

Czy zima może jeszcze zaskoczyć beton?

Streszczenie

Artykuł przypomina o konieczności przygotowania dokumentacji wykonawczej robót betonowych prowadzonych w okresie obniżonych temperatur oraz ochrony i pielęgnacji zabetonowanej konstrukcji. Wskazano zmiany normowe oraz w dokumentach branżowych, które pozwalają precyzyjnie sformułować wymagania dostosowane do przewidywanych warunków betonowania. Zwrócono uwagę na konieczność zwiększenia czujności w prognozowaniu zagrożeń dla betonowania zimowego, wynikających ze zmian klimatycznych i zmian asortymentu stosowanych cementów.

Słowa kluczowe:

beton, betonowanie zimowe, pielęgnacja betonu, ochrona betonu, ocieplenie klimatu

Abstract

The article reminds about the need to prepare execution documentation for concrete works carried out in the period of low temperatures as well as protection and care of the concreted structure. Changes in standards and in industry documents were indicated, which allow for precise formulation of requirements adapted to the forecasted concreting conditions. Attention was drawn to the need to increase vigilance in forecasting threats to winter concreting, resulting from climate change and changes in the range of cements used.

Keywords:

concrete, winter concreting, concrete curing, concrete protection, climate warming



fol. Archiwum CTB

Przemrożona powierzchnia płyty betonowej

Tytuł celowo jest prowokujący, bo oczekuje się wyjaśnienia, czy rzeczywiście można odkryć coś nowego w kwestii wykonywania konstrukcji betonowych w okresie obniżonych temperatur. Rozważać ten problem można w co najmniej trzech aspektach:

- przekazu wiedzy i systematycznej edukacji środowiska inżynierskiego, zarówno w zakresie projektowym, jak i wykonawczym,
- zmian klimatycznych naszego obszaru geograficznego z widocznymi efektami znacznego ocieplenia,
- nieuniknionych zmian technologiczno-materiałowych jako efektu postępu wiedzy, ale także ograniczeń wynikających z ochrony środowiska.

Aktualna wiedza

Wydawać by się mogło, że nieustające medialne przypomnianie o wadze problemu realizacji konstrukcji betonowych w warunkach obniżonych temperatur zapewnia już wystarczającą ostro-

ność, która zapobiega popełnianiu jakichkolwiek błędów wywołujących wady i uszkodzenia elementów. Tymczasem, jak co roku, wraz z pierwszymi już nawet jesiennymi przymrozkami pojawiają się sygnały o negatywnych skutkach przemrożenia świeżo wbudowanego betonu. Wiele z nich wymaga niestety interwencji naprawczych, a te, nie dość, że trudne technologicznie, to na dodatek od czuwalnie kosztowne.

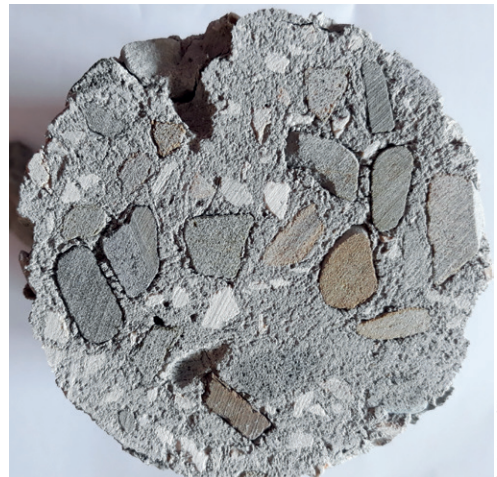
Najwięcej problemów rzeczywiście ujawnia się w początkowej fazie okresu jesienno-zimowego, a jest to efekt tradycyjnego „zaskoczenia” zmieniającymi się na gorsze warunkami atmosferycznymi. Później, gdy zima zaznaczy już swoją obecność, czujność wykonawców wzrasta, ale nie jest w stanie w całości wyeliminować ryzykownych lub błędnych decyzji związanych z wyborem metod ochrony i pielęgnacji termicznej realizowanych elementów konstrukcyjnych, a czasem po prostu wyboru terminu betonowania wbrew śledzonym prognozom pogody.

