

V-36

高ビーライト型低発熱セメントを用いたコンクリートの諸特性

大阪セメント（株）中央研究所 正会員 黒田 保
 同 上 正会員 水越 睦視
 同 上 正会員 寺野 宣成
 同 上 正会員 ○長岡 誠一

1. はじめに

大型構造物の温度ひびわれ抑制対策の一つとして低発熱セメントを用い、コンクリートの温度上昇を低減することは有効な手段である。低発熱セメントはポルトランドセメントに高炉スラグやフライアッシュを高い比率で混合した2成分系または3成分系の混合セメントとして種々開発されているが、品質の安定に多大の労力を要する、中性化速度が速い、表面劣化が生じるなどの問題点も指摘されている¹⁾。

このような観点から、本研究は実生産可能な高ビーライト型低発熱セメント（クリンカー鉱物のうち水和熱の小さいビーライト（ C_2S ）の含有量を中庸熱セメント以上）の性状を把握するために、実機生産（生産能力300ton/hour）された C_2S 含有量の異なる4種類のセメントを用いて C_2S 含有量とコンクリートの諸特性の関係について明らかにし、さらに高ビーライト型セメントをベースとする3成分系混合セメントを用いたコンクリートの諸特性についても、中庸熱セメントベースの3成分系混合セメントと比較、検討したものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメントは C_2S 含有量がそれぞれ75, 60, 45, 30%を目標に実機で焼成・製造したポルトランドセメント4種類と混合セメント2種類である。セメントの鉱物組成を表-1に、物理的性質を表-2に示す。なお、表-2中の混合セメントLSFおよびMSFは、それぞれB-60および中庸熱ポルトランドセメントをベースとし、LSFはセメント、高炉スラグ、フライアッシュの混合比率を40:30:30、MSFは25:50:25としたものである。

骨材は細骨材には海砂（比重2.55、吸水率1.58%、粗粒率2.63）を粗骨材には碎石2005（比重2.69、吸水率0.79%、粗粒率6.78）を使用した。混和剤はリグニンスルホン酸系のAE減水剤を使用した。

表-1 セメントの鉱物組成

セメントの種類	鉱物組成 (%)			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
B-75	5.2	74.7	1.7	12.2
B-60	20.0	59.0	3.5	11.9
B-45	33.5	44.2	6.1	10.0
B-30	46.6	27.1	9.2	9.1

表-2 セメントの物理的性質

セメントの種類	比重	ブレン (cm^3/g)	凝結時間 (時間-分)		圧縮強度 (kgf/cm^2)				水和熱 (cal/g)		
			始発	終結	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日
B-75	3.28	2970	5-30	8-05	4	7	63		24.1	34.5	
B-60	3.25	3180	2-40	4-50	47	72	220	457	35.4	48.8	64.7
B-45	3.21	3320	2-50	4-35	110	170	340	495	47.5	59.3	75.7
B-30	3.16	3200	2-20	3-30	168	265	420		78.0	90.0	
LSF	2.85	3900	8-35	12-20	33	71	166	324	28.2	37.4	50.8
MSF	2.82	4400	6-10	8-20	58	129	290	429	33.5	42.1	53.5

2. 2 試験概要

本実験で検討した項目は、圧縮強度試験および断熱温度上昇試験である。各試験に用いたコンクリートの配合条件は、目標スランプ8cm、目標空気量4%であり、W/Cは55%で一定とした。表-3にコンクリートの基本配合を示す。

表-3 コンクリートの基本配合

セメントの種類	G_{max} (mm)	ろ過 (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				AE減水剤 ($C \times \%$)	AE助剤 ($C \times \%$)
						W	C	S	G		
B-75	20	8±1	4±1	55	42	168	305	750	1089	0.25	0.3
B-60						164	298	758	1089		0.2
B-45						165	300	752	1095		0.3
B-30						165	300	753	1092		0.2
LSF						160	291	747	1089		0.25
MSF						160	291	746	1087		0.25

3. 結果と考察

3. 1 C_2S 含有量がコンクリートの諸特性に及ぼす影響

$W/C=55\%$ の場合の C_2S 含有量と圧縮強度の関係を図-1に示す。図より、材令28日までは C_2S 含有量の増加に伴い、圧縮強度が低くなる傾向を示し、材令91日においては C_2S 含有量60%程度までは C_2S 含有量の増加に伴い強度が高くなる傾向が窺われる。

