tam informacje, z powodzeniem mogły być zamieszczone w głównej części pracy. Częste odsyłanie czytelnika na koniec dysertacji do załączników, nie ułatwia jej odbioru i zrozumienia. W załącznikach można było zawrzeć wyniki wszystkich poszczególnych badań oraz opracowanie statystyczne, którego w pracy zdaniem recenzenta brakuje. Zdaniem recenzenta, w pracy brakuje analizy porównawczej wyników badań płyt ze stalą B600B i płyt z GFRP, obejmującej przejrzyste zestawienie ich zalet oraz wad. Taki element pozwoliłby na pełniejsze podsumowanie badań nad zastosowaniem innowacyjnych materiałów zbrojeniowych w betonie i domknąłby całość rozważań.

Zakres rozprawy obejmował: przegląd literatury dotyczącej zagadnienia wykorzystania materiałów ze zbrojeniem o wysokiej wytrzymałości w różnych warunkach pracy lub w trudnych warunkach środowiskowych, ze szczególną analizą samych prętów jak i pełnowymiarowych elementów betonowych, w tym głównie w zakresie badań płyt; omówienie materiałów, metod badawczych oraz stanowiska eksperymentalnego; przeprowadzenie badań eksperymentalnych zbrojeń wysokiej wytrzymałości (stali B600B oraz zbrojenia kompozytowego GFRP), betonu oraz zbrojonych płyt betonowych; przeprowadzenie obliczeń teoretycznych nośności płyt w oparciu o dostępne normy i instrukcje, w zakresie nośności, ugięć i zarysowań, porównanie danych eksperymentalnych z wartościami obliczeniowymi; omówienie i przedstawienie wniosków końcowych.

4. Ocena formalna

Przedstawiona praca ma charakter badawczo-koncepcyjny z obszaru materiałów budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania stali B600B oraz zbrojenia GFRP w płytach betonowych.

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera cel główny oraz cztery cele pomocnicze. Praca poświęcona jest badaniom elementów betonowych z zastosowaniem ww. zbrojenia wysokiej wytrzymałości ze szczególnym określeniem wymaganego stopnia zbrojenia dla badanych płyt, nośności i właściwości użytkowych zbrojenia, zasad diagnostyki stanu naprężeń i odkształceń, warunków pracy zbrojenia w betonie z włóknem polipropylenowym lub poliwinylowym z punktu widzenia trwałości i nośności elementu. Tematyka pracy jest w znacznym stopniu wynikiem zainteresowań badawczych i dokonań Doktoranta, jak również twórczą kontynuacją badań prowadzonych przez pana profesora Macieja Dutkiewicza. Cele dysertacji zostały sformułowane w sposób jasny i klarowny.

Przedstawiona tematyka wypełnia i uzupełnia luki informacyjne, dlatego podjęte działania badawcze uważam za bardzo trafne i uzasadnione. Doktorant wnosi znaczący element nowości naukowej w obecny stan wiedzy. Przeprowadzone badania odznaczają się oryginalnością oraz potencjałem ich ewentualnego zastosowania w praktyce.

Wyniki badań Doktoranta zostały udokumentowane z wykorzystaniem tabel, rysunków i zdjęć. Autor wykonał 19 eksperymentalnych pomiarów właściwości fizycznych prętów B600B oraz 68 pomiarów prętów kompozytowych GFRP. Dodatkowo 28 pomiarów wytrzymałości betonu na ściskanie. Ponadto również 10 pomiarów płyt betonowych z zastosowaniem stali, 5 płyt z zastosowaniem prętów GFRP oraz 1 próbki z zastosowaniem jednocześnie zbrojenia kompozytowego i włóknami polipropylenowymi.

Należy podkreślić i docenić różnorodność wariantów pomiarowych modyfikowanych płyt betonowych. Stwierdzam, że Doktorant zrealizował zadeklarowane cele pracy. Uzyskane wyniki można uznać za wkład w rozwój prac

badawczych związanych z aspektami zbrojenia betonu innowacyjnymi materiałami o wysokiej wytrzymałości.

5. Ocena merytoryczna

Ze względu na sformułowany problem naukowy, zakres badań i analiz, interpretację wyników oraz umiejętność formułowania wniosków moja ocena merytoryczna pracy jest pozytywna. Jednakże dokładna analiza tekstu rozprawy nakłada na recenzenta przedstawienie uwag o charakterze dyskusyjnym.

