

Prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
e-mail: jerzy.hola@pwr.edu.pl

Wrocław, 22 sierpnia 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgr inż. Grzegorza Cygana

pt.: „Wpływ temperatury i czasu na właściwości samozagęszczalnych
mieszanek na spoiwach cementowych”

1. PODSTAWY OPRACOWANIA RECENZJI

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi pismo z dnia 10 lipca 2023 roku o znaku RDILGT.512.60.2023 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, w którym Przewodniczący Rady Dyscypliny Pan dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ prosi o przyjęcie obowiązków Recenzenta i opracowanie opinii o rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Cygana.

Merytoryczną podstawę opracowania recenzji stanowi załączona do ww. pisma rozprawa doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Cygana.

Prawną podstawę opracowania recenzji stanowią obowiązujące przepisy Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (DZ. U. z 2017 r. poz. 1789) i Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (DZ. U. poz. 1669) z dnia 30 sierpnia 2018 r., a także Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. *w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).

Wpłynęło dnia 28.08.2023 r.

J. W.

2. PRZEDMIOT I ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Grzegorza Cygana pt.: „Wpływ temperatury i czasu na właściwości samozagęszczalnych mieszanek na spoiwach cementowych”. Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr hab. inż. Jacek Gołaszewski. Recenzowana rozprawa ma charakter badawczy i ujęta została w 5 rozdziałach. Liczy 175 stron wydruku komputerowego, w tym 136 rysunków i 54 tablice. Przywołana w rozprawie literatura liczy 121 pozycji, w tym 4 pozycje których Autor rozprawy jest współautorem – 2 z tych pozycji to artykuły w czasopiśmie z listy *JCR* z wysokim *IF*.

Rozprawę rozpoczyna dwustronicowy wstęp (rozdział 1), poprzedzony spisem treści.

Rozdział 2 (61 stron) zawiera studium literaturowe, które ujęte zostało w dziesięciu podrozdziałach. W pierwszych trzech podrozdziałach naświetlono kolejno wpływ temperatury: na reakcję wiązania cementu, na procesy adsorpcji domieszek oraz na procesy absorpcji wody przez kruszywo i parowanie wody. W podrozdziale czwartym omówiono efekty związane z powierzchnią między fazową i spójnością, a piąty nazwano metody projektowania składów zapraw. Podrozdział szósty dotyczy wpływu temperatury na właściwości mechaniczne betonu, natomiast siódmy wpływu temperatury na urabialność mieszanek betonów samozagęszczalnych. W podrozdziale ósmym scharakteryzowano wpływ temperatury na parcie mieszanek betonu samozagęszczalnego na ściany deskowania pionowego, natomiast w dziewiątym przedstawiono rolę dodatków mineralnych w kształtowaniu właściwości mieszanek betonowych. W podrozdziale dziesiątym dokonano podsumowania studium literaturowego.

Rozdział 3 (5 stron) nazwano cel i zakres pracy. W rozdziale tym sformułowano sześć celów oraz omówiono plan badań podzielony na cztery bloki zilustrowane schematami.

Rozdział 4, najbardziej obszerny i liczący 94 strony, prezentuje badania własne. Składa się on z pięciu podrozdziałów. W podrozdziale pierwszym omówiono metodykę badań. Podrozdział drugi dotyczy badań wpływu temperatury na właściwości samozagęszczalnych mieszanek betonów zwykłych i betonów wysokowartościowych wykonanych z użyciem siedmiu rodzajów cementu i

zawierających w swoim składzie popiół wapienny, mączkę wapienną, popiół lotny krzemionkowy, żużel wielkopiecowy i mikro krzemionkę (Blok I); zamieszczono w nim w kolejności składy i właściwości składników mieszanek, wyniki badań i ich analizę, podsumowanie. Podrozdział trzeci dotyczy natomiast badań wpływu temperatury na urabialność mieszanek betonowych o różnym w/c, zagęszczonych wibracyjnie, zawierających dodatki mineralne j.w. (Blok II); jego kompozycja jest taka sama jak podrozdziału drugiego. Podrozdział czwarty dotyczy badań wpływu temperatury na parcie mieszanek betonowych, o dwóch różnych w/c i wykonanych z użyciem trzech rodzajów cementu i dwóch rodzajów domieszki upłynniającej, wywierane na ściany deskowania (Blok III); prezentuje on w kolejności składy i właściwości składników mieszanek, metodykę badań parcia samozagęszczanych mieszanek betonowych na ściany deskowania, wyniki badań i ich analizę. Podrozdział piąty dotyczy badań właściwości reologicznych zapraw modelowych i porównania tych właściwości z właściwościami reologicznymi odpowiadających im mieszanek betonowych badanych w Bloku III; zaprawy o dwóch różnych w/c wykonano z użyciem trzech rodzajów cementu i dwóch rodzajów domieszki upłynniającej (Blok IV).

