

Lato – czas szczególnej pielęgnacji betonu

Lato jest okresem, kiedy w sposób szczególny należy troszczyć się o prawidłowe warunki dojrzewania betonu bezpośrednio po jego wbudowaniu w konstrukcję. Właśnie latem możemy spodziewać się ekstremalnych temperatur, które w połączeniu z innymi zjawiskami atmosferycznymi (nasłonecznienie, wiatr) są częstą przyczyną zakłócenia procesów hydratacji, a nawet jej bezpowrotnego przerwania. W skrajnych przypadkach, przy betonach lub zaprawach pósuchych czy wilgotnych, może nastąpić całkowite ich przesuszenie i zatrzymanie wiązania i dojrzewania. W żargonie budowlanym mówi się wtedy o „spaleniu” cementu w mieszance, a zjawisko to jest nieodwracalne.

Częściowe zakłócenie procesu dojrzewania prowadzi do obniżenia końcowej oczekiwanej wytrzymałości betonu, a struktura materiału staje się mniej odporna na agresywne oddziaływania środowiska. Obniża się zatem trwałość wykonanej konstrukcji. Negatywnym skutkiem odparowywania wody i przesuszenia betonu jest wzmożony skurcz, zwłaszcza ten w początkowym okresie dojrzewania. Jest to okres, kiedy wytrzymałość betonu (zwłaszcza wytrzymałość na rozciąganie) jest jeszcze bardzo mała i materiał nie jest w stanie przeciwstawić się naprężeniom wewnętrznym wywołanym zmianami objętości. Następują wtedy zarysowania, zwłaszcza powierzchniowe, a nawet pęknięcia elementów konstrukcyjnych. Obniża się ich nośność lub następuje utrata właściwości użytkowych konstrukcji (np. szczelność zbiorników), ale w szczególności otwiera się struktura materiału na migrację czynników korozyjnych. To obniża trwałość budowli. Naczelną więc zasadą pielęgnacji jest zapewnienie niskiego tempa odparowywania wody z powierzchni betonu lub utrzymywanie powierzchni cały czas w stanie wilgotnym.

W przypadku wystąpienia przedstawionych problemów reklamacja najczęściej kierowana jest do pro-

ducenta betonu, z wyraźną sugestią, że zastosowano niewłaściwą recepturę, niewłaściwe surowce czy w końcu niewłaściwe zabiegi technologiczne związane z dozowaniem składników, ich mieszaniem i transportem mieszanki betonowej. Z reguły wykonawcy robót lub służby nadzoru inwestorskiego zapominają, że zabiegi technologiczne związane z wbudowywaniem i dojrzewaniem betonu są równie ważne, jak te z etapu projektowania, wytwarzania i dostawy. Przy rozpoznawaniu problemu odpowiedź wykonawcy na pierwsze pytanie: „czy była prowadzona pielęgnacja betonu?” zawsze jest absolutnie twierdząca. Gorzej jest już przy drugim pytaniu: „w jaki sposób była prowadzona i jak długo trwała?”. Tutaj najczęściej okazuje się, że nawet jeśli prowadzono jakiegokolwiek zabiegi pielęgnacyjne, to nie były one prawidłowe. Jak zatem powinna przebiegać prawidłowa pielęgnacja?

Prawidłowa pielęgnacja to przede wszystkim pielęgnacja adekwatna do rodzaju (kształtu, wymiarów, masywności) elementu konstrukcyjnego oraz warunków środowiska (temperatura, nasłonecznienie, wiatr, wilgotność powietrza), w jakich dojrzewa uformowany element betonowy. Zasada podstawowa jest taka, że pielęgnacja ma pomagać w rozwoju pozytywnych właściwości betonu (m.in. wytrzymałość, szczelność struktury), a nigdy szkodzić (np. uszkodzenie powierzchni jeszcze słabego betonu poprzez wypływanie składników zbyt silnym strumieniem wody używanej do polewania elementu, lub powodowanie szoku termicznego na powierzchni elementu wskutek polewania go dużą ilością wody o znacznie niższej temperaturze niż temperatura betonu).

