

Bydgoszcz, 30.09.2022

Recenzent:

prof. dr hab. inż. Adam Podhorecki
Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Adresat Recenzji:

Politechnika Świętokrzyska
Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Doroty Michałowskiej-Maziejuk pt.:
*„Efektywność wzmocnienia zginanych belek żelbetowych przy użyciu materiałów
kompozytowych typu CFRP”*

1. Podstawa formalna

Niniejszą Recenzję sporządzono na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Świętokrzyskiej, Nr 21/2022 z dnia 08.06.2022 roku.

2. Podstawa prawna

- Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (tekst jednolity: Dz.U. 2017, poz. 1789);
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2011, Nr 204, poz. 1200).

3. Sentencja Recenzji

W opinii Recenzenta przedłożona Rozprawa, pt. *„Efektywność wzmocnienia zginanych belek żelbetowych przy użyciu materiałów kompozytowych typu CFRP”*, spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 11 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity: Dz.U. 2017, poz. 1789) i może być

wpłynęło dnia:

2022 -10- 0 4

Data

Podpis



uznana za rozprawę doktorską. To powoduje, że Recenzent wnosi o dopuszczenie Rozprawy do publicznej obrony.

4. Ocena Rozprawy

4.1. Opis Rozprawy

Rozprawa została podzielona na 11 rozdziałów ze streszczeniem, symbolami i bibliografią liczącą 120 pozycji oraz normami, raportami, instrukcjami (21 pozycji) oraz stronami internetowymi (5 pozycji). Praca liczy 200 stron.

4.2. Ocena merytoryczna Rozprawy

a. Przedmiot, cel, tezy badawcze

Przedmiotem Rozprawy jest wzmocnienie zginanych belek żelbetowych przy użyciu materiałów kompozytowych CFRP (Carbon Fibre Reinforced Polimer = kompozyt zbrojony włóknem węglowym i polimerową osłoną/osnową).

Celem Rozprawy jest poszukiwanie efektywnego wzmocnienia taśmami kompozytowymi typu CFRP eksploatowanych elementów z betonu zbrojonego (belek żelbetowych) przy wykorzystaniu prototypowego urządzenia grzewczego SIKA Carbotleater II (służącego do podgrzewania taśmy kompozytowej).

Sformułowano 4 tezy badawcze związane głównie z technologią wzmocnienia taśmami CFRP belek żelbetowych.

Komentarz Recenzenta

- Sformułowano aż 4 cele, a w opinii Recenzenta powinien być podany cel główny i cele drugorzędne.
- Niektóre tezy badawcze (podano 4 tezy) są oczywiste, nie wymagające badań, np. to, że podgrzewanie taśmy CFRP poprawia efektywność klejenia tej taśmy do wzmocnianego elementu. Na pewno istotna jest temperatura i czas podgrzewania taśmy w powiązaniu z czasem wiązania/utwardzania kleju.

b. Charakterystyka poszczególnych rozdziałów Rozprawy

Rozdział 1. pt. „*Wprowadzenie – znaczenie tematu*” liczy 2. strony, zawiera podstawowe dane związanego z przedmiotem Rozprawy. Na końcu tego rozdziału napisano: „*Podjęty zakres pracy obejmuje analizę efektywności wzmocnienia kompozytami eksploatowanych elementów*”

z betonu zbrojonego oraz nawiązując do czasu trwania wzmocnienia, przedstawia przyspieszoną technikę wzmocniania belek żelbetowych materiałami kompozytowymi typu CFRP w metodzie NSMR (ang. Near Surface Mounted Reinforced), przy pomocy prototypowego urządzenia grzewczego z analizą efektywności tej techniki.”

Komentarz Recenzenta

Zupełnie niezrozumiałym jest włączenie metody NSMR w przedmiotową problematykę, już na wstępie, bez wyjaśnienia istoty tej metody.

