

Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
e-mail: antoni.szydlo@pwr.wroc.pl

Wrocław, 2019-03-28

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Sebastiana Kaszuby pt: **"Kształtowanie składu trwałego betonu z udziałem cementów wieloskładnikowych (CEM II, CEM III) do zastosowania w budownictwie drogowo-mostowym"**

1. Uwagi formalne

Recenzja rozprawy została opracowana na podstawie uchwały Rady Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dnia 9 stycznia 2019 roku oraz pisma zlecającego nr RB-0/4020/18/19 z dnia 21.01.2019 r. podpisanego przez Panią Dziekan prof. dr hab. inż. Joannę Bzówkę.

Promotorem rozprawy jest: prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczy.

Promotorem pomocniczym jest: dr inż. Damian Dziuk.

2. Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy zagadnień związanych z badaniami i analizą technologii zastosowania cementów wieloskładnikowych w betonach używanych w budownictwie infrastruktury transportowej w szczególności w budownictwie drogowo-mostowym. Jest to tematyka ważna, ponieważ decyduje m.in. o trwałości obiektów infrastruktury transportowej zapobiegając niepożądanym zjawiskom już na etapie budowy jak również podczas okresu eksploatacji. Praca ma charakter aplikacyjny i jest umiejscowiona w dyscyplinie budownictwo w specjalności technologia materiałów (po 30 kwietnia 2019 roku będzie to dyscyplina Inżynieria Lądowa i Transport). Cel i tezy pracy są określone jednoznacznie. Celem pracy jest wykazanie, że na właściwości betonów odpornych na agresję środowiskową klas ekspozycji XF4 i XA3 pozytywny wpływ ma zastosowanie cementów z udziałem żużla granulowanego tj. cementy portlandzkie żużlowe (CEM II/A,B-S) oraz cementy hutnicze

(CEM III/ A,B). Są to zagadnienia, które są studiowane w administracjach drogowych i instytutach badawczych w światowej technice drogowej i jak dotąd nie mają jednoznacznego rozstrzygnięcia. Temat pracy moim zdaniem został określony trafnie. Tym bardziej, że w Polsce rozwijana jest budowa obiektów infrastruktury transportowej w tym drogowe nawierzchnie betonowe oraz obiekty mostowe.

3. Treść i zakres rozprawy

Praca składa się z 5 rozdziałów przedstawionych na 170 stronach formatu A5. W pracy zestawiono spis wykorzystywanej literatury, zawierającej 195 pozycji,

W rozdziale 1, w wprowadzeniu, Autor omówił tło powstania pracy, którego głównym mottem jest trwałość konstrukcji infrastruktury transportowej.

W rozdziale 2 przedstawił cel i tezę pracy. Zasadniczym celem pracy jest: *„określenie możliwości kształtowania składu trwałego, odpornego na środowiska agresywne, betonu stosowanego do wykonania konstrukcji obiektów w inżynierii komunikacyjnej (nawierzchnie drogowe, mosty, wiadukty) z użyciem cementów portlandzkich wieloskładnikowych CEM II/A,B-S i cementów hutniczych CEM III, w których jednym ze składników głównych jest granulowany żużel wielkopieczowy”*. Doktorant sformułował następującą tezę:

„Cementy portlandzkie żużłowe CEM II A,B 42,5N (L) są pełnowartościowymi składnikami betonów stosowanych w inżynierii komunikacyjnej, stosowanie cementu hutniczego CEM III/A,B 42,5N (L) o właściwościach specjalnych SR (HSR) LH NA jest niezbędne w przypadku masywnych elementów konstrukcji inżynierii komunikacyjnej. Doktorant tezę zamierza udowodnić przeprowadzając badania cementów, mieszanek betonowych oraz betonów w skład których wchodzi wymienione cementy (CEM II oraz CEM III) w porównaniu z klasycznymi cementami portlandzkimi (CEM I 42,5 R oraz CEM I 42,5N-SR3/NA).