Metoda pielęgnacji powinna być dobrana do możliwości technicznych realizowanego obiektu, z uwzględnieniem koniecznych kosztów związanych z jej wykonywaniem. Najczęściej jest to:

- W przypadku konstrukcji formowanych w deskowaniach (np. elementy ścian, słupów, żeber, podciągów, ram, stropów, zbiorników, itp.) – pozosta-



wienie betonu w deskowaniach. Metodę tę często ograniczają koszty wynikające z przetrzymywania deskowań. Oczywiście ma ona zastosowanie zwłaszcza w przypadku deskowań wykonanych z materiałów szczelnych (sklejki wodoodporne, blaty stalowe, płyty z tworzyw sztucznych), gdyż wtedy zatrzymują wodę wprowadzoną wraz z wbudowywanym betonem. Materiały inne, przesiąkliwe (sklejka zwykła, tarcica) wymagać będą dodatkowego nawilżania. Wprawdzie przesuszenie powierzchni betonu jest znacznie opóźnione w czasie (najpierw wyschnie deskowanie, dopiero później beton), ale przy szczególnie niekorzystnych warunkach można do tego doprowadzić

- Nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie, a we wczesnej fazie dojrzewania wyłącznie poprzez zraszanie, by nie uszkodzić mechanicznie słabej powierzchni (np. górne odkryte powierzchnie zabetonowanych elementów jw., powierzchnie posadzkowe, płyty stropowe, nawierzchnie parkingowe, nawierzchnie drogowe itp.). Dość trudne w realizacji z uwagi na konieczny dostęp do dużej ilości wody bieżącej (koszty!) oraz wymagające dużej systematyczności w powtarzaniu zabiegu, również po zakończeniu zmiany roboczej, w weekendy (szczególnie w warunkach ekstremalnych – wysoka temperatura, nasłonecznienie, wiatr). Dodatkowe zagrożenia tej metody to możliwość szoku termicznego dla elementu konstrukcyjnego przy dużej różnicy temperatur (zimna woda – rozgrzany element), co może skutkować zarysowaniem powierzchni elementu, a nawet jego pęknięcie
- Nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie i zatrzymanie wody przy pomocy materiałów chłonnych, np. włókniń (elementy jw., najpowszechniej stosowane przez firmy realizujące obiekty mostowe, płyty parkingowe, nawierzchnie drogowe, płyty fundamentowe). Metoda znacząco lepsza od poprzedniej – zdecydowanie zmniejsza częstotliwość polewania oraz ilość zużywaną wody. Minimalizuje możliwość zapomnienia o polewaniu – czas całkowitego przesuszenia jest dużo dłuższy niż dla powierzchni odkrytej, nawet przy bardzo niekorzystnych warunkach temperaturowych czy przy wietrznej pogodzie
- Zalewanie całej powierzchni betonu wodą i stałe utrzymywanie warstwy wody (np. płyty denne zbiorników, płyty fundamentowe itp.). Metoda trudna w realizacji, gdyż wymaga dodatkowego ukształtowania „basenu”, np. poprzez obmurowanie. Utrudnia dalsze prowadzenie robót, ale ochrona jest wyjątkowo skuteczna, szczególnie w zakresie skurczu betonu – stąd często stosowana w budownictwie hydrotechnicznym, gdzie wymaga się szczelności obiektu.
- Zabezpieczenie betonu przed odparowaniem wody wprowadzonej do betonu na etapie jego wytwarzania i wbudowywania poprzez pokrycie powierzchni preparatami błonotwórczymi (żywicznymi lub parafinowymi). Stosowana zwłaszcza do pokrywania elementów wielkopowierzchniowych (np. posadzki, drogi, płyty parkingowe, płyty lotniskowe). Metoda bardzo skuteczna, wykorzystująca podstawową zasadę technologii betonu – ilość wody wprowadzonej do mieszanki betonowej w trakcie produkcji jest 3 do 4 razy większa od ilości wody potrzebnej do hydratacji cementu. Wystarczy więc zatrzymać ją we wnętrzu dojrzewającego betonu.



foto: Michał Braszczynski

W zależności od docelowego przeznaczenia powierzchni betonu stosuje się preparaty żywiczne, trudne do ściągnięcia, lub parafinowe, praktycznie samozłuszczające się. Ograniczeniem w stosowaniu jest konieczność zdjęcia warstw powłokowych w przypadku dalszego betonowania konstrukcji lub nanoszenia innych materiałów na konstrukcję (np. zapraw, klejów, powłok malarskich itp.)

- Zabezpieczenie betonu przed odparowaniem wody w elementach wielkopowierzchniowych przy pomocy rozłożonych arkuszy (pasm) folii polietylenowej. Mniej skuteczna od preparatów powłokowych, z uwagi na nieciągłość materiału chroniącego. Podatna na zrywanie i przenoszenie przez wiatr. Ogranicza w pewnym zakresie swobodę prowadzenia dalszych robót
- Zabezpieczenie betonu przed odparowaniem wody w elementach smukłych, cienkościennych, małogabarytowych, szczególnie narażonych na przesuszenie, przy pomocy owijania cienką folią polietylenową, tzw. opakowaniową. Metoda coraz częściej stosowana z uwagi na łatwość użycia. Umożliwia szybkie rozdeskowanie elementów i zapewnia skuteczne zatrzymanie wody wprowadzonej do betonu na etapie jego wytwarzania.