Rozdział 2. pt. „Przegląd literatury” liczący 40 stron podzielono na następujące podrozdziały:

- projektowanie, bezpieczeństwo, niezawodność, zawodność konstrukcji;
- przyczyny stosowania wzmocnień elementów żelbetowych;
- wzmocnienia wykonane metodą tradycyjną;
- wzmocnienia wykonane przy użyciu materiałów kompozytowych, a w tym przedstawiono:
 - kompozyty – wiadomości ogólne,
 - zalety i wady kompozytów,
 - podsumowanie;
- kompozyty FRP stosowane do wzmocnień konstrukcji żelbetowych, a w tym:
 - wiadomości ogólne,
 - typy i rodzaje włókien,
 - matryca,
 - rodzaje wyrobów FRP,
 - zalety, wady i ograniczenia w stosowaniu wzmocnień FRP;
- charakterystyka systemów wzmocnień FRP, a w tym:
 - ogólny podział systemów,
 - bierne i czynne systemy wzmocnień FRP – rys historyczny;
- wzmocnianie elementów żelbetowych materiałami CFRP w metodzie NSMR, a w tym:
 - przegląd dotychczasowych badań doświadczalnych,
 - podsumowanie;
- tezy pracy, procedury i modele obliczeniowe, a w tym:
 - fazy pracy i postacie zniszczenia,

- procedury i modele obliczeniowe zginanej belki żelbetowej – przykłady.

Komentarz Recenzenta

- Rozdział 2. poprzedzający rozdziały podstawowe nie kończy się generalnym podsumowaniem, a z tego powinno wynikać to, co stanowiło przestrzeń do przedmiotowej Rozprawy.
- W Rozprawie wyróżnia się metodę NSMR, a w przeglądzie literatury nie wyjaśniono istoty tej metody.

Rozdział 3. pt. „*Cele i tezy pracy*” liczący 3 strony ma następujące podrozdziały:

- cele pracy (podano 4 cele);
- tezy pracy i metody ich udawadniania (podano 4 tezy).

Podano ponadto program badawczy z uzasadnieniem.

Rozdział 4. pt. „*Stanowiska badawcze, aparatura pomiarowa*” liczący 9 stron ma następujące podrozdziały:

- badania skrócenia czasu wiązania;
- badania belek żelbetowych;
- badania wyjaśniające większą efektywność wzmocnienia belek żelbetowych przy zastosowaniu grzania taśmy CFRP;
- badania towarzyszące, a w tym:
 - badanie wytrzymałości betonu na ściskanie oraz modułu sprężystości betonu,
 - badanie przyczepności betonu poprzez odrywanie (metoda pull-off),
 - badanie wytrzymałości na rozciąganie modułu sprężystości stali zbrojeniowej i taśmy CFRP,
 - badanie temperatury powierzchni zewnętrznej kleju podczas grzania taśm CFRP.

Komentarz Recenzenta

- Brakuje podsumowania rozdziału.
- Brakuje jakiegokolwiek odniesienia do metody NSMR.

Rozdział 5. pt. „*Program i realizacja badań*” liczący 24 strony ma następujące podrozdziały:

- ustalenie składu ilościowego mieszanki betonowej;
- badania skrócenia procesu wiązania, a w tym:

- materiały zastosowane do badań,
 - badane elementy i program obciążeń,
 - prototyp urządzenia grzewczego,
 - wykonane wzmocnienia elementów żelbetowych;
- badania belek żelbetowych, a w tym:
- zestaw elementów wraz z zastosowanymi materiałami,
 - program obciążeń,
 - wykonanie wzmocnienia belek żelbetowych,
 - wykonane pomiary;
- badania wyjaśniające większą efektywność wzmocnienia belek żelbetowych przy zastosowaniu grzania taśmy, a w tym:
- badane elementy, program obciążeń – etap pierwszy,
 - badane elementy, program obciążeń – etap drugi.

Komentarz Recenzenta

- Brakuje podsumowania rozdziału.
- Brakuje odniesienia do metody NSMR.

Rozdział 6. pt. „*Wyniki badań*” liczący 44 stron ma następujące podrozdziały:

- wyniki badań nad skróconym procesem wzmocnienia, a w tym:
 - obrazy zniszczenia badanych elementów,
 - siły niszczące badanych elementów,
 - pomiar temperatury powierzchni zewnętrznej kleju;
- wyniki badań belek żelbetowych, a w tym:
 - obrazy zniszczenia belek żelbetowych w danej serii,
 - siły niszczące badanych belek żelbetowych,
 - wyniki pomiarów przemieszczeń pionowych,
 - wyniki pomiarów odkształceń,
 - pomiar temperatury zewnętrznej powierzchni kleju;
- wyniki badań dotyczących wyjaśnienia większej efektywności wzmocnienia belek żelbetowych przy zastosowaniu grzania taśmy;
- wyniki badań towarzyszących, a w tym:
 - badania wytrzymałości betonu na ściskanie,

- badanie przyczepności betonu przez odrywanie,
- badanie wytrzymałości stali zbrojeniowej,
- badanie wytrzymałości taśm włókien węglowych.

