

Warszawa, 5 stycznia 2023 r.

Prof. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski

Wydział Inżynierii Lądowej

Politechnika Warszawska

Al. Armii Ludowej 16

00-637 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Anety Antolik

pt. „*Wpływ środków odladzających na mikrostrukturę i zagrożenie wystąpieniem reakcji alkalicznej kruszywa w betonie nawierzchniowym*”

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Naukowej IPPT PAN prof. dra hab. Zbigniewa Ranachowskiego, z dn. 2 listopada 2022 r., wynikające z uchwały Rady Naukowej Instytutu z dn. 27 października 2022 r., powołującej mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Anety Antolik, w postępowaniu prowadzonym wg przepisów Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Rozprawa doktorska będąca przedmiotem recenzji została przygotowana w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN, promotorem jest dr hab. inż. Daria Józwiak-Niedźwiedzka prof. PAN, a promotorem pomocniczym – dr inż. Mariusz Dąbrowski

1. Charakterystyka ogólna pracy

Rozprawa ma charakter badawczy i liczy 222 strony, w tym 62 strony załączników. Część główna pracy została podzielona na 9 rozdziałów. Zbiór załączników stanowi dokumentację przebiegu badań laboratoryjnych. Praca zawiera ponadto wykaz literatury obejmujący 187 pozycji, oraz wykaz powołanych norm liczący 26 pozycji, a także streszczenia w językach polskim i angielskim. Praca zawiera także wykaz oznaczeń i symboli.

W rozdziale pierwszym pracy Autorka przedstawia przedmiot, cel i zakres rozprawy, formułuje także tezy. Tezy są trzy i dotyczą:

- wykazania, że krajowe kruszywa granitowe są podatne na reakcję alkalia krzemionka, w szczególności w obecności środków odladzających jako zewnętrznego źródła alkaliów,

- ich podatność zależy od zawartości kwarcu zdeformowanego,

- a wielkość ekspansji betonu z tym kruszywem w wyniku ASR zależy od składu produktów reakcji w spękanych ziarnach kruszywa.

Rozdział drugi ma charakter studium literaturowego i obejmuje krótkie przedstawienie podstaw fizykochemicznych korozji typu ASR a następnie uwarunkowań jej przebiegu w betonach nawierzchniowych, w tym z uwzględnieniem wpływu środków odladzających.

Część studialna rozprawy jest dość uboga i pomija kilka istotnych kwestii, które w świetle zakresu badań i analiz powinny być tu uwzględnione. Szczegółowe uwagi w tym zakresie przedstawię w dalszej części recenzji.

Rozdziały 3 i 4 zawierają szczegółowy opis użytych do badań materiałów i wykorzystanych metod badawczych. W rozdziałach 5, 6 i 7 przedstawiono ich wyniki wraz z analizą, kolejno w zakresie oceny potencjalnej reaktywności alkalicznej kruszywa granitowego (rozd. 5), oceny wpływu różnych środków odladzających na przebieg i skutki ASR (rozd. 6) oraz związku pomiędzy zawartością kwarcu zdeformowanego w kruszywie granitowym a ekspansją na skutek ASR (rozd. 7). Rozdział 8 poświęcony jest badaniom próbek betonu pobranych z polskiej i niemieckiej nawierzchni drogowej. Rozdział ten luźno wiąże się z tematem pracy, ponieważ oba badane betony nie zawierają kruszywa granitowego. Celem tych badań jest weryfikacja przydatności autorskich metod „ilościowej oceny mikrostruktury” do „dokładniejszej oceny stopnia zniszczenia betonu”, potwierdzająca ich przydatność do „charakteryzowania materiałów pod kątem podatności na ASR w rzeczywistych obiektach drogowych” (cytaty z rozdz. 8 rozprawy)

Część główną pracy kończy rozdział 9, zawierający wnioski końcowe, odnoszące się zarówno do tej rozprawy, jak i do innych obserwacji poczynionych w trakcie badań. Rozdział ten wieńczy „postulaty” dotyczące kierunków dalszych badań nad reaktywnością kruszyw do nawierzchni dróg i lotnisk.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1. Dobór tematu i cel rozprawy