5.1. Uwagi krytyczne wymagające odpowiedzi w czasie publicznej obrony

- 1) Strona 66. Nie zrozumiała dla recenzenta jest decyzja o doborze średnicy prętów stali B600B oraz GFRP. Dlaczego w przypadku stali zdecydowano się na średnicę ϕ wynoszącą 10 mm oraz 12 mm, natomiast w przypadku kompozytu GFRP ϕ wynoszącą 8 mm oraz 7 mm? Interesującym aspektem analizy wyników – zwłaszcza w kontekście porównania obu materiałów – byłoby utrzymanie ich jednakowych parametrów geometrycznych.
- 2) Strona 66. Nie zrozumiała jest liczba badanych próbek prętów stali B600B. Dla średnicy ϕ wynoszącej 10 mm zbadano 16 próbek, a dla średnicy ϕ wynoszącej 12 mm jedynie 3 próbki? Pręty wykonane z kompozytu GFRP były zbadane w ilości 34 sztuk dla każdej średnicy (8 milimetrów oraz 7 milimetrów). Skąd taka różnorodność w badanej ilości prętów?
- 3) Strona 66; Dlaczego przeprowadzono badanie betonu na ściskanie na próbkach walcowych? Dlaczego przeprowadzono badania na 24 próbach sześciennych równocześnie wykonując badania jedynie 4 próbek walcowych? Skąd wynikał dobór kształtu badanych próbek? W jednym przypadku wykonano próbki o kształcie sześcianu, w innym o kształcie walca.
- 4) Strona 88; Autor pisze: *...wymagane jest posługiwanie się wartością wytrzymałości betonu na ściskanie oznaczoną na próbkach cylindrycznych, a nie sześciennych*. W następnym zdaniu podaje jednak informację: *W zakresie badań, które przeprowadzono w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, w części oznaczono badawczo na kostkach sześciennych wytrzymałość na ściskanie betonu użytego do wykonania płyt...* Dlaczego nie zdecydowano się na badania próbek walcowych jeśli jest taki wymóg formalny?
- 5) Strona 66; punkty 3-5, dolna część strony. Czy dobrze zrozumiano, że przeprowadzono łącznie 16 badań modyfikowanych płyt ale wykonując jedynie po jednym ich pomiarze, bez powtórzenia eksperymentu? Jeśli tak, to proszę się odnieść do wiarygodności otrzymanych wyników.
- 6) Strona 67; Dlaczego w przypadku prętów GFRP o średnicy 8 mm testy przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej VEB Thuringer Industriewerk Rauenstein typ ZD 10/90, a dla zbrojenia GFRP o średnicy 7 mm przeprowadzono

badania w maszynie wytrzymałościowej Instron 8502 z wykorzystaniem technologii „digital image correlation”? Strony 154 i 155, tabele 24 i 25; W obu przypadkach badania wykonano na 34 próbach. Wskazane byłoby przedstawienie podstawowych danych statystycznych z otrzymanych wyników.

7) Strona 67; Analogicznie dla prętów ze stali B600B. Dlaczego badania dla średnic 10 mm oraz 12 mm prowadzono w maszynie wytrzymałościowej VEB Thuringer Industriewerk Rauenstein typ ZD 10/90, a dla prętów o średnicy 10 mm przeprowadzono dodatkowo testy w maszynie wytrzymałościowej Instron 8502? W pracy brakuje wyjaśnienia takiego podejścia do pomiarów. Strony 156 i 157, tabele 26 i 27; Dlaczego w badaniach za pomocą maszyny ZD10/90 wykonano badania 3 próbek prętów, a za pomocą maszyny Instron 13 próbek? Czy różniące się wyniki otrzymane dwoma metodami (tabele 26 i 27) są satysfakcjonujące dla Doktoranta? Czy otrzymane w tabeli 26 różniące się wyniki, dla badanych dwóch średnic prętów są akceptowalne?

8) Strona 68. Dlaczego badania przeprowadzono dla różnych długości prętów? Innych dla stali B600B oraz innych dla zbrojenia GFRP?

9) Strona 71. Jak zostały wyznaczone udziały recepturowe składników mieszanek betonowych przedstawione w ostatniej kolumnie tabeli 6 oraz tabeli 7 i czy ich wartości w obecnym kształcie są prawidłowe?

10) Strona 72, tabela 8. Czy istniała konieczność badań wytrzymałości betonu każdorazowo przy wykonaniu płyt z grupy I, II oraz III? W każdym z tych przypadków stosowano przecież ten sam skład mieszanki betonowej. Dodatkowo beton zwykły był stosowany w płytach IV, V i VI. Dlaczego stosowano różną liczbę próbek do badań, od 2 do 6 sztuk (tabela 8)?