Pomiar głębokości destrukcji struktury betonu w odwiercie rdzeniowym (z lewej)

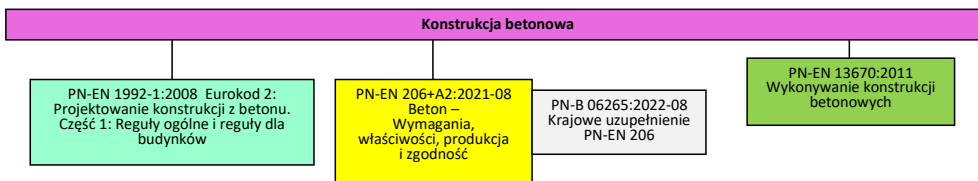
Szlif przemrożonej górnej warstwy płyty betonowej (z prawej)



fol. Archiwum CTB



fol. Archiwum CTB



Schemat zależności między normami – projektowanie – produkcja – wykonawstwo

Dość ważkim dokumentem w przedmiotowym temacie są między innymi zaktualizowane w 2020 roku wytyczne Instytutu Techniki Budowlanej pt. „Wykonywanie robót budowlanych w okresie obniżonych temperatur” [1]. Z uwagi na rangę oraz tradycję jednostki, która je opracowała oraz wydała, stanowią często swego rodzaju normatyw przywoływany w projektach wykonawczych lub projektach technologii i organizacji robót – ale dokumentacja tego typu towarzyszy raczej nielicznym, dużym i poważnym inwestycjom.

W najnowszej wersji tych wytycznych dostosowano wymagania do aktualnych możliwości technologiczno-materiałowych betonu. Ważne jest przy tym, że w pełni uwzględniono w nich zapisy normy PN-EN 13670 pt. „Wykonywanie konstrukcji betonowych” [2]. Ta z kolei norma jest najważniejszym źródłem wiedzy i zaleceń dotyczących etapu realizacji konstrukcji betonowych, a stanowi nierozłączną część pakietu: Eurokod 2 (projektant konstrukcji) [3], PN-EN 206 (producent betonu) [4] i PN-EN 13670 (wykonawca konstrukcji) – schemat.

Najistotniejszym przesłaniem normy wykonawczej w odniesieniu do zagadnień betonowania zimowego jest zapis, by „temperatura powierzchni betonu nie spadła poniżej 0°C, dopóki wytrzymałość na ściskanie w jego warstwie powierzchniowej nie osiągnie wartości co najmniej 5 MPa, która oznacza, że beton uzyskał odporność na zamrożenie bez uszkodzeń. Ten dość kategorycznie sformułowany wymóg jest o tyle ważny, że ucina wszelkie dyskusje i spekulacje na temat ewentualnie niższej temperatury zamarzania wody zawartej w betonie, wynikającej z faktu, że jest ona roztworem soli zawartych w cemencie lub dodanych celowo, np. w postaci domieszek przyspieszających. A takie sugestie zawarte są w wielu poradnikach, instrukcjach czy wytycznych. Zalecenie to, będąc jądrem problematyki ochrony betonu przed skutkami destrukcyjnego zamarznięcia, staje się wskazówką dla wszystkich pozostałych czynników związanych z realizacją konstrukcji, a to:

- odpowiednie przygotowanie frontu robót w aspekcie technicznym, czystości i temperatury deskowania, zbrojenia, podłoża itp.,
- przygotowanie i dostarczenie na budowę mieszanki betonowej o odpowiedniej temperaturze (warunki produkcji i transportu betonu),
- zapewnienie właściwych warunków wbudowywania i zagęszczania mieszanki (bez nadmiernej ekspozycji i zbędnej zwłoki),
- zapewnienie właściwych warunków pielęgnacji termiczno-wilgotnościowej z odpowiednią ochroną przed szkodliwymi warunkami atmosferycznymi.

Te wyliczone ogólniki powinny być precyzyjnie ustalone w projekcie wykonawczym (np. Projekcie Technologii i Organizacji Robót Betonowych) przygotowanym przez wykonawcę robót, uwzględniającym jego zasoby techniczne i możliwości organizacyjne.

