

Załącznik 3

Autoreferat dotyczący działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej

Zawartość:

1.	Imię i nazwisko	str. 1
2.	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	str. 1
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	str. 1
4.	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki	str. 1
4.a.	Tytuł osiągnięcia naukowego	str. 1
4.b.	Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	str. 1
4.c.	Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	str. 2
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych	str. 9
6.	Działalność dydaktyczna	str. 13
7.	Działalność organizacyjna, współpraca naukowa i popularyzacja nauki	str. 13

1. Imię i nazwisko

Łukasz Skarżyński

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

1. Doktor nauk technicznych w zakresie budownictwa. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska. Promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Tejchman. Recenzenci: dr hab. inż. Jerzy Pamin, prof. PK. i dr hab. inż. Jarosław Górski, 2011.
2. Inżynier (kierunek: Inżynieria Drogowa), Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Inżynierii Drogowej, Politechnika Gdańska, 2006.
3. Magister inżynier (kierunek: Budowa Mostów), Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Mechaniki Budowli i Mostów, Politechnika Gdańska, 2006.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1. od 2011: Adiunkt w Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Budownictwa i Inżynierii Materiałowej, Politechnika Gdańska.
2. 2006-2011: Asystent w Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Budownictwa i Inżynierii Materiałowej, Politechnika Gdańska.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

a. Tytuł osiągnięcia naukowego

Badania doświadczalne i obliczenia numeryczne zjawiska zarysowania w elementach betonowych bez i ze zbrojeniem.

b. Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

1. **Skarżyński Ł.**, Tejchman J., 2012. Numerical mesoscopic analysis of fracture of fine-grained concrete under tensile loading. *Archives of Civil Engineering*, LVIII, 3, 331-361.
2. **Skarżyński Ł.**, Tejchman J., 2013. Modelling the effect of material composition on the tensile properties of concrete. *Understanding tensile properties of concrete. Book series: Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 48, 52-97.
3. **Skarżyński Ł.**, Kozicki J., Tejchman J., 2013. Application of DIC technique to concrete – study on objectivity of measured surface displacements. *Experimental Mechanics*, 53(9), 52-97.
4. **Skarżyński Ł.**, Tejchman J., 2013. Experimental investigations of fracture process using DIC in plain and reinforced concrete beams under bending. *Strain*, 49(6), 521-543.
5. **Skarżyński Ł.**, Nitka M., Tejchman J., 2014. Two-scale model for concrete beams subjected to three point bending – numerical analyses and experiments. *Computational Modelling of Concrete Structures, Proceedings of the EURO-C 2014 Conference*, March 24-27, St. Anton am Arlberg, Austria, Vol. 1, 149-158.

6. Nitka M., Skarżyński Ł., Tejchman J., 2015. Simulations of fracture in concrete beams under bending using a continuum and discrete approach. *XIII International Conference on Computational Plasticity: Fundamentals and Applications COMPLAS 2015*, September 1-3, Barcelona, Spain, 1065-1076.
7. Skarżyński Ł., Nitka M., Tejchman J., 2015. Modelling of concrete fracture at aggregate level using FEM and DEM based on X-ray micro-CT images of internal structure. *Engineering Fracture Mechanics*, 147, 13-35.
8. Skarżyński Ł., Tejchman J., 2016. Experimental investigations of fracture process in concrete by means of X-ray micro-computed tomography. *Strain*, 52(1), 26-45.
9. Skarżyński Ł., Marzec I., Tejchman J., 2017. Experiments and numerical analyses for composite RC-EPS slabs. *Computers and Concrete*, 20(6), 689-704.
10. Skarżyński Ł., Marzec I., Draj K., Tejchman J., 2018. Numerical analyses of novel prefabricated structural wall panels in residential buildings based on laboratory tests in scale 1:1. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, doi: 10.1080/19648189.2018.1474382.
11. Skarżyński Ł., Suchorzewski J., 2018. Mechanical and fracture properties of concrete reinforced with recycled and industrial steel fibers using Digital Image Correlation technique and X-ray micro computed tomography. *Construction and Building Materials*, 183, 283-299.
12. Skarżyński Ł., Marzec I., Tejchman J., 2019. Fracture evolution in concrete compressive fatigue experiments based on X-ray micro-CT images. *International Journal of Fatigue*, doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.002.

c. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Proces pęknięcia obejmujący powstanie lokalizacji odkształceń i makro-rys jest fundamentalnym zjawiskiem w materiałach kruchych i quasi-kruchych. Odpowiada on za spadek sztywności i wytrzymałości oraz poprzedza zniszczenie elementów konstrukcji. Proces pęknięcia obejmuje w betonie dwie podstawowe fazy: na początku tworzy się cienka strefa mikro-rys zwana lokalizacją odkształceń lub strefą procesu pęknięcia (*ang. fracture process zone, FPZ*), a wraz ze wzrostem deformacji lokalizacje odkształceń przechodzą w dyskretne makro-rysy. Tematem moich zainteresowań naukowych jest proces pęknięcia w elementach betonowych bez i ze zbrojeniem ciągłym lub rozproszonym. W swojej pracy naukowej skupiłem się na badaniach doświadczalnych i obliczeniach numerycznych procesu pęknięcia. W doświadczeniach statycznych (monotonicznych i cyklicznych) wykorzystałem najnowocześniejsze na świecie narzędzia pomiarowe: a) bezinwazyjną metodę korelacji obrazów cyfrowych (*ang. digital image correlation, DIC*) do pomiaru przemieszczeń na powierzchni betonu oraz b) mikro-tomografię komputerową (*ang. micro-computed tomography, micro-CT*) pozwalającą na przestrzenne zobrazowanie meso-struktury betonu. Do identyfikacji porowatych stref przejściowych pomiędzy betonem a zaprawą cementową (*ang. interfacial transitional zone, ITZ*) wykorzystałem skaningowy mikroskop elektronowy o dużej rozdzielczości (*ang. scanning electron microscope, SEM*). Na podstawie doświadczeń monotonicznych wykonywałem obliczenia numeryczne, na bazie metody elementów skończonych (MES), na poziomie kruszywa (poziom mezoskopowy). Beton opisałem jako materiał cztero-fazowy złożony z kruszywa, zaprawy cementowej, stref kontaktu między zaprawą a kruszywem oraz makro-porów. Mezoskopowe analizy numeryczne (MES) wykonałem przy użyciu izotropowego modelu z degradacją sztywności. W celu poprawnego

opisu lokalizacji odkształceń (szerokości, nachylenia i rozstawu) użyty model został rozszerzony w obszarze osłabienia o długość charakterystyczną mikro-struktury w ramach teorii nielokalnej. Długość charakterystyczna mikrostruktury została określona na podstawie doświadczeń metodą DIC, a otrzymane wyniki MES w przestrzeni dwuwymiarowej zostały bezpośrednio porównane z wynikami doświadczalnymi. W pracy badawczej zajmowałem się także makroskopowymi obliczeniami nośności i zarysowania dużych elementów żelbetowych stosowanych w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym, stosując ponownie model izotropowy z degradacją sztywności i nielokalnym osłabieniem oraz z prawem poślizgu między betonem a zbrojeniem. Wykonałem obliczenia 2D i 3D dla elementów żelbetowych.

