

Wpływ obniżonej temperatury podczas wiązania na właściwości zapraw do napraw konstrukcji betonowych

Mgr inż. Damian Wojnowski, dr inż. Teresa Możaryn, Instytut Techniki Budowlanej

1. Wprowadzenie

Projektując naprawy konstrukcji betonowych, uwzględnia się wymagania dotyczące stosowanych wyrobów, właściwości podłoża oraz warunków prowadzenia prac. Większość zapraw cementowych i polimerowo-cementowych przeznaczonych do napraw konstrukcji betonowych powinna być stosowana w zakresie temperatur 5–30°C. W czasie prowadzenia prac, ze względu na jakość i trwałość naprawy, szczególną uwagę przywiązuje się do kontrolowania temperatury i wilgotności w czasie aplikacji zapraw i dojrzewania naprawy [1, 2]. W warunkach klimatycznych Polski, ze względu na wahania temperatury w zakresie bliskim 0°C, istotnym problemem jest prowadzenie prac budowlanych w okresie jesiennym i wczesnowiosennym. Wykonywanie napraw konstrukcji w okresie obniżonej temperatury zobowiązuje wykonawcę do monitorowania zarówno temperatury i wilgotności podłoża, jak i otoczenia oraz do stosowania zabiegów umożliwiających spełnienie wymagań projektu naprawy, obowiązujących norm oraz specyfikacji technicznych dotyczących stosowanych wyrobów i systemów. Niedotrzymanie odpowiednich warunków klimatycznych, podczas nakładania, wiązania i dojrzewania kolejnych warstw zapraw w systemie, może być przyczyną niespełnienia projektowanej funkcji naprawy, skrócenia jej projektowego okresu użytkowania lub przedwczesnego zniszczenia [3, 4].

Zagadnienia związane z wpływem temperatury na mikrostrukturę uwodnionego zaczynu cementowego i właściwości betonu są przedmiotem prac badawczych, a dotyczą szczególnie narastania wytrzymałości, doboru składników i składu mieszanki, metod pielęgnacji [5, 6, 7, 8].

Interesującymi, związanymi z przeznaczeniem i skutecznością napraw konstrukcji żelbetonowych, są również zagadnienia dotyczące wpływu warunków klimatycznych w trakcie dojrzewania zapraw CC i PCC przeznaczonych do napraw i ochrony konstrukcji betonowych, na ich właściwości decydujące o odporności na działanie czynników chemicznych i trwałość. W Instytucie

Techniki Budowlanej przeprowadzono badania pilotażowe ukierunkowane na opracowanie metodyki oceny właściwości zapraw PCC przeznaczonych do napraw konstrukcji betonowych, aplikowanych i dojrzewających w obniżonej temperaturze.

2. Badania wpływu obniżonej temperatury na właściwości zapraw przeznaczonych do napraw konstrukcji betonowych

Badano dwie zaprawy polimerowo-cementowe przeznaczone do wykonywania napraw konstrukcji betonowych. Zaprawy pochodzą od tego samego producenta. Zastosowany został w nich ten sam rodzaj cementu i polimeru, ale różniły się składem oraz uziarnieniem kruszywa. Zgodnie z deklaracją producenta zakres temperatury, w jakich te wyroby mogą być stosowane, to 5–30°C.

W zrealizowanym programie wstępnych badań laboratoryjnych badano wpływ temperatury podczas dojrzewania na właściwości użytkowe. Jako charakterystyczne właściwości użytkowe wytypowano: wytrzymałość na ściskanie (PN-EN 12190) i zginanie (PN-EN 1015-11), przyczepność przez odrywanie (PN-EN 1542), absorpcję kapilarną (PN-EN 13057) i odporność na karbonatyzację (PN-EN 13295).