11) Strona 99; Dlaczego uzyskane wyniki granicy plastyczności oraz wytrzymałości na rozciąganie prętów B600B uzyskanych podczas pomiarów maszyną wytrzymałościową ZD 10/90, a uzyskanych podczas maszyną Instron 8502 różnią się? Brak w pracy komentarza dotyczącego uzyskanych wyników. Czy uzyskane wyniki (i rozbieżności) są satysfakcjonujące dla Doktoranta?

12) Strona 99; Dlaczego w maszynie Instron 8502 przeprowadzono badania modułu sprężystości oraz wytrzymałości na rozciąganie jedynie prętów o średnicy 10 mm, a nie jak w przypadku maszyny ZD 10/90 zarówno prętów o średnicy 10 mm jak i 12 mm? Brak wyjaśnienia takiego działania.

13) Strona 100; Dlaczego badania modułu sprężystości oraz wytrzymałości na rozciąganie uzyskane dla prętów GFRP dwoma niezależnymi maszynami (ZD 10/90 oraz Instron 8502) różnią się? Czy różnice są akceptowalne dla Doktoranta? Dlaczego za pomocą maszyny ZD 10/90 badano parametry prętów o średnicy 8 mm, a maszyną Instron 8502 prętów o średnicy 7 mm?

14) Strona 128; Dlaczego parametry nośności płyt wyznaczone eksperymentalnie tak bardzo różnią się od wartości uzyskanych w procedurach obliczeniowych? Czy zaproponowany przez Doktoranta współczynnik obliczeniowy 1,1 nie powinien być wyższy, tym bardziej, że Doktorant sam stwierdza: *Wyniki badań laboratoryjnych (...)*

potwierdziły zapas nośności w większości przypadków na poziomie 40-50% w stosunku do analiz teoretycznych?

15) Strona 128, wiersze 15-20; Jak wytłumaczyć, że w wyniku przeprowadzonej analizy w początkowej fazie obciążenia wartości wyznaczone teoretycznie prezentowały znaczny zapas bezpieczeństwa w stosunku do faktycznych ugięć, natomiast w późniejszej fazie obciążenia wartości ugięć były wyższe niż wyznaczone teoretycznie?

16) Czy zastosowane w badaniach stopnie zbrojenia są odpowiednio dobrze zaplanowane i dobrane?

5.2. Pozostałe uwagi krytyczne

- Strona 64; Autor błędnie podaje, że *...dobrym rozwiązaniem dla poprawy parametrów mieszanki (m.in. wytrzymałości na ściskanie, wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu, wytrzymałości na zginanie) jest stosowanie domieszek włókien różnych rodzajów*. Przedstawione przez Autora właściwości dotyczą betonu, a nie mieszanki betonowej.

- Strona 74 oraz Strona 82; Rysunki 4 oraz 8 są poprawne ale dla lepszego odbioru dysertacji powinny znaleźć się wcześniej w tekście. Podobnie tabele 9 oraz 11.

- Strona 76; Autor odsyła czytelnika do Tabeli 22 do załączników. Taki styl przedstawiania wyników oraz ich opis nie jest najlepszy. Utrudnia w znacznym stopniu czytanie i zrozumienie tekstu.

- Strona 76; Czy w Tabeli 10, wartości liczbowe *M_{rd,teoret}* w wierszach 4 i 5 oraz 7 i 8 powinny być identyczne?

- Strony 93-94; Dlaczego na rysunkach 9-12, przedstawiających *Zależność momentu M_a/ugięcie* jest różna liczba punktów pomiarowych? To samo dotyczy rysunków 18-21.

- Strona 100; Nie jest zrozumiałe, dlaczego wyniki z tabeli 22-27 są zestawione w pracy w załącznikach 1-5? Można było je zestawić bezpośrednio w rozdziale 5 dysertacji. W załącznikach można było zamieścić wyniki badań z wszystkich prób, a nie tylko wartości średnie np. w tabeli 27 wyniki wszystkich 13 pomiarów. Analogicznie w tabelach 24, 25 i 26. W całej pracy, niezrozumiała jest decyzja co do umieszczenia wykresów i tabel: raz w głównym tekście doktoratu, innym razem jako załączniki.

- Strona 107; Skąd tak duże różnice w wynikach badań zawartych w tabeli 17, między *M_{crack,teoret.}* a *M_{crack}*?