W rozdziale 3 przedstawił Doktorant przegląd literatury z zakresu prowadzonych prac i analiz. W przeglądzie tym odniósł się do wymagań *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* oraz do *Ogólnych Specyfikacji Technicznych (OST) dla betonu konstrukcyjnego oraz nawierzchni betonowych*. W dalszej części przeglądu Doktorant omawia trwałość obiektów budowlanych inżynierii komunikacyjnej w tym następujące zagadnienia: warunki środowiskowe pracy typowych konstrukcji drogowych i mostowych, beton jako środowisko dla stali zbrojeniowej, mikrostrukturę i przepuszczalność betonu. Dalej przegląd literatury dotyczy odporności betonu na wybrane oddziaływania

środowiskowe w tym: karbonatyzację, korozję chlorkową, korozję siarczanową, korozję wywołaną reakcją alkalia – kruszywa, wpływem cykli zamrażania i rozmrażania. W ostatnim podrozdziale przeglądu literatury Doktorant przedstawia kompendium wiedzy dotyczące granulowanego żużla wielkopieczowego jako modyfikatora właściwości cementu.

W rozdziale 4 Doktorant przedstawił wyniki badań własnych. Badania są ukierunkowane na wykazanie, że cementy portlandzkie żużlowe (CEM II – 17% żużla wielkopieczowego) oraz cement hutniczy (CEM III – 70% żużla wielkopieczowego) zastosowane w nawierzchniach drogowych oraz w konstrukcjach mostowych zabezpieczają konstrukcję przed destrukcyjnym działaniem środowiska w stopniu nie gorszym niż cementy portlandzkie (CEM I). Zastosowany w cementach granulowany żużel wielkopieczowy spełnia wymagania normy PN-EN 197-1. Doktorant badania odniósł do badań: cementów, badań mieszanek betonowych oraz samych betonów. W przypadku cementów prowadził następujące badania porównawcze: przyrostu wytrzymałości w czasie, ciepła hydratacji, wpływu temperatury na kinetykę wydzielania ciepła, wpływu ilości granulowanego żużla wielkopieczowego na kinetykę wydzielania ciepła, odporności na agresję siarczanową, reaktywności alkalicznej. Z badań tych wynika, że największe przyrosty wytrzymałości w czasie i w różnych temperaturach osiągnęły zaprawy z cementu żużlowego i hutniczego. Ponadto dodatek żużla wpływa na obniżenie ilości wydzielanego ciepła. Dodatek żużla wpływa na obniżenie ekspansji alkalicznej oraz odporność na agresję siarczanową zapraw w stosunku do cementu bazowego (portlandzkiego). W przypadku badań właściwości mieszanek betonowych Doktorant stwierdził, że dodatek żużla do cementu wpływa na wolniejszy spadek konsystencji. Jeżeli chodzi o rozmieszczenie porów to najlepsze efekty uzyskano dla mieszanek napowietrzanych i cementów porównawczych (portlandzkich). W przypadku betonów ocenę wpływu dodatku żużla na właściwości betonów Doktorant wykazał na podstawie następujących badań: wytrzymałości na ściskanie w różnych okresach dojrzewania (2, 7, 28, 56, 90, 360 dni), wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i rozłupywanie (28, 90 dni), głębokości penetracji wody pod ciśnieniem (28, 90 dni dojrzewania), mrozoodporności metodą zwykłą oraz w soli odladzającej (po 28 i 90 dniach dojrzewania), wpływu temperatury w okresie pielęgnacji na przyrost wytrzymałości na ściskanie w czasie, oznaczenie głębokości karbonatyzacji (po 28, 90, 360 dniach dojrzewania), Oznaczenie penetracji jonów chlorkowych (po 28, 90, 360 dniach dojrzewania). W wyniku wykonanych w/w badań Doktorant stwierdził: wytrzymałość na ściskanie w pierwszych dniach wiązania jest większa dla betonów z cementami portlandzkimi, natomiast dynamika przyrostu wytrzymałości betonów z cementami żużłowymi jest znacznie mniejsza niż cementów