Rozdział 5 (4 strony) stanowią podsumowanie i wnioski.

Rozprawę kończy literatura (6 stron) wykorzystana do napisania rozprawy.

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą stwierdzam, że jej treść jest w zgodzie z tytułem, a przyjęty układ jest prawidłowy i typowy dla rozpraw o charakterze badawczym. Rozprawę napisano poprawną polszczyzną, zilustrowano w bardzo dobrym stopniu czytelnymi rysunkami i tablicami. Dobór pozycji literaturowych jest trafny i uznaję go za w zupełności wystarczający; około 85% stanowią prace obcojęzyczne głównie anglojęzyczne, w przypadku 18% pozycji autorami są polscy badacze, około 50% pozycji jest z ostatnich 15 lat.

3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

3.1. Ocena doboru tematu i postawionego celu

Przystępując do oceny doboru tematu rozprawy wypada zauważyć, że w budownictwie sukcesywnie zwiększa się procentowy udział betonu samozagęszczalnego w całkowitej ilości wyprodukowanego betonu. Równocześnie, z

uwagi na szeroko rozumianą ochronę środowiska i oszczędność energii, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych, konieczność zagospodarowywania odpadów przemysłowych z różnych branż, pożądaną redukcję śladu węglowego itp., ciągle poszerza się paleta składników stosowanych do wytworzenia zarówno samego cementu jak i mieszanek betonowych samozagęszczalnych. Należy mieć tutaj na myśli różnego rodzaju dodatki mineralne takie jak na przykład popioły lotne wapienne i krzemionkowe albo granulowany żużel wielkopiecowy czy mączkę wapienną pozwalające zmniejszyć w cemencie zawartość klinkieru a w mieszance betonowej zastąpić w pewnym procencie masę cementu, oraz różnego rodzaju domieszki chemiczne jak plastyfikatory i superplastyfikatory. Uzasadnia to potrzebę prowadzenia systematycznych badań naukowych pozwalających poznać wpływ coraz to nowych dodatków i domieszek na właściwości reologiczne wykonanych z ich użyciem mieszanek betonowych. Ten obszar badawczy poszerza ponadto potrzeba poznania na drodze eksperymentalnej wpływu temperatury początkowej mieszanki betonowej i czasu. Wiedza w tej kwestii ma znaczenie nie tylko poznawcze ale również praktyczne, bo przecież w praktyce budowlanej mieszanka betonowa jest w różnych warunkach temperaturowych przygotowywana a następnie transportowana na plac budowy i wbudowywana w konstrukcję. Moim zdaniem za szczególnie interesujące i ważne, zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu, jest poznanie interakcji temperatury mieszanki betonowej z zawartymi w jej składzie różnymi dodatkami i domieszkami chemicznymi. Interakcja ta nie musi być przecież stała w czasie, może w niektórych sytuacjach być też niekorzystna i powodować na tyle istotne zmiany parametrów reologicznych mieszanki betonowej, że nie nastąpi jej prawidłowe samozagęszczenie się. W konsekwencji tego nie zostaną uzyskane przez dojrzały beton założone na etapie projektowym wartości jego parametrów wytrzymałościowych. Dlatego za jak najbardziej zasadne uznaję podjęcie się przez Autora rozprawy ambitnego zadania pogłębienia wiedzy w zakresie poznania na drodze eksperymentalnej wpływu temperatury początkowej i czasu na właściwości reologiczne samozagęszczalnych mieszanek betonowych wykonanych na spoiwach cementowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy bardzo dobrze wpisuje się w zasygnalizowany obszar badawczy i zasługuje na pozytywną ocenę bo jest aktualny, interesujący i mający znaczenie poznawcze i

aplikacyjne. Również na pozytywną ocenę zasługuje sześć celów sformułowanych w rozdziale 3 rozprawy na stronie 66. Cele te są zasadne, oryginalne, ambitne.

3.2. Tytuł rozprawy

Nie wnoszę uwag do zaproponowanego przez Autora tytułu rozprawy który moim zdaniem dobrze odzwierciedla zawartość rozprawy, ale w ramach dyskusji zgłaszam Autorowi wzbogacenie go o słowo reologiczne, po słowie właściwości.

