Recenzja spełnia wymagania formalne

Warszawa, 16 sierpnia 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska
Zakład Budownictwa Wodnego i Hydrauliki

Recenzja
rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Michała Tałaja
pt. „Ocena trwałości betonów niskoemisyjnych"

1. Podstawa formalna recenzji

Formalną podstawą niniejszej recenzji jest pismo (znak RDILT.512.17.2022) z dnia 6.07.2022 r. Pana dr hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ, przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport w Politechnice Śląskiej oraz dołączona do pisma umowa. Załącznikiem do przywołanej korespondencji był także egzemplarz rozprawy doktorskiej Pana Michała Tałaja.

2. Informacje ogólne o rozprawie

Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny, a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Damian Dziuk.

Rozprawa doktorska została napisana w języku polskim. Jej treść zajmuje 161 stron, w tym mieści się 50 tabel oraz 96 rysunków. Wykaz przywołanych w rozprawie pozycji literatury obejmuje 203 pozycje. Dysertację uzupełnia streszczenie w języku polskim i angielskim. Treść rozprawy podzielono na 6 merytorycznych rozdziałów.

Ogólnie rzecz biorąc język dysertacji jest nierówny. W tekście znaleźć można dużo literówek, zdarzają się błędy gramatyczne i stylistyczne oraz nadmierna liczba daleko posuniętych skrótów myślowych. Wszystkie zauważone uchybienia językowe recenzent zaznaczył w przekazanym mu egzemplarzu rozprawy z myślą, że Doktorant może je wykorzystać w przyszłych publikacjach. Poniżej wymieniono kilka przykładów powtarzających się uchybień. Uwagi redakcyjne tego i podobnego rodzaju w dalszej części recenzji pomija się.

Str. 8, w. 10 od dołu: zamiast *ilość* powinno być liczba.

Str. 45, w. 4 od dołu: *Drugą wykazaną przez Dhir'a zależnością* ***jest fakt, że*** ...
Jest ostatnio modna konstrukcja językowa, zapożyczona z języka angielskiego. Najczęściej wykorzystuje się ją w postaci: ***ze względu na fakt, że...*** zamiast napisać po polsku: ze względu na to, że... Przemawia za tym Słowniki Języka Polskiego, według którego: fakt oznacza «to, co zaszło lub zachodzi w rzeczywistości», z kolei fakt naukowy to «stwierdzenie konkretnego stanu rzeczy lub zdarzenia w określonym czasie i przestrzeni», a fakt prasowy, medialny to «informacja rozpowszechniana w prasie lub mediach elektronicznych, niezgodna z prawdą, ale mająca wpływ na opinię publiczną».
Przywołane na początku tej uwagi zdanie rodzi pytanie: Co tu jest faktem? To, że Dhir coś wykazał, czy to co wykazał?

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
wpłynęło dnia 22.08.2022
nr 254/2022 zał. —

Wpłynęło dnia 22.08.2022 r.
RDILT.512.17.2022

Na str. 43 pojawiają się takie określenia jak: *roztwór porowy, zgrubienie struktury porów*. W obu przypadkach są to skróty myślowe. Pierwsze określenie znajduje analogię w mechanice gruntów, gdy mówi się o ciśnieniu porowym w rozumieniu ciśnienia wody w porach gruntu. W drugim przypadku zapewne chodzi o zmianę struktury porowatości, tj. rozkładu wielkości porów. Trudniej zinterpretować skrót myślowy ze str. 44, wiersz 18 od góry: *...ze wzrostem ilości popiołu lotnego, głębokość karbonatyzacji postępowała szybciej.* Nie wiadomo, czy chodzi o zależność głębokości karbonatyzacji (położenia frontu karbonatyzacji) od ilości popiołu, czy też zależność pochodnej głębokości karbonatyzacji po czasie od owej ilości popiołu.

Str. 84, w. 3 od góry: zamiast *zawartą* – opisaną, wiersz 5 od góry: *kostki sześcienne* – to pleonazm, czyli tzw. masło maślane.

Str. 85, w. 11 od góry: zamiast *wyciągnięte* – wyjęte, wiersz 12 od góry: *przełamane* – rozłupane (bo to kostki, a nie belki), w. 14 od góry zamiast *powodującego* – oznaczającego (sam front karbonatyzacji niczego nie powoduje, ale w tym przypadku coś oznacza lub o czymś świadczy swoim położeniem).