porównawczych (portlandzkich). Natomiast w okresie 360 dni wytrzymałość betonów zawierających cementy żuźłowe jest większa od betonów z cementami portlandzkimi. Doktorant konkluduje, że w okresach letnich z wysokimi temperaturami lepsze efekty daje stosowanie cementów żuźłowych ze względu na wolniejszy przyrost wytrzymałości i tym samym ogranicza się ewentualne negatywne skutki skurczu zwłaszcza w elementach masywnych. Wyższe wartości wytrzymałości przy zginaniu oraz na rozciąganie przy zginaniu uzyskiwał Autor dla betonów z cementami żuźłowymi. Doktorant tłumaczy to wyższą powierzchnią właściwą cementów żuźłowych co powoduje mniejszą porowatość warstwy kontaktowej kruszywo-zaczyn. Badania Doktoranta wykazały, że zwiększona zawartość żuźła granulowanego zmniejsza przepustowość jonów chlorkowych oraz ogranicza głębokość karbonatyzacji jak również penetrację wody. Doktorant wykonał również serię badań mrozoodporności betonów metodą zwykłą oraz w obecności soli odladzających. W przypadku badania mrozoodporności F200 najmniejszy spadek wytrzymałości uzyskano dla betonów z cementami portlandzkimi podobnie jak przy badaniu betonów na mrozoodporność w obecności soli odladzającej. Odnosi się to do terminów pielęgnacji 28 i 90- dniowych. Wszystkie badane betony napowietrzone spełniły wymagania odnośnie mrozoodporności. Dodatkowo Doktorant wykonał badania wpływu temperatury dojrzewania betonu na jego wytrzymałość w czasie. W wyniku badań stwierdził, że betony dojrzewające w wysokich temperaturach np. $+30^{\circ}\text{C}$ uzyskują niższe wytrzymałości niż betony dojrzewające w temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$.

W podrozdziale 4.8 Doktorant przedstawił swoje doświadczenia w zastosowaniu cementów portlandzkich żuźłowych oraz cementów hutniczych w realizacji niektórych obiektów infrastruktury transportowej a mianowicie: tunel w ciągu węzła komunikacyjnego Hulanka w Bielsku Białej (cement portlandzki żuźłowy), obiekty mostowe w ciągu drogi S1 (cementy portlandzkie żuźłowe oraz cementy hutnicze), most milenium we Wrocławiu (cementy portlandzkie żuźłowe, cement hutniczy), most Rędziński we Wrocławiu (cementy hutnicze), droga lokalna Ujazd – Zimna Wódka (cement portlandzki żuźłowy), droga lokalna Otmice – Izbicko (cement żuźłowy).

Pracę kończy rozdział 5 w którym zamieszczone są wnioski z przeprowadzonych analiz i badań oraz informacje o słuszności postawionej tezy tj. wymienione są zalety i korzyści w zakresie stosowania cementów żuźłowych portlandzkich i cementów hutniczych w inżynierii komunikacyjnej w stosunku do cementów portlandzkich.

4. Ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa mgr inż. Sebastiana Kaszuby dotyczy ważnego problemu występującego w drogownictwie nie tylko polskim ale również światowym związanego z oceną właściwości betonów cementowych zawierających cementy z dodatkiem żużli wielkopieczowych w zastosowaniu do budowy obiektów infrastruktury transportowej w tym drogowych nawierzchni betonowych oraz obiektów mostowych. Są to istotne badania decydujące o trwałości analizowanych obiektów jak również decydujące o poziomie bezpieczeństwa użytkowników dróg. Doktorant podjął się trudnego i ambitnego zadania badawczego, którego efekty w praktyce mogą być widoczne w nawierzchniach drogowych i mostowych po kilkuletnim okresie eksploatacji. Praca ta moim zdaniem ma ważne znaczenie poznawcze i techniczne dla rozwoju technologii betonów stosowanych w obiektach infrastruktury transportowej. Problem ma również aspekt ekonomiczny, gdyż przedwczesne degradacje nawierzchni drogowych bądź obiektów mostowych prowadzą do wzrostu nieprzewidywanych kosztów w zakresie utrzymania.

