

Recenzja spełnia wymagania formalne

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport

M. Staniek
dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Prof. dr hab. inż. Andrzej Winnicki
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechniki Krakowskiej
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
e-mail: andrzej@hypatia.l5.pk.edu.pl

Kraków, 27 marca 2021

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Faustyna Rechy

„Modelowanie degradacji elementów żelbetowych w wyniku korozji zbrojenia”

1. Podstawa opracowania

Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej WP dr hab. inż. Marcina Stanieka, Prof. PŚ z dnia 1 lutego 2021 informujące o powołaniu niżej podpisanego na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Faustyna Rechy, ustawa z dnia 14 marca 2003 (z późniejszymi zmianami) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.

2. Ocena doboru tematu

Praca jest poświęcona zgodnie z tytułem opracowaniu modelu teoretycznego i jego komputerowej implementacji opisujących degradację cech materiałowych betonu w wyniku korozji prętów zbrojenia. Analiza degradacji właściwości materiałów quasi-kruchych, w tym betonu, w dłuższym przedziale czasowym pod wpływem oddziaływań środowiskowych takich jak karbonatyzacja, wnikanie chlorków, rozwój produktów korozyjnych stali, reakcja alkalia-kruszywo (ASR), opóźnione formowanie się ettringitu (DEF) jest zagadnieniem naukowym rozwijanym od dłuższego czasu w najlepszych ośrodkach naukowych na całym świecie. Praktyczne znaczenie takich analiz wynika z potrzeby szacowania długości życia i możliwości bezpiecznej eksploatacji konstrukcji poddanych tego typu oddziaływaniom. Z teoretycznego punktu widzenia zagadnienie jest bardzo interesujące i doprowadziło do szybkiego rozwoju takich podejść jak chemomechanika, teoria ośrodków wielofazowych, sprzężone zagadnienia wielopolowe. Temat podjęty przez Autora jest więc bardzo aktualny i dobrze wpisuje się we współczesny rozwój mechaniki materiałów. Szkoda jednak, że Autor ograniczył się do najprostszego i najstarszego podejścia stosowanego do opisu oddziaływań nie mechanicznych, jakim jest model termomechaniczny, nie próbując rozwiązać sprzężonego problemu chemomechanicznego i nie uwzględniając przestrzennego transportu produktów korozji w betonie.

3. Krótkie omówienie zawartości pracy

Praca liczy ogółem 118 stron, składa się z sześciu rozdziałów, trzech załączników, zawiera spis oznaczeń. Załączona bibliografia liczy 89 pozycji. Rozdział 1. zawiera wstęp, w którym scharakteryzowano ogólnie przebieg procesów korozyjnych w żelbecie. Brak jest sformułowania explicite tez pracy. Jako cel ogólny w punkcie 1.2 Autor przedstawił rozwinięcie modelu teoretycznego znanego z prac T. Krykowskiego i współpracowników dla oceny propagacji szerokości rozwarcia rys w elementach żelbetowych wraz z weryfikacją doświadczalną. Jako cele szczegółowe Autor wymienił: sformułowanie modelu termomechanicznego przydatnego do opisu elementów żelbetowych poddanych testom przyspieszonej korozji zbrojenia, sformułowanie i weryfikację doświadczalną tensora odkształceń objętościowych wymuszonych (w opisie prędkościowym), opracowanie metody wyznaczania czasu krytycznego, weryfikację wrażliwości modelu na odchyłki parametrów wejściowych przy wykorzystaniu metody Monte-Carlo. Rozdział zamyka przedstawienie zakresu pracy.

Rozdział 2. opisuje korozję w żelbecie w ujęciu elektrochemicznym. Przedstawia treści znane z podręczników chemii fizycznej i nie zawiera dorobku własnego Autora. Rozdział 3. opisuje powstawanie i transport produktów korozji w betonie w ujęciu teorii ośrodka wielofazowego z dominującą fazą szkieletu. Poszczególne równania bilansu (masy, pędu, momentu pędu, energii i entropii) przedstawił Autor zgodnie z literaturą, głównie na podstawie prac J. Kubika i T. Krykowskiego. Następnie Autor omówił związki fizyczne (konstytutywne) dla materiałów sprężysto-plastycznych z kontynuacją degradacją cech materiałów w ujęciu znanym z książki J. Lemaitre'a i J.-L. Chaboche'a. Oryginalnym wkładem Autora jest punkt 3.8 przedstawiający tensor odkształceń objętościowych wymuszonych (w opisie prędkościowym). Rozdział zamyka punkt opisujący modele materiału dostępne w programie ATENA (opracowane przez V. Cervenkę i współpracowników).

Rozdział 4. przedstawia kampanię eksperymentalną przeprowadzoną przez Autora. Przeprowadzono badania dwóch serii próbek o różnej geometrii (odpowiednio 4 i 3 próbki w serii). Próbki poddano testom przyspieszonej korozji elektrochemicznej wykorzystując elektrolizer. Próbki świadki poddano testom ściskania. Podczas testów korozyjnych mierzono natężenie prądu korozyjnego i oporność układu elektrolizera. W trakcie procesu mierzono deformacje liniowe próbek (przy użyciu systemu optycznego ATOS i w sposób mechaniczny) i szerokość rozwarcia rys. Stosując analizę grawimetryczną produktów korozji Autor oszacował rzeczywistą wartość elektrochemicznego równoważnika dla pręta zbrojeniowego umieszczonego w próbce betonowej. Na końcu rozdziału Autor podjął próbę oszacowania czasu krytycznego za pomocą aproksymacji eksperymentalnych wyników wydłużeń próbki przy użyciu dwóch odrębnych prostych regresji liniowej.