

温度履歴を受けるプレキャストコンクリートの降温直後の熱特性に関する基礎検討

東京都立大学 学生会員 ○川村 陸斗, 学生会員 酒井 創地
東京都立大学 正会員 上野 敦, 正会員 大野 健太郎

1. はじめに

近年, 計画的に安定した生産が可能なプレキャストコンクリートの利用が促進されつつある. 一般に, プレキャストコンクリートの製造では, 蒸気養生が行われる. また, 今後は, 大型化も期待されている¹⁾. しかし, 蒸気養生では, コンクリートの水和反応が活発となり急激な温度上昇が生じ, 内部に大きな温度勾配・湿度勾配が発生するため, 断面が大きい場合はひび割れ発生の危険性が高くなる²⁾. コンクリートの熱特性は, 温度ひびわれの発生が予測されるコンクリート構造物の温度変化および, これにともない生じる温度応力を解析する際に必要な基礎特性である. 本研究では, 温度履歴を受ける比較的断面の大きなプレキャストコンクリートを想定し, 温度ひび割れが生じる可能性が高いと思われる降温工程直後のコンクリートの熱特性を明らかにすることを目的に検討を行った.

2. 実験概要

2.1. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1に示す. セメントは, 普通ポルトランドセメントとエコセメントの2種類を用いた. 表-2に, コンクリートの配合を示す. W/Cを45%, スランプを12cm, 空気量5%のコンクリートとした.

2.2. 養生条件

図-1に, 温度履歴養生条件を, 表-3に養生条件と試験材齢および表記する記号を示す.

2.3. 試験項目と方法

(1) 圧縮強度, 引張強度, ヤング率

圧縮強度試験はJIS A 1108に, ヤング率試験はJIS A 1149に準拠し, 供試体は, $\Phi 100 \times 200$ mmの円柱供試体とした. 引張強度試験は, JIS A 1113に準拠し, 供試体は, $\Phi 150 \times 200$ mmの円柱供試体とした.

(2) 熱膨張係数

コンクリート供試体中央部に熱電対を埋め込み, コンクリート内部の温度を測定した. 降温終了後に脱型し, 60mmのひずみゲージを供試体側面に貼り付け, 温度を20~60°Cまで変化させて25~35°Cの範囲のひずみから熱膨張係数を算出した.

(3) 熱拡散率

Glover法³⁾により熱拡散率を計測した. Glover法とは, 温水に浸して全体の温度が一様になった円柱供試体を冷水中に入れ冷却時間に伴う供試体の中心温度と冷水の温度変化を測定して, これらの温度変化, 冷却時間, 供試体の大きさから熱拡散率を得る方法である. 今回, 温水を60°C, 冷水を19°C程度にして実験を行った.

キーワード プレキャストコンクリート, 物性, Glover法, 温度履歴, 熱膨張係数, 熱拡散率

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-1111

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm ³
	エコセメント、密度 3.15g/cm ³
細骨材	相模原産砂岩砕砂、表乾密度 2.58g/cm ³
粗骨材	相模原産砂岩砕石、表乾密度 2.60g/cm ³
混和剤	AE減水剤(マスターボゾリス No.70)
	AE助剤(マスターエア 303A)

表-2 計画配合

	Gmax (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				減水剤	AE助剤
						水	セメント	細骨材	粗骨材		
						W	C	S	G		
普通ポルトランドセメント	20	12	5.0	45	42	178	396	701	983	C×0.45%	C×0.0045%
エコセメント	20	12	5.0	45	42	178	396	700	983	C×0.45%	C×0.0045%

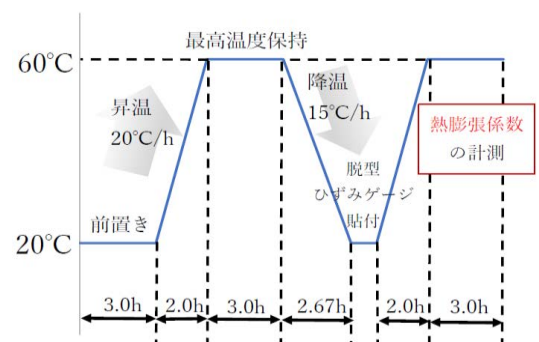


図-1 温度履歴条件

表-3 供試体諸元と計測項目

養生条件	材齢	セメント	記号	計測項目
温度履歴養生	0日	普通ポルトランドセメント	N-0	圧縮強度, 引張強度, ヤング率, 熱膨張係数, 熱拡散率
		エコセメント	E-0	
温度履歴養生+ 気中保管	14日	普通ポルトランドセメント	N-14	圧縮強度, 引張強度, ヤング率, 熱膨張係数, 熱拡散率
		エコセメント	E-14	
水中養生	28日	普通ポルトランドセメント	N-28	圧縮強度, 引張強度, ヤング率, 熱膨張係数, 熱拡散率
		エコセメント	E-28	

3. 結果および考察

3.1. 圧縮強度, 引張強度, ヤング率

圧縮強度, 引張強度, ヤング率の試験結果を表-4に示す. 圧縮強度, 引張強度, ヤング率は普通ポルトランドセメントとエコセメントでほぼ同等となった.

