

Henryk Krause, Mariusz Czyszek
Politechnika Śląska

WPLYW NISKIEJ TEMPERATURY OTOCZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI PREFABRYKATÓW BETONOWYCH PODDANYCH OBRÓBCE TERMICZNEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania temperatur w prefabrykacjach po obróbce termicznej poddanych działaniu niskiej temperatury otoczenia.

1. Termiczne metody przyspieszania twardnienia betonu

Czynnikiem powodującym przyspieszenie dojrzewania i twardnienia betonu w metodach termicznych jest podwyższona lub wysoka temperatura przy podwyższonej wilgotności powietrza.

Metody termiczne przyspieszonego dojrzewania betonu dzielimy na:

- naparzanie niskoprężne,
- obróbka cieplna w gorącej wodzie,
- nagrzew promieniami podczerwonymi,
- obróbka cieplna systemem elektronagrzewu,
- dielektryczny nagrzew betonu,
- obróbka cieplna przy zastosowaniu gorącej masy betonowej,
- obróbka betonu w parze wysokoprężnej.

W każdym cyklu obróbki termicznej można wydzielić następujące charakterystyczne okresy:

- leżakowanie,
- podgrzewanie,
- obróbka izotermiczna,
- chłodzenie i okres po obróbce.

Okres leżakowania

Potrzebę okresu leżakowania część autorów tłumaczy tym, że beton przed ogrzaniem musi mieć określoną wytrzymałość aby mógł przeciwstawić się naprężeniom i deformacjom występujących w czasie ogrzewania. Inni autorzy są zdania, że wysoka temperatura w początkowym okresie hydratacji powoduje powstanie wokół ziaren cementu szczelnej otoczki z produktów hydratacji, co zmniejsza współczynnik dyfuzji i utrudnia przebieg reakcji w późniejszym okresie, powodując obniżenie wytrzymałości. Czas leżakowania zależy przede wszystkim od rodzaju cementu i wynosi od 2 - 6 h.

Okres podgrzewania

Szybkość podgrzewania masy betonowej ma zasadniczy wpływ na jej własności wytrzymałościowe.

Nadmierne podgrzewanie powoduje zwiększenie porowatości, spadek mrozoodporności i wytrzymałości końcowej.

Szybkość podgrzewania zawarta jest w granicach 10°C/h - 40°C/h i zależy od wielu czynników, takich jak:

- rodzaj i ilość cementu,
- konsystencji betonu,
- wskaźnik wodno - cementowy,
- kształtu elementu betonowego,
- czasu leżakowania.

Okres izotermicznej obróbki

Dla określenia parametrów obróbki izotermicznej korzysta się z empirycznych wzorów i diagramów np. Minorau [4].

Przekroczenie optymalnej temperatury obróbki izotermicznej nie przynosi zwiększonych efektów wytrzymałościowych bezpośrednio po obróbce a jednocześnie prowadzi do obniżenia wytrzymałości końcowej.

Przy wyborze temperatury obróbki izotermicznej należy uwzględniać fakt wzrostu temperatury wewnątrz elementów betonowych wskutek wywiązania się ciepła hydratacji.

Jako optymalną temperaturę dla cementów portlandzkich podaje się 80°C , a dla cementów hutniczych 90°C .

Okres chłodzenia i okres po obróbce

Beton po obróbce termicznej osiąga tylko część wytrzymałości 28 dniowej dlatego też powinien być pielęgnowany i przechowywany w warunkach wilgotnych aby możliwy był dalszy przebieg procesu hydratacji [5].

Szybkość chłodzenia powinna wynosić od $30 - 60^{\circ}\text{C/h}$. W czasie chłodzenia różnica temperatur pomiędzy betonem a otoczeniem waha się w granicach od 40°C do 80°C . Często także elementy betonowe bezpośrednio po obróbce termicznej narażone są na wpływ ujemnej temperatury otoczenia.

2. Badania stygnięcia prefabrykatów [6]

Badania wykonano termometrem oporowym typu TO-1 z pięcioma czujnikami typu TOCu $100\ \Omega$ / $^{\circ}\text{C}$. Czujniki ponumerowano od 1 - 5 i rozmieszczono:

- czujnik nr 1 i 2 w odległości 20 cm od obrzeży prefabrykatów,
- czujnik nr 3, 4, 5 w strefie środkowej prefabrykatów.

Czujniki zostały odizolowane od warunków otoczenia, co 60 min. wykonywano

odeczyt temperatury.