3. Uwagi o charakterze merytorycznym

Poniżej przedstawiono uwagi merytoryczne do treści rozprawy, najpierw w ujęciu odpowiadającym strukturze pracy (w kolejności rozdziałów pracy), a następnie te, które zdaniem recenzenta dotyczą kwestii ogólniejszych, związanych z zakresem badań własnych Doktoranta, metodami badań, prezentowania i analizowania ich wyników oraz wyciągniętych wniosków. Kolejnymi literami alfabetu wyróżniono uwagi, które łączą się z prośbą o dodatkowe wyjaśnienia ze strony Doktoranta.

Streszczenie/Abstract (str. 6-7)

Str. 6, w. 5 od góry: *odporność na działanie niskich temperatur (mrozoodporność)* – mrozoodporność nie powinna być utożsamiana z odpornością materiału na działanie niskich temperatur, gdyż w jej przypadku chodzi o przemienne zamrażanie i odmrażanie, tj. odporność na ekspansywność wielokrotnej przemiany fazowej woda – lód, a nie samej niskiej i np. niezmiennej temperatury.

a) Str. 6, w. 12 od dołu: *najbardziej powszechnych rodzajów korozji betonu*; Jak rozumieć przywołane sformułowanie w świetle relacji: rodzaj korozji versus rodzaj agresywności? Czy na pewno chodzi o rozdaje korozji?

Spis treści (str. 3 i 4)

Analizując spis treści dysertacji można zauważyć, że explicite nie ujawniono w nim tezy, co znajduje potwierdzenie w zawartości rozprawy – vide rozdział *2.0. Cel i zakres pracy doktorskiej*. Lektura dysertacji nasuwa przypuszczenie, że taką tezą, po odpowiednim przeredagowaniu, mogłaby być treść wniosku nr 7 na str. 148.

W tytułach podrozdziałów rozdziału 3 powtarza się określenie *mechanizm*, co sugeruje mechaniczną naturę opisywanych zagadnień, a są one natury chemicznej (korozja) lub fizyko-chemicznej. Lepszym określeniem byłby – zdaniem recenzenta - proces.

Rozdział 1.0. Wprowadzenie (str. 8-9)

Str. 9, w. 15 od dołu: użyto pojęcia *urabialność*, kiedy w tym miejscu właściwszym byłaby konsystencja.

Rozdział 2.0. Cel i zakres pracy doktorskiej (str. 10-11)

Str. 10, w. 7 od góry: bezwzględnie należy uzupełnić określenie *emisyjność* o wskazanie dwutlenku węgla. Emisyjność może dotyczyć innych substancji. Ponownie zrównano mrozoodporność z odpornością na niskie temperatury. Dyskusyjne jest stwierdzenie, że badane rodzaje korozji są głównymi jej rodzajami (w. 15 od góry).

Rozdział 3.0. Studium literaturowe (str. 12-68)

W rozprawie Doktorant nie rozróżnia pojęcia agresywności od pojęcia korozji. Pierwsze określenie dotyczy środowiska, a drugie jej skutków - o charakterze destrukcyjnym - dla właściwości użytkowych materiału pozostającego w tymże środowisku.

Do rodzajów (typów) korozji włączono karbonatyzację, a przecież w odniesieniu do samego betonu nie jest to proces korozyjny, negatywny. Dopiero w elementach żelbetowych karbonatyzacja stwarza problem, gdyż naraża zbrojenie stalowe na korozję elektrochemiczną, i to w przypadku dostępu tlenu i wody. W przypadku karbonatyzacji dwutlenek węgla zawarty w powietrzu atmosferycznym nie jest klasyfikowany jako agresor wobec betonu. Mało tego, rozwijane są koncepcje sekwestracji CO_2 w betonie. Lepiej byłoby, gdyby karbonatyzację wyodrębniono z rozdziału poświęconego korozji betonu i przedstawiono ją jako oddziaływanie niekorzystane dla żelbetu.
W opinii recenzenta przywołana praca [38] nie jest najlepszą prezentacją zagadnień podjętych w dysertacji; są dostępne zdecydowanie lepsze pozycje literatury. Dla poparcia tego poglądu można wskazać rys. 6 na str. 23, zaczerpnięty z pracy [38], gdzie wskazuje się „przyczyny niszczenia betonu"; tutaj wprost pokazuje się, że skutkiem karbonatyzacji jest depasywacja, a ta odnosi się zasadniczo do metali, a schemat ma dotyczyć betonu.

