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. Karola Wandocha
pt. **Kształtowanie składu współczesnego betonu dla potrzeb budownictwa z uwzględnieniem wymagań ekologicznych**

zrealizowanej pod opieką promotorską prof. dr hab. inż. Zbigniewa Giergicznego, promotorem pomocniczym był dr inż. Artur Golda

1. Podstawy opracowania opinii

Formalną podstawę opracowania niniejszej opinii stanowi pismo o znaku RDILT.512.18.2022 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. Karola Wandocha 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

Opiniowana praca doktorska ma charakter solidnego opracowania relacjonującego obszerne, wielowątkowe i interesujące badania. Sprawozdanie to zostało poprzedzone, niezbędnym w przypadku prac o aspiracjach naukowych, studium literatury opisującym aktualny stan wiedzy na poruszany w pracy temat. Tematyka, której rozwinięcia podjął się Doktorant jest aktualna, a jej wyniki mogą zostać efektywnie wykorzystane praktycznie. Podobnie jak większość prac doktorskich, których promotorem jest prof. Zbigniew Giergiczny, tematyka niniejszej rozprawy dotyczy spoiw cementowych, w których technologii produkcji wykorzystuje się popioły lotne, mielony granulowany żużel wielkopiecowy i inne podobne składniki nieklinkierowe. Konkretnie chodzi tu o ocenę możliwości właściwego wykorzystania grupy cementów o zredukowanej zawartości klinkieru portlandzkiego, czyli cementów o niskim śladzie węglowym, do wykonywania bardzo różnych rodzajów betonów. Od betonu zwykłego po betony o specjalnych właściwościach jak beton stosowany w prefabrykacji, beton wysokowartościowy, beton samozagęszczalny oraz beton do wykonywania monolitycznych elementów masywnych. Doktorant wydaje się być biegłym specjalistą w zakresie technologii spoiw cementowych i wykonanych z nich betonów.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
wpłynęło dnia 29.08.2022
nr 252/2022 zał. —

Wpłynęło dnia 28.08.2022 r.
RDILT.512.18.2022

Obecna wiedza na temat wpływu zawartości nieklinkierowych składników cementu na właściwości tych spoiw oraz na właściwości wykonanych z nich betonów jest dosyć rozległa. Wykorzystanie jej przez Doktoranta jest widoczne zarówno w redakcji części studialnej jak i prezentującej jego badania własne.

Praca została oparta na studiach źródeł literaturowych, które liczą około 95 publikacji oraz około 65 aktów normatywnych. Większość publikacji to prace opublikowane w ostatnim dziesięcioleciu. Dokonany wybór przestudiowanej literatury oceniam pozytywnie. W spisie nie znalazłem żadnej publikacji na temat bezpośrednio związany z rozprawą, której autorem lub współautorem byłby Doktorant, mimo że takie publikacje istnieją.

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

Jak już wspomniałem, podjęcie badań, którym poświęcona została opiniowana rozprawa było uzasadnione. Wprowadzanie do praktyki nowych odmian cementów z oczywistych względów wymaga bowiem każdorazowo zweryfikowania ich efektywności określającej między innymi najkorzystniejszy zakres zastosowań. Badania takie są niezbędne, mimo, iż w ogólności znany jest wpływ wprowadzanych do cementu składników nieklinkierowych. Potrzeba takich badań i rozpowszechniania ich wyników w środowisku budowlanym są także oczywiste.

Tytuł rozprawy w zasadzie oddaje jej zawartość. Uważam jednak, że tytuł został nadmiernie rozbudowany. Za zbędne uważam podkreślanie, że chodzi o betony *dla potrzeb budownictwa*, gdyż jest to oczywiste. Podobnie oczywistym jest, iż chodzi o *współczesny beton*, gdyż dalej pisze się o bardzo współczesnych wymaganiach ekologicznych. Tytuł mógłby więc brzmieć na przykład tak: *Ocena przydatności cementów niskoemisyjnych do produkcji różnych rodzajów betonów konstrukcyjnych.*