- Strona 109; Autor informuje o przemieszczeniu zarejestrowanym w punkcie 5 albo w punkcie 102 lub też w punkcie 15, nie wyjaśniając w żaden sposób co to za punkty.

- Strona 113; Czy na rysunku 27a wynik 11,62 jest identyczny dla dwóch punktów? Analogicznie na rysunku 27b, wartość 18,63?

- Strona 137 oraz strona 129; W punkcie 6.3. Doktorant podkreśla wykorzystanie w badaniach *nowoczesnych narzędzi jak technologia cyfrowej korelacji obrazu*, jednocześnie nie poświęcając w pracy tej metodzie należytej uwagi i mało ją eksponując (jedna strona 69).

- Strony 163 i 164; Ciekawe byłoby zebranie tabel 31, 32, 33 w jedno zestawienie. Czytelniejsza byłaby informacja jak zmieniają się Mrd, Ma, Mcrack w obrębie jednej próby. Ponadto, bardzo podobne dane zawiera tabela 18. W tym kontekście, należałoby się zastanowić, czy tabele 31-33 wydają się konieczne.
- Strona 165; Tabele 34 oraz 35 powinny zostać scalone w jedną.

5.3. Błędy edytorskie i stylistyczne

- Strona 9; W Streszczeniu Autor podaje błędnie wymiary płyt w mm, zamiast w cm.
- Strona 24; Czy na pewno chodziło o *wysoki stosunek wytrzymałości do wagi*? Podobnie na stronach 151 oraz 152; Czy w tabelach dobrze zastosowane jest pojęcie *wagi prętów*?
- Strona 74; Począwszy od wzoru (1), numeracja powinna być zapisana po prawej stronie tekstu.
- Strona 76; Autor pisze niezrozumiale: *W przekrojach, w których nie występuje zbrojenie ściskanie wzór (4) stosuje się następująco:....*
- Strona 76; W opisie tabeli 10 jest, *...wytrzymałość B600b...*, powinno być *B600B*.
- W całej pracy, w wielu miejscach, np. strona 80, drugi wiersz, Autor stosując przecinki wstawia przed nimi niepotrzebny znak spacji. Czasem niepotrzebne spacje pojawiają się przed kropką na końcu zdania np. strona 128 lub za symbolem nawiasu np. strona 127.
- Strona 81, podpis tabeli 11; *Zestawienie i charakterystyka płyt betonowych z zastosowaniem zbrojenia kompozytowego GFRP poddanych badaniom.*
- Strony 97-98; Podpisy pod rysunkami 15, 16 oraz 17 są identyczne.
- Strona 103; Wniosek zapisany w drugim akapicie jest zbyt długi i niezrozumiały.
- Strona 107; Dane zawarte w tabeli 17 oraz na rysunku 23 są identyczne. Należałoby się zdecydować na przedstawienie wyników badań w jednej formie.
- Strona 111; W podpisie rys. 26 brakuje informacji jakich wyników dotyczy porównanie.
- Strona 115; Ciekawe byłoby zestawienie na rysunku 28 razem trzech wykresów.
- Strona 119; Tytuł podrozdziału 5.4.5. zakończony jest kropką.
- Strona 119; Napisano: *Siłę niszczącą wyliczona wg normy...* Powinno być raczej: *Siłę niszczącą wyliczono wg normy...*
- Strona 119; Napisano: *Wyniki ujęto w rys. 31.* Chyba raczej powinno być *na rys. 31.*
- Strona 121; Jest: *próba startyczna.* Powinno być: *próba statyczna.*
- Strona 122; Niepotrzebnie zapisane słowo *Structural* od dużej litery.
- Strona 132; Napisano: *Porównanie wyników eksperymentalnych, do wyników obliczeń.* Raczej powinno być: *z wynikami obliczeń.*
- Strona 132; Nagłówek tabeli 20 powinien być zamieszczony na kolejnej stronie.
- Strona 133; Tabela 20 jest bliźniaczo podobna z tabelą 31. Ta ostatnia nie powinna być ponownie zamieszczana w załączniku.
- Strona 136; Analogicznie tabele 21 oraz 34 są prawie identyczne.

- Strony 158 i 159; Niezbyt poprawne jest sformułowanie: *Wyniki badań niszczących próbek betonowych (na kostkach)* oraz analogicznie: *Wyniki badań niszczących próbek betonowych (na walcach)*.
- Rys. 42, rys. 45, rys. 46; Rysunki powinny być zamieszczone w rozdziale dotyczącym przygotowania próbek.
- Rys. 45 oraz rys. 46 są identycznie zatytułowane.

