

dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek*
dr inż. Piotr Woyciechowski*

Pielęgnacja betonu zimą

W warunki betonowania w okresie obniżonej temperatury rozpoczynają się już jesienią, gdy średnia dobowa temperatura t_{sr} (definiowana przez normę PN-88/B-06250 *Beton zwykły*) spada poniżej 10 °C. Średnia temperatura dobowa określana jest jako średnia ważona temperatury zmierzonej o godzinie 7, 13 i 21:

$$t_{sr} = (t_7 + t_{13} + 2 \cdot t_{21})/4$$

gdzie:

t_7 – temperatura powietrza mierzona o godz. 7;

t_{13} – temperatura powietrza mierzona o godz. 13;

t_{21} – temperatura powietrza mierzona o godz. 21.

W tej sytuacji, jeśli roboty betonowe prowadzone są w okresie od listopada do kwietnia, należy mierzyć temperaturę powietrza codziennie o godzinie 7, 13 i 21 oraz odnotowywać dane w dzienniku budowy i w innych dokumentach związanych (np. karty betonowania).

Okres obniżonej temperatury można podzielić ze względu na szkodliwość dla betonu, gdy:

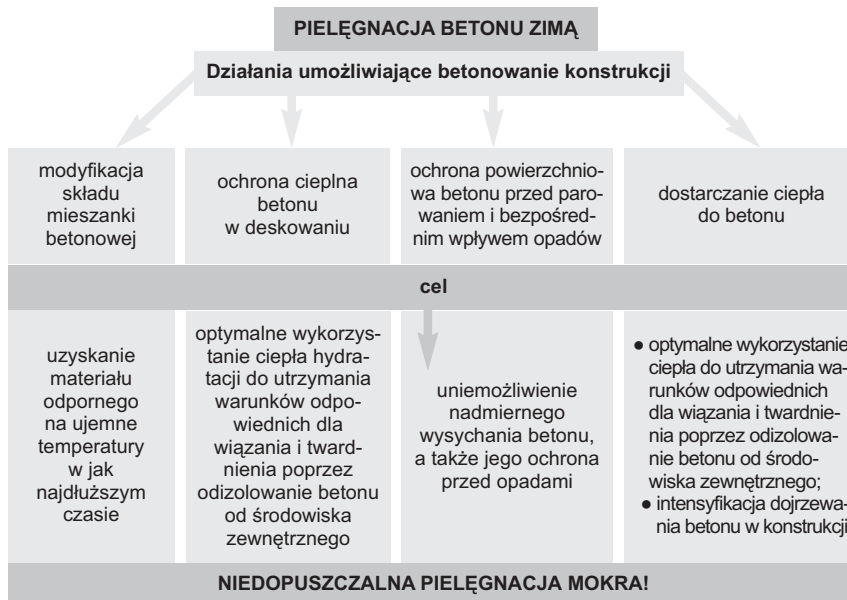
- średnia temperatura dobowa wynosi 1 – 10 °C, nie ma zagrożeń uszkodzenia betonu w konstrukcji; w tym czasie jednak procesy wiązania cementu w betonie i twardnienia betonu przebiegają wolniej i jest ryzyko niez uzyskania przez beton wymaganej, normowej wytrzymałości na ściskanie w przewidzianym okresie, co w konsekwencji często powoduje przesunięcie terminu rozdeskowania konstrukcji;

- średnia temperatura dobowa spada poniżej 5 °C, temperatura ujemna może być szkodliwa dla betonu, szczególnie w okresie wiązania i w pierwszej fazie twardnienia. Ryzyko destrukcji mikrostruktury twardniejącego betonu występuje przy temperaturze określonej jako temperatura krytyczna (od -1 °C do -3 °C), przy której w betonie zamarza ok. 50% wolnej wody. W praktyce betonowanie prowadzone jest w temperaturze nawet do -15 °C,

aczkolwiek nawet stosowanie odpowiednich zabezpieczeń (rysunek) nie gwarantuje uzyskania odpowiedniej jakości betonu w konstrukcji. Szkodliwe działanie mrozu staje się niegroźne dla betonu, który w konstrukcji uzyskał tzw. wytrzymałość na ściskanie mrozową definiowaną na poziomie 5 MPa, w przypadku stosowania cementów portlandzkich CEM I, 8 MPa – przy stosowaniu cementów portlandzkich wieloskładnikowych CEM II i 10 MPa – w przypadku cementów hutniczych CEM III. Celem pielęgnacji betonu w tym okresie staje się więc niedopuszczenie do obniżenia temperatury betonu poniżej 0 °C przed osiągnięciem wymaganej wytrzymałości mrozowej, co zapisano w normie wykonawczej PN-EN 13670:2011 *Wykonywanie konstrukcji z betonu*.

