Recenzja spełnia wymagania formalne

prof. dr hab. inż. Jacek Śliwiński
Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechniki Krakowskiej
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków
e-mail: jacek.sliwinski@pk.edu.pl

Kraków, 22 sierpnia 2022 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Michała Tałaja
pt. **Ocena trwałości betonów niskoemisyjnych**

zrealizowanej pod opieką promotorską prof. dr hab. inż. Zbigniewa Giergicznego,
promotorem pomocniczym był dr inż. Damian Dziuk

1. Podstawy opracowania opinii

Formalną podstawę opracowania niniejszej opinii stanowi pismo o znaku RDILT.512.17.2022 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej Pana dr. hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚl, skierowane do mnie w dniu 6 lipca 2022 r. i zawierające zlecenie wykonania niniejszej recenzji.

Merytoryczną podstawę opracowania opinii stanowił załączony do zlecenia kompletny tekst rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Tałaja pod tytułem jak wyżej.

Podstawę prawną wykonania recenzji stanowi art. 14 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r., poz. 1789, z późn. zm.), w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669, z późn. zm.).

2. Krótka charakterystyka rozprawy

Recenzowana praca doktorska ma typowy charakter i układ opracowania studialno-doświadczalnego. Podjęta przez Autora problematyka jest aktualna i ważna zarówno z poznawczego, jak i może nawet bardziej, z aplikacyjnego punktu widzenia. Dotyczy ona bowiem zagadnienia trwałości pewnej grupy betonów cementowych wykonanych z udziałem cementów o zredukowanej zawartości klinkieru portlandzkiego, a więc o zredukowanym śladzie węglowym. W rozprawie cementy te zwane są niskoemisyjnymi. Konsekwentnie, podobnie nazywane są wykonane z nich betony, których odporność na najważniejsze oddziaływania środowiskowe jest przedmiotem dysertacji.

Lektura opiniowanej rozprawy wyraźnie wskazuje, że jej autorem jest osoba dosyć łatwo poruszająca się w praktycznych problemach technologii spoiw i betonów cementowych. W pozytywnym znaczeniu widoczną jest tu także ręka promotora prof. Zbigniewa Giergicznego, znawcy i popularyzatora wiedzy o cementach i betonach cementowych, w tym i tych w wersji niskoemisyjnej.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
wpłynęło dnia 29.08.2022
nr 251/2022 zał. —

Wpłynęło dnia 29.08.2022 r.
RDILT.512.17.2022

Należy podkreślić, że współczesna wiedza na temat wpływu zawartości nieklinkierowych składników cementu na właściwości zarówno samych cementów, jak i wykonanych z nich betonów, jest bardzo obszerna. Wiedzę tę Doktorant właściwie wykorzystał podczas redagowania zarówno studialnej, jak i doświadczalnej części rozprawy.

Załączony do rozprawy spis wykorzystanej literatury zawiera 165 publikacji oraz 38 norm. Większość publikacji to prace opublikowane w ostatniej dekadzie. Należy podkreślić, że dobór literatury którą przestudiował Doktorant był właściwy. W spisie nie znalazłem żadnej publikacji na temat bezpośrednio związany z rozprawą, której autorem lub współautorem byłby Doktorant. Skąd inąd wiem, że takie publikacje istnieją.

3. Ocena celowości podjęcia tematu, tytuł rozprawy oraz jej cel i zakres

Jak już wspomniałem, podjęcie badań będących przedmiotem rozprawy uważam za uzasadnione. Taką opinię uzasadnia z jednej strony to, że w pracy analizowane są nowe odmiany cementów wprowadzanych formalnie do norm i w najbliższej przyszłości zapewne także i do produkcji. Z drugiej strony istnieje ewidentna potrzeba ilościowego poznania właściwości i trwałości betonów wykonanych z tych cementów. Innym czynnikiem przemawiającym za taką opinią jest potrzeba rozpowszechniania informacji o takich cementach i betonach wśród ich bezpośrednich użytkowników, czyli projektantów konstrukcji i współpracujących z nimi technologów betonu.

Tytuł rozprawy jest w zasadzie poprawny. Jednak w czasach, w których bardzo dużo się mówi i pisze o materiałach o zminimalizowanym śladzie węglowym, może właściwe było dodanie, że chodzi o betony cementowe, a nie o inne ich, nie zawsze rzeczywiście proekologiczne odmiany.