Praca napisana jest prawidłową polszczyzną chociaż zdarzają się błędy edytorskie. Doktorant nie zawsze jest precyzyjny w formułowaniu własnych myśli oraz opinii. Uwagi dyskusyjne o charakterze ogólnym bądź merytorycznym wykazane w punkcie 5 recenzji nie mają wpływu na całościową pozytywną ocenę. Uwagi ujęte w punkcie 5.3. nie mają znaczącego wpływu na ogólną ocenę pracy. Mają charakter porządkujący i powinny być użyteczne dla Autora podczas przygotowywania kolejnych artykułów do czasopism naukowych.

6. Wniosek końcowy

Uwzględniając aktualność podjętej tematyki, trafność zdefiniowanej hipotezy badawczej oraz celu oraz poprawność wnioskowania, pozytywnie oceniam rozprawę doktorską pt.: *Badanie elementów betonowych z zbrojeniem stalowym i kompozytowym wysokich wytrzymałości pod obciążeniem statycznym i dynamicznym*. Złożoność problemów z jakimi spotkał się Doktorant realizując recenzowaną rozprawę, wymagały od Niego dużej wiedzy teoretycznej oraz umiejętności praktycznych niezbędnych do prowadzenia badań eksperymentalnych.

Podsumowując stwierdzam, iż recenzowana przeze mnie praca Pana mgr. inż. Pawła Majkowskiego spełnia wymogi stawiane doktoratom w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Praca prezentuje i potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Autor wystarczająco rozpoznał potrzebny Jemu obszar wiedzy oraz potwierdził umiejętności analizy i wykorzystania dostępnych danych literaturowych. Wykazał się szeroką znajomością prac z obszaru technologii betonu zbrojonego oraz aktualnych trendów materiałowych, obejmujących m.in. zastosowanie prętów GFRP oraz stali B600B, a także ogólną wiedzę praktyczną z zakresu stosowanych w dyscyplinie metod badań eksperymentalnych i opracowania ich wyników. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a także wskazuje na predyspozycje Doktoranta do pracy naukowej i umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Niego badań.

Do głównych oryginalnych osiągnięć Doktoranta zaliczyć należy:

- Określenie bardzo dobrej współpracy zbrojenia z betonem, zarówno w przypadku stali B600B jak i kompozytu GFRP, pracujących w dużym zakresie obciążeń.
- Wykazanie zarówno dla płyt zbrojonych stalą B600B jak i kompozytem GFRP zapasu nośności, w wielu przypadkach sięgającego ponad 50% w porównaniu z obliczonymi wartościami teoretycznymi.
- Określenie wymaganego stopnia zbrojenia dla badanych typów płyt z różnymi rodzajami zbrojenia wysokiej wytrzymałości oraz wskazania stopnia zbrojenia jaki można uznać za optymalny.
- Dostarczenie kluczowych nowych danych eksperymentalnych, które potwierdzają potrzebę rewizji i optymalizacji istniejących procedur obliczeniowych dla elementów betonowych podatnych zginaniu zbrojonych stalą B600B oraz kompozytami GFRP.
- Zaproponowanie modyfikacji dostępnych w normach lub instrukcjach wzorów, poprzez wprowadzenie współczynników zwiększających obliczeniową nośność płyt betonowych zawierających stal B600B oraz pręty GFRP.

W świetle przedstawionej rozprawy należy stwierdzić, że Autor opracował istotny i bardzo ciekawy problem naukowy związany z wyznaczeniem w elementach żelbetonowych ze zbrojeniem stalą B600B oraz prętami GFRP, rzeczywistej nośności zaprojektowanych płyt. Udowodnił, że wyznaczona laboratoryjnie nośność jest wyższa niż wyznaczona w wyniku obliczeń teoretycznych. Stwierdził również, że zastosowanie zbrojenia wysokiej wytrzymałości w elementach żelbetonowych, prowadzi do lepszych parametrów nośności i trwałości w porównaniu do standardowych rozwiązań.

Wnioski te stanowią odpowiedź na podjęty w rozprawie problem naukowy i są potwierdzeniem postawionej w rozprawie tezy. Doktorant problem naukowy rozwiązał samodzielnie oraz akceptowalnymi metodami badawczymi, przez co wykazał się umiejętnością wymaganą od osób ubiegających się o stopień doktora. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Pawła Majkowskiego spełnia wymagania art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z późniejszymi zmianami, dlatego wnioskuję do Rady Naukowej Politechniki Bydgoskiej, o jej przyjęcie i dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.



prof. dr hab. inż. Karol Prałat