

Prof. dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI  
Politechnika Rzeszowska  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Zakład Dróg i Mostów  
35-959 Rzeszów, ul. W.Pola 2  
e-mail: [siwowski@prz.edu.pl](mailto:siwowski@prz.edu.pl)

---

Rzeszów, 24.11.2019 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej  
**Pana mgr inż. Norberta Olczyka**  
pt. „Analiza właściwości elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP”

### 1. Przedmiot i podstawa formalna recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. „**Analiza właściwości elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP**”, przygotowana przez Pana mgr inż. Norberta Olczyka w Zakładzie Technologii Betonu na Wydziale Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej, prof. ZUT. Promotorem pomocniczym rozprawy był dr inż. Jarosław Błyszko.

Recenzję wykonałam na podstawie następujących dokumentów:

- [1] Zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, Pani Profesor Marii Kaszyńskiej z dnia 15.10.2019 r. (pismo nr WBiA-SD/318/2019);
- [2] Umowy o dzieło z dnia 21.10.2019 r. zawartej pomiędzy recenzentem a Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie;
- [3] Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Norberta Olczyka pt. „*Analiza właściwości elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP*”, Szczecin, wrzesień, 2019 r.
- [4] Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r. poz. 1669);
- [5] Ustawy z dnia 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 późniejszymi zmianami);
- [6] Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. 2018 r. poz. 1818);
- [7] Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 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. 2018 r. poz. 261).

Zgodnie z ustawami [4] i [5] jw. celem niniejszej recenzji jest ocena spełnienia przez rozprawę doktorską warunków określonych w art.13 ust.1 ustawy [5] jw., a w szczególności:

- a) czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego;
- b) czy rozprawa wykazała ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie „*inżynieria lądowa i transport*” wg [6];
- c) czy rozprawa wykazała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta.

Zgodnie z rozporządzeniem [7] niniejsza recenzja zawiera szczegółowo uzasadnioną ocenę spełniania przez rozprawę doktorską ww. warunków.

## **2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr inż. Norberta Olczyka jest ocena właściwości elementów betonowych zbrojonych prętami kompozytowymi GFRP (ang. *glass fibre reinforced polymer*). Rozprawa liczy łącznie 171 stron podzielonych na 10 rozdziałów, bibliografię, spis rysunków i tabel, załącznik zawierający 19 tabel z danymi pomiarowymi oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Tekst rozprawy zawiera 102 rysunki, 25 tabel, a spis cytowanego piśmiennictwa obejmuje 99 pozycji, w tym 15 aktów prawnych, instrukcji i norm oraz 8 stron internetowych. Wśród cytowanych publikacji są 4 prace, których współautorem był Doktorant.

W pierwszym rozdziale Doktorant przedstawił wprowadzenie do tematu rozprawy i motywację jego podjęcia, określił cele rozprawy i sformułował jej tezę oraz opisał zakres i strukturę rozprawy. Rozdział drugi obejmuje charakterystykę zbrojenia kompozytowego GFRP wraz omówieniem metod jego wytwarzania i podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych. W trzecim rozdziale Doktorant przedstawił stan wiedzy na temat badań elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP oraz zastosowania materiałów kompozytowych (w tym prętów GFRP) w budownictwie. Rozdział czwarty zawiera omówienie istniejących wytycznych (norm i instrukcji), zawierających zasady projektowania elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP. Kolejne cztery rozdziały stanowią zasadniczą, merytoryczną część rozprawy. Doktorant zaprezentował w nich wyniki zakres przeprowadzonych badań, charakterystykę użytych materiałów, metodykę badań oraz analizę wyników i wnioski z niej wynikające. Ostatnie dwa rozdziały rozprawy zawierają podsumowanie rozprawy, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

