

dr inż. Grzegorz Bajorek*

Rola domieszek w betonowaniu zimowym

The role of concrete admixtures in wintertime works

O kres zimowy to trudny czas do prowadzenia robót betonowych. Obniżone temperatury wydłużają procesy chemiczne wiązania spoiwa, a w efekcie czas niezbędny do osiągnięcia przez beton oczekiwanych parametrów (zwłaszcza wytrzymałości) w poszczególnych etapach technologicznych, jak np. wykończenie powierzchni (np. zacieranie), rozformowywanie, usuwanie podpór deskowań i rusztowań, obciążenie konstrukcji, ekspozycja na docelowe oddziaływanie środowiska. Może to w konsekwencji prowadzić do poważnych opóźnień w realizacji obiektu. Jeszcze większe zagrożenia pojawiają się, gdy roboty betonowe prowadzone są podczas mrozu, ponieważ są to procesy mokre. Zamarzająca woda stanowiąca element struktury betonu jest przyczyną poważnych uszkodzeń, a nawet całkowitej jego destrukcji. Często pierwszą deską ratunku w takich sytuacjach jest stosowanie tzw. domieszek przeciwmrozowych. Niestety jest to jedynie czynnik zapobiegawczy, który może okazać się zgubny [1, 2, 3]. Warto więc odpowiedzieć na pytanie: czy domieszki mogą stanowić skuteczną ochronę w robotach betonowych w okresie zimowym?

Charakterystyka domieszek przeciwmrozowych

Stosowanie określenia *przeciwmrozowe* w nazwie domieszek nie ma obecnie formalnego uzasadnienia, gdyż w aktualnej systematyce wprowadzonej normą PN-EN 934-2 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietywanie* takie domieszki nie są zdefiniowane. Nazewnictwo to funkcjonuje w piśmiennictwie technicznym,

a także w poprzedniej wersji Polskiej Normy PN-85/B-23010 *Domieszki do betonu. Klasyfikacja i określenia*. Domieszkami przeciwmrozowymi mogą być domieszki sklasyfikowane wg normy PN-EN 934-2 jako przyspieszające wiązanie, przyspieszające twardnienie, redukujące lub silnie redukujące wodę zarobową oraz napowietrzające.

Z określeniem *domieszka przeciwmrozowa* spotykamy się często także w kartach katalogowych lub technicznych wielu producentów. W przypadku gdy nie użyto takiego określenia, w opisie technicznym produktu pojawia się opis: *domieszka umożliwia betonowanie w temperaturze do -10 °C* lub *domieszka umożliwia betonowanie w niskiej temperaturze*, lub *domieszka przyspieszająca* itp. Domieszki przyspieszające wiązanie czy twardnienie to przeważnie chemiczne związki (sole) bezchlorkowe (te są zabronione, szczególnie w przypadku żelbetu). Mają właściwości przyspieszające te reakcje, a przy tym zasadniczym ich oddziaływaniem jest obniżenie temperatury zamarzania wody zarobowej w betonie. Ochronne działanie domieszek napowietrzających polega na tym samym mechanizmie, który zapewnia mrozoodporność betonu (są to zresztą te same domieszki). Duża liczba mikroskopijnie małych banieczek powietrza staje się przestrzenią dla powiększającej się w trakcie zamarzania objętości wody zarobowej.

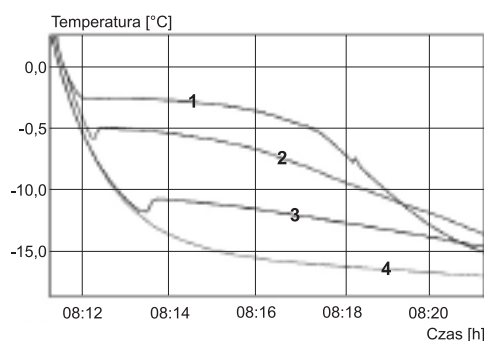
W przypadku domieszek uplastyczniających lub upłynniających następuje zmniejszenie ilości wody w mieszance betonowej. Efekt w sensie ochrony jest dwójaki. Po pierwsze – wpływa na zwiększenie „zapasu” wytrzymałości, która może być „utracona” wskutek dojrzewania w niskiej temperaturze. Po drugie – duże znaczenie ma zmiana właściwości fizycznych cieczy zarobowej – jest jej mniej, więc stężenie jest

większe, a to obniża temperaturę zamarzania (podobnie jak w przypadku domieszek solnych przyspieszających procesy wiązania lub twardnienia). Dodatkowo, maleje ogólna ilość wody, która może zamarznąć w strukturze betonu.

