



fol. Cezary Bajtnek

Pielęgnacja wciąż najślabszym ogniwem w technologii robót betonowych

1. Relacja: projektant konstrukcji – producent betonu – wykonawca obiektu

Założenia projektanta konstrukcji betonowej (specyfikującego), który dobierając charakterystyki materiałowe betonu opiera się głównie o zalecenia Eurokodu 2 [1] lub Eurokodu 4 [2], muszą być zrealizowane w trakcie wznoszenia obiektu budowlanego. Dotyczą one zdefiniowanych parametrów wytrzymałościowych określonych klasą wytrzymałości na ściskanie (np. C30/37) oraz określenia możliwych w trakcie użytkowania konstrukcji oddziaływań korozyjnych poprzez zakwalifikowanie jej do odpowiednich klas ekspozycji (X0, XC, XD, XS, XF, XA, XM). Dodatkowo, projektant może (ma prawo) precyzyjniej określić sposób zrozumienia, a później egzekwowania, właściwości specjalnych betonu – np. w zakresie mrozoodporności, ustalając stopień F (np. F150) wg PN-B-06250 [3], lub wodoszczelności, ustalając stopień W (np. W8), także wg PN-B-06250 [3], ewentualnie głębokość penetracji wody wg PN-EN 12390-8 [4]. Zapewnienie uzyskania tak zdefiniowanych wymogów w trakcie wznoszenia konstrukcji podzielone jest pomiędzy dwóch uczestników przedsięwzięcia – producenta betonu oraz wykonawcę robót betonowych. Odpowiedzialność pierwszego za uzyskanie oczekiwanych właściwości kończy się w miejscu dostawy

wyrobu (betonu) do odbiorcy. W zależności od sytuacji, może to być np. węzeł betoniarski, jeśli wykonawca sam własnymi środkami transportu odbiera beton bezpośrednio z produkcji, lub np. ostateczne miejsce wbudowywania betonu w element konstrukcyjny, jeśli producent sprzedaje go z usługą transportu wraz z pompowaniem. Tak jak odpowiedzialność, tak też podzielone są zadania technologiczne pomiędzy producenta betonu i wykonawcę robót.

Producent, w przypadku betonu projektowanego, odpowiada za uzyskanie określonych w zamówieniu (specyfikacji) właściwości betonu odniesionych do warunków laboratoryjnych dojrzewania. By uzyskać te właściwości musi posiadać wdrożoną do produkcji, dobrze zaprojektowaną i potwierdzoną badaniami wstępnymi recepturę. Prawidłowy nadzór nad produkcją poprzez normowy system Zakładowej Kontroli Produkcji zapewnia właściwe dozowanie i wymieszanie składników, a później transport i rozładunek na budowie. Przeważnie w tym miejscu następuje przekazanie wyrobu wykonawcy do dalszych zabiegów technologicznych, wraz z przekazaniem odpowiedzialności za dalsze kształtowanie właściwości. Rozpoczynają się zabiegi, które całkowicie mogą zniweczyć teoretyczne założenia projektanta i praktyczne działania producenta. Wbudowywanie mieszanki



fol. Cezary Bajtnek

betonowej w konstrukcję dotyczy prawidłowego jej rozłożenia i zagęszczenia – bez przerw roboczych, bez zimnych złączy, bez nadmiaru porów, z zapewnieniem jednorodności. Ale w tym miejscu beton nie kończy swojego „życia” – wręcz odwrotnie – zaczyna je. Rozpoczynają się procesy wiązania i twardnienia, od przebiegu których zależy ostateczny sukces – oczekiwana struktura materiału. To od niej zależy zarówno wytrzymałość mechaniczna, jak i odporność korozyjna zapewniająca trwałość konstrukcji.