Moje badania naukowe można podzielić na następujące trzy tematy:

- A. Badania doświadczalne procesu pęknięcia w betonie.
- B. Mezoskopowe obliczenia MES dla betonu z rzeczywistą strukturą wewnętrzną.
- C. Makroskopowe obliczenia numeryczne dla dużych elementów żelbetowych energooszczędnego budownictwa mieszkaniowego.

A. Badania doświadczalne procesu pęknięcia w betonie

Doświadczenia laboratoryjne zostały wykonane dla elementów zginanych, rozłupywanych oraz poddanych testom cyklicznego ściskania. Zbadałem elementy betonowe, elementy betonowe ze zbrojeniem ciągłym oraz elementy betonowe ze zbrojeniem rozproszonym w postaci przemysłowych włókien stalowych i włókien stalowych otrzymanych z recyklingu zużytych opon samochodowych.

Obszerne badania doświadczalne dotyczące pomiaru kształtu i szerokości strefy lokalizacji oraz momentu jej powstawania i przejścia w makro-rysę prowadziłem początkowo z zastosowaniem bezinwazyjnej metody korelacji obrazów cyfrowych (DIC), która umożliwia m.in. określenie długości charakterystycznej mikrostruktury (niezbędnej w nielokalnych modelach konstytutywnych) oraz określenie momentu powstawania makro-rys (informacji niezbędnej w połączonych modelach konstytutywnych ciągłych-nieciągłych). Metoda DIC umożliwia pomiar przemieszczeń na powierzchni elementów betonowych poprzez analizę zdjęć cyfrowych wykonanych w stałych odstępach czasowych podczas procesu deformacji. Zdjęcia wykonywane są przy pomocy aparatu cyfrowego, który ustawiony jest prostopadle do płaszczyzny odkształcenia, a na powierzchnię elementu nakładany jest specjalny tzw. szum, który umożliwia lepszą korelację obrazów. W celu znalezienia lokalnych różnic pomiędzy następującymi po sobie obrazami cyfrowymi wyznaczane jest tzw. okno pomiarowe (wielkość analizowanego obszaru), które przemieszcza się po porównywanych obrazach z określonym tzw. krokiem pomiarowym (częstość próbkowania). Dla metody DIC największe znaczenie mają trzy funkcje: natężenie pola obrazu, funkcja korelacji i funkcja interpolacji. Na bazie przeprowadzonych testów trzy-punktowego zginania belek betonowych dokonałem analizy dokładności i obiektywności metody DIC, w odniesieniu do pomierzonych przemieszczeń i odkształceń, w zależności od wielkości okna pomiarowego, kroku pomiarowego oraz rozdzielczości obrazu w pikselach na metr. W celu wykonania pomiaru rzeczywistej szerokości strefy lokalizacji odkształceń, kształt profili przemieszczeń i odkształceń był przybliżany odpowiednio funkcją błędu oraz rozkładem normalnym Gaussa. Wielkość przemieszczeń powierzchniowych była szczególnie wrażliwa na rozdzielczość obrazu - wraz ze wzrostem rozdzielczości przemieszczenia malały. Na podstawie uzyskanych wyników opracowałem oryginalną metodę wyznaczania szerokości strefy lokalizacji odkształceń. W kolejnym etapie swojej pracy przygotowałem próbki oraz wykonałem

obszerne testy trzy-punktowego zginania dla belek betonowych wykonanych z 8 różnych receptur mieszanki betonowej, w czasie których analizowałem wpływ kształtu i wielkości ziaren kruszywa, zagęszczenia kruszywa i obecności zbrojenia na ewolucję, kształt i szerokość lokalizacji odkształceń. Powstałe strefy lokalizacji były wyraźnie niesymetryczne i zakrzywione na skutek propagacji pomiędzy stochastycznie rozłożonymi ziarnami kruszywa. Ich zakrzywienie rosło wraz ze wzrostem zagęszczenia oraz nieregularności kształtu ziaren kruszywa. Strefy lokalizacji odkształceń czasami się rozgałęziały, szczególnie w betonie z małym zagęszczeniem kruszywa i okrągłymi ziarnami kruszywa. Strefy lokalizacji odkształceń pojawiały się w obszarze sprężystym przy sile wynoszącej około 80-90% siły maksymalnej, a ich maksymalna szerokość pomierzona w czasie badania wynosiła około 2,5–3,5 mm (tuż przed powstaniem makro-rysy). Szerokość strefy lokalizacji odkształceń zwiększała się wraz ze wzrostem maksymalnego ziarna kruszywa i redukcją liczby ziaren kruszywa. Receptura betonu nie miała wpływu na wysokość i długość strefy lokalizacji. Wytrzymałość zginanych belek zwiększała się wraz ze wzrostem maksymalnego ziarna kruszywa, zagęszczenia ziaren kruszywa i nieregularności ich kształtu. Makro-rysa powstawała w obszarze osłabienia.

Uzyskane wyniki i wyciągnięte wnioski zostały zredagowane w artykułach opublikowanych w 2 czasopismach z listy JCR: *Experimental Mechanics* (poz. 4.b.3) i *Strain* (poz. 4.b.4):

- [1] Skarżyński Ł., Kozicki J., Tejchman J., 2013. Application of DIC technique to concrete – study on objectivity of measured surface displacements. *Experimental Mechanics*, 53(9), 52-97.
- [2] Skarżyński Ł., Tejchman J., 2013. Experimental investigations of fracture process using DIC in plain and reinforced concrete beams under bending. *Strain*, 49(6), 521-543.