## **3. Ogólna ocena merytoryczna rozprawy**

### **3.1. Zasadność podjęcia tematu**

Wydłużenie trwałości obiektów budowlanych, w tym zwłaszcza infrastruktury komunikacyjnej, jest od dawna jednym z najważniejszych celów strategicznych administracji publicznej wielu krajów świata oraz współpracujących z nią ośrodków naukowych. Dlatego stale poszukuje się alternatywnych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych, które umożliwią wydłużenie życia istniejących i nowych obiektów budowlanych przy jednoczesnej uwzględnieniu minimalizacji nakładów na ich utrzymanie. Dwie pierwsze dekady XXI w. przyniosły znaczące upowszechnienie w budownictwie nowego materiału konstrukcyjnego, jakim są kompozyty włókniste FRP (ang. *fibre reinforced polymers*). Charakteryzują się one zdecydowanie lepszymi własnościami mechanicznymi i fizycznymi niż tradycyjne materiały konstrukcyjne: beton, stal czy drewno. Do największych zalet kompozytów FRP należą m.in.: wysoka wytrzymałość, mała masa (tj. bardzo korzystny stosunek wytrzymałość/ciężar), a także duża trwałość i odporność na korozję i związane z tym ograniczone koszty utrzymania. Dzięki zastosowaniu w obiektach budowlanych bardzo wytrzymałych, lekkich i trwałych elementów z kompozytów FRP jest możliwe znaczące podniesienie ich nośności oraz zwiększenie trwałości i niezawodności. Zakres stosowania kompozytów FRP w budownictwie obejmuje m.in. takie produkty jak: taśmy, maty i kształtki do wzmacniania istniejących konstrukcji oraz kształtowniki pultruzyjne, elementy z laminatów oraz kable sprężające i pręty do zbrojenia betonu w nowych obiektach budowlanych. Ten ostatni produkt budowlany z kompozytów FRP

oraz jego zastosowanie do zbrojenia elementów betonowych jest głównym przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Pręty kompozytowe FRP do zbrojenia betonu po raz pierwszy zastosowano w budownictwie w latach 80-tych XX wieku w USA, Kanadzie, Japonii i Niemczech. Do dnia dzisiejszego w tych krajach wykonano kilkaset konstrukcji betonowych z zastosowaniem zbrojenia z kompozytów polimerowych. Doświadczenie naukowców, projektantów i wykonawców zaowocowało opracowaniem wielu norm i wytycznych do projektowania i stosowania prętów FRP w betonowych konstrukcjach budowlanych różnego przeznaczenia. W Europie pręty z kompozytów FRP stosuje się głównie w budownictwie kubaturowym, w Japonii w budownictwie kubaturowym oraz w konstrukcjach inżynierskich, natomiast w Kanadzie i USA głównie w konstrukcjach inżynierskich. Ma to miejsce głównie w obszarach, w których klimat (np. liczne przejścia temperatury przez 0°C) w połączeniu z konwencjonalnymi metodami utrzymania (np. solenie jezdni drogowej) może prowadzić do przyspieszonej degradacji elementów betonowych. Ponieważ Polskę można zaliczyć również do takich obszarów, wydaje się racjonalne wdrożenie prętów FRP także do naszego budownictwa. Recenzowana rozprawa bez wątplenia wpisuje się w obszar prac naukowo – badawczych, których realizacja i późniejsza komercjalizacja, także w postaci nowych standardów projektowych, może doprowadzić do tego celu.

### 3.2. Cele, teza i zakres rozprawy

Doktorant wyznaczył sobie trzy zasadnicze cele rozprawy:

- a) rozpoznanie zachowania się zbrojenia kompozytowego w betonowych elementach zginanych;
- b) zidentyfikowanie mechanizmu zniszczenia betonowych elementów zginanych zbrojonych prętami kompozytowymi;
- c) weryfikację istniejących metod obliczeniowych (tzw. modeli analitycznych) na podstawie badań doświadczalnych.

Realizacja dwóch pierwszych celów miała także uwzględniać wpływ stopnia zbrojenia, klasy betonu oraz geometrii przekroju na nośność i sztywność (ugięcie) elementów pod krótkotrwałym obciążeniem statycznym.

Wszystkie postawione **cele rozprawy są istotne i ważne** z punktu widzenia wdrożenia do polskiego budownictwa nowego materiału / produktu, jakim są pręty kompozytowe, a w szczególności umożliwienia ich komercjalizacji przez opracowanie / weryfikację metod projektowania elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP. Na podstawie trzech serii badań doświadczalnych Doktorant uzyskał wyniki, pozwalające na realizację celów rozprawy. Wszystkie trzy **cele zostały w rozprawie - w różnym stopniu - zrealizowane**, a stopień ich realizacji można uznać za satysfakcjonujący.

