

# Wykonywanie robót betonowych nareszcie unormowane – PN-EN 13670:2011

## Zagadnienia dotyczące betonu

Kiedy pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku dość mocno zaawansowane stały się prace dotyczące normalizacji w dziedzinie konstrukcji betonowych – głównie w Eurokodzie 2 [1] obejmującym zagadnienia projektowe oraz normie wyrobu EN-206 [2] określającej wymogi dla betonu – wtedy problematykę związaną z wykonywaniem takich konstrukcji próbowano ulokować po części w jednej i w drugiej normie. Zagadnienia technologiczne okazały się na tyle trudne do sformułowania i jednocześnie obszerne, że powodowały opóźnienia w opracowaniu ostatecznej wersji norm oraz ich wdrożeniu. Postanowiono wtedy w eurokodach (czyli normach do projektowania) pozostawić treści wyłącznie związane z projektowaniem, a w normie EN 206 treści związane wyłącznie z materiałem. Natomiast „wyrzucone” z nich treści dotyczące wykonawstwa zgromadzono w zupełnie nowym, odrębnym dokumencie, którego projekt powstał w 2000 roku. Z uwagi na znaczenie zawartej w nim informacji już wtedy, z inicjatywy Stowarzyszenia Producentów Betonu Towarowego w Polsce (SPBT), wydano w Polskim Komitecie Normalizacyjnym (PKN) polską wersję tego projektu normy [3]. A nad ostateczną wersją normy pracowano dalej... Dopiero w 2009 powstał dokument EN (to znaczy, że został uzgodniony na zasadzie konsensu), a po przetłumaczeniu i ankietyzacji w Komitecie Technicznym PKN-u został wprowadzony na nasz rynek krajowy normą PN-EN 13670 [4] pod koniec 2011 roku. Można stwierdzić: nareszcie... – dlatego „nareszcie”, że projektant otrzymał w końcu kompletne narzędzie do opracowania kompletnej specyfikacji, a to wymogi w niej zawarte mają zapewnić spełnienie oczekiwań inwestora.

### 1. Przeznaczenie i zawartość normy PN-EN 13670:2011

Norma EN 13670 opracowana została na podstawie mandatu udzielonego Europejskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu (CEN) przez Komisję Europejską (EC), co oznacza, że jest normą zharmonizowaną z dyrektywami. Oznacza to więc, że jest skorelowana z Eurokodami, które także powstały na podstawie mandatów EC, w tym przede wszystkim zgodnie z Eurokodem 2 (EN 1992) [1] obejmującym konstrukcje betonowe, oraz Eurokodem 4 (EN 1994) [5] obejmującym konstrukcje zespolone. Te z kolei opierają się na Eurokodzie ogólnym (EN 1990) [6] dotyczącym podstaw projektowania konstrukcyjnego. Dzięki tak przyjętym założeniom i wzajemnym zależnościom ma być zapewniony podstawowy cel wykonawstwa konstrukcji betonowych – osiągnięcie zamierzonego poziomu bezpieczeństwa w okresie ich użytkowania. Mają temu służyć zdefiniowane we wprowadzeniu do normy EN 13670 trzy jej zasadnicze funkcje, które realizuje się w specyfikacji wykonawczej:

- a) określenie zasad przekazywania zbioru wymagań podczas projektowania pomiędzy projektantem a wykonawcą, czyli ustanowienie pomostu pomiędzy projektowaniem a wykonawstwem
- b) ustanowienie zbioru znormalizowanych wymagań technicznych stanowiących podstawę przetargów na wykonanie konstrukcji z betonu
- c) służyć jako lista kontrolna dla projektanta, gwarantująca, że dostarczy on wykonawcy konstrukcji wszystkie informacje techniczne istotne dla jej wykonania.

Treść normy ujmuje w osobnych rozdziałach pięć odrębnych zagadnień technologicznych związanych z realizacją konstrukcji betonowych:

- a) rusztowanie i deskowanie (rozd. 6)
- b) zbrojenie (rozd. 6)
- c) sprężanie (rozd. 7)
- d) betonowanie (rozd. 8)
- e) roboty z zastosowaniem prefabrykowanych elementów betonowych (rozd. 9).

