

Recenzent:

dr hab. inż. Wit Derkowski
Associate Professor
Department for Building Technology
Linnaeus University
SE-351 95 Växjö, Sweden
tel.: +48 502136060
e-mail: wit.derkowski@lnu.se

Växjö, 4 września 2023 r.

Adresat Recenzji:

plk. prof. dr hab. inż. Michał Kędzierski
Przewodniczący Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport”
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Jancy, pt.: „Doświadczalna i numeryczna analiza belek kablobetonowych o zmiennym mimośrodzie sprężenia obciążonych statycznie i dynamicznie”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo plk. prof. dr hab. inż. Michała Kędzierskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport” w Wojskowej Akademii Technicznej, z dnia 7 lipca 2023 roku przesłane wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej i umową o dzieło na wykonanie niniejszej 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. Anny Jancy, pt.: „Doświadczalna i numeryczna analiza belek kablobetonowych o zmiennym mimośrodku sprężenia obciążonych statycznie i dynamicznie” przygotowana na Wydziale Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie. Praca została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Adama Stolarskiego jako promotora.

Opiniowana praca, napisana w języku polskim, ma charakter monografii naukowej i zawarta jest w jednym tomie o łącznej objętości 108 stron. Dysertacja składa się z podziękowań, obfitych streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu treści, wykazu użytych skrótów i oznaczeń, wykazu rysunków i tabel oraz 88 stron zasadniczej części pracy składającej się z 6 rozdziałów oraz wykazu piśmiennictwa obejmującego 51 pozycji.

Tematyka recenzowanej pracy dotyczy opracowania nowej, kompleksowej metody precyzyjnego modelowania numerycznego kablobetonowych belek sprężonych cięgnami bez przyczepności, poddanych obciążeniom statycznym lub dynamicznym. Jest to praca o charakterze doświadczalno-obliczeniowym, w której Doktorantka przedstawiła stan wiedzy w zakresie numerycznych analiz konstrukcji kablobetonowych, zaproponowała własny, złożony model obliczeniowy, przeprowadziła badania doświadczalne belek kablobetonowych służące do kalibrowania modelu oraz wykonała analizy numeryczne w zakresie obciążeń statycznych i dynamicznych, wyciągając oryginalne wnioski.

Moim zdaniem tytuł dysertacji nie całkowicie odzwierciedla jej, siłą rzeczy, ograniczony zakres. Opracowanie to przede wszystkim dotyczy analizy numerycznej pracy belek kablobetonowych o różnych mimośrodkach, poddanych obciążeniu statycznemu lub dynamicznemu. Badania doświadczalne zostały zrealizowane w bardzo okrojonym zakresie. Takie podejście nie jest błędne, jeśli celem badań eksperymentalnych nie jest wnioskowanie o pracy konstrukcji kablobetonowych, a jedynie kalibrowanie modelu numerycznego służąca do głębszych analiz. Dlatego tytuł pracy mógłby brzmieć „Kompleksowe modelowanie numeryczne belek kablobetonowych o zmiennym mimośrodku sprężenia, obciążonych statycznie lub dynamicznie”. Tak sformułowany tytuł wiązałby się też bezpośrednio z zaproponowaną tezą pracy.

Należy również jednoznacznie podkreślić, że rola odpowiedniego modelowania numerycznego obiektów budowlanych i inżynierskich wciąż rośnie, a powszechnie stosowane metody bazujące na licznych uproszczeniach nie są w stanie właściwie odwzorowywać pracy konstrukcji, szczególnie w przypadku występowania obciążeń dynamicznych. Tak więc recenzowana praca ma duże znaczenie praktyczne i jednocześnie stanowi interesujący problem naukowy. Fakt ten bardzo dobrze uzasadnia podjęcie tej problematyki jako aktualnego i ważnego dla budownictwa zagadnienia, które winno zostać rozwiązane na drodze naukowej.

3. Treść rozprawy doktorskiej

Zasadnicza część recenzowanej rozprawy doktorskiej składa się z sześciu rozdziałów omówionych poniżej.