Str. 15, ostatnie tire: dotyczy ono wychwytywania CO_2 (sekwestracji) jako działania podejmowanego przez przemysł cementowy z myślą o ograniczeniu emisji tego gazu *przy produkcji cementu*. Pozostałe działania dotyczą nie tylko technologii cementu, ale także energetycznej strony procesu produkcji. Wydaje się, że sekwestracja nie dotyczy wyłącznie przemysłu cementowego, gdyż jest uniwersalna wobec każdej emisji.

Podobnie na str. 17, gdzie Doktorant wylicza działania pozwalające na ograniczenie emisji CO_2 przy produkcji betonu w jednym zbiorze i łączy zagadnienia techniczno-technologiczne z „usprawnieniem procesów normalizacyjnych".

a) Jak Doktorant rozumie realny wpływ zasadniczo nieobligatoryjnej normalizacji na rzeczywistą redukcję emisji CO_2 ?

Str. 23, rozdział 3.2.2: W tekście pominięto ochronę powierzchniową konstrukcji betonowych w środowiskach o wysokim stopniu agresywności chemicznej.

Rozdział 3.3. dotyczy głównych rodzajów korozji kompozytów cementowych rozpatrywanych w aspekcie składu cementu. Struktura tej części pracy jest taka, że po przywołaniu najczęściej spotykanych rodzajów korozji (wybór jest subiektywny i tożsamy z zakresem badawczej części pracy) następuje literaturowy opis danego mechanizmu (procesu) korozji, a w kolejnych podrozdziałach Doktorant opisuje wpływ nie klinkierowych składników głównych cementu na przebieg takiej korozji. Opisy dotyczące rodzajów korozji – z racji wskazanego już mylenia pojęć (np. str. 34, w. 16 od dołu: *Korozja siarczanowa jest jednym z najbardziej agresywnych oddziaływań środowiskowych...* i niewiele dalej, w wierszu 9 od dołu: *Agresja siarczanowa ma charakter ekspansywny...*) – są w wielu miejscach wątpliwe, a co najmniej powierzchowne.

Na str. 31, w. 8-9 od dołu jest: „zawartość wody w konstrukcjach dotkniętych ASR jest wyrażona jako wilgotność względna (RH)". Tymczasem pojęcie to dotyczy powietrza atmosferycznego i zawartości pary wodnej, co wskazuje na to, że w relacjonowanych badaniach charakteryzowano środowisko pracy betonu, który pozostawał z nim w równowadze higroskopijnej, a nie bezpośrednio wilgotność samego betonu.
Dużo lepiej, chociaż nie bez usterek językowych, wypadają analizy wpływu składu cementów na przebieg i skutki procesów korozyjnych. W wielu miejscach dostępne źródła literaturowe nie są jednoznaczne, co Doktorant stara się skomentować. Nie zawsze opisy i wyniki przywoływanych badań są klarowne. Np. na rys. 11 (str. 35) pokazano „szybkość niszczenia, %/rok" nie wyjaśniając tej wielkości. W ostatnim akapicie na str. 35 słusznie wiąże się tempo korozji siarczanowej (inicjowanej agresywnością otoczenia) z przepuszczalnością (szczelnością) matrycy cementowej, ale kojarzy się to tylko z dyfuzyjnym transportem jonów, gdy przepuszczalność może mieć także formę konwekcyjną (filtracyjną).

W rozdziale 3.3.3.1 (str. 38 – 42) dotyczącym „mechanizmu" karbonatyzacji nie zdefiniowano pojęcia frontu karbonatyzacji. W zestawie wzorów (2) do (5) na str. 39 nie pokazano dysocjacji wodorotlenku wapnia poprzedzającej jego reakcję z dwutlenkiem węgla. Na str. 40, wiersz 9 od góry, wskazano, że karbonatyzacja powoduje niewielki wzrost wytrzymałości na ściskanie, ale pominięto informację, że zwiększa ona przypowierzchniową twardość betonu, co najprawdopodobniej skutkuje owym wzrostem wytrzymałości (bardziej próbek niż betonu...). W sklerometrycznej metodzie oceny wytrzymałości betonu ten efekt eliminuje się stosując odpowiednie współczynniki zależne od wieku betonu.