Doktorant w celu udowodnienia postawionej tezy wykonał obszerny program badań w warunkach laboratoryjnych oraz wykazał się udziałem przy opracowywaniu recept w realizacji niektórych obiektów infrastruktury transportowej. Doktorant metodycznie i systematycznie udowadniał tezę, wykonując badania wstępne w laboratorium na cementach (zaprawach), mieszankach betonowych oraz samych betonach. Badania były wykonywane na próbach zawierających w cemencie różne zawartości żużli hutniczych (cementy żużlowe i hutnicze) i wyniki porównywał do prób w których zastosowane były cementy portlandzkie. W przypadku badań zapraw wykazał, że największe przyrosty wytrzymałości w czasie i w różnych temperaturach osiągnęły zaprawy z cementu żużlowego i hutniczego. Stwierdził ponadto, że dodatek żużla wpływa na obniżenie ilości wydzielanego ciepła. Dodatek żużla wpływa na obniżenie ekspansji alkalicznej oraz odporność na agresję siarczanową zapraw w stosunku do cementu bazowego (portlandzkiego). Są to ważne spostrzeżenia zwłaszcza w kwestii ekspansji alkalicznej oraz siarczanowej. W zakresie badań mieszanek Doktorant stwierdził, że dodatek żużla do cementu wpływa na wolniejszy spadek konsystencji co ma też istotne znaczenie przy zastosowaniu praktycznym w obiektach mostowych. W wyniku wykonanych badań betonów Doktorant stwierdził: wytrzymałość na ściskanie w pierwszych dniach wiązania jest większa dla betonów z cementami portlandzkimi, natomiast dynamika przyrostu wytrzymałości betonów z cementami żużłowymi jest znacznie mniejsza niż cementów porównawczych (portlandzkich). Natomiast w okresie 360 dni wytrzymałość

betonów zawierających cementy żuźlowe jest większa od betonów z cementami żuźłowymi. Doktorant konkluduje, że w okresach letnich z wysokimi temperaturami lepsze efekty daje stosowanie cementów żuźlowych ze względu na wolniejszy przyrost wytrzymałości i tym samym ogranicza się ewentualne negatywne skutki skurczu zwłaszcza w elementach masywnych. Badania Doktoranta wykazały, że zwiększona zawartość żuźla granulowanego zmniejsza przepustowość jonów chlorkowych oraz ogranicza głębokość karbonatyzacji jak również penetrację wody. Doktorant wykonał również serię badań mrozoodporności betonów metodą zwykłą oraz w obecności soli odladzających. W przypadku badania mrozoodporności F200 najmniejszy spadek wytrzymałości uzyskano dla betonów z cementami portlandzkimi podobnie jak przy badaniu betonów na mrozoodporność w obecności soli odladzającej. Odnosi się to do terminów pielęgnacji 28 i 90- dniowych. W tym przypadku nie zaobserwowano tak korzystnych wpływów dodatków żuźli jak w przypadku badania innych cech. Czego pierwszymi symptomami był wskaźnik rozmieszczenia porów przy badaniu mieszanek betonowych. Aczkolwiek wszystkie badane betony napowietrzone spełniły wymagania odnośnie mrozoodporności.

Doktorant wnioski formułował wykorzystując własne zbiory wyników badań. Przedstawione w zakończeniu pracy wnioski opierają się o rezultaty badań i studiów teoretycznych, stanowiąc ich uogólnienie. Prezentowana w rozprawie bibliografia jest aktualna i odnosząca się do zagadnień studiowanych w pracy.

4. Uwagi merytoryczne i pytania do Doktoranta

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy nasuwają się następujące uwagi merytoryczne i pytania do Doktoranta:

- 1) Dlaczego przy badaniu wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu lub rozłupywaniu betonów z cementami o różnej zawartości żuźli wielkopicowych nie uzyskuje się umiarkowanego (ew. wolnego) przyrostu wytrzymałości w czasie jak przy ściskaniu?
- 2) Jak wytłumaczyć fakt, że przy badaniu zapraw przy wzroście temperatury dojrzewania wzrastają wytrzymałości na ściskanie, natomiast dla betonów jest odwrotnie przy wzroście temperatury pielęgnacji maleje wytrzymałość.
- 3) Czym należy tłumaczyć gorsze wyniki badań betonów zawierających cementy z domieszkami żuźli w zakresie mrozoodporności klasycznej oraz w obecności soli

odladzającej w stosunku do betonów zawierających cementy portlandzkie. Podobne zjawisko obserwuje się przy ocenie wskaźnika rozmieszczenia porów w mieszance betonowej.

