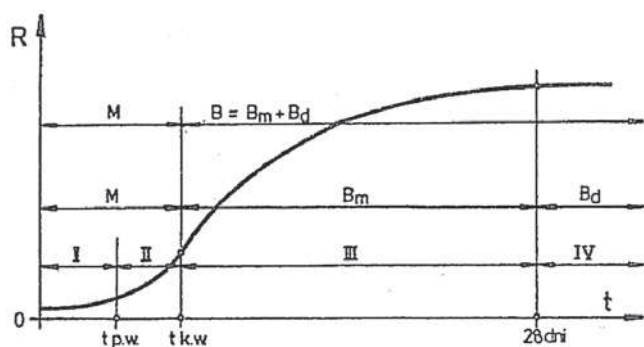


Młody beton

Dr inż. Zdzisław B. Kohutek, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce

Jako „młody” traktuje się beton w okresie już po zaniku cech mieszanki betonowej, takich jak konsystencja czy urabialność, ale przed osiągnięciem przez niego pełni projektowych właściwości finalnych. Niby to już ciało stałe, ni do końca sprężyste, ni plastyczne czy lepkie, stąd trudne do zamodelowania. Jednym z pierwszych, który użył tego pojęcia, był prof. Zygmunt Jamroży [2]. Usystematyzował fazy dojrzewania betonu, podążając tropem wytrzymałości (rys. 1), jednak bez żadnego komentarza. W opisie wyodrębnił m.in.:

- I. stadium poprzedzające proces wiązania cementu,
- II. czas między początkiem i końcem procesu wiązania cementu,
- III. stadium „młodego betonu” – twardnienie,
- IV. stadium betonu dojrzałego, zdolnego przyjmować obciążenia.

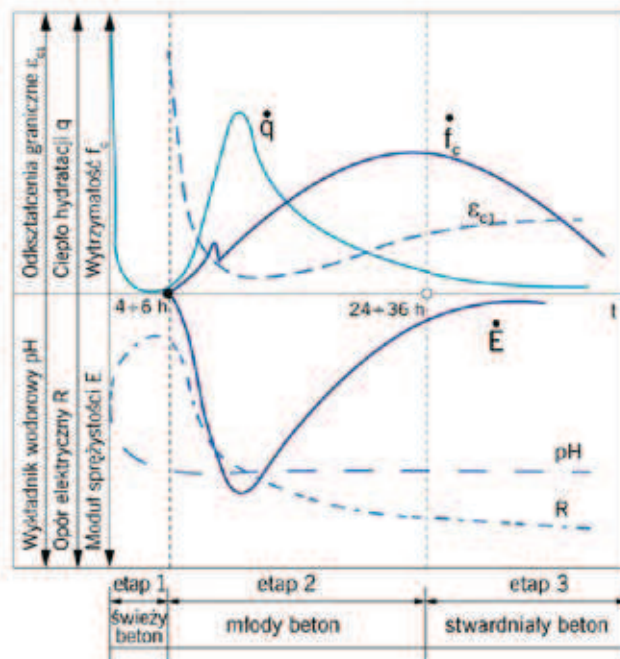


Rys. 1. Charakterystyka rozwoju wytrzymałości betonu: 0 – moment zakończenia mieszania składników, t – czas mijający od zarobienia, R – wytrzymałość na ściskanie, t_{pw} – początek wiązania, t_{kw} – koniec wiązania, 28 dni – okres przyjęty za zakończenie procesu twardnienia, M – faza mieszanki betonowej, B_m – młody beton, B_d – beton dojrzały, $B_m + B_d$ – beton stwardniały

Aby ocenić, jak dalece w międzyczasie pogłębił się stan wiedzy w tym zakresie, wystarczy porównać wykres z rysunku 1 z wykresem na rysunku 2.

Przede wszystkim na pierwszy rzut oka widać, że stadium „młodego betonu” zostało wielokrotnie skrócone. Jeżeli można by zgodzić się z tym, że na rysunku 2 wykresy – odpowiednio – oporu elektrycznego R , wykładnika wodorowego pH i odkształcenia granicznego ε_{cl} – pokazują zmiany ich wartości, to w przypadku q czy f_c raczej należałoby mówić o obrazie szybkości narastania.

Powołując się na monografię Kiernożyckiego [4] (rys. 2), Gębusi i Golda, w swoim artykule [1] podzielili okres dojrzewania betonu na etap „świeżego betonu”, sięgający od 0 (zakończenie mieszania komponentów) do 4–6 h, etap „młodego betonu”, odłożony na osi czasu podziałką 24–36 h oraz ostatni etap „stwardniałego betonu”, bez domknięcia granicy w przyszłości. Szczególne znaczenie przypisali fazie młodego betonu, w obrębie której zachodzące procesy mają największą intensywność, kształtują się tendencje, charakter jego właściwości, a spośród nich i te, mające wpływ na bezpieczeństwo jakości – w ogóle. Swoje maksimum osiąga tu szybkość wydzielania się ciepła hydratacji q . Po gwałtownym odbiciu od minimum jeszcze przy granicy po stronie stadium świeżego betonu – krzywa obrazująca opór elektryczny R w rozpatrywanym obszarze uspokaja się, szukając przeciwstawnego ekstremum na dalszym eta-



Rys. 2. Zmiany wybranych właściwości betonu w trakcie dojrzewania [1, 4]

pie dojrzewania. Ciekawie układa się krzywa szybkości zmian wytrzymałości f_c , która po lokalnym, krótkotrwałym załamaniu – sięga okresowo górnego pułapu mniej więcej na granicy stref młodego i stwardniałego betonu, po czym – opada.

