

普通形エコセメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇に関する検討

太平洋セメント中央研究所 正会員 山下裕毅
太平洋セメント中央研究所 横山 滋
太平洋セメント中央研究所 正会員 田中敏嗣

1. まえがき

都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物を主原料とした低塩素形エコセメント（以下、普通形エコセメント）が開発されている。普通形エコセメントを用いたコンクリートのフレッシュ性状及び圧縮強度については、ある程度明らかにされているが¹⁾、発熱特性についてはデータの蓄積が必要と思われる。

本研究では、普通形エコセメントコンクリートの硬化性状及び断熱温度上昇を普通ポルトランドセメントを用いた場合と比較検討した。

2. 実験概要

使用セメントは、表1に示す鉱物組成の普通形エコセメント（以下、Eと称す）及び普通ポルトランドセメント（以下、Nと称す）を用いた。細骨材には、陸砂を用いた。粗骨材には、最大寸法 20mm の碎石を用いた。混和剤は、リグニンスルホン酸化合物を主成分とする市販品を用いた。

表2にコンクリートの配合を示す。練上がり温度 10 及び 30 のEの配合は、単位セメント量を練上がり温度 20 の場合と同一として、単位水量によりスランプを調整した。

試験項目は、圧縮強度、引張強度、ヤング係数及び断熱温度上昇とした。

表1 セメントの物性及び鉱物組成

セメントの種類	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	圧縮強さ (N/mm ²)			水和熱 28日 (J/g)	鉱物組成 (%)			
			3日	7日	28日		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
E	3.20	4500	25.2	36.2	52.4	407	46	16	15	12
N	3.16	3370	26.4	43.6	61.6	376	53	24	8	10

表2 コンクリートの配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 ()	セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	Ad
8.0 ± 2.5	4.5 ± 1.5	20	E	45.0	42.0	158	351	739	1056	0.88
				55.0	44.0	158	287	797	1050	0.72
				65.0	46.0	158	243	849	1032	0.61
		10	E	54.4	44.0	156	287	799	1053	0.72
		30		56.4	44.0	162	287	792	1044	0.72
		20	N	55.0	46.0	156	284	845	1042	0.71

3. 実験結果

図1に材齢と圧縮強度の関係を示す。Eの圧縮強度はNより同一水セメント比では 10%程度低く、Nと同一強度を得るためには、水セメント比を 5%程度低くする必要がある。また、Eの圧縮強度は、材齢 91 日の圧縮強度を用いた $f'c(t)=t/(a+bt) \times f'c(91)$ (式(1)) により回帰できる事が認められた。

図2に圧縮強度と引張強度の関係を示す。Eの圧縮強度と引張強度には相関が認められ、 $f_t=c \sqrt{f'c(t)}$ (式(2)) によるEの回帰係数は 0.47 となった。構造物中のコンクリートの引張強度は、乾燥状態等により試験で得られた値より低下するため、c 値として 2 割低減した値をとることが安全とされているが²⁾、この値を 2 割低減した場合 0.37 となり、コンクリート示方書²⁾の推奨値 0.35 と同等となる。

図3に圧縮強度とヤング係数の関係を示す。Eのヤング係数は圧縮強度と相関が認められ、 $E_e(t)=d \sqrt{f'c(t)}$ (式(3)) による回帰係数はNと同等であった。

キーワード：エコセメント、都市ゴミ焼却灰、コンクリート、圧縮強度、断熱温度上昇

〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 043-498-3829 FAX 043-498-3821