Tematem rozprawy jest podatność kruszywa granitowego na reakcję alkalia-krzemionka. Ogólnie wybór tematu oceniam pozytywnie. Kruszywo ze skał granitowych jest szczególnie często stosowane w betonach o oczekiwanej dużej trwałości w wymagających warunkach eksploatacyjnych, takich jak np. nawierzchnie i obiekty drogowe. Problem prawidłowej oceny ryzyka wystąpienia korozji typu ASR na etapie doboru materiałowego betonu i projektowania jego składu ilościowego jest ważny technicznie i gospodarczo, stanowiąc jednocześnie wyzwanie naukowo-badawcze. Jako cele rozprawy Autorka wskazuje określenie reaktywności alkalicznej kruszywa granitowego oraz wpływu środków odladzających na przebieg niszczenia powodowanego reakcją alkalia-krzemionka. Nie sposób oprzeć się wrażeniu, że temat podatności kruszyw granitowych na ASR ma bogatą, publikowaną na całym świecie, historię badawczą, z której wynika, że granity – jako zawierające pewne ilości krzemionki w różnych formach, mogą wykazywać zdolność reakcji z alkaliom, co zależy m.in. od szczegółowych charakterystyk składu skały granitowej i stopnia jej rozdrobnienia. Określenie „kruszywo reaktywne” jest natomiast pojęciem z kategorii formalnej, ściśle powiązanej z ustalonymi – często arbitralnymi – kryteriami, i ma ograniczony potencjał naukowy, zwłaszcza w rozprawie doktorskiej. Postawiona teza, że kruszywo granitowe o zerowym stopniu reaktywności jest podatne na reakcję alkalia – krzemionka nie ma natury naukowej.

Znacznie bardziej wartościowe naukowo jest zagadnienie przebiegu i skutków ASR w betonie z kruszywem granitowym, w warunkach oddziaływania środków odladzających, jako zewnętrznego źródła jonów sodowych i potasowych. Naukowym celem rozprawy – jak wynika z dalszej jej treści, jest także poszukiwanie ścisłego związku pomiędzy zawartością różnych form krzemionki (w tym przede wszystkim kwarcu zdeformowanego) a wielkością ekspansji w wyniku ASR oraz powiązanie wielkości tej ekspansji ze składem produktów ASR, na który wpływ mają m.in. środki odladzające.

Pomimo, iż – w moim odczuciu – akcenty celów pracy przesunięte są zbyt daleko od aspektów naukowych ku kwestiom formalnym (por. Wnioski, str. 143 l. 5-6 Rozprawy), oraz niepotrzebnie ograniczone do znaczenia lokalnego, co podkreśla nadużywanie terminu „krajowe złoża”, tematykę i cele rozprawy oceniam pozytywnie w świetle wymagań stawianych rozprawom doktorskim.

Z recenzenckiego obowiązku muszę także zwrócić uwagę na błędne sformułowanie tezy nr 3, z której wynika, że przedmiotem badania są symulowane warunki eksploatacyjne („*wielkość ekspansji w **badaniu symulowanych warunków eksploatacyjnych***”), podczas gdy warunki te nie są badane, tylko założone a priori w procedurze. Jest to wynik niezręczności stylistycznej Autorki. W pracy wiele jest tego rodzaju potknięć, co silnie rzutuje na odbiór całości – poświęcę temu problemowi więcej miejsca w szczegółowej części recenzji.

2.2. Ocena rozwiązania problemu naukowego zawartego w rozprawie

Wartość naukowa pracy obejmuje kilka aspektów, na które składają się: opracowanie autorskich procedur badawczych, wyjaśnienie mechanizmu wpływu środków odladzających na przebieg i skutki ASR w betonie, próba ilościowego powiązania wielkości ekspansji spowodowanej ASR w betonie zawierającym kruszywo granitowe z zawartością kwarcu zdeformowanego w tym granicie.

