

dr inż. Michał Musiał<sup>1\*)</sup>  
mgr inż. Jacek Grzelak<sup>2)</sup>

# Elementarne błędy betonowania konstrukcji w warunkach zimowych

## *Fundamental faults in concreting of a structure by winter conditions*

DOI: 10.15199/33.2015.06.31

(Studium przypadku)

**Streszczenie.** W artykule opisano specyfikę wykonywania konstrukcji betonowych w warunkach zimowych. Podano przykłady uszkodzeń konstrukcji żelbetowego stropu monolitycznego betonowanego w warunkach zimowych bez zachowania odpowiednich reżimów technologicznych. Zaproponowano sposób naprawy uszkodzonych elementów.

**Słowa kluczowe:** betonowanie, niska temperatura, żelbet.

**Abstract.** A specific character of concrete structures executing in winter conditions is described generally in this paper. There is given the example of the damages of reinforced concrete cast in situ ceiling structure executing in winter without applying of appropriate technologic procedures. The method of repair of damaged elements is proposed.

**Keywords:** concreting, low temperature, reinforced concrete.

Zalecenia dotyczące betonowania w warunkach zimowych podane m.in. w [1 ÷ 4] określają warunki, jakie należy uznać za niekorzystne z punktu widzenia wykonywania robót betonowych. Wskazano trzy przedziały temperatury (-15 ÷ -10°C; -10 ÷ -3°C i -3 ÷ +5°C), które powinny być względnie w projekcie organizacji robót betonowania w warunkach zimowych. W przypadku gdy temperatura spadnie poniżej -15°C, nie zaleca się wykonywania betonowania. Najłagodniejszy przedział temperatury -3 ÷ +5°C zawiera tzw. temperaturę krytyczną (ok. -3 ÷ -1°C), w której zamarza ok. 50% wolnej wody w mieszance betonowej. W temperaturze wyższej od krytycznej beton nie ulega uszkodzeniu, a proces jego wiązania postępuje znacznie wolniej niż w warunkach normalnych. Mimo że określenie *warunki zimowe* wiązane jest z obniżonymi temperaturami, to nie powinno się pomijać innych niekorzystnych zjawisk atmosferycznych, jak: wiatr i śnieg (oziębiamą mieszankę betonową) oraz deszcz i topniejący śnieg (wprowadzona w ten sposób woda rozmywa mieszankę betonową, a następnie może w niej zamarzać).

W literaturze przedmiotu proponuje się wiele metod umożliwiających betonowanie w warunkach zimowych. Pierwsza (w chronologii powstawania konstrukcji) to modyfikacja mieszanki betonowej przez podgrzewanie jej składników, np. kruszy-

wa maksymalnie do 35 °C, wody do 60 °C. Wśród innych zabiegów można wymienić m.in. podwyższenie klasy betonu; redukcję wody zarobowej ( $W/C \leq 0,6$ ); stosowanie cementów szybkowiązujących i domieszek zimowych, pod którymi kryją się substancje chemiczne, które przyspieszają wiązanie betonu, obniżają temperaturę zamarzania wody w betonie, plastyfikują mieszankę przy zredukowanym W/C oraz wprowadzają do mieszanki mikroskopijne pęcherzyki powietrza [1] (ze skutkiem podobnym do napowietrzania zwiększającego mrozoodporność betonu).

Prowadząc roboty betonowe zimą, nie można się ograniczać do wymienionych zabiegów. Mieszanka betonowa powinna być chroniona przed ochłodzeniem podczas transportu, układania, zagęszczania oraz dojrzewania. Należy pamiętać, że temperatura wbudowywanej mieszanki nie może być mniejsza niż +5 °C [4]. Zgodnie z normą [5] nie można dopuścić do spadku temperatury powierzchni betonu poniżej 0 °C, jeśli jego wytrzymałość na ścislenie w warstwie powierzchniowej nie osiągnęła co najmniej 5 MPa. Zapobieganie nadmieremu spadkowi temperatury betonu polega m.in. na: stosowaniu izolacji termicznej (metoda zachowania ciepła), nagrzewaniu betonu (ciepłym powietrzem, parą wodną, energią elektryczną, promieniami podczerwonymi) lub wznoszeniu tymczasowych pomieszczeń (cieplaków). Poszycia desekowań konstrukcji również należy odpowiednio przygotować, tzn. powinny one być wolne od lodu, śniegu i stojącej wody [5].

Niedotrzymanie reżimu betonowania w zimie powoduje spadek wytrzymałości

i wzrost odkształcalności betonu dojrzalego, a także pogorszenie jego właściwości fizycznych (m.in. mrozoodporności, nasiąkliwości, wodoszczelności) decydujących o trwałości. W artykule pominięto opis zjawisk zachodzących w świeżym betonie poddanym działaniu niskiej temperatury oraz ich konsekwencji. Więcej informacji na ten temat można znaleźć m.in. w [2, 3].

