

Marcin Maroszek

(imię i nazwisko)

Temat rozprawy doktorskiej: „Opracowanie materiału na bazie spoiw o obniżonym śladzie węglowym o odpowiednich właściwościach reologicznych umożliwiających drukowanie prefabrykowanych elementów budowlanych metodą addytywną”

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było opracowanie oraz ocena bazowej mieszanki betonowej przeznaczonej do technologii 3DCP, opartej na cemencie portlandzkim, a następnie weryfikacja możliwości jej modyfikacji poprzez zastosowanie surowców wtórnych, w kontekście poprawy zarówno charakterystyk środowiskowych, jak i właściwości użytkowych.

Badania przeprowadzono w trzech etapach: (I) opracowanie i walidację składu bazowej mieszanki oraz charakterystyk jej stanu świeżego, dobór parametrów procesowych (wydajność ekstruzji, prędkość druku, średnica dyszy) oraz zaprojektowanie głowicy roboczej wraz ze stanowiskiem badawczym; (II) porównanie właściwości mechanicznych i fizycznych elementów wytworzonych metodą druku 3D z próbkami formowanymi konwencjonalnie, z uwzględnieniem analizy anizotropii oraz wpływu strategii druku na parametry mechaniczne uzyskanych elementów; (III) weryfikację możliwości modyfikacji składu poprzez dodatek surowców odpadowych oraz lekkich kruszyw, wraz z oceną potencjalnych korzyści środowiskowych wynikających z takich rozwiązań.

W ramach przeprowadzonych badań opracowano mieszankę referencyjną przeznaczoną do 3DCP oraz parametry procesu zapewniające wysoką powtarzalność wyników. Analiza porównawcza wykazała, że elementy drukowane odznaczają się niższą wytrzymałością mechaniczną w stosunku do próbek formowanych tradycyjnie, przy czym szczególnie widoczna była anizotropia w zakresie wytrzymałości na zginanie, intensyfikowana przez wydłużone przerwy czasowej pomiędzy nakładaniem kolejnych warstw. Zaprojektowane struktury przegród umożliwiły uzyskanie podwyższonej izolacyjności cieplnej poprzez kontrolę udziału materiału nośnego. Wprowadzenie surowców z recyklingu pozwoliło na utrzymanie właściwości reologicznych mieszanki na poziomie zapewniającym drukowalność, jednak skutkowało obniżeniem parametrów mechanicznych (szczególnie wytrzymałości na zginanie). Zastosowanie lekkich kruszyw spowodowało natomiast obniżenie przewodności cieplnej elementów nawet o 70% w stosunku do wartości referencyjnej. Modyfikacje materiałowe umożliwiły również redukcję śladu węglowego sięgającą około 50% w odniesieniu do mieszanki bazowej.

Uzyskane wyniki potwierdzają techniczną wykonalność wytwarzania prefabrykatów w technologii 3DCP z zastosowaniem mieszanek modyfikowanych surowcami wtórnymi, wskazując jednocześnie na ich znaczący potencjał w procesach dekarbonizacji budownictwa. Zidentyfikowano jednak konieczność uwzględnienia spadku nośności oraz wzmożonej anizotropii w projektowaniu elementów konstrukcyjnych. Optymalizacja parametrów procesu (prędkość druku, średnica dyszy, czas przerw międzywarstwowych) oraz udziału składników mieszanki (materiały z recyklingu, lekkie kruszywa) powinna być zatem dostosowana do funkcji projektowanego elementu (nośnej bądź izolacyjnej), w celu zrównoważenia wymagań mechanicznych i środowiskowych.

Opracowana infrastruktura badawcza oraz zestaw wypracowanych wskaźników i parametrów oceny stanowią podstawę dalszych prac nad rozwojem niskoemisyjnych technologii druku 3D z betonu.