Na str. 45, aby wykazać dobrą odporność betonu z cementu hutniczego na karbonatyzację przywołano pracę [125] liczącą aktualnie już 50 lat. Byłoby znacznie lepiej, gdyby praca była młodsza, a dotyczyła betonów po 50 latach ekspozycji...

b) Str. 45, Cztery pierwsze zdania w akapicie pt. *Wpływ wapienia*. Prośba o wskazanie „analogicznych zależności", o których mowa w zdaniu pierwszym i wyjaśnienie na czym polegają analogie.

Str. 47, wiersz 6 od dołu: zamiast *betonowych* powinno być żelbetowych. Analogicznie na str. 52, wiersz 2 od dołu.

Str. 50, wzór (6): przy symbolu chlorku wapnia brakuje liczby 2. Z kolei we wzorze (7) przy symbolu wodorotlenku wapnia dwójka jest zbyteczna. Na tej samej stronie, w wierszu 12 od dołu zamiast *jest* powinno być zachodzi, a w wierszu pierwszym od dołu zamiast *na wierzchnich warstwach* powinno być w przypowierzchniowych warstwach.

Str. 56, rys. 26: błąd w położeniu oznaczenia rysunku b). Wiersz 4 od dołu, warto dodać, że chodzi o elektryczny opór betonu.

Str. 58, wiersz 14 od dołu: pojęcie krystalizacja nie ma tu zastosowania, gdyż zamarzanie wody to przemiana fazowa, a krystalizują związki chemiczne z roztworów lub stopy metali.

c) Str. 59, pierwsze zdanie w ostatnim akapicie: Czy przedstawiona koncepcja: im szczelniejszy beton, tym bardziej mrozoodporny nie jest konsekwencją stosowanych sposobów testowania mrozoodporności? Czy na pewno sprawdzi się niezależnie od czasu życia materiału?
d) Str. 62: użyto sformułowania: *Są to prefabrykowane, puste mikrokuleczki...* Jak rozumieć tu słowo prefabrykować? I dalej: *...o średnicach rzędu wielkości 20-80...* Obie liczby są tego samego rzędu – dziesiątek... Powinno być: o średnicach w zakresie lub przedziale.

Str. 67, wiersz 10-11: dodać ...*na* przemienne *oddziaływanie mrozu.*

Rozdział 4.0. Podsumowanie studium literaturowego (str. 69)

Za kluczowy dla rozprawy należy uznać wybór oddziaływań środowiskowych wpływających na trwałość betonów niskoemisyjnych, tj. takich, w których cement zawiera mniej niż 65% klinkieru portlandzkiego w składnikach głównych (określenie cementu niskoemisyjnego zawarto, np. na str. 6 w Streszczeniu, ale nigdzie nie wiąże się go ilościowo z poziomem emisji CO_2).Są to :

- karbonatyzacja (nie dotyczy trwałości betonu jako takiego, ale jego wpływu na trwałość żelbetu),
- agresywność (nie korozję) chlorkową – ale w aspekcie przepuszczalności jonów chlorkowych i jej wpływu na stan zbrojenia w elementach żelbetowych (oceniany w badaniach korozymetrycznych – pomiary zmian rezystancji zbrojenia),
- mrozoodporność.

Rozdział 5.0. Część doświadczalna rozprawy – badania własne (str. 70-142)

Zawartość rozdziału 5.0. jest taka, że zakres badań omówiono na str. 70. Dalej przedstawiono właściwości popiołu lotnego krzemionkowego, granulowanego żużla wielkopiecowego i wapienia oraz nośników klinkieru portlandzkiego: CEM I 52,5 R oraz półprodukt oznaczony symbolem CEM B, kruszywa (piasek, żwir i kruszywo łamane bazaltowe do 16 mm, w dwóch frakcjach) i domieszek. Wśród badanych cementów były (za tab. 18 na str. 79) **CEM I 42,5 R** i CEM III/A 42,5 N LH HSR NA (oznaczany dalej jako **CEM III/A 42,5 N (50K-50S)** jako cementy odniesienia (pochodzące z regularnej produkcji) oraz cementy niskoemisyjne pochodzące albo z prób przemysłowych (dwa z rodzaju CEM II i jeden CEM VI), albo skomponowane w laboratorium (lp. 4 do 7):