Rozdział 1, liczący 12 stron, zawiera wstęp stanowiący swoistego rodzaju state-of-the-art w zakresie modelowania sprężonych konstrukcji betonowych, tezę, cele i zakres przygotowywanej pracy.

Bardzo dobrze o dojrzałości naukowej Doktorantki i jej świadomości prowadzenia badań w inżynierii lądowej świadczy uwaga zawarta już w pierwszym akapicie wstępu, podkreślająca, że „nawet najbardziej precyzyjne podejście do modelowania numerycznego musi być podparte badaniami doświadczalnymi”.

Przegląd stanu wiedzy wykonano cytując liczne, dobrze dobrane publikacje z zakresu teorii obliczania i modelowania konstrukcji kablobetonowych. Można mieć pewien niedosyt z powodu braku odwołań do innych, znaczących pozycji literatury światowej – ale wybór źródeł z danej dziedziny zawsze jest decyzją subiektywną, o którą można się spierać. W tym przypadku nie można jednak zarzucić autorce wypatrzenia obrazu, powstałego z uwagi na dokonany przez nią wybór.

Na podstawie wnikliwej analizy dotychczasowych prac naukowych w przedmiotowym zakresie, Doktorantka sformułowała następującą tezę główną pracy:

„Jest możliwe opracowanie nowej, kompleksowej metody modelowania numerycznego kablobetonowych belek sprężonych o zmiennym mimośrodku sprężenia z dokładną kalibracją modelu numerycznego względem badań doświadczalnych, na której podstawie można dokonać symulacji statycznego zachowania we wszystkich fazach pracy do zniszczenia włącznie oraz prognozowania dynamicznej reakcji belek”.

Postawiona teza ta jest czytelna, jednoznaczna, dobrze oddająca podjęty problem naukowy.

Na potrzeby udowodnienia tezy sformułowano cztery cele główne pracy, uzupełnione 11 celami szczegółowymi, które porządkują planowany zakres pracy. Tak systematyczne podejście świadczy o głębokim przemyśleniu tematyki realizowanego doktoratu oraz bardzo dobrym przygotowaniu organizacyjnym autorki i już na wstępie daje nadzieję na osiągnięcie zamierzonego efektu końcowego.

W rozdziale 2, zatytułowanym Badania doświadczalne belek kablobetonowych obciążonych statycznie, liczącym 9 stron, przedstawiono własne badania doświadczalne, zrealizowane na dwóch wolnopodpartych belkach, o rozpiętości ok. 2,80 m, sprężonych pojedynczymi cięgnami bez przyczepności typu monostrand, poddanych monotonicznemu obciążeniu statycznemu, które służą później kalibracji własnego modelu numerycznego.

Opis wyników badań doświadczalnych jest dość skąpy. Na przykład: choć w p. 2.5. zaprezentowano opis powstawania kolejnych uszkodzeń, prowadzących do osiągnięcia nośności belek, to jest on raczej ogólny i nie zawiera żadnych wartości liczbowych – warto było podać przy jakiej wielkości obciążenia obserwowano pierwsze zarysowania, jakie szerokości rozwarcia rys występowały w danych momentach obciążenia, itp. Szkoda, bo te wartości również mogły posłużyć do ostatecznej kalibracji modelu numerycznego.

W rozdziale 3, zatytułowanym Modele numeryczne belek kablobetonowych, liczącym 24 strony, przedstawiono opis modeli materiałowych, geometrii belek, zasady siatkowania, definicje elementów kontaktowych oraz parametry numerycznej procedury obliczeniowej dla własnego, kompleksowego, bardzo szczegółowego modelu obliczeniowego.

Moim zdaniem tytuły rozdziałów 2 i 3 powinny precyzyjnie informować, iż rozdziały te dotyczą wyłącznie badań i modeli własnych, a nie – ogólnie – wszelkich badań belek kablobetonowych lub modeli numerycznych, realizowanych do tej pory.

Na rozdział 4, prezentujący wyniki analiz belek pod obciążeniem statycznym, składa się 14 stron. Zawiera dobór wielkości tłumienia masowego oraz kalibrację modelu na podstawie własnych badań doświadczalnych. Ponadto, wykonano również analizę wpływu wprowadzenia rysy wymuszonej na wyniki analizy numerycznej.