Cel pracy został opisany w sposób klarowny. Zakres przeprowadzonych badań i wynikających z nich analiz został generalnie dobrze dobrany. Cel pracy, w postaci ilościowej oceny wpływu analizowanych cementów na odporność wykonanych z nich betonów na karbonatyzację, na wnikanie jonów chlorkowych i na naprzemienne zamrażanie i rozmrażanie, został zdaniem recenzenta osiągnięty.

4. Charakterystyka poszczególnych części rozprawy oraz ogólne uwagi

Poniżej w sposób skrótowy omawiam zawartość rozprawy zaznaczając, do których z poruszanych w niej problemów będę miał w dalszym ciągu pewne uwagi bądź zastrzeżenia.

4.1. Część studialna (rozdz.3 i 4)

W części tej Doktorant skupił się na trzech zagadnieniach, a mianowicie:
- na problemie ograniczania emisji gazów cieplarnianych w przemyśle cementowym i przy produkcji betonów cementowych,
- na ogólnym omówieniu trwałości betonów oraz konstrukcji betonowych i żelbetowych,
- na zwartym, podręcznikowym omówieniu typowych rodzajów i mechanizmów korozji betonu, każdorazowo uzupełnionym informacjami w jaki sposób nieklinkierowe składniki cementu wpływają na odporność na dany rodzaj korozji.

Odniesiono się tu do korozji spowodowanej reakcją między alkaliami i reaktywną krzemionką, do korozji siarczanowej i chlorkowej oraz do procesu karbonatyzacji i jego konsekwencji. Zestaw omawianych oddziaływań kończy omówienie destrukcji betonu spowodowanej jego cyklicznym zamrażaniem i rozmrażaniem w obecności wody.

W króciutkim podsumowaniu przedstawionym w rozdz. 4 Doktorant przede wszystkim wyraża przekonanie, że podjęte badania mają uzasadnienie oraz, że stosowanie składników nieklinkierowych w cemencie, w tym mielonego wapienia, jest podstawowym remedium na obniżanie śladu węglowego.

Generalnie, część studialną rozprawy uważam za opracowaną poprawnie. Stanowi ona właściwe przygotowanie do relacjonowanych w dalszym ciągu własnych prac doświadczalnych i ich wyników.

Na tle tej części rozprawy mam do Doktoranta jedno pytanie i jedną sugestię.

- Czy znane są Panu kryteria akceptacji pyłu z recyklingu betonu jako składnika cementów grupy CEM II/A-R oraz aspekty ekonomiczne produkcji tych cementów.
- W pracy betony z cementów niskoemisyjnych porównuje się tylko z betonami z innych spoiw cementowych (CEM I lub CEM III). Jak wyglądałoby zdaniem Pana porównanie śladu węglowego analizowanych w pracy betonów ze śladem węglowym betonów geopolimerowych uznawanych obiegowo za niezwykle przyjazne środowisku ?

4.2. Część doświadczalna (rozdz.5)

Część ta składa się z jednego obszernego rozdziału. Zawarto w nim wszelkie informacje związane z przeprowadzonymi badaniami i ich wynikami.

Na wstępie jasno przedstawiono myśl, która stanowiła podstawę dla zaplanowania zakresu badań. Następnie scharakteryzowano używane nieklinkierowe składniki cementów niskoemisyjnych (popiół lotny krzemionkowy, mielony granulowany żużel wielkopiecowy i mielony wapień) oraz nośniki klinkieru portlandzkiego (produkowany przemysłowo cement CEM I 52,5 R oraz półprodukt w postaci mielonego klinkieru portlandzkiego z regulatorem wiązania w ilości ok. 5% masy).

W efekcie do wykonania tytułowych betonów niskoemisyjnych użyto siedmiu rodzajów cementów, w tym wprowadzonych nową normą cementy portlandzkie wieloskładnikowe CEM II/C-M w wersji żużlowo-wapiennej oraz żużlowo-popiołowej, a także cement wieloskładnikowy CEM VI w wersji popiołowo-żużlowej. Zawartość klinkieru w tych cementach wynosiła od 47 do 56% masy (od 50 do 60% łącznie z regulatorem wiązania). Jako spoiwa porównawcze stosowano CEM I 42,5 R oraz CEM III/A 42,5 N LH/HSR/NA. Wszystkie stosowane cementy zostały scharakteryzowane obliczonym w sposób uproszczony śladem węglowym.