Oprócz tego, w dwóch rozdziałach zawarto informacje o charakterze ogólnym. Rozdział 4 zawiera wymagania dla nadzoru wykonawczego, które muszą być każdorazowo uszczegółowione w specyfikacji wykonawczej do projektu, rozdział 10 natomiast wymagania w zakresie tolerancji geometrycznych, które stanowią przeważnie podstawę odbioru końcowego robót betonowych.

W dalszej części artykułu przedstawiono najważniejsze ustalenia normy związane z betonem jako materiałem, tzn. zagadnienia ogólnych założeń zapewnienia jakości (ujęte w rozdz. 4 i 10 normy) oraz aspekty technologiczne dotyczące betonowania (ujęte w rozdz. 8 normy). Zagadnienia pozostałe, z uwagi na dużą objętość informacji, mogą stać się tematem osobnej publikacji.

### 2. Nadzór wykonawczy

Podstawowym założeniem dla prawidłowego nadzoru wykonawstwa jest możliwość odniesienia się do wymogów stawianych realizowanemu obiektowi, które muszą być ustalone w kompletnym projekcie konstrukcji, a jego obowiązkową częścią jest **specyfikacja wykonawcza**. Za realizację prac zgodnie z wymogami i projektem oraz za ich nadzorowanie odpowiedzialne jest **kierownictwo projektu**. Kierownictwo budowy natomiast, jako odpowiedzialne za organizację robót, musi zapewnić właściwe i bezpieczne użytkowanie wyposażenia i maszyn, wymaganą jakość materiałów, wykonanie obiektu zgodnie z projektem oraz bezpieczne jego użytkowanie do momentu odbioru robót budowlanych. Zakłada się przy tym, że roboty wykonywane są przez personel posiadający niezbędne kwalifikacje przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń i środków. Wykonawca ma przestrzegać przepisów i norm, m.in. pod względem:

- zarządzania jakością
- wymaganych kompetencji personelu

- bezpieczeństwa i higieny prac budowlanych
- aspektów środowiskowych.

Jednym z elementów zarządzania jakością jest nadzór i kontrola prac, których celem jest potwierdzenie, że konstrukcja wykonywana jest zgodnie ze specyfikacją wykonawczą, w tym w zakresie zgodności wyrobów i materiałów oraz kontroli wykonywania robót.

Wymagania dotyczące zarządzania jakością mają być określone w specyfikacji wykonawczej przez przyjęcie jednej z trzech klas wykonania (przy czym wymagana dokładność wzrasta od klasy 1 do klasy 3):

- klasa wykonania 1
- klasa wykonania 2
- klasa wykonania 3.

Klasa kontroli może dotyczyć całej konstrukcji, jej elementów lub niektórych materiałów (technologii) użytych do wykonania robót.

Dla każdej z trzech klas kontroli norma podaje szczegóły dotyczące:

- kontroli materiałów i wyrobów (tablica 1)
- zakresu kontroli wykonania (tablica 2)
- rodzaju kontroli wykonania i dokumentacji kontroli (tablica 3).

Tablice te zacytowano w oryginalnym brzmieniu z normy, wraz z przywołaniami numerów jej rozdziałów – przy czym w niniejszym artykule nie rozwinięto szczegółów treści tych przywołań, zwłaszcza jeśli dotyczą one zagadnień innych niż związane z betonem.

Trzy klasy wykonawstwa związane są z trzema poziomami zróżnicowania niezawodności określonymi w PN-EN 1990 Załącznik B [6]. Poziom wykonania i kontroli w zakresie klasy wykonania 2 spełniają założenia projektowe normy PN-EN 1992 i wymagany poziom bezpieczeństwa odniesiony do częściowych materiałowych współczynników bezpieczeństwa podanych w rozdziale 2.4.2.4 normy PN-EN 1992-1-1 [1].