Wszystkie trzy podobszary problemu naukowego, który starała się rozwiązać Doktorantka, oparte są na bardzo obszernym programie badawczym. Autorka przeprowadziła ogromne badania, wykazała się dużą biegłością w ich realizacji, dysponuje wielką bazą wyników, przydatnych do analizy sformułowanych problemów. Nadała także swoim analizom przejrzyste, czytelne i dopracowane formy graficzne, które podnoszą wartość pracy. Analizy i wnioski zawarte w rozprawie zawierają cenne ustalenia, mają wartość naukową, ale budzą też szereg wątpliwości, zastrzeżeń i pytań.

W zakresie autorskich procedur Doktorantka zaproponowała:

- 1) metodę wyznaczania zawartości reaktywnych minerałów w kruszywie
- 2) metodę wyznaczania stopnia spękania betonu wskutek ASR
- 3) zmodyfikowaną metodę „*symulowanych warunków eksploatacyjnych*” do wyznaczania ekspansji spowodowanej ASR

Metody 1) i 2) są metodami opartymi na analizie obrazu, z wykorzystaniem końcowej binaryzacji, która pozwala finalnie zautomatyzować określenie udziału szukanych ziaren lub defektów na obrazie z mikroskopu optycznego lub SEM. Metody niewątpliwie mają charakter autorski, są dość dokładnie opisane i zweryfikowane w badaniach wielu rozmaitych próbek. Stanowią one wartościowe osiągnięcie naukowe. Metoda 3), a właściwie autorska modyfikacja metody z dokumentu GDDKiA, budzi pewne wątpliwości, w tym w zakresie nazwy metody, która rzutuje finalnie na odbiór i

znaczenie wyniku. Termin „symulowane warunki eksploatacyjne” sugeruje, że metoda w jakiś sposób odwzorowuje warunki eksploatacji betonu w nawierzchni. Tymczasem jest to metoda, którą należy zaliczyć do metod przyspieszonego starzenia. Zastosowano w niej warunki ekspozycji betonu dalece odbiegające od realiów eksploatacyjnych. Cykle starzeniowe, którym poddawane są próbki, trwają 14 dni i obejmują aż dwa okresy z temperaturą 60°C (łącznie 11 dni) natomiast żadnego okresu temperatury ujemnej, pomimo ekspozycji próbek na środki odladzające, które przecież w takiej właśnie temperaturze są stosowane w nawierzchni. W procedurze zamieszczonej w pracy nie podano zresztą temperatury roztworów odladzających – jedynie kontekstowo można się domyślać, że są to warunki pokojowe. Modyfikacja metody GDDiK, którą zaproponowała Autorka, polegała na wprowadzeniu do procedury różnych środków odladzających i różnych stężeń ich roztworów. Stężenia są bardzo wysokie – czy faktycznie 10% NaCl i 50% mrówczanu to wartości stężeń spotykane w nawierzchni? W opisie procedury nie podano także ile cykli należy przeprowadzić, aby wnioskować o odporności/podatności kruszywa na ASR i jak ocenić wynik uzyskany po takiej procedurze. Nazwanie tej procedury „symulowanymi warunkami eksploatacyjnymi” wprowadza w błąd – wynik badania w tak ekstremalnych warunkach trudno jest odnieść do naturalnego starzenia eksploatacyjnego w nawierzchni.

W zakresie wyjaśnienia mechanizmu wpływu środków odladzających na przebieg i skutki ASR w betonie, Autorka przeprowadziła ciekawe badania nad składem i mikrostrukturą żelu będącego produktem ASR. Wskazała, że środki odladzające mają istotny wpływ na charakterystykę żelu, w tym jego tendencję do pęcznienia, co przekłada się na mierzoną ekspansję betonu, dokumentując to statystycznie potwierdzoną zależnością (rys. 7.9 w Rozprawie). W dalszym toku tych badań Doktorantka próbowała powiązać efekt ekspansji w obecności różnych środków odladzających i różnych ich stężeń z zawartością kwarcu zdeformowanego, ale nie we wszystkich analizowanych przypadkach zamysł ten się powiódł. Jednoznacznie natomiast wykazana została ilościowa korelacja zawartości tej odmiany kwarcu w kruszywie granitowym z wielkością ekspansji w normowym teście ASR w gorącej zasadzie sodowej. Wartość tych obserwacji podnosi doskonała i obszerna dokumentacja zdjęciowa i wynikowa z SEM/EDS, mikroskopu optycznego wysokiej klasy, spektrometrii w podczerwieni i dyfrakcji rentgenowskiej. Brak jest natomiast podjęcia próby opisanego mechanizmu wpływu jonów sodowych i potasowych ze źródeł