Były one także treścią wygłoszonych referatów na konferencjach międzynarodowych: *ECCOMAS* w Wiedniu w roku 2012 (Zał. 5, poz. II.L.9), *ICEM* w Cambridge w roku 2013 (Zał.5, poz.II.L.12), *FramCos* w Toledo w 2013 roku (Zał.5, poz. III.B.3) i *EURO-C* w St. Anton am Arlberg w roku 2014 (Zał.5, poz. III.B.4).

Drugim tematem moich zainteresowań naukowych była mikro-tomografia komputerowa (*ang. micro-CT*). Jest to nowoczesna, nieniszcząca metoda badawcza, pozwalająca odwzorować strukturę wewnętrzną badanej próbki na podstawie zarejestrowanych, pod różnymi kątami, dwuwymiarowych projekcji. Mikro-tomograf składa się z lampy rentgenowskiej o małym rozmiarze plamki promieniowania, odpowiedniej energii i geometrii wiązki promieniowania oraz z detektora opartego na matrycy CCD przekształcającego fotony promieniowania w impulsy elektryczne. Mikro-tomografia opiera się na takich samych założeniach, jak klasyczna tomografia komputerowa, jednak dzięki użyciu mniejszej plamki promieniowania możliwe jest uzyskanie większej rozdzielczości zrekonstruowanego obrazu. Mikro-tomograf komputerowy to urządzenie o zdolności rozdzielczej ok. 1 mikrometra, a rozdzielczość przeprowadzonego pomiaru zależy od 4 głównych czynników: rozmiaru plamki, odległości lampa-próbka i próbka-detektor (determinowanej przez rozmiar próbki), rozdzielczości detektora i procesu rekonstrukcji. Rekonstrukcja to proces odwzorowania wnętrza próbki jako superpozycji zarejestrowanych projekcji dwuwymiarowych. W pomiarze mikro-tomograficznym, w odróżnieniu od tomografii medycznej, stosowana jest geometria rotującej próbki, w której pozycja lampy i detektora jest stała, a w czasie pomiaru próbka wykonuje obrót o określony kąt. W latach 2013 i 2014 zaprojektowałem i zbudowałem nowoczesne stanowisko do przestrzennego, bezinwazyjnego obrazowania mikro-struktury wewnętrznej materiałów wraz z modułem do badania mikrostruktury powierzchniowej

materiałów (elektronowy mikroskop skaningowy). Stanowisko to jest unikalne w skali światowej, gdyż w jego skład wchodzi 2 mikrotomografy komputerowe, z których jeden jest prototypowy: X-ray micro-CT Skyscan 1173 sprzężony z maszyną wytrzymałościową Instron 5569, który umożliwia ciągłe badanie oraz analizę zjawisk mikrostrukturalnych w czasie trwania procesu deformacji. Pierwsze pomiary mikrotomografem komputerowym wykonałem dla belki betonowej poddanej trzy-punktowemu zginaniu. Po zarysowaniu, w miejscu nacięcia, wyciąłem z belki prostopadłościan o wymiarach 40×40×80 mm. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na przestrzenne zobrazowanie mikrostruktury betonu, w której wyróżniono ziarna kruszywa, zaczyn cementowy oraz pory powietrza. Ze względu na zbyt małą rozdzielczość obrazów z mikro-tomografu komputerowego, nie udało się wykryć porowatych stref przejściowych między kruszywem a zaprawą cementową, w których proces pęknięcia był inicjowany. Do identyfikacji tych stref wykorzystałem skaningowy mikroskop elektronowy. Na podstawie badania próbki betonowej mikroskopem elektronowym stwierdziłem, że szerokość stref przejściowych w zwykłym betonie jest w granicach od 30 μm do 50 μm . Rysa propagowała głównie właśnie przez te mocno porowate strefy przejściowe, choć czasem także przez słabe ziarna kruszywa. Na podstawie wykonanych analiz zobrazowałem w przestrzeni 3D obszar zarysowania, dla którego pomierzyłem szerokość, wysokość i objętość. Objętość rysy w badanej próbce wynosiła ok. 0,8%. Obrazy mikrostruktury z mikro-tomografu komputerowego oraz skaningowego mikroskopu elektronowego posłużyły następnie jako baza do mezoskopowych obliczeń numerycznych MES, w których beton został zdefiniowany jako materiał cztero-fazowy składający się z ziaren kruszywa, zaprawy cementowej, stref przejściowych i makro-porów. W kolejnym etapie zająłem się analizą zarysowania w betonie zbrojonym przemysłowymi włóknami stalowymi i włóknami stalowymi uzyskanymi z recyklingu zużytych opon samochodowych. W próbkach sześciennych, o wymiarach 75×75×75 mm, wyodrębniłem i scharakteryzowałem pory powietrza dzieląc je na pory zamknięte i otwarte. Następnie scharakteryzowałem włókna stalowe rozmieszczone w badanej próbce betonowej, podając rozkład ich średnic, długości, a także orientację w odniesieniu do osi pionowej. Długość włókien z recyklingu była w granicach od 5 mm do 40 mm, podczas gdy ich średnica od 0,15 mm do 0,33 mm. Odchylenie włókien z recyklingu od osi pionowej wynosiło: od 0° do 30° dla 8% włókien, od 30° do 60° dla 30% włókien i od 60° do 90° dla 62% włókien. Oprócz ilościowych pomiarów porów i włókien, przedstawiłem także ich wizualizację w przestrzeni 3D. Ewolucję procesu zarysowania obserwowałem i analizowałem wykorzystując mikrotomograf sprzężony z maszyną wytrzymałościową Instron 5569, co umożliwiło mi ciągłe badanie oraz analizę zjawisk mikrostrukturalnych (bez potrzeby odciążania próbki). Badania doświadczalne wykonałem na wspomnianych kostkach sześciennych, które zostały dodatkowo nacięte (szerokość nacięcia 5 mm, wysokość 10 mm), które poddałem testowi rozłupywania klinowego (*ang. wedge splitting test, WST*). Proces deformacji był sterowany przyrostem przemieszczenia tłoka podczas gdy czujnik pomiaru szerokości rozwarcia rysy został umieszczony w nacięciu. Na podstawie wykonanych analiz wyodrębniłem w przestrzeni 3D, dla różnych poziomów obciążenia, obszar zarysowania, dla którego pomierzyłem szerokość, wysokość i objętość. Objętość rysy w badanych próbkach wynosiła od 1,8% do 2,0%. Oba rodzaje włókien miały więc podobne zdolności mostkowania rysy. Najnowsze badania dotyczyły sześciennych kostek betonowych, o wymiarach 40×40×40 mm, poddanych testom cyklicznego jednoosiowego ściskania z częstotliwością 2 Hz. Głównym celem badań było określenie przyrostu obszaru degradacji w funkcji liczby cykli obciążeniowych. W tym celu wykonałem skan wstępny i skany odpowiednio po 10000, 30000, 60000 i 70000 cykli obciążeniowych (wytrzymałość zmęczeniowa próbki wynosiła 73217 cykli). Dla poszczególnych cykli określiłem przyrost zarysowania oraz opisałem proces tworzenia i propagacji rys. Rysy zostały scharakteryzowane poprzez szerokość