cementu oraz dobór odpowiednich domieszek w celu jak najdłuższego zapewnienia świeżemu betonowi temperatury dodatniej. Z tego względu zimą preferowane są cementy o wysokim ciepłe hydratacji, czyli charakteryzujące się dużą wytrzymałością wczesną, np. CEM I 32,5R; CEM I 42,5R; CEM I 52,5R. Zalecane jest także zwiększanie ilości cementu w 1 m³ betonu w zależności od przewidywanej intensywności warunków mrozowych.

Do najczęściej stosowanych obecnie środków chemicznych umożliwiających betonowanie w okresie zimowym należą domieszki umożliwiające wiązanie i twardnienie w ujemnej temperaturze, często nazywane domieszkami przeciwmrozowymi. Głównym zadaniem tych domieszek jest przyspieszenie narastania początkowej wytrzy-



Działania chroniące beton w warunkach obniżonej temperatury

Modyfikacja składu i składników

W okresie zimowym pielęgnacja betonu obejmuje różne działania zmierzające do zminimalizowania szkodliwych skutków oddziaływania warunków atmosferycznych (rysunek).

W przypadku **modyfikacji składu i składników** mieszanki betonowej szczególne znaczenie ma rodzaj i ilość

małości betonu i tym samym skrócenie czasu niezbędnego, aby beton uzyskał wytrzymałość mrozową, bądź obniżenie temperatury zamarzania wody zarobowej, co umożliwi przebieg hydratacji i tym samym rozwój wytrzymałości w ujemnej temperaturze. Ponadto wymienione domieszki zazwyczaj wykazują również działanie plastyfikujące, pozwalające na redukcję ilości wody zarobowej. Zgodnie

* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

z PN-EN 934-2 *Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie* są to domieszki z grupy przyspieszających wiązanie i twardnienie. Stosowanie takich domieszek nie powoduje oczywiście uodpornienia mieszanki betonowej i młodego betonu na destrukcję wynikającą z zamarznięcia, a jedynie intensyfikuje hydratację, a zatem i „samooceplenie” betonu, zabezpieczając go przed przedwczesnym zamarznięciem.

Inne zalecenia dotyczące składników i składu betonu stosowanego w warunkach zimowych to m.in.:

- stosowanie mieszanek o wskaźniku w/c niższym od 0,5;
- ograniczenie ilości wody zarobowej przez zastosowanie domieszek redukujących zawartość wody zarobowej w betonie;
- stosowanie tzw. ciepłej mieszanki, uzyskiwanej przede wszystkim przez podgrzewanie kruszywa i/lub wody.

W podstawowej normie dotyczącej betonu PN-EN 206-1:2003 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*, wprowadzono wymaganie minimalnej temperatury mieszanki betonowej **w momencie dostarczenia**, która nie powinna być niższa od +5 °C (w niektórych przepisach zagranicznych minimalna temperatura mieszanki w budowywanej lub minimalnej temperatury po wbudowaniu wynosi od +5 °C do nawet +13 °C, w przypadku betonowania elementów o małej grubości).

Ochrona ciepła

W przypadku **ochrony cieplnej powierzchni zadeskowanych i odkrytych** należy wziąć pod uwagę aspekty cieplne i wilgotnościowe materiałów deskowania i materiałów używanych ewentualnie do ochrony powierzchni niezadeskowanych. Materiał, z którego zostało wykonane deskowanie, chroni beton przed utratą ciepła, chociaż nie zawsze na tyle, żeby zapewnić mu odpowiednie warunki dojrzewania w okresie zimowym. W celu zapewnienia odpowiednich warunków dojrzewania betonu można m.in. ocieplić deskowanie. O ile przytwierdzenie na stałe materiału ocieplającego do płyt wielkowymiarowych deskowania ma uzasadnienie ekonomiczne, o tyle stosowanie takiego

rozwiązania w przypadku elementów małowymiarowych deskowania systemowego jest nieuzasadnione. Należy podkreślić, że połączenia elementów deskowania to miejsca, przez które beton traci ciepło. Rozwiązaniem mogłoby być w takim przypadku przytwierdzenie materiału ocieplającego do deskowania wcześniej zmontowanego. Niestety żadna z firm oferujących deskowania systemowe na polskim rynku nie przewiduje możliwości mocowania ocieplenia. Przed przystąpieniem do układania mieszanki betonowej deskowanie należy dokładnie oczyścić z lodu i śniegu. Zabrania się czyszczenia deskowania za pomocą otwartego płomienia oraz ciepłym powietrzem zmieszonym ze spalinami. W miarę możliwości można ogrzewać deskowanie przed ułożeniem mieszanki betonowej. Gdyby istniała możliwość mocowania ocieplenia do deskowania jeszcze przed betonowaniem, wówczas deskowanie nie ulegałoby nadmiernemu oziębieniu.