Klasy wykonania obejmują wymagania w zakresie kontroli i wymagania wynikające z planu jakości obejmującego działania organizacyjne oraz przydział środków i personelu i określają konieczny do ustalenia w specyfikacji wykonawczej plan kontroli, który powinien zawierać następujące elementy:

- wymagania
- powołanie na normę i specyfikację wykonawczą
- metodę kontroli, monitorowania lub badań
- określenie etapu kontroli
- częstotliwość kontroli, monitorowania lub badań
- kryteria zgodności
- dokumentację
- odpowiedzialnego za kontrolę
- ewentualny udział innych stron w kontroli.

Trzy klasy wykonania dają możliwość określenia wymaganego poziomu zarządzania jakością opartego na znaczeniu elementów/konstrukcji oraz standardu wykonania ze względu na zdolność konstrukcji do spełnienia założonej funkcji.

**Klasa wykonania 1** powinna być stosowana jedynie w odniesieniu do konstrukcji, gdzie konsekwencje awarii są małe lub pomijalne. Kontrola w klasie wykonania 1 może być przeprowadzona przez operatora, który prowadził roboty – oznacza to, że kontrola jest przeprowadzana po zakończeniu wszystkich robót – samokontrola.

Dla konstrukcji w **klasie wykonania 2** systematyczna kontrola wewnętrzna powinna uwzględnić kontrolę wszystkich robót betonowych i zbrojeniowych dotyczących ważnych elementów konstrukcyjnych, takich jak słupy i belki. Kontrola innych elementów konstrukcyjnych przez sprawdzanie punktowe powinna być przeprowadzana w zakresie zależnym od znaczenia danego elementu konstrukcyjnego dla nośności i trwałości.

Dla konstrukcji w **klasie wykonania 3** systematyczna kontrola wewnętrzna powinna uwzględniać roboty betonowe mające znaczenie dla nośności i trwa-

Tablica 1. Zarządzanie jakością – kontrola materiałów i wyrobów [4]

| Przedmiot   | Klasa wykonania 1  | Klasa wykonania 2           | Klasa wykonania 3 |
|---|--|-----------------------------|-------------------|
| Materiały do rusztowań, deskowań i stemplowania <sup>a</sup>                          | Zgodnie z 5.1 <sup>*)</sup> i 5.2 <sup>*)</sup>  |                             |                   |
| Stal zbrojeniowa <sup>a</sup>   | Zgodnie z 6.2 <sup>*)</sup>  |                             |                   |
| Elementy systemu sprężania <sup>a</sup>   | Nie stosuje się w tej klasie   | Zgodnie z 7.2 <sup>*)</sup> |                   |
| Mieszanka betonowa <sup>a,c</sup> beton towarowy lub beton wytwarzany na placu budowy | Zgodnie z 8.2 <sup>*)</sup> i 8.3 <sup>*)</sup><br>Przy odbiorze betonu towarowego powinien być przekazany dowód dostawy |                             |                   |
| Inne materiały <sup>a,b</sup>   | Zgodnie ze specyfikacją wykonawczą   |                             |                   |
| Elementy prefabrykowane <sup>a</sup>  | Zgodnie z 9.2 <sup>*)</sup> i 9.3 <sup>*)</sup>  |                             |                   |
| Raport z kontroli   | Niewymagany  | Wymagany                    |                   |

<sup>a</sup> Wyroby ze znakiem CE lub certyfikatem otrzymanym od uznanej jednostki certyfikującej należy sprawdzić zgodnie z dowodem dostawy i skontrolować wizualnie. W przypadkach wątpliwych należy przeprowadzić dalszą kontrolę, aby sprawdzić, czy wyrób jest zgodny ze specyfikacją. Inne wyroby powinny być przedmiotem kontroli i badania dopuszczającego zgodnie ze specyfikacją wykonawczą.

<sup>b</sup> Np. wbudowywane elementy stalowe itp.