zewnątrznych na sam przebieg i chemizm reakcji alkalia-krzemionka – cenne byłoby uzupełnienie w tym zakresie w ramach prezentacji na obronie rozprawy. Dyskusja o różnych poglądach naukowców na ten problem jest przedstawiona w części studialnej (p. 2.4), natomiast w badaniach własnych Doktorantka skupiła się jedynie na skutkach ASR w obecności NaCl i innych środków odladzających.

Rozprawę kończy kilka syntetycznych wniosków, odniesionych do dowodzonych tez rozprawy. Pozytywnie oceniam naukową wartość prac Doktorantki. Muszę jednak wyrazić także pewien niepokój związany ze zbyt kategorycznym formułowaniem tych wniosków przez Autorkę. Przede wszystkim zbyt daleko idący i niezasadny jest pierwszy, bezwarunkowy wniosek na str. 143 (w uproszczeniu: polskie granity wykazują reaktywność pomimo zerowego stopnia reaktywności), który de facto mógłby stanowić krok w stronę rekomendacji co do wycofania kruszyw granitowych z wielu obszarów ich zastosowań w betonie, w tym w nawierzchniach. Nie jest to wniosek – w moim przekonaniu – w pełni uzasadniony, zwłaszcza w świetle faktu, że po badaniu długotrwałym wyniki nie były jednoznaczne. Trzeba zaznaczyć także, że stosowanie krajowych granitów w betonach drogowo-mostowych ma ponad stuletnią tradycję (poniemieckie obiekty dolnośląskie). Badania odwiertów z nawierzchni wykonane przez Doktorantkę także nic tu nie wnoszą – betony wykonano na innych kruszywach niż granitowe. Ponadto – a może nawet przede wszystkim – tego rodzaju wnioskowanie nie odpowiada formule rozprawy doktorskiej i nie jest uzasadnione celami naukowymi, które stanowią o wartości recenzowanej rozprawy. Rozwaga i umiar w formułowaniu wniosków stanowią miarę dojrzałości naukowej doktoranta.

2.3 Ocena warsztatu naukowego Kandydatki, Jej wiedzy teoretycznej w zakresie dyscypliny i umiejętności samodzielnego prowadzenia badań

Ocena warsztatu naukowego Doktorantki jest w tym przypadku utrudniona. Praca napisana jest bardzo słabym językiem, pełnym niejednoznaczności, skrótów myślowych, niezręczności stylu i błędów gramatycznych, składniowych, leksykalnych oraz terminologicznych. Utrudnia to ocenę całości, zwłaszcza pod kątem warsztatu naukowego i wiedzy Autorki. Mimo to, skala przedsięwzięcia badawczego, wysoka jakość dokumentacji badawczej i omówione wyżej efekty naukowe prac, pozwalają mi sądzić, że wskazane mankamenty można będzie wyeliminować w dalszym rozwoju naukowym Doktorantki. Do mankamentów tych wrócę jeszcze w szczegółowej części recenzji.

Główne wątpliwości warsztatowe budzi ledwie symboliczne potraktowanie programu badań. Podrozdział 4.1 jest niezwykle skrótowy (1 strona) i ubogi, pobieżnie przedstawia etapy badań (jest ich 4 czy 5? Informacje są sprzeczne na str. 45) i umieszczony jest zaskakująco i zupełnie nietrafnie pomiędzy rozdziałem 3 z charakterystyką materiałów i składami zapraw i betonów (!) a podrozdziałem 4.2 *Skład fazowy i mikrostruktura* (stanowiąc razem z nim i kilkoma innymi podpunktami treść rozdziału 4 pt. *Przeprowadzone badania i opis zastosowanych metod.*) Jest to kompletne poplątanie kolejności merytorycznej: składy zaprawy/betonu i ich składniki pojawiają się PRZED programem badań, co można by interpretować jako błąd metodyki badań. Brak sensownie opisanych w jednej sekwencji celu, zakresu i programu badań (bo treść pkt. 4.1 nie spełnia tej roli) ma konsekwencje w całej konstrukcji części badawczej rozprawy, która robi wrażenie chaotycznej. Trudno jest śledzić za myślą przewodnią Autorki, pomimo iż kolejne rozdziały badawcze zawsze mają podsumowanie. Nie sposób się oprzeć wrażeniu, że z ową myślą przewodnią problem ma chwilami sama Autorka – stąd kolejne rozdziały zdają się być osobnymi całościami, nie w pełni powiązаныmi wzajemnie związkami przyczynowo-skutkowymi.

Negatywnie zaskakującym aspektem warsztatu badawczego Autorki jest brak w części studialnej krytycznego przeglądu metod badania ASR, co razi zwłaszcza w kontekście faktu, że Autorka proponuje w rozprawie autorskie procedury z tego zakresu, stanowiące Jej ważny dorobek naukowo-badawczy. Fakt, że tego rodzaju przegląd był zapewne podjęty w ramach grantu, w którym p. Antolik uczestniczyła, nie zmienia opinii o konieczności zamieszczenia takiej analizy krytycznej (np. w formie stabelaryzowanej) w rozprawie, chociażby po to aby wykazać potrzebę tworzenia autorskich procedur.

Zastrzeżenia budzi precyzja opisu specjalistycznych procedur badawczych, w tym tych, które są autorstwa Doktorantki. Zastrzeżenia co do metody „*symulowanych warunków eksploatacyjnych*” przedstawiłem już wcześniej. Metody opisane w 4.5.2 i 4.5.3 dotyczą według ich tytułów „*stopni*” zniszczenia konstrukcji i spękania betonu – w żadnym z tych przypadków wynikiem badania – według opisu w rozdz. 4 - nie są stopnie, a jedynie odpowiednio indeks DRI oraz kilka parametrów opisujących stan zarysowania betonu i kruszywa na cienkich szlifach. Dopiero w trakcie analizy wyników własnych badań, można się dowiedzieć, że jednak istnieje jakaś skala do oceny DRI, której jednak nigdzie nie podano. W drugiej z metod nie pojawia się pojęcie stopni.

Zaskakujący i nie w pełni zrozumiały jest związek z całością pracy rozdziału 8, w którym podano wyniki badania próbek betonowych pobranych z eksploatowanych nawierzchni drogowych. W żadnej z badanych próbek nie zidentyfikowano obecności kruszywa granitowego, które jest przedmiotem pracy. Jedynym uzasadnieniem zamieszczenia w pracy tego rozdziału jest wykazanie, że procedury autorskich badań Doktorantki dają się zastosować nie tylko do próbki laboratoryjnej ale i do próbki pobranej z nawierzchni drogowej, co jednak od początku nie mogło budzić wątpliwości. Charakter procedur sprawia, że nie może być żadnego związku pomiędzy tym skąd pochodzi próbka betonu i jaka jest historia tworzącego ją betonu a przydatnością proponowanych procedur.

W pewnym stopniu rozczarowujące są podsumowania wieńczące rozdziały 5, 6 i 7, w których brakuje syntetycznych tabel zestawiających zakres zmienności zmiennych i wyników – znacznie ułatwiłoby to odbiór wniosków cząstkowych i syntezę całości przedsięwzięcia badawczego.

Niewątpliwie dużym plusem pracy jest swoboda ale i precyzja badawcza Autorki w obszarze prowadzenia badań mikrostrukturalnych i interpretacji ich wyników, a także – podobnie, w odniesieniu do badań spektroskopowych i rentgenograficznych. Potwierdza to szczegółowy opis autorskich procedur, które powstały właśnie dzięki praktycznej wiedzy i olbrzymiemu doświadczeniu badawczemu Autorki. Jednocześnie jednak pojawiają się wątpliwości, co do możliwości powtórzenia takiej procedury przez innego badacza – czy byłaby możliwa walidacja takiej metody badawczej?

Reasumując tę część recenzji, wiedzę teoretyczną, warsztat naukowo-badawczy Autorki i umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Nią badań oceniam pozytywnie.

3. Szczegółowe uwagi krytyczne

Jak już wspomniano wcześniej lektura i odbiór rozprawy są silnie związane ze słabymi zdolnościami pisarskimi Autorki, ale także z Jej niedbałością o naukową i inżynierską precyzję wypowiedzi.

Przede wszystkim rażąco są uproszczenia, skróty myślowe i nietrafność doboru w zakresie terminologii, w tym także podstawowych dla rozprawy pojęć. Rażą zdecydowanie terminy „reakcja alkaliczna kruszywa” i „reakcja alkaliczno-krzemionkowa” – jasne jest, że reakcja nie może być ani alkaliczna ani krzemionkowa... Pierwszy z tych terminów użyty jest w tytule rozprawy, co z

pewnością nie powinno się było zdarzyć w opracowaniu o ambicjach naukowych. Jako redundantny należy uznać termin „reakcja ASR” – przecież w akronimie ASR litera R oznacza reaction.

Dalsze uwagi szczegółowe zostaną przedstawione w kolejności wynikającej z układu rozprawy. Niektóre z nich zostały poprzedzone gwiazdką, która oznacza prośbę o ustosunkowanie się do uwagi przez Doktorantkę, np. w formie pisemnej odpowiedzi na recenzję.

Str. 8: pierwsze zdanie rozprawy sugeruje, że środki odładzające stosuje się w celu wywołania ASR aby spowodować niszczenie nawierzchni...;

Str. 9 l.4 od dołu, str, 10 l.9 od dołu i wielokrotnie później w rozprawie – użycie terminu „charakteryzacja produktów reakcji” wypacza sens wypowiedzi. Słowa charakteryzacja (w teatrze lub filmie) i scharakteryzowanie czegoś, mają zupełnie inne znaczenie, pomimo pozornego podobieństwa;

Str. 10 – błąd logiczny w p. 3 tezy, omówiony wcześniej;

*Str. 14 – niejasne stwierdzenie, że „nie wszystkie kruszywa stosowane w betonie rozpatruje się pod kątem potencjalnej reaktywności alkalicznej” - skoro nie wszystkie, to które – nie? I jaki to ma związek z treścią pracy?

Str. 16 l.3 od góry – błąd logiczny zdania – „zawartość reaktywnych minerałów w kruszywie determinuje **ich** odporność na reakcję alkalia-krzemionka” – odporność minerałów? W kolejnym zdaniu pojawiają się „graniczne kryteria” co jest pojęciem redundantnym;

Str. 16 tab. 2.1 – nie podano czy chodzi o % masowy?

Str. 21 l.5-6 od góry – „skład chemiczny produktów reakcji ASR jest zmienny w zależności od składników betonu, a także wieku i miejsca **jego** zlokalizowania w mikrostrukturze betonu” – jego, tzn. betonu? Jak należy rozumieć wiek zlokalizowania betonu w mikrostrukturze?

Str. 21 l. 13 od góry – obecność „**aluminium**” w żelu jest absolutnie wykluczona!

Str. 26 l.12-13 od dołu – „Zawartość mikrokrystalicznej krzemionki oraz dyslokacje i związki między defektami w strukturze sieciowej kwarcu mogą mieć istotny wpływ na wynik reaktywności alkalicznej kruszywa ze skał zawierających kwarc, w tym na kruszywo granitowe.” – zdanie kompletnie niezrozumiałe – zapewne w wyniku nieudolnego tłumaczenia z języka obcego;

*Str. 26 l.2 od dołu – pojęcie „**subgranulacja**” nie jest znane recenzentowi;

Str. 27 l. 12 od góry – „...zastosowanie normowych metod ekspansji...” – niezrozumiałe – czy chodzi o część procedury badań ASR, w czasie której ma nastąpić ekspansja? Zbyt duży skrót myślowy;

Str. 29 l.8 od dołu i wielokrotnie w innych miejscach – „...dostęp alkaliów (NaCl)...” – zaliczenie chlorku sodu do alkaliów nie jest prawidłowe, gdyż jest to związek o odczynie obojętnym. W kontekście reakcji alkalia-krzemionka jest on źródłem dodatkowych jonów sodowych w cieczy porowej, ale nie bezpośrednio alkaliów;

Str. 33 l.6 od góry – „Wpływ środków odladzających **na** mikrostrukturę betonu nawierzchniowego z kruszywem granitowym o zerowym **stopniu reaktywności na reakcję** alkaliczną kruszywa nie jest dostatecznie poznany” – sens zdania niezrozumiały;

Str. 35 i wiele dalszych w części badawczej – „wyniki składu”, „wyniki wytrzymałość”, „wyniki wydłużenia”, „wyniki zależności” - poprawnie jest wyniki badania, oznaczenia itp.;

Str. 37 l.7 od dołu – pojęcie „rodzaj cementu” dotyczy sześciu rodzajów oznaczanych liczbami rzymskimi od I do VI i nie można go użyć do opisu dwóch klas cementu tego samego rodzaju;

*Str. 39 opis badania wg ASTM 1239 – nie jest zrozumiałe dlaczego wymagana była ilość $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = 1,25\%$ i zrealizowano to poprzez dodanie NaOH do wody zarobowej?

*Str. 42 rys.3.3 – w jakim sensie rysunek przedstawia „optymalizację”?

*Str. 42 l. 2 od dołu i str. 43 tab. 37 – plastyfikator stosowany w ilości 0,04% m.c.? Recenzentowi nie są znane produkty handlowe o dopuszczalnej tak małej dawce. Czy takie symboliczne dozowanie plastyfikatora (ok. pół szklanki na 1 m³ betonu) ma jakikolwiek wpływ na mieszankę i czy możliwe jest ujednorodnienie zarobu, nawet w warunkach laboratoryjnych?

Str. 45 – podano, że program badawczy podzielono na 4 etapy, po czym wymienionych jest ich pięć...;

Str. 45 i kilka razy dalej – „Charakterystykę składu chemicznego przeprowadzono...” – błąd stylistyczny;

Str. 50 – „PN-EN 12-350” – recenzentowi nie jest znana taka norma;

Str. 51 – trawers jest rodzaju męskiego;

Str. 52 – „Długość badania wydłużono z 14 do 28 dni...”;

*Str. 52-54 – w żadnej z trzech metod nie określono liczby próbek w serii badawczej, a dodatkowo w metodzie 4.4.4 nie podano liczby cykli;

*Str. 56 – niekonsekwencja w opisie metody: najpierw jest mowa o wyszukiwaniu obszarów z ziarnami o wysokim stopniu falistego wygaszania, a następnie o tym, że nie rozważano wielkości kąta falistego wygaszania – proszę o wyjaśnienie tej niekonsekwencji;

*Str. 56-57 – DRI – nie jest jasne źródło defektów rejestrowanych w procedurze DRI – czy inne przyczyny niż ASR, występujące jednocześnie, mogą być także rejestrowane jako uszkodzenia wg tab. 4.2? Czy można jakoś odróżnić defekty zależnie od ich genezy?

Str. 67 – poprawnie: zserycytizowany;

Str. 69 rys. 5.12 – termin „powierzchniowa zawartość kwarcu” – jest niefortunnym skrótem myślowym;

Str. 81 tab. 5.6 – „... względem próbek, w których roztworem nasycanym była woda destylowana” – co to znaczy?

*Str. 82-83 – nie podano wartości wyznaczonych modułów sprężystości (jedynie zmiany względem próbek referencyjnych), co więcej w opisach metod badań także nie podano metody badania modułu; na str. 83 jest mowa o spadku modułu wraz z rozcieńczaniem roztworów – wydaje się, że stoi to w sprzeczności z wartościami względnymi podanymi w tabeli 5.7 – komentarz niezbędny;

Str. 93 – „ślady chloru w matrycy cementowej” – chlor jest gazem i w takiej postaci nie występuje w matrycy;

Str. 105 rys 6.30 podpis – „Mikrostruktura betonu [...] po badaniu symulowanych warunków eksploatacyjnych, namaczanych w 50% roztworze...” – namaczanie warunków?