Wykładnik pH , mierzony elektrodą wodorową, podobnie jak opór elektryczny (oporność elektryczna) R , którego

miarą jest różnica potencjałów wywołana przepływem prądu zmiennego (metoda Wennera) lub rezystywność betonu pod prądem stałym, mierzona za pomocą dwóch półogniwi miedziowo-siarczanowych – mają znaczenie dla prognozowania pasywacji stali zbrojeniowej w ramach jej ochrony przed korozją. Parametry mechaniczne, istotne dla inżynierów-konstruktorów i technologów betonu, takie jak wytrzymałość na ściskanie f_c i odkształcenie graniczne przy ściskaniu ε_{cp} , określane na próbkach pobieranych sukcesywnie podczas betonowania, pozwalają równocześnie wyznaczać i kontrolować kontynuującą moduł sprężystości E .

Jak wiadomo, reakcja hydratacji cementu jest reakcją egzotermiczną. Wydziela się ciepło, które od gorącego jądra masywu rozchodzi się w kierunku obszarów chłodniejszych tak, by z czasem osiągnąć równowagę z naturalnym otoczeniem. W przypadku płyty międzykondygnacyjnej o typowej grubości, słupa, ściany i tym podobnych elementów o dobrze rozwiniętej powierzchni w stosunku do objętości – droga migracji ciepła ku pobliskiej płaszczyźnie odślonięcia niemal w każdym przekroju jest relatywnie krótka i na ogół nie skutkuje konsekwencjami dla jakości. Ale w odniesieniu do konstrukcji masywnych ryzyko samoistnego uszkodzenia jest duże.

Praktyka dowiodła, że przede wszystkim rozkład wielkości wydzielania się i oddawania ciepła w fazie młodego betonu musi być – po pierwsze – monitorowany, po drugie – sterowany, by nie dopuścić do przekroczenia słabej jeszcze odporności mechanicznej masywu (niska wytrzymałość, niskie odkształcenia graniczne) na czynniki termiczne. Szczególnie niebezpieczne są samoistne naprężenia rozciągające, skutkujące w konsekwencji zarysowaniami i spękaniem.

Dobrze jest zatroszczyć się o to, by różnica temperatur między wnętrzem masywu a powierzchnią nie przekraczała 20°C. Redukcję ilości wydzielanego ciepła osiąga się, stosując zminimalizowany ilościowo wsad cementu mniej miążkiego z grupy LH, znaczący dodatek popiołu lotnego, kruszywo gruboziarniste o niskiej wodożądności i jamistości, wspomaganie plastyfikatorami, superplastyfikatorami oraz domieszkami opóźniającymi wiązanie.

Po zabetonowaniu należy bezwzględnie prowadzić pielęgnację wilgotnościowo-termiczną (okrycia specjalnymi foliami wielowarstwowymi, powłokami poliuretanowymi i polistyrenowymi, miękkimi płytami pilśniowymi itd.), dbając o rozmiar jej intensywności.

W Polsce zgromadzono już sporo doświadczeń inżynierskich z zakresu betonowania masywów. Wystarczy wymienić choćby udane realizacje ubiegłoroczne, takie jak zabudowa fundamentów maszynowni bloków energetycznych nr 5 i 6 (po 11 tys. m³ betonu każdy) i fundamentu kotłowni nr 5 (ok. 18,5 tys. m³ betonu) w ramach zadania inwestycyjnego „modernizacja Elektrowni Opole” [3]. Najwyższa temperatura wewnątrz fundamentu kotłowni, do której tu dopuszczono, sięgała +44°C przy kwietniowej temperaturze otoczenia atmosferycznego. Dlatego trzeba było chronić powierzchnie masywów przed zbyt szybką ucieczką ciepła. Analogiczny reżim narzucony został podczas betonowania płyt fundamentowych nowej maszynowni (ok. 13 tys. m³ betonu) oraz nowej kotłowni (ok. 22,3 tys. m³ betonu) w Elektrowni Jaworzno – w drugiej dekadzie grudnia 2015 r. [1]. Natomiast wielkogabarytowe podstawy pylonów i sprężane rygle aktualnie budowanego mostu na Trasie Nowohuckiej w Krakowie (wschodnia część obwodnicy autostradowej miasta) uzbrojono wcześniej w system rurek z tworzywa PE, którymi przetłaczano wodę z Wisły – skutecznie schładzając w ten sposób młody beton [5].

To dobra „zaliczka” na przyszłość, bowiem w perspektywie kolejnych lat kraj czekają liczne inwestycje z obiektami masywnymi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Golda A., Gębusia K., Realizacja betonów masywnych w Elektrowni Jaworzno. *Budownictwo-Technologie-Architektura*, 1/2016, s. 54–57
- [2] Jamróży Z., *Technologia betonu*. Skrypt uczelniany Politechniki Krakowskiej, Kraków – 1978, s. 447
- [3] Kaszuba S., Golda A., Beton masywny bloków nr 5 i 6 w Elektrowni Opole. *Budownictwo-Technologie-Architektura*, 3/2015, s. 64–67
- [4] Kiernożycki W., *Betonowe konstrukcje masywne – teoria, wymiarowanie, realizacja*. Wyd. Polski Cement, Kraków – 2003, s. 320
- [5] Piestrzyński P., Na budowie mostu Trasy Nowohuckiej uwzględniają rozwój technologii betonu. *Budownictwo-Technologie-Architektura*, 2/2016, s. 42–46

PASYWNY-BUDYNEK PL
branżowy portal internetowy

(42) 653- 57- 03

www.facebook.com/PasywnyBudynekpl

OGRZEWNICTWO PL KLIMATYZACJA PL
branżowy portal internetowy branżowy portal internetowy

PORADY FACHOWCÓW
AKTUALNOŚCI Z BRANŻY
INFORMACJE O PRODUKTACH
PROMOCJE
KATALOG FIRM

Sprawdź nas!