<sup>c</sup> Jeśli stosuje się beton recepturowy, jego odpowiednie właściwości należy sprawdzić przy pomocy badań

<sup>\*)</sup> Numeracja rozdziałów wg normy PN-EN 13670:2011

Tablica 2. Zarządzanie jakością – kontrola wykonania – zakres nadzoru wykonawstwa [4]

| Przedmiot   | Klasa wykonania 1                                   | Klasa wykonania 2                                 | Klasa wykonania 3 |
|---|---|---|-------------------|
| Rusztowanie, deskowanie i stemplowanie  | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 5 <sup>*)</sup>   |   |                   |
| Elementy wbudowane  | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 5.6 <sup>*)</sup> |   |                   |
| Elementy zwykłe   | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 6 <sup>*)</sup>   |   |                   |
| Zbrojenie sprężające  | Nie stosuje się w tej klasie                        | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 7 <sup>*)</sup> |                   |
| Transport na placu budowy, układanie mieszanki betonowej i pielęgnacja betonu | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 8 <sup>*)</sup>   |   |                   |
| Montaż elementów prefabrykowanych   | Zgodnie z wymaganiami zawartymi w 9 <sup>*)</sup>   |   |                   |

<sup>\*)</sup> Numeracja rozdziałów wg normy PN-EN 13670:2011

Tablica 3. Zarządzanie jakością – kontrola wykonania – rodzaj kontroli i dokumentacja kontroli [4]

| Przedmiot   | Klasa wykonania 1                     | Klasa wykonania 2  | Klasa wykonania 3  |
|---|---------------------------------------|--|--|
| Rodzaj kontroli                                   | Kontrola wizualna i pomiary wybiórcze | Kontrola wizualna elementów i regularne pomiary głównych elementów   | Kontrola wizualna. Szczegółowa kontrola wszystkich robót, istotnych dla nośności i trwałości konstrukcji       |
| Strona odpowiedzialna za przeprowadzenie kontroli | Samokontrola                          | Samokontrola. Kontrola zgodnie z procedurami wykonawcy. Możliwe dodatkowe wymagania zgodnie ze specyfikacją wykonawczą | Samokontrola. Kontrola zgodnie z procedurami wykonawcy. Dodatkowe wymagania zgodnie ze specyfikacją wykonawczą |
| Zakres  | Wszystkie roboty                      | Oprócz samokontroli, powinny być przeprowadzane regularne kontrole robót   | Oprócz samokontroli, powinny być przeprowadzane regularne kontrole robót                                       |
| Raport z kontroli                                 | Niewymagany                           | Wymagany   |  |
| Powykonawcze rysunki geometrii                    | Niewymagane                           | Zgodnie ze specyfikacją wykonawczą   |  |



foto: Michał Braszczowski

Budowa Świątyni Opatrzności Bożej w Warszawie

łości. Obejmuje to kontrolę deskowania, zbrojenia, oczyszczenia przed betonowaniem, betonowania i pielęgnacji, sprężania, iniekcji itp. W ramach kontroli w klasie 3 dodatkowo, oprócz samokontroli i systematycznej kontroli wewnętrznej, przeprowadzanej przez wykonawcę we własnym zakresie, może występować konieczność kontroli rozszerzonej (np. zgodnie z regulacjami krajowymi i/lub specyfikacją wykonawczą). Ta rozszerzona kontrola może być przeprowadzona przez inną firmę – kontrola niezależna. W przypadku gdy wymagana jest kontrola rozszerzona (lub niezależna), powinna ona obejmować przynajmniej zakres jak w przypadku systematycznej kontroli wewnętrznej w klasie wykonania 2.

### 3. Betonowanie

Z uwagi na ścisłą relację normy PN-EN 13670 z eurokodami, zasadniczym założeniem dotyczącym betonu jest konieczność jego specyfikowania i produkcji zgodnie z normą PN-EN 206-1 [2]. Tak więc za kontrolę i ocenę zgodności odpowiedzialny jest producent betonu, czego najprostszym dowodem jest wprowadzona Zakładowa Kontrola Produkcji. Według zaleceń obu tych norm, miejscem kontroli właściwości betonu jest miejsce dostawy. W przypadku wyboru innego miejsca sprawdzania właściwości, np. węzła betoniarskiego, producent powinien posiadać dowody dotyczące korelacji pomiędzy takimi wynikami a uzyskiwanymi w miejscu dostawy.

Jeśli jest prowadzone badanie identyczności, to próbki powinny być pobierane także w miejscu dostawy (w przypadku betonu nietowarowego – w miejscu betonowania).