Ten ostatni okres związany jest z prawidłową pielęgnacją i ochroną dojrzewającego betonu, zdefiniowaną w normie PN-EN 13670 [5]. Jej celem jest: minimalizacja skurczu plastycznego, zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości powierzchniowej i zapewnienie odpowiedniej trwałości strefy przypowierzchniowej. Wymaga to doboru odpowiedniej do warunków i konstrukcji metody pielęgnacji oraz czasu jej trwania. Dodatkowo, młody beton należy chronić przed szkodliwymi warunkami atmosferycznymi, przed zamrażaniem oraz przed szkodliwymi drganiami, uderzeniami lub uszkodzeniami [5]. Praktyka budowlana potwierdza niestety, że ten zakres zabiegów technologicznych jest wciąż najmniej doceniany i realizowany w rzeczywistych warunkach wykonawstwa. Także niestety, prowadzi często do koniecznych napraw lub wzmocnień jeszcze przed oddaniem obiektu do użytkowania.

2. Potrzeba zdefiniowania procesu pielęgnacji na etapie projektu

Potrzeba pielęgnacji jest coraz bardziej znana i doceniana [np. 6], zwłaszcza gdy opiera się na twardych faktach przedstawiających skutki nieprawidłowo prowadzonego procesu ochrony betonu po budowaniu w konstrukcję.

Negatywne skutki w postaci uszkodzeń są zapewne najskuteczniejszym sposobem na budowanie szacunku dla pielęgnacji, a są z reguły skutkiem szczególnie niekorzystnych warunków atmosferycznych – nasłonecznienia, opadów, wiatru itp. Przy nieustannie zmieniających się warunkach pogodowych naszej strefy klimatycznej, wiele realizacji trafia na okres, kiedy są one sprzyjające – umiarkowane temperatury, duża wilgotność powietrza, bez wiatru itp. Jeśli opady, to łagodne, krótkotrwałe. Takie „szczęście” wykonawcy niestety znieczuła go. Skoro konstrukcja „wyszła”, gdy nic się nie robiło, to po co na zapas angażować (marnować?) siły i środki, by zbędnie chronić beton? Z czasem doprowadza to do rutyny, a ta do niespodziewanego błędu.

Aby go uniknąć, trzeba o to zadbać na etapie prognozowania zadań – muszą być należycie sformułowane przez Projektanta.

Zasady pielęgnacji powinny być określone w specyfikacji do projektu w zależności od rodzaju konstrukcji, jej przeznaczenia i funkcji, oraz w zależności od klasy ekspozycji betonu według wymagań normy PN-EN 206 [7], równoznacznych z określonymi przez normę projektową konstrukcji PN-EN 1992 [1]. Projektant powinien narzucić wymaganą przy realizacji obiektu wymaganą klasę pielęgnacji, uwzględniając także przewidywane obciążenia konstrukcji w trakcie jej wznoszenia [8].

3. Ustalenie sposobu i czasu trwania pielęgnacji

Metody pielęgnacji należy tak dobierać [4], aby za-

Tablica 1. Dobór klasy pielęgnacji wg PN-EN 13670 [4]

	Klasa pielęgnacji 1	Klasa pielęgnacji 2	Klasa pielęgnacji 3	Klasa pielęgnacji 4
Czas (h)	12	-	-	-
Procentowy przyrost projektowanej 28-dniowej wytrzymałości charakterystycznej	-	35%	50%	70%

pewnity niskie tempo odparowywania wody z powierzchni betonu lub utrzymywały powierzchnię całej czas w stanie wilgotnym:

- pozostawienie betonu w deskowaniach
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez zraszanie
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez zraszanie i zatrzymanie wody przy pomocy włókien
- zalewanie całej powierzchni betonu wodą i stałe utrzymywanie warstwy wody
- pokrycie powierzchni preparatami błonotwórczymi (żywicznymi lub parafinowymi)
- pokrycie arkuszami (pasmami) folii PE.