Należy tu dodać, że warianty cementów niskoemisyjnych stosowanych do wykonania analizowanych w pracy betonów, były niemal identyczne co cementy niskoemisyjne stosowane do badań betonów, o których mowa w recenzowanej przeze mnie równolegle innej pracy doktorskiej wykonywanej pod kierunkiem prof. Zbigniewa Giergicznego (*mgr inż. Karol Wandoch, rozprawa pt. Kształtowanie składu współczesnego betonu dla potrzeb budownictwa z uwzględnieniem wymagań ekologicznych, Politechnika Śląska, 2022*).

Następnie scharakteryzowano używane kruszywa i domieszki, a wśród nich superplastyfikator, klasyczną domieszkę napowietrzającą oraz mikrosfery polimerowe jako niekonwencjonalny środek służący do wprowadzania w kontrolowany sposób powietrza do mieszanki betonowej.

W dalszym ciągu przedstawiono składy betonów wybranych do badań trwałościowych. Doboru tych betonów i ich składów dokonano głównie na podstawie wymagań dyktowanych warunkami ich przewidywanej eksploatacji. Skoncentrowano się tu na podatności betonu na karbonatyzację oraz na destrukcyjne działalnie cyklicznego zamrażania i rozmrażania. Do badań przyjęto więc betony o granicznych składach zapewniających normową trwałość w warunkach eksploatacji określonych klasami ekspozycji XC2, XC4 oraz XF4.

Pozostała część rozprawy poświęcona została opisom przebiegu realizowanych badań, ich wynikom oraz dyskusjom na ich temat, a przede wszystkim na temat stwierdzonego wpływu zawartych w używanych cementach składników nieklinkierowych na rozważane kolejno właściwości betonu. Badania te są rozległe i dotyczą kolejno takich zagadnień jak:
- proces karbonatyzacji i jego przebieg w zależności od wybranych czynników materiałowych i technologicznych,
- odporność na wnikanie jonów chlorkowych,
- mrozoodporność zwykła i w obecności soli odladzającej,
- ocena zdolności betonu do ochrony korozyjnej stali zbrojeniowej za pomocą pomiarów korozymetrycznych.

Jak już wspomniałem wcześniej, omawiana część rozprawy ma charakter obszernego sprawozdania z badań. Zawiera ona również elementy o charakterze dyskusji naukowej. Jest ona opracowana poprawnie. Do szczegółowych uwag do tej części wrócę jeszcze w pkt. 5 recenzji.

4.3. Podsumowanie i wnioski (rozdz.6 i 7)

Doktorant zebrał tu cząstkowe analizy wyników omawianych wcześniej badań oraz przedstawił zestaw dziesięciu wniosków, do których także wrócę jeszcze w pkt. 5 niniejszej opinii.

Generalnie zawartość i redakcję całości rozprawy oceniam pozytywnie. Na postawie uzyskanych wyników przeprowadzonych badań potwierdzono i ilościowo określono wpływ stosowania cementów o obniżonym śladzie węglowym na trwałość wykonanych z nich betonów. Jak już wspomniano, redakcja tej części rozprawy pokazuje, iż Doktorant porusza się wystarczająco swobodnie i kompetentnie w problemach technologii spoiw oraz betonów cementowych.

5. Kilka uwag do dyskusji

Sformułowane dalej uwagi i wątpliwości recenzenta związane są z częścią doświadczalną obejmującą rozdz. 5-7. Uwagi te przedstawiam poniżej, zachowując ich kolejność zgodną z biegiem tekstu.

1/ str.82, tabl.20:
Zmienna zawartość piasku i kruszywa grubego w podanym zakresie wynika zapewne z różnej gęstości stosowanych cementów. Proszę o wyjaśnienie jakie znaczenie, oprócz czysto formalnego, ma to kilkukilogramowe zróżnicowanie przy wykonywaniu zarobów o objętości 30 dm^3 ?