1) CEM II/C-M (S-LL), oznaczany dalej jako **CEM II/C-M (30S-10LL)**
2) CEM II/C-M (S-V), oznaczany dalej jako **CEM II/C-M (32S-15V)**
3) CEM VI (S-V), oznaczany dalej jako **CEM VI (43S-10V)**
4) **CEM (50K-30S-20LL)**,
5) **CEM (50K-30V-20LL)**,
6) **CEM (50K-50V)**,
7) **CEM (50K-50LL)**.

Badane betony związano z klasami ekspozycji (wg PN-EN 206 [57]) XC2 i XC4 oraz XF4, przy czym projektowano je „do konsystencji" S3-S4 modyfikując w tym celu ich skład poprzez zmiany w/c i stosowanie domieszek (superplastyfikator i dwa rodzaje domieszek napowietrzających).
W opisach, np. na str. 90, stosowano określenie betonu poprzez symbol klasy ekspozycji, chociaż dotyczył on całej grupy betonów (o różnych składach).

Str. 92: komentarz do prezentacji wyników i spostrzeżeń ich dotyczących; W dysertacji nie pokazano jasno planu badań, w szczególności zmiennych niezależnych, których wpływ na badane właściwości betonów chce się ocenić. Za plan dotyczący składów cementów można uznać tab. 18 ze str. 79 (poniżej). Możliwości bezpośrednich porównań są bardzo ograniczone, praktycznie dotyczy to pary **CEM II/C-M (30S-10LL)** i **CEM (50K-30S-20LL)** przy założeniu, że zawartość klinkieru była względnie stała (między 47 a 56%). W każdym innym porównaniu dochodzą dodatkowe czynniki i oddziaływania synergiczne niemożliwe do ilościowego oszacowania. Dlatego podstawową metoda analizy wyników są oceny z wymaganiami norm oraz porównania z przyjętymi cementami odniesienia.

Str. 93: Wniosek potwierdza znane w praktyce spostrzeżenie, że pielęgnacja wczesna ma większe znaczenie niż późniejsze, wydłużone dojrzewania i braku tej pielęgnacji nie zastąpi wydłużony czas dojrzewania.

e) Czy bok próbki kostkowej oznacza ścianę boczną, równoległą do kierunku układania mieszanki w formie? Czy przełomy na fotografiach z rys. 48 i 49 (str. 93) były prostopadłe do kierunku układania mieszanki w formach? Czy mierzono głębokość karbonatyzacji na górnej, zacieranej powierzchni próbki? Które pomiary byłyby miarodajne dla płyt lub nawierzchni, a które dla ścian i słupów? Czy badanie nie powinno być zróżnicowane zależnie od warunków ekspozycji betonu w konstrukcji?

Str. 95, tab. 26 i 27. Należałoby uzupełnić tytuły tabel o sformułowanie: względem próbek pielęgnowanych w wodzie do terminu badania.

f) Str. 97, tab. 28 i 29: Czy przy głębokości karbonatyzacji badanej po 90 dniach cementem odniesienia był CEM III/A 42,5 N(50K-50S)?

Str. 98, wiersz 7 od dołu: zamiast *niższa kropka...* powinno być niższe położenie kropki oznaczającej głębokość karbonatyzacji.

g) Str. 100, akapit pod tabelą 30: Jakie założenie przyjęto, jeśli dokonano oceny wpływu karbonatyzacji na trwałość badanych betonów na podstawie danych z tabeli 30? Czy badania przyspieszone są adekwatne dla założonego w PN-EN 206 [57] okresu trwałości?

Str. 106, rys. 57: brak legendy

h) Str. 107, zdanie nad tabelą 33: Jak wyliczono wzrost procentowy (150%)?
i) Str. 120, wiersze 1 i 2 od dołu: przywołane oznaczenia pozycji literatury wydają się błędne (być może zamiast 175 powinno być 189, a zamiast 97 – 203).