W ostatnim okresie, począwszy od maja 2019 roku, pojawiły się nowe wersje dokumentów przetargowych i kontraktowych obowiązujących na drogach krajowych zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA). Nowe Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WWiORB) zastępują wcześniejsze Ogólne Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, przy czym są one stale modyfikowane i aktualizowane. Zeszyt o numerze M-13.01.00 zatytułowany „Beton konstrukcyjny w drogowych obiektach inżynierskich” doczekał się już czwartej wersji (v.04), datowanej na sierpień 2022 r. [5].

Odnosnie wykonywania robót betonowych w okresie obniżonych temperatur przepisy GDDKiA są bardziej wymagające niż przedstawione wcześniej wytyczne ITB oraz norma PN-EN 13670. Otóż, wskazują one, by betonowanie odbywało się w temperaturze nie niższej niż +5°C, natomiast późniejsze warunki dojrzewania mają umożliwić uzyskanie przez beton wytrzymałości co najmniej 15 MPa przed pierwszym zamarznięciem. Dopuszczalne w wyjątkowych przy-

Zamarznięta górna warstwa płyty stropowej





Przemrożona górna warstwa nawierzchni betonowej

padkach betonowanie w niższych temperaturach do -5°C (po wyrażeniu zgody przez inżyniera / inspektora nadzoru) wymaga z kolei takiej ochrony dojrzewającego elementu, by jego temperatura nie była niższa niż $+5^{\circ}\text{C}$, dopóki beton nie uzyska wytrzymałości 15 MPa. W tych „gorszych” warunkach podniesiony jest zatem normowy wymóg minimalnej temperatury betonu (0°C wg PN-EN 13670) do $+5^{\circ}\text{C}$. By spełnić te warunki, wymaga się przy tym, aby minimalna temperatura wbudowywanej mieszanki betonowej nie była niższa od $+5^{\circ}\text{C}$, a wynika to także wprost z normy PN-EN 206 [4], określającej obowiązki producenta (dostawcy) betonu.

Ustalone w WWiORB ograniczenia zimowego betonowania stanowią swoisty wyznacznik sposobu postępowania przy realizacji obiektów infrastruktury drogowej i choć są dokumentem GDDKiA, to najczęściej przenoszone są również bezpośrednio na inwestycje drogowe niższej rangi niż krajowe. Ubiegłoroczna aktualizacja krajowego uzupełnienia PN-EN 206+A2:2021-08, czyli norma PN-B 06265:2022-08 [6], pomaga ściślej zdefiniować warunki temperaturowe produkcji i dostawy betonu, a tym samym wykonawstwa konstrukcji. Przywrócono bowiem w tym dokumencie klasyfikację stosowaną wcześniej w wycofanych Polskich Normach dotyczących betonu, która wyróżnia warunki:

- zimowe – średnia temperatura dobową poniżej $+5^{\circ}\text{C}$,

- obniżonej temperatury – średnia temperatura dobową od $+5^{\circ}\text{C}$ do $+10^{\circ}\text{C}$,
- normalne – średnia temperatura dobową od $+10^{\circ}\text{C}$ do $+25^{\circ}\text{C}$,
- podwyższonej temperatury – średnia temperatura dobową powyżej $+25^{\circ}\text{C}$.

Średnia temperatura dobową wyliczana jest ze wzoru:

$$T_{sr} = \frac{T_7 + T_{13} + 2 \cdot T_{21}}{4}$$

w którym:

T_7 – temperatura powietrza mierzona o godzinie 7.00 [$^{\circ}\text{C}$]

T_{13} – temperatura powietrza mierzona o godzinie 13.00 [$^{\circ}\text{C}$]

T_{21} – temperatura powietrza mierzona o godzinie 21.00 [$^{\circ}\text{C}$]

Klasyfikacja ta jest o tyle ważna, że sankcjonując na poziomie normowym warunki temperaturowe poniżej $+10^{\circ}\text{C}$ jako te inne od „normalnych”, zwraca uwagę na konieczność uwzględnienia ich specyfiki już w czasie produkcji i dostawy, co oczywiście przenosi się dalej na proces wbudowywania i dojrzewania betonu.