Doktorant sformułował jedną tezę rozprawy, która jest bezpośrednim odniesieniem do jej celów. Teza brzmi: „*Stopień zbrojenia, klasa betonu i geometria elementu w większym stopniu wpływa na nośność, postać zniszczenia oraz odkształcalność zginanych elementów betonowych pod obciążeniem krótkotrwałym zbrojonych prętami kompozytowymi z włókna szklanego w porównaniu do elementów zbrojonych prętami stalowymi*”.

Ta dość zawiła i nie do końca poprawnie sformułowana teza zakładała porównanie zachowania się (tj. nośności, odkształcalności i mechanizmu zniszczenia) zginanych elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP oraz stalą zbrojeniową, i wykazanie

wpływu stopnia zbrojenia, klasy betonu oraz geometrii przekroju na to zachowanie się elementów pod obciążeniem krótkotrwałym. Tak postawioną tezę Doktorant **udowodnił tylko częściowo**, gdyż opracowany program badań nie pozwolił na zbadanie niezależnego wpływu wszystkich wymienionych parametrów.

Dla realizacji celów i udowodnienia tezy rozprawy Doktorant wykonał odpowiedni zakres prac naukowych. Po przedstawieniu przeglądu *state-of-the-art* w zakresie badań, zastosowań oraz projektowania elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP, Doktorant przeprowadził własne badania naukowe: badania materiałowe prętów i betonu (rozdziały 6 i 7) oraz trzy serie badań wytrzymałościowych płyt i belek betonowych, zbrojonych prętami GFRP (rozdziały 7 i 8). W każdym przypadku Doktorant porównał uzyskane wyniki badań z własnymi obliczeniami normowymi wg 5 różnych standardów (rozdział 8). Ostatnie dwa rozdziały rozprawy zawierają jej podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań. Zrealizowany **zakres rozprawy jest właściwy, adekwatny, spójny** i zasadniczo wystarczający do realizacji celów i potwierdzenia tezy rozprawy.

### 3.3. Przegląd stanu wiedzy i piśmiennictwo

Przegląd stanu wiedzy zawarty w rozdziałach 2, 3 i 4 rozprawy **jest bardzo ograniczony i nierówny**, brakuje w nim rzetelnego przeglądu informacji podstawowych dla realizowanych celów rozprawy, a z drugiej strony zawiera wiele informacji nie dotyczących przedmiotu rozprawy. Charakterystyka zbrojenia kompozytowego (rozdział 2) jest ograniczona do krótkiego opisu rodzajów prętów GFRP, metody ich produkcji oraz podania kilku wybranych własności mechanicznych i fizycznych prętów. Wśród metod produkcji Doktorant przedstawił technologie niestosowane w produkcji prętów (p.2.3.2 – 2.3.5), a bardzo ograniczone dane liczbowe (tabele 2.2 i 2.3) zaczerpnął tylko z jednej publikacji przeglądowej [68]. W rozdziale 3 oprócz ograniczonych informacji o trwałości i własnościach mechanicznych prętów, znajdują się kompletnie nie na temat części dotyczące badań mostu kompozytowego (p.3.2) oraz wzmacniania istniejących konstrukcji materiałami kompozytowymi (p.3.6.3). Dużym mankamentem tej części pracy jest **brak rzetelnego przeglądu badań elementów betonowych**, zbrojonych prętami GFRP. Piśmiennictwo na ten temat jest ogromne, a Doktorant podał jedynie lakoniczne informacje o badaniach na Politechnice Poznańskiej [52] i Warszawskiej [76] oraz w Indonezji [64]. Natomiast rzetelnie i adekwatnie w stosunku do celu któremu miał służyć opracował Doktorant rozdział 4, zawierający omówienie metod projektowania elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP wg 5 różnych norm.

