

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



RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Piotra BRZozOWSKIEGO

„Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na właściwości betonów podwodnych w okresie dojrzewania”

promotor: prof. dr hab. inż. Elżbieta HORSZCZARUK.

Spis treści

1. Podstawa formalna recenzji
2. Celowość podjęcia tematu
3. Ogólna charakterystyka pracy
4. Ocena merytoryczna rozprawy
 - 4.1. Prawidłowość tytułu, postawionych celów naukowych i tez rozprawy
 - 4.2. Ocena wartości naukowej rozprawy
5. Uwagi
 - 5.1. Uwagi redakcyjne
 - 5.2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne
6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Koszalin, listopad, 2020 rok

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną recenzji jest pismo nr N/AN/115/2020 z 18 września 2020 r., w którym Prorektor ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Pan prof. dr hab. inż. Jacek Przepiórski informuje, że Senat ZUT na posiedzeniu w dniu 14 września 2020 r. podjął uchwałę nr 171 o powołaniu mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Piotra Brzozowskiego.

2. Celowość podjęcia tematu

Układanie betonu pod wodą w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego jest zagadnieniem stwarzającym szczególne problemy materiałowo – technologiczne. Technologia betonowania z zastosowaniem betonów podwodnych polega na układaniu mieszanki bezpośrednio przez warstwę wody stojącej albo płynącej. Stosowana jest przy budowie konstrukcji hydrotechnicznych, przyczółków mostowych, fundamentów itp., czy naprawie już istniejących obiektów hydrotechnicznych. Z uwagi na obserwowany rozwój budownictwa betonowego, w Polsce betony podwodne stają się coraz bardziej popularne. Jednak ze względu na specyfikę układania i utwardzania właściwości mieszanki betonowej, jak i stwardniałego betonu podwodnego muszą spełniać określone parametry i właściwości, tak aby mieszanka nie wymagała odizolowania od środowiska wodnego, a beton uzyskał wymagane, warunkami użytkowymi konstrukcji, właściwości fizyko-mechaniczne. Mieszanka betonu podwodnego nowej generacji powinna więc cechować się zwiększoną odpornością na wypłukiwanie zaczynu cementowego w czasie betonowania, zapewnić szczelne wypełnienie szalunków, właściwe otulenie prętów zbrojenia, nie ulegać segregacji podczas betonowania pod wodą, a także posiadać zdolność samopoziomowania. Ciśnienie hydrostatyczne wody ma tu duże znaczenie.

Jak zauważył Doktorant, badania wpływu ciśnienia hydrostatycznego na właściwości betonów cementowych są nieliczne, a dostępne wyniki badań nie zawsze są zgodne. Przyczyną na ogół jest różna metodyka badawcza, kształt i wiek badanych próbek, czy też przyjęte warunki technologiczne. Zagadnieniom wpływu ciśnienia hydrostatycznego wody na właściwości betonów (głównie badano wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu czy szybkość przenikania jonów Cl^-) nie poświęcono wielu prac analitycznych i doświadczalnych. Przyczyn należy upatrywać głównie w braku aparatury pozwalającej na symulację rzeczywistych warunków podwodnego betonowania, w warunkach laboratoryjnych. Brak jednoznacznego stanowiska odnośnie wpływu

ciśnienia hydrostatycznego wody na właściwości mieszanek betonowych i stwardniałego betonu wskazuje kierunek dalszych poszukiwań.

Zachęcające wyniki badań wstępnych i studia literaturowe skłoniły Doktoranta i Promotora rozprawy do podjęcia tej tematyki i zaplanowania szerokich badań w tym zakresie. Na tle problemów poruszanych w artykułach i opracowaniach naukowo-badawczych dostrzec można znaczący aspekt poznawczy (wpływu ciśnienia hydrostatycznego wody na właściwości mieszanek i betonów układanych pod wodą) oraz praktyczny (zalecenia odnośnie projektowania mieszanek UWC na różnych głębokościach i przygotowania podłoża do naprawy betonami podwodnymi) podjętego tematu. Wskazuje to na jego wagę, aktualność, a także atrakcyjność. Ponadto problem napraw konstrukcji z betonu nabiera coraz większego znaczenia, tak ze względu na wiek budowli hydrotechnicznych, jak i stale zwiększającą się agresywność chemiczną środowiska zewnętrznego.

