

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Daniela PIETRASA
pt.: „Opis procesów degradacji i mechanika kompozytów
zbudowanych na matrycach cementowych lub wapiennych”

Recenzja została wykonana na zlecenie
Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury
Politechniki Lubelskiej zgodnie z uchwałą Rady
Wydziału z dnia 08.06.2017 r. (umowa o dzieło
WB-2017/06/02).

1. Wstęp

Innowacyjne projektowanie, diagnozowanie oraz znajomość pracy i destrukcji konstrukcji budowlanych ma ogromne znaczenie techniczne i ekonomiczne dla gospodarki narodowej.

Dlatego też wraz z rozwojem nowych metod badawczych, materiałów i konstrukcji realizowane są intensywnie prace naukowo-badawcze i wdrożeniowe zarówno w skali krajowej jak i w skali międzynarodowej nad oceną podstawowych właściwości mechanicznych innowacyjnych materiałów budowlanych na bazie kompozytów cementowych lub wapiennych zgodnie ze zrównoważonym rozwojem budownictwa.

Od szeregu lat ważną rolę w tym zakresie w naszym kraju spełnia Politechnika Lubelska. Prace doświadczonych zespołów Politechniki Lubelskiej pod przewodnictwem prof. T. Sadowskiego realizowane często z innymi ośrodkami krajowymi, jak i zagranicznymi wniosły duży wkład do rozwoju innowacyjnych materiałów i konstruowania elementów z kompozytów cementowych lub wapiennych. Są to prace o dużym poziomie naukowym jak również inżyniersko-technicznym.

Dobrym przykładem tej działalności jest recenzowana obecnie praca doktorska mgr inż. Daniela Pietrasa, przyczyniająca się do postępu wiedzy w zakresie doskonalenia betonowych kompozytów z dodatkiem okruszków gumowych lub zmiennej porowatości betonów komórkowych wykonana pod kierunkiem prof. T. Sadowskiego. W nauce polskiej jest to temat ciągle aktualny, mający duże uznanie w świecie.

2. Ocena merytoryczna pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska obejmuje naukowe opracowanie oceny właściwości wytrzymałościowych i fizycznych innowacyjnych kompozytów na bazie kruszywa odpadowego.

Opracowanie zawiera 203 strony maszynopisu, w tym 132 rysunki, 47 tablic oraz 167 pozycji bibliograficznych.

W pracy Autor dokonał oceny aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie wytrzymałości innowacyjnych betonów, postawił cel i tezy, zaproponował i wykonał oryginalne badania, przeprowadził analizy modelowe otrzymanych wyników oraz zaproponował niekonwencjonalne metody określania cech fizycznych i wytrzymałości innowacyjnych betonów wytworzonych na bazie betonów zwykłych i komórkowych.

Prace te posłużyły do zrealizowania postawionego celu oraz też rozprawy tj. że:

- dodatek gumy do betonu poprawi parametry mechaniki uszkodzenia materiału stosowanego w drogownictwie przyczyniając się do zwiększenia jego trwałości,
- stosowanie gradientu porowatości w gazobetonie wpłynie korzystnie na jego parametry mechaniczne i techniczne.

Cel pracy polegał na określeniu optymalnego kompozytu z dodatkiem gumy oraz gazobetonu o zmiennej porowatości.

Cel ten osiągnięto przez rozwiązanie problemu naukowego nt. optymalnego doboru wariantowego z zakresu innowacyjnych technologii w/w kompozytów.

Przeprowadzone przez Autora analizy aktualnego stanu wiedzy dotyczyły wybranych zagadnień projektowania oraz badania właściwości mechanicznych i fizycznych innowacyjnych kompozytów betonowych.

Zrealizowane szerokie wirtualne i fizyczne oryginalne badania oraz ich wyniki i analizy, pozwoliły Autorowi na udowodnienie postawionych tez w zakresie możliwości stosowania innowacyjnych kompozytów do realizacji elementów budowlanych.

Do zrealizowania celu pracy Autor samodzielnie zaprogramował i zrealizował szerokie badania ciał próbnych w kilkudziesięciu seriach oraz przeprowadził analizy statystyczne wyników badań z wykorzystaniem nowoczesnych technik numerycznych.

Badania obejmowały różnorodne ciała z innowacyjnego kompozytu betonowego z rozproszonym dodatkiem gumy a także gazobetonu o zmiennej porowatości.

Zrealizowane badania składników kompozytu oraz mieszanki innowacyjnego kompozytu obejmowały m.in.:

- parametry wytrzymałościowe i sprężyste,
- mrozoodporność,

- parametry uszkodzenia, porowatości i mechaniki pękania.

Program i zakres badań były zrealizowane poprawnie na dobrym poziomie technicznym, zarówno w skali krajowej jak i światowej. Wyniki badań były analizowane w dostatecznym zakresie metodami numerycznymi i analitycznymi.

Zaproponowano i zastosowano oryginalne metody badań modeli oraz zasady zgodności uzyskanych wyników przy modyfikacjach dotychczasowych propozycji analitycznych.

Ponadto porównywano różne warianty badań fizyczno-wytrzymałościowych z metodami analitycznymi zarówno dla betonów zwykłych jak i gazobetonów.

W wyniku przeprowadzonych badań określono wpływ domieszki miazgu gumowego na podstawowe właściwości fizycznych kompozytu oceniając:

- korzystny wpływ na nasiąkliwość kompozytów z miazgiem gumowym,
- korzystny wpływ na mrozoodporność w/w kompozytów,
- korzystny wpływ domieszki miazgu gumowego na wytrzymałość na ściskanie,
- korzystny wpływ domieszki miazgu gumowego na moduł sprężystości podłużnej przy ściskaniu,
- niekorzystny wpływ domieszki miazgu gumowego w postaci pasków na moduł sprężystości podłużnej przy rozciąganiu,
- korzystny wpływ domieszki okruchów gumowych na wytrzymałość na rozciąganie.

Natomiast dla innowacyjnego betonu komórkowego zbudowano model numeryczny opisujący pracę sprężystą jego procesu uszkodzenia pod wpływem obciążeń mechanicznych. Głównym zaleceniem będącym efektem przeprowadzonych prac, jest dobór parametrów do prawidłowego modelowania odpowiedzi betonu komórkowego na zadane obciążenia mechaniczne tj.:

- modułu sprężystości podłużnej wyznaczonego w zmodyfikowanym teście brazylijskim,
- energii pęknięcia wyznaczonej w teście 3-punktowego zginania belki z karbem, gdzie rozwarcie rysy było mierzone za pomocą ekstensometru blaszkowego,
- naprężenia niszczącego wyznaczonego na podstawie energii pęknięcia oraz modułu sprężystości podłużnej.

Na podstawie właściwości mechanicznych, opisujących pracę sprężystą i proces degradacji betonu komórkowego wyznaczonych dla czterech klas, wyprowadzono ich zależności od porowatości. Wyprowadzone zależności posłużyły do zbudowania modelu numerycznego innowacyjnego betonu komórkowego. Model ten ma zastosowanie w przewidywaniu odpowiedzi betonu na zadane obciążenia mechaniczne w zakresie odpowiedzi sprężystej oraz w procesie jego degradacji. Może być wykorzystany w modelowaniu procesów produkcyjnych, projektowaniu krzywych gradacji, a także w modelowaniu konstrukcji z innowacyjnego betonu komórkowego z uwzględnieniem właściwości termicznych.

Za pomocą zbudowanego modelu przedstawiono wirtualny test zginania belki, w której przyjęto mocne krawędzie (wysoka gęstość), natomiast środkowa część posiadała wysoką izolacyjność termiczną (niska gęstość). Testy te wykazały, iż materiał ten posiada znacznie poprawione parametry mechaniczne w stosunku do betonu komórkowego o niskiej gęstości, pomimo zastosowania niewielkiego udziału betonu komórkowego o wysokiej gęstości w jego strukturze.

Analizy badań własnych i innych ośrodków pozwoliły Autorowi na ocenę modeli z uwzględnieniem różnych warunków technologicznych i konstrukcyjnych.

Wyniki powyższych badań materiałów i elementów oraz ich analiz, Autor przedstawił w postaci odpowiednich wykresów i nomogramów. Do analiz złożonych i niejednorodnych Autor zastosował nowoczesne metody analiz statystycznych.

Pozwoliło to na uściślenie metod oceny wielu zalecanych propozycji właściwości wytrzymałościowych i fizycznych.

Ustosunkowując się do oceny, zakresu i metod realizacji pracy doktorskiej należy stwierdzić, że Autor po wnikliwej analizie problemów technologicznych badań wytrzymałościowych, analizach teoretycznych wirtualnych zrealizował poprawnie postawione zadania stosując nowoczesne i dokładne narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne.

Do oryginalnych badań i analiz własnych Autora rozprawy należy zaliczyć:

- zaprojektowanie innowacyjnych kompozytów betonowych z dodatkiem gumy oraz innowacyjnych elementów z betonów komórkowych,
- przeprowadzenie unikalnych badań wytrzymałości i innych cech w układach zbliżonych do pracy elementów w konstrukcjach,
- przeprowadzenie unikalnych analiz porównawczych właściwości kompozytów i betonu komórkowego z wykorzystaniem programów numerycznych i parametrów wariantowych otrzymanych w badaniach własnych i obcych,
- zaproponowanie na podstawie analiz własnych wyników oraz badań i zaleceń międzynarodowych zależności pomiędzy właściwościami w/w kompozytów.

Przeprowadzone badania, obliczenia i analizy w zakresie oceny właściwości mechaniczno-fizycznych pozwoliły Autorowi dysertacji na zrealizowanie postawionych celów rozprawy doktorskiej.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że Doktorant:

- ◆ dla trafnie dobranego tematu rozprawy doktorskiej postawił naukowy i oryginalny cel pracy oraz w sposób naukowy przedstawił jego realizację,
- ◆ rozwiązał samodzielnie i poprawnie zagadnienie modelowania i badań wytrzymałości oraz cech fizycznych z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń i analiz statystycznych,

- ◆ wykorzystał nowoczesne narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne oraz zastosował naukowe metody obliczeń i analiz numerycznych,
- ◆ wykazał dostateczną wiedzę w zakresie problemów dotyczących projektowania i konstruowania elementów z kompozytów oraz analiz i ocen ich właściwości wytrzymałościowych i fizycznych,
- ◆ wykazał dobrą znajomość właściwości innowacyjnych betonów i wykorzystania metod numerycznych do rozwiązania ich zagadnień wytrzymałościowych

Natomiast, do oryginalnych osiągnięć naukowych pracy doktorskiej należy zaliczyć:

- wnikliwą analizę literatury przedmiotu dot. diagnostyki, wytrzymałości i właściwości fizycznych, obejmującą omawiane zagadnienia w sposób wyczerpujący, przeważnie literatury angielsko języcznej z ostatnich lat,
- wykazanie, że zastosowanie nowych niekonwencjonalnych technologii i metod badawczych w określonych warunkach, może być efektywnie stosowane do oceny elementów z kompozytu z dostateczną technicznie efektywnością,
- wykazanie, że możliwe jest stosowanie elementów z przedmiotowych innowacyjnych kompozytów do konstrukcji budowlanych,
- modyfikację dotychczasowych zaleceń dotyczących badań i ocen wytrzymałości innowacyjnych kompozytów betonowych.

Przedstawione opracowanie w postaci maszynopisu jest wynikiem wielu prac studialnych, badawczych, analitycznych i technicznych składających się na pracę doktorską.

Styl i język techniczny pracy jest dobry.

Praca jest czytelna, zwięzła i zrozumiała dla czytelnika.

Na pozytywną ocenę zasługuje również fakt, że badania i analizy związane merytorycznie z pracą doktorską Autor rozprawy opublikował częściowo m.in. w recenzowanych artykułach i referatach.

3. Uwagi ogólne i szczegółowe

Celem podniesienia poziomu oraz wartości analiz i obliczeń przedstawiam niektóre ważniejsze uwagi, które proponuję uwzględnić przy dalszych publikacjach i wdrażaniu wyników pracy do praktyki budowlanej. Szczególnie należy:

- ◆ W przyszłych badaniach poszerzyć zakres przeprowadzanych badań i analiz dla innych podobnych rodzajów konstrukcji z betonów innowacyjnych.
- ◆ Realistycznie oceniać ścisłości korelacyjne zarówno w % jak i podając przedziały błędów korelacyjnych.
- ◆ W wydawnictwach polsko języcznych podawać opisy na rysunkach w j. polskim.
- ◆ Usunąć jawność producentów.

- ◆ Poza tym należy wnieść poprawki merytoryczne i stylistyczne m.in. na str. 21, 27, 46, 58, 77, 78, 85, 93, 109, 110, 132, 140, 147 i 196.

4. Osiągnięcia zawarte w rozprawie

Autor w pracy doktorskiej wyraźnie określił dwa zadania naukowe, jakimi są:

- ◆ ocena wpływu domieszki miazgu gumowego na właściwości mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym za pomocą testów laboratoryjnych oraz numerycznego modelowania wieloskalowego,
- ◆ zbudowanie modelu numerycznego funkcyjnie gradowanego betonu komórkowego na podstawie wyników własnych badań betonów komórkowych dostępnych w handlu.

Zadania te poruszają aktualne problemy nauki oraz są zgodne z zapotrzebowaniem współczesnego przemysłu budowlanego.

– Ocena stopnia poprawności rozwiązania

Program badań laboratoryjnych dotyczący mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym oraz autoklawizowanych betonów komórkowych ułożono i zrealizowano poprawnie technicznie. Na uwagę zasługuje zarówno dobra znajomość doktoranta norm przedmiotowych, która pozwoliła otrzymać wyniki akceptowalne dla przedstawicieli nauki i przemysłu jak i szeroka ciekawość naukowa pozwalająca udoskonalić proces badawczy. Potwierdzone jest to obszernym przeglądem literatury naukowej na temat rozpatrywanych materiałów oraz metodologii przeprowadzonych testów. W ramach pracy doktorskiej rozwinięto metodę wyznaczania parametrów uszkodzenia betonów komórkowych pozwalającą zbudować poprawny model numeryczny przedmiotowego materiału bez konieczności dostrajania parametrów materiału, aby uzyskać rezultaty zgodne z wynikami testów laboratoryjnych. Model numeryczny mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym utworzony w pracy doktorskiej jest zgodny z obecnym stanem wiedzy na temat struktury wewnętrznej betonów i jest na poziomie współczesnych prac naukowych. Zbudowane modele numeryczne poszczególnych warstw funkcyjnie gradowanego betonu komórkowego zostały porównane z wynikami badań laboratoryjnych. Przedstawione informacje potwierdzają, iż Autor poprawnie rozwiązał zadania określone w pracy doktorskiej.

– Ocena uzyskanych wyników

Wyniki badań laboratoryjnych mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym uzyskane przez doktoranta pozwoliły Autorowi na ocenę wpływu domieszki miazgu gumowego na parametry mechaniczne przy różnej jego zawartości w mieszance oraz przy różnych kształtach. Autor poprawnie zinterpretował wyniki badań laboratoryjnych oraz analiz numerycznych odnoszące się do oceny parametrów uszkodzenia rozpatrywanego kompozytu pozwalających na ocenę

wpływu dodatku miazgi gumowej na żywotność podbudów drogowych, jakimi są m.in. mrozoodporność, skalarny parametr uszkodzenia i energię pęknięcia.

Natomiast testy przeprowadzone na autoklawizowanych betonach komórkowych pozwoliły Autorowi na zbudowanie kompleksowych modeli numerycznych poprawnie opisujących pracę sprężystą materiału jak i jego degradację. Utworzony na ich podstawie model numeryczny funkcyjnie gradowanego betonu komórkowego pozwolił na ocenę słuszności wprowadzenia gradientu właściwości fizycznych w materiałach budowlanych. Uzyskane wyniki przedstawiono w czytelnej formie tabelarycznej oraz za pomocą wykresów. Autor poprawnie posługuje się narzędziami badawczymi oraz analizami numerycznymi przeprowadzonymi zarówno w skali makro jak i w skali mezo.

– **Ocena stopnia realizacji celu rozprawy (ewentualnie także wykazania tezy)**

Praca została zrealizowana w pełni. Przeprowadzono szereg badań laboratoryjnych oraz analiz numerycznych dwóch nowo proponowanych innowacyjnych materiałów budowlanych pozwalający na zrealizowanie założonych celów oraz wykazano słuszność założonych tez.

5. Wnioski końcowe

Recenzowana **rozprawa doktorska** mgr inż. Daniela Pietrasa pt.: „*Opis procesów degradacji i mechanika kompozytów zbudowanych na matrycach cementowych i wapiennych*” **stanowi oryginalne i samodzielne rozwiązanie** zagadnienia naukowego innowacyjnych betonów przez jej Autora.

Do rzeczywistego rozwiązania zagadnienia Autor użył właściwych w stosunku do danego zadania złożonych metod badawczych i analitycznych nt. wytrzymałości i innych cech technicznych oraz uczynił to samodzielnie.

Rozprawa wykazała dobrą ogólną wiedzę Autora w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy temat rozprawy.

Praca doktorska stanowi dalszy istotny przyczynek do naukowego określania właściwości mechanicznych i fizycznych innowacyjnych betonów modyfikowanych, zarówno w projektowaniu jak i w wykonawstwie.

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana **rozprawa spełnia wymagania** stawiane rozprawom doktorskim w **aktualnej Ustawie** o stopniach i tytule naukowym oraz **stawiam wniosek o dopuszczeniu doktoranta do publicznej obrony**.

Obok wartości naukowych i poznawczych praca ma także duże znaczenie dla praktyki budowlanej, zarówno w projektowaniu jak i w wykonawstwie w zakresie innowacyjnych betonów.

Warszawa, dnia 7 & 8. 2017 r.