Str. 121, tab. 36: jej nagłówek sugeruje, że maksymalna średnica ziaren kruszywa jest „wymaganiem", a tymczasem jest tylko charakterystyką mieszanki betonowej.

j) Str. 121, wiersz 4 od dołu: Jeśli cykle zamrażania i odmrażania trwały 4 godziny, tzn., że było ich 6 na dobę. Czy próbki mogły w tych warunkach w pełni się zamrozić i odmrozić? Czy to sprawdzano?
k) Str. 126, ostatnie zdanie: W kontekście powtórzenia badania mrozoodporności betonu z cementem CEM III/A 42,5 N (str. 124, tab. 39, str. 132, tab. 43, str. 133, tab. 44) i wyboru korzystniejszego wyniku nie sposób nie zapytać o niepewność pomiarów parametrów napowietrzenia metodą wg PN-EN 480-11 [198]? Jak te niepewności się mają do potencjalnej niejednorodności struktury betonu?

Str. 127, rys. 77: Określenie *zależność* jest nieco na wyrost, gdyż nie podjęto ani analizy korelacji, ani regresji...

l) Co wiadomo o strukturze porowatości mikrosfer polimerowych?

<u>Rozdział 6.0 Podsumowanie wyników badań</u> (str. 143-147)

Str. 144, tab. 50: w nagłówku, ostatniej kolumnie zamiast *...do betonu...* powinno być względem.

Str. 145, rys. 93: określenie *Wpływ...* jest na wyrost, gdyż nie wyjaśniono wszystkich czynników powodujących znaczący rozrzut obserwowany na rysunku, a zawartość klinkieru nie jest jedyną zmienną w badaniach. Nie wyekstrahowano tego wpływu, m.in. ze względu na przyjęty plan

komponowania cementów (tab. 18 na str. 79). Jeśli wyłączyć z wykresów CEM I 42,5 R, to nie dostrzeżemy nawet tendencji zależności...

Analizy dotyczące emisyjności CO_2 betonów są bardzo ograniczone. Redukcję związano wyłącznie ze zmniejszeniem zawartości klinkieru portlandzkiego w cemencie (tzw. niskoemisyjnym) i betonie na bazie tych cementów. Założono, że emisyjność żużla, popiołu i wapnia jest zerowa. Należy mieć na uwadze, że analizy prowadzone w innej skali dadzą inne wyniki.

Rozdział 7.0 Wnioski (str. 148-149)

Wniosek nr 6 jest właściwie literaturowy i w niniejszym zestawieniu zbędny.

Wniosek nr 7 jest w istocie rzeczy nie pokazaną wcześniej explicite tezą rozprawy i mógłby stanowić potwierdzenie jej wykazania.

4. Ocena rozprawy

Przedmiot pracy doktorskiej należy uznać za ważny zarówno z utylitarnego, jak i naukowego punktu widzenia. Odpowiada on także na aktualne wyzwania ochrony środowiska. Doktorant skoncentrował się na kwestii emisji dwutlenku węgla powodowanej przez wytwarzanie cementów i betonów. Można to uznać za silne zawężenie kwestii ekologicznych związanych z produkcją cementów i betonów, powodujące przeniesienie punktu ciężkości pracy na kwestie materiałowe i technologiczne. Uzasadnieniem skoncentrowania się na emisji CO_2 jest presja na ograniczenie tej emisji przez przemysł cementowy. Jednym z pomysłów jest ograniczenie zawartości klinkieru portlandzkiego w cementach powszechnego użytku poprzez zwiększenie udziału innych składników głównych; w tym wypadku mielonego żużla wielkopiecowego i popiołu lotnego krzemionkowego oraz wapienia; w pracy uznaje się je za zeroemisyjne, co należy uznać za założenie użyteczne w przyjętej skali analiz. O ile dwa pierwsze niskoemisyjne składniki są od dawna i z powodzeniem stosowane w produkcji cementów, o tyle spodziewane ograniczenia w ich podaży (zwłaszcza żużla) skłaniają do większego włączenia wapienia do składu cementu. Koncepcja zwiększenia udziału niskoemisyjnych składników w cemencie natrafia na trudności w technologii betonów. Rodzą się także obawy o trwałość betonów z takimi cementami; chodzi m.in. o ich właściwości ochronne wobec zbrojenia oraz mrozoodporność. Na stronie 67 rozprawy Doktorant syntetycznie określił obiekcje odnośnie stosowania cementów wieloskładnikowych do betonów o wymaganej mrozoodporności (są to: trudności w napowietrzaniu mieszanki, duże dozowania domieszek, konieczność lepszego nadzoru nad wytwarzaniem, wolniejsze tempo dojrzewania i konieczność wydłużonej pielęgnacji betonów). Jak wykazał to Doktorant w rozbudowanych i zaawansowanych technicznie badaniach trudności technologiczne wytwarzania takich betonów są możliwe do przezwyciężenia. Poza zakresem rozprawy pozostają kwestie natury organizacyjnej i ekonomicznej, gdyż niewątpliwie łatwiej jest wdrażać cementy niskoemisyjne na dużych budowach, o znaczącym wolumenie betonów; tutaj indywidualne podejście po prostu się opłaca. Trudniej to zrobić w znaczącej skali w odniesieniu do betonu towarowego, gdzie zróżnicowanie produkcji jest większe, wolumeny określonych zamówień mniejsze, a trudności w zindywidualizowanym projektowaniu większe. Tak więc kluczem do ekologicznego efektu pozostaje doskonalenie technologii domieszek, napowietrzania mieszanek, przygotowania składników (zwłaszcza surowców wtórnych), technik transportu i wbudowywania mieszanek, metod badań i kryteriów oceny właściwości, w istocie nowej grupy betonów. Przedmiot rozprawy lokuje się więc w interesującym i rozwojowym obszarze badawczym, o dużym znaczeniu gospodarczym i społecznym.

