

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana GILA
pt. „Synergia oddziaływań krzemionkowych popiołów lotnych
i mikrokrzemionki na wybrane właściwości betonów”

Recenzja została wykonana na zlecenie Politechniki Lubelskiej, zgodnie z Uchwałą Rady Wydziału Budownictwa i Architektury (umowa nr WB-1/2019 z dnia 15.07.2019 r.)

1. Wstęp

Doskonalenie projektowania betonu do konstrukcji budowlanych ma ogromne znaczenie techniczne i ekonomiczne dla gospodarki narodowej.

Dlatego też wraz z rozwojem innowacyjnych konstrukcji żelbetowych realizowane są intensywnie prace naukowo-badawcze i wdrożeniowe zarówno w skali krajowej jak i międzynarodowej nad oceną zachowania się betonu w różnych stanach obciążenia.

Od szeregu lat ważną rolę w tym zakresie w naszym kraju ma m. in. Politechnika Lubelska. Prace doświadczonych zespołów tego środowiska (m. in. prof. M. Króla i T. Sadowskiego) realizowane często z innymi ośrodkami krajowymi, wniosły duży wkład do problemu projektowania, diagnostyki i wzmacniania konstrukcji z betonu. Mają one duży wpływ na ocenę stanów granicznych nośności i użyteczności w różnych stanach obciążenia przez cały okres eksploatacji. Pozwalają również na optymalizację częściowych współczynników bezpieczeństwa przy projektowaniu i diagnostyce konstrukcji z betonu. Są to prace o najwyższym poziomie naukowym i inżyniersko-technicznym.

Dobrym przykładem tej działalności jest recenzowana praca doktorska mgr inż. D. Gila przyczyniająca się do postępu w zakresie doboru i oceny betonu przy projektowaniu

konstrukcji żelbetowych wykonana pod kierunkiem prof. G. Golewskiego. W nauce polskiej jest to temat intensywnie rozwijany i mający duże uznanie w świecie.

2. Ocena merytoryczna pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska obejmuje naukowe opracowanie podstaw do modyfikacji synergetycznej betonu za pomocą krzemionkowych popiołów lotnych z mikrokrzemionki.

Opracowanie zawiera 198 stron maszynopisu, w tym 110 rysunków, 25 tablic oraz 174 pozycji bibliograficznych.

W pracy, Autor dokonał oceny aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie, postawił problem badawczy, cel i zakres pracy oraz zaproponował i wykonał badania, przeprowadził analizy otrzymanych wyników oraz analizy modeli destrukcji modyfikowanych betonów.

Prace te posłużyły do udowodnienia przyjętych celów rozprawy.

Przeprowadzone przez Autora analizy aktualnego stanu wiedzy dotyczyły:

- badań wpływu mikrokrzemionki zagęszczonej i krzemionkowych popiołów lotnych na strukturę i parametry fizykomechaniczne kompozytów betonowych,
- analiz i programowania uszkodzeń występujących w modyfikowanych betonach w różnych stanach obciążenia.

Zrealizowane badania modyfikowanych betonów z wybranymi dodatkami oraz analizy uszkodzeń betonów pod obciążeniem pozwoliły Autorowi do postawienia naukowych celów rozprawy, w zakresie:

1. Określenia wpływu dodatków zagęszczonej mikrokrzemionki i krzemionkowych popiołów lotnych na mikrostrukturę zaczynu i betonu.
2. Zbadania procesów pęknięcia w betonie z dodatkiem krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej.
3. Ustalenia wzajemnej zależności między pomierzoną średnią szerokością pęknięć W_c , na styku kruszywa grubego i matrycy, a zastosowaną różną kompozycją dodatków mineralnych do betonu.

