

Katedra Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli

Wydział Budownictwa

Politechnika Śląska

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. :

„KSZTAŁTOWANIE ODPORNOŚCI BETONU NA DZIAŁANIE MROZU WE WCZESNEJ FAZIE DOJRZEWANIA”

Promotor: Prof. dr hab. inż. Jacek Gołaszewski

Duża ilość realizacji budowlanych jest prowadzona w okresie jesienno-zimowym. Wraz z nimi rośnie gwałtownie ryzyko wad i awarii wykonywanych elementów konstrukcyjnych z betonu lub całych obiektów budowlanych nie tylko zaraz po wybudowaniu, ale także w fazie eksploatacji obiektu. Problem potęguje złożoność obecnej technologii betonu, rozumienie pewnych faktów związanych z zastosowaniem materiału, strony technicznej wraz z warunkami kontraktowymi obowiązującymi inwestorów i wykonawców robót. Nie rzadko dochodzi do sprzeczności technicznych i formalno-prawnych, co przekłada się bezwzględnie na stronę finansową i ekonomiczną całego przedsięwzięcia. Zagadnienie oddziaływania mrozu na beton poruszano i opisano już w latach 50-tych, 70-tych, 90-tych ubiegłego wieku. Pomimo wymiernego wkładu w badania, ówczesnej technologii produkcji betonu i technik pomiarowych niewiele jest nowych publikacji rozwijających tę tematykę z uwzględnieniem postępu technologicznego. Analiza literatury, norm, instrukcji technicznych przeprowadzona w pracy wskazuje, że kwestie te raczej dotyczą pielęgnacji betonu. Wskazywane są zalecenia zapobiegania destrukcji wywołanej przemrożeniem elementów, natomiast brak konkretnych, jednoznacznych informacji i metod badawczych. W aktualnych normach zalecenia odnoszą się tylko do ochrony przed jednokrotnym zamrożeniem i tylko w odniesieniu do uzyskanej minimalnej wytrzymałości 3,5MPa (ASTM) lub 5MPa (kraje EU). Wykonanie betonu odpornego na mróz stanowi kompleksowe działanie obejmujące przede wszystkim dobór składu i składników, technologię wykonania, metody badań adekwatne do potrzeb w tym badania in situ, uwzględnienie wykonawstwa, czyli zabezpieczeń zimowych, ich funkcji i skutków oraz kwestie formalno-prawne.

W pracy podejmowane jest zagadnienie odporności betonu na działanie mrozu we wczesnej fazie dojrzwania. Celem pracy było określenie wpływu przemrożenia betonu na wytrzymałość, wodoprzepuszczalność i nasiąkliwość, oceny efektów stosowania modyfikacji składu betonu

w przypadku jednokrotnego i wielokrotnego zamrożenia. Ponadto analizowane były warunki klimatyczne i ryzyko wystąpienia przemrożenia we wstępnej fazie dojrzewania. Dodatkowo przeprowadzono analizę wybranych funkcji dojrzewania oraz przydatność pomiarów ultradźwiękowych do oceny betonu przemrażanego. W pracy zaproponowano również definicję przemrożenia betonu, jak dotąd nie określoną w żadnym dokumencie.

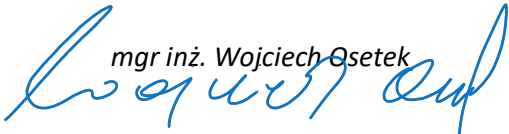
Zakres pracy obejmuje analizę literatury oraz badania własne laboratoryjne i polowe z podziałem na wstępne i zasadnicze. W części wstępnej przeprowadzono analizę klimatyczną i zasadność wyboru amplitud temperatur, analizę receptur betonów i opracowanie składu betonu do badań, określenie wpływu domieszek w szczególności przydatności wybranych domieszek przyspieszających wiązanie i wykorzystania mikrosfer polimerowych oraz efekty bezpośredniego wystawienia betonu na działanie mrozu. W części zasadniczej wybrano modyfikacje betonów i zbadano efekty tych modyfikacji, przede wszystkim wytrzymałość, wodoprzepuszczalność i nasiąkliwość. Przeprowadzono monitoring temperaturowy próbek zamrażanych. Dodatkowo przeprowadzono pomiary ultradźwiękowe i dokonano możliwości oceny przemrożonych betonów na podstawie proponowanej funkcji eksponencjalnej.

Stwierdzono, że w sezonie jesienno-zimowym występują bardzo częste amplitudy temperatur w granicach $+5^{\circ}\text{C} / -5^{\circ}\text{C}$, przy czym rozpiętość ta może sięgać nawet do $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Ostatnie obserwacje zmian klimatycznych wykazują tendencję wzrostu amplitudy. Częstość występowania takich wahań nierzadko przekracza 1 raz w tygodniu, stąd ryzyko kilkukrotnego zamrażania i rozmarzania w ciągu jednego tygodnia jest jak najbardziej realne. Rozważono także kombinację temperatur, w których beton jest bezpośrednio wystawiony na działanie ujemnej temperatury ($-5^{\circ}\text{C} / +5^{\circ}\text{C}$) a także warunki, w których beton ma możliwość dojrzewania przez 12 godzin ($+5^{\circ}\text{C} / +5^{\circ}\text{C}$) w różnych cyklach 1, 3 i 7-krotnym. Zweryfikowano składniki używane przy produkcji betonu i informacje producentów szeroko rozumianej chemii budowlanej, w szczególności domieszek przyspieszających wiązanie i twardnienie. Badania wstępne ukazały, że przy dozowaniu zalecanym przez producentów i przyjętych zakresach temperaturowych beton z trudem uzyskuje wytrzymałość 5MPa, podawaną w literaturze jako zalecenie dla zabezpieczenia młodego betonu. Podjęto również dyskusję nomenklatury i definicji, która nierzadko może wprowadzać w błąd uczestników procesu budowlanego oraz nadzór budowlany. Rozważono zastosowanie napowietrzenia tradycyjnego oraz mikrosfer polimerowych jako możliwy czynnik ograniczający destrukcję mrozową młodego betonu.

Po przeprowadzonych badaniach zasadniczych ustalono, że przemrażane betony cechuje wysoka lub bardzo wysoka wodoprzepuszczalność, pomimo dość wysokich wytrzymałości końcowych betonu. Spadki wytrzymałości betonów przemrożonych są zależne od ich modyfikacji a betony przemrożone

niekoniecznie muszą je wykazać. Zastosowanie mikrosfer polimerowych w szczególności rozwiązuje problematykę interakcji wielu domieszek chemicznych dla betonów SCC. Mikrosfery przyczyniły się do poprawy odporności betonu na działanie mrozu, choć poprawa ta nie jest ewidentna we wszystkich badanych seriach. Wykorzystanie cementu siarczano-glinowego, o szybkim przyroście wytrzymałości jako zamiennik części cementu portlandzkiego, niekoniecznie musi prowadzić do poprawy odporności betonu i przyrostu wytrzymałości w czasie. Beton z dodatkiem cementu siarczano-glinowego wykazał najmniejszą odporność w stosunku do betonu referencyjnego. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono szeroką i zaawansowaną analizę statystyczną wraz z wnioskowaniem przy użyciu programu Statistica i Excel. Analizy ANOVA, regresji wielorakiej i kowariancji nie zawsze wykazały istotność statystyczną badanych czynników w szczególności oczekiwanej temperatury mrożenia i ilości cykli niemniej jednak uzupełniają poważną lukę w obecnej literaturze oraz normach, pozwalając na prognozowanie właściwości betonu przemrożonego.

Słowa kluczowe: mróz, mrozoodporność wczesna, pielęgnacja betonu, działanie mrozu.


mgr inż. Wojciech Osetek