Podjęty przez Autora temat rozprawy doktorskiej oceniam bardzo pozytywnie.

3. Ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Brzozowskiego pt.: „*Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na właściwości betonów podwodnych w okresie dojrzewania*”. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Elżbieta Horszczaruk.

Przedmiotowa rozprawa jest opracowaniem o charakterze doświadczalnym, składającym się z 10 rozdziałów. Wraz z wykazem literatury liczy 187 stron. Wykaz literatury obejmuje 190 pozycji, w tym 32 pozycje to normy i akty prawne. Na końcu pracy zamieszczono 6 załączników.

Rozprawa doktorska składa się z części studialnej (rozdz. 2 – 4) będącej przeglądem stanu wiedzy w zakresie przedmiotu pracy oraz części doświadczalnej (rozdz. 5 – 10). Treść rozprawy doktorskiej poprzedzono streszczeniem w języku polskim i angielskim.

Rozdział 1 jest wprowadzeniem do treści rozprawy, w którym Doktorant uzasadnia dlaczego niniejsze zagadnienie stało się przedmiotem Jego badań i analiz. Formułuje problem naukowy i przedstawia trzy tezy.

Rozdział 2 to studia literaturowe na temat kształtowania właściwości betonów podwodnych, podstawowych składników mieszanek układanych pod wodą i stosowanych dodatków i domieszek. Omówiono także metody badań właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu pod kątem prowadzony badań własnych. Ponieważ projektowanie składu mieszanek UWC jest trudniejsze niż betonu zwykłego omówiono wytyczne projektowania składu takich kompozytów w świetle przepisów krajowych oraz zagranicznych.

Rozdział 4 poświęcony jest trwałości betonowych konstrukcji hydrotechnicznych. Omówiono przyczyny uszkodzeń takich obiektów oraz metody ich napraw.

Zagadnienie przyczepności materiałów naprawczych do podłoża betonowego przedstawiono w rozdziale 4.

Stanowisko do badań betonów podwodnych w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego omówiono w rozdziale 5.

W kolejnych rozdziałach od 6 do 9 przedstawiono cele, zakres badań i przyjęte założenia. Przedstawiono charakterystykę użytych materiałów i zaproponowano składy czterech podwodnych betonów, a mianowicie:

B1 – o maksymalnym uziarnieniu kruszywa do 16 mm, jako beton naprawczy do wykonywania dużych reprofilacji elementów betonowych oraz jako beton konstrukcyjny,

B2 – o maksymalnym uziarnieniu kruszywa do 8 mm, jako beton naprawczy do wykonywania niewielkich reprofilacji elementów betonowych,

B3 - o maksymalnym uziarnieniu kruszywa do 8 mm, z dodatkiem włókien polipropylenowych, jako beton naprawczy do wykonywania drobnych napraw konstrukcyjnych elementów betonowych,

B4 - o maksymalnym uziarnieniu kruszywa do 8 mm, modyfikowany dyspersją kopolimeru styrenowo - akrylowego, jako beton naprawczy do wykonywania drobnych napraw konstrukcyjnych elementów betonowych.

Eksperymentem objęto wybrane właściwości mieszanek betonowych (konsystencja, płynność i prędkość płynięcia mieszanki, lepkość, stopień wypłukania mieszanki) oraz podstawowe właściwości stwardniałych betonów podwodnych (wytrzymałość na ściskanie, na rozciąganie przy rozłupywaniu, przyczepność do pionowych i poziomych powierzchni betonowych). Powierzchnie betonowe przeznaczone do naprawy przygotowano trzema metodami: niskociśnieniową, poprzez ręczne skucie młotem pneumatycznym, chociaż trudno jest mi wyobrazić pracę młota pneumatycznego na powierzchni próbki o średnicy ok. 30 cm (do tej kwestii odniosę się w pkt. 5 recenzji) oraz metodą piaskowania. Różne przygotowanie tego samego podłoża pozwoliło na ocenę wpływu stopnia uszorstnienia i stanu podłoża na przyczepność betonów podwodnych w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego. Na podstawie szerokich badań dokonano oceny wpływu ciśnienia hydrostatycznego o wartościach od 0,1 do 0,5 MPa na właściwości czterech różnych betonów podwodnych w okresie dojrzewania. Przeprowadzono także analizy struktury matrycy cementowej w badanych złączach pionowych i poziomych. Wyniki badań poddano analizie i sformułowano wnioski szczegółowe.