rozwarcia, kształt oraz objętość. Rozwój objętości obszaru zarysowania ma charakter hiperboliczny w odniesieniu do liczby cykli i można w nim wyróżnić 3 wyraźne fazy: fazę powstawania mikro-pęknięć, fazę przejściową, w której mikro-risy łączyły się tworząc makro-rysę oraz fazę silnego rozwoju makro-rys. Objętość obszaru zarysowania wynosiła 5,6%, a maksymalna szerokość rysy 0,72 mm.

Uzyskane wyniki i wyciągnięte wnioski zostały zredagowane w 4 artykułach opublikowanych w czasopismach z listy JCR: *Engineering Fracture Mechanics* (poz. 4.b.7), *Strain* (poz. 4.b.8), *Construction and Building Materials* (poz. 4.b.11) oraz *International Journal of Fatigue* (poz. 4.b.12):

- [1] Skarżyński Ł., Nitka M., Tejchman J., 2015. Modelling of concrete fracture at aggregate level using FEM and DEM based on X-ray micro-CT images of internal structure. *Engineering Fracture Mechanics*, 147, 13-35.
- [2] Skarżyński Ł., Tejchman J., 2016. Experimental investigations of fracture process in concrete by means of X-ray micro-computed tomography. *Strain*, 52(1), 26-45.
- [3] Skarżyński Ł., Suchorzewski J., 2018. Mechanical and fracture properties of concrete reinforced with recycled and industrial steel fibers using Digital Image Correlation technique and X-ray micro computed tomography. *Construction and Building Materials*, 183, 283-299.
- [4] Skarżyński Ł., Marzec I., Tejchman J., 2019. Fracture evolution in concrete compressive fatigue experiments based on X-ray micro-CT images. *International Journal of Fatigue*, doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.002.

oraz w materiałach konferencyjnych znajdujących się w bazie Web of Science (poz. 4.b.5 i 4.b.6). Były one także treścią wygłoszonych referatów na konferencjach międzynarodowych: *EURO-C* w St. Anton am Arlberg w roku 2014 (Zał. 5, poz. III.B.4), *CFRAC* w Cachan w 2015 roku (Zał.5, poz. III.B.5) oraz *COMPLAS* w Barcelonie w 2015 (Zał.5, poz. III.B.6).

B. Mezoskopowe obliczenia MES dla betonu z rzeczywistą wewnętrzną strukturą

W celu poprawnego opisu mechanizmu tworzenia się stref lokalizacji odkształceń w betonie konieczne jest uwzględnienie jego rzeczywistej mezo-struktury, która ma ogromny wpływ na globalne zachowanie betonu. W pracy doktorskiej, do obliczeń lokalizacji odkształceń w betonie, zastosowałem trzy-fazowy mezoskopowy, izotropowy model dla betonu z degradacją sztywności rozszerzony o długość charakterystyczną mikrostruktury w ramach teorii nielokalnej. Beton modelowany był na poziomie kruszywa jako niejednorodny materiał składający się ze stochastycznie rozłożonego kruszywa, zaczynu cementowego oraz stref przejściowych między zaczynem cementowym a ziarnami kruszywa. W obliczeniach uwzględniłem wpływ różnej wielkości belek betonowych, różnego kształtu, średnicy, zagęszczenia i sztywności kruszywa oraz długości charakterystycznej mikrostruktury. Model mezoskopowy został rozszerzony do modelu cztero-fazowego poprzez uwzględnienie obecności makro-porów. Największą nowość w rozwoju modelu cztero-fazowego stanowiła implementacja rzeczywistej mezo-struktury betonu na podstawie obrazów 3D uzyskanych z mikro-tomografu komputerowego. W ten sposób możliwe było bezpośrednie porównanie wyników numerycznych MES z wynikami badań doświadczalnych. Długość charakterystyczna mikrostruktury została określona na $l_c=1.5$ mm. Dla tej wartości długości charakterystycznej obliczona numerycznie wytrzymałość materiału, szerokość i geometria stref lokalizacji odkształceń była najbardziej zbliżona do wyników badań eksperymentalnych.

Strefy lokalizacji odkształceń były silnie zakrzywione, a ich szerokość wynosiła około $(2 - 4) \times l_c$. Szerokość tych stref rosła wraz ze zmniejszaniem zagęszczenia kruszywa w betonie od $2 \times l_c$ (dla zagęszczenia równego 60%) do $4 \times l_c$ (dla zagęszczenia równego 30%), a także rosła wraz ze wzrostem długości charakterystycznej. Na szerokość strefy lokalizacji nie miał wpływu kształt i wielkość ziaren kruszywa oraz szerokość strefy przejściowej i wysokość belki. Wytrzymałość betonu rosła wraz ze wzrostem wartości długości charakterystycznej, zagęszczenia kruszywa oraz zmniejszaniem szerokości stref przejściowych i wysokości belki. Na wytrzymałość materiału miał także wpływ stochastyczny rozkład kruszywa. Na zachowanie betonu w obszarze osłabienia miały wpływ: długość charakterystyczna mikrostruktury, zagęszczenie ziaren kruszywa, kształt kruszywa i wysokość belki. Obliczenia numeryczne wykazały także bardzo ważną rolę stref przejściowych między kruszywem a zaczynem cementowym, których szerokość oraz sztywność miały ogromny wpływ na wytrzymałość materiału oraz kształt stref lokalizacji odkształceń.