*Str. 107 – nie podano w jaki sposób analizowano zawartość Ca, Si oraz alkaliów, jak wyznaczano podane dalej w tab. 6.3 i 6.4 stosunki?

*Str. 110 l.4 od dołu – skąd wiadomo, że zawartość wapnia była 3-krotnie wyższa w porach niż w spękaniach? Jak to obliczono?

*Str. 118 wzór (12) i dalej – jak obliczano $\ln k$ oraz M ? mam wrażenie, że wzór (12) to jedno równanie z dwoma niewiadomymi... Jeśli dokonano tego aproksymacją czy też curve fitting na podstawie danych z tabeli 7.1 to mamy tam zaledwie dwa punkty (kolumna 2 i 3 wyniki w NaOH), trzeci wynik pochodzi z innej metody (bez

NaOH) i jego włączenie do aproksymacji kompletnie zmieniłoby charakter dopasowanej krzywej – komentarz konieczny;

Str. 120 wzór (13) i zdanie powyżej – w reakcji chemicznej nie zgadza się bilans cząsteczek wody: po prawej stronie zabrakło $10\text{H}_2\text{O}$ we wzorze soli Friedela (czyli chloroglinianu wapnia). Ze zdania powyżej wynika, że to dwa różne związki co nie jest prawdą;

Str. 124 rys 7.6 – wykres ma niefortunny układ osi: analizowanie zależności zmiany długości po badaniu PB/5/18 od indeksu DRI jest mało praktyczne – odwrotna zależność miałaby jakiś sens;

Str. 129 akapit od „*Pęcznienie żelu...*” – fragment szczególnie fatalny językowo, zapewne prawie surowe tłumaczenia z obcego języka („*miejsca reaktywne*”, „*wywiera naprężenie*”, „*nagromadzone ciśnienie jest uwalniane*”, „*ciśnienie się rozwija*”, „*wzrost naprężenia jest uwalniany*”);

*Str. 135 tab. 8.2 - pierwszy wiersz dotyczy kruszywa „*grubego*” a drugi „*reaktywnego*” – na czym polega różnica? Czy tego nie można jakoś sprowadzić do wspólnego mianownika, aby oba przypadki dało się porównać?

Str. 136 l.1-4 od góry – to przypuszczenie jest daleko idące i nie potrzebne w rozprawie – nic nie wnosi;

Str. 144 ostatni akapit rozprawy – kolejny akapit kuriozalny językowo, całkowicie pozbawiony sensu z powodu nieudolności pisarskiej.

Powyższe uwagi szczegółowe to jedynie główne spostrzeżenia, w pracy jest ponadto sporo literówek i drobnych błędów – nie mają one jednak wpływu na pozytywną ocenę końcową pracy.

4. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa porusza problem istotny i nie w pełni rozwiązany dotąd zarówno w aspekcie naukowym, jak i praktycznym, pomimo badań prowadzonych w tym zakresie w wielu światowych i krajowych ośrodkach od szeregu lat. Autorka wykazała, że zawartość kwarcu zdeformowanego w kruszywie granitowym jest skorelowana z wielkością ekspansji betonu w wyniku ASR. Dowiodła także, że charakter tej korelacji jest zdeterminowany jednoczesnym wpływem środków odladzających, które w różnym stopniu intensyfikują efekt niszczenia betonu w wyniku ASR, ponieważ zmieniają charakterystykę żelu będącego produktem ASR, w tym jego zdolność do pęcznienia. Ponadto Doktorantka zaproponowała autorskie procedury

badawcze, które wzbogacają stan wiedzy i uzupełniają warsztat badawczy służący analizom z zakresu ASR.

Jak wykazano w recenzji, pomimo wielu uwag krytycznych i zastrzeżeń, rozprawa doktorska p. mgr inż. Anety Antolik spełnia wymagania Ustawy w zakresie oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej Kandydatki w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa, (w szczególności w subdyscyplinie inżynieria materiałów budowlanych), oraz wykazania umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Kandydatkę. W związku z tym, w oparciu o art. 187 Ustawy, pozytywnie opiniuję przedłożoną rozprawę doktorską i wnoszę o dopuszczenie p. mgr inż. Anety Antolik do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

