

Dr hab. inż. Wiesława GŁODKOWSKA prof. nadzw.
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji
Katedra Konstrukcji Betonowych i Technologii Betonu
Politechnika Koszalińska

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Bartosza Zegardło pt.

**„Zastosowanie odpadów ceramiki sanitarnej, jako kruszywa do
betonów specjalnych”**

dla: Rady Wydziału Budownictwa i Architektury
Politechniki Lubelskiej

promotor: dr hab. inż. Anna Halicka, prof. PL

Spis treści

1. Podstawa formalna recenzji
2. Celowość podjęcia tematu
3. Prawidłowość tytułu i sformułowania tez
4. Ogólna charakterystyka pracy
5. Uwagi
 - 5.1. Uwagi redakcyjne
 - 5.2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne
6. Podsumowanie

Koszalin, luty 2013

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzję opracowano na podstawie umowy o dzieło zawartej w dniu 11 grudnia 2012 roku pomiędzy Politechniką Lubelską reprezentowaną przez Panią dr hab. Marzenę Dudzińską, prof. PL – Prorektora ds. Nauki, a dr hab. inż. Wiesławą Głodkowską, prof. PK z Politechniki Koszalińskiej.

2. Celowość podjęcia tematu

Problemy nowoczesnych społeczeństw ukierunkowane są na aspekty związane z ekologią, zrównoważonym rozwojem oraz dbaniem o naturalne środowisko. Świadomość ekologiczna dyktuje, więc taki dobór materiałów budowlanych oraz rozwiązań technologicznych, aby maksymalnie zredukować negatywny ich wpływ na środowisko. Jednakże wciąż produkowane odpady trudno ulegają biodegradacji, a przy zwiększającej się konsumpcji środowisko naturalne nie jest w stanie odbudować surowców naturalnych. Brak równowagi pomiędzy potrzebami społeczeństwa, a rozwojem gospodarczym związanym z przemysłem budowlanym można złagodzić poprzez wypracowywanie takich rozwiązań, które będą chroniły nieodnawialne zasoby naturalne. Prowadzić to może do opracowania technologii, które zapewnią oszczędności energii, surowców naturalnych, wody oraz przyczynią się do ponownego wykorzystywania materiałów odpadowych, tzw. recyklingu, a więc wykorzystania odpadów, jako surowców wtórnych i ponowne wprowadzenie ich do produkcji. Recykling betonu oraz ponowne wykorzystanie innych materiałów budowlanych, czy też produktów sprzyja ograniczeniu eksploatacji zasobów naturalnych (wody, kruszywa, skał itp.). Takie działania wpływają korzystnie na środowisko poprzez zmniejszenie ilości deponowanych odpadów oraz obniżenie wydobycia kruszyw ze złóż naturalnych. Właściwe gospodarowanie odpadami, które w sposób długotrwały nie ulegają biodegradacji przynosi, więc nie tylko korzyści dla środowiska, ale także rozwiązuje problem zagospodarowania odpadów, ich składowania, a także utylizacji.

W pracy podjęto problem zastosowania odpadów ceramiki sanitarnej, jako kruszywa do betonów specjalnych. Ponieważ odpady poprodukcyjne przemysłu ceramicznego w Europie stanowią 3% do 7% produkcji, problem recyklingu stał się na tyle ważny, że ostatnio realizowanych jest wiele prac badawczych w tym zakresie. Autor dysertacji podjął również taką próbę. Dokonał oceny zasadności zastosowania odpadów ceramiki sanitarnej, jako jedyne kruszywa do betonów specjalnych. Należy zauważyć, że beton jest najpowszechniej stosowanym budowlanym materiałem kompozytowym, do którego wytworzenia rocznie na świecie zużywa się 20 mld ton kruszywa. Produkcja betonu może, więc w sposób znaczący wpływać na środowisko naturalne.

Analizowane w rozprawie doktorskiej kwestie pod względem naukowym oraz zastosowań praktycznych są bardzo istotne. Wnioski wynikające z dysertacji można potraktować, jako pewnego rodzaju wskazówki dla projektantów konstrukcji i technologów w zakresie stosowania betonów specjalnych na bazie kruszywa ceramicznego do wznoszenia obiektów budowlanych lub ich elementów poddanych oddziaływaniu wysokich temperatur oraz charakteryzujących się dużą odpornością na ścieranie.