Uzyskane wyniki i wyciągnięte wnioski zostały zredagowane w 2 artykułach opublikowanych w czasopismach z listy JCR: *Engineering Fracture Mechanics* (poz. 4.b.7) i *Strain* (poz. 4.b.8):

- [1] Skarżyński Ł., Nitka M., Tejchman J., 2015. Modelling of concrete fracture at aggregate level using FEM and DEM based on X-ray micro-CT images of internal structure. *Engineering Fracture Mechanics*, 147, 13-35.
- [2] Skarżyński Ł., Tejchman J., 2016. Experimental investigations of fracture process in concrete by means of X-ray micro-computed tomography. *Strain*, 52(1), 26-45.

w materiałach konferencyjnych w bazie Web of Science (poz. 4.b.5 i 4.b.6), czasopiśmie recenzowanym *Archives of Civil Engineering* (poz. 4.b.1) oraz w rozdziale książki *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering* (poz. 4.b.2). Były one także treścią wygłoszonych referatów na konferencjach międzynarodowych: *ECCOMAS* w Wiedniu w roku 2012 (Załącznik 5, poz. II.L.9), *ICEM* w Cambridge w roku 2013 (Załącznik 5, poz. II.L.12), *FramCos* w Toledo w 2013 roku (Załącznik 5, poz. III.B.3), *CFRAC* w Cachan 2015 roku (Załącznik 5, poz. III.B.5), *COMPLAS* w Barcelonie w 2015 (Załącznik 5, poz. III.B.6) oraz *Bruker Micro-CT User Meeting* w Brugii (2015), Luksemburgu (2016), Brukseli (2017) i Gendawie (2018) (Załącznik 5, poz. II.L.13-16).

C. Makroskopowe obliczenia numeryczne dla dużych elementów żelbetowych budownictwa mieszkaniowego energooszczędnego

W tej części swojej działalności naukowej zajmowałem się optymalizacją dużych innowacyjnych, prefabrykowanych elementów żelbetowych stosowanych w energooszczędnym budownictwie mieszkaniowym. Pierwszym takim elementem były żelbetowe płyty stropowe o wymiarach $7,07 \times 2,40 \times 0,3$ m, o przekroju skrzynkowym z wypełnieniem ze styropianu EPS. Płyty poddane zostały testom cztero-punktowego zginania, w którym proces deformacji był sterowany przyrostem przemieszczenia w czasie. Zniszczenie płyt stropowych było kruche i nastąpiło na skutek pojawienia się diagonalnej rysy ścinającej. Pomierzone rozstawy głównych rys pionowych w płytach stropowych były znacznie mniejsze niż obliczone wg wzorów analitycznych. Do numerycznego opisu badań doświadczalnych wykorzystałem makroskopowy model sprężysto-plastyczny z kryterium Druckera-Pragera w ściskaniu i kryterium Rankine'a w rozciąganiu z nielokalnym osłabieniem oraz poślizgiem między betonem a zbrojeniem. W celu obiektywnego opisu (niezależnego od siatki MES) lokalizacji odkształceń, model został rozszerzony w obszarze

osłabienia o długość charakterystyczną mikrostruktury na bazie teorii nielokalnej. Uzyskano dobrą zgodność w odniesieniu do mechanizmu zniszczenia, siły niszczącej, ugięcia oraz położenia diagonalnej rysy ścinającej. Różnice między doświadczeniami i symulacjami numerycznymi dotyczyły głównie rozstawu rys i nachylenia niszczącej rysy ścinającej. Drugim elementem były zginane płyty ściennie o wymiarach $6,60 \times 3,00 \times 0,3$ m. Badane były 3 warianty: a) płyta bez otworów obciążona pojedynczą siłą skupioną – zniszczenie nastąpiło poprzez zerwanie zbrojenia dolnego, b) płyta bez otworów obciążona trzema siłami skupionymi – zniszczenie nastąpiło poprzez beton w strefie docisku i c) płyta z otworem okiennym i drzwiowym obciążona trzema siłami skupionymi – zniszczenie nastąpiło poprzez zerwanie zbrojenia dolnego w ryglu ściennym. W czasie badań doświadczalnych zostały wykonane szczegółowe pomiary dotyczące ugięcia, rozstawu i szerokości rys oraz naprężeń występujących w stali i betonie. Następnie wykonałem obszerne obliczenia numeryczne MES, w których ponownie wykorzystałem makroskopowy model sprężysto-plastyczny z kryterium Druckera-Pragera w ściskaniu i kryterium Rankine'a w rozciąganiu z nielokalnym osłabieniem oraz poślizgiem między betonem a zbrojeniem. W obliczeniach zbadałem wpływ energii pęknięcia, prawa poślizgu, długości charakterystycznej oraz wielkości elementu siatki MES. Na podstawie symulacji numerycznych dla paneli ściennych, uzyskano dobrą zgodność w odniesieniu do mechanizmu zniszczenia, siły niszczącej, ugięcia, obrazu zarysowania oraz naprężeń rozciągających w stali i ściskających w betonie. Siła niszcząca rosła wraz ze wzrostem energii pęknięcia i sztywności kontaktu beton-zbrojenie. Energia pęknięcia miała znaczący wpływ na moment wzmocnienia elementu widoczny na krzywej siła-ugięcie.

Uzyskane wyniki i wyciągnięte wnioski zostały zredagowane w 2 artykułach opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR: *Computers and Concrete* (poz. 4.b.9) oraz *European Journal of Environmental and Civil Engineering* (poz. 4.b.10):

- [1] Skarżyński Ł., Marzec I., Tejchman J., 2017. Experiments and numerical analyses for composite RC-EPS slabs. *Computers and Concrete*, 20(6), 689-704.
- [2] Skarżyński Ł., Marzec I., Drąg K., Tejchman J., 2018. Numerical analyses of novel prefabricated structural wall panels in residential buildings based on laboratory tests in scale 1:1. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, doi: 10.1080/19648189.2018.1474382.

Podsumowanie

Zastosowane nowoczesne metody badawcze umożliwiły na zdecydowanie lepsze rozpoznanie procesu zarysowania w elementach betonowych i żelbetowych. Dzięki unikalnemu w skali światowej stanowisku, w którym mikro-tomograf komputerowy został sprzężony z maszyną wytrzymałościową możliwe stało się badanie oraz analiza zjawisk zarysowania na poziomie kruszywa w czasie ciągłego procesu deformacji. Wykonane symulacje numeryczne MES wykazały zdolność cztero-fazowego modelu do rzeczywistego opisu zachowania się betonu pod obciążeniem. Badanie doświadczalne oraz obliczenia numeryczne przeprowadzone zostały dla różnych problemów brzegowych.