表-4に断熱温度上昇試験の結果を示す。 C_2S 含有量の多いセメントほど断熱温度上昇量（ K ）が小さく、温度上昇速度（ α ）も小さくなっている。図-2に、 C_2S 含有量と K 、 α との関係を示す。図より、 C_2S 含有量と K 、 α はともに直線関係にあり、 C_2S 含有量が10%多くなると K は約 $6.3^\circ C$ 、 α は約0.11小さくなるようである。

図-3に C_2S 含有量と断熱温度上昇量（ K ） $1^\circ C$ 当たりの圧縮強度の関係を示す。図より、初期材令においては、 C_2S 含有量の増加に伴い $f'c/K$ は減少する傾向が認められる。一方、材令91日では C_2S 含有量の増加に伴い $f'c/K$ は増加する傾向である。ここで、 $f'c_{91}/K$ は温度ひびわれに対する抵抗性の指標の一つと考えられており²⁾、 C_2S 含有量が60%程度までは C_2S 含有量の増加にともない温度ひびわれに対する抵抗性は向上するものと考えられる。

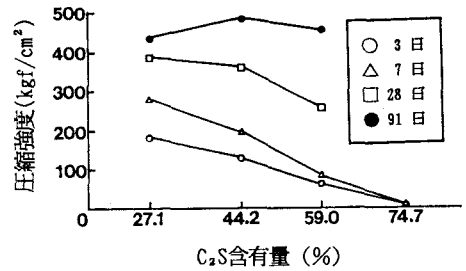


図-1 C_2S 含有量と圧縮強度の関係($W/C=55\%$)

表-4 断熱温度上昇試験結果

セメントの種類	比表面積 (kg/m^2)	最高温度上昇量 ($^\circ C$)	K ($1-e^{-\alpha t}$) (1式)		C_2S (%)
			K	α	
B-7.5	305	19.0	17.4	0.47	74.7
B-6.0	298	35.7	33.2	0.53	59.0
B-4.5	300	42.1	41.3	0.64	44.2
B-3.0	300	48.3	47.7	1.02	27.1
LSF	291	22.8	23.5	0.34	—
MSF	291	25.9	26.3	0.51	—

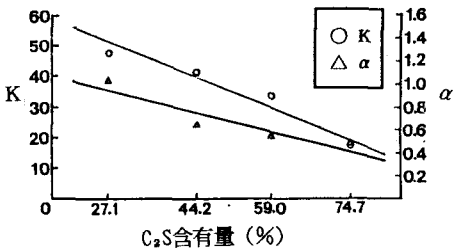


図-2 C_2S 含有量と K 、 α との関係

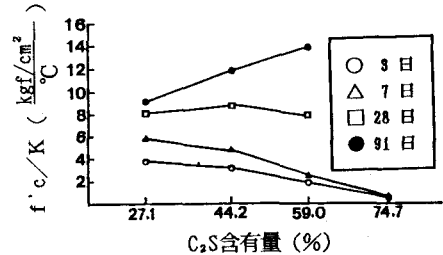


図-3 C_2S 含有量と $f'c/K$ の関係

3. 2 ビーライト系混合セメントを用いたコンクリートの諸特性

LSFとMSFの断熱温度上昇特性は表-4に示した通りである。ここで、中庸熱セメントをベースとしたMSFは本州四国連絡橋公団において研究された3成分系セメントの平均的な混合比率のセメントである²⁾。

このMSFに比べ、B-60をベースにしたLSFはセメントの混合比率が25%から40%に増加しているにもかかわらず、 K 、 α とも低い値を示している。また、強度発現性状を図-4に示すが、LSFは初期材令においてはMSFに比べ強度発現性は低いものの、長期材令においては同等の強度を発現することが明かである。

以上の結果より、低発熱混合セメントのベースとなるセメントにB-60のような高ビーライト型セメントを用いることにより、セメントの混合比率を高めてもなお温度ひびわれに対する抵抗性を向上させることができるものと考えられる。

〔参考文献〕

- 1) 大塩 明：低発熱性セメントの現状と問題点、コンクリート工学、Vol. 24、No. 8、pp13~24、1986. 8
- 2) 金沢克義ほか：大型橋りょうマスコンクリートに適した超低発熱型セメント、コンクリート工学、Vol. 29、No. 4、pp27~36、1991. 4

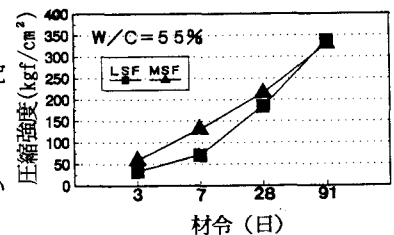


図-4 圧縮強度発現性状