3.3 Ocena wartości naukowej rozprawy

Ocenę wartości naukowej rozprawy rozpoczynam od stwierdzenia, że zrealizowane przez Autora obszerne własne badania doświadczalne zostały właściwie zaplanowane i wykonane z punktu sformułowanych celów. Metodyka badań i uzyskane rezultaty nie budzą zastrzeżeń. Na wysoką ocenę zasługuje bardzo dobre udokumentowanie uzyskanych wyników badań. W mojej opinii przeprowadzona została poprawna interpretacja i krytyczna analiza uzyskanych rezultatów i na tej podstawie sformułowanie zostały trafne podsumowanie i wnioski.

Po analizie rozprawy uważam, że do najważniejszych osiągnięć naukowych jej Autora można zaliczyć między innymi:

- a) Opracowanie oryginalnego szerokiego programu badań doświadczalnych i jego konsekwentne zrealizowanie.
- b) Wykazanie na drodze badawczej, że przy zawartości w składzie użytego w badaniach cementu do 30% popiołu lotnego wapiennego nie obserwuje się istotnego wpływu temperatury w przedziale $10 \div 30^{\circ}\text{C}$ na właściwości reologiczne wykonanej z użyciem tego spoiwa mieszanki betonowej.
- c) Wykazanie na drodze badawczej, że sumaryczny 30% dodatek mączki wapiennej (15%) i popiołu lotnego wapiennego (15%) do mieszanki betonowej zapewnia stabilność jej właściwości reologicznych, w aspekcie wpływu temperatury w przedziale $10 \div 30^{\circ}\text{C}$.
- d) Wykazanie na drodze badawczej, że przy odpowiednim doborze superplastyfikatora możliwe jest uzyskanie mieszanki betonowej o

właściwościach reologicznych mało wrażliwych na zmiany temperatury w przedziale $10 \div 30^{\circ}\text{C}$.

- e) Wykazanie na drodze badawczej, że temperatura mieszanki betonowej istotnie wpływa na wartość parcia jakie wywiera ona na pionowe ścianki deskowania; w przedziale temperatury $10 \div 30^{\circ}\text{C}$ największa wartość parcia ma miejsce w temperaturze 10°C , a najmniejsza w temperaturze 30°C .
- f) Opisanie funkcjami matematycznymi zależności parcia badanych mieszanek betonowych na deskowanie od kilku różnych parametrów reologicznych.
- g) Wykazanie na drodze eksperymentalnej, że badając właściwości reologiczne zapraw cementowych można przewidywać na tej podstawie właściwości reologiczne odpowiadających im mieszanek betonowych. Ponadto, przedstawienie liniowych zależności wiążących właściwości reologiczne badanych zapraw i odpowiadających im mieszanek betonowych.

4. UWAGI KRYTYCZNE I DYSKUSYJNE

Podczas czytania rozprawy nasunęły mi się w kolejności następujące uwagi krytyczne i dyskusyjne oraz pytania do Autora.

- a) Na początku rozprawy warto było zamieścić wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń. Brak wykazu sprzyja przeoczeniom albo dublowaniu opisu oznaczeń, co w rozprawie ma miejsce. Przykładowo:
 - nie podano co oznaczają użyte po raz pierwszy skróty BSZ (na s.6), BZW (na s. 67), SCC (na s. 168),
 - nie objaśniono co oznaczają symbole R (na s. 7), ϑ_{T2} i ϑ_{T1} (na s. 8),
 - zdublowano opis oznaczenia $V_{cp,mix}$ (na s.33).
- b) Podrozdział 4.4.2 „Metodyka badań parcia samozagęszczalnych mieszanek betonowych na ściany deskowania” powinien zostać moim zdaniem umieszczony w podrozdziale 4.1, jako 4.1.4. Ponadto podrozdział 4.4 też powinien zostać zakończony podsumowaniem, w analogii do podrozdziałów 4.2 i 4.3.
- c) Nazwy niektórych podrozdziałów nie są precyzyjne, co w moim odczuciu jest efektem stosowania przez Autora skrótów myślowych. Przykładowo: nazwa podrozdziału 2.6 powinna brzmieć „Wpływ temperatury na właściwości

mechaniczne betonu (brakuje słowa, betonu); nazwa podrozdziału 4.2.4 powinna brzmieć „Wpływ temperatury mieszanki betonowej na wytrzymałość na ściskanie betonów samozagęszczalnych” (brakuje słów, mieszanki betonowej); w nazwie podrozdziału 4.3 zamiast słowa betonu, powinno być, mieszanek betonowych.