Tabela 1. Klimaty dojrzewania próbek zapraw

Klimat	I	II	III
Temperatura [°C]/Czas sezonowania	21 ± 1°C/28 dni	5 ± 1°C/10 dni 21 ± 1°C/18 dni	1 ± 1°C/10 dni 21 ± 1°C/18 dni

W celu zbadania wpływu temperatury podczas dojrzewania na właściwości zapraw zrealizowano badania w trzech klimatach, jak pokazano w tabeli 1. Przygotowując próbki badawcze, stosowano materiały, formy oraz podkłady w temperaturze, w jakiej je potem ekspozycjonowano.

Tabela 2. Wyniki wykonanych badań zapraw A i B dojrzewających w różnych temperaturach

Badana cecha	Zaprawa A			Zaprawa B		
	Klimaty dojrzewania					
	I	II	III	I	II	III
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	38,9	37,6	25,4	50,6	38,8	37,0
Wartość względna [-]	1,0	1,0	0,7	1,0	0,8	0,7
Wytrzymałość na zginanie, MPa	7,4	7,5	6,5	8,3	6,6	6,4
Wartość względna [-]	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,8
Współczynnik nasiąkania, kg/m ² h ^{0.5}	0,3	0,3	0,5	0,1	0,3	0,7
Wartość względna [-]	1,0	1,0	1,8	1,0	2,6	6,3
Przyczepność przez odrywanie, MPa	3,0	0,4	0,9	1,7	1,5	0,7
Rodzaj zerwania	A	B	B	A/B	B	A/B
Głębokość karbonatyzacji, mm	5	6	10	3	6	9

A – kohezyjne zerwanie w podłożu, B – kohezyjne w zaprawie, A/B – adhezyjne zerwanie między podłożem a zaprawą

3. Wyniki badań

W tabeli 2 i na rysunkach 1–3 przedstawiono wyniki badań próbek zapraw A i B. Dla każdej oznaczanej właściwości użytkowej podano wartości średnie wyników pomiarów próbek w serii, a dla części dodatkowo wartości względne obliczone względem próbek odniesienia, dojrzewających w temperaturze $21 \pm 2^\circ\text{C}$ (klimat I), zgodnie z poniższym wzorem:

$$\text{wartość względna} = \frac{R_i}{R_1} \quad (1)$$

R_i – wartość otrzymana dla próbek sezonowanych w obniżonej temperaturze (klimat II lub III),

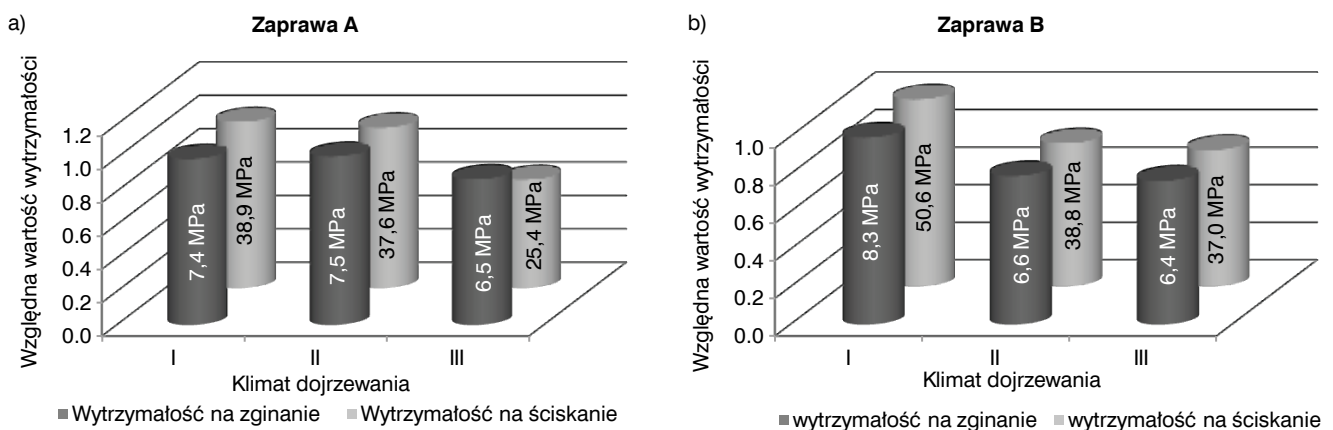
R_1 – wartość otrzymana dla próbek odniesienia (klimat I).