Informacje o celu i zakresie pracy zostały przedstawione w sposób jasny. Zostało tu zaprezentowanych kilka zdań zatytułowanych jako *teza pracy*. Teza ta jest niezwykle ogólna i posiada typowo publicystyczny charakter. Cel pracy, w postaci ilościowej oceny wpływu analizowanych cementów niskoemisyjnych na właściwości przykładowych betonów z grup betonów zwykłych, betonów używanych w warunkach prefabrykacji, betonów wysokowartościowych, betonów samozagęszczalnych oraz betonów przeznaczonych do wykonywania monolitycznych elementów masywnych, został moim zdaniem osiągnięty.

4. Charakterystyka poszczególnych części rozprawy oraz ogólne uwagi

Jak większość prac doktorskich z dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych recenzowana praca składa się z części studialnej i części doświadczalnej. Poniżej krótki opis zawartości obydwu z nich.

4.1. Część studialna (rozdz. 3)

W jednorozdziałowej części studialnej, która stanowi około 1/3 całości tekstu rozprawy Autor odniósł się do trzech zagadnień:

- problemu emisji CO_2 podczas produkcji spoiw i betonów cementowych i do możliwości jej ograniczania,

- przeglądu formalnych uwarunkowań powodujących ograniczone stosowania cementów i betonów niskoemisyjnych w budownictwie,
- poglądów Doktoranta na sposoby, które mogłyby polepszyć sytuację iż obecnie cementy niskoemisyjne są niechętnie stosowane do wykonywania betonów konstrukcyjnych.

Przedstawiona tu dyskusja i zaprezentowane opinie Doktoranta są rzeczowe i trafne oraz właściwie oparte na aktualnej wiedzy. Wpływ przywołanych przepisów normowych na ocenę obecnego stanu rzeczy jest właściwie przedstawiony. Zaproponowane sposoby technologicznego „wspomożenia" cementów niskoemisyjnych w przypadku zastosowań, do których z natury niekoniecznie się one nadają (stosowanie niskich wartości w/c, określanie nominalnych właściwości cementu i betonu pod czasie dłuższym niż 28 dni, współczynnik k, stosowanie odpowiednich domieszek, etc.), acz dosyć oczywiste, są w pełni warte aby je praktycznie stosować. Powstaje jedynie pytanie, na ile zabiegi takie będą uzasadnione na przykład z ekonomicznego punktu widzenia.

Reasumując, część studialna w wystarczającym stopniu wprowadza do tematyki prezentowanych w dalszym ciągu badań i ich wyników. Sposób jej zredagowania i wykorzystane źródła świadczą, że Doktorant jest praktykiem z dużym doświadczeniem zawodowym.

Na kanwie tej części pracy chciałbym zadać Doktorantowi jedno pytanie, a mianowicie: jakie są realne, z praktycznego technologicznego punktu widzenia, możliwości wykorzystania emitowanego CO_2 bezpośrednio przez cementownię będącą jego emitentem ?

4.2. Część doświadczalna (rozdz. 4)

Część tę otwierają charakterystyki używanych do komponowania cementów niskoemisyjnych składników nieklinkierowych (popiół lotny krzemionkowy, mielony granulowany żużel wielkopiecowy i mielony wapień) oraz nośników klinkieru portlandzkiego (produkowane przemysłowo cementy CEM I 52,5 R i CEM I 42,5 R oraz półprodukt w postaci mielonego klinkieru portlandzkiego z regulatorem wiązania w ilości ok. 5% masy). Następnie podano podstawowe wyniki badań wykonanych z nich cementów o różnym udziale klinkieru portlandzkiego 85, 70 i 50% m.

Należy tu dodać, że cementy niskoemisyjne stosowane 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 opieką prof. Zbigniewa Giergicznego (*mgr inż. Michał Tałaj, rozprawa pt. Ocena trwałości betonów niskoemisyjnych, Politechnika Śląska, 2022*). Cementy te pochodziły z produkcji komercyjnej lub z prób w warunkach przemysłowych w cementowni Górażdże oraz z samodzielnego wykonywania w warunkach laboratoryjnych. Następnie scharakteryzowano wszystkie inne składniki betonów oraz przedstawiono szczegółowe informacje o właściwościach cementów wykonanych w warunkach laboratoryjnych i wytworzonych w czasie prób przemysłowych w cementowni.

