Olsztyn 15.01.2024.

dr hab. inż. Jacek Katzer

Katedra Inżynierii Budowlanej
Instytut Geodezji i Budownictwa
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Opinia promotorska na temat pracy doktorskiej mgr inż. Aneto Skoratko pt. „Kompozyty cementowe zbrojone przestrzennymi elementami plastikowymi wykonanymi za pomocą druku 3D"

Badania prowadzone przez mgr inż. Anetę Skoratko w ramach pracy doktorskiej, realizowanej pod moją promotorską opieką, dotyczyły wykorzystania przestrzennych elementów plastikowych o skomplikowanej geometrii wykonanych za pomocą druku 3D, do zbrojenia elementów betonowych. W trakcie prowadzonych badań skupiono się zarówno na cechach mechanicznych otrzymywanych kompozytowych elementów plastikowo-betonowych, jak i na problemach technologicznych dotyczących cech stosowanej matrycy cementowej (tak czystej, jak i zbrojonej włóknami stalowymi). W przedstawionej pracy zdefiniowano następujące tezy:

- Elementy plastikowe wykonane za pomocą druku 3D nadają się do zastosowania jako szalunek stracony słupów betonowych i fibrobetonowych.

- Elementy plastikowe wykonane za pomocą druku3D nadają się do zastosowania jako zbrojenie wewnętrzne belek betonowych.

- Możliwe jest kształtowanie cech mechanicznych elementów wykonanych z kompozytów cementowych za pomocą elementów przestrzennego zbrojenia plastikowego.

Wszystkie trzy tezy zostały w pracy skutecznie i przekonywująco udowodnione.

Prowadzone badania miały szeroki zakres i obejmowały różne typy plastikowych elementów zbrojeniowych słupów i belek. Z uwagi na ograniczenia techniczne dostępnych drukarek 3D wszystkie badania były prowadzone w skali, a za model matrycy betonowej posłużyła modyfikowana zaprawa normowa. Przeprowadzone przez doktorantkę badania miały nowatorski charakter. Planowanie programu badawczego było poprzedzone głęboką analizą literaturową aktualnego stanu wiedzy, która wykazała, że jest to tematyka oryginalna i bardzo innowacyjna. Dotychczas na świecie tylko kilka zespołów badawczych podejmowało próby wykonywania plastikowo-betonowych kompozytów, a geometrie elementów zbrojących były oparte o proste układy kratowe lub heksagonalne. Geometria stosowanych przez doktorantkę plastikowych elementów zbrojących oparta była o skomplikowaną geometrię opartą na fraktalach i gyroidach. Doktorantka w swoim podejściu znacznie wyszła poza istniejący stan wiedzy i poszerzyła ją w znaczący sposób. W trakcie realizacja programu badawczego Pani mgr inż. Aneta Skoratko wykazała się szeroką wiedzą z zakresu technologii betonów oraz fibrobetonów, znajomością i biegłością w realizacji wielu laboratoryjnych procedur badawczych, sprawną umiejętnością posługiwania się oprogramowaniem służącym do

tworzenia cyfrowych modeli 3D oraz przygotowywaniem danych do druku 3D i samą obsługą drukarek 3D. Oryginalny dorobek doktorantki polega na:

1) Zaproponowaniu różnych typów szalunków traconych o skomplikowanej geometrii (niemożliwej do uzyskania tradycyjnymi metodami) opartej na różnych typach fraktali wykonanych z plastiku za pomocą druku 3D do betonowania słupów. Opracowane szalunki tracone pełnią rolę zbrojenia o specyficznych cechach. Uzyskany w ten sposób element słupowy charakteryzuje się quaziplastycznym zachowaniem przy ściskaniu i jest w stanie pochłonąć znaczne ilości energii przed ostatecznym zniszczeniem. Charakterystyki pracy kompozytowych plastikowo-betonowych słupów są bardzo trudne (jeżeli w ogóle możliwe) do uzyskania innymi metodami. Niekonwencjonalne zachowanie się opracowanych słupów pozwala myśleć o ich przyszłym zastosowaniu w konstrukcjach narażonych na fale uderzeniowe, trzęsienia ziemi, drgania, pojedyncze uderzenia, wybuchy itp.
2) Zaproponowaniu zbrojenia belek w postaci przestrzennych wkładek plastikowych wykonanych za pomocą druku 3D o geometrii na bazie gyroidów. Opracowane belki charakteryzują się podobną do opisanych powyżej słupów dużą quaziplastycznością. Ich charakterystyka zniszczenia jest podobna do fibrobetonów o dużej zawartości włókien stalowych. Niekonwencjonalne zachowanie się opracowanych belek pozwala myśleć o ich przyszłym zastosowaniu w konstrukcjach narażonych na fale uderzeniowe, trzęsienia ziemi, drgania, pojedyncze uderzenia, wybuchy itp.

Oba rodzaje elementów plastikowo-betonowych zostały bardzo skrupulatnie przebadane pod względem ich cech mechanicznych stosując zarówno metodykę normową jak i oryginalną metodykę badawczą opracowaną przez doktorantkę. Uzyskana wiedza pozwala na planowanie dalszych prac badawczych na elementach pełnowymiarowych oraz tworzenie podstaw obliczeniowych do przyszłej metody projektowania konstrukcyjnego omawianych elementów.

Wyniki prowadzonych badań były sukcesywnie publikowane w czasopismach naukowych i prezentowane na konferencjach naukowych. Uwagi recenzentów poszczególnych artykułów oraz dyskusja prowadzona w trakcie konferencji naukowych pozwoliła na optymalizowanie programu badawczego oraz sukcesywne podwyższanie poziomu naukowego doktorantki. Całość programu badawczego została przedstawiona w 6 monotematycznych publikacjach w czasopismach w języku angielskim z IF, które na liście ministerialnej w momencie publikacji były wycenione na 100, 140 i 200 punktów. Dwa z omawianych artykułów mają już po kilkanaście cytowań co świadczy o dużym zainteresowaniu tematyką badawczą podjętą przez doktorantkę. Przedstawiona rozprawa obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki i świadczy o znajomości najnowszej literatury z dyscypliny naukowej *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*.

W trakcie realizacji doktorskiego programu badawczego mgr inż. Aneta Skoratko znacznie poszerzyła swoją wiedzę teoretyczną z zakresu druku 3D plastiku, betonu i metali, poznała i sprawnie stosowała nowe laboratoryjne metodyki badawcze oraz pogłębiła swoja znajomość technicznego języka angielskiego. Część omawianych badań była prowadzona w zespołach badawczych składających się z pracowników rodzimego wydziału, innych polskich uczelni oraz uczelni zagranicznych. We wszystkich konfiguracjach zespołów badawczych doktorantka

wykazała się dużą umiejętnością pracy zespołowej, łatwością komunikacji, prowadzeniem efektywnej dyskusji naukowej oraz sprawnym formułowania tez i wniosków. Można jednoznacznie stwierdzić, że mgr inż. Aneta Skoratko posiada wszystkie kompetencje społeczne niezbędne do prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

W podsumowaniu mogę stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr inż. Anety Skoratko została napisana przejrzyście, a wyniki badań zostały przedstawione w sposób systematyczny. Rozprawa ta stanowi bardzo interesujący wkład w badania nad najnowszymi typami zbrojenia do betonów. Doktorantka wykazała się umiejętnością: sprawnego planowania i rzetelnego prowadzenia pracy badawczej; właściwego doboru technik badawczych; wyciągania rzetelnych wniosków na podstawie uzyskanych wyników badań; jasnego i logicznego formułowania swoich pomysłów naukowych oraz referowania przeprowadzonych prac tak w postaci maszynopisów artykułów jak i wygłaszanych referatów.

Oceniając pozytywnie recenzowaną pracę stwierdzam, że spełnia ona wymogi stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do dalszych etapów procedowania w dyscyplinie naukowej *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*.

