

加熱直後の急冷がモルタルの材料特性に与える影響

東京都市大学大学院 学生会員○高地 透
東京都市大学 非会員 池田沙希
東京都市大学 正会員 栗原哲彦

1. はじめに

近年、加熱時のコンクリートの材料特性に関する研究が多くなされており、それらの多くは加熱後自然冷却をした試験体に対して行った研究である¹⁾。しかし、実際の火災時におけるコンクリートはスプリンクラーなどにより急冷されていることが考えられる。そこで本研究では、モルタルの加熱急冷後の材料特性を実験により確認した。

2. 実験概要

本実験では、従来行われてきた自然冷却での加熱試験と急冷での加熱試験を実施し、双方の実験結果の比較を行った。

2.1 試験体概要

実験で使用したモルタルの配合を表-1に示す。本実験では、冷却方法による違いを検討する他に強度の違いを比較するために普通強度モルタル（以下NM）と高強度モルタル（以下HM）の2種類のモルタルについて検討を行った。試験体は圧縮強度試験用の円柱試験体（φ50×100mm）を後述の各パターンに対して3体作製した。また、試験体は打設後28日間の水中養生を行った。

2.2 加熱概要

加熱温度による違いを比較するために加熱温度を300℃と500℃の2パターンとして実験を行った。加熱は高温電気炉を用いて行った。図-1に一例として自然冷却時の加熱曲線を示す。なお、加熱実験はいずれも昇温勾配を1℃/minとして行った。

2.3 冷却方法

自然冷却に関しては図-1に示す曲線で冷却を行った。急冷に関しては加熱炉内の温度が設定した最高温度に達した段階で試験体を加熱炉から取り出し急冷を行った。急冷方法は試験体の容積より十分に大きい容

器に水（水温 14℃）を溜め、加熱直後の試験体を水中に沈めることで急冷を行った。水中における冷却時間を5・10・30分として設定し、冷却時間による比較も検討した。さらに、急冷後の試験体の表面温度を非接触赤外線温度計により計測した。また、加熱後の圧縮強度試験は冷却後、常温に戻った試験体に対して行った。各試験体のパターンを表-2に示す。

2.4 圧縮強度試験方法

加熱後冷却した試験体に対して JIS-A-1108²⁾に基づき圧縮強度試験を実施し、圧縮強度とヤング係数の算出を行った。

3. 実験結果

3.1 急冷後の試験体表面温度

各パターンにおける加熱急冷後の試験体表面温度の

表-1 示方配合

W/(C+SF) (%)	単位量 (kg/m ³)							
	W	C1	C2	SF	S	Ad1	Ad2	Ad3
20	165	817	-	146	1171	33.4	-	-
55	279	-	507	-	1337	-	1.27	0.05

C1：早強ボルトランドセメント C2：普通ボルトランドセメント
SF：シリカフューム Ad1：高性能AE減水剤 Ad2：AE減水剤 Ad3：AE補助剤

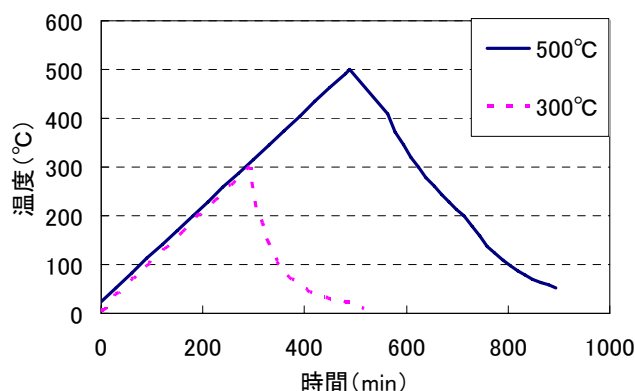


図-1 加熱曲線

表-2 試験体パターン

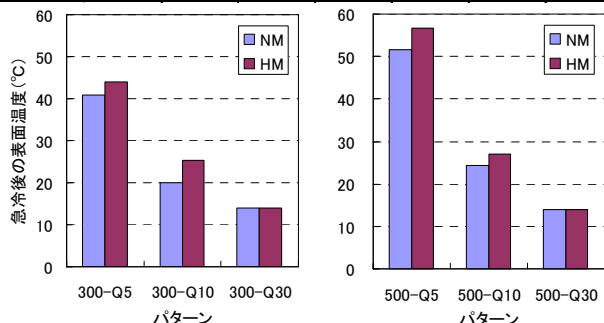
温度	冷却方法	急冷		
		5分	10分	30分
300	300-N	300-Q5	300-Q10	300-Q30
500	500-N	500-Q5	500-Q10	500-Q30

キーワード 加熱，急冷，圧縮強度，ヤング係数

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 都市工学科 栗原研究室 Tel 03-3703-3111（内線 3242）