Przy ustalaniu czasu trwania pielęgnacji należy posłużyć się zaleceniami normy PN-EN 13670 [4]. Wymagany czas uzależniony jest od rozwoju właściwości betonu w strefie powierzchniowej. Rozwój właściwości betonu przypisany jest 4 klasom pielęgnacji, określającym czas pielęgnacji lub procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach dojrzewania (zgodnie z tabl. 1). Stosowanie klasy pielęgnacji 1 powinno być sporadyczne, gdyż z reguły nie zapewnia wyzyskania pełnych możliwości zastosowanych do wytworzenia betonu materiałów składowych. Dotychczasowe doświadczenia [9] wskazują, że tak krótko trwająca pielęgnacja może zaniżyć 28-dniową wytrzymałość nawet o kilkanaście %, nato-

Tablica 2. Minimalny czas pielęgnacji betonu dla klasy pielęgnacji 2 {3} [4] – odpowiadający przyrostowi przypowierzchniowej wytrzymałości betonu równemu 35% {50%} [70%] projektowanej 28-dniowej wytrzymałości charakterystycznej (wg PN-EN 13670 [4])

Temperatura powierzchni betonu t (°C)	Minimalny czas pielęgnacji betonu (dni)		
	Rozwój wytrzymałości betonu		
	$r = (f_{cm2} / f_{cm28})$		
	szybki $r \geq 0,50$	średni $0,50 \geq r \geq 0,30$	wolny $0,30 \geq r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,0 {1,5} [3]	1,5 {2,5} [5]	2,5 {3, 5} [6]
$25 > t \geq 15$	1,0 {2,0} [5]	2,5 {4} [9]	5 {7} [12]
$15 > t \geq 10$	1,5 {2,5} [7]	4 {7} [13]	8 {12} [21]
$10 > t \geq 5$	2,0 {3,5} [9]	5 {9} [18]	11 {18} [30]

Tablica 3. Kryteria do wyboru klasy pielęgnacji betonu dla przykładowych konstrukcji [8,9]

Warunki obciążenia betonu w okresie dojrzewania (przed 28 dniem)	Warunki ekspozycji betonu na czynniki agresywne w czasie eksploatacji	
		X0, XC1
Obciążenie nie występuje; brak wymagań co do wczesnej wytrzymałości	Klasa 1 lub 2	Klasa 2
	Fundamenty i podbudowy zabezpieczone powierzchniowo lub w gruntach nieagresywnych	Konstrukcje masywne np. hydrotechniczne, fundamenty w gruntach agresywnych
Występuje obciążenie niewielkie (do 30% użytkowego), lub w specyfikacji określono podwyższone wymagania dla wczesnej wytrzymałości	Klasa 2	Klasa 3
	Ściany konstrukcyjne i niekonstrukcyjne, słupy, mury oporowe, posadzki, nawierzchnie	
Występuje znaczne obciążenie (>30% użytkowego); konieczne stosowanie dodatkowych podparć tymczasowych, lub w specyfikacji określono wysokie wymagania dla wczesnej wytrzymałości	Klasa 4	Klasa 4
	Płyty stropowe, balkonowe, belki, schody	



foto: Grzegorz Bajorek

Ochrona fundamentów budynku mieszkalnego

miast drastycznie pogarszają właściwości wpływające na trwałość materiału (np. wodoszczelność). W zależności od przyjętej klasy pielęgnacji przyjmuje się minimalne czasy jej prowadzenia uzależnione od (tabl. 2):

- przyrostu przypowierzchniowej wytrzymałości betonu równego 35, 50 lub 70% projektowanej 28-dniowej wytrzymałości charakterystycznej
- temperatury powierzchni betonu
- wskaźnika rozwoju wytrzymałości betonu $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$, określającego stosunek wytrzymałości 2-dniowej do wytrzymałości 28-dniowej, wyrażającego w zasadzie możliwości zastosowanego rodzaju cementu oraz efekty użytych w betonie domieszek.

Dla betonów narażonych na działanie „łagodnych” czynników zewnętrznych, np. według klas X0 lub XC1 (z praktycznego punktu widzenia rzadko występujące), można przyjąć minimalny czas trwania pielęgnacji 12 godzin, pod warunkiem, że wiązanie betonu nie trwa dłużej niż 5 godzin oraz gdy temperatura powierzchni betonu jest $\geq 5^{\circ}\text{C}$.