### Opis ogólny konstrukcji

Studium przypadku zawarte w artykule dotyczy stropu żelbetowego nad garażem podziemnym 5-kondygnacyjnego budynku mieszkalnego. Strop wykonano jako monolityczny o konstrukcji płytowo-belkowej wspartej na słupach, których siatka uwarunkowana była względami architektoniczno-użytkowymi garażu, przez co determinowała nieregularny układ belek. Wszystkie belki miały wysokość 40 cm i szerokość 80 ÷ 160 cm. Nieekonomiczne proporcje wymiarów belek wynikały z wymaganej minimalnej wysokości użytkowej garażu. Zgodnie z projektem belki wykonano z betonu klasy C30/37. W związku z ich nieregularnym układem, w stropie zastosowano płyty jedno- i dwukierunkowo zbrojone. W płytach wysokości 20 cm zastosowano beton klasy C25/30. Różnicowanie betonu w pasmach belkowych i płytowych miało na celu redukcję kosztów. Należy podkreślić, że zgodnie z klasą ekspozycji dla garaży XC3, minimalna klasa betonu w płycie i belkach stropu nad garażem to C30/37. Zmniejszenie klasy betonu w polach płytowych należy więc uznać za niewłaściwe w aspekcie trwałości konstrukcji.

<sup>1)</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

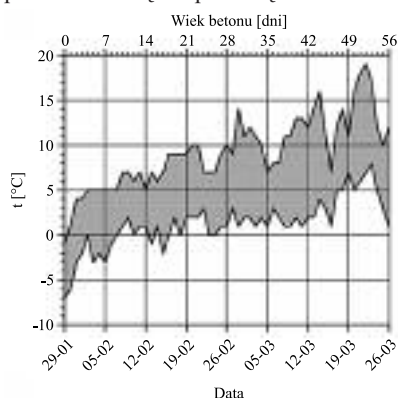
<sup>2)</sup> Pracownia Projektowa Jakon

\*) Autor do korespondencji:

e-mail: michal.musial@pwr.edu.pl

## Okoliczności i konsekwencje nieprawidłowego betonowania w warunkach zimowych

Do wykonania stropu nad garażem przystąpiono w ostatnich dniach stycznia. Mimo niesprzyjających warunków atmosferycznych ułożono beton w deskowaniu. Zgodnie z relacjami świadków nie zastosowano żadnych specjalnych zabiegów ochronnych przed nadmiernym wychłodzeniem betonu. Z przebiegu temperatury w czasie dojrzewania betonu (rysunek) wynika jednoznacznie, że powinny zostać podjęte działania chroniące świeży beton przed obniżoną temperaturą.

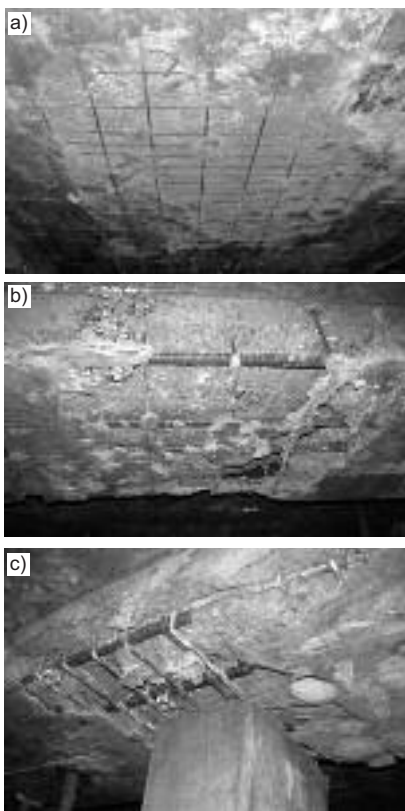


**Zakres zmian temperatury powietrza**  
Range of temperature changes

Po upływie około miesiąca od zabetonowania stropu wezwano nas na budowę. Zastaliśmy zdemontowane deskowania, ale strop w dalszym ciągu pozostawał podparty, co wskazywało na poważne uszkodzenia konstrukcji (fotografie). Stwierdzono znaczne ubytki betonu w dolnej części stropu. Niektóre miały charakter powierzchniowy (fotografia a), inne wgłębny (fotografie b i c). Uszkodzenia były następstwem źle przygotowanych deskowań, które nie zostały oczyszczone przed betonowaniem ze śniegu i lodu.

Stan techniczny konstrukcji stropu oraz domniemane warunki, w jakich wykonywano betonowanie, nakazywały zbadanie klasy betonu. W tym celu z konstrukcji pobrano 7 odwiertów rdzeniowych. Ze względu na małe obszary pól płytowych, wykonanych z betonu o klasie niższej niż pasma belkowe, odwiertny pobrano z pasm belkowych. Dodatkowo o miejscach pobrania próbek zdecydował charakter sił przekrojowych oraz wyężenia w poszczególnych elementach konstrukcji.