Zmiany klimatyczne

W ostatnich latach jesteśmy świadkami sporego przyspieszenia zmian klimatycznych zmierzających w kierunku globalnego ocieplenia. Widoczne

Układanie warstw izolacyjnych na masywnej płycie fundamentowej



są one również w naszej strefie geograficznej, co przejawia się wrażeniem o coraz łagodniejszych zimach. Właśnie to „wrażenie” może znacznie obniżyć czujność wobec zagrożeń dla robót betonowych.

Publikowane są co prawda dane o ciągłym wzroście średniej temperatury w poszczególnych miesiącach zimowych, zmniejsza się liczba dni z ujemnymi temperaturami, występują coroczne różnice w terminach nadejścia i zakończenia zimy ale klimat Polski jest wciąż zmienny i przewidywalny w zakresie temperatury przejść przez 0°C. Wciąż zdarzają się okresy od kilku do kilkadziesiąt dni o ekstremalnie niskich temperaturach poniżej -10°C, czy nawet poniżej -20°C.

Na pewno na tym etapie obserwacji klimatu nie jest możliwe ogłoszenie ery „końca zim”, a nawet można przypuszczać, że w perspektywie kilkadziesiątletniej zagrożenie zmiennością zjawisk „oziębienie/ocieplenie” będzie wzrastać. Nie można zatem ulegać pokusie łagodzenia wymagań w zakresie śledzenia długoterminowych i bieżących prognoz oraz przygotowania odpowiedniej dokumentacji wykonawczej, a wraz z nią zapewnienia odpowiednich środków techniczno-technologicznych zabezpieczających i chroniących roboty betonowe i dojrzewający w elemencie beton. Teza o ciepłych zimach jest dla środowiska betoniarzkiego mocno fałszywa.

Postęp i zmiany technologiczno-materiałowe

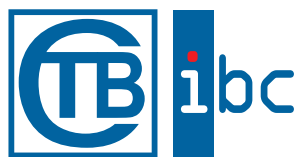
Zagadnienie ciągłego postępu i nieustających zmian w dostępie do nowych, lepszych narzędzi i sprzętu oraz nowych źródeł surowcowych,

generalnie powinno wpływać pozytywnie na minimalizowanie lub nawet eliminowanie zagrożeń związanych z robotami betonowymi w okresie zimowym. Część jednak zmian może mieć wymiar negatywny, a dotyczy zwłaszcza tych związanych z sygnalizowanym wcześniej ociepleniem klimatu. Wśród wielu zidentyfikowanych przyczyn tego zjawiska zdecydowanie na pierwszym miejscu plasuje się nadmierna emisja CO₂, która z kolei wskazuje branżę cementową jako jednego z głównych emiterów.

Skutkiem światowych programów związanych z redukcją uwalniania ogromnych ilości CO₂ są zakrojone na szeroką skalę zmiany asortymentu produkowanych cementów. Główny kierunek to stosowanie w cemencie większej ilości zdekarbonatyzowanych surowców (składników), zmniejszających tym samym ilość najbardziej odpowiedzialnego za emisję CO₂ składnika, czyli klinkieru. Odchodzi się już obecnie od cementów portlandzkich CEM I, na rzecz portlandzkich wieloskładnikowych CEM II, oraz cementów hutniczych CEM III, pucolanowych CEM IV czy wieloskładnikowych CEM V (wszystkie zgodne w PN-EN 197-1 [7]). W warunkach polskich wprowadza się do nich jako składnik główny:

- popiół lotny (V),
- zmielony granulowany żużel wielkopiecowy (S),
- zmielony kamień wapienny (L lub LL).

Coraz szersze pozytywne doświadczenia związane z takimi wieloskładnikowymi kompozycjami spowodowały rozszerzenie zakresu możliwych rodzajów cementów o CEM II/C (nowy rodzaj cementu portlandzkiego wieloskładnikowego) oraz CEM VI



CENTRUM TECHNOLOGICZNE BUDOWNICTWA INSTYTUT BADAŃ I CERTYFIKACJI Sp. z o.o.