Komentarz Recenzenta

Brak jakiegokolwiek podsumowania.

Rozdział 7. pt. „*Analiza wyników badań pod kątem skrócenia procesu wiązania kleju*” liczący 5 stron ma następujące podrozdziały:

- wpływ zmiany temperatury grzania taśmy na stopień wzmocnienia elementów żelbetowych;
- wpływ czasu wiązania kleju na wartość stopnia wzmocnienia elementów żelbetowych;
- wpływ temperatury grzania taśm na wartość temperatury zewnętrznej powierzchni zaprawy klejowej;
- podsumowanie wyników analizy.

Rozdział 8. pt. „*Analiza wyników badań belek żelbetowych pod kątem nośności stopnia wzmocnienia odnoszącego się do nośności belek niewzmocnionych i temperatury grzania taśm*” liczący 11 stron ma następujące podrozdziały:

- analiza porównawcza wyników nośności belek żelbetowych uzyskanych z badań doświadczalnych z wartościami obliczeniowymi;
- wpływ przyspieszonej metody wzmocnienia na stopień wzmocnienia belek żelbetowych, a w tym:
 - wpływ stopnia zbrojenia stalowego belek na stopień wzmocnienia z uwzględnieniem skrócenia procesu wiązania,
 - wpływ stopnia kompozytowego wzmocnienia belek na stopień wzmocnienia z uwzględnieniem skrócenia procesu wiązania;
- wpływ programu obciążenia belek żelbetowych na stopień wzmocnienia, a w tym:
 - wpływ stopnia zbrojenia stalowego belek na stopień wzmocnienia z uwzględnieniem programu obciążenia,
 - wpływ skrócenia procesu wzmocnienia belek na stopień ich wzmocnienia;

- wpływ temperatury grzania taśm na wartość temperatury zewnętrznej powierzchni zaprawy klejowej;
- podsumowanie wyników analizy.

Rozdział 9. pt. „*Analiza wyników badań belek żelbetowych pod kątem wpływu zastosowania przyspieszonej metody wzmocnienia na wielkość ugięć odkształceń i krzywizn badanych elementów*” liczący 12 stron ma następujące podrozdziały:

- analiza pod kątem ugięć;
- analiza pod kątem odkształceń i krzywizn;
- podsumowanie wyników analizy.

Rozdział 10. pt. „*Analiza badań pod kątem wpływu zmiany temperatury otoczenia na zachowanie się taśmy zatopionej w zaprawie klejowej elementu żelbetowego*” liczący 6 stron ma następujące podrozdziały:

- wstęp;
- analiza zachowania się taśmy kompozytowej – etap pierwszy;
- analiza zachowania się taśmy kompozytowej – etap drugi;
- podsumowanie wyników analizy.

Rozdział 11. pt. „*Podsumowanie, wnioski końcowe i kierunki dalszych badań*” liczący 8 stron ma następujące podrozdziały:

- podsumowanie;
- wnioski końcowe;
- kierunki dalszych badań.

c. Syntetyczna ocena

Głównego waloru Rozprawy - stanowiącego w istocie oryginalne rozwiązanie problemu naukowego - Recenzent upatruje w udoskonaleniu/uefektywnieniu/uogólnieniu metody NSMR dotyczącej wzmocnienia belek żelbetowych taśmami CFRP wklejanymi w betonową otulinę pod stałym obciążeniem, w pozycji pułapowej, czyli wzmocnienia eksploatowanych elementów konstrukcji. To uefektywnienie/uogólnienie polega na następujących działaniach:

- zastosowanie podgrzewania taśmy kompozytowej w procesie wzmocnienia konstrukcji, celem skrócenia czasu wiązania zaprawy klejowej, stąd w tej sytuacji istotne było ustalenie optymalnej temperatury grzania;

- zastosowanie prototypowego urządzenia do podgrzewania taśm, w tym celu współpracowano ze szwajcarską firmą Sika Services AG (i oddziałem tej firmy Sika Poland Sp. z o.o.).