- d) Brakuje zdań wprowadzających niektóre rysunki w tekst i omówienia tych rysunków w tekście. Dotyczy to rysunków 10, 12, 15, 18, 19, 26, 29, 30, 31, 42, 61, 77. Identyczna uwaga dotyczy wszystkich rysunków (od 118 do 125) i tablic (45 i 46) zamieszczonych w podrozdziale 4.4.5 na których zaprezentowane zostały wyniki badań własnych wpływu temperatury na parcie mieszanki betonowej samozagęszczalnej na deskowanie. Wyniki badań poddano analizie, jednak nie przywołano w niej żadnego z zamieszczonych w tym podrozdziale rysunków (i tablic), co czyni ją mało zrozumiałą.
- e) Osiągnięcie celu trzeciego „Opracowanie wytycznych do projektowania mieszanek BSZ o stabilnych właściwościach reologicznych w zmiennych temperaturach”, zostało moim zdaniem „ukryte” w rozprawie. Proszę Autora o czytelne zaprezentowanie opracowanych wytycznych podczas publicznej obrony rozprawy.
- f) Autor w wielu miejscach w tekście rozprawy używa mało precyzyjnego nazewnictwa, albo „gubi” niektóre słowa utrudniające zrozumienie co miał na myśli. Domniemywam, że to też może być efektem stosowania przez Niego skrótów myślowych. Nie powinno mieć to miejsca podczas publicznej obrony. Oto kilka przykładów:
- s. 35, 13 wg.; stopień hydratacji kompozytów,
 - s. 66, cel drugi; stabilność urabialności BSZ zwykłych i wysoko-wartościowych,
 - s. 67, 2 wg.; właściwości reologiczne betonów samozagęszczalnych,
 - s. 93, 4 wd.; betonu samozagęszczalnego o normalnej wytrzymałości,
 - s.149, 3wg.; Określenie statycznych i dynamicznych wymaga wyspecjalizowanych i kosztownych reometrów,
 - s. 165, 12 wg.; właściwości reologiczne BSZ.
- g) W odniesieniu do rysunków 83 i 84 przedstawiających relację ciepła hydratacji cementu i zmniejszenia/zwiększenia wytrzymałości na ściskanie betonu po 2 dniach wywołanego temperaturą początkową mieszanki, odpowiednio 10⁰C i

30°C, mam pytanie. Którego z wymienionych w tablicy 17 cementów relacja ta dotyczy i gdzie należy w rozprawie szukać wyników badań ciepła hydratacji cementu? Ponadto zgłaszam uwagę zarówno do podpisów tych rysunków jak również do opisu osi pionowej, gdzie po słowach „wytrzymałości na ściskanie” brakuje słowa „betonu”.

- h) W tekście zauważalne są sporadyczne pomyłki w numerach przywołanych rysunków oraz dość liczne literówki, przykładowo:
- na s. 15, 2 wd, jest rys. 8, powinno być rys. 9,
 - na s. 41, 9 wd, jest rys. 28, powinno być rys. 32,
 - na s. 105, 2 wg, jest rys. 84, powinno być rys. 88,
 - na s. 3, w 7 wd, jest „Wpływu”, powinno być „Wpływ”,
 - na s. 15, w 5 wd, po słowie „że” brakuje litery „w”, a z kolei na s. 24, w 9 wg litera „w” przed słowem „tylko” nie jest potrzebna,
 - na s. 37, w 11wg, zamiast „większa”, powinno być „większe”.
- i) W spisie literatury opis niektórych pozycji, na przykład [3] i [95], nie jest pełny.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Grzegorza Cygana pt.: „Wpływ temperatury i czasu na właściwości samozagęszczalnych mieszanek na spoiwach cementowych” rozwiązuje postawiony oryginalny problem naukowy mieszczący się w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Temat recenzowanej rozprawy jest aktualny i ma znaczenie naukowe i aplikacyjne. Cele rozprawy w liczbie sześciu są zasadne, oryginalne i ambitne. Cele te zostały osiągnięte, z tym, że osiągnięcie celu trzeciego zostało „ukryte” w rozprawie.

Zakres rozprawy został zrealizowany, otrzymane wartościowe rezultaty zostały krytycznie przeanalizowane, trafnie zostały sformułowane podsumowanie i wnioski.

Rozprawa dowodzi, że Autor posiada wystarczającą wiedzę w uprawianej przez siebie dyscyplinie, potrafi samodzielnie postawić oryginalny problem naukowy i przeprowadzić niezbędne badania doświadczalne i analizy potrzebne do jego rozwiązania. Świadczy to o jego dobrym przygotowaniu i posiadanych umiejętnościach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej bardzo pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i w dużej mierze porządkowy, powinny być pomocne Autorowi podczas przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Cygana spełnia wymogi ustawowe stawiane pracom doktorskim określone w aktach prawnych wymienionych w punkcie 1 niniejszej recenzji i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Recenzję podpisał
Jerzy Hoła