Gliwice, 25.05.2017r.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska w Gliwicach

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Witolda Jawańskiego „Modelowanie fizyczne betonów hydrotechnicznych z kruszywem gruboziarnistym"

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- pismo Dziekana Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (WIŚ-33/2017) z dnia 10.04.2017r. informujące o powołaniu mnie przez Radę Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Witolda Jawańskiego „Modelowanie fizyczne betonów hydrotechnicznych z kruszywem gruboziarnistym"
- rozprawa doktorska pt.: „Modelowanie fizyczne betonów hydrotechnicznych z kruszywem gruboziarnistym". Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2017.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Za cel zrealizowanej rozprawy doktorskiej, o charakterze doświadczalno-studialnym, autor przyjął zaproponowanie prostej metody modelowania fizycznego betonów hydrotechnicznych z kruszywem gruboziarnistym oraz weryfikację opracowanego modelu w drodze eksperymentu.

Postawiona przez autora teza pracy brzmiała: „ Można zaprojektować szereg betonów o różnych uziarnieniach maksymalnych, z których każdy kolejny powstaje poprzez zastąpienie najgrubszej frakcji kruszywa frakcją od niej bezpośrednio mniejszą i skutecznie prognozować właściwości betonu o uziarnieniu najgrubszym na podstawie właściwości betonów o uziarnieniach drobniejszych".

Autor rozprawy zastrzega, że te stwierdzenia są realne przy założeniach:

- dysponujemy określonym rodzajem spoiwa do betonów hydrotechnicznych,
- stosujemy zgodną z tym spoiwem domieszkę uplastyczniającą lub upłynniającą, a w przypadku betonu napowietrzanego – również domieszkę napowietrzającą,
- dysponujemy kruszywem odpowiednim do betonów hydrotechnicznych, dostępnym w typowych frakcjach handlowych: piaskiem 0/2 mm oraz pochodzącymi z jednego źródła kruszywami frakcji grubych do maksymalnego rozmiaru ziaren 64mm,

- zachowujemy stały stosunek wodno-cementowy w/c i stały skład zaprawy 0/2mm w betonie.

Bardziej szczegółowo, stałe i zmienne elementy modelowania fizycznego betonu z kruszywem gruboziarnistym, zostały podane przez autora na str. 59 i 60 rozprawy.

Zdaniem recenzenta założenia przyjęte przez autora rozprawy są zbliżone są do pojęcia „rodziny betonów" w zapisach normy betonowej PN-EN 206:2014 „ Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność'. W pkt 8.2.1.1wymienionej normy można przeczytać:

„Przy badaniach zgodności rodziny betonów, wybiera się beton referencyjny, którym jest albo beton najczęściej produkowany, albo beton ze środka zakresu klas wytrzymałości rodziny betonów. Ustala się zależności między składem każdego betonu rodziny i betonu referencyjnego, aby możliwe było przeliczanie wyników badań wytrzymałości na ściskanie z każdego pojedynczego wyniku badania betonu na beton referencyjny. Zależności te powinny być sprawdzane na podstawie oryginalnych danych z badań wytrzymałości na ściskanie we wszystkich okresach oceny oraz gdy mają miejsce znaczące zmiany warunków produkcji".

W załączniku K „Rodziny betonów" (informacyjny) normy PN-EN 206:2014 czytamy:

„Przy wyborze rodziny do kontroli produkcji i kontroli zgodności, producent powinien dokonać kontroli wszystkich betonów w rodzinie. W przypadku niewielkiego doświadczenia w stosowaniu koncepcji rodziny betonów, zaleca się w odniesieniu do rodziny betonów stosować:

- *cement tego samego rodzaju, klasy wytrzymałości i pochodzenia;*
- *bardzo podobne kruszywa oraz dodatki typu I;*
- *betony z domieszkami redukującymi wodę/uplastyczniającymi lub bez nich;*
- *pełny zakres klas konsystencji;*
- *betony o ograniczonym zakresie klas wytrzymałości".*

„(5) Przed zastosowaniem koncepcji rodziny lub przed rozszerzeniem rodzin podanych powyżej, zaleca się sprawdzenie zależności na podstawie danych z wcześniejszej produkcji, aby udowodnić, że zapewnią one odpowiednią i skuteczną kontrolę produkcji oraz kontrolę zgodności".