Wyniki pomiarów przykładowych prefabrykatów A i B o modelu powierzchniowym $M_p = 15,7 \text{ m}^2/\text{m}^2$ przedstawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Czas kolejnego pomiaru	TEMPERATURY /°C/											
	Otoczenia ^{x/}		PUNKTÓW POMIAROWYCH NR									
			T1		T2		T3		T4		T5	
	T _{ZA}	T _{ZB}	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	-11	-3	66	63	65	64	75	70	74	71	76	70
2	-11	-2	51	49	49	49	61	58	60	59	62	59
3	-10	-2	38	38	36	35	49	47	48	48	49	48
4	-10	-1	27	26	23	24	39	39	38	39	39	39
5	-9	0	16	16	12	14	29	30	28	31	29	30

^{x/} T_{ZA}, T_{ZB} - temperatura otoczenia w przypadku prefabrykatu A i B

Jak wynika z badań (tabela 1) spadek temperatury w czasie w przypadku punktów pomiarowych:

- a/ skrajnych - dla prefabrykatu A wynosi 12,5 - 13,2°C/h,
 - dla prefabrykatu B wynosi 11,7 - 12,5°C/h,
 b/ średkowych - dla prefabrykatu A wynosi 11,5°C/h,
 - dla prefabrykatu B wynosi 10,0°C/h.

3. Obliczenie naprężeń termicznych w prefabrykacie

Obliczenia miały na celu określenie naprężeń termicznych w prefabrykacie po naparzeniu. Obliczenia przeprowadzono dla prefabrykatu ściennego z betonu zwykłego o grubości 15 cm.

Obliczenie współczynnika odpływu ciepła z powierzchni prefabrykatu [1]
 [6]

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_p$$

α_k - współczynnik odpływu ciepła przez konwekcję, określony funkcją:

$$\alpha_k = f(v_k, v_m, \lambda_p) = 6,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

α_p - współczynnik odpływu ciepła przez promieniowanie, określony funkcją

$$\alpha_p = f(\varepsilon, c, T_w, T_z, \Delta t) = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha = 12,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4. Obliczenie temperatury na powierzchni (t_p) i w środku (\mathcal{V}_w) przegrody obustronnie chłodzonej [1], [3], [6]

Temperatury w środku przegrody chłodzonej określono na podstawie nomogramów podających zależność \mathcal{V}_w od liczby Biota B_1 i liczby Fouriera F_0

$$B_1 = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} = 0,73$$

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{d^2} = 0,489 \cdot \tau \left(\frac{1}{h} \right)$$

gdzie: d - połowa grubości przegrody m ,

λ - współczynnik przewodzenia ciepła betonu = $1,28 \text{ W/m K}$,

a - współczynnik przewodzenia temperatury betonu = $2,75 \cdot 10^{-3} \frac{m^2}{h}$,

τ - czas od początku procesu studzenia.

Z obliczeń wynika, że maksymalna różnica temperatur między powierzchnią a rdzeniem przegrody nastąpi po 30 min. i wynosi, przy założonych parametrach 20°C .

Występująca różnica temperatur powoduje powstawanie naprężeń rozciągających. Obliczenia wielkości tych naprężeń przeprowadzono na podstawie pozycje [2], [6] i wynoszą one:

$$\bar{\sigma} = 1,3 \text{ kG/cm}^2 \quad - \quad \text{bez uwzględnienia chłodzenia ruchem powietrza,}$$

$$\bar{\sigma} = 3,0 \text{ kG/cm}^2 \quad - \quad \text{przy uwzględnieniu chłodzenia powietrzem o prędkości 8 m/s.}$$

5. Wnioski

Przyczynami powstawania naprężeń w prefabrykatkach betonowych są niejednorodne i niestacjonarne pola temperatur i wilgotności w poszczególnych fazach obróbki termicznej. Wywołują one naprężenia o znacznych

wartościach, które mogą stawać się przyczyną zarysowań i pęknięć w nagrzewanych jak i intensywnie schładzanych prefabrykacjach, co obserwuje się w zakładach prefabrykacji.

Przytoczone wyniki, aczkolwiek informacyjne wskazują na istotność rozpatrywanego zagadnienia i celowości podjęcia bardziej szczegółowych badań w tym zakresie.

LITERATURA

- [1] Hobler T.: Ruch ciepła i wymienniki. PWT, Warszawa 1987.
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją Bukowskiego B.: Technologia betonu. cz. I, II. Budownictwo betonowe. Tom I, Arkady, Warszawa 1972.
- [3] Tomczyk W.: Wymiana ciepła. Tabele i wykresy. Skrypty Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1971.
- [4] Flaga K.: Określenie przydatności cementów do obróbki termicznej. Cement - Wapno - Gips, nr 11/68.
- [5] Czyrząszkiewicz A.: Obróbka cieplna betonów. Cement - Wapno - Gips, nr 11/68.
- [6] Praca dyplomowa Kuřach A. 1979.

THE INFLUENCE OF LOW AMBIENT TEMPERATURE ON THE STEAM CURED PREFABRICATED CONCRETE ELEMENTS

S u m m a r y

In the paper are presented tests on the distribution of temperatures in the steam cured elements subjected to low ambient temperatures.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СВОЙСТВА СБОРНЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕРГАЕМЫХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Р е з ю м е

В докладе представляются исследования температур в сборных элементах после термической обработки подвергаемых действию низкой температуры окружающей среды.

Wpłynęło do Redakcji 20.03.1988 r.