Ponadto cele te obejmowały:

- określenie właściwości fizykochemicznych popiołów lotnych, mikrokrzemionki i cementu;
- określenie parametrów wytrzymałościowych betonów;

- wykonanie analizy propagacji pęknięć, systemem cyfrowej korelacji obrazu (DIC) z oprogramowaniem Aramis, dla każdego betonu w trakcie ich badań odporności na pękanie wg I i II modelu pęknięcia;
- analizę porowatości betonu z różną kompozycją dodatków;
- ocenę wpływu dodatków mineralnych na skład fazowy zaczynów cementowych;
- wykazanie zasadności wykorzystania krzemionkowych popiołów lotnych do betonu pod względem utylizacji odpadów promieniotwórczych;
- określenie nasiąkliwości, maksymalnej głębokości penetracji wody pod ciśnieniem i mrozoodporności modyfikowanych betonów;
- ocenę wpływu dodatków mineralnych na zawartość soli w betonach i ich odczyn pH.

W zakresie oceny właściwości chemicznych dodatków mineralnych badania obejmowały:

- wyznaczenie składu tlenkowego materiałów metodą spektrofotometrii rentgenofluorescencyjnej;
- określenie składu chemicznego, charakterystycznych ziaren krzemionkowego popiołu lotnego, za pomocą spektrometru dyspersji elektronów - EDS, będącego częścią wyposażenia w SEM.

Ponadto przeprowadzono analizy zaczynów cementowych. W celu sprawdzenia zachowania się matrycy cementowej, poddanej modyfikacji materiałowej, przy zastosowania jednej lub łącznie dwóch pucolan.

Do badań wytrzymałościowych i fizycznych kompozytów betonowych, a także analizy mikrostrukturalnej i oceny propagacji pęknięć pod wpływem obciążeń zewnętrznych wykorzystano nowoczesny i innowacyjny system cyfrowej korelacji obrazu oraz oprogramowanie Aramis. Dodatkowo pracę uzupełniono o analizę wpływu zastosowania dodatków na aspekty ekonomiczne i ekologiczne.

Do badań mikrostrukturach, zastosowano skaningowy mikroskop elektronowy.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że beton z dodatkiem mikrokrzemionki i krzemionkowych popiołów lotnych podnosi właściwości wytrzymałościowe oraz fizyczne betonu w stosunku do betonu zwykłego. Połączenie tych dwóch składników wraz z cementem pozwoliło na uzyskanie bardzo dobrych parametrów kompozytu cementowego.

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych makroskopowych i mikrostrukturalnych oraz przeprowadzonych analiz uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

- Dodatki krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej do betonu modyfikuje mikrostrukturę matrycy cementowej oraz warstw stykowych (ITZ) w obszarze kruszywa grubego.
- Istotny wpływ, na uzyskane wyniki doświadczalne, w betonach z dodatkiem krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej, ma czas dojrzewania kompozytów. Beton z dodatkiem mikrokrzemionki charakteryzuje się najlepszymi parametrami wytrzymałościowymi i odpornością na pękanie przy I oraz II modelu pęknięcia.
- Dodatek 10% mikrokrzemionki zagęszczonej do betonu pozwala na uzyskanie najlepszych właściwości betonu na działanie mrozu, głębokość penetracji wody pod ciśnieniem oraz ścieralność betonu. Dodatek krzemionkowych popiołów lotnych powoduje nieznaczne pogorszenie tych właściwości.
- Dodatek krzemionkowych popiołów lotnych wpływa na obniżenie wskaźnika kruchości betonu.
- Beton z dodatkiem mikrokrzemionki charakteryzuje się najmniejszą szerokością rozwarcia mikrorys w warstwach stykowych (ITZ) oraz posiada najmniejszą ilość drobnych porów w betonie. Krzemionkowe popioły lotne opóźniają procesy zachodzące w kompozytach w początkowym okresie ich dojrzewania.
- Beton z dodatkami pucolanowymi w postaci krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczonej jest produktem budowlanym bezpiecznym dla otoczenia pod względem promieniotwórczości naturalnej oraz nie wykazuje podwyższonych zawartości soli budowlanych.
- Zastosowanie dodatków pucolanowych w betonie tj. mikrokrzemionki i popiołu lotnego pozwala na poprawę właściwości fizyko - mechanicznych betonu oraz zmniejsza utylizację odpadów, w tym o podwyższonym stopniu promieniotwórczości naturalnej, i redukcję cementu w składzie mieszanki betonowej.
- Zastosowanie mikrokrzemionki do betonu, poprawia jego właściwości wytrzymałościowe, zmniejsza nasiąkliwość oraz zwiększa szczelność betonu, niekorzystnie wpływając na odporność betonu na działanie mrozu.
- Wykorzystanie dodatków hybrydowych do betonu, i ich wzajemnej synergii oddziaływania, powoduje obniżenie kosztów produkcji betonu modyfikowanego.

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

Przeprowadzone badania, obliczenia i analizy w zakresie właściwości betonu zarysowanego oraz analizy nieliniowej potwierdziły postawione cele rozprawy doktorskiej.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że doktorant:

- dla trafnie dobranego tematu rozprawy doktorskiej postawił naukowe i oryginalne cele dotyczące mechaniki zarysowania i pęknięcia modyfikowanego betonu oraz w sposób naukowy przedstawił ich dowód,
- rozwiązał samodzielnie i poprawnie zagadnienie modelowych właściwości zarysowanego betonu oraz zastosowanie,
- wykorzystał nowoczesne narzędzia badawcze, obliczeniowe i analityczne oraz zastosował naukowe metody obliczeń i analiz numerycznych,
- wykazał dostateczną wiedzę w zakresie problemów dotyczących modelowania struktury betonu oraz analizy jej zmian pod obciążeniem,
- wykazał dobrą znajomość modelowania betonu i wykorzystania metod numerycznych do rozwiązywania zagadnień naukowych.

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

Styl i język techniczny pracy doktorskiej jest dobry.

Praca jest czytelna, zwięzła i zrozumiała dla czytelnika.

3. Uwagi ogólne i szczegółowe

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

- Otrzymane wyniki badań oceniać statystycznie, określając jednorodność, poziom ufności, prawdopodobieństwo i dokładność oceny przy małej liczbie prób.
- Wyjaśnić problem mrozoodporności betonów modyfikowanych mikrokrzemionką i krzemionkowych popiołów lotnych w zależności od wytrzymałości, struktury i innych cech.
- Uzasadnić zasady modelowania pod względem geometrycznym, materiałowym, strukturalnym i wytrzymałościowym oraz rozszerzyć stosowanie nieniszczących metod badań.

- Uwzględnić uwagi podane na str.: 5, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 37, 39, 46, 47, 51, 53, 54, 58, 59, 63, 64, 73, 88, 112, 114, 119, 122, 126, 134, 137, 145, 147, 150, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 170, 175, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 195 (53 strony).

4. Wnioski końcowe

Recenzowana praca doktorska mgra inż. Damiana Gila p.t.: „Synergia oddziaływań krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki na wybrane właściwości betonów” stanowi oryginalne i samodzielne rozwiązanie zagadnienia naukowego.

Do rzeczywistego rozwiązania zagadnienia, Autor użył właściwych w stosunku do danych zadań metod i uczynił to samodzielnie.

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

Praca doktorska stanowi istotny przyczynek do naukowego określenia modyfikowanych betonów konstrukcyjnych w różnych stanach obciążenia.

W podsumowaniu stwierdzam, że **recenzowana praca doktorska spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w aktualnej Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz stawiam wniosek o dopuszczeniu doktoranta do publicznej obrony i nadania Mu stopnia naukowego doktora nauk technicznych.**

Obok wartości naukowych i poznawczych praca ma także duże znaczenie dla praktyki budowlanej, zarówno w projektowaniu jak i w diagnostyce przy ocenie bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji betonu.

Zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym praca zasługuje na wyróżnienie.