Na podkreślenie zasługuje w związku z tym to, że założone cele pracy (str. 62) zostały osiągnięte, a tezy pracy (str. 73) - udowodnione. Zaproponowana technologia wzmocnienia belek żelbetowych przy użyciu taśm kompozytowych (CFRP) uogólniła tę technologię i, która jest prawie gotowa do praktycznego wdrożenia. Współpraca z firmą SIKA (o światowym zasięgu) daje rękojmię do tego wdrożenia, do osiągnięcia sukcesu. Wskazuje to na duży walor praktyczny recenzowanej Rozprawy, do którego zawsze powinny zmierzać prace naukowe (i nie tylko prace naukowe).

W celu realizacji celu głównego Rozprawy wykonano dokładne, szczegółowe badania laboratoryjne poszczególnych elementów tworzących przedmiot Rozprawy oraz różne badania towarzyszące, ale przede wszystkim wykonano:

- badania wyjaśniające i dokumentujące większą efektywność wzmocnienia belek żelbetowych przy stosowaniu grzania taśmy CFRP;
- badania porównawcze wskazujące na poprawienie efektywności proponowanej technologii.

W opinii Recenzenta przedstawiona w Rozprawie koncepcja u efektywnienia metody NSMR polegająca na odpowiednim podgrzewaniu taśmy CFRP w czasie wzmocniania obciążonych belek żelbetowych przy stosowaniu unikatowego urządzenia służącego do podgrzewania taśmy CFRP w pozycji pałapowej. W istocie, w Rozprawie rozpatruje się aktualne, praktyczne i ważne zagadnienie będące domeną dyscypliny inżynierii lądowej i transport. Doktorantka swoje rozważania i koncepcje odnosi do aktualnej światowej literatury specjalistycznej. Na podkreślenie zasługuje tok rozumowania, dobrze „trzymany” ciąg logiczny i użyta argumentacja co czyni zadość obowiązującej w nauce zasadzie weryfikacji. Zwraca się tutaj uwagę na wybór ważnej tematyki badawczej, o dużych walorach praktycznych. Wykonano kompleksowe badania laboratoryjne, starannie wszystko opracowano i zilustrowano. Bibliografia jest wyczerpująca, dobrze identyfikuje przedmiot Rozprawy i jest profesjonalnie zestawiona.

Doktorantka ma rozległą wiedzę teoretyczną, tj. dotyczącą przede wszystkim:

- znajomości zasad prowadzenia profesjonalnych badań laboratoryjnych i analizy wyników badań z wykorzystaniem statystyki matematycznej;
- znajomości różnych modeli obliczeniowych dotyczących konstrukcji betonowych.

Ma kompetencje do prowadzenia złożonych badań doświadczalnych/laboratoryjnych, obejmujących:

- klasyczne/podstawowe badania materiałów budowlanych (głównie betonu, stali, taśm z włókien węglowych);
- zaprojektowanie modelu konstrukcji do badań laboratoryjnych, opracowanie programu i realizacji badań, analizę wyników badań;
- walidację modelu obliczeniowego, biorąc pod uwagę rezultaty badań doświadczalnych/laboratoryjnych.

Recenzent wyraża z pełnym przekonaniem opinię, że Doktorantka wykazuje się ogólną wiedzą teoretyczną i umiejętnością/kompetencją prowadzenia zwłaszcza badań doświadczalnych/laboratoryjnych w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa i transport oraz finalnie, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Zdaniem Recenzenta, Rozprawa spełnia wymogi stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopnia i tytule w zakresie sztuki (Dz.U 2017, poz. 1789) i dlatego Recenzent wnosi o dopuszczenie do publicznej obrony.

4.3. Uwagi polemiczne, krytyczne Recenzenta

1. Uwagi szczegółowe zamieszczono przy recenzowaniu poszczególnych rozdziałów (pkt. 4.2 Recenzji).
2. Uwagi o charakterze ogólnym przedstawia się poniżej:
 - Koniecznie na obronie Rozprawy, należy dokładnie i jednoznacznie przedstawić/scharakteryzować metodę NSMR, aby dopiero na tym tle przedstawić wprowadzone przez Doktorantkę modyfikacje/uzupełnienia/uogólnienia. Jest to ważne, bowiem metoda NSMR jest mało znana w środowisku technicznym budownictwa.
 - Należy dokładnie wyjaśnić, jak proponowane w Rozprawie modyfikacje wpłyną na obowiązujący w metodzie NSMR, m.in. na algorytm obliczeń wzmacniania, np. belek żelbetowych.
 - Należy wyjaśnić, jak wyniki badań laboratoryjnych zawartych w Rozprawie przenieść na poziom praktyczny.

A. Polkorecki