Przy ustalaniu czasu trwania pielęgnacji najlepiej posłużyć się zaleceniami normy ENV 13670-1:2000 Wykonywanie konstrukcji betonowych. Część 1: Uwagi ogólne. Wymagany czas uzależniony jest od:

- temperatury powierzchni betonu
- klasy ekspozycji betonu według wymagań normy PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania,



foto: Archiwum

Tablica 1. Minimalne okresy pielęgnacji dla klas innych niż X0 i XC1

Temperatura powierzchni betonu (t), °C	Minimalny okres pielęgnacyjny, (w dniach) ^{1), 2)}			
	Rozwój wytrzymałości betonu ⁴⁾			
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$			
	szybki $r \geq 0,50$	średni $r = 0,30$	powolny $r = 0,15$	bardzo powolny $r < 0,15$
$t \geq 25$	1	1,5	2	3
$25 > t \geq 15$	1	2	3	5
$15 > t \geq 10$	2	4	7	10
$10 > t \geq 5$ ³⁾	3	6	10	15

UWAGI:

- Plus każdy okres wiązania przekraczający 5 godzin.
- Dopuszczalna jest interpolacja liniowa pomiędzy wartościami w wierszach.
- Dla temperatur poniżej 5°C czas trwania pielęgnacji powinien być zwiększony o okres kiedy temperatura jest poniżej 5°C.
- Rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach f_{cm2} , do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach f_{cm28} , wyznaczonych na podstawie badań wstępnych lub opartych na wartościach charakteryzujących beton o porównywalnym składzie.

Tablica 2. Minimalny czas pielęgnacji mokrej świeżo ułożonego betonu

Warunki atmosferyczne	Minimalny czas pielęgnacji		
	Cement portlandzki CEM I	Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II	Cement hutniczy CEM III
Silne nasłonecznienie Silny wiatr Wilgotność względna powietrza <50%	2 dni	4 dni	5 dni
Średnie nasłonecznienie Średni wiatr Wilgotność względna powietrza 50-80%	1 dzień	3 dni	4 dni
Słabe nasłonecznienie Słaby wiatr Wilgotność względna powietrza >80%	1 dzień	2 dni	3 dni

właściwości, produkcja i zgodność, równoznacznych z określonymi przez projektanta konstrukcji według PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie

- 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 czynników zewnętrznych według klas X0 lub XC1 (z praktycznego punktu widzenia rzadko występujące) norma wskazuje

minimalny czas trwania pielęgnacji na 12 godzin, pod warunkiem, że wiązanie 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 50% wymaganej wytrzymałości na ściskanie. Sugerowane przez normę minimalne okresy pielęgnacji zapewniające spełnienie takiego warunku zawarte są w tablicy 1. Zalecenia przedstawione w tablicy 1 wyraźnie pokazują, że czas trwania pielęgnacji może sięgnąć nawet kilkunastu dni. Wymagania te nie są trudne do interpretacji, ale wymagają szczegółowej wiedzy odnośnie temperatury dojrzewającego betonu (najlepiej na podstawie prowadzonego monitoringu) oraz wskaźnika rozwoju wytrzymałości (który powinien być ustalony na etapie badań wstępnych, choć z grubsza można go oszacować na podstawie danych o cemencie, dostarczanych przez dostawcę cementu).

Aby uniknąć takich zawitych analiz, można skorzystać z uproszczonej wersji zaleceń podanych w tablicy 2. Na podstawie prostych skojarzeń z opisem warunków pogodowych oraz ogólnej wiedzy o użytym betonie (zastosowany rodzaj cementu) łatwo i szybko można zdecydować o koniecznym czasie trwania pielęgnacji.

Pielęgnacja jest zabiegiem technologicznym szczególnie ważnym dla betonów o specjalnych wymaganiach w odniesieniu do oczekiwanej trwałości obiektu. O ile słaba pielęgnacja może dać w wielu przypadkach niewielki negatywny skutek dla uzyskania ostatecznej wytrzymałości betonu, o tyle może być tragiczna dla wymogów specjalnych, takich jak wodoszczelność, nasiąkliwość czy mrozoodporność. Zakłócenia w przebiegu hydratacji mogą spowodować takie niebezpieczne ukształtowanie struktury materiału, że 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. szczelność zbiornika). Nawet jeśli w początkowej fazie nie wpływają na obniżenie ich nośności. Pielęgnacja na pewno pozwoli uniknąć wielu takich sytuacji, gdy rozpoczęcie eksploatacji poprzedzone jest naprawami obiektu.

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



foto: Michał Graczyński