Stwierdzenie takie zostało tez sformułowane przez autora na str. 60-61 rozprawy, że w ramach modelowania fizycznego opracowano 3 rodziny betonów.

Należy stwierdzić, iż postawiony cel modelowania fizycznego w przypadku stosowania w składzie betonu hydrotechnicznego kruszyw gruboziarnistych ma uzasadnienie merytoryczne i praktyczne. Optymalizacja pracochłonności w laboratorium, zwłaszcza przy dużych rozmiarach próbek, jest jak najbardziej wskazana, a wręcz zalecana. Wdrożenie zasad proponowanego modelu fizycznego pozwoli także na oszczędność surowców w pracach laboratoryjnych oraz zwiększenie efektywności ekonomicznej świadczonych usług laboratoryjnych. Będzie także cenną wskazówką w wykonawstwie obiektów hydrotechnicznych, gdzie wymagane i wskazane będzie stosowanie kruszyw o różnej gradacji rozmiaru ziaren kruszywa.

Rozprawa doktorska składa się tradycyjnie z dwóch wydzielonych części: teoretycznej i doświadczalnej. Końcowa część rozprawy zakończona jest podsumowaniem analizy, wnioskami końcowymi i programem badań przyszłościowych. Rozprawę zamyka zestawienie bibliograficzne składające się z zestawienia cytowanej literatury, norm i stron

internetowych (79 pozycji). Cytowana jest literatura krajowa z wyłączeniem pozycji 17 (niemieckie wytyczne dotyczące betonu masywnego).

W części teoretycznej rozprawy autor scharakteryzował beton hydrotechniczny jako beton specjalny, jego podstawowe składniki oraz uregulowania prawne (zdaniem recenzenta głównie uregulowania normalizacyjne w obszarze problematyki związanej z betonem hydrotechnicznym). W tej części rozprawy przedstawiono także podstawowe metody badań betonu hydrotechnicznego oraz doświadczenia krajowe ze stosowania betonu hydrotechnicznego. Zwrócono uwagę na rolę domieszek w kształtowaniu właściwości współczesnego betonu i problemy związane z projektowaniem i wykonawstwem betonu hydrotechnicznego z kruszywem gruboziarnistym. Podsumowaniem części teoretycznej jest wskazanie zalet modelowania fizycznego, jako narzędzia ułatwiającego projektowanie i optymalizację zakresu badań betonu hydrotechnicznego.

Główne uwagi recenzenta w tej części rozprawy dotyczą:

- str. 11 – beton zwykły to nie jest tylko beton wykonany na cemencie portlandzkim CEM I. W składzie betonu zwykłego mogą być wszystkie rodzaje cementów powszechnego użytku spełniające wymagania normy EN 197-1, a w przypadku betonu do konstrukcji masywnych (hydrotechnicznych) można stosować cementy o bardzo niskim cieple hydratacji VLH spełniający normę EN 14216. Można także stosować, pod pewnymi warunkami, cement glinowy spełniający wymagania normy EN 14647, jak i cement supersiarczanowy zgodny z normą EN 15743,
- str. 15 - w normie PN-EN 197-1 nie ma cementu mieszanego CEMV, jest cement wieloskładnikowy CEM V/A,B,
- str. 16 - autor rozprawy nie zauważył możliwość stosowania w składzie betonu hydrotechnicznego cementu spełniającego wymagania normy PN-EN 14216:2005 „Cement. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów specjalnych o bardzo niskim cieple hydratacji" [cement klasy wytrzymałościowej 22,5 VLH (CEMIII÷CEMV) o cieple hydratacji ≤220,0 J/g],
- str.17- tytuł rozdziału 2.2. „Uregulowania prawne w Polsce" nie oddaje jego zawartości merytorycznej która dotyczy uregulowań normalizacyjnych dotyczących betonu hydrotechnicznego,
- str. 19 – norma PN-EN 206 nigdy nie była i nigdy nie będzie normą zharmonizowaną,
- str. 19 – zapisy normy PN-EN 206 nie ograniczają specyfikowania betonu o trwałości powyżej 50 lat, np. w brytyjskiej edycji normy EN 206 są trzy cykle życia: 35lat, 50lat i 65 lat – uzależnione to jest od prężności pracy krajowej organizacji normalizacyjnej i stowarzyszeń technicznych,
- str.19 – stanowisko autora rozprawy w sprawie mrozoodporności jest niezrozumiałe dla recenzenta. Jakie dodatkowe kryteria i uwarunkowania musi spełnić beton mrozoodporny, jeśli te zaproponowane w normie PN-EN 206 są dalece niewystarczające ?,
- str. 19 – w hydrotechnice z zasady ocena cech jakościowych betonu jest dokonywana po 90 dniach,