表-3 圧縮強度試験結果

パターン	圧縮強度 (N/mm ²)								ヤング係数 (kN/mm ²)							
	300-N	300-Q5	300-Q10	300-Q30	500-N	500-Q5	500-Q10	500-Q30	300-N	300-Q5	300-Q10	300-Q30	500-N	500-Q5	500-Q10	500-Q30
非加熱時																
NM	30.6	39.4	40.2	30.6	34.3	39.4	32.6	34.5	29.0	23.2	26.0	29.0	21.2	23.9	22.4	23.3
HM	80.3	62.2	77.3	80.3	75.0	79.2	77.5	78.4	43.1	37.5	40.7	43.1	39.8	43.0	40.0	39.9
加熱時																
NM	29.9	25.3	25.3	23.8	19.3	14.4	16.0	16.4	17.5	15.3	18.4	20.1	8.79	5.77	3.40	4.09
HM	86.7	67.7	65.2	78.6	51.0	51.9	45.9	53.5	28.9	34.5	26.0	30.3	9.24	11.0	8.39	9.90



a) 300°C加熱

b) 500°C加熱

図-2 加熱急冷後の試験体表面温度

測定結果を図-2に示す。500°C加熱で急冷時間5分の場合試験体表面温度は50°C以上を保っていた。また、急冷時間5分および10分の場合の試験体表面温度はHMがNMに比べ高温となった。

3.2 圧縮強度およびヤング係数

圧縮強度試験から得られた結果(表-3)から算出した圧縮強度残存率とヤング係数残存率を図-3~6に示す。また、この時の残存率は加熱試験後の試験体の圧縮強度・ヤング係数をそれぞれの非加熱の試験体の圧縮強度・ヤング係数で除したものである。これらの結果から、圧縮強度残存率の比較においていずれのパターンも自然冷却時に比べ急冷時の強度低下が大きく表れた。ヤング係数残存率の比較においては、NMの場合は自然冷却時の残存率が最も高く30分間急冷を行ったパターンが最も残存率が低下する結果となった。また、HMの場合は急冷時間が長くなることで自然冷却時の残存率と同様の値を示す結果となった。いずれの結果においても自然冷却時と急冷時の残存率に違いが表れた。この原因としては冷却時に発生する自己歪応力の影響が考えられるが¹⁾、原因の究明には更なる研究が必要とされる。

4. まとめ

本実験において自然冷却時に比べ急冷時の強度低下が大きく表れるなど加熱後の冷却方法の違いによって各残存率に変化が現れた。また、強度の違いを比較すると、HMに比べNMの方が冷却方法あるいは冷却時間の影響が大きく表れる結果となった。

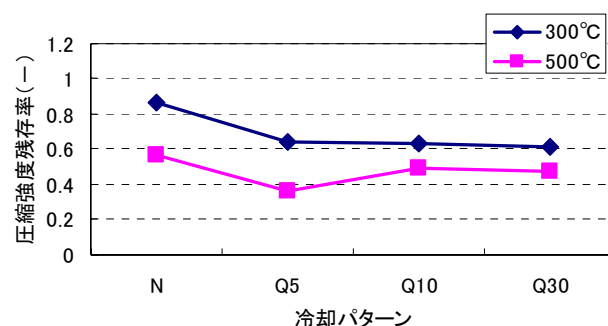


図-3 圧縮強度残存率 (NM)

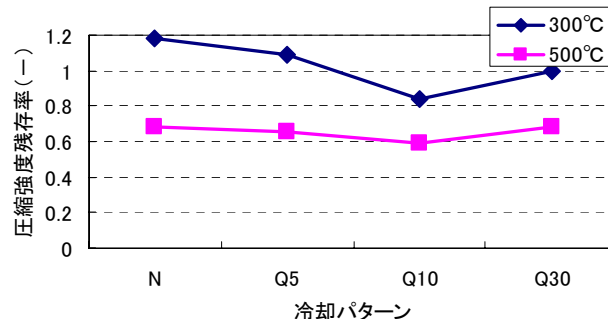


図-4 圧縮強度残存率 (HM)

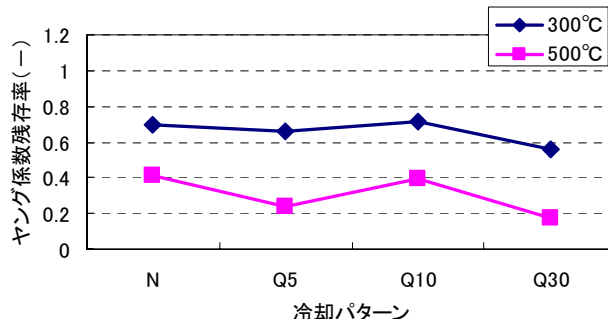


図-5 ヤング係数残存率 (NM)

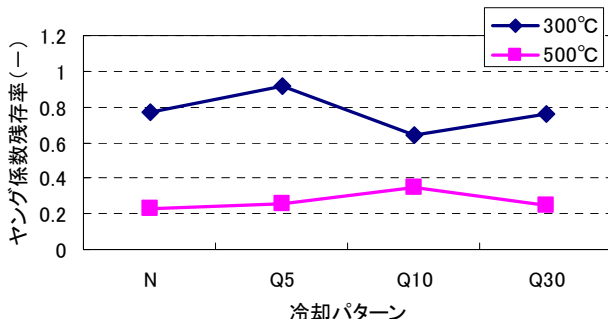


図-6 ヤング係数残存率 (HM)

参考文献

- 1) 例えば安部武雄ほか：高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文集，No.515，pp.163-168，1999.1
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔規準編〕，2005