W rozdziale 5, liczącym 18 stron, zawarto analizy numeryczne przedmiotowych belek pod obciążeniem dynamicznym, w zakresie oddziaływania krótkotrwałego impulsu siły stałego lub zmiennego w czasie. Ważną częścią tych analiz jest ocena wpływu wzmocnienia dynamicznego wytrzymałości betonu na reakcję dynamiczną elementu.

Rozdziały 3, 4 i 5 są ważnym wkładem własnym doktorantki w rozwój nauki, a rozdział 5 stanowi, bez wątpienia, najcenniejszą część opiniowanej pracy.

Rozdział 6, obejmujący 6 stron, jest zakończeniem pracy, zawierającym dyskusję uzyskanych wyników i wnioski końcowe a także propozycje kierunków przyszłych badań w tym obszarze.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pani mgr inż. Anny Jancy stwierdzam, że przyjęty układ oraz sposób prezentacji treści jest logiczny i typowy dla prac o charakterze doświadczalno-obliczeniowym. Jak wcześniej wspomniałem, wysoko oceniam tematykę rozprawy i podjęcie przez Doktorantkę wyzwania prowadzenia analiz naukowych w zakresie zaawansowanego modelowania elementów z betonu sprężonego poddanych obciążeniom statycznym i dynamicznym, a więc wciąż w ograniczonym zakresie występujących w skali świata, a na polskim rynku niemalże nie prowadzonych.

Układ dysertacji od strony formalnej (w tym kwestie edytorskie), jak i merytorycznej, znajduje się na bardzo wysokim poziomie.

Na fakt mojej jednoznacznie pozytywnej oceny przedmiotowej rozprawy doktorskiej wpływają przede wszystkim następujące argumenty:

- stworzenie dobrze opracowanego state-of-the art w zakresie analiz numerycznych betonowych konstrukcji sprężonych. Przegląd stanu wiedzy obejmuje krajowe (nieliczne) oraz zagraniczne prace naukowe z ostatnich lat, a wnioski z niego są nie tylko aktualne, ale przede wszystkim, stanowią rzetelne uzasadnienie przyjętego w pracy kierunku badań naukowych, mogących mieć praktyczne zastosowanie w inżynierii lądowej;
- przeprowadzenie właściwie zaplanowanych, pracochłonnych badań eksperymentalnych na belkach kablobetonowych, sprężonych ciągniami bez przyczepności o różnych mimośrodkach, wraz z częścią niezbędnych badań materiałowych. Choć zakres badań doświadczalnych był silnie ograniczony, to należy podkreślić, że zawsze jest on uzależniony od możliwości technicznych laboratorium, na co doktorant nie może mieć wpływu. Niemniej jednak, Doktorantka swoją pracą w pełni potwierdziła umiejętność realizacji doświadczeń z zakresu konstrukcji budowlanych wraz z analizą uzyskanych wyników;
- opracowanie własnego, kompleksowego, w pełni trójwymiarowego modelu numerycznego, o bardzo dużym stopniu szczegółowości, zwalidowanego wynikami własnych badań eksperymentalnych. Autorka wykazała tym samym możliwość przeprowadzenia stosunkowo wiarygodnej analizy numerycznej pracy żelbetonowych belek sprężonych kablami bez przyczepności poddanych obciążeniom statycznym oraz możliwość wnioskowania o zachowaniu takich belek poddanych obciążeniom dynamicznym. Na podkreślenie zasługuje bardzo dobry i niezwykle czytelny opis modelu numerycznego, wraz ze wszystkimi zawiłościami;
- przeprowadzenie licznych analiz porównawczych dla belek o różnych mimośrodkach sprężenia, w zakresie ich nośności dynamicznej i statycznej, przemieszczeń oraz modeli zniszczenia. Doktorantka przeprowadziła dyskusje w zakresie wpływu imperfekcji geometrycznych (rysa wymuszona), parametru tłumienia masowego, współczynnika wzmocnienia wytrzymałości dynamicznej dla dwóch rodzajów oddziaływań impulsowych. Uważam, że wnioski z tych analiz są ważnym wkładem Doktorantki w aktualny stan wiedzy.