2/ str.83:
Czy objętość zarobu wynosząca 30 dm^3 może być uznana za zapewniającą spełnienie warunku reprezentatywności wykonywanej i potem badanej mieszanki betonowej ?

3/ str.83:
Dlaczego w badaniach pominięto ważną i łatwą do oceny cechę betonów jaką jest ich nasiąkliwość ? Nie analizowano także porowatości betonów, choćby tylko porowatości całkowitej. Znajomość tych cech rzuciłaby dodatkowe światło na inne właściwości betonów i ich zmienność.

Podobnie zupełnym milczeniem pominięto wytrzymałość betonów na rozciąganie. A jest to właściwość mówiąca sporo na przykład na temat współpracy stwardniałego zaczynu z ziarnami kruszywa.

4/ str.87 i w innych miejscach:
W pracy nie znalazłem żadnej informacji o jednorodności wyników badań poszczególnych badanych właściwości betonów.

5/ str.107:
Pozytywnie należy ocenić zajęcie się wpływem skróconej pielęgnacji wodnej na postęp karbonatyzacji oraz na przepuszczalność dla jonów chlorkowych. Na wskazanej stronie zawarto bardzo istotną informację o ogromnym, bo sześciokrotnym wzroście przepuszczalności tych jonów przez beton z cementu CEM (50K-50V) w porównaniu z betonem porównawczym z cementu CEM I 42,5 R.
Jakie były przyczyny aż tak dużego pogorszenia tej cechy ?

6/ str.120:
Dlaczego mikrosfery polimerowe dozowano (patrz tabl.20) w ilości 1% masy cementu i jak się ta zawartość miała do założonej ilości wprowadzanego powietrza ?

7/ str.121:
Jaka jest opinia Doktoranta na temat metody badania mrozoodporności tzw. zwykłej opisanej w załączniku N do normy PN-B-06265 oraz na temat związanych z nią kryteriów mrozoodporności ?

8/ str.129:
Proszę wyjaśnić z jakich powodów zastosowanie mikrosfer polimerowych jako środka napowietrzającego w zdecydowanie mniejszym stopniu obniża wytrzymałość na ściskanie w porównaniu do napowietrzenia za pomocą tradycyjnych domieszek ?
Czy znane są przemysłowe zastosowania mikrosfer do betonów mrozoodpornych i jakie były tego efekty ?

9/ str.148:
Przedstawione w rozprawie wyniki badań dają moim zdaniem możliwość sfomułowania także innych wniosków, niż tu podane. Nie mając wątpliwości, że wyniki badań będą służyły propagacji stosowania cementów niskoemisyjnych w praktyce, sugeruję dokonanie

ponownego przeglądu wyników i sformułowanie wynikających z nich szczegółowych wniosków.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Michała Tałaja dotyczy aktualnego zagadnienia związanego pośrednio z ekologiczną produkcją spoiw cementowych, a bezpośrednio z trwałością betonów wyprodukowanych z cementów o zredukowanej zawartości klinkieru portlandzkiego, a więc cementów o obniżonym śladzie węglowym.

Doktorant podjął się przeprowadzenia obszernych i pracochłonnych badań, których wyniki mają wartość aplikacyjną i wymierną wartość naukową.

Do rozprawy zgłosiłem kilka uwag i wątpliwości mających w części dyskusyjny charakter. Moja końcowa opinia o rozprawie jest pozytywna. Recenzowana rozprawa pokazuje bowiem, iż Pan **mgr inż. Michał Tałaj** potrafi samodzielnie sformułować problem badawczy, właściwie dobrać literaturę niezbędną do przestudiowania zagadnienia, a następnie przyjąć właściwy program badań oraz przeprowadzić badania zmierzające do rozwiązania postawionego problemu.

Biorąc pod uwagę wszystko co wyraziłem wyżej, przedłożoną rozprawę oceniam jako **spełniającą wymagania** sformułowane w art. 14 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r., poz. 1789, z późn. zm.), w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669, z późn. zm.), w związku z czym **wnioskuję o dopuszczenie** jej do publicznej obrony.

Recenzję podpisał
Jacek Śliwiński

* wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz. U. z 2026 r. poz. 1764)

Marzena Gaura