#### Roboty przygotowawcze

W ramach przygotowań do procesu wbudowywania betonu norma zaleca dość obszerny zakres zadań:

- należy przygotować plan betonowania (jeśli jest to wymagane w specyfikacji wykonawczej)
- należy przeprowadzić próbne betonowanie (jeśli także jest to wymagane w specyfikacji wykonawczej), co powinno być udokumentowane przed rozpoczęciem robót betoniarskich
- złącza konstrukcyjne powinny być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w specyfikacji wykonawczej, a przede wszystkim powinny być czyste, bez mleczka cementowego, zwilżone do stanu wilgotnego
- deskowanie ma być nieuszkodzone, wolne od lodu, śniegu i stojącej wody
- w przypadku układania mieszanki betonowej bezpośrednio na podłożu gruntowym należy ją zabezpieczyć przed zmieszaniem z gruntem
- w przypadku wykonywania robót w okresie zimowym należy zapewnić, by temperatura podłoża (gruntu, skały), deskowania lub elementów konstrukcyjnych stykających się z sekcją przeznaczoną do betonowania nie spowodowała zamarzania betonu, zanim osiągnie on wystarczającą wytrzymałość, gwarantującą odporność betonu na zamarzanie
- jeżeli podczas układania betonu lub w okresie jego dojrzewania prognozowana jest temperatura otoczenia poniżej 0°C, należy zaplanować środki ostrożności zabezpieczające beton przed uszkodzeniem z powodu zamarzania
- jeżeli podczas układania betonu lub w okresie jego dojrzewania prognozowana jest wysoka temperatura otoczenia, należy zaplanować środki ostrożności zabezpieczające beton przed uszkodzeniami
- należy przewidzieć środki ostrożności przeciwdziałające uszkodzeniom, które mogą być spowodowane przez deszcz lub inną wodę opadającą, która może wymywać cement i drobne

frakcje kruszywa z mieszanki betonowej w trakcie betonowania

- wszystkie prace przygotowawcze powinny być zakończone, skontrolowane i udokumentowane zgodnie z wymaganą klasą wykonania przed rozpoczęciem betonowania.

#### Układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej

Prowadzenie procesów układania i zagęszczania mieszanki betonowej powinno przede wszystkim zapewnić właściwą utulinę całego zbrojenia i wbudowanych wkładek oraz osiągnięcie przez beton założonej wytrzymałości i trwałości. Wymagana jest szczególna staranność w zapewnieniu właściwego zagęszczenia betonu w okolicach zmian przekrojów, w miejscach zwiężeń, w rejonie wkładów skrzynkowych, przy gęstym ułożeniu zbrojenia i w miejscach przerw technologicznych. Należy wykluczyć możliwość segregacji mieszanki betonowej.

Szybkość układania i zagęszczania powinna być tak dostosowana, aby uniknąć tworzenia się zimnych złączy oraz aby uniemożliwić nadmierne osiadanie lub przeciążenie deskowania i rusztowania. Podczas betonowania i zagęszczania beton należy chronić przed niekorzystnym działaniem promieniowania słonecznego, silnym wiatrem, zamarzaniem, wodą, deszczem i śniegiem.

Oprócz przedstawionych powyżej zaleceń ogólnych, norma PN-EN 13670 zwraca uwagę na najistotniejsze aspekty związane z układaniem i zagęszczaniem lekkiego betonu kruszywowego, betonu samozagęszczalnego, betonu natryskowego oraz układanego w deskowaniu ślizgowym i przy betonowaniu podwodnym.