Podczas studiowania rozprawy nasunęły się również pewne wątpliwości, niejasności bądź błędy, które powinny zostać wyjaśnione. Uwagi te podzieliłem na następujące trzy grupy:

❖ Uwagi ogólne, odnoszące się do całości pracy

- 1) dotycząca udowodnienia potrzeby rozbudowywania i uszczegóławiania modeli numerycznych:
Praca ta ma charakter naukowy, więc zastosowanie bardzo zaawansowanych i szczegółowych modeli numerycznych oraz niezwykle gęstych siatek bryłowych elementów skończonych (o wymiarze sięgającym nawet 2,15 mm) jest w pełni uzasadnione, natomiast trudno sobie wyobrazić stosowanie takich modeli w praktyce projektowania realnych, konstrukcji kablobetonowych o dużych rozpiętościach i skomplikowanych układach statycznych. Ciekawe zatem byłoby wykonanie podobnych analiz, prostymi modelami numerycznymi, powszechnie stosowanymi w praktyce projektowej, i udokumentowanie różnic w otrzymywanych wynikach. Taka informacja dowodziłaby potrzebę stosowania dokładniejszego modelowania w sytuacjach tego wymagających i dawałaby pogląd, jakich „zysków” można się spodziewać stosując najbardziej zaawansowane modele.
- 2) dotycząca analizy dokładności wyników i możliwych błędów:
W pracach naukowych ważną rolę odgrywa uwzględnienie niedokładności pomiarów i analiza możliwego błędu w omawianiu wyników badań (zarówno doświadczalnych, jak i numerycznych). Dopiero wynik podany z zakresem możliwego błędu stanowi wiarygodną informację, która może służyć dalszym analizom, szczególnie w sytuacji, kiedy badane są pojedyncze elementy badawcze i nie jest możliwa analiza statystyczna rozrzutu wyników. Ciekawe byłoby zweryfikowanie dokładności np. pomiaru przemieszczenia pionowego zastosowaną metodą, którego wyniki podawane są w pracy z dokładnością 0,01 mm.

❖ Uwagi dotyczące poszczególnych obszarów

- 1) Badania doświadczalne wraz z analizą ich wyników:
 - * Z czego wynika tak skąpy zakres badań materiałowych, w szczególności w zakresie badań częściowo zrealizowanych, czyli tych, gdzie techniczna możliwość przeprowadzenia badania przez Doktorantkę została potwierdzona, a ilość dodatkowego materiału potrzebnego do dalszych badań nie powinna być przeszkodą?
Duże wątpliwości budzi zbadanie parametrów fizycznych betonu jedynie na dwóch lub trzech próbkach. Powołując się na zapis z Załącznika B „Badanie identyczności pod względem wytrzymałości na ściskanie” normy PN-EN 206+A2:2021-08 „Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność”, pozwalający w specyficznych warunkach, na badanie na dwóch próbkach, autorka konkluduje, że kryterium zgodności otrzymano dla klasy C50/60. Otóż norma ta rozróżnia kontrolę zgodności i kontrolę identyczności. Kontrola zgodności obejmuje parametry techniczne określone na próbkach wykonanych przez wytwórcę betonu i służy ona przede wszystkim wydaniu deklaracji właściwości użytkowych. Kontrolę identyczności przeprowadza wykonawca robót budowlanych, bazując na próbkach pobranych bezpośrednio przed ułożeniem mieszanki w deskowania i ma ona na celu potwierdzenie, że wbudowywany beton ma tę klasę co została zamówiona. Obie te procedury nie mogą służyć

celowi, jaki miała Doktorantka, a więc identyfikacji dokładnych właściwości betonu na potrzebę walidacji zaawansowanych modeli numerycznych. Po pierwsze dlatego, że w doktoracie nie chodzi o potwierdzenie klasy betonu, a o zbadanie rzeczywistych właściwości tego materiału, a takie badania – z uwagi na niejednorodność betonu - powinny być wykonane na większej ilości próbek. Po drugie, ponieważ zbadanie wytrzymałości kostkowej betonu na ściskanie nie jest wystarczające do określenia pozostałych, ważnych w modelowaniu, właściwości wytrzymałościowych betonu, takich jak wytrzymałość na rozciąganie czy moduł sprężystości.

W przypadku właściwości stali sprężającej, badaniom poddano jedynie 3 druty ze splotu siedmiodrutowego – dlaczego? Nie podano również czy badaniom poddano druty zewnętrzne, czy rdzeń wewnątrz splotu, który ma nieco większą średnicę.

Przy podawaniu wyników badań stali zbrojeniowej B500SP w ogóle nie podano na ilu próbkach badania zrealizowano. Zastanawia również, dlaczego nie zbadano doświadczalnie modułu sprężystości stali zbrojeniowej, skoro w przypadku stali sprężającej takie badanie było zrealizowane?

- * Błędnie wykonano badanie modułu sprężystości dla stali sprężającej, który miałby być użyty w modelu numerycznym belki. Moduł sprężystości został określony jedynie dla drutów wyjętych ze splotu, a pominięto określenie modułu sprężystości splotu jako wyrobu, który to ma wartość mniejszą niż moduł pojedynczych drutów z uwagi na spiralne skręcenie drutów oplotu po rdzeniu i, wynikające z tego faktu, pewne dodatkowe odkształcenie podłużne w trakcie próby rozciągania splotu.
- * Dlaczego zdecydowano o przykładaniu obciążenia zewnętrznego poprzez walek ułożony bezpośrednio na betonowej powierzchni belki, bez pośrednictwa żadnej płyty stalowej, co powoduje lokalnie bardzo duże naprężenie dociskowe w betonie inicjujące zniszczenie. Takiego rozwiązania nie stosuje się w praktyce inżynierskiej ani w realizacji badań konstrukcji z betonu.
- * Szkoda, że na stali zbrojeniowej nie zainstalowano tensometrów do pomiaru odkształceń w trakcie eksperymentu. Umożliwiłoby to bezpośrednie porównanie rzeczywistych odkształceń (ew. pośrednie – naprężeń) z wynikami analiz numerycznych (np. tymi pokazanymi na rysunku 4.17).
- * Wytlumaczenie lokalizacji miejsca zniszczenia belki 2 (podane na stronie 35) jest raczej niefortunne – wydaje się, że znacznie lepsze wytłumaczenie tego samego faktu znajduje się na stronie 64, przy analizie wyników analiz numerycznych.

2) Modelowanie numeryczne wraz z wynikami analiz:

- * Zastosowana procedura wyznaczania poszczególnych właściwości betonu, bazująca na wzorach zaczerpniętych z EN 1992-1, polegająca na przeliczaniu kostkowej wytrzymałości na ściskanie na wytrzymałość walcową, po czym dalej na średnią wytrzymałość na ściskanie, aby w końcu uzyskać na średnią wytrzymałość rozciąganie lub moduł sprężystości, daje zazwyczaj wyniki daleko odbiegające od rzeczywistości. Dlatego, w badaniach naukowych, staramy się wyznaczać te właściwości na drodze doświadczalnej.