Piśmiennictwo wykorzystane (i/lub cytowane) w rozprawie zawiera zarówno pozycje niezbędne do jej realizacji (cała część pt.: *Akty prawne, instrukcje i normy*), jak również pozycje kompletnie niezwiązane z tematyką rozprawy (np. [25] do [30], [56] do [61], [65]). W przypadku poz. [56] do [61] oraz [65] potwierdza to brak ich cytowania w tekście rozprawy. Niecytowanych w tekście pozycji piśmiennictwa jest łącznie 14. Duże zdziwienie może budzić wykorzystanie przez Doktoranta jedynie 3 pozycji z *Journal of Composites for Construction* ([2], [5], [63]) oraz 1 pozycji z *Composites – Part B: Engineering* [8]. Oba czasopisma są najbardziej prestiżowymi oraz powszechnie dostępnymi źródłami, publikującymi wyniki badań naukowych w przedmiocie rozprawy. Brak również fundamentalnych monografii przeglądowych, jak prace *A.Nanni, A. De Luca, H.J. Zadeh - Reinforced Concrete with FRP Bars: Mechanics and Design*, czy *H.V.S. Gangarao, N. Taly, P.V. Vijay – Reinforced Concrete Design with FRP Composites*. To **słabe wykorzystanie piśmiennictwa** bez wątpienia miało wpływ na obniżenie wartości merytorycznej rozprawy i jest jedną z przyczyn uwag krytycznych, które sformułowałem w p.5.

### 3.4. Badania własne Doktoranta

Badania własne Doktoranta można podzielić na dwie główne grupy: badania materiałowe (beton, pręty GFRP) oraz badania wytrzymałościowe elementów betonowych (płyty i belki betonowe). W zakresie badań materiałowych Doktorant przeprowadził badania własne betonu towarowego (M2) i prętów GFRP1. Brak w rozprawie opisu i wyników badań betonu wytwarzanego w laboratorium (M1) oraz prętów GFRP2. W wyniku badań betonu M2 Doktorant wyznaczył jego podstawowe parametry wytrzymałościowe. Wyniki badań prętów GFRP były nieudane, zarówno w próbie rozciągania, jak i pełzania. W sumie wyniki badań materiałowych **w bardzo ograniczonym stopniu** zostały wykorzystane w dalszych analizach porównawczych, a Doktorant bazował głównie na danych producentów lub wartościach normowych (jak w przypadku stali zbrojeniowej).

Badania wytrzymałościowe płyt i belek betonowych, zbrojonych stalą konwencjonalną i prętami GFRP, stanowią główny przedmiot rozprawy. Doktorant wykonał 3 serie badań na zginanie: badania płyt na trzypunktowe zginanie (9 próbek), badania płyt na czteropunktowe zginanie (14 próbek) oraz badania belek na czteropunktowe zginanie (6 próbek). Łącznie Doktorant zaprojektował, wykonał, opomiarował i **zbadal 29 próbek elementów betonowych**, co pozwoliło uzyskać dużą populację wyników, znacząco uzupełniając istniejącą bazę danych. Parametry poszczególnych próbek tak dobrano, aby zrealizować cele i udowodnić tezę rozprawy, co jak wspomniałem w p. 3.2 nie do końca było możliwe przy założonym planie badań. Ponadto wątpliwości moje budzi nazywanie próbek z badań serii 1 i 2 płytami. Według definicji zawartej w normie PN-EN 1992-1-1 płyta jest elementem, dla którego wysokość (grubość) przekroju jest co najmniej pięciokrotnie mniejsza niż minimalny wymiar w rzucie. Wg tej definicji wszystkie badane elementy były belkami, co i tak nie zmienia wniosków rozprawy, gdyż Doktorant – poza nazwą – nie uwzględniał w analizie typu badanego elementu zginanego.

W rozprawie opisano przeprowadzone przez Doktoranta badania odporności elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP na agresję chemiczną (p.7.1, p.8.1). Opis i wyniki tych badań stanowią znaczącą część rozprawy, lecz **nie są związane z jej celami** i nie służą do uzasadnienia postawionej tezy. Dlatego ta część rozprawy nie została uwzględniona w tej recenzji.