Konieczne wydaje się w tym miejscu przypomnienie dodatkowych wymagań dotyczących betonowania, wynikających z normy PN-EN 206-1 [2]. W rozdz. 5.2.8 określa ona „minimalną temperaturę mieszanki betonowej w momencie dostarczenia równą +5°C”. W rozdz. 7.5 dotyczącym konsystencji przy dostawie ustala, że „w zasadzie zarania się dodawania wody i domieszek do mieszanki betonowej przy jej dostarczaniu – w szczególnych przypadkach, na odpowiedzialność producenta, aby osiągnąć określoną wartość konsystencji dopuszcza się dodanie wody lub domieszek, pod warunkiem, że nie zostaną przekroczone wartości graniczne dopuszczone w specyfikacji, a dodanie domieszki zostało uwzględnione w projekcie mieszanki betonowej”. Dalej w rozdz. 9.8 dotyczącym mieszania mieszanki betonowej wyjaśnia, w jaki sposób można to zrealizować – „domieszki (...) znacznie redukujące ilość wody i domieszki redukujące ilość wody (...) można dodawać po zasadniczym procesie mieszania; w tym przypadku mieszankę betonową należy powtórnie mieszać do momentu, aż domieszka będzie całkowicie rozprowadzona w zarobie lub ładunku oraz osiągnie swoją pełną skuteczność; zaleca się, aby czas trwania powtórnego mieszania w betoniarnie samochodowej, po zasadniczym procesie mieszania, nie był krótszy niż 1 minuta/m<sup>3</sup> oraz nie krótszy niż 5 minut po dodaniu domieszki”. W tym samym miejscu zwrócono uwagę, przede wszystkim wykonawcy robót, że nie należy zmieniać składu mieszanki betonowej po jej usunięciu z betoniarki. Krajowe uzu-

pełnienie normy PN-EN 206-1, czyli norma PN-B 06265:2004 [7], w rozdz. 5.4. określa wymogi w zakresie czasu przerobu mieszanki betonowej: „jeżeli dostawca z odbiorcą nie uzgodnią inaczej, to w przypadku mieszanki betonowej niezawierającej domieszek o działaniu opóźniającym w temperaturze otoczenia atmosferycznego nieprzekraczającej +20°C betoniarki samochodowe należy całkowicie rozładować w czasie nie dłuższym niż 90 minut, licząc od chwili pierwszego kontaktu wody z cementem”. Ten zapis w szczególności dedykowany jest wykonawcom robót, bo to od nich

Tablica 4. Klasy pielęgnacji

|  | Klasa pielęgnacji 1 | Klasa pielęgnacji 2 | Klasa pielęgnacji 3 | Klasa pielęgnacji 4 |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Czas [godziny]   | 12 <sup>a)</sup>    | Nie stosuje się     | Nie stosuje się     | Nie stosuje się     |
| Procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach | Nie stosuje się     | 35%                 | 50%                 | 70%                 |

<sup>a)</sup> Pod warunkiem, że wiązanie nie trwa dłużej niż 5 godzin, a temperatura powierzchni betonu jest równa +5°C lub wyższa

Tablica 5. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 2 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 35% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

| Temperatura powierzchni betonu t [°C] | Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]    |                                   |                                  |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                       | Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup> |                                   |                                  |
|                                       | $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$                           |                                   |                                  |
|                                       | szybki<br>$r \geq 0,50$                            | średni<br>$0,50 \geq r \geq 0,30$ | wolny<br>$0,30 \geq r \geq 0,15$ |
| $t \geq 25$                           | 1,0  | 1,5                               | 2,5                              |
| $25 > t \geq 15$                      | 1,0  | 2,5                               | 5                                |
| $15 > t \geq 10$                      | 1,5  | 4                                 | 8                                |
| $10 > t \geq 5$ b)                    | 2,0  | 5                                 | 11                               |

<sup>a)</sup> plus każdy okres wiązania przekraczający 5 godzin

<sup>b)</sup> zaleca się, aby w temperaturze poniżej +5°C czas pielęgnacji był wydłużony o czas, w którym temperatura jest poniżej +5°C

<sup>c)</sup> rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, wyznaczonych w badaniach wstępnych lub na podstawie znanych właściwości betonu o porównywalnym składzie (patrz PN-EN 206-1)

<sup>d)</sup> w przypadku bardzo wolnego rozwoju wytrzymałości betonu zaleca się, aby szczególne wymagania dla pielęgnacji były podane w specyfikacji wykonawczej