- * W pracy nie podano na jakiej podstawie (w jaki sposób) wyznaczono wartości górnej granicy plastyczności czy odkształcenia przy umownej granicy plastyczności, zaprezentowane w tabeli 3.1.? Nie wspomniano też nic o tym, jaką wartość modułu sprężystości splotu przyjęto w modelu. Wartość modułu Younga dla splotów jest zwykle ok. 5% niższa niż dla drutów składowych, co zresztą znajduje odzwierciedlenie w zapisach np. przywołanej w pracy normy EN 1992-1.
 - * W tabeli 3.2, prezentującej właściwości stali zbrojeniowej przyjęte w modelu numerycznym, przyjęto wartości średnie pochodzące z badań oraz wartości obliczeniowe podane w normach. Takie mieszanie różnych rodzajów wartości należy uznać za błędne.
 - * Przy tak zaawansowanym modelowaniu konstrukcji, jakie w tej pracy zostało wdrożone, model połączenia splotu z zakotwieniem należy raczej uznać za zbyt uproszczony, nie oddający rzeczywistej pracy cięgna w zakotwieniu. W modelu przyjęto sztywne połączenie cięgna z bokiem kotwiącym, występujące jedynie na jego krawędzi.
W badaniach doświadczalnych zastosowano zakotwienie typu stożkowego, a więc w gnieździe bloku kotwiącego, o kształcie stożka ściętego, zaciskane są szczęki obejmujące splot na długości 3-4 cm, tj. odpowiadającej co najmniej kilku elementom skończonych. Tak więc siła ze splotu przekazywana jest na blok na jego głębokości, po czym przekazywana jest na beton belki, jako niemalże równomiernie rozłożone ciśnienie. Jeśli chodzi o prace splotu, to na długości szczęki pojawia się złożony stan naprężenia z uwagi na liniowo zmieniający się docisk w kierunku prostopadłym do osi splotu. A zatem, np. analiza rozkładu naprężenia w bloku kotwiącym, pokazana na rysunku 4.11, jak i analiza stanu naprężenia w cięgnie w strefie zakotwienia, nie oddają stanu rzeczywistego.
 - * Na stronach 44-45 autorka zwraca uwagę na ważną rolę efektów reologicznych zachodzących w betonie, już w pierwszym etapie następującym po betonowaniu, i tym uzasadnia konieczność uwzględnienia pełzania betonu w zaproponowanym modelu. Pominięty natomiast został skurcz betonu – czy zatem w tak szczegółowym modelowaniu skurcz betonu nie może mieć znaczenia dla wyników końcowych?
 - * W Tabeli 3.5 podano przyjęte wartości graniczne parametrów zniszczenia w modelu CDP, lecz bez podania źródła przyjętych wartości.
 - * Na stronie 52 podano informację, że dla stali sprężającej przyjęto niższą wartość parametru wzmocnienia dynamicznego, nie podając wartości liczbowej, ani sposobu jej określenia.
- 3) Analiza wniosków końcowych
- * Pierwszy wniosek z badań eksperymentalnych i analiz numerycznych (strona 93), mówiący o tym, że badania należy przygotowywać starannie, jest zbyt banalny jak na pracę naukową o takim potencjale. Podobnie oczywisty jest pierwszy wniosek na stronie 95.
 - * Wniosek czwarty na stronie 93, dotyczący możliwości rozszerzenia stworzonego modelu na przypadki elementów sprężonych cięgnami z przyczepnością, budzi pytanie czy dla zbrojenia z przyczepnością wystarczające jest definowanie interfejsu jedynie przez zadanie współczynnika tarcia?

❖ Uwagi szczegółowe

- * Tabela 2.2, na stronie 31, prezentuje wyniki badań. W jaki sposób zatem badano powierzchnię przekroju poprzecznego drutu? Zapewne nie był to pomiar bezpośredni, a mierzona mogła być raczej średnica drutu. W takim przypadku Tabela powinna podawać wartości pomierzone, a nie wyniki późniejszych przeliczeń.
- * Na stronie 33 powinna być mowa o „nośności” strefy ściskanej, a nie „wytrzymałości” tej strefy („wytrzymałość” rozumiana jest zwykle jako cecha materiału, tj. maksymalna wartość naprężenia, jakie dany materiał jest w stanie przenieść).
- * Na stronie 39 powinna być mowa o „zagęszczeniu” siatki, a nie o „zwiększeniu siatki”.
- * W tabeli 3.2, na stronie 42, wartość granicy plastyczności dla pręta Φ 10mm podano 541 MPa, podczas gdy w tabeli 2.3 – 540 MPa.
- * Na stronie 43 powinna być mowa o „kącie dylatacji”, a nie o „kącie dylatacji” (dylatacja jest zjawiskiem poprzedzającym kruche zniszczenie materiału).
- * Na rysunku 3.9 a), na stronie 45, na osi odciętych powinna być zaznaczona wartość oznaczona ϵ_{ce} zamiast ϵ_{ec} .
- * Wątpliwe jest czy rysę w analizie konstrukcji z betonu (w których to zarysowanie jest stanem przewidzianym przez projektanta), należy nazywać imperfekcją (strona 70).
- * W drugim akapicie p. 5.2.1., na stronie 82, zamiast Q_d powinno być Q_0 .
- * Zamiast określenia „zagięcie trasy ciągną” znacznie częściej mówi się o „odgięciu trasy ciągną” (strona 95).
- * W pracy błędnie przywoływana jest norma PN-EN 206+A2:2021-08 – otóż na stronie 30 przywołano PN-EN 206+A1:2021-08 (powinno być A2, a nie A1), natomiast w Wykazie literatury, na stronie 103, przywołano PN-EN 206+A2:2016-12 (powinno być 2021-08, a nie 2016-12).

