

Gliwice, dn. 25.05.2018r.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Jaworskiej
„Wpływ popiołów wapiennych i krzemionkowych na ekspansję siarczanową i
mrozoodporność napowietrzonych zapraw i betonów”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- pismo dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 28.03.2018r. (BD-61\18),
- rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Jaworskiej pt.: „Wpływ popiołów wapiennych i krzemionkowych na ekspansję siarczanową i mrozoodporność napowietrzonych zapraw i betonów” – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Architektury, Kielce, 2018.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Za cel rozprawy doktorskiej, o charakterze doświadczalno-studialnym, autorka przyjęła trzy obszary dociekań.

- Wyjaśnienie wpływu popiołu lotnego i krzemionkowego oraz ich mieszaniny na niszczenie mrozowe, korozję siarczanową oraz połączone niszczenie mrozowe i siarczanowe kompozytów cementowych, w tym określenie wpływu badanych środowisk korozyjnych na zmiany w mikrostrukturze stwardniałego zaczynu cementowego wraz z analizą powstających produktów,
- Ustalenie, na podstawie badań i analizy statystycznej, optymalnej ilości popiołu wapiennego, krzemionkowego lub ich mieszaniny, jaką można wprowadzić do spoiwa, aby osiągnąć dobrą odporność na siarczany i zachować wysoką mrozoodporność kompozytów cementowych.

- Ocenę trwałości napowietrzonych kompozytów z dodatkiem popiołów lotnych i/lub wapiennych na połączoną korozję mrozową i siarczanową.

Rozprawa składa się z trzech części: przeglądu literatury, badań własnych oraz analizy uzyskanych wyników z użyciem analizy statystycznej. Praca zakończona jest wnioskami i zestawieniem bibliograficznym (214 pozycji).

Zdaniem recenzenta P. mgr inż. Monika Jaworska podjęła się ważnego tematu z punktu widzenia naukowego i poznawczego. Zapewnienie trwałości betonu zawierającego dodatek typu II, jako częściowy zamiennik cementu, jest zagadnieniem bardzo ważnym z punktu widzenia technicznego, ekonomicznego i ekologicznego. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia teraz, kiedy Polska jako członek Unii Europejskiej musi podjąć działania mające na celu ograniczanie emisji tzw. gazów cieplarnianych (głównie CO₂). W krajowych warunkach klimatycznych, bardzo istotnym problemem jest również zapewnienie trwałości betonu na cykliczne zamrażanie i odmrażanie, zwłaszcza w obecności soli odladzających. Natomiast w recenzowanej rozprawie problem odporności mrozowej, kompozytów cementowych zawierających popiół lotny krzemionkowy i/lub wapienny, autorka połączyła z odpornością na korozję siarczanową. O ile połączona korozja chlorkowa i mrozoodporność występuje zimą na drogach, mostach, parkingach, itp., to agresja siarczanowo-mrozowa ma zakres znacznie węższy w eksploatacji konstrukcji budowlanych. Mechanizm niszczenia kompozytów cementowych, w przypadku korozji siarczanowej i działania niskich temperatur, jest podobny i z tego punktu widzenia aspekt poznawczy jest bardzo interesujący. Zwłaszcza dotyczy to kompozytów cementowych napowietrzonych, a w szczególności, interesująca jest odpowiedź na pytanie: Czy napowietrzenie betonu może stanowić także czynnik ograniczający destrukcyjny proces korozji siarczanowej?. Problematyka ta jest rzadko poruszana w publikacjach naukowych i to stanowi oryginalne podejście do rozwiązania problemu naukowego.

W przeglądzie literatury doktorantka skupiła swoją uwagę na charakterystyce popiołu krzemionkowego i wapiennego, ocenie wpływu tych popiołów lotnych na właściwości zapraw i betonów. Szczegółowo został opisany mechanizm korozji siarczanowej i proces niszczenia mrozowego. Część teoretyczna rozprawy została przygotowana na podstawie literatury, głównie polsko i anglojęzycznej, oraz dokumentów normalizacyjnych. Przystudiowana literatura jest odpowiednia dla problemów merytorycznych podnoszonych w rozprawie i podjętych w rozprawie badaniach własnych.

Uwagi krytyczne recenzenta do tej części rozprawy dotyczą:

- część literatury nie kończy się konkluzją nawiązującą do badań własnych,
- dużo nietypowych (żargonowych) zwrotów, np. wartość strat prażenia, parametry chemiczne, urządzenie dwumaszynowe,
- błędów stylistycznych, niestarannyh zapisów przebiegu reakcji chemicznych, niekonsekwencji w stwierdzeniach, np. rozpuszczalność soli siarczanowych (str. 21), pucolanizacja betonu (str.11), powierzchnia właściwa zależy od strefy z której pochodzi, itp..

Pewne stwierdzenia są także inspirujące do szerszej dyskusji, np. na str. 6 autorka przewiduje szersze stosowanie krajowych popiołów lotnych wapiennych w produkcji betonu. Według

posiadanej przez recenzenta wiedzy, jest to praktycznie niemożliwe. Z jednej strony brak uregulowań normalizacyjnych krajowych i europejskich w tym zakresie, a z drugiej strony, także jakość krajowych popiołów lotnych jest nieodpowiednia (niska miałkość, podwyższona wodożądność, duża zmienność właściwości fizykochemicznych). Natomiast w produkcji cementu niedostatki jakościowe tego rodzaju popiołu można ograniczyć poprzez przemiał lub produkcję cementu wieloskładnikowego z użyciem innego składnika głównego obniżającego wodożądność, np. wapienia, popiołu lotnego krzemionkowego.

Recenzent zwraca uwagę, iż nie ma w kraju obowiązujących norm (str. 8). Prawo budowlane wymaga stosowania aktualnych norm. Norma staje się obowiązująca, kiedy specyfikujący wpisze ją do dokumentacji technicznej. Z przykrością stwierdzam, iż są to dosyć często normy nieaktualne.

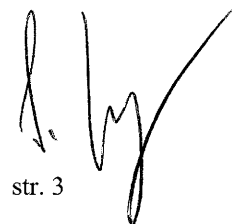
Podana ilość produkowanego w Polsce popiołu 20 mln (str.11) ton jest przesadzona. Zdaniem recenzenta jest to ok. 10-12 mln ton, z tego tylko kilka mln ton nadaje się do zastosowania w produkcji cementu i betonu (suchy odbiór, spełnienie wymagań normowych, dostępność w sezonie budowlanym). Cytowane normy są mylone, a zapisy nie pochodzą z ostatnich ich nowelizacji (str. 31).

Część doświadczalna rozprawy (badania własne) miała na celu określenie wpływu popiołów lotnych na odporność siarczanową i mrozoodporność kompozytów cementowych, a w szczególności wyjaśnienie wpływu napowietrzania w ograniczeniu destrukcji wywołanej tymi czynnikami. W części doświadczalnej stosowano popiół lotny krzemionkowy, popiół lotny wapienny i ich mieszaninę. Podstawowe badania zostały wykonane na zaprawach, co jest zrozumiałe, natomiast autorka nie podaje jaki piasek stosowała w badaniach, normowy czy pochodzący z innego źródła.

Program badań został zaprojektowany zgodnie ze statystycznym planem eksperymentu dla mieszanin trójskładnikowych. Udział popiołu lotnego w składzie spoiw cementowo-popiołowych wynosił 20,0%, 26,6% i 40%.

Część doświadczalna została zrealizowana w trzech etapach – dwa pierwsze etapy zrealizowano na zaprawach z użyciem dwóch bazowych cementów portlandzkich CEM I o różnej zawartości glinianu trójwapiennego - 11,5% i 6,3%. Czynnikiem agresywnym był 5% roztwór siarczanu sodu oraz cykliczne zamrażanie i zamrażanie w temperaturze 18°C i -18°C w cyklu ok. 6 godzinnym. Stosowano także połączoną metodykę badań łączącą obydwie czynniki destrukcyjne. Zaprawy były nienapowietrzone i napowietrzone. W etapie trzecim wykonano badania na betonie z udziałem spoiwa cementowo-popiołowego zawierającego 30% popiołu lotnego wapiennego. Betony miały trzy różne stopnie napowietrzenia (bez środka napowietrzającego, 3,5%, 5% i 6,5% powietrza). Beton odniesienia wykonano z cementu portlandzkiego o zawartości C₃A-11,5% w wersji nienapowietrzonej oraz z zawartością 5% powietrza.

Za miarę oceny odporności na działanie czynników korozyjno-destrukcyjnych przyjęto: zmianę wytrzymałości na ściskanie zapraw (betonów) oraz odkształcenia liniowe (pomiar pęcznienia). Uzupełnieniem były badania składu fazowego wykonane z wykorzystaniem dyfraktometrii rentgenowskiej i mikroskopii skaningowej.



Szczegółowy cykl badań został bardzo szczegółowo opisany przez doktorantkę w podrozdziale 3.2.

Recenzent podkreśla bardzo szeroki zakres badań własnych o dużej pracochłonności. Stosowane metody badań zostały w miarę dokładnie opisane, chociaż należało się odwołać do stosownej metodyki podanej w określonej normie, a uwagę skoncentrować na elementach najistotniejszych.

Uważam, że zastosowane metody badawcze pozwalają na ocenę wpływu badanych środowisk korozyjno-destrukcyjnych na trwałość zapraw. W literaturze są różne rozbieżne poglądy na temat jakie kompozyty cementowe stosować w badaniach korozyjnych, jakie wymiary próbek, w jakiej temperaturze prowadzić badania, jakie stosować stężenia roztworów korozyjnych, itp. Natomiast dyskusyjna jest metodyka badań betonów, chociaż jest to docelowy materiał budowlany zabudowany w elemencie lub konstrukcji narażonej na działania korozyjne, a uzyskane wyniki powinny być najbardziej miarodajne z aplikacyjnego punktu widzenia.

Wybrane uwagi recenzenta do metodyki badań:

- jaki piasek stosowano w składzie zapraw,
- jak często wymieniano roztwór korozyjny,
- brak opisanej metodyki badań betonów, zwłaszcza badań odporności na korozję siarczanową (wymiar próbek, zasada pomiaru i zasada postępowania),
- braku wyników oceny napowietrzenia na stwardniałych zaprawach i betonach.

Są też pewne stwierdzenia dyskusyjne, np. dlaczego ilość domieszki napowietrzającej doliczono do ilości wody zarobowej (str. 51), dlaczego nie zastosowano koncepcji współczynnika „k” w projektowaniu składu betonu z udziałem wapiennego popiołu lotnego, a tylko prostą procentową zamianę określonej ilości cementu. Zaproponowane składki mieszanek betonowych, ze względu na zmienną zawartość powietrza i różną gęstość właściwą popiołu oraz cementu, będą miały różną objętość. Stosowany w składzie betonu popiół lotny do betonu nie został przebadany pod kątem wymagań normy PN-EN 450-1:2012, ani normy ASTM.

Wyniki badań własnych zostały właściwie zinterpretowane, dosyć dokładnie zilustrowane i szeroko skomentowane przez autorkę. Zwraca uwagę bardzo skrupulatna obróbka statystyczna uzyskanych wyników badań. Wyciągnięte wnioski wynikają z badań własnych i są cenne zarówno od strony poznawczej, jak i aplikacyjnej. Szczególnie cenne są wyniki badań uzyskane w ocenie wpływu na trwałość kompozytów cementowo-popiołowych złożonych warunków destrukcyjnych, tj. korozji siarczanowej i cyklicznego zamrażania/rozmarzania. Wykonane badania mają także ważny aspekt aplikacyjny, potwierdzają bowiem znany ogólnie fakt, iż stosowanie popiołów lotnych, zarówno krzemionkowych, jak i wapiennych, podwyższa odporność na agresję chemiczną kompozytów cementowych. Znany fakt jest także, że betony z udziałem popiołu lotnego mają niższą odporność na działanie mrozu. Czynnikiem poprawiającym tą właściwość betonu jest jego właściwe napowietrzenie.

Doktoranta słusznie założyła, że mechanizmy destrukcyjne obydwu oddziaływań są podobne, i oceniła, jak napowietrzenie wpłynie na połączone oddziaływanie tych czynników środowiskowych.

Wnioski z badań własnych zostały wyciągnięte prawidłowo. Poza potwierdzeniem znanych z literatury zależności na wyróżnienie zasługują trzy wnioski:

1. cykliczne zamrażanie i rozmrażanie kompozytów cementowych z dodatkiem popiołu lotnego przyspiesza szybkość agresji siarczanowej.
2. wstępne przebywanie zapraw w agresywnym roztworze siarczanowym nie miało znaczącego wpływu na późniejszą odporność mrozową kompozytów na spoiwach cementowo-popiołowych,
3. zastosowanie napowietrzenia wydłużyło ok. 50% trwałość zapraw z udziałem spoiwa cementowo-popiołowego w stosunku do trwałości zapraw, o tym samym składzie, nienapowietrzonych.

Zdaniem recenzenta wniosek główny 7 jest niepełny, ponieważ nie uwzględnia wpływu wcześniejszego naprzemiennego wpływu przemiennego cyklicznego zamrażania i rozmrażania.

W streszczeniu pracy doktorantka nakreśliła także swoje przyszłościowe zamierzenia badawcze ukierunkowując je na optymalizację napowietrzenia i sprawdzenie oddziaływania innych mediów agresywnych chemicznie. Działanie takie jest słuszne, jednakże należałoby się bardziej skupić na zbadaniu wpływu napowietrzenia na ograniczenie negatywnych skutków agresji siarczanowej, np. stosując inne rodzaje cementów i inne środowiska siarczanowe, np. siarczan magnezu, różne stężenia roztworów agresywnych, itp.

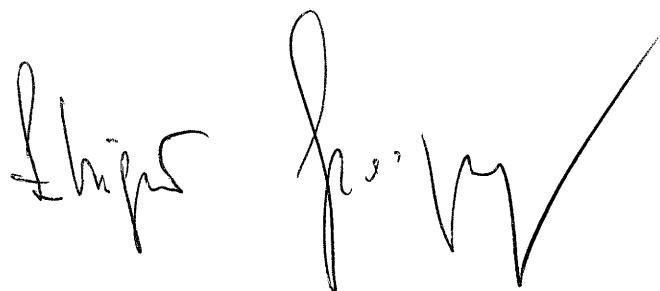
3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska P. mgr inż. Moniki Jaworskiej pt. „Wpływ popiołów wapiennych i krzemionkowych na ekspansję siarczanową i mrozoodporność napowietrzonych zapraw i ” stanowi interesującą pracę naukowo-badawczą w dziedzinie technologii betonu, o istotnym i wyraźnie zaakcentowanym znaczeniu praktycznym w zakresie szerszego stosowania popiołów lotnych w składzie cementu (betonu). Problem jest ważny w krajowych warunkach klimatycznych, ponieważ beton napowietrzony jest już szeroko stosowany w budownictwie inżynierskim i poznanie wszystkich aspektów związanych z tym procesem, może przyczynić się do dalszego zwiększenia trwałości konstrukcji i obiektów budowlanych, zwłaszcza przy stosowaniu w składzie betonu cementów zawierających w swoim składzie popioły lotne i/lub cementy z ich udziałem .

Autorka sformułowała oryginalny problem naukowy i starała się go rozwiązać. Zamierzony cel został w dużym stopniu osiągnięty. W swojej rozprawie zawarła bogatą wiedzę teoretyczną z zakresu stosowania popiołów lotnych w składzie cementu i betonu, mechanizmu korozji siarczanowej oraz procesu niszczenia mrozowego kompozytów cementowych. Wykazała się umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Przeprowadzona przez autorkę analiza wyników badań jest prawidłowa i przekonująca, a wnioski z niej wynikające zostały sformułowane w miarę poprawnie i

potwierdzają osiągnięcie sformułowanego na wstępie celu pracy. Zdobyte przez autorkę doświadczenie badawcze pozwoliło na zaplanowanie przyszłościowego zakresu badań, który przybliży ją do pełniejszego poznania i rozwiązania interesującego problemu naukowego, jakim jest hybrydowe oddziaływanie czynników środowiskowych na kompozyty cementowe.

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Moniki Jaworskiej spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie o tytule i stopniach naukowych z 14 marca 2003r. (art. 13.1) i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej.

Two handwritten signatures in black ink. The signature on the left is written in a cursive style, starting with a large 'L' and ending with a horizontal stroke. The signature on the right is also cursive, starting with a large 'P' and ending with a long, sweeping diagonal stroke.