Na tle problemów poruszanych w artykułach i opracowaniach naukowo-badawczych dostrzec można znaczący aspekt poznawczy (wpływ kruszywa ceramicznego na trwałość i kształtowanie właściwości betonów specjalnych) i praktyczny (proponując zastosowań w przemyśle betonów na bazie kruszywa ze stłuczki sanitarnej) podjętego tematu. Wskazuje to na jego wagę, aktualność, a także atrakcyjność i w świetle podkreślanych tu faktów – nie jest to tylko subiektywna ocena. Świadczy o tym tematyka wielu sympozjów i konferencji krajowych oraz zagranicznych, poświęconych tym zagadnieniom.

3. Prawidłowość tytułu i sformułowania tez

Tytuł jest zwięzły, a przy tym w istotnym stopniu adekwatny do przedmiotu i treści rozprawy. Jest zarówno ogólny, jak i wystarczająco precyzyjny (jednoznaczny). Jego sformułowanie odnotowuję zdecydowanie „na plus” Doktoranta.

Tezy pracy (postawiono cztery tezy) zostały sformułowane poprawnie.

Odnosząc się do sposobu realizacji postawionego w rozprawie zadania uważam, że prowadzi on do pozytywnego potwierdzenia tez rozprawy.

4. Ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotowa rozprawa jest obszernym opracowaniem o charakterze doświadczalnym, składającym się z 12 rozdziałów oraz 5 załączników. Wraz z wykazem literatury, streszczeniami w języku polskim i angielskim liczy 120 stron, wykaz literatury obejmuje 111 pozycji. Wyniki badań zamieszczono w czterech załącznikach (Z1÷Z4). Załącznik piąty (Z5) zawiera analizę statystyczną wyników badań. Na podkreślenie zasługuje aktualność wykorzystanych pozycji literaturowych oraz fakt, że współautorem 3 pozycji załączonej bibliografii jest Autor dysertacji.

Rozprawa doktorska składa się z trzech części: studialnej (część I) będącej przeglądem stanu wiedzy w zakresie przedmiotu pracy. Część II opracowania zawiera opis przeprowadzonych badań, wyniki badań oraz ich analizę. Zakończona jest wnioskami, między innymi, będącymi potwierdzeniem tez rozprawy. W części trzeciej dysertacji

wskazano na praktyczne możliwości zastosowania betonów na bazie kruszywa ze stłuczki sanitarnej.

Pracę rozpoczyna rozdział będący wprowadzeniem do treści rozprawy. Autor uzasadnia w nim celowość podjętego tematu oraz formułuje problem badawczy, a mianowicie:

- opracowanie technologii wykorzystania odpadów ceramiki sanitarnej, jako jedyne kruszywa do betonów specjalnych,
- określenie właściwości wytrzymałościowych i innych cech użytkowych uzyskanego betonu,
- opracowanie propozycji zastosowania betonu na bazie kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej ze względu na jego specyficzne właściwości.

Tak sformułowany problem badawczy pozwolił Doktorantowi na postawienie czterech tez pracy doktorskiej.

Część studialna pracy jest obszernym opracowaniem. Składa się z 5 rozdziałów, których treści wynikają z przeprowadzonych studiów literaturowych. Część teoretyczną pracy zakończono wnioskami wynikającymi z dotychczasowych zastosowań praktycznych kruszywa ceramicznego, osiągnięć naukowych i doświadczeń własnych w zakresie przedmiotu pracy. Sformułowano wniosek ogólny, a mianowicie możliwość recyklingu odpadów ceramicznych przez użycie ich, jako kruszywa do betonów. Stwierdzono ponadto, że kruszywo wytworzone z odpadów ceramicznych może być z powodzeniem stosowane do produkcji betonów odpornych na ścieranie, na wysokie temperatury, w tym służących do budowy elementów instalacji grzewczych akumulujących ciepło, obudowy tuneli oraz szybów kopalnianych. Uznano w podsumowaniu, że takie zastosowania są bardzo zasadne ekologicznie, jak i ekonomicznie. Powyższe stwierdzenia stanowiły więc podstawę do podjęcia przez Autora prac badawczych.