### 3.5. Podsumowanie i wnioski końcowe rozprawy

Wnioski końcowe rozprawy Doktorant zestawił w 15 punktach, ułożonych w **sposób dość chaotyczny i przypadkowy**, i zawierających zarówno rzeczywiste wyniki badań naukowych Doktoranta (głównie jakościowe), jak również stwierdzenia ogólne, nie mające odzwierciedlenia w pracach opisanych w rozprawie (p. 5, 8), a także wnioski nie związane z celami rozprawy (p. 7,10,11,12). We wnioskach Doktorant **brak ilościowej oceny** wpływu badanych parametrów (stopnia zbrojenia, klasy betonu oraz geometrii elementu) na zachowanie się elementów betonowych, zbrojonych prętami stalowymi i kompozytowymi, pod obciążeniem krótkotrwałym. Słuszny i poparty wynikami rozprawy jest natomiast wniosek Doktoranta nt. konieczności opracowania krajowych procedur obliczeniowych do projektowania takich elementów.

## 4. Oryginalne osiągnięcia Doktoranta

### 4.1. Najważniejsze uzyskane wyniki

Do najważniejszych wyników uzyskanych przez Doktoranta w wyniku realizacji rozprawy doktorskiej zaliczam:

- a) jakościową i ilościową (w mniejszym stopniu) ocenę zachowania się pod obciążeniem zginanych elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP, poprzez ocenę ich nośności, sztywności i mechanizmu zniszczenia, w porównaniu do analogicznych elementów, zbrojonych konwencjonalną stałą zbrojenią;
- b) doświadczalną ocenę wpływu wybranych parametrów projektowych (klasa betonu, stopień zbrojenia, geometria elementu) na zachowania się zginanych elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP;
- c) doświadczalną weryfikację analitycznych metod projektowania zginanych elementów betonowych, zbrojonych prętami GFRP, wg pięciu różnych standardów projektowych;
- d) wkład naukowo – badawczy do wdrażania, komercjalizacji i upowszechnienia nowego materiału / produktu, jakim są pręty kompozytowe GFRP, w polskim budownictwie.

### 4.2. Oryginalne osiągnięcia naukowe

Niewątpliwie najbardziej oryginalnym elementem rozprawy jest jej **tematyka**. Jak już wspomniałem w p. 3.1. realizacja prac naukowo – badawczych w zakresie zastosowania prętów GFRP do zbrojenia elementów betonowych, jest w warunkach polskiego budownictwa bardzo uzasadniona. Do tej pory na palcach jednej ręki można policzyć krajowe obiekty budowlane, do zbrojenia których zastosowano pręty GFRP. Jedną z największych barier we wdrażaniu prętów kompozytowych jest brak krajowych standardów projektowych. Badania przeprowadzone przez Doktoranta, a zwłaszcza weryfikacja pięciu różnych (zagranicznych) procedur projektowych, na pewno przyczynią się do częściowej likwidacji tej bariery.

Oryginalny, aczkolwiek zrealizowany nie całkiem przekonująco, jest **zakres i program badań** betonowych elementów zginanych. Badania wytrzymałościowe obejmujące aż 29 próbek badawczych w średniej skali, są dość rzadko realizowane w budownictwie. Tak duża liczba badanych elementów pozwoliła na kompleksowe spojrzenie na zagadnienie zginania elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP, a także na wiarygodną weryfikację doświadczalną ocenianych procedur projektowych. I pomimo nie wypełni wykorzystanego potencjału przeprowadzonych badań, ich zakres na pewno należy uznać za oryginalny.

Cechy oryginalności mają także **niektóre wnioski ilościowe**, wyciągnięte przez Doktoranta na podstawie uzyskanych wyników badań. Należą do nich głównie porównania zachowania się elementów betonowych z różnym zbrojeniem, przedstawiane na wykresach „obciążenie – ugięcie” i wykresach odkształceń granicznych oraz tabelaryczne porównania nośności elementów zbrojonych prętami GFRP, wyznaczonej doświadczalnie i prognozowanej za pomocą norm.