Cały dalszy ciąg to relacja z badań i ich wyniki dotyczące oceny właściwości różnych odmian betonów wykonanych z udziałem cementów niskoemisyjnych, a mianowicie: betonu zwykłego, betonu stosowanego w prefabrykacji, betonu o wysokiej wytrzymałości, betonu

o zdolności do samozagęszczania na etapie mieszanki oraz betonu przeznaczonego do wykonywania monolitycznych elementów masywnych.

W końcowej partii części badawczej dotknięto problemu radioaktywności cementów wieloskładnikowych oraz podjęto próbę oceny śladów węglowych analizowanych w pracy cementów i betonów niskoemisyjnych. Dla analizowanych w pracy betonów dokonano interesujących przeliczeń biorących pod uwagę ekologiczne koszty uzyskania 1 MPa ich wytrzymałości na ściskanie. Podobnych przeliczeń dokonano także dla stosowanych cementów uzależniając dodatkowo parametr [ślad węglowy/1 MPa] od wartości wskaźnika w/c.

Część badawcza recenzowanej rozprawy ma charakter solidnego sprawozdania z badań w elementami wnioskowania naukowego. Widać, że Doktorant ma zapewne doświadczenie w wykonywaniu tego typu opracowań.

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

W rozdz.6 Doktorant zestawiając wyniki cząstkowych analiz wyników omawianych wcześniej badań, dokonał pewnego rodzaju podsumowania. Ostatni rozdz.7 zawiera zestaw dziesięciu wniosków, jakie Doktorant sformułował na podstawie studiów literaturowych oraz wyników przeprowadzonych badań. Do obydwu tych rozdziałów jeszcze wrócę w kolejnym punkcie recenzji.

Całość tekstu rozprawy oceniam generalnie pozytywnie, mając do niej, a właściwie do jej części doświadczalnej, kilka uwag i zastrzeżeń o dyskusyjnym charakterze. Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantowi udało się określić ilościowo wpływ stosowania cementów o obniżonym śladzie węglowym na różne właściwości różnych rodzajów wykonanych z nich betonów. Praca pokazuje, iż Doktorant porusza się wystarczająco swobodnie i kompetentnie w problemach związanych z technologią spoiw i betonów cementowych.

5. Kilka uwag do dyskusji

Sformułowane dalej uwagi i wątpliwości dotyczą części doświadczalnej. Uwagi te przedstawiam poniżej, starając się zachować ich kolejność zgodną z biegiem tekstu.

1/ str.68:
Wartość wskaźnika w/c nie wpływa na właściwości cementu, jak to napisano w tytule rozdz. 4.3.2.1, tylko wykonanego z niego kompozytu (zaczynu, zaprawy, betonu).

2/ str.71:
Jakie były powody badania wpływu temperatury 8 i 38°C na wytrzymałość na ściskanie zapraw z analizowanych cementów. Czy należy te temperatury wiązać z jakimiś zabiegami wykonywanymi w praktyce budowlanej ?

3/ str.74 i w innych miejscach dalej:
W pracy nie znalazłem informacji o ilości pomiarów służących do obliczenia średniej oraz o jednorodności wyników badań poszczególnych cech badanych betonów. Informacje takie pojawiają się jedynie w przypadku wytrzymałości na ściskanie.

4/ str.77, tabl.45:
Dlaczego w badaniach całkowicie pominięto wytrzymałość betonów na rozciąganie ? Znajomość tej cechy pozwala na pełniejszą interpretację wyników badań innych cech betonu.