Część doświadczalna pracy zbudowana jest z 11 rozdziałów. Badania podzielono na wstępne i wiodące. W badaniach wiodących przyjęto ten sam skład mieszanek betonowych, zróżnicowano go jedynie pod względem rodzaju cementu (użyto cement portlandzki i glinowy) oraz kruszywa (ceramiczne i żwirowe). Skupiono się głównie na określeniu wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu kompozytów objętych badaniami, ich odporności na ścieranie, na wysokie temperatury oraz zdolności akumulacji ciepła.

W rozdziale 6 rozprawy omówiono wyniki badań kruszywa uzyskanego z odpadów ceramiki sanitarnej, zalegających na hałdach jednego z polskich producentów ceramiki. Badaniami objęto gęstość właściwą kruszywa, pozorną, nasiąkliwość oraz przyczepność kruszywa do zaczynu cementowego. Zbadano także stopień rozkruszenia kruszywa

ceramicznego oraz określono jego skład ziarnowy. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na dokonanie analizy porównawczej cech kruszywa będącego odpadem, z cechami kruszyw tradycyjnych, stosowanych do produkcji kompozytów mineralnych. Stwierdzono, że właściwości kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej nie odbiegają od cech kruszyw stosowanych tradycyjnie do betonów, tak, więc może ono być użyte, jako pełnowartościowy materiał. Tym samym udowodniono pierwszą tezę rozprawy.

W rozdziale 7 poruszono kwestie dotyczące projektowania betonu z kruszywem ceramicznym na cemencie glinowym. Skład betonu zaprojektowano metodą analityczno-doświadczalną, uzyskując beton o stosunku $w/c=0,4$. Celem udowodnienia sformułowanych w rozprawie tez, badaniami objęto dwa rodzaje mieszanek betonowych - na kruszywie z odpadów ceramicznych oraz z tradycyjnym kruszywem żwirowym. Kolejno omówiono wyniki badań konsystencji mieszanek betonowych oraz podstawowych cech wytrzymałościowych 30 dniowych betonów, tj. wytrzymałości na ściskanie i wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu. Na podstawie przeprowadzonych badań Autor wykazał słuszność tezy dotyczącej możliwości wykorzystania odpadów ceramicznych, jako kruszywa do betonów. Stwierdził, że cyt.: *„odpowiednio skomponowany beton na bazie kruszywa z ceramiki sanitarnej może mieć parametry wytrzymałościowe klasyfikujące go do betonów wysokowytrzymałościowych”*.

W rozdziale 8 skupiono się na ocenie odporności betonu wykonanego na bazie kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej w warunkach wysokich temperatur. Skład betonów zróżnicowano pod względem rodzaju kruszywa i cementu. Wnioski z przeprowadzonych badań potwierdziły trzecią tezę dysertacji, a mianowicie: cyt.: *„Beton glinowy na kruszywie uzyskanym ze stłuczki sanitarnej charakteryzuje się większą odpornością na wysokie temperatury niż beton na kruszywie tradycyjnym, i jako taki może być wykorzystany w obiektach lub elementach narażonych na działanie wysokich temperatur”*.

Wyniki badań wraz z analizą zdolności akumulacji ciepła przez beton na kruszywie ze stłuczki sanitarnej zamieszczono w rozdziale 9. Wykazano przewagę betonów z kruszywem ceramicznym nad betonami z kruszywem żwirowym. Na podstawie obliczonej objętościowej pojemności cieplnej i mocy cieplnej podczas stygnięcia betonu na kruszywie żwirowym oraz z odpadów ceramiki sanitarnej stwierdzono, że kompozyt będący przedmiotem rozprawy może być wykorzystany do wytwarzania elementów akumulujących ciepło. Doktorant uznał, że przeprowadzone analizy potwierdziły czwartą tezę rozprawy doktorskiej, a mianowicie: cyt.: *„Beton na kruszywie uzyskanym z odpadów stłuczki sanitarnej może być wykorzystany do wytwarzania elementów akumulujących ciepło”*.