Tablica 6. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 2 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 50% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

| Temperatura powierzchni betonu t [°C] | Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]    |                                   |                                  |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                       | Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup> |                                   |                                  |
|                                       | $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$                           |                                   |                                  |
|                                       | szybki<br>$r \geq 0,50$                            | średni<br>$0,50 \geq r \geq 0,30$ | wolny<br>$0,30 \geq r \geq 0,15$ |
| $t \geq 25$                           | 1,5  | 2,5                               | 3,5                              |
| $25 > t \geq 15$                      | 2,0  | 4                                 | 7                                |
| $15 > t \geq 10$                      | 2,5  | 7                                 | 12                               |
| $10 > t \geq 5$ b)                    | 3,5  | 9                                 | 18                               |

<sup>a), b), c), d)</sup> odwołania jak w tablicy 5

Tablica 7. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 2 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 70% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

| Temperatura powierzchni betonu t [°C] | Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]    |                                   |                                  |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                       | Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup> |                                   |                                  |
|                                       | $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$                           |                                   |                                  |
|                                       | szybki<br>$r \geq 0,50$                            | średni<br>$0,50 \geq r \geq 0,30$ | wolny<br>$0,30 \geq r \geq 0,15$ |
| $t \geq 25$                           | 3  | 5                                 | 6                                |
| $25 > t \geq 15$                      | 5  | 9                                 | 12                               |
| $15 > t \geq 10$                      | 7  | 13                                | 21                               |
| $10 > t \geq 5$ b)                    | 9  | 18                                | 30                               |

<sup>a), b), c), d)</sup> odwołania jak w tablicy 5

zależy takie przygotowanie frontu robót, aby zdążyć z wbudowaniem betonu w wymaganym czasie.

### **Pielęgnacja i ochrona betonu**

Zważając na fakt, że czynności technologiczne związane z przygotowaniem betonowania, jak i bezpośrednio z betonowaniem, są tak samo ważne z punktu widzenia zapewnienia uzyskania oczekiwanych właściwości betonu, jak te po zakończeniu formowania konstrukcji, norma PN-EN 13670 poświęca osobny, dość obszerny rozdział 8.5, zagadnieniom pielęgnacji i ochrony betonu we wczesnym okresie jego dojrzewania. Uzasadnia to w taki sposób:

- aby zminimalizować skurcz plastyczny
- aby zapewnić odpowiednią wytrzymałość powierzchniową
- aby zapewnić odpowiednią trwałość strefy powierzchniowej
- aby chronić przed szkodliwymi warunkami atmosferycznymi
- aby chronić przed zamarzaniem
- aby chronić przed szkodliwymi drganiami, uderzeniami lub uszkodzeniami.

Dla zrealizowania odpowiednich warunków ochrony, powinny one być określone w specyfikacji wykonawczej w odniesieniu do wymogów stawianych wykonywanej konstrukcji. Powinny zatem być określone metody pielęgnacji (ochrony) oraz czas jej trwania (klasa pielęgnacji).

Metody pielęgnacji powinny zapewniać niskie tempo odparowywania wody z powierzchni betonu lub utrzymywanie powierzchni cały czas w stanie wilgotnym. Może to być:

- pozostawienie betonu w deskowaniach
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie, a we wczesnej fazie dojrzewania wyłącznie poprzez zraszanie
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie i zatrzymanie wody przy pomocy włóknin
- zalewanie całej powierzchni betonu wodą i stałe utrzymywanie warstwy wody
- pokrycie powierzchni preparatami błonotworczymi (żywicznymi lub parafinowymi)
- pokrycie arkuszami (pasmami) folii PE.

W czasie dojrzewania temperatura powierzchni betonu nie powinna spadać poniżej 0°C, dopóki powierzchnia betonu nie osiągnie wytrzymałości, przy której jest odporna na zamarzanie bez uszkodzeń ( $f_c \geq 5$  MPa). Z kolei najwyższa temperatura betonu wewnątrz elementu nie powinna przekraczać 70°C.

Czas trwania pielęgnacji powinien być funkcją rozwoju właściwości betonu w strefie powierzchniowej. Rozwój właściwości opisany jest przez 4 klasy pielęgnacji definiowane za pomocą czasu pielęgnacji lub procentem wymaganej wytrzymałości charakterystycznej betonu na ściskanie po 28 dniach dojrzewania. Przedstawiono je w tablicy 4. Kolejne natomiast tablice nr 5, 6 i 7 przedstawiają minimalne czasy pielęgnacji w odpowiednich klasach pielęgnacji – 2, 3 i 4.