Do najważniejszych osiągnięć z wykonanych badań doświadczalnych i obliczeń numerycznych MES należą:

1. Opis procesu zarysowania elementów betonowych i żelbetowych (lokalizacja odkształceń i dyskretne makro-risy) dla różnych problemów brzegowych przy wykorzystaniu metod nieinwazyjnych: DIC, micro-CT oraz SEM.
2. Implementacja rzeczywistej mezo-struktury modelu cztero-fazowego betonu poprzez uwzględnienie obecności kruszywa, zaprawy cementowej, stref przejściowych pomiędzy kruszywem i zaprawą cementową oraz makro-porów na podstawie obrazów 3D uzyskanych z micro-CT.
3. Projekt i budowa unikalnego stanowiska do przestrzennego bezinwazyjnego obrazowania mezo-struktury wewnętrznej poprzez sprzężenie mikro-tomografu komputerowego z maszyną wytrzymałościową, co umożliwi badania oraz analizę zjawisk mezo-strukturalnych w czasie ciągłego procesu deformacji.
4. Makroskopowe symulacje numeryczne MES dużych elementów żelbetowych stosując model sprężysto-plastyczny z kryterium Druckera-Pragera w ścisaniu i kryterium Rankine'a w rozciąganiu oraz nielokalnym osłabieniem i prawem poślizgu między betonem a zbrojeniem.

Za swoją działalność naukową otrzymałem:

1. W 2013 roku: stypendium dla młodych doktorów za osiągnięcia naukowe w ramach projektu "Centrum Studiów Zaawansowanych - rozwój interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na Politechnice Gdańskiej w obszarach kluczowych w kontekście celów Strategii Europa 2020" POKL.04.03.00-00-238/12 na rok akademicki 2013/2014.
2. W 2014 roku: nagrodę Rektora Politechniki Gdańskiej I-stopnia za osiągnięcia naukowe zespołowe.
3. W 2015 roku: wyróżnienie w kategorii nauk technicznych w Konkursie o Nagrodę Oddziału PAN w Gdańsku dla młodych naukowców za najlepszą pracę twórczą opublikowaną.

Aktualny indeks Hirscha $h=7$, liczba cytowań 223 (bez autocytowań 185) wg Web of Science na dzień 28.02.2019 r.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Po zakończeniu studiów magisterskich rozpocząłem w 2006 r. studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska. Jednocześnie, w tym samym roku, rozpocząłem pracę na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego.

Od samego początku swojej pracy naukowej zająłem się modelowaniem numerycznym elementów betonowych i żelbetowych w ramach mechaniki ciągłej z uwzględnieniem stref lokalizacji odkształceń. W początkowej fazie swojej pracy naukowej skoncentrowałem się na badaniach doświadczalnych odnośnie określenia kształtu i pomiaru szerokości strefy lokalizacji w elementach zginanych z zastosowaniem bezinwazyjnej metody korelacji obrazów cyfrowych (DIC) opierającej się na pomiarze przemieszczeń na powierzchni betonu. Następnie zajmowałem się numeryczną analizą lokalizacji odkształceń w elementach

betonowych i betonowych ze zbrojeniem ciągłym podczas rozciągania i zginania stosując różne modele konstytutywne sformułowane w ramach mechaniki ciągłej. Analizy numeryczne zostały wykonane przy użyciu trzech różnych modeli: sprężysto-plastycznego, izotropowego z degradacją sztywności i modelu rys rozmytych. W celu obiektywnego opisu (niezależnego od siatki MES) lokalizacji odkształceń, modele zostały rozszerzone w obszarze osłabienia o długość charakterystyczną mikrostruktury na bazie teorii nielokalnej. Dzięki metodzie DIC określiłem długość charakterystyczną mikrostruktury - parametru niezbędnego w teorii nielokalnej. Przeprowadziłem także analizy makroskopowe, mezoskopowe i mieszane makroskopowo-mezoskopowe. Na poziomie skali mezo beton opisałem jako materiał trzyfazowy składający się z kruszywa, zaprawy cementowej oraz stref przejściowych między zaprawą cementową a kruszywem (ITZ).

Moja rozprawa doktorska była zatytułowana „Macroscopic and mesoscopic simulations of strain localization in concrete”. Została ona obroniona w dniu 11.03.2011 r. Zakres pracy doktorskiej obejmował:

1. Szczegółowy przegląd literatury światowej.
2. Opis zjawiska lokalizacji odkształceń w betonie.
3. Opis praw konstytutywnych stosowanych do symulacji betonu, stali zbrojeniowej i poślizgu między nimi.
4. Badania laboratoryjne wykonane w celu określenia szerokości i kształtu stref lokalizacji na powierzchni naciętych belek betonowych podczas testów trzy-punktowego zginania. Do pomiaru przemieszczeń na powierzchni elementów betonowych wykorzystałem nieinwazyjną metodę korelacji obrazów cyfrowych (DIC).
5. Numeryczne analizy elementów betonowych i elementów betonowych ze zbrojeniem z uwzględnieniem lokalizacji odkształceń stosując różne modele konstytutywne sformułowane w ramach mechaniki ciągłej: sprężysto-plastyczny, izotropowy z degradacją sztywności i model rysy rozmytej w podejściu makroskopowym, mezoskopowym i makroskopowo-mezoskopowym. Modele zostały rozszerzone w obszarze osłabienia o długość charakterystyczną mikrostruktury w ramach teorii nielokalnej.
6. Obliczenia numeryczne wykonane w celu wyznaczenia wymiaru reprezentatywnej wielkości objętościowej RVE w betonie podczas jednoosiowego rozciągania przy zastosowaniu modelu betonu trzy-fazowego, złożonego z kruszywa, zaprawy cementowej oraz stref przejściowych między zaprawą cementową a kruszywem. Do obliczeń wykorzystałem izotropowy model z degradacją sztywności i teorią nielokalną w obszarze osłabienia. Opracowałem dwie autorskie metody określenia wymiaru reprezentatywnej wielkości objętościowej RVE w betonie podczas jednoosiowego rozciągania.
7. Kompleksowe obliczenia numeryczne naciętych belek betonowych podczas trzy-punktowego zginania z wykorzystaniem mieszanego podejścia makro-mezo. Do obliczeń wykorzystałem izotropowy model z degradacją sztywności i teorią nielokalną w obszarze osłabienia. Analizowałem wpływ wielkości belek, rozkładu, zagęszczenia, kształtu, wielkości ziaren kruszywa oraz długości charakterystycznej na szerokość i kształt lokalizacji odkształceń oraz na krzywą siła - przemieszczenie.