AB 535



AC 205

LABORATORIUM BUDOWLANE

- ▶ laboratorium akredytowane AB 535
- ▶ laboratorium notyfikowane NB 2039
- ▶ wieloletnie doświadczenie
- ▶ ekspertyzy, opinie budowlane
- ▶ ocena betonu w konstrukcji
- ▶ ponad 200 badań w ofercie, w tym ponad 80 metod akredytowanych

JEDNOSTKA CERTYFIKUJĄCA WYROBY

- ▶ akredytowana i notyfikowana jednostka certyfikująca wyroby AC 205, NB 2039
- ▶ certyfikacja zakładowej kontroli produkcji wyrobów budowlanych
- ▶ szkolenia otwarte

- ▶ Centrum Technologiczne Budownictwa Instytut Badań i Certyfikacji Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa 23, 35-105 Rzeszów
tel. +48 17 864 04 50, e-mail: ctb@ctb-ibc.pl
www.ctb-ibc.pl





foto: Grzegorz Bajorek

Szczelna izolacja termiczna na masywnej płycie fundamentowej

(nowy rodzaj cementu wieloskładnikowego), które wprowadza świeżo opublikowana norma PN-EN 197-5 [8].

I tutaj tkwi sedno problemu – stosowanie takich wieloskładnikowych cementów w warunkach zimowych oznacza, że:

- po pierwsze – już w laboratoryjnych temperaturach warunkach odniesienia ($+20^{\circ}\text{C} \pm 2$) ich hydratacja jest znacznie spowolniona [m.in. żeby mogły reagować „dodatki” reaktywne (popiół lotny (V), żużel (S), to wcześniej musi poprzedzić je hydratacja klinkieru],
- po drugie – obniżenie temperatury reagującej mieszanki „klinkier + (inne składniki główne)” w sposób drastyczny (nieliniowy) obniża tempo hydratacji, o wiele bardziej niż w przypadku samego klinkieru.

Efekt finalny – betony z udziałem cementów innych niż CEM I są dużo bardziej wymagające w zakresie pielęgnacji (czasu jej trwania) oraz ochrony, aby spełnić wymagania osiągnięcia minimalnej wytrzymałości przed pierwszym możliwym zamrożeniem. A na to musi być przygotowany wykonawca robót.

Podsumowanie

Warunki obniżonych temperatur betonowania (poniżej $+10^{\circ}\text{C}$) muszą uruchomić u wykonawców proces programowania zabiegów technologicznych chroniących przed negatywnymi skutkami spowolnienia tempa narastania wytrzymałości, a w przypadku ostrych warunków zimowych (poniżej 0°C) przed destrukcją struktury wbudowanego betonu na skutek jego przemrożenia. Szczegóły dotyczące

sposobu i czasu trwania takiej ochrony w sposób wystarczający zawarte są w przedstawionych i cytowanych dokumentach [1 do 11], których wymagania powinny być wykorzystane w opracowanym projekcie wykonawczym. Zwrócić przy tym należy uwagę na fakt, że zmieniające się uwarunkowania klimatyczne i materiałowo-technologiczne wydają się raczej bardziej wymagające w zakresie koniecznej ochrony dojrzewającego młodego betonu niż dotychczasowe.

dr inż. Grzegorz Bajorek, prof. PRz
Politechnika Rzeszowska
Centrum Technologiczne Budownictwa
Instytut Badań i Certyfikacji

Literatura

1. Wykonywanie robót budowlanych w okresie obniżonej temperatury, Seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2020
2. PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu
3. PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2, Projektowanie konstrukcji z betonu, Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
4. PN-EN 206+A2:2021-08 Beton. Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność
5. Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, M-13.01.00 v.04 Beton konstrukcyjny w drogowych obiektach inżynierskich, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa sierpień 2022
6. PN-B-06265:2022-08 Beton. Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08
7. PN-EN 197-1:2012 Cement, Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
8. PN-EN 197-5:2021-07 Cement, Część 5, Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/C-M i cement wieloskładnikowy CEM VI
9. Bajorek G., Zagrożenia w betonowaniu w warunkach zimowych, „Budownictwo, Technologie, Architektura”, 4/2015, s. 58-61
10. Bajorek G., Pielęgnacja betonu w okresie dojrzewania, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2017
11. Bajorek G., Roboty betonowe w okresie zimowym – czy domieszki rozwiążą problemy?, „Inżynier Budownictwa”, 11/2012, s. 65-69

Przygotowania do zimowego betonowania



foto: Maciej Barć