5/ str.78, tabl.47:
Tutaj oraz w kolejnych tabl.49, 52, 56, 60 i 63 zostały podane składy analizowanych betonów. Ponieważ w każdym przypadku podawana jest projektowana klasa konsystencji należy mniemać, że składy te oprócz wymagań związanych z przyjętymi klasami ekspozycji, są efektem jakiegoś procesu projektowania.
Nasuwają się więc następujące pytania:
- W jaki sposób (jaką metodą) projektowano skład każdego z betonów oraz dlaczego w przywołanych tablicach nie podano projektowanej klasy wytrzymałości ?
- Na ile reprezentatywne są przyjęte składy różnych betonów specjalnych, aby na ich podstawie określać przykładową efektywność stosowania danego cementu ?

6/ str.81:
Sugeruję unikać takiego pośredniego wnioskowania jak: *Spadek ten jest związany ze znacznym wzrostem porowatości betonu, o czym świadczą wyniki badań głębokości penetracji wody pod ciśnieniem ...".* Szkoda, że nie określano nasiąkliwości wodą analizowanych betonów.

7/ str.84:
Rozumiem, że informacji na temat wpływu nieklinkierowych składników cementu znaleźć można w literaturze bardzo dużo. Niemniej w pewnych przypadkach należało w pracy podjąć trud wyjaśnienia czym można wytłumaczyć dokonane spostrzeżenie.
W tym przypadku chodzi mi o wyjaśnienie dlaczego *„Cementy niskoemisyjne wykazywały mniejszą podatność na wzrost skurczu wraz ze wzrostem stosunku w/c w betonie"* ?

8/ str.94:
Czy Doktorantowi chodziło o beton wysokiej wytrzymałości czy też o beton wysokowartościowy, bo to nie jest to samo.

9/ str.98:
Jak Doktorant ocenia przydatność metody pomiaru i kryteria oceny tak zwanej mrozoodporności zwykłej betonu opisane w normie PN-B-06265 ?
Interesuje mnie to zwłaszcza w odniesieniu do badań betonów wysokowartościowych.

10/ Z przedstawionych w pracy badań wynika jasno, że przy współczesnym arsenale środków, jakimi dysponuje technolog betonu, zawsze znajdzie się jakiś sposób albo sposoby, aby „przykryć" nimi niedoskonałości użytego cementu. W takim kontekście cementy niskoemisyjne zdają się być pozbawione jakichkolwiek wad. Szczególnie jaskrawo to widać przy propozycji stosowania do betonów używanych w prefabrykacji domieszek przyspieszających uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości wczesnej.
Po tym przydługim wstępie proszę o wymienienie tych zastosowań cementów niskoemisyjnych, do których są one predestynowane niejako z natury.

11/ str.120:
Przeprowadzone badania i ich wyniki upoważniają według mnie Doktoranta do sformułowania także innych wniosków, niż tu wymienione. Mam na myśli zwłaszcza bardziej szczegółowe wnioski o charakterze praktycznym, które bez wątpienia powinny się

znaleźć w materiałach promujących szersze stosowanie cementów niskoemisyjnych w technologii betonów konstrukcyjnych. Sądzę, że Doktorant wykorzysta wyniki swoich badań także i w taki sposób.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Karola Wandocha dotyczy aktualnego zagadnienia związanego z możliwościami wykorzystania cementów o istotnie zredukowanej zawartości klinkieru portlandzkiego i w związku z tym zredukowanym śladzie węglowym do betonów konstrukcyjnych. Doktorant przeprowadził obszerne badania obejmujące różne rodzaje betonów, od zwykłego po betony do elementów masywnych i betony nowej generacji. Wyniki te mają wartość aplikacyjną, a także i naukową.

Do rozprawy zgłosiłem kilka uwag i wątpliwości mających dyskusyjny charakter. Moja końcowa opinia o rozprawie jest pozytywna. Recenzowana rozprawa pokazuje, iż Pan **mgr inż. Karol Wandoch** potrafi samodzielnie sformułować problem badawczy, właściwie opracować i przedstawić informacje o stanie wiedzy na tytułowy temat, a następnie skonstruować program badań oraz przeprowadzić badania zmierzające do rozwiązania sformułowanego na wstępie problemu.

Biorąc pod uwagę powyższe, 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