Zadania postawione w rozprawie Doktorant rozwiązał z powodzeniem, stosując z wprawą znormalizowane metody badawcze i poprawnie analizując uzyskane wyniki badań. W zakresie operowania tymi metodami Doktorant wykazał się wysokimi kompetencjami. Jednocześnie, w opinii recenzenta Doktorant, podążając za utylitarnym celem podjętych badań, nie podjął krytycznej analizy metod badawczych, z których korzystał. I tak, w rozdziale 3.3.5.1 (str. 58-62) – i w całej dysertacji - nie odniesiono się do zróżnicowania metod oceny mrozoodporności. Nie przedyskutowano ich adekwatności do określonych warunków pracy materiału oraz różnic jakie dają w ocenie. Szkoda, że ten wątek pominięto, chociaż sam Doktorant na str. 67 wskazuje na koncepcję Barona [170], aby różnicować wymagania wobec badanych materiałów, jeśli istotnie odbiegają one swoimi właściwościami od dotychczasowych, badanych standardowo. W tym przypadku chodzi np. o to, aby zweryfikować adekwatność granicznych parametrów struktury napowietrzenia dla betonów wytwarzanych z cementów niskoemisyjnych.

W mniejszej skali warto było także zastanowić się i przeanalizować jak różna dynamika przyrostu wytrzymałości betonów z cementów niskoemisyjnych może wpływać na normową ocenę tzw. zwykłej mrozoodporności (rozdział 5.6.2.3). W szczególności jak wpływa na to wybór momentu badania próbek kontrolnych (porównawczych)? Ponadto zawsze otwartą kwestią jest wybór kryterium oceny. Czy zawsze powinna to być wytrzymałość na ściskanie? Czy wielkość ta dobrze reaguje na mechanizm destrukcji mrozowej?

Przedstawione uwagi nie zmieniają pozytywnej oceny dysertacji, która jest przemyślana, wyczerpująca z punktu widzenia przyjętego zakresu i postawionego celu. Być może uwagi te będą inspiracją do dalszych badań nad wciąż rozwojowym przedmiotem rozprawy.

5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę dysertację i ważąc przedstawione wcześniej uwagi krytyczne i dyskusyjne do niej uważam, że rozprawa Pana mgr inż. Michała Tałaja pt. „Ocena trwałości betonów niskoemisyjnych" spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595, z późn. zm.) stawiane rozprawom doktorskim, w szczególności zawiera rozwiązanie zagadnienia naukowego o dużych walorach praktycznych oraz potwierdza istotne kompetencje Doktoranta. **Na tej podstawie wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Tałaja pt. „Ocena trwałości betonów niskoemisyjnych" i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Recenzję podpisał
Zbigniew Kledyński

* 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