Wpływ domieszek na obniżenie temperatury zamarzania świeżego betonu

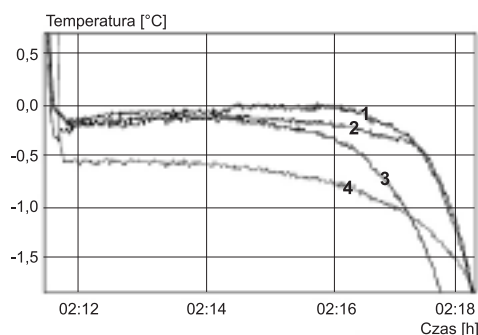
Zgodnie z danymi literaturowymi, woda zarobowa w przeciętnym betonie zamarza w temperaturze od -1 °C do -3 °C, jako efekt stężenia roztworu soli będących składnikami cementu. W wyniku dodania do betonu domieszki, stężenie roztworu wody zarobowej wzrasta, na skutek dodatkowego wprowadzenia stężonego roztworu soli (w przypadku domieszek przyspieszających) lub zmniejszenia ilości wody (przy zastosowaniu plastyfikatorów czy superplastyfikatorów). Ma to obniżyć temperaturę zamarzania wody zarobowej o kolejne 1 ÷ 3 °C, dając w przypadku niektórych domieszek wartość nawet -10 °C. Informacje takie dają nadzieję wykonawcom robót czy producentom betonu, że zastosowanie domieszek może w pełni zabezpieczyć beton przed zamarznięciem w okresie ujemnej temperatury. Niestety, takie podejście może doprowadzić do zasadniczych błędów wykonawczych, ponieważ obniżenie temperatury zamarzania sięga w rzeczywistości co najwyżej kilku dziesiątych stopnia, osiągając temperaturę zamarzania mieszanek betonowej na poziomie -0,5 do -0,7 °C [2]. Potwierdzają to badania pokazane na rysunku 1 przedstawiającym zachowanie się domieszek o stężeniu handlowym oraz na rysunku 2 – o stężeniu odpowiadającym maksymalnemu dozowaniu wg karty technicznej i na rysunku 3 – mieszanek betonowej z domieszką przyspieszającą i bez domieszki.

* Politechnika Rzeszowska, Centrum Technologiczne Budownictwa przy Politechnice Rzeszowskiej



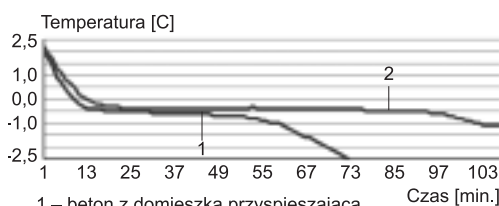
1 – Channel 3 (FM); 2 – Channel 1 (FM + przyspieszacz); 3 – Channel 4 (przyspieszacz + FM); 4 – Channel 2 (przyspieszacz)

Rys. 1. Temperatura zamarzania czterech wybranych domieszek do betonu o stężeniu handlowym



1 – Channel 3 (FM); 2 – Channel 1 (FM + przyspieszacz); 3 – Channel 4 (przyspieszacz + FM); 4 – Channel 2 (przyspieszacz)

Rys. 2. Temperatura zamarzania roztworów czterech wybranych domieszek (tych samych co na rysunku 1)



1 – beton z domieszką przyspieszającą; 2 – beton bez domieszki przyspieszającej

Efekt ochronny domieszek w dojrzewaniu betonu zagrożonego zamarznięciem

Wpływ użycia różnych domieszek na przebieg procesu dojrzewania najlepiej przedstawiają badania betonu poddanego zamrożeniu niezwłocznie po zaformowaniu próbek [2, 4]. Symulują one w ten sposób sytuację zaskoczenia wykonawcy robót nagłym ochłodzeniem i szybkiego poszukiwania skutecznych środków ochronnych.

W badaniach zastosowano domieszki określane przez producentów jako przeciwmrozowe lub sugerujące takie działanie oraz domieszki redukujące wodę zarobową. Użyto 5 superplastyfikatorów i 5 domieszek przyspieszających wiązanie lub twardnienie betonu (w opisie zacytowano oryginalne określenia z karty technicznej lub instrukcji stosowania):

- „A” – superplastyfikator – mieszanina sulfonianów naftalenowych i melaminowych;
- „B” – superplastyfikator – sulfonowana żywica melaminowa;
- „C” – superplastyfikator – w karcie technicznej brak informacji o składnikach domieszki;
- „D” – superplastyfikator o działaniu przyspieszającym – mieszanina sulfonianu melaminowego i tiocyjanianu;
- „E” – superplastyfikator nowej generacji ze znacznie poprawioną możliwością utrzymania konsystencji – eter polikarboksyłanowy;
- „F” – plastyfikujący przyspieszacz – mieszanina tiocyjanianu i naftaleno-sulfonianu sodowego;
- „G” – przyspieszacz wiązania betonu do prac w czasie mrozu – domieszka bezchlorkowa o składzie zastrzeżonym przez producenta;