5. Podsumowanie recenzji

W opiniowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Anny Jancy podjęto problem do tej pory wciąż niewystarczająco rozpoznany na gruncie naukowym, a jednocześnie mający duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne. Wyniki przeprowadzonych analiz mają dużą wartość poznawczą, a sama praca przyczynia się do pogłębienia zasobu wiedzy w podjętej tematyce i stanowi wkład w metodologię modelowania numerycznego betonowych konstrukcji sprężonych poddanych obciążeniom statycznym lub dynamicznym. Opublikowane wyniki analiz dynamicznych otwierają możliwość ich dalszego wykorzystania w późniejszych badaniach realizowanych również w innych ośrodkach naukowych. Pod tym względem pracę oceniam bardzo wysoko.

Doktorantka, na podstawie wnikliwej analizy dotychczasowego stanu wiedzy, zredagowała cele i postawiła jedną tezę pracy po czym, stosując odpowiednie metody badawcze, zredagowała ważne wnioski końcowe. Doktorantka wykazała się również odpowiednimi umiejętnościami prowadzenia badań doświadczalnych elementów konstrukcyjnych w skali zbliżonej do rzeczywistej. Stopień realizacji celów oraz potwierdzenia tezy jest bardzo dobry - autorka przedstawiła dowody jakościowe,

które w wystarczający sposób udowadniają postawioną tezę. Praktyczną wartością badań jest fakt, że w oparciu o nie wskazano dalsze kierunki rozwoju w tym obszarze.

Podsumowując, można stwierdzić, że Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego wnioskowania naukowego na podstawie własnych rozwiązań postawionych problemów. W świetle opisanych faktów stwierdzam, iż mgr inż. Anna Jancy posiada predyspozycje i odpowiednie przygotowanie do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Podkreślam również, że moim zdaniem mocne strony dysertacji zdecydowanie przeważają nad nielicznymi słabszymi, które najprawdopodobniej wynikały z ograniczeń czasowych. Szereg z przedstawionych przeze mnie uwag i komentarzy ma charakter otwartej dyskusji naukowej bądź wskazówek dotyczących przyszłej pracy naukowej i nie powinny one być traktowane jako zwykłe wytykanie błędów lub krytyka.

Ważne podkreślenia jest również, że zaopiniowana praca stanowi element szkoły naukowej Profesora Adama Stolarskiego w Wojskowej Akademii Technicznej, obejmującej zagadnienia modelowania numerycznego konstrukcji z betonu. Dotychczasowy krąg badawczy został – co dowodzi ta praca – poszerzony o zagadnienia analizy dynamicznej konstrukcji kablobetonowych, co zasługuje na wielkie uznanie.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska pt. „Doświadczalna i numeryczna analiza belek kablobetonowych o zmiennym mimośrodku sprężenia obciążonych statycznie i dynamicznie” spełnia wszystkie wymogi odnośnie do prac doktorskich zawarte w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. 2018 poz. 1668) wraz z późniejszymi zmianami. Stwierdzam również, że Doktorantka osiągnęła efekty uczenia się, stawiane dla Poziomu 8 Europejskich Ram Kwalifikacji, i stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Anny Jancy do publicznej obrony złożonej pracy.

Biorąc pod uwagę aktualność i oryginalność tematyki opiniowanej rozprawy, oraz bardzo dobrze uporządkowany wysoki poziom realizacji i sposób przedstawienia treści, stawiam wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Anny Jancy. Szczegółowe uzasadnienie tego wniosku wynika wprost opisanych w niniejszej recenzji zalet.



.....
dr hab. inż. Wit Derkowski