Wnioski końcowe, będące potwierdzeniem tez rozprawy doktorskiej, zawarto w rozdziale 10, w odniesieniu do:

- wpływu ciśnienia hydrostatycznego na właściwości fizyko-mechaniczne warstw przypowierzchniowych betonu, w trakcie układania betonu pod wodą (4 wnioski),
- wpływu ciśnienia hydrostatycznego na wielkość i strukturę porów powietrznych w betonie (2 wnioski),
- wpływu ciśnienia hydrostatycznego na przyczepność warstw naprawczych do podłoża (7 wniosków),
- wpływu modyfikacji składu betonu UWC na jego właściwości w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego (2 wnioski).

Z uwagi na obszerność problematyki podjętej przez Doktoranta rozprawa ta nie obejmuje wszystkich kwestii. Autor dostrzegając niedostatki podaje, w rozdziale 10, dalsze kierunki badań.

Rozprawę doktorską zakończono wykazem literatury. Do pracy dołączono 6 załączników, w których zamieszczono szczegółowe wyniki badań własnych.

Podsumowując rozdział recenzji dotyczący *Ogólnej charakterystyki pracy* stwierdzam, że treść jest zgodna z tytułem. Tytuł rozprawy jest aktualny i interesujący, tak z poznawczego, jak i praktycznego punktu. Przyjęty układ pracy uważam za logiczny oraz właściwy, typowy dla prac o charakterze badawczym, a mianowicie: wprowadzenie w tematykę pracy, sformułowanie problemu naukowego i postawienie tez, studia literaturowe w zakresie przedmiotu pracy, zaplanowanie eksperymentu i materiałów do badań, stanowisko badawcze, wyniki i ich analiza, wnioski końcowe. Jednakże niektóre treści rozprawy powinny ulec uporządkowaniu. Do tej kwestii odniosę się w pkt. 5 recenzji. Rozprawę doktorską zilustrowano dużą liczbą rysunków i tabel. Na podkreślenie zasługuje staranność oraz czytelność wykonanych rysunków i wykresów. Cytowana literatura jest obszerna, zarówno ta dawniejsza, jak i współczesna. Przeprowadzone badania eksperymentalne i analiza wyników badań własnych są o cechach poznawczych i aplikacyjnych.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Prawdliwość tytułu, postawionych celów naukowych i tez rozprawy

Uważam, że tytuł rozprawy doktorskiej jest zbyt szeroki i należałoby go ograniczyć do wybranych właściwości. Moim zdaniem powinien brzmieć: *Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na wybrane właściwości betonów podwodnych w okresie dojrzewania*. Przecież ocenie poddano wpływ ciśnienia hydrostatycznego na wytrzymałość na ściskanie

i rozciąganie przez rozłupywanie naprawczych betonów układanych pod wodą oraz ich przyczepność normalną. Jest szereg innych cech, wynikających z wymagań podstawowych i dodatkowych stawianych materiałom stosowanym do napraw betonu, jak np.: moduł sprężystości, odkształcenie graniczne, na których kształtowanie może mieć wpływ ciśnienie hydrostatyczne wody. A co z wpływem pełzania na współpracę układu: podwodny beton naprawczy – podłoże? Może takie badania zrealizuje Doktorant w przyszłości?

Autor wiedząc, z przeprowadzonych rozległych studiów literaturowych oraz badań wstępnych, jak bardzo ważną rolę odgrywa ciśnienie hydrostatyczne w kształtowaniu wytrzymałości i przyczepności kompozytów układanych pod wodą, za cele swojej pracy przyjął:

1. Określenie wpływu ciśnienia hydrostatycznego o wartościach od 0,1 do 0,5 MPa na wytrzymałość na ścislenie i rozciąganie przy rozłupywaniu betonu podwodnego po i 28 dniach dojrzewania oraz przyczepność betonu do podłoża.
2. Ocenę zmian w strukturze warstwy przypowierzchniowej i warstw wewnętrznych betonów naprawczych poddanych ciśnieniu hydrostatycznemu oraz ustalenie wpływu tego ciśnienia na przyczepność podwodnych betonów do podłoża.
3. Ocenę wpływu modyfikacji włóknami polipropylenowymi oraz dyspersją polimerową składu betonu naprawczego na właściwości mieszanek i stwardniałych betonów poddanych działaniu ciśnienia hydrostatycznego

Po przestudiowaniu rozprawy doktorskiej stwierdzam, że cele naukowe dysertacji zostały sformułowane poprawnie, są zasadne i oryginalne. Sposób realizacji postawionych zadań uważam za naukowy oraz prowadzący do pozytywnego ich osiągnięcia. Autor konsekwentnie je realizuje, udowadniając tym samym postawione tezy rozprawy, a mianowicie:

1. Oddziaływanie ciśnienia hydrostatycznego w trakcie układania betonu pod wodą może mieć wpływ na właściwości fizyko-mechaniczne warstw przypowierzchniowych betonu, szczególnie w początkowym okresie jego dojrzewania.
2. Ciśnienie hydrostatyczne wody może mieć istotny wpływ na wielkość i strukturę porów powietrznych, szczególnie tych tworzących się w warstwie przypowierzchniowej betonu.
3. Wartość ciśnienia hydrostatycznego, w przypadku układania warstw naprawczych, może mieć istotny wpływ na przyczepność tych warstw do podłoża.

4.2. Ocena wartości naukowej rozprawy

Autor wykonał wartościowe badania, które należycie opisał i udokumentował licznymi rysunkami i tablicami. Przeprowadzone badania eksperymentalne i analiza uzyskanych wyników są o cechach poznawczych i aplikacyjnych, na co wskazują sformułowane wnioski szczegółowe znajdujące się w poszczególnych rozdziałach części eksperymentalnej, jak i wnioski końcowe. Stwierdzam, że badania doświadczalne zostały zaplanowane właściwie, co pozwoliło na osiągnięcie założonych celów naukowych, a tym samym udowodnienie tez rozprawy. Wnioski sformułowane w pracy, w mojej ocenie, są poprawne. Należy podkreślić, że badania wpływu ciśnienia hydrostatycznego na właściwości kompozytów układanych pod wodą z uwagi na brak specjalistycznych komór umożliwiających symulację takich warunków są nieliczne. W badaniach własnych Doktorant wykorzystał specjalną komorę ciśnieniową o regulowanym zakresie ciśnienia od 0,1 do 0,5 MPa. Komora ta umożliwia symulację warunków układania i dojrzewania mieszanek betonowych pod zadaniem ciśnienia hydrostatycznego. W laboratorium Doktorant mógł więc symulować warunki betonu dojrzewającego na głębokości 50 m. W analizie struktury matrycy cementowej w złączach pionowych, których był autorem, i poziomych wykorzystał skaningową mikroskopię elektronową. W opracowaniu wyników badań posłużył się programem STATISTICA. Dobór norm, metod i stanowisk badawczych oraz narzędzi wspomagających przeprowadzenie badań, analizę, a także opracowanie wyników oceniam pozytywnie.

Podsumowując stwierdzam, że Doktorant wniósł istotny wkład w rozwiązanie postawionego zagadnienia, wykazując istotny wpływ ciśnienia hydrostatycznego na takie właściwości betonów podwodnych, jak: wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przez rozłupywanie oraz przyczepność normalną. Wykazał, że ciśnienie hydrostatyczne ma korzystny i największy wpływ na wytrzymałość w początkowym okresie dojrzewania betonu. Natomiast już wzrost wytrzymałości 28 dniowej jest znikomy. Udowodnił także, że ciśnienie hydrostatyczne wody ma znaczący wpływ na wielkość i strukturę porów powietrznych, szczególnie tych w warstwie przypowierzchniowej. Uzyskane wyniki obszernych badań betonów podwodnych nie potwierdziły hipotezy o negatywnym wpływie ciśnienia hydrostatycznego wody na wytrzymałość betonów cementowych, postawionej w wyniku badań prowadzonych w drugiej połowie XX w.

Opiniowana dysertacja dowodzi, że Doktorant wykazał się umiejętnością formowania problemu naukowego, planowania oraz przeprowadzania eksperymentu przy użyciu tradycyjnych i nowoczesnych technik badawczych, opracowania wyników badań, formułowania wniosków na podstawie analizy wyników, a także studiów literaturowych. Wnioski końcowe zostały sformułowane poprawnie i są potwierdzeniem zrealizowanego

celu naukowego. Przeprowadzone badania eksperymentalne i analiza wyników badań własnych są o cechach poznawczych i przydatnych do zastosowania.

5. Uwagi

Podczas czytania i analizowania treści rozprawy, nasunęły mi się uwagi redakcyjne, krytyczne i dyskusyjne. Uwagi przedstawione poniżej nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej pozytywnej oceny rozprawy. Są one o charakterze dyskusyjnym, ale też i porządkowym. Najważniejsze z uwag przedstawiam poniżej w takiej kolejności, w jakiej nasunęły mi się podczas studiowania rozprawy.

5.1. Uwagi redakcyjne

1. Studiując rozprawę odczuwa się brak wykazu podstawowych symboli i oznaczeń.
2. Analizując wyniki eksperymentu Doktorant używa niewłaściwych sformułowań, a mianowicie: np. „*wyższe wytrzymałości próbek ...*”, zamiast większe wytrzymałości próbek, „*niższe wartości ...*”, zamiast mniejsze wartości, „*próbki świadki*” zamiast próbki kontrolne.
Nagminny brak interpunkcji. Nie ma strony tekstu w rozprawie, aby nie brakowało znaków przestankowych uzupełniających zapis literowy tekstu.
3. Doktorant dokonał podziału podwodnych betonów, użytych w badaniach, na konstrukcyjne i naprawcze. Badania własne dzieli na trzy części – str. 7 rozprawy. Celem badań własnych, zdefiniowanym dla części pierwszej, jest ocena wpływu ciśnienia hydrostatycznego na wybrane właściwości podwodnych betonów konstrukcyjnych. Z przeprowadzonych badań i ich rezultatów ujętych w części doświadczalnej dysertacji wynika, że takie badania wykonano dla wszystkich betonów objętych eksperymentem, tzn.: serie B1, B2, B3 i B4, przy czym beton serii B1 zakwalifikowano, jako naprawczy, a także jako konstrukcyjny. Kompozyty serii B2, B3 i B4 natomiast przyporządkowano do grupy betonów naprawczych. Skoro tak, to przedmiotem badań własnych w części pierwszej powinny być również betony naprawcze. Jakie kryteria przyjął Doktorant dokonując podziału objętych badaniami betonów podwodnych na konstrukcyjne i naprawcze ? Proszę również o wskazanie, w świetle badań własnych, zasadności i celowości przyjęcia takiego podziału.
4. Str. 21, w wykazie literatury nie występuje pozycja [LX].
5. Str. 82, rozdz. 6.2.3. Domieszki do betonów.
Autor informuje, że przebadano cztery różne domieszki chemiczne (nie podając jakie) do wykonywania betonu podwodnego. Na podstawie uzyskanych rezultatów z badań wybrano jedną domieszkę o najkorzystniejszych właściwościach, a mianowicie:

domieszkę na bazie kopolimeru styrenowo-akrylowego. Z uwagi na duże znaczenie poznawcze i praktyczne podzielenie się wynikami tych badań z podaniem, jakie domieszki Autor nie zaleca stosować do wykonania betonów podwodnych z uwagi na zapewnienie wysokiej szczelności stwardniałego betonu, a także zwiększenie jego odporność na wypłukanie byłoby pożądane.

5. Str. 121, tabl. 9.4 - wynik 10, 11 i 15 licząc od góry. Z analizy wyników zamieszczonych w niniejszej tablicy wynika, że dla 3 przypadków uzyskano 101% udział typów zniszczeń na 100 możliwych.
6. Str. 126, 3w. od dołu. Cyt.: „*Parametry charakteryzujące wykonaną obróbkę powierzchni podkładów przedstawiono w tabl. 9.5 ...* „ - powinno być - w tabl. 9.6.
7. W rozprawie doktorskiej występują powtórzenia, dlatego też należałoby uporządkować jej treść. I tak dla przykładu: w rozdziale 6.2.4 *Skład badanych betonów* omówiono i przedstawiono w tabl. 6.4 zaprojektowane składy czterech betonów podwodnych. Zbędnym jest więc omawianie tych składów w kolejnych rozdziałach, np. rozdział 6.1, 7.2, 8.2, 9.1.1 oraz 9.2.2. Ponadto z tabl. 9.1, str. 115, czytelnik dowiadyuje się, że beton serii B2, który użyto w badaniu przyczepności w złączach poziomych, zawiera większą ilość superplastyfikatora Woerment FM 633 (13,9 kg/m³) niż wynika to z wcześniej przedstawionego składu betonu B2 (por. tabl. 6.4, str. 83 – ilość superplastyfikatora 12 kg/m³). Czy jest to błąd edytorski, czy zmieniono w trakcie badań skład betonu serii B2, a tym samym jego właściwości? Ponadto badania wytrzymałości betonów podwodnych omawiane są w rozdz. 6.4, kolejno w rozdz. 7, rozdz. 8, a nawet, jako badania uzupełniające, w rozdz. 9.3. Prawie w każdym z tych rozdziałów występuje podrozdział: Celi i zakres badań; Przyjęte założenia i metody badań; Skład betonów podwodnych. Powielane treści należałoby pogrupować, np. następująco:
 - Program i zakres badań (tu dokonać podziału badań na wiodące i uzupełniające z podaniem liczby próbek, terminu badania, rodzaju badania, itp., przedstawić charakterystyki użytych materiałów z podaniem składów betonów podwodnych, omówić warunki wykonania i pielęgnacji elementów próbnych).
 - Metodyka badań i stanowiska badawcze.
 - Wyniki badań i ich analiza (z podziałem na podrozdziały przyporządkowane badanym cechom).
8. Str. 151, 2w. od dołu. Sformułowanie: „*Różnice pomiędzy próbkami pobranymi z ...* „, powinno brzmieć „*Różnice między wynikami uzyskanymi na próbkach pobranych z ...*”. W tym przypadku Doktorant analizie poddaje wyniki badań uzyskane na próbkach, a nie analizuje pobrane próbki.

5.2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

1. Str. 81, Tabl. 6.1 Właściwości chemiczne cementu CEM I 42,5N – HSR/NA.
Autor w niniejszej tablicy przedstawił procentową zawartość składników chemicznych cementu CEM I 42,5N – HSR/NA, a nie jego właściwości chemiczne. Są to tlenki pierwiastków: Ca, Si, Mg, Al, Fe, S, Na, K, które to dla uproszczenia nazywa się składnikami chemicznymi.
2. W analizie wyników badań zabrakło mi parametrów statystycznych, takich jak: wskaźnik zmienności, przedział ufności czy odchylenie standardowe badanych cech betonów podwodnych. Autor podaje tylko wartość średnią z pomiarów. Ponadto analizując wyniki badań porównuje ze sobą średnie wartości cech badanych betonów stwierdzając, między innymi, że różnice między wartościami średnimi są np. „znacznie mniejsze od ...”, bądź „nieznacznie większe ...”, podawane są także różnice w wartościach średnich np. ok 3%, itp. Stąd pojawiają się moje wątpliwości w odniesieniu do interpretacji wyników badań. Czy zaobserwowane niewielkie różnice między wartościami średnimi nie zawierają się w granicach błędu pomiaru? Czy dokonano oceny rozbieżności średnich wartości pochodzących z różnych prób, np. przy użyciu t-Studenta. Pozwoliłoby to na stwierdzenie czy różnice pomiędzy rozpatrywanymi wartościami średnimi cech można uznać za istotne lub nieistotne.
3. Dlaczego zdecydowano się aby powierzchnię podkładów betonowych do badania przyczepności betonów podwodnych przygotować m. inn. poprzez cyt.: „*kucie ręczne młotem pneumatycznym*”, chociaż trudno sobie wyobrazić pracę młota pneumatycznego na powierzchni próbki o średnicy ok. 30 cm. Może Autor miał na myśli dłuto pneumatyczne? Ponadto należy nadmienić, że do przygotowania powierzchni betonowej, przeznaczonej do naprawy, nie zaleca się używania młotów pneumatycznych czy innych urządzeń udarowych z uwagi na możliwość uszkodzenia elementu betonowego poprzez wywołanie pęknięć i mikropęknięć osłabiających podłoże. Użycie urządzeń udarowych jest zasadne w przypadku prowadzenia lekkich prac wyburzeniowych, skuwania np. wylewek, posadzek bądź wówczas gdy wymagane jest punktowe usunięcie uszkodzonych obszarów ale nigdy do uszorstnienia powierzchni betonowej pod jej naprawę. Z doświadczenia wiem, że najlepszą metodą jest obróbka strumieniowo-cierna, a przygotowana tak powierzchnia stanowi kraterowy krajobraz głębokich porów i kapilar. Metoda ta odgrywa też ważną rolę w naprawie mikropęknięć spowodowanych metodami udarowymi. Uszkodzenia struktury betonu po użyciu młota pneumatycznego Autor zaobserwował w swoich badaniach i opisał je w rozdz. 9.4. pt. *Analiza struktury matrycy cementowej w badanych złączach* oraz

- przedstawił na rys. 9.31. Na osłabienie podłoża betonowego wskazują również wyniki badań przyczepności zamieszczone w tabl. 9.4. Największy udział procentowy w modelu zniszczenia, przy użyciu młota pneumatycznego, miał charakter zniszczenia kohezyjnego podłoża betonowego. Reasumując uważam, że zastosowanie obróbki strumieniowo-ciernej dałoby najlepsze efekty w zapewnieniu przyczepności normalnej.
4. Str. 174, 3w. od dołu. Na jakiej podstawie Autor formułuje wniosek, że: cyt., ... *najbardziej stabilną metodą przygotowania podłoża w aspekcie współpracy materiał naprawczy – podłoże okazała się metoda skuwania młotkiem pneumatycznym ...*” zwłaszcza w aspekcie powstających podczas obróbki powierzchni mikropęknięć i pęknięć, których zasięg i obszar wystąpienia są nieprzewidywalne.
 5. Str. 128, tabl. 9.6. Co Doktorant rozumie pod pojęciem „*powierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie podkładów betonowych*” ? Jest wytrzymałość na osiowe rozciąganie, wytrzymałość na rozciąganie przez rozłupywanie, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu. Ponadto wartość tej wytrzymałości Autor uzależnia od sposobu obróbki powierzchni.
 6. Na rys. 9.4 Autor przedstawił zależność wartości naprężeń przyczepności, a nie jak podał na str. 121, wartości sił przyczepności.
 7. W ramach badań wstępnych określono wpływ cementów: CEM I 42,5 R, CEM I 42,5 N-HSR/NA oraz CEM III/A 42,5 N-HSR/NA na wybrane właściwości mechaniczno-fizyczne betonów podwodnych. Szkoda, że wyniki tych badań, które zamieszczono w materiałach konferencyjnych poz. [19] wg wykazu literatury, nie zostały zamieszczone w załączniku do niniejszej rozprawy. Na podstawie tych badań Autor dokonał przecież wyboru rodzaju cementu do badań podstawowych. Trudno jest też się odnieść do tych badań.
 8. Rozdział 9, tabl. 9.4, tabl. 9.7 – tylko wyniki dla ciśnienia 0,5MPa, tabl. 9.8, 9.10, 9.12, 9.14 i tabl. 9.15 – tylko wyniki dla podłoża piaskowanego oraz rysunki sporządzone na podstawie wyników badań zawartych w tych tabelach.
- W wymienionych powyżej tabelach podano średnie wartości przyczepności normalnej podwodnych betonów naprawczych do podłoża betonowego, które obliczono na podstawie wyników uzyskanych dla różnych modeli zniszczenia układu: podłoże betonowe – beton naprawczy, tj. zniszczenia adhezyjnego, kohezyjnego betonu podłoża, czy kohezyjnego betonu naprawczego. Tak obliczona wartość średnia cechy nie odpowiada ani przyczepności normalnej zespolonych materiałów, ani wytrzymałości na rozciąganie w warunkach odrywania tych materiałów. Przy zniszczeniu adhezyjnym układu można wprost wyznaczyć wartość przyczepności normalnej. Przy zniszczeniu kohezyjnym układu: podłoże betonowe – materiał

naprawczy trudno jest określić konkretną jej wartość. Wówczas definiuje się, że przyczepność normalna materiału naprawczego do podłoża betonowego jest większa niż wytrzymałość na rozciąganie w warunkach odrywania materiału, w którym wystąpiło zniszczenie. Skoro uzyskano zniszczenie kohezyjne np. w betonie, przyczepność materiału naprawczego do podłoża betonowego jest większa niż wytrzymałość betonu w warunkach odrywania.

9. W rozdz. 9.5. Doktorant dokonał analizy wpływu przygotowania podłoża betonowego na przyczepność normalną podwodnych betonów naprawczych w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego, a na str. 170 stwierdził, że w przypadku betonu serii B2 i B3 należy przeprowadzić dodatkowe badania celem dokładniejszej analizy uzyskanych funkcji (przyczepność – ciśnienie hydrostatyczne). Uważam, że należałoby na tym etapie rozważyć czy wartości przyczepności normalnej wyznaczone, jako wartość średnia z wyników uzyskanych na skutek zniszczenia kohezyjnego i adhezyjnego nie wpływają na przebieg uzyskanych równań regresji. Rozpatrywana w rozprawie doktorskiej przyczepność normalna, jako wartość średnia ze wszystkich pomiarów dla danego ciśnienia i rodzaju obróbki podłoża może być, w zależności od wytrzymałości zespolonych betonów, zawyżona albo zaniżona w stosunku do rzeczywistej wartości naprężeń przyczepności.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Autor zaplanował obszerny program badań stawiając przed sobą do realizacji trzy ambitne cele naukowe. Konsekwentnie je realizuje, udowadniając tym samym postawione trzy tezy. Analiza wpływu ciśnienia hydrostatycznego na wybrane właściwości mieszanek betonowych i stwardniałego betonu układanego pod wodą wykazała istotny wpływ ciśnienia hydrostatycznego na takie właściwości betonów podwodnych, jak: wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przez rozłupywanie oraz przyczepność normalną. Doktorant udowodnił także, że ciśnienie hydrostatyczne wody ma znaczący wpływ na wielkość oraz strukturę porów powietrznych, szczególnie tych w warstwie przypowierzchniowej. Są to główne osiągnięcia naukowe Doktoranta.

W mojej opinii niniejsza dysertacja wnosi w przedmiotowym temacie znaczny wkład w rozwój wiedzy w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych, mając znaczenie naukowe i praktyczne. Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego, a Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną z zakresu inżynierii materiałów budowlanych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa i Transport, a także umiejętnościami samodzielnego planowania i prowadzenia pracy naukowej. Uważam ponadto, że tematyka niniejszej dysertacji jest przyczynkiem do

podjęcia w przyszłości przez Autora próby opracowania wytycznych w zakresie projektowania mieszanek UWC w warunkach betonowania elementów konstrukcji hydrotechnicznych na różnych głębokościach.

Po zapoznaniu się z pracą doktorską Pana mgr inż. Piotra BRZOZOWSKIEGO „*Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na właściwości betonów podwodnych w okresie dojrzewania*” stwierdzam, że opiniowana rozprawa spełnia wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r., z późniejszymi zmianami, stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Wicystawa Grodkowska