- str. 20 – autor krytykuje zapisy normy PN-EN 206 odnośnie maksymalnego w/c i minimalnej zawartości cementu i nie czyta jej zapisów bardzo dokładnie, już we wstępie normy jest zapis, iż „w przypadkach, w których nie można było przyjąć takich ogólnych rozwiązań, w odpowiednich rozdziałach zamieszczono pozwolenia na zastosowanie przepisów obowiązujących w miejscu stosowania betonu „. Stąd większość kraju wprowadza swoje uregulowania normalizacyjne bazując na filozofii norm EN 206, i tak np. minimalna zawartość cementu w normie duńskiej wynosi 150kg/m^3.
  Zwiększyć udział zaczynu w składzie mieszanki betonowej można poprzez stosowanie w składzie betonu dodatków typu II. Najbardziej popularnym dodatkiem, w warunkach krajowych, jest popiół lotny spełniający wymagania normy PN-EN 450-1:2012. Może on być stosowany według trzech koncepcji: koncepcji współczynnika „k", równoważnych właściwości betonu (ECPC) lub kombinacji równoważnych właściwości użytkowych (EPCC) z uwzględnieniem rodzaju cementu oraz grubości otuliny zbrojenia (w przypadku betonu zbrojonego). Dodatkowym atutem stosowania dodatków typu II jest obniżenie ciepła hydratacji mieszanego spoiwa cementowo-popiołowego, co w przypadku betonu hydrotechnicznego jest istotne,
- str. 28 – stosowanie próbek sześciennych o innych wymiarach boku niż 15 cm było dopuszczalne i w starych i aktualnych normach (uzupełnienie krajowe do normy PN-EN 206) ,
- str. 29 - określenie głębokości penetracji wody w głąb struktury betonu jest rolą projektanta, który w zależności od warunków pracy konstrukcji definiuje tą wielkość. W niektórych krajach, np. Niemczech, dla betonu wodoszczelnego podano ograniczenia co do składu betonu, zgodnie z filozofią normy EN 206 (minimalna zawartość cementu, maksymalne w/c),
- str. 43 – użycie terminu „wartość" do rozmiaru ziaren kruszywa jest nieodpowiednie, bardziej celowym wydaje się użycie terminu rozmiar, wielkość ziaren,
- str. 48 – w cemencie hutniczym CEM III/A odporność na siarczany oznaczana jest symbolem HSR (norma PN-B 19707), a nie SR (dotyczy cementu hutniczego CEM III/B według PN-EN 197-1:2012),

Zdaniem recenzenta w części teoretycznej brakuje szerszego odwołania się do doświadczeń zagranicznych, zwłaszcza z krajów w których są duże doświadczenia z realizacji obiektów hydrotechnicznych. W szczególności, w zagadnieniach czy problemach, które są krytykowane przez autora rozprawy. Natomiast odwoływanie się do pozycji [17] jako dokumenty krajowego jest nieprawdziwe, ponieważ w Polsce on nie obowiązuje.