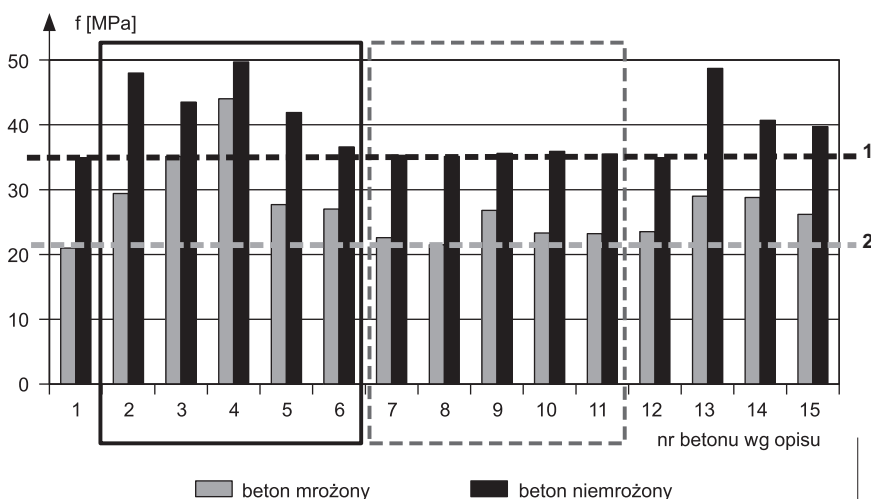
• „H” – domieszka przyspieszająca – domieszka o składzie zastrzeżonym przez producenta;

• „I” – domieszka przeciwmrozowa – domieszka o składzie zastrzeżonym przez producenta;

• „J” – domieszka do betonowania w niskiej temperaturze, przyspieszająca wiązanie – domieszka o składzie zastrzeżonym przez producenta.

Badano betony z poszczególnymi domieszkami, betony z zastosowaniem kombinacji dwóch domieszek oraz beton porównawczy bez domieszki (łącznie 15 odmian betonu). W pary dobierano domieszki tego samego producenta, tj. superplastyfikator z domieszką przyspieszającą, a w jednym przypadku użyto mieszaniny domieszki przyspieszającej i tzw. przeciwmrozowej. Ilość cementu była stała i wynosiła 320 kg/m³. Założono, że mieszanki wszystkich zarobów będą mieć konsystencję półciekłą o opadzie stożka 9 ÷ 11 cm, przy czym beton bez domieszki zaprojektowano jako C20/25. Wskaźnik w/c mieszanki bez domieszek wynosił 0,65, a z domieszkami 0,63 ÷ 0,51.

Uzyskane w badaniach wyniki przedstawione na rysunku 4 wyraźnie pokazują, że najskuteczniejszą ochroną jest zastosowanie domieszek silnie redukujących wodę zarobową. Przy takiej samej ilości pozostałych składników i znacznym



1 – beton wzorcowy bez domieszek, 2 – domieszka „A” w ilości 1,5% masy cementu, 3 – „B” 1,5%, 4 – „C” 1,5%, 5 – „D” 1,5%, 6 – „E” 1,1%, 7 – „F” 1,5%, 8 – „G” 1,5%, 9 – „H” 1,5%, 10 – „I” 1,5%, 11 – „J” 1,5%, 12 – „A” 1,5% + „F” 1,0%, 13 – „B” 1,5% + „G” 1,0%, 14 – „C” 1,5% + „J” 1,0%, 15 – „H” 1,5% + „H” 1,5%.

Rys. 4. Porównanie wytrzymałości 28-dniowej betonów mrożonych i niemrożonych – przerywana linia pozioma 1: odniesienie do betonu wzorcowego niemrożonego; przerywana linia pozioma 2: odniesienie do betonu wzorcowego mrożonego; ramka czarna: betony z domieszkami upłynniającymi; ramka z linii przerywanej: betony z domieszkami przeciwmrozowymi



CANASTOL - Woda pod kontrolą

- środki hydrofobizujące do układów cementowych
(tynki, zaprawy klejowe, szpachle)



RETENMAIER POLSKA
SP. z o.o.
Al. Jerozolimskie 181
02-222 Warszawa
Tel. + 48 (22) 608 51 09
Fax + 48 (22) 608 51 51

zmniejszeniu ilości wody, znacznie obniżają wskaźnik w/c, a to skutkuje istotnym wzrostem wytrzymałości końcowej w warunkach normalnych nawet o trzy klasy. W warunkach obniżonej temperatury występuje „nadmiar” wytrzymałości, który może być skonsumowany przez opóźnienie reakcji hydratacji.

Działanie domieszek przyspieszających jest inne – ma dać efekt ochronny przez przyspieszenie reakcji hydratacji (w tym przyspieszenie wydzielania ciepła), a więc wcześniejsze osiągnięcie wytrzymałości bezpiecznej w przypadku pierwszego zamrożenia betonu. Trzeba jednak mieć świadomość tego, że np. domieszka pozwalająca na osiągnięcie w warunkach laboratoryjnych po dwóch dniach wytrzymałości większej o 20% w porównaniu z betonem bez domieszki spowoduje wzrost z np. 20 MPa do 28 MPa.

Ale ta sama domieszka, przy tym samym wzroście procentowym wytrzymałości, w przypadku betonu dojrzewającego w temperaturze np. +1°C, spowoduje wzrost z np. 2,0 MPa do 2,8 MPa, a beton powinien osiągnąć co najmniej 5 MPa [5]. Tak więc czas dochodzenia do tej wartości w okresie chłódów znacznie się wydłuża.

Powszechnie oczekuje się też od domieszek znacznego obniżenia temperatury zamarzania mieszanki betonowej. Przedstawione badania wyraźnie pokazują, że zastosowanie domieszek nawet w ilości maksymalnej wskazanej w kartach technicznych produktów nie wpływa istotnie na ten parametr – ostatecznie potwierdza się, że temperatura zamarzania świeżego betonu to maksymalnie kilka dziesiątych stopnia poniżej zera. Wobec przytoczonych uwag dotyczących wyników badań jasne stają się zalecenia zawarte w Instrukcji ITB nr 282/2011 *Wykonywanie robót budowlanych w okresie obniżonych temperatur*, oraz w normie europejskiej PN-EN 13670 *Wykonywanie konstrukcji z betonu*, które bezwzględnie zabraniają przemrożenia betonu, dopóki nie osiągnie on wytrzymałości 5 MPa. Ma to być zapewnione przez odpowiednią ochronę i pielęgnację świeżo wbudowanego betonu, w tym także wymaganej przez normę PN-EN 206-1 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* minimalnej temperatury wbudowywanej mieszanki na poziomie +5 °C, również zimą.

Literatura

- [1] Bajorek G., Bobrowicz J., Problemy prowadzenia robót betonowych w warunkach zimowych, Konferencja Dni Betonu, Wisła 2006.
- [2] Bajorek G., Wspomaganie robót betonowych w okresie zimowym domieszkami do betonu, Konferencja „Dni Betonu – Tradycja i nowoczesność”, Wisła 13-15 października 2008.
- [3] Bajorek G., Roboty betonowe w okresie zimowym – czy domieszki rozwiążą problemy?, Inżynier Budownictwa 11/2012.
- [4] Bajorek G., Kapelko A., Ochrona betonu dojrzewającego w warunkach zimowych przez zastosowanie domieszek chemicznych, Przegląd Budowlany 12/2004.
- [5] Bajorek G., Sterowanie właściwościami betonu przy użyciu domieszek, Inżynier Budownictwa 1/2013.

Streszczenie

Artykuł przedstawia dwa aspekty „przeciwzmrozowego” oddziaływania domieszek. Pierwszy dotyczy wpływu domieszek na temperaturę zamarzania mieszanki betonowej w porównaniu z temperaturą zamarzania odpowiedniego roztworu samej domieszki. Drugi aspekt dotyczy wpływu różnych domieszek na wytrzymałość na ściskanie betonu, który został poddany zamrożeniu we wczesnej fazie dojrzewania. Wyniki analiz mogą być przydatne do uznania, które domieszki są najlepszą ochroną dla betonu w czasie robót w okresie zimowym. Bardzo ważne jest także, że zastosowanie domieszek nie może być jedynym sposobem ochrony świeżego betonu przed mrozem.

Słowa kluczowe: beton, domieszki do betonu, roboty zimowe, temperatura zamarzania, ochrona betonu.

Abstract

The paper presents two aspects of „anti-freeze” effectiveness of concrete admixtures. The first is the influence of concrete admixtures on freezing point of fresh concrete in comparison to freezing point of adequate water solution admixture. The second presents the influence of different admixtures on stress strength of concrete which was frozen during an early stage of its hardening. The results of the investigation can be helpful to understand which admixtures are the best protection for concrete during wintertime works. Very important is, that using of admixtures cannot be the only way of frost protection for fresh concrete.

Keywords: concrete, admixtures, wintertime works, freezing point, protection of concrete.