W klasach innych niż X0 lub XC1 beton powinien być pielęgnowany do chwili, gdy wytrzymałość powierzchni betonu osiągnie co najmniej 35, 50 lub 70% wymaganej wytrzymałości na ściskanie. Sugerowane przez normę minimalne okresy pielęgnacji zapewniające spełnienie takich warunków zawarte są w tablicy 2. W tablicy 3 natomiast przedstawiono sugestie doboru klasy pielęgnacji dla różnych konstrukcji.

4. Nadzór nad pielęgnacją

Prowadzenie pielęgnacji według zaleceń zawartych w projekcie, a opartych o powyższe wytyczne,

wymaga stałego nadzoru nad dokładnością wykonywania zabiegów ochronnych oraz rejestrowania warunków temperaturowych dojrzewającego betonu. Dane te powinny być na bieżąco rejestrowane w dzienniku betonowania i służyć również jako dowód do podejmowania decyzji o zakończeniu procesów pielęgnacyjnych. Przeliczenie wymaganego czasu pielęgnacji może czasami być trudniejsze przy długich okresach i przy zmieniającej się temperaturze powierzchni betonu. Lepsze wtedy może się okazać zastosowanie funkcji dojrzalności betonu, jako wyznacznika osiągniętych już przez beton właściwości.

Pielęgnacja jest zabiegiem technologicznym szczególnie ważnym dla betonów o specjalnych wymaganiach w odniesieniu do oczekiwanej trwałości obiektu. O ile nieprawidłowa pielęgnacja może dać w wielu przypadkach niewielki negatywny wpływ na uzyskanie ostatecznej wytrzymałości betonu, o tyle może być drastyczna dla wymogów specjalnych – wodoszczelności, nasiąkliwości czy mrozoodporności. Bywa nawet przyczyną uszkodzeń elementów konstrukcyjnych.

Zakłócenia w przebiegu hydratacji mogą spowodować nieszczerne ukształtowanie struktury materiału, a wtedy staje się ona otwarta na czynniki agresywne. Z kolei spękania i zarysowania elementów konstrukcyjnych wpływają nie tylko na ich estetykę, ale mogą spowodować całkowitą utratę ich właściwości użytkowych (np. wodoszczelność zbiornika). Nawet jeśli nie wpływają na obniżenie ich nośności.

Powyższe uwagi bardzo często nie znajdują zrozumienia wśród nadzoru związanego z wykonywaniem konstrukcji. Błędy w prowadzeniu pielęgnacji lub wręcz całkowite jej zaniechanie są powszechnym zjawiskiem w praktyce wykonawczej. Pielęgnacja betonu ciągle jest najstańszym ogniwem w wyzyskiwaniu z betonu oczekiwanych parametrów związanych zarówno z jego nośnością jak i trwałością.

dr inż. Grzegorz Bajorek
Politechnika Rzeszowska
Centrum Technologiczne Budownictwa
przy Politechnice Rzeszowskiej

Literatura

- 1 PN-EN 1992 – Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu
- 2 PN-EN 1994 – Eurokod 4. Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych
- 3 PN-B-06250:1988 – Beton zwykły
- 4 PN-EN 12390-8:2011 Badania betonu. Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem
- 5 PN-EN 13670 Wykonywanie konstrukcji betonowych
- 6 Bajorek G., Cele i rola pielęgnacji i ochrony młodego betonu, Konferencja „Dni Betonu – Tradycja i Nowoczesność” Wisła 13-15 października 2014, s. 263-276
- 7 PN-EN 206 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 8 Jackiewicz-Rek W., Woyciechowski P., Pielęgnacja – klucz do zapewnienia trwałości betonu w konstrukcji, BTA, 3/2012
- 9 Piotrowicz M., Romanowski P., Woyciechowski P., Klasy pielęgnacji betonu według PN-EN 13670:2011 – kryteria wyboru i wpływ na kształtowanie właściwości betonu, Prace ICiMB nr 14, Warszawa – Opole 2013

foto: Grzegorz Bajorek

Brak pielęgnacji płyty stropowej