Wyniki oznaczenia wytrzymałości na zginanie i ściskanie wykazały, że w zakresie temperatur dojrzewania 5 ± 1 – $21 \pm 2^\circ\text{C}$ nie stwierdzono wpływu temperatury na zmiany wytrzymałości na zginanie i ściskanie zaprawy A, natomiast w przypadku zaprawy B wpływ temperatury zarówno na wytrzymałość na zginanie, jak i ściskanie był wyraźny. Wyraźny wpływ temperatury na wytrzymałość

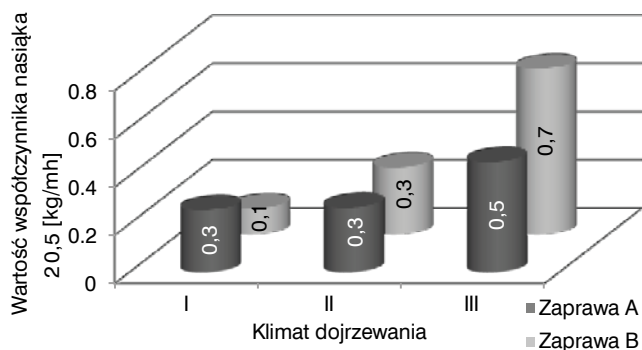
stwierdzono dla obu badanych zapraw, gdy temperatura w czasie dojrzewania była w zakresie $1 \pm 1^\circ\text{C}$ (klimat III).

Temperatura podczas dojrzewania miała istotny wpływ na przyczepność zapraw do podkładów betonowych. Dla zaprawy A wyraźne zmniejszenie wartości przyczepności zaobserwowano już przy temperaturze dojrzewania $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$. Zmienił się rodzaj zerwania, co świadczy o obniżeniu parametrów wytrzymałościowych zaprawy. W przypadku zaprawy B dla próbek dojrzewających w temperaturze $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ zmiana wartości przyczepności była niewielka, lecz zmienił się rodzaj zerwania świadczący o spadku wytrzymałość zaprawy. Natomiast zaobserwowano znaczny spadek przyczepności zaprawy do podkładu dla próbek dojrzewających w temperaturze $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$. Zmienił się również rodzaj zerwania, który może świadczyć o wpływie niskiej temperatury podczas dojrzewania na trwałość naprawy.

Badania absorpcji kapilarnej i odporności na karbonatyzację zapraw A i B (rys. 2 i 3) wykazały wyraźny wpływ niskich temperatur podczas dojrzewania na wzrost wartości współczynników nasiąkania jak i zwiększenie głębokości karbonatyzacji. Znaczny wzrost wartości współczynnika nasiąkania stwierdzono dla zaprawy B



Rys. 1. Wytrzymałość na zginanie i ściskanie zapraw A (a) i B (b) dojrzewających w różnych klimatach (okres dojrzewania – 28 dni)



Rys. 2. Absorpcja wody – współczynniki nasiąkania zapraw A i B dojrzewających w różnych klimatach (okres dojrzewania – 28 dni)

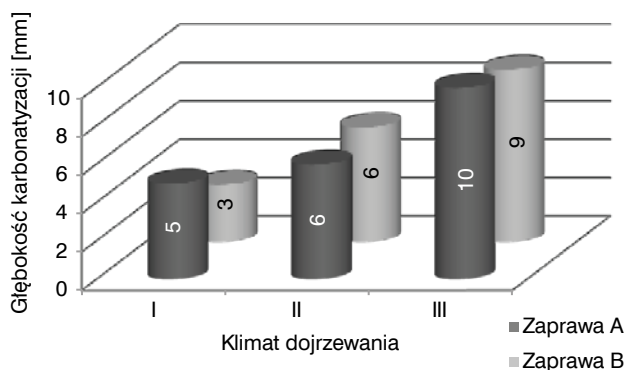
– 2,5-krotny w warunkach dojrzewania próbek w temperaturze $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ i ponad 6-krotny w warunkach dojrzewania próbek w temperaturze $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$. Taką tendencję zaobserwowano badając głębokość karbonatyzacji tej zaprawy. Dla zaprawy A znaczny wpływ obniżonej temperatury na nasiąkliwość i głębokość karbonatyzacji zaobserwowano przy temperaturze dojrzewania $(1 \pm 1)^\circ\text{C}$.