Innowacyjne punkty pracy doktorskiej były następujące:

1. Identyfikacja długości charakterystycznej mikrostruktury w modelach nielokalnych na bazie obliczeń numerycznych MES oraz doświadczeń metodą korelacji obrazów cyfrowych (DIC).
2. Obliczenia dotyczące wymiaru reprezentatywnej wielkości objętościowej RVE w betonie podczas jednoosiowego rozciągania.
3. Obszerne mezoskopowe symulacje numeryczne MES lokalizacji odkształceń w betonie opisanym jako trzy-fazowy materiał.

Część wyników doświadczalnych i obliczeniowych z doktoratu zostało opublikowane w 3 czasopismach JCR:

- [1] Skarżyński, Ł., Syroka, E., Tejchman, J., 2011. Measurements and calculations of the width of the fracture process zones on the surface of notched concrete beams. *Strain*, 47, 319-332 (Załącznik 5, poz. II.A.1).
- [2] Skarżyński, Ł., Tejchman, J., 2010. Calculations of fracture process zones on meso-scale in notched concrete beams subjected to three-point bending. *European Journal of Mechanics/A Solids* 29, 746-760 (Załącznik 5, poz. II.A.2).
- [3] Skarżyński, Ł., Tejchman, J., 2012. Determination of representative volume element in concrete under tensile deformation. *Computers and Concrete*, 9(1), 35-50 (Załącznik 5, poz. II.A.3)

oraz w materiałach konferencyjnych:

1. AMCM w Łodzi w 2008 roku (Załącznik 5, poz. II.L.1 i II.L.2).
2. CMM w Zielonej Górze w roku 2009 (Załącznik 5, poz. II.L.3).
3. COMPLAS w Barcelonie w 2009 roku (Załącznik 5, poz. II.L.4).
4. ECCM w Paryżu w roku 2010 (Załącznik 5, poz. II.L.5).
5. EURO-C w Rohrmoos/Schladming w 2010 roku (Załącznik 5, poz. II.L.6).
6. CMM w Warszawie w roku 2011 (Załącznik 5, poz. II.L.7).
7. ECCOMAS w Wiedniu w 2012 roku (Załącznik 5, poz. II.L.9).

Za wygłoszenie referatu podczas konferencji CMM w Zielonej Górze w 2009 roku otrzymałem drugą nagrodę dla młodego naukowca (Załącznik 5, poz. II.K.1).

Dodatkowa moja działalność naukowa dotyczyła praktycznego wykorzystania wiedzy zdobytej na podstawie badań doświadczalnych oraz symulacji numerycznych MES zaawansowanymi modelami obliczeniowymi w problemach inżynierskich - wykonywanie licznych projektów, orzeczeń, opinii i ekspertyz technicznych. Najciekawsze ekspertyzy dla przemysłu dotyczyły diagnostyki konstrukcji oraz projektów napraw, remontów i modernizacji istniejących konstrukcji (Załącznik 5, poz. II.B., II.E.4, II.F. oraz III.M.).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora stanowiły uzupełnienie mojej podstawowej działalności naukowej. Niektóre z nich były kontynuacją analiz rozpoczętych w ramach pracy doktorskiej, a inne dotyczyły diametralnie nowych problemów. Można podzielić je na następujące zagadnienia:

- D. Numeryczne symulacje elementów betonowych ze zbrojeniem.
- E. Analizy mezo-struktury różnych materiałów przy pomocy mikrotomografu komputerowego Skyscan.

D. Numeryczne symulacje elementów betonowych ze zbrojeniem

Celem moich analiz numerycznych było opisanie zjawiska lokalizacji odkształceń i powiązanego z nim efektu skali w zginanych belkach betonowych ze zbrojeniem podłużnym (bez strzemion). Wykonałem obliczenia MES wykorzystując izotropowy model z degradacją sztywności, nielokalnym osłabieniem i prawem poślizgu między betonem a zbrojeniem. Otrzymane wyniki symulacji numerycznych zostały porównane z wynikami badań laboratoryjnych wykonanych przez Walravena i Lehwaltera w 1994 roku w odniesieniu do nośności elementów oraz położenia i rozstawu rys. Wyniki symulacji numerycznych wykazały dobrą zgodność przy wyznaczaniu sił maksymalnych dla belek o różnych wysokościach oraz pozwoliły na wierne odtworzenie efektu skali zaobserwowanego w doświadczeniach. Obliczone rozstawy rys zwiększały się wraz ze wzrostem długości charakterystycznej, sztywności w osłabieniu, wysokości belki oraz wraz ze zmniejszaniem energii pęknięcia i sztywności początkowej prawa poślizgu. Rozstawy rys uzyskane w symulacjach numerycznych i badaniach doświadczalnych były znacznie mniejsze niż obliczone wg wzorów analitycznych. Uzyskane wyniki zostały opisane w 1 czasopiśmie z listy JCR (Zał. 5, poz. II.A.4):

[1] Marzec, J., Skarżyński, Ł., Bobiński, J., Tejchman, J., 2013. Modelling of reinforced concrete beams under mixed shear-tension failure with different continuous FE approaches. *Computers and Concrete*, 12(4), 377-392.

Były one także treścią wygłoszonego referatu na konferencji międzynarodowej *ECCOMAS* w Wiedniu w 2012 roku (Zał. 5, poz. II.L.9).

E. Analiza mezo-struktury różnych materiałów przy pomocy mikrotomografu komputerowego Skyscan.

Celem mojej pracy badawczej była analiza mikro-struktury różnych materiałów przy wykorzystaniu mikro-tomografii komputerowej jako nieinwazyjnej metody badawczej, umożliwiającej jakościową i ilościową ocenę wybranych składników mezo-struktury. Zakres badań mikrotomografem komputerowym dotyczył m.in. takich materiałów i elementów jak:

1. Tytanowy implant w kolanie świni – celem badań było określenie gęstości struktury kostnej w sąsiedztwie wykonanego operacyjnie implantu. Uzyskane obrazy 3D posłużyły do ulepszenia geometrii implantu oraz metody jego aplikacji.
2. Ludzka żuchwa – celem badania było określenie geometrii żuchwy. Uzyskane obrazy 3D posłużyły stworzeniu modelu komputerowego żuchwy, który jest przedmiotem analiz skierowanych na bezpieczną ekstrakcję ósemeł.
3. Tabletki – celem badań było określenie objętości porów powietrza wewnątrz tabletek o różnej geometrii i powstałych w wyniku różnych procesów technologicznych. Uzyskane obrazy 3D posłużyły do optymalizacji kształtu i technologii produkcji tabletek.
4. Wtryskiwacze do samochodów – celem badań była analiza struktury wewnętrznej materiału i weryfikacja poprawności procesu produkcji.

5. Elementy zderzaków samochodów – celem badań była analiza porowatości materiału, która służyła optymalizacji procesu produkcji.
6. Polimery – celem badań był analiza struktury wewnętrznej materiału służąca do ulepszenia procesu wytwarzania poszczególnych komponentów.

Uzyskane wyniki oraz wyciągnięte wnioski zostały opublikowane w czasopiśmie z listy JCR (Załącznik 5, poz. II.A.5):

[1] Szewczykowski, P.P., Skarżyński, Ł., 2019. Application of the X-ray micro-computed tomography to the analysis of the structure of polymeric materials, *Polimery*, 64(1), 12-22.

Były one także treścią wygłoszonych referatów na konferencjach międzynarodowych *Bruker Micro-CT User Meeting*: w Brugii (2015), Luksemburgu (2016), Brukseli (2017) i Gendawie (2018) (Załącznik 5, poz. II.L.13-16).

6. Działalność dydaktyczna

Od początku mojego zatrudnienia na Politechnice Gdańskiej (od roku 2006) prowadzę zajęcia dydaktyczne na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunku budownictwo. Obecnie prowadzę zajęcia dla studentów z następujących przedmiotów (Załącznik 5, poz. III.J):

1. Budownictwo ogólne I (budownictwo, studia I stopnia) – ćwiczenia i projektowanie.
2. Budownictwo ogólne II (budownictwo, studia I stopnia) – ćwiczenia i projektowanie.
3. Remonty i modernizacja budynków (budownictwo, studia I stopnia) – wykład, ćwiczenia i projektowanie (osoba odpowiedzialna za przedmiot).
4. Diagnostyka konstrukcji murowych, betonowych i drewnianych (budownictwo, studia II stopnia) – wykład, ćwiczenia i projektowanie (osoba odpowiedzialna za przedmiot).
5. Seminar on Civil Engineering (budownictwo, studia II stopnia) – seminarium (zajęcia prowadzone w języku angielskim).

Opracowałem treści programowe dwóch przedmiotów: Remonty i modernizacja budynków oraz Diagnostyka konstrukcji murowych, betonowych i drewnianych. W 2012 roku otrzymałem nagrodę Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej dla najlepszego nauczyciela dydaktycznego na Wydziale (Załącznik 5, poz. III.D.1).

Od roku 2011r. byłem promotorem 36 i recenzentem 36 prac dyplomowych inżynierskich oraz promotorem 17 i recenzentem 16 prac dyplomowych magisterskich na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych (Załącznik 5, poz. III.J).

7. Działalność organizacyjna, współpraca naukowa i popularyzacja nauki

Jestem obecnie kierownikiem międzynarodowego projektu badawczego „Rozwój zastosowania zbrojenia betonu w postaci włókien borowo-bazaltowych do budowy obiektów do gromadzenia materiałów nuklearnych i radioaktywnych”. Jest to grant Narodowego Centrum Nauki NCN UMO-2017/26/Z/ST8/01240 finansowany w ramach konkursu M-ERA NET.2 Call 2017. Realizacja projektu rozpoczęła się 31.07.2018 roku i trwać będzie przez okres 24 miesięcy. Grant realizowany jest w ramach międzynarodowego konsorcjum, w którego skład wchodzi University of Tartu, US Basalt Corporation, Laiers Grupp OÜ i BasaltEst OÜ (Załącznik 5 poz. II.J.1).

Od 2015 roku pełnię funkcję kierownika laboratorium Inżynierii Materiałowej i Fizyki Budowli, którego celem jest prowadzenie badań doświadczalnych wspomagających prace naukowe Katedry oraz wspieranie przemysłu budowlanego poprzez wykonywanie prac związanych z diagnostyką oraz optymalizacją konstrukcji inżynierskich. Laboratorium oferuje także swoje usługi w zakresie badań materiałowych, analiz numerycznych oraz doradztwa technicznego. W laboratorium prowadzone są także zajęcia dydaktyczne oraz badania doświadczalne w ramach prac inżynierskich i magisterskich.

Od 2016 roku w ramach Bałtyckiego Festiwalu Nauki na Politechnice Gdańskiej zajmuję się organizacją wycieczek oraz pokazów dla grup przedszkolnych pod nazwą „Mali ciekawscy zwiedzają Politechnikę Gdańską – wycieczka przyszłych inżynierów”. W ramach tego przedsięwzięcia organizuję wycieczkę po terenie Politechniki Gdańskiej oraz po najciekawszych atrakcjach Bałtyckiego Festiwalu Nauki. Wycieczka kończy się wizytą w laboratorium, prezentacją aparatury badawczej i pokazem badań doświadczalnych. Do tej pory, w ramach tego przedsięwzięcia, Politechnikę Gdańską zwiedziło około 250 przedszkolaków (Załącznik 5 poz. III.A.).

Biorę aktywny udział w konferencjach naukowych (Załącznik 5, poz. II.L oraz III.B). Uczestniczyłem w 3 konferencjach krajowych oraz 18 konferencjach międzynarodowych, na których wygłosiłem (łącznie) 16 referatów. Do ważniejszych konferencji, w których brałem udział należą: *Computational Modelling of Concrete Structures EURO-C* (2010, 2014), *Conference on Computational Plasticity COMPLAS* (2009, 2015), *Analytical Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures AMCM* (2008, 2011), *Bruker Micro-CT User Meeting* (2015-2018), *European Conference on Computational Mechanics ECCM* (2010), *Conference on Computer Methods in Mechanics CMM* (2009), *European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS* (2012), *International Conference on Experimental Mechanics ICEM* (2014), *International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures FraMCoS-8* (2013), *International Conference on Computational Modeling of Fracture and Failure of Materials and Structures CFRAC* (2015).

Od roku 2009 wykonałem 12 recenzji artykułów dla czasopism międzynarodowych z listy JCR (Załącznik 5, poz. III.P):

1. European Journal of Civil and Environmental Engineering – 2011.
2. Journal of Engineering Mechanics – 2012.
3. Engineering Fracture Mechanics – 2013.
4. Engineering Fracture Mechanics – 2015.
5. International Journal of Fracture – 2016.
6. Journal of Testing and Evaluation – 2017.
7. Journal of the European Ceramics Society – 2017.
8. Construction and Building Materials ×2 – 2018.
9. Materials Characterization – 2018.
10. Journal of the European Ceramics Society – 2018.
11. Materials – 2019.