3.2. 熱膨張係数

N-14を例に, 温度とひずみの関係を図-2に示す. 図では, 供試体間のひずみの値に大きな差が生じており, その要因は现阶段で明確ではないがいずれの傾きもほぼ同様に一定と見なせる. したがって, 熱膨張係数は, 供試体ごとに図-2の関係を直線近似した傾きの平均値とした. N-0, E-0, E-14も同様に熱膨張係数を計算した. この結果, N-0は $3.30(\mu^{\circ}\text{C})$, E-0は $3.86(\mu^{\circ}\text{C})$ となり, ほぼ同等となった. 一方, 参考として測定した, N-14は $14.90(\mu^{\circ}\text{C})$, E-14は $8.73(\mu^{\circ}\text{C})$ で差が大きい結果となった.

3.3. 熱拡散率

各水準の熱拡散率の結果を表-5に示す. 温度履歴養生後気中14日と水中27日で同等の値が得られた. また, コンクリート標準示方書では $0.0030(\text{m}^2/\text{h})$ となっており, これと比較してもほぼ同等となった.

3.4. 温度応力によるひび割れ

温度ひび割れ指数を用いてひび割れ発生確率が5%以下となる温度差を計算すると, 表-6の通りとなる.

水中28日における熱膨張係数は, コンクリート標準

示方書で示されている $10(\mu^{\circ}\text{C})$ を用いた. 温度ひび割れが生じる可能性の高い温度履歴養生終了時では, 普通ポルトランドセメントを用いた場合よりもエコセメントを用いた場合で温度差を若干小さくする必要があるとわかる.

4. まとめ

- 1) 圧縮強度, 引張強度, ヤング率は, 普通ポルトランドセメントとエコセメントでほぼ同等となった.
- 2) 温度履歴養生終了時での熱膨張係数は, 普通ポルトランドセメントでは $3.30(\mu^{\circ}\text{C})$, エコセメントでは $3.86(\mu^{\circ}\text{C})$ となり, ほぼ同等となった.
- 3) 熱拡散率は, 普通ポルトランドセメントとエコセメントでほぼ同等となり, 温度履歴養生終了時, 気中14日, 水中28日でも変化が小さい.
- 4) 温度履歴養生終了時, ひび割れ発生確率5%以下となるコンクリートの内外温度差は, 普通ポルトランドセメントで 11°C まで, エコセメントで 8°C までとなった.

謝辞

本研究の遂行にあたり, 東京都コンクリート製品協同組合からの助成を受けた.

参考文献

- 1) コンクリート新聞社: 第12回 コンクリート工業新聞 2014年2月27日号「省人・省力化に対応 大型化で一層合理的に」
- 2) 丸山貴吉, 平部一樹, 中嶋望, 伊達重之: 高温蒸気養生ならびに早期脱型が膨張コンクリートに及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol39, No2, pp.367-372, 2017
- 3) 小根澤淳志・加藤佳孝・矢島哲司・魚本健人: 赤外線法を用いたコンクリート部材内の材料分布評価に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, pp.1751-1756, 2003

表-4 力学的特性

	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング率 (kN/mm^2)
N-0	7.7	0.9	12
E-0	7.2	0.8	13
N-14	26.3	2.6	21
E-14	32.0	2.7	23
N-28	51.9	4.0	27
N-28	51.4	3.8	28

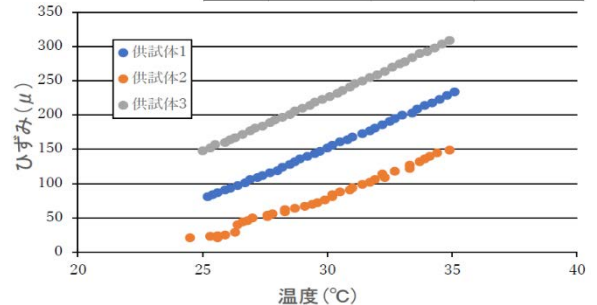


図-2 温度とひずみの関係

表-5 熱拡散率

熱拡散率(m^2/h)	温度履歴養生終了時	気中14日	水中28日
普通ポルトランドセメント	0.0027	0.0030	0.0031
エコセメント	0.0024	0.0028	0.0030

表-6 ひび割れ発生確率5%以下となる

コンクリート内外の温度差

温度変化($^{\circ}\text{C}$)	温度履歴養生終了時	気中14日	水中28日
普通ポルトランドセメント	11	4	8
エコセメント	8	7	7