### **4. Tolerancje geometryczne**

Ukończona konstrukcja powinna spełniać wymagania odnośnie dopuszczalnych odchyłek, by uniknąć niepożądanych efektów dotyczących:

- nośności i stabilności w warunkach wykonywania i w warunkach użytkowania
- zachowania użyteczności podczas eksploatacji budynku
- zgodności montażowej między konstrukcją a jej niekonstrukcyjnymi elementami.

Wartości liczbowe dotyczą tolerancji konstrukcyjnych, tj. takich, które mają wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji. Zostały one określone w rozdz. 10 normy dla poszczególnych rodzajów elementów konstrukcyjnych: fundamentów, słupów i ścian, belek i płyt, a także przekrojów, powierzchni i prostoliniowości krawędzi oraz otworów i wkładek.

Norma określa dwie klasy tolerancji geometrycznych. Jeżeli w specyfikacji wykonawczej nie określono inaczej, stosuje się klasę tolerancji 1, traktując ją jako podstawową. Tolerancje w zakresie klasy tolerancji 1 spełniają założenia projektowe normy PN-EN 1992 i wymagany poziom bezpieczeństwa oraz odnoszą się do częściowych materiałowych współczynników bezpieczeństwa podanych w rozdziale 2.4.2.4 normy PN-EN 1992-1-1 [1]. Uznaje się je jako zasadnicze dla nośności i stabilności konstrukcji w warunkach wykonywania i w warunkach użytkowania.

Klasa tolerancji 2 jest zasadniczo przeznaczona do stosowania przy zmniejszonych materiałowych współczynnikach bezpieczeństwa określonych w załączniku A do normy PN-EN 1992-1-1 [1]. Można ją użyć w projektowaniu i wskazać w specyfikacji, jeśli istnieją realne przesłanki co do możliwości w zakresie zapewnienia większej dokładności wykonania.

### **5. Podsumowanie**

Niniejszy artykuł nie wyczerpuje oczywiście wszystkich zapisów i wymagań świeżo udostępnionej normy dotyczącej wykonawstwa konstrukcji betonowych, bo też nie jest jego celem przedstawienie instrukcji, jak tę normę można i należy stosować. Celem zaś jest zasygnalizowanie środowisku inżynierskiemu, że taka norma w ogóle istnieje. Dobrze byłoby, gdyby trafiła przede wszystkim do środowiska projektanckiego, bo na tym etapie powstają specyfikacje do projektów. Dobrze byłoby, gdyby wdrażane były wymogi tej normy do zapisów specyfikacji wykonawczych. Taka jednoznaczność, odniesiona do jednolitych wymogów, ułatwi zapewne sposób ich rozumienia przez wykonawców robót, a zwłaszcza przez nadzór inwestorski. Jasno sformułowane kryteria akceptacji jakości robót pozwolą na jasne i jednoznaczne postępowanie przy ich odbiorze. Dodać na koniec można, że załącznik A do normy (informacyjny) zawiera dość dokładne wytyczne co do dokumentacji wykonawczej, w tym w szczególności co do zawartości wymaganej specyfikacji wykonawczej.

**dr inż. Grzegorz Bajorek**  
**Politechnika Rzeszowska**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**  
**mgr inż. Marta Kiernia-Hnat**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**  
**dr inż. Izabela Skrzypczak**  
**Politechnika Rzeszowska**

#### **Literatura**

- 1 PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 2 PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 3 Prenorma Europejska ENV 13670-1, styczeń 2000, Wykonywanie konstrukcji betonowych. Część 1: Uwagi ogólne
- 4 PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji betonowych
- 5 PN-EN 1994-1-1:2008 Eurokod 4. Projektowanie zespolonych konstrukcji stalo-wobetonowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 6 PN-EN 1990:2004 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- 7 PN-B 06265:2004 Krajowe uzupełnienia PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność