

Prof. dr hab. inż. Andrzej M. Brandt, dr h.c.
02-908 Warszawa, ul. Sobolewska 18
tel.: +22 8422825, e-mail: abrandt@ippt.gov.pl
IPPT PAN: 02-106 Warszawa, ul. Pawińskiego 5B
tel.: +22 8263143; fax: +22 8269815

Warszawa, 23 lutego 2011 r.



RECENZJA rozprawy doktorskiej

"Badania postępu korozji zbrojenia chronionego betonem z dodatkiem popiołów
z kotłów fluidalnych"

mgr inż. Katarzyny Domagała

Wstęp

Recenzja jest opracowana w wyniku uchwały Rady Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dnia 19 stycznia 2011 r. i pisma w tej sprawie Dziekana Wydziału dr hab. inż. Jerzego Sękowskiego z dnia 24 stycznia 2011 r. Rozprawa została przygotowana w postaci oprawnego maszynopisu o objętości 194 stron, zawierającego tekst ujęty w 8 rozdziałów, poprzedzonych wprowadzeniem i uzupełnionych pięcioma załącznikami.

Opis i analiza rozprawy

Obrany temat badań jest interesujący ze względów poznawczych i ściśle związany z potrzebami budownictwa betonowego. Podstawą rozprawy doktorskiej były badania, wykonane jako część zadań Projektu Badawczego Rozwojowego „Betony na cementach z popiołem lotnym z kotłów fluidalnych” Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Rozprawa obejmuje analizę stanu wiedzy, kilka przeprowadzonych serii badań laboratoryjnych oraz opracowanie wyników. We wprowadzeniu przedstawione zostały te elementy rozprawy, zabrakło jednak wyraźnie sformułowanej tezy. Jest to pośrednio napisane na str. 11 jako „cel pracy doktorskiej”, jednak przyjęcie, że celem było „określenie wpływu dodatku do betonu...” trochę obniżałoby ambicje rozprawy doktorskiej. W rzeczywistości bowiem Autorka wykazała słuszność niewyrażonej tezy, że zastąpienie części cementu portlandzkiego w betonie nie zmniejsza ochrony zbrojenia stalowego przed korozją.

W kolejnym podrozdziale wprowadzenia, zatytułowanym „Zakres pracy doktorskiej” zawarto właściwie krótkie streszczenie. Można byłoby tu spodziewać się raczej zakresu w sensie ograniczeń przyjętych w rozprawie, a odnoszących się do uwzględnionych zmiennych i warunków

oraz badanych materiałów. Warto było tu napisać o ograniczeniu do jednego rodzaju cementu i stali zbrojeniowej BSt 500S, do dwóch rodzajów popiołów lotnych, itd.; ograniczenia podane są dopiero w rozdz. 4.1. Ograniczenia te wynikły częściowo z zakresu Projektu, wspomnianego powyżej, a także z oczywistych uwarunkowań rozprawy doktorskiej, która nie może obejmować rozpatrzenia wszystkich możliwych zmiennych, występujących w podejmowanych temacie, i to w tak szerokich granicach, jak występują one w rzeczywistości. Uważam, że zakres objęty badaniami przedstawionymi w rozprawą jest całkowicie wystarczający jako element przewodu doktorskiego.

W rozdz. 1 Autorka opracowała szczegółowy i wielostronny przegląd wiedzy o zastosowaniu popiołów lotnych w betonach, także popiołów pochodzących z kotłów fluidalnych. Uwzględniono przy tym obowiązujące normy, dotyczące zastosowania klasycznych popiołów, które nie obejmują popiołów fluidalnych. Przegląd obejmuje właściwości chemiczne i fizyczne popiołów ze spalania fluidalnego oraz wpływ popiołów z kotłów fluidalnych, stosowanych jako zamiennik części cementu, na mieszankę betonową oraz stwardniały betonu. Przegląd dokonany na podstawie dostępnych publikacji nie budzi zastrzeżeń. Jest to podstawa podejmowanej rozprawy, rozpoczętej od sformułowania programu badań i kryteriów oceny wyników.

W rozdz. 2 przedstawione są podstawowe metody badania korozji metali w roztworach, które są stosowane do oceny elektrochemicznych procesów korozyjnych zbrojenia w betonie. Opisano trzy główne metody określenia stanu powierzchni stali zbrojeniowej na podstawie badań materiałowych, bezpośrednich i elektrochemicznych. Szczegółowo rozpatrzone są zaawansowane badania elektrochemiczne przy zastosowaniu polaryzacji zbrojenia stalowego. Istotne znaczenie ma zastrzeżenie, podane na końcu tego rozdziału, w którym Autorka wskazała na potrzebę długotrwałych i powtarzanych pomiarów i obserwacji, jako niezbędnego uzupełnienia badań krótkotrwałych, mających za podstawę porównanie z zachowaniem stali zbrojeniowej w próbkach referencyjnych.

Rozdz. 3 zawiera opis wpływu dodatku popiołów w betonie na korozję uzbrojenia na podstawie licznych publikacji krajowych i zagranicznych. Opis ten z konieczności obejmuje głównie różne rodzaje tzw. popiołów tradycyjnych, ponieważ popioły fluidalne były przedmiotem tylko nielicznych badań. Metody oceny korozyjnego stanu wkładek stalowych umieszczonych w betonie, w którym część masy cementu zastąpiono popiołami ze spalania węgla w kotłach pyłowych, mogą być ewentualnie wykorzystane w podejmowanych badaniach.

Interesujące wyniki podane są w Tabelicy 3.12 na podstawie ref. [69]. Okazuje się, że wpływ popiołów lotnych tradycyjnych w betonach na szybkość korozji zależy w znacznym stopniu od rodzaju tego popiołu. Byłoby interesujące uzupełnienie tej tablicy o wartości, odpowiadające popiołom fluidalnym. Prawdopodobnie okazałyby się, że także wpływają na spowolnienie korozji.

Na zakończenie tej części rozprawy, to znaczy pierwszych trzech rozdziałów przeglądowych, zabrakło krótkiego podsumowania, z którego wynikałoby bezpośrednio co jest wiadome, a co pozostaje do zbadania w odniesieniu do popiołów fluidalnych, jakie podstawowe badania trzeba wykonać i jakie nowe zagadnienia trzeba sprawdzić, aby osiągnąć cele rozprawy. Jest to jednak częściowo napisane na początku rozdz. 4.

Rozdz. 4 obejmuje opis badań własności ochronnych betonu z popiołami lotnymi, polegających na poddaniu prętów zbrojeniowych działania cieczy porowej, otrzymanej z różnych serii badanych betonów. Uzyskane wyniki przedstawione są w postaci wykresów, na podstawie których wykazano zdolność popiołów fluidalnych do kontrolowania parametrów korozji w warunkach laboratoryjnych w porównaniu do betonów z czystego cementu portlandzkiego. Niektóre wyniki odnoszące się do betonów, w których 15% cementu zastąpiono popiołami fluidalnymi, wskazują na duże rozrzuty, wyjaśnione w sposób opisowy. Szkoda, że ten fragment badań nie został powtórzony, aby potwierdzić przypuszczenia i uniknąć ewentualności pomyłek w pomiarach lub warunkach doświadczeń.

Badania przedstawione w rozdz. 5 obejmowały ważne zagadnienie postępu korozji uzbrojenia w elementach żelbetowych, zarysowanych w stanie zbliżonym do naturalnego zachowania elementów w rzeczywistych konstrukcjach. Badania te przeprowadzono na beleczkach poddanych obciążeniu w okresie 95 tygodni, przy czym korozję wywoływano przez zwilżanie 3% roztworem chlorku sodu. Zakres tych badań był ograniczony do betonów o współczynniku $w/s = 0,55$ i przy zastosowaniu 30% popiołu w stosunku do masy spoiwa oraz do betonu referencyjnego bez popiołu fluidalnego. Wyniki badań wskazują, że w betonie zarysowanym z popiołem fluidalnym ochrona zbrojenia od korozji jest lepsza niż w betonie referencyjnym; pewne zakłócenia stwierdzono w wynikach badania w beleczkach z betonu z 30% zastąpieniem cementu przez popiół. Te zakłócenia nie zostały w pełni wyjaśnione.

Brakuje w tym rozdziale podsumowania wyników pomiarów we wszystkich punktach wzdłuż beleczek i ogólnych wniosków z tej części badań.

Rozdz. 6 poświęcony jest przeprowadzonym badaniom dodatkowym, które miały na celu zweryfikowanie części wyników, otrzymanych i opisanych w rozdz. 5. Pomiary przeprowadzono metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej na beleczkach z betonu referencyjnego i z betonów z zastąpieniem 30% przez oba rodzaje popiołów. Uzyskano zadowalające potwierdzenie uzyskanych poprzednio rezultatów o zdolności ochronnej takich betonów.

W tablicach 6.4 i 6.5 zestawiono wyniki pomiarów impedancyjnych w regionach niezarysowanych badanych beleczek, przez co wskazano na potwierdzenie wzrostu ochronnego wpływu popiołów fluidalnych w betonie. Zwraca jednak uwagę znaczny rozrzut wyników pomiarów gęstości prądu korozyjnego i brakuje próby wyjaśnienia przyczyn takiego rozrzutu. Trzeba oczywiście zauważyć, że nawet najwyższe wartości są znacznie mniejsze od pomierzonych w betonach bez popiołu. Sprawa dużych rozrzutów wyników pomiarów zasługuje na wyjaśnienie, chociaż w żadnym punkcie te rozrzuty nie przeczą tezie rozprawy.

Interesujące obserwacje zostały systematycznie przeprowadzone na prętach odsłoniętych w beleczkach żelbetowych, uprzednio zarysowanych, a następnie poddanych procesowi korozji (rozd. 7). Stwierdzono korozję uzbrojenia w miejscach wstępnych rys we wszystkich rodzajach betonów, a w betonie referencyjnym bez popiołu także w wyniku propagacji korozji poza rysami i w strefach nieobciążonych, czyli w obszarach niedostępnych bezpośrednio dla środka korodującego. Natomiast w betonach z popiołami rdza na prętach wystąpiła tylko na szerokości rysy, gdzie

beton nie chronił uzbrojenia. Okazało się, że wszędzie w badanych beleczkach beton z popiołem fluidalnym lepiej chronił pręty uzbrojenia niż beton referencyjny. Zjawiska te widać na fotografiach odsłoniętych prętów, pokazanych w rozprawie,.

Rozdz. 8 obejmuje zwięzłe podsumowanie wyników i krótki opis osiągnięcia celu badań, a przez to udowodnienie niesformułowanej tezy, że wpływ zastąpienia do 30% masy cementu portlandzkiego w spoiwie betonu przez badane popioły fluidalne jest korzystny ze względu na ochronę korozyjną uzbrojenia stalowego.

Załączniki zawierają szczegółowe informacje o materiałach, fotografie próbek oraz wyniki badań.

Uwagi redakcyjne

Rozprawa napisana jest w sposób dobrze uporządkowany i odpowiednio ilustrowana wykresami i zdjęciami.

Cel, zakres i teza (teza) rozprawy powinny być podane we wprowadzeniu, aby czytelnik mógł od początku dowiedzieć się co jest główną częścią rozprawy. Brakuje krótkich podsumowań po każdym głównym rozdziale. Okoliczność realizowania określonego zadania w zespołowo wykonywanym projekcie badawczym z jednej strony pomogła w uporządkowaniu programu badań, ale z drugiej – ograniczyła w pewnym zakresie samodzielność w sformułowaniu kolejnych rozwiązywanych zagadnień.

Styl opisu jest na ogół poprawny, chociaż pojawiają się zwroty wymagające szerszego objaśnienia.

Uwagi redakcyjne mają niewielki wpływ na ocenę rozprawy.

Ocena rozprawy

Na wysoką ocenę zasługuje przeprowadzenie trudnych i trwających około dwóch lat pomiarów, w sposób skuteczny. Uzyskane wyniki zostały poprawnie uporządkowane i przeanalizowane. Autorka uzyskała spójne i wiarygodne rezultaty badań, potwierdzające główną tezę.

Praca jest całkowicie eksperymentalna, bez prób uogólnienia zbadanych zjawisk w sensie prognozowania i rozwoju. Można mieć nadzieję, że Autorka będzie kontynuowała podjęty temat badawczy, np. właśnie w kierunku próby modelowania zjawisk korozji prętów w betonie o różnym składzie, a także wyjaśnienia przyczyn różnego oddziaływania rozmaitych popiołów lotnych na właściwości ochronne betonu. Są to kierunki obecnie rozwijane na świecie (por. Cement&Concrete Composites, 33,2,2011), a zebrane wyniki i uzyskane doświadczenie badawcze upoważniają do takiej kontynuacji. Problem jak betony z różnymi dodatkami w spoiwie chronią uzbrojenie w całym okresie przewidzianej eksploatacji konstrukcji zasługuje na dalsze badanie.

Wniosek

Autorka przeprowadziła badania korozji uzbrojenia, stosując zaawansowane metody i poprawnie realizując wszystkie doświadczenia i pomiary. Wykazała umiejętność prowadzenia badań i prawi-

dłowego analizowania wyników. Przeprowadzone badania mają duże znaczenie poznawcze, a także są związane ze współczesnymi potrzebami budownictwa betonowego.

Na podstawie powyższej recenzji stwierdzam, że rozprawa jako główny element przewodu doktorskiego spełnia wszystkie warunki, wynikające z obowiązujących przepisów i z przyjętych zwyczajowo wymagań poziomu naukowego. Wobec tego mgr inż. Katarzyna Domagała może być dopuszczona do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "A. Brant". The signature is written in a cursive, flowing style.