- 4) Jaka była rola Doktoranta przy realizacji wskazanych w pracy obiektów infrastruktury transportowej? Szkoda, że Doktorant nie pokusił się w pracy dokonać oceny stanu tych obiektów, chociażby wizualnej, po kilkuletnim okresie eksploatacji.
- 5) W pracy daje się odczuć brak analiz statystycznych, chociażby weryfikacji hipotez statystycznych, które pomogłyby na obiektywną ocenę wpływu różnych parametrów.
- 6) Brak jest w pracy podsumowania stanu wiedzy po 3 rozdziale i wskazanie na własny kierunek badań.
- 7) Razi w pracy częsta polemika z dokumentami GDDKiA. Instytucja ta jest inwestorem. Dyskusja naukowa powinna odbywać się z jednostkami badawczymi.
- 8) Odczuwa się w pracy brak podsumowania wyników badań własnych po rozdziale 4. Doktorant wykonał obszerny program badań a w rzeczywistości nie dokonał jego podsumowania. W rozdziale 5 są zamieszczone wnioski natury ogólnej.
- 9) Czy zdaniem Doktoranta istnieje potrzeba sformułowania specjalnych procedur badawczych dla oceny przydatności w budownictwie drogowo-mostowym do oceny betonów zawierających cementy ze zróżnicowaną zawartością żużli?

5. Uwagi redakcyjne

Praca moim zdaniem napisana jest poprawną polszczyzną i czyta się ją z zainteresowaniem. Poniżej podaję wybrane uwagi redakcyjne:

- 1) Moim zdaniem rozdział 4 jest za obszerny. Można było podzielić go na kilka rozdziałów. Podrozdział 4.8 wyraźnie zasługuje na wyodrębnienie jako oddzielny rozdział.
- 2) Autor często używa zwrotu obiekty inżynierii komunikacyjnej. Lepiej używać zwrotu obiekty infrastruktury transportowej.
- 3) W tytule pracy jest pojęcie skład trwały betonu. Co Doktorant rozumie pod tym pojęciem?

Mam nadzieję, że przy ewentualnej publikacji wyników badań Autor wyeliminuje w/w uwagi redakcyjne.

6. Osiągnięcia zawarte w rozprawie

Biorąc pod uwagę całość przedstawionej rozprawy stwierdzam, że dotyczy ona ważnego zagadnienia związanego z oceną technologii projektowania betonów używanych w budownictwie obiektów infrastruktury transportowej takich jak betonowe nawierzchnie drogowe oraz obiekty mostowe w tym tunele. Badania Doktoranta pozwoliły na określenie warunków technologicznych doboru składu betonów z udziałem cementów zawierających w swoim składzie cementy z różną zawartością żużli wielkopieczowych (cementy żużlowe oraz hutnicze). Opracowane kryteria pozwalają na zwiększenie trwałości analizowanych obiektów. Tym samym są konkurencyjne w stosunku do cementów portlandzkich.

Autor do realizacji celów pracy i udowodnienia postawionych tez wykonał obszerny program badań, zbierając dane empiryczne w warunkach laboratoryjnych oraz obserwacjach *in situ*.

W sposób czytelny metodami naukowymi, na podstawie wyników obserwacji zebranych w badaniach laboratoryjnych oraz obserwacjach *in situ*, Doktorant rozwiązał zadanie naukowe. Zaproponował rozwiązanie technologiczne oraz zaproponował metody badań betonów zawierających w swoim składzie cementy z różną zawartością żużli wielkopieczowych. Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia prac badawczych i rozwiązywania problemów naukowych.

Podane powyżej uwagi nie umniejszają wartości rozprawy jako całości i mam nadzieję, że zostaną wyjaśnione podczas obrony pracy..

7. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Sebastiana Kaszuby pt: " Kształtowanie składu trwałego betonu z udziałem cementów wieloskładnikowych (CEM II, CEM III) do zastosowania w budownictwie drogowo-mostowym ", stanowi rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na dobry poziom wiedzy Doktoranta z dyscypliny budownictwo (wg nowego Rozporządzenia w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport), a także na umiejętność prowadzenia pracy naukowej przez Kandydata. Stwierdzam, że opiniowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania określone przez ustawę o stopniach

naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (i dalszych zmianach).

Przedkładam Wysokiej Radzie Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized first name and a last name with a flourish.