Recenzent zwraca także uwagę na jednoznaczne stanowisko autora rozprawy w niektórych kwestiach, zarówno w części teoretycznej, jak i doświadczalnej. Rzeczywistość nie jest tak jednoznaczna i wymaga nie raz interpretacji (spojrzenia) na problem z różnych punktów widzenia. Dotyczy to w szczególności interpretacji zapisów normowych i interpretacji wyników badań.

W części doświadczalnej autor rozprawy opracował (metodą doświadczalną z wykorzystaniem swojego dużego doświadczenia zawodowego) składy mieszanek betonowych dla rodziny 3 betonów, z których każdy beton w danej rodzinie może być traktowany jako model 1 lub 2 rzędu dla pozostałych dwóch betonów.

Modelowanie fizyczne zaproponowanego betonu (rodzin betonów) zostało potwierdzone szerokim zakresem badań w skali laboratoryjnej, zarówno mieszanki betonowej (konsystencja, gęstość, napowietrzenie), jak i stwardniałego betonu (wytrzymałość na ściskanie, wodoszczelność, mrozoodporność). Zaproponowana metodyka badań wynikała z przywiązań do określonej procedury postępowania, jak i specyfiki badań betonu hydrotechnicznego (wodoszczelność, mrozoodporność). Ocena wytrzymałości na ściskanie dokonana została w szerokim przedziale czasowym od 2dni do 91 dni.

Należy podkreślić dużą pracochłonność założonego programu badawczego, w czym recenzent upatruje dużą determinację w osiągnięciu zamierzonego celu. Poszczególne etapy w postępowaniu badawczym są dokładnie opisane i udokumentowane wynikami badań. Analizując treść doświadczalną rozprawy widać bardzo dobre przygotowanie praktyczne autora do realizowanej tematyki, można nawet postawić tezę, iż jest to przedmiot fascynacji zawodowej, a przedstawiona rozprawy jest jej zwieńczeniem.

Wyniki przedstawionej rozprawy mają zdolność aplikacyjną. Zakres badań został tak zaprogramowany, aby uwzględnić aktualne techniki zabudowy betonu, np. przez pompowanie, co przy grubszych ziarnach kruszywa i obniżonym punkcie piaskowym nie jest proste. Wymaga to odpowiednich rozwiązań zarówno po stronie składu mieszanki betonowej, jak i doborze odpowiedniego sprzętu technicznego (pomp).

Jednakże pewne obszary badań w przyszłości, zdaniem recenzenta, muszą być poszerzone. Jest to oczywiście teza dyskusyjna, ale zdaniem recenzenta warta rozważenia. Zbytnio zmniejszona ilość cementu (zwłaszcza cementu hutniczego CEM III o małej zawartości klinkieru portlandzkiego, produkty hydratacji którego odpowiadają za poziom odczynu pH w porach betonu) może być powodem zbyt szybkiej karbonatyzacji betonu (depasywacja stali zbrojeniowej, łuszczenie betonu). O ile beton stale zanurzony w wodzie będzie odporny na ten rodzaj korozji (klasa XC1), to elementy konstrukcji cyklicznie mokre i suche mogą ulegać przyspieszonej korozji (klasa XC4). Także szybkość penetracji jonów chlorkowych w głąb struktury betonu o ograniczonej ilości cementu powinna być potwierdzona badaniami w skali laboratoryjnej (budownictwo morskie).

Prostą drogą do zwiększenia ilości zaczynu, w składzie betonu hydrotechnicznego, jest zastosowanie popiołu lotnego jako dodatku typu II. Będzie to także korzystne rozwiązanie z punktu widzenia termiki i odporności na agresję chemiczną.