Do oryginalnych elementów zastosowanej przez Doktoranta metodyki badawczej należy również **wykorzystanie systemu optyczno-pomiarowego ARAMIS** do trójwymiarowych bezdotykowych pomiarów odkształceń i przemieszczeń w belkach podczas badań serii 3. Podczas przeprowadzenia badań system ARAMIS analizował, obliczał oraz dokumentował rozwój propagacji pęknięć w wybranych próbkach. Otrzymane wyniki Doktorant przedstawił

w formie graficznej, co dało możliwość obrazowego zrozumienia zachowania badanych belek podczas obciążania.

Wymienione powyżej oryginalne osiągnięcia naukowe Doktoranta, zawarte w recenzowanej rozprawie, stanowią moim zdaniem **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, będącego przedmiotem rozprawy.

## 5. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Kilka uwag krytycznych podałem w p. 3 oceniając ogólnie zawartość rozprawy. Poniżej przedstawiłem uwagi bardziej szczegółowe.

- 5.1. Plan badań i ich zakres, pomimo przebadania 29 próbek, nie pozwolił Doktorantowi na **jednoznaczną identyfikację wpływu parametrów** opisanych w celach i tezie pracy (stopień zbrojenia, klasa betonu, geometria przekroju), na zachowanie się (tj. nośność, sztywność, postać zniszczenia) betonowych elementów zbrojonych prętami GFRP pod obciążeniem krótkotrwałym. W serii 1 oprócz zbrojenia (stal, GFRP) nie różnicowano żadnego innego parametru, w serii 2 oprócz zbrojenia różnicowano tylko geometrię (grubość) płyt, a w serii 3 oprócz zbrojenia różnicowano tylko stopień zbrojenia belek. Tak przeprowadzone badania, poza jednostkowymi wynikami, nie dały wystarczających danych, aby wiarygodnie uzasadnić tezę rozprawy.
- 5.2. W przypadkach, gdy taka identyfikacja była możliwa, Doktorant ograniczył się jedynie do opisowej (jakościowej) oceny wpływu wybranych parametrów na nośność, sztywność, a zwłaszcza mechanizm zniszczenia elementów. Brakuje w rozprawie **ilościowej kwantyfikacji tego wpływu**, a bez tego wyciąganie wiarygodnych, a przede wszystkim praktycznych wniosków z przeprowadzonych badań było niemożliwe.
- 5.3. Dyskusyjny jest w kilku przypadkach **układ i rodzaj prętów**, zastosowany w badanych próbkach. W większości przypadków badane zbrojenie dolne jest identyczne jak tzw. zbrojenie rozdzielcze (górne) (seria 1, 2), czyli badany element miał przekrój podwójnie zbrojony. Czy można w tych przypadkach przyjąć założenie „o *znikomym wpływie zbrojenia ściskanego na nośność przekroju*”?
- 5.4. Belki typu K w serii 3 mają **dolne zbrojenie kompozytowe, a górne stalowe**. Co więcej, w niektórych belkach stalowe zbrojenie rozdzielcze (2φ8) jest większe (!!!) od głównego zbrojenia kompozytowego (2φ6,5). Stalowe są także wszystkie strzemiona. Czy w tych przypadkach wyniki można uznać za adekwatne dla „*elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP*” jak w tytule rozprawy? Jaki wpływ miały wskazane układy i/lub rodzaje prętów zbrojeniowych na wyniki badań?
- 5.5. Brak wyników **kluczowych badań materiałowych** (beton M1, pręty GFRP2) utrudnia w niektórych przypadkach rzetelne porównanie wyników badań doświadczalnych oraz prognoz wykonanych analitycznie (obliczenia normowe). Dlaczego tych badań nie wykonano, analogicznie jak dla betonu M2 lub prętów GFRP1? Jaki wpływ ma przyjęcie wartości normowych (z braku badań materiałowych) na porównanie nośności i/lub sztywności belek?
- 5.6. Doktorant porównał wyniki badań z obliczeniami wg pięciu różnych norm. Brak w rozprawie informacji podsumowującej i wskazania, który ze standardów najlepiej

prognozował wykazane doświadczalnie zachowanie się badanych elementów (nośność, sztywność, mechanizm zniszczenia).

## 6. Ocena strony formalnej i redakcji rozprawy

Układ rozprawy jest zasadniczo poprawny i logicznie wynika z jej przedmiotu. Niepotrzebne moim zdaniem jest jedynie podzielenie opisu badań na dwa rozdziały 5 i 7. Ponadto w poszczególnych podrozdziałach rozdziału 8 (wyniki badań i analiza) brakuje wniosków i podsumowań z poszczególnych badań, których niestety nie ma także w rozdziale 9 (podsumowanie).

Język rozprawy jest zrozumiały i poprawny technicznie, chociaż zdarzają się lapsusy typu „jedno- lub dwupunktowe zginanie”, „ciało próbne”, „krótkoterminowe pelzanie” czy „EUROCODE 2 für Deutschland”.

Redakcja rozprawy niestety pozostawia wiele do życzenia. Praca sprawia wrażenie napisanej w pośpiechu, bez należytej dbałości i czasu na jej powtórne przeczytanie i korektę edytorską. Poniżej przedstawiłem kilka najważniejszych **uwag natury redakcyjnej**, jakie sformułowałem na podstawie ocenianego tekstu rozprawy:

- a) tytuł rozprawy w języku angielskim nie jest poprawny;
- b) bardzo liczne są błędy w cytowaniach, zarówno w tekście jak i pod rysunkami;
- c) podpis [*opracowanie własne*] podawany jako źródło zdjęć jest moim zdaniem niewłaściwy;
- d) zdarzają się powtórzenia tekstu (np. nt. składu i badań mieszanki betonowej);
- e) niepoprawnie jest sporządzony spis piśmiennictwa (bibliografia): brak jednolitego wzoru opisu artykułów, książek itp, w wielu pozycjach brak podstawowych danych bibliograficznych, niepoprawne źródła jak np. [72], liczne pozycje niecytowane w tekście rozprawy.

## 7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Norberta Olczyka stanowi bez wątpienia **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, jakim była analityczna i doświadczalna ocena własności wytrzymałościowych elementów betonowych zbrojonych prętami GFRP. Wprawdzie w wyniku przeprowadzonych prac naukowych Doktorant nie wykazał, że sporządzona przez niego ocena jest do końca wiarygodna i może mieć znaczenie praktyczne, to jednak z uwagi na szeroki zakres przeprowadzonych badań i dużą liczbę sprawdzonych procedur obliczeniowych, rozprawa bez wątpienia stanowi istotny wkład do bazy danych, na których opierają się badania naukowe oraz prace normalizacyjne w przedmiotowym obszarze. Jednocześnie ze względu na rosnące zapotrzebowanie na pręty kompozytowe do zbrojenia betonu, zwłaszcza w konstrukcjach poddanych specyficznym warunkom eksploatacji, wyniki pracy naukowej Doktoranta są cennym wkładem w rozwój tej gałęzi budownictwa.

Przygotowanie rozprawy doktorskiej wymagało od Pana mgr inż. Norberta Olczyka zdobycia szerokiej wiedzy teoretycznej i praktycznej w zakresie obliczeń normowych, technologii betonu, badań doświadczalnych, zarówno materiałowych jak również konstrukcyjnych, nowoczesnych metod pomiarowych oraz analiz porównawczych wyników badań i obliczeń teoretycznych. Doktorant wykazał się także dobrym przygotowaniem do prowadzenia badań naukowych w zakresie konstrukcji budowlanych oraz umiejętnościami krytycznej analizy ich wyników w odniesieniu do procedur normowych. Zawartość i treść



rozprawy w sposób zadowalający pokazują **ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej „inżynieria lądowa i transport”** oraz zdobytą przez niego **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Tak więc recenzowana praca naukowa spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.* (Dz.U. Nr 65, poz. 595).

Reasumując mogę jednoznacznie stwierdzić, że pomimo sformułowanych przeze mnie uwag krytycznych do merytorycznej zawartości rozprawy oraz do sposobu jej redakcji, oczywiste walory poznawcze rozprawy, oryginalne rozwiązanie postawionego problemu metodami analitycznymi i doświadczalnymi, a także wykazana w pracy ogólna wiedza teoretyczna i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta, upoważniają mnie do postawienia wniosku do Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o **przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Norberta Olczyka oraz o dopuszczenie jej do publicznej obrony**.



Tomasz Siwowski,  
Rzeszów, 24.11.2019 r.