4. Podsumowanie

Analizując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że potwierdziły one wpływ obniżenia temperatury podczas dojrzewania na właściwości użytkowe badanych zapraw przeznaczonych do napraw konstrukcji betonowych. Wpływ obniżonej temperatury w początkowym okresie dojrzewania stwierdzono we wszystkich wykonanych badaniach: wytrzymałości na zginanie i ściskanie, przyczepności przez odrywanie, absorpcji kapilarnej i odporności na karbonatyzację.

Badane wyroby różniące się składem i uziarnieniem kruszywa zawierają ten sam cement oraz polimer, lecz różnią się jego ilością. Wyrób A ma znacznie większą zawartość polimeru względem wyrobu B, który dodatkowo zawiera włókna polimerowe. Różnice w składzie ilościowym wypełniacza mogą być przyczyną zaobserwowanych rozbieżności badanych cech pomiędzy wyrobami.

Wykonane badania wstępne wykazały, że przyjęte właściwości techniczno-użytkowe mogą być właściwościami reprezentatywnymi, stosowanymi w metodyce oceny zapraw CC i PCC aplikowanych i stosowanych w warunkach obniżonej temperatury. Wykonane badania pokazały, że w normowym okresie dojrzewania (28 dni), gdzie w jego początkowej fazie oraz podczas aplikacji występowała obniżona temperatura, zmieniły się w sposób niekorzystny badane właściwości techniczno-użytkowe zapraw cementowo-polimerowych.



Rys. 3. Głębokość karbonatyzacji dla zaprawy A i zaprawy B (okres dojrzewania – 28 dni)

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1504-9:2008 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności. Część 9: Podstawowe zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów
- [2] PN-EN 1504-10:2005 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności Część 10: Stosowanie wyrobów i systemów na placu budowy oraz sterowanie jakością prac
- [3] Czarnecki L., Emmons P. H, Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2002
- [4] Runkiewicz L., Ocena bezpieczeństwa i trwałości napraw oraz wzmocnień konstrukcji budowlanych za pomocą metod nieniszczących, Praca zbiorowa Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2007
- [5] Kurdowski W., Chemia cementu i betonu, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2010, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010
- [6] Bobrowicz J, Proces wiązania i twardnienia spoiw cementowych w obniżonych temperaturach, Rozprawa doktorska, ITB, Warszawa 2004
- [7] Neville A.M., Właściwości betonu, wydanie V, tłumaczenie: prof. dr inż. Andrzej Ajdukiewicz, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2012
- [8] Woyciechowski P., Chudan A., Metody i środki pielęgnacji betonu w formach i in situ, XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 2002
- [9] PN-EN 12190:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Metody badań Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie zaprawy naprawczej
- [10] PN-EN 1015-11:2001 Metody badań zapraw do murów Część 11: Określenie wytrzymałości na zginanie i ściskanie stwardniałej zaprawy
- [11] PN-EN 13057:2004 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Metody badań Oznaczanie odporności na absorpcję kapilarną
- [12] PN-EN 1542:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Metody badań Pomiar przyczepności przez odrywanie
- [13] PN-EN 13295:2005 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych Metody badań Oznaczanie odporności na karbonatyzację
- [14] Jasiczak J., Technologie budowlane II, 2003, 7. Wykonywanie monolitycznych robót betonowych w warunkach niskich temperatur
- [15] Pawelska-Mazur M., Przegląd budowlany 11/2011, Warunki betonowania w obniżonych temperaturach na przykładzie Pomorza
- [16] Józwiak H, Wykonywanie betonu w warunkach obniżonych temperatur z zastosowaniem domieszek chemicznych, Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik nr 1 (105), Warszawa 1998