Rozdział 10 dysertacji dotyczy badań ścieralności betonów na kruszywie ceramicznym. Stwierdzono, że taki kompozyt charakteryzuje się niższą niż beton na kruszywie żwirowym ścieralnością (potwierdzenie drugiej tezy rozprawy).

W rozdziale 11 pracy, na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych, analiz teoretycznych i studiów literaturowych sformułowano 4 wnioski główne potwierdzające tezy rozprawy oraz szereg wniosków szczegółowych w zakresie fizykochemicznych cech kruszywa ze stłuczki sanitarnej, odnośnie składu betonu z udziałem takiego kruszywa, odporności betonu o kruszywie ceramicznym na działanie wysokich temperatur oraz jego zdolności akumulacyjnej, a także w zakresie ścieralności.

W rozdziale 12 Autor dysertacji podaje własne propozycje zastosowań betonu z kruszywem ze stłuczki sanitarnej oraz co jest również bardzo cennym elementem pracy, określa dalsze kierunki badań.

Całość dysertacji zakończona jest wykazem literatury, streszczeniem w języku polskim i angielskim. Do pracy dołączono protokoły z badań, które zamieszczono w załącznikach Z1 do Z4.

Podsumowując rozdział 4 recenzji, dotyczący ogólnej charakterystyki pracy, należy stwierdzić, że rozprawa napisana jest w sposób jasny, językiem rzeczowym i zrozumiałym („komunikatywnym”). Całość pracy kończy się szczegółowymi rozważaniami będącymi konwencjonalnymi wnioskami typowej pracy doświadczalnej. Przeprowadzone badania eksperymentalne i analiza wyników badań własnych, w porównaniu z osiągnięciami badaczy z kraju i zagranicy, są o cechach poznawczych i jednocześnie przydatnych do zastosowania. Cytowana literatura jest obszerna, zarówno ta dawniejsza, jak i współczesna, i to, co niezwykle istotne aktualna we właściwym znaczeniu tego słowa.

Z uwagi na obszerność problematyki podjętej przez Autora rozprawa ta nie obejmuje wszystkich kwestii. Autor mając tego pełną świadomość wskazuje dalsze kierunki badań oraz analiz.

5. Uwagi

Recenzowana rozprawa jest obszernym opracowaniem, jednakże poprzez wyraźny podział na część studialną, doświadczalną i praktyczną nie odczuwa się nadmiaru informacji.

Niniejszą rozprawę doktorską oceniam pozytywnie. Jednak podczas czytania i analizowania treści rozprawy nasunęły mi się uwagi redakcyjne, w tym krytyczne oraz dyskusyjne. Najważniejsze z nich przedstawiam poniżej.

5.1. Uwagi redakcyjne

- W rozprawie znajdują się błędy interpunkcyjne, które nie mają znacznego wpływu na pozytywną ocenę pracy. W związku z tym uwagi te zostaną przekazane bezpośrednio Doktorantowi, aby unikał ich w przyszłości.
- Podpisy pod niektórymi rysunkami nie występują bezpośrednio pod nimi, na tej samej stronie, ale kolejnej, np. rys. 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 8.2, itp.
- Nieprawidłowo przyjęto numerację niektórych rysunków, np. zamiast „rys. 7.1” na str. 71, powinno być „rys. 7.3”. Rys. 7.1 już istnieje na str. 66. Takich nieprawidłowości w pracy jest więcej i dotyczy to także numeracji tablic, np. zamiast „tabl. 8.3” na str. 85 powinno być „tabl. 8.7” lub zamiast „tabl. 3.3” na str. 39, „tabl. 3.2”, itp.
- Na str. 31, tabl. 2.10 - zamiast cyt.: „ ... na kruszywie granatowym” powinno być „... na kruszywie granitowym” oraz podobna uwaga odnośnie podpisu pod rys. 8.1 na str. 76.
- Niektóre rysunki i tablice umieszczono w treści rozprawy wcześniej niż się do nich odwołało. Taki układ powoduje, że pracę nie czyta się dobrze. np. tabl. 1.1 na str. 14, czy też dla przykładu rys. 3.1 na str. 37. Takich błędów edytorskich jest w pracy więcej.
- Uważam, że treść podrozdziału 3.2.5 „Procedura wprowadzania betonów do pracy w wysokich temperaturach”, obejmująca tylko 14 wierszy, powinna stanowić rozbudowę podrozdziału 3.2.6 „Zastosowanie betonów odpornych na działanie wysokich temperatur”, gdyż jest jego rozwinięciem. Ponadto tą samą treść podrozdz. 3.2.5 Autor powtarza na str. 77 w części badawczej pracy, zamiast ją przywołać z części studialnej. Na dojrzałość Doktoranta wskazuje również umiejętność unikania powtórzeń.
- W tablicy 8.6, str. 83 Autor przedstawia wyniki badań wytrzymałości betonu na bazie kruszywa kamiennego, a nie ceramicznego.
- Str. 95, 10 w. od dołu: Zapewne Autor miał na myśli, że przeprowadzono badania dwóch betonów o spoiwie mineralnym, jeden na kruszywie żwirowym, drugi ceramicznym, a nie jak informuje w rozprawie: cyt.: „ ... betonu na kruszywie ceramicznym i betonu na kruszywie z odpadów ceramiki sanitarnej”.

5.2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

- *Spis Treści* rozprawy doktorskiej nie zawiera numeracji stron, co bardzo utrudnia jej studiowanie. Czytelnik musi doszukiwać się w treści rozprawy, składającej się z 251 stron, umiejscowienia poszczególnych rozdziałów i podrozdziałów. Ponadto, co w jeszcze większym stopniu komplikuje percepcję treści jest niezgodność tytułów rozdziałów i podrozdziałów przedstawionych w *Spisie Treści* z tytułami pojawiającymi się w rozprawie (ok. 70% tytułów). Wymieniam tylko nieliczne, tj.: podrozdz. 1.1, 1.2, 2.0, 2.2.2.1, 2.2.2.2, 3.2.2, 3.2.3, 4.2, 6.0, 6.4, 6.5, 7.0. Ponadto wielu podrozdziałów występujących w treści pracy nie umieszczono w *Spisie Treści*, np.: podrozdz. 6.6, 7.4.1, 7.4.1.1, 7.4.1.2, itp. Autor wprowadza także chaos w numeracji podrozdziałów, np. na str. 47 pojawia się podrozdz. 4.2, a w *Spisie Treści* występuje on, jako 4.1, czy też podrozdz. 6.7 na str. 59, a w *Spisie Treści* jest to podrozdz. 6.4 i w nieco innym brzmieniu. Takich niezgodności w niniejszej pracy jest więcej.
- Studiując rozprawę odczuwa się brak wykazu podstawowych symboli i oznaczeń, który ułatwiłby percepcję treści obszernego opracowania.
- Opracowania o charakterze doświadczalnym powinny zawierać rozdz. „Program i zakres badań”, z którego to, między innymi, wynikałaby liczba i kształt próbek użytych w badaniach, warunki ich pielęgnacji, terminy badań itp. W rozdziale „Program i zakres badań” należałoby także, dla porządku, podać szczegółową charakterystykę użytych w badaniach materiałów oraz oznaczenia serii betonów, w tym krzywe uziarnienia kruszyw przyjętych do ustalenia składników betonów (np. brak informacji o krzywej uziarnienia kruszywa żwirowego). Niektóre z tych informacji w pracy pojawiają się w różnych miejscach, co dezorientuje czytelnika. Nadmieniam, że między innymi takie informacje są niezbędne do porównania własnych wyników badań z osiągnięciami innych autorów. Z powyższych względów nasuwają się pytania i uwagi, które wymieniam w dalszej części recenzji.
- Kolejnym rozdziałem w pracach badawczych powinien być rozdział „Metodyka badań”, co znacznie uporządkowałoby treści dotyczące przeprowadzonych badań, użytych stanowisk i metod badawczych.
- Autor na str. 69, pkt. 7.4.2 informuje czytelnika, że skład betonu w badaniach własnych zaprojektował posługując się wzorami (7.1)÷(7.4) zaczerpniętymi z podręcznika Prof. Lecha Czarneckiego: „Chemia w budownictwie”. Po pierwsze autorami tego podręcznika, oprócz prof. Czarneckiego, jest także Broniewski T. i Henning O. Wypadałoby wiedzieć, kto jest autorem opracowania, z którego się

korzysta i poprawnie je ująć w bibliografii. Po drugie wspomniane wzory Autor zapewne zaczerpnął z podręcznika Prof. Jamrożego: „Beton i jego technologie”, PWN, 2008.

- Postać wzorów (7.1) ÷ (7.4) przedstawiona w rozprawie nie jest jasna, a tym samym nie można z tych zapisów skorzystać. Co należy rozumieć przez oznaczenie „w”, ponadto wg danych źródłowych jest to „ ω ”?
- Zapewne analizując wyniki badań przedstawione na rys. 9.2, str. 93 Autor miał na myśli, że trzecie miejsce pod względem największych wartości mocy cieplnych podczas stygnięcia wykazały próbki betonowe na cemencie glinowym i kruszywie ceramicznym, a nie elementy betonowe na cemencie portlandzkim i kruszywie ceramicznym.
- Autor myli pojęcia wytrzymałości betonu. Pozwolę sobie uświadomić Doktoranta, że przeprowadził On badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu betonu, a nie wytrzymałości na rozciąganie, czy też jak to zamiennie Autor używa - wytrzymałości na zginanie, np.: str. 72, 73, 80, 84. Otóż w próbie zginania 3-punktowego, a takie badanie przeprowadzono, maksymalna wartość naprężenia rozciągającego, osiągana w dolnej części włókna badanej beleczki, określana jest, jako wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu. W próbie tej zniszczenie następuje bezpośrednio pod punktem przyłożenia obciążenia, gdy wyczerpana zostanie właśnie ta wytrzymałość.
- Czy rzeczywiście w pozycji literaturowej [64] Ryka W.: „Słownik petrograficzny” omówiono sposób badania zdolności akumulacyjnej ciepła betonu?
- Liczba elementów próbnych użytych do określenia właściwości materiałów objętych eksperymentem jest zbyt mała, aby uznać ją za reprezentatywną. Liczbę próbek, która w sposób naukowo uzasadniony pozwoli na określenie wartości badanej cechy można wyznaczyć z rozkładu *t-Studenta* i na pewno nie jest to liczba dwóch - w przypadku badania przyczepności zaczynu cementowego do szkliwa i czerepu (str. 60) oraz wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu zaprawy (str. 64), czy też trzech dla wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu. Przecież uzyskane wyniki mogą być przypadkowe. Ponadto każde wyniki badań należy poddać analizie statystycznej celem wykluczenia wyników przypadkowych, dla oceny jednorodności badanych materiałów, czy też rozrzutu uzyskanych wyników oraz ich wiarygodności. Autor dla trzech wyników (np. tabl. 7.2, 7.3, 8.2, 8.4 itd.) przeprowadził, jak to określił „analizę statystyczną” wyznaczając wartość średnią, odchylenie standardowe i wskaźnik zmienności używając przy tym poważnego programu komputerowego

STATISTICA. Ponadto na podstawie wyznaczonych wielkości statystycznych Autor nie wyciąga żadnych spostrzeżeń, więc, w jakim celu zostały one zdefiniowane?

Bardzo mała liczba próbek zaskutkowała również tym, że analiza wyników badań jest skromna i nie pozwala na wyjaśnienie przebiegu zaobserwowanych podczas badań zjawisk, zwłaszcza w aspekcie eliminacji wyników przypadkowych.

Stąd też kolejne w tej kwestii pytania: Na jakiej podstawie Autor określił niezbędną w badaniach ilość próbek?

Czy przyjęta w badaniach liczba próbek zdaniem Autora upoważnia do formułowania tak jednoznacznych wniosków ?

- W załączniku Z5 pojawiają się wyniki, str. 244, pkt. 4, jakby niebędące efektem niniejszych badań. Uwaga wynika z faktu, że Autor tych wyników w części analitycznej pracy nie wykazuje, ponadto określa średnie wartości wytrzymałości badanych betonów, odchylenia standardowe i wskaźniki zmienności z ich pominięciem, a w załączniku Z5 analizę statystyczną wyników badań własnych przeprowadza z ich udziałem. Por. tabl. 7.2, 7.3, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 oraz Z5. Ponadto wnioski formułowane są na podstawie analizy wyników badań zamieszczonych w części analitycznej rozprawy, a nie danych ujętych w załączniku Z5.
- Dlaczego do laboratoryjnej weryfikacji zaprojektowanego składu betonu oraz badań jego wytrzymałości użyto próbki przeznaczone do określania właściwości zapraw i zaczynów cementowych, tj. o wymiarach 40x40x160 mm oraz 40x40x80 mm, a nie kostek o boku 10 mm i beleczek 10x10x500 mm, czyli elementów próbnych stosowanych w badaniu cech betonów drobnokruszywowych ? Przecież takim kompozytem Autor się zajmował.

Ponadto w dysertacji pojawiają się informacje o przeprowadzonych badaniach właściwości betonu o kruszywie żwirowym oraz ceramicznym na próbkach sześciennych o boku 15 cm oraz cylindrycznych o średnicy 100 mm i wysokości 200 mm (str. 63 i 75). Dlaczego tu przyjęto właśnie takie wymiary elementów, co oczywiście uważam za właściwe, a w większości badań wiodących próbki miały wymiary takie, jakie stosuje się w badaniu zapraw i zaczynów cementowych?

Wiadomym jest, że wielkość elementów próbnych wpływa na uzyskiwaną wytrzymałość oraz na zmienność wyników prób. Przecież beton składa się z elementów (składników), których charakterystyki wytrzymałościowe są różne, uzasadnionym jest, więc, że im większa jest objętość betonu poddanego naprężeniu, tym większe jest prawdopodobieństwo, że w jej objętości znajdzie się element o niskiej (skrajnej) wytrzymałości.

Reasumując: Badana wytrzymałość próbek maleje wraz ze wzrostem ich wielkości (tzw. efekt skali). Ponadto wspomniany efekt skali zanika poza pewną wielkością elementu próbnego, a spadek wytrzymałości już nie występuje. Między innymi badania wytrzymałości betonów, w tym i drobnokruszywowych, w funkcji wymiaru próbek przeprowadzili Neville A.M, Rüsç H., Prot M., Blanks R.F. oraz McNamara C.C i doszli do powyższych wniosków.

Należy, więc mieć pełną świadomość, że uzyskane w badaniach własnych wyniki wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu betonu drobnokruszywowego są zawyżone, tym bardziej, że liczba próbek była zbyt mała.

- Jakimi przesłankami oraz zaleceniami normowymi kierował się Autor przyjmując taki, a nie inny cykl wygrzewania próbek w I i II etapie badań? Czy taki cykl wygrzewania próbek stosowany był również przez innych badaczy? , gdyż o źródle jego pochodzenia w pracy nie ma żadnych informacji.
- Bazując na własnych doświadczeniach proponuję, aby w dalszych badaniach skład trudnościeralnych zapraw posadzkowych, zaproponowany w rozdz. 12, str. 108, wzbogacić o włókna stalowe, których użycie znacznie polepszy odporność przedmiotowych zapraw na ścieranie.

6. Podsumowanie

Reasumując punkty recenzji od 2 do 5 stwierdzam, że cel rozprawy został osiągnięty, sformułowane wnioski potwierdzają przyjęte tezy rozprawy. Należy podkreślić, że rozprawa wnosi nowe elementy do technologii betonów specjalnych z kruszywem ceramicznym.

Po zapoznaniu się z pracą doktorską Pana mgr inż. Bartosza Zegardło pod tytułem „Zastosowanie odpadów ceramiki sanitarnej, jako kruszywa do betonów specjalnych” stwierdzam, że opiniowana rozprawa spełnia wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003r., z późniejszymi zmianami, i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