Badania wytrzymałościowe betonu przeprowadzono na próbkach o nominalnych wymiarach  $\phi = h = 100$  mm zgodnie z normami [6, 7], co w przybliżeniu odpowiada



**Ubytki betonu: a) powierzchniowe w płycie; b) w belce stropu; c) w belce stropu przy słupie**

*Defects of concrete: a) surface in a ceiling slab; b) in a ceiling beam; c) in a ceiling beam by a column*

wytrzymałości określonej na kostkach 150 x 150 x 150 mm. Podzielono je na dwa etapy. Pierwszy polegał na zbadaniu 9 próbek na ściskanie 4 kwietnia, a więc w chwili, gdy beton osiągnął 65 dni. W drugim etapie przebadano 8 próbek na ściskanie oraz 3 na rozciąganie przy rozłupywaniu, gdy beton osiągnął wiek 99 dni (8 maja). Wyniki badań zestawiono w tabeli.

**Wyniki badań wytrzymałościowych betonu**  
Results of the strength tests

Data badania	$f_{cm,cube}^{1)}$ [MPa]	$f_{c,min,cube}^{2)}$ [MPa]	Klasa betonu	$f_{ctm,spl}^{3)}$ [MPa]
04.04.	37,24	31,50	C25/30	–
08.05.	37,38	30,70	C25/30	3,07

<sup>1)</sup> kostkowa wytrzymałość średnia na ściskanie;

<sup>2)</sup> kostkowa wytrzymałość minimalna na ściskanie;

<sup>3)</sup> wytrzymałość średnia na rozciąganie przy rozłupywaniu

Interwał czasowy między badaniami miał na celu wyjaśnić, czy proces dojrzewania betonu został ustabilizowany. Obniżona temperatura w okresie dojrzewania betonu może bowiem spowolnić jego wiązanie. Na podstawie danych zawartych w tabeli można stwierdzić, że przyrost wytrzymałości średniej na ściskanie ustabilizował się i był niewielki (wynosił zaledwie 0,4%).

Badany beton miał klasę C25/30, a zatem niższą niż wymagana w projekcie (C30/37). Badanie wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu było badaniem dodatkowym, które potwierdziło klasę betonu C25/30.

## Wnioski

Niefachowe działania i pochopnie podjęta decyzja o betonowaniu zimą w niekorzystnych warunkach pogodowych stały się przyczyną uszkodzeń stropu żelbetowego. Wśród wad konstrukcji można wskazać zaniżoną o 1 klasę wytrzymałość betonu oraz znaczne ubytki betonu w strefie sufitowej. W ramach działań naprawczych zalecono usunięcie luźnych fragmentów betonu, piaskowanie powierzchni uszkodzonej oraz naniesienie warstw szepnych i naprawczych metodą natryskową. Analiza statyczno-wytrzymałościowa przeprowadzona po naprawie konstrukcji wykazała, że spełnia ona wymagania stanów granicznych nośności i użyteczności. Ze względu na trwałość konstrukcji żelbetowej stropu garażu zalecono naniesienie na jego powierzchnię sufitową dodatkowej powłoki ochronnej.

Zgodnie z [4] roboty betonowe prowadzone w warunkach zimowych powinny być poprzedzone projektem technologicznym. Realizacja tych robót na zasadzie spontanicznego działania pociągnęła za sobą zwiększenie kosztów budowy oraz opóźnienia realizacyjne. Należy jednak podkreślić, że racjonalna reakcja wykonawcy zapobiegła awarii lub katastrofie budowlanej, która mogła okazać się zdecydowanie dotkliwsza w skutkach w porównaniu z dodatkowymi kosztami związanymi z naprawą stropu.

*Fotografie i rysunek – Autorzy*

## Literatura

- [1] Bajorek G., Bobrowicz J., Problemy prowadzenia robót betonowych w warunkach zimowych, Konferencja Dni Betonu, Wisła 2006.
- [2] Jamróży Z., Beton i jego technologie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- [3] Neville A. M., Właściwości betonu, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2012.
- [4] Instrukcja ITB nr 282. Wytyczne wykonywania robót budowlano-montażowych w okresie obniżonych temperatur, ITB, Warszawa 1995.
- [5] PN-EN 13670:2011. Wykonywanie konstrukcji z betonu. PKN, Warszawa 2011.
- [6] PN-EN 12504-1:2011. Badania betonu w konstrukcjach – Część 1: Próbkki rdzeniowe – Pobieranie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie. PKN, Warszawa 2011.
- [7] PN-EN 12390-3:2011. Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań. PKN, Warszawa 2011.

Otrzymano 19.04.2015 r.