W proponowanym modelu (współczynnikach przeliczeniowych) nie uwzględniono wpływu temperatury, np. na efektywność działania domieszek chemicznych uplastyczniających i napowietrzających. W praktyce należy także sprawdzić, jak ciśnieniowy proces pompowania mieszanki betonowej wpływa na zachowanie poziomu i struktury napowietrzenia. W wielu krajach, nawet bardzo rozwiniętych, aby zapewnić trwałość wznoszonych konstrukcji beton zabudowywany jest poprzez podawanie pojemnikami, a nie pompowany.

Odnośnie uzyskanego poziomu wytrzymałości na ściskanie należy być bardziej ostrożnym. Jeśli badania w skali laboratoryjnej potraktować jako proces projektowania

mieszanki betonowej (badania wstępne wg PN-EN 206 – załącznik A) to do kryteriów zgodności wytrzymałości na ściskanie zaleca dodanie się zapasu wytrzymałości co najmniej od 6MPa do 12MPa, w zależności od technologii produkcji (poziomu wyposażenia technicznego węzła betoniarskiego), składników oraz dostępnych informacji dotyczących zmienności. W przypadku betonu recepturowego norma wprost zaleca warunek $f_{cm} \geq f_{ck} + 12$. Recenzent zwraca też uwagę, iż w aktualnej wersji normy brak jest definicji betonu o wysokiej wytrzymałości i betonu wysokowartościowego. W prezentowanej pracy jest zbyt mała ilość wyników badań ukierunkowanych na trwałość, aby tak jednoznacznie używać także przymiotnika „wysokowartościowy".

Całość rozprawy domyka podsumowanie przeprowadzonej analizy i wnioski. O ile podsumowanie analizy jest syntetyczne, to ilość wniosków i spostrzeżeń jest znacząca. Recenzent podziela większość zawartych stwierdzeń. Niektóre z nich są powszechnie znane z praktyki, np. zmniejszenie ilości cementu wraz ze wzrostem rozmiaru ziaren kruszywa, czy konieczność stosowania domieszek chemicznych w składzie współczesnego betony przy w/c <0,5. Fakt ten jest wykorzystywany w wykonawstwie konstrukcji masywnych i posadzek przemysłowych (ograniczenie termiki i skurczu). Podkreślić należy, że przedstawione wnioski końcowe i spostrzeżenia wynikają z uzyskanych wyników badań i doświadczenia zawodowego autora rozprawy. Recenzent jednakże nie rozumie na czym miałoby polegać "dowiązanie" betonów hydrotechnicznych do aktualnej normy na beton zwykły (str. 134 i wniosek 4.5) i prosi o wyjaśnienie tego stwierdzenia w trakcie obrony. Należałoby we wnioskach powtórzyć założenia przy których zostały one wyprowadzone i mogą być zweryfikowane. Recenzent zwraca także uwagę, że beton charakteryzuje się właściwościami fizycznymi i mechanicznymi, a nie parametrami. Należy docenić także zamieszczoną przyszłościową mapę drogową rozwoju badań autora rozprawy.

Podsumowując stwierdzam, że zamieszczone w recenzji uwagi krytyczne i dyskusyjne nie umniejszają pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej. Są one zaproszeniem autora rozprawy do dyskusji, głębszej analizy uzyskanych wyników oraz mogą być wskazówką w dalszym rozwoju naukowym i zawodowym.

Oceniania rozprawa doktorska, w mojej ocenie, stanowi interesujące rozwiązanie problemu badawczo-technicznego. Autor rozprawy posiada odpowiednie przygotowanie teoretyczne i duże doświadczenie zawodowe w realizowanej tematyce, a przedstawiona praca pokazuje także, że umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy badawczej nie jest mu obca.Wyniki badań zamieszczone w ocenianej rozprawie doktorskiej powinne być rozpowszechnione wśród uczestników procesu budowlanego (projektantów, wykonawców) w obszarze betonu hydrotechnicznego i konstrukcji masywnych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Witolda Jawańskiego spełnia ustawowe wymagania określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Witolda Jawańskiego do publicznej obrony przed Komisją Rady Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.