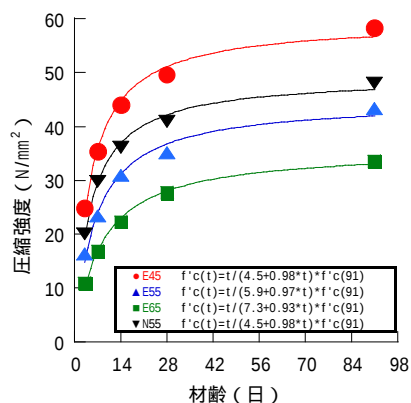


図1 コンクリートの圧縮強度試験結果

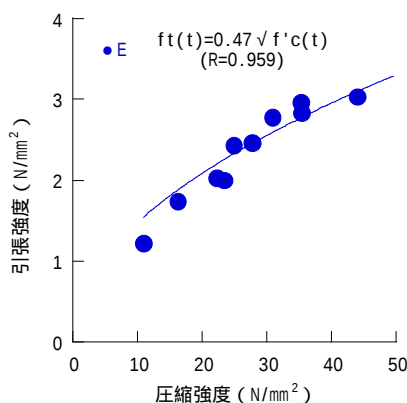


図2 圧縮強度と引張強度の関係

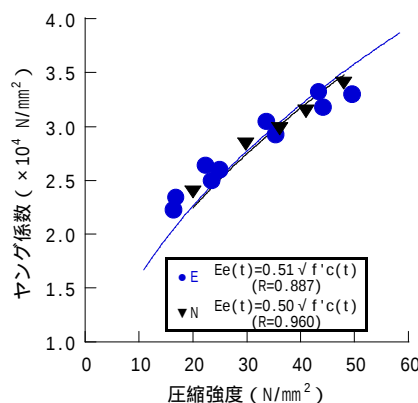


図3 圧縮強度とヤング係数の関係

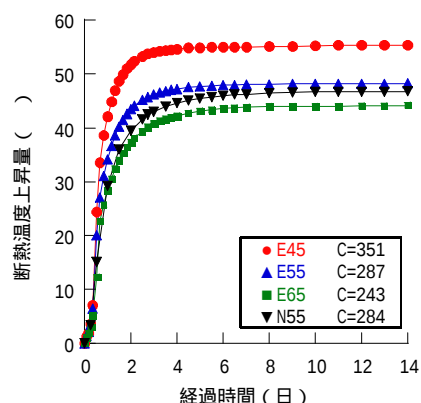


図4 断熱温度上昇曲線

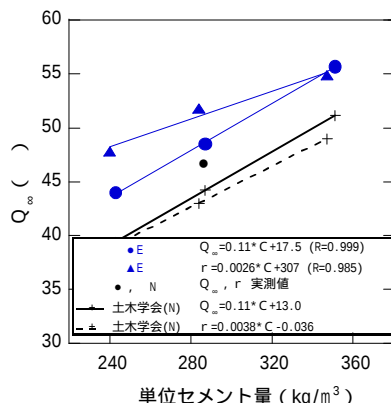


図5 単位セメント量と $Q_{\infty} \cdot r$ の関係

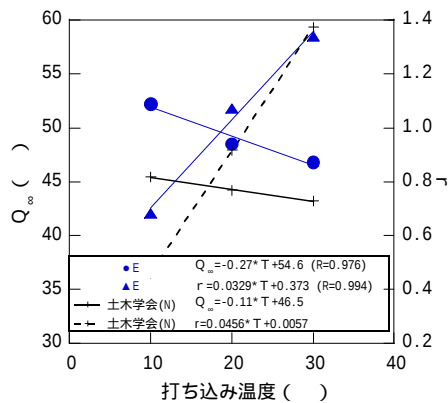


図6 練上がり温度と $Q_{\infty} \cdot r$ の関係

図4に練上がり温度20℃における断熱温度上昇曲線を、図5に練上がり温度20℃における単位セメント量と断熱温度上昇の回帰係数の関係を示す。また、表3に断熱温度上昇回帰係数を示す。Eの断熱温度上昇の $Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$ (式(4)) による相関係数は、0.982～0.993と比較的高く、Nと同等の値を示した。このことから、式(3)により断熱温度上昇の回帰は可能と考えられる。Eの回帰係数は、Nと同様に単位セメント量に対して直線関係が認められた。また、同一セメント量において Q_{∞} 値は、Nの実測値より2程度、示方書のNの値より4程度大きい。また、 r 値も0.2程度大きく発熱速度が速いことが認められた。これは、Nと比較して、Eのセメント中の C_3A 量が7%程度多く、比表面積が高いことが影響していると考えられる。

図6に同一単位セメント量における練上がり温度と断熱温度上昇回帰係数の関係を示す。Eの回帰係数は、Nと同様に練上がり温度に対して直線関係が認められた。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると、以下ようになる。

Eの断熱温度上昇は、Nの場合と比較して温度上昇速度が速く、同一セメント量では、終局温度上昇量 Q_{∞} 値が若干高くなる。Eの断熱温度上昇曲線は、式 $Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$ により回帰可能であり、その係数は単位セメント量及び練上がり温度と直線で近似できることが認められた。

〔参考文献〕

1) 寺田 剛、明嵐 政司：都市ゴミ焼却灰を主原料としたセメントの低塩素化とコンクリートの特性、コンクリート工学、Vol.37, No.8, pp.26-30, 1999.8、2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕、1996

表3 断熱温度上昇回帰係数

温度 (°C)	セメントの 種類	C (kg/m³)	$Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$		
			Q_{∞}	r	R
20	E	351	55.6	1.195	0.983
		287	48.5	1.071	0.988
		243	43.9	0.913	0.993
10	E	287	52.2	0.682	0.982
30		287	46.8	1.340	0.992
20	N	284	46.4	0.884	0.994