Ochrona powierzchniowa

Materiały stosowane do osłaniania betonu zimą pełnią z zasady podwójną funkcję, tj. ochrony cieplnej i ochrony powierzchniowej, dlatego też przy doborze osłon ocieplających należy kierować się zarówno współczynnikiem przewodności cieplnej, jak i odpornością osłony na wiatr. Do takich osłon można zaliczyć maty piankowe, grubą folię bąbelkową, papę, płyty pilśniowe, styropian, maty z wełny mineralnej w osłonie z folii itp.

Ważne jest, aby chronić osłonę przed zawilgoceniem. Materiał powinien być izolowany zarówno od strony betonu, gdzie działa woda zawarta w betonie, jak i od wpływu warunków atmosferycznych. Dobór rodzaju i jakości ocieplenia, w określonych warunkach otoczenia, powinien być wynikiem przeprowadzonego bilansu cieplnego dla układu: deskowanie – beton – osłona. Jeżeli z bilansu cieplnego wynika niecelowość stosowania osłony cieplnej, to na powierzchniach odkrytych betonu i tak niezbędna jest ochrona przed wysychaniem i opadami atmosferycznymi, np. przez przykrycie powierzchni betonu folią.

Alternatywnym rozwiązaniem jest stworzenie lokalnie warunków sprzyjających betonowaniu i dojrzewaniu betonu przez budowę nad fragmentem konstrukcji tzw. ciepłaka, tj. namiotu z nagrzewnicami lub innymi źródłami

ciepła, utrzymującymi wewnątrz podwyższoną temperaturę oraz odpowiednią wilgotność.

Dostarczanie ciepła

Dostarczanie ciepła do betonu może odbywać się przez jego powierzchnię lub od wewnątrz przez instalacje umieszczone bezpośrednio w betonie. W budownictwie monolitycznym stosuje się podgrzewanie betonu od zewnątrz, np. nagrzewnicami lub parą, a także, chociaż rzadziej, dostarczanie ciepła z zastosowaniem prądu elektrycznego (elektronagrzew). Jako urządzenie grzewcze wykorzystuje się również ogrzewane deskowania. Ponadto stosowane są urządzenia emitujące promieniowanie podczerwone. Wówczas beton podgrzewa się w strefie przypowierzchniowej. Stosuje się je do miejscowego przyspieszania dojrzewania betonu, np. płyt i biegów klatek schodowych. Po zabezpieczeniu i uszczelnieniu otworów w klatce schodowej ustawia się promienniki po jednym lub dwa na każdym spoczniku. Liczbę zainstalowanych promienników dostosowuje się do temperatury zewnętrznej, tak aby temperatura wewnątrz pomieszczenia nie spadła poniżej +5 °C. Należy pamiętać, że promienniki podczerwieni silnie nagrzewają powierzchnię betonu, ale ciepło nie przenika zbyt głęboko. Powoduje to często powstawanie rys powierzchniowych. Ze względu na nadmierne odparowanie wilgoci z betonu, podczas nagrzewania takimi urządzeniami, beton należy okrywać materiałami nieprzepuszczającymi wilgoci.

Za granicą stosuje się też podgrzewanie betonu przez wywołanie indukcji, ale w Polsce metoda ta dotychczas nie jest spotykana. Jej ideą jest nagrzewanie betonu w polu elektromagnetycznym, a ciepło pochodzi od rozgrzewających się elementów stalowych, np. zbrojenia. Metodę tę stosuje się najczęściej w elementach prętowych o dużym stopniu zbrojenia.

Wykonywanie konstrukcji betonowych w okresie obniżonej temperatury powinno być prowadzone wg zaleceń normy PN-EN 13670:2011. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie „ciepłej” mieszanki, bez odpowiednich metod dalszej pielęgnacji, nie gwarantuje uzyskania odpowiedniej jakości betonu. Często zaleca się stosować kilka z działań ochronnych, aby skutecznie zabezpieczyć beton przed mrozem.