

和歌山工業高等専門学校 正会員 中本 純次
同 上 正会員 戸川 一夫

1. まえがき

本研究は、高炉スラグ微粉末を単位結合材量の95%まで置換した高炉スラグ高含有コンクリートについて、スラグ置換率および粉末度を変化させたコンクリートの断熱温度上昇量試験およびスラグセメントペーストの水和発熱量試験から、水和発熱特性について検討したものである。

2. 実験概要

セメントには、普通ポルトランドセメントを用いた。用いた高炉スラグ微粉末の化学成分分析結果を表-1に示す。細骨材は川砂（比重2.56、粗粒率2.84）、粗骨材は硬質砂岩碎石（比重2.61、最大寸法20mm）を用いた。スラグ置換率（ $B/(C+B)$ ）は、0、50、70、85、および95%の5レベル、単位結合材量（ $C+B$ ）は、 280 kg/m^3 、水-結合材比（ $W/(C+B)$ ）は57%とした。混和剤には、標準型のAE減水剤を使用した。空気量は、 $4 \pm 0.5\%$ になるようにAE助剤を用いて調整した。スランブは基準コンクリート

表-1 高炉スラグ微粉末の化学成分分析結果

	粉末度 Blain (cm^2/g)	比重	化 学 成 分 (%)					
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃
SU社	4030(4000と略)	2.90	32.7	14.8	0.2	42.3	5.7	2.0
	6000	2.90	32.6	14.3	0.6	42.3	5.9	2.0
	7960(8000と略)	2.90	32.9	14.2	0.2	42.0	6.4	2.0
SI社	7060(7000と略)	2.92	33.1	14.2	1.0	43.0	6.4	2.0

について8cmになるように定めた。コンクリートの断熱温度上昇量試験は、二層構造の空気循環式試験機を用いて行った。セメントペーストの発熱量は、微少熱量計により試験温度20°C、水-結合材比50%、試料攪拌時間3分の条件で注水直後から168時間までの発熱量を測定した。

3. 実験結果および考察

高炉スラグ高含有コンクリートの断熱温度上昇量試験結果の一例を図-1に示している。各種コンクリートの発熱特性はスラグ置換率、粉末度によって立ち上がり時期や速度、最大温度上昇量などかなり異なることが明らかである。図-2には、回帰曲線 $T = K [1 - \exp(-\alpha t^{\beta})]$ における最大温度上昇量Kとスラグ置換率の関係を示している。最大温度上昇量Kは、スラグ置換率70%では普通コンクリートと同じか若干低い値を示している。スラグ置換率が70%をこえると、スラグ置換率の増加にともなって最大温度上昇量は急激に減少することが認められる。しかしながら、置換率50%については無置換のものより15~20%程度高くなっている。スラグ粉末度が最大温度上昇量におよぼす影響については、すべてのスラグ置換率について4000 cm^2/g の場合がもっとも低い値を示しており、本実

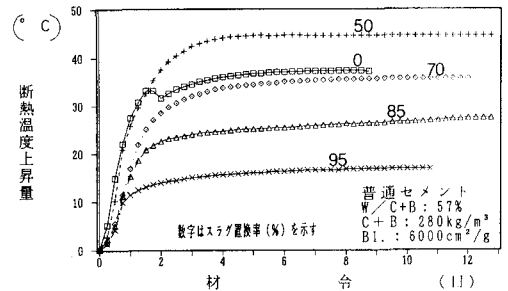


図-1 断熱温度上昇量の経時変化

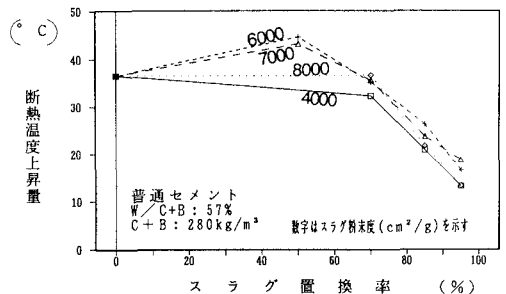


図-2 断熱温度上昇量とスラグ置換率との関係

験では、6000あるいは7000 cm^2/g の場合に高い最大温度上昇量を示した。粉末度8000 cm^2/g については4000 cm^2/g の場合と大差のない結果となっており、粉末度が增加してもコンクリートの断熱温度上昇量は必ずしも大きくなるとはいえない。

各種スラグセメントペーストの積分熱量は、断熱温度上昇試験結果とほぼ同様の傾向を示していることが明らかである（図-3）。すなわち、スラグ置換率にかかわらず4000 cm^2/g についてはもっとも小さな発熱量を示すこと、6000および7000 cm^2/g についてはほぼ同等であること、8000 cm^2/g については6000 cm^2/g よりもむしろ小さい場合が多いことが認められる。これは、全体の水和熱に大きな影響を与える C_3S の水和熱ピークは、6000および8000 cm^2/g についてはスラグ置換率が70%まではセメント単味に比べて置換率の増加につれて低下するが、70%をこえると急激に増加に転じ、85%および95%ではセメント単味のものより高いピークを示す。4000 cm^2/g については6000および8000 cm^2/g の場合と同様であるが、ピーク高さがセメント単味のものより低く、6000および8000 cm^2/g の60~70%の範囲にある。また、 C_3S の水和ピーク出現時間はスラグを添加することによりセメント単味のものに比べてかなり遅くなり、スラグ粉末度が高くなれば若干早くなることが認められた。すなわち、粉末度4000 cm^2/g の場合の断熱温度上昇量が低いことは、 C_3S の水和熱ピークが低いこと、また8000 cm^2/g の場合断熱温度上昇量が低いことは C_3S の水和ピークの継続時間が短いことと結び付けて説明できる（図-4～図-6参照）。

4. まとめ

本実験結果より、水と発熱にともなうコンクリートの温度上昇量を抑制するために、高炉スラグ微粉末を利用することは非常に有効であり、その水と発熱抑制効果はスラグ置換率が70%をこえると著しいことが明らかとなった。またスラグ粉末度の違いによって発熱特性は変化するが、粉末度を高めても必ずしも水と発熱量は高くはならずむしろ低くなる場合があることが明らかとなった。その粉末度の違いによる水と発熱量の違いは、 C_3S の水と発熱ピーク高さおよびピーク継続時間と結び付けて説明することが出来る。

〈謝辞〉 本研究にあたり、新日鐵化学（株）高炉セメント技術センターならびに（株）エヌエムビー中央研究所に多大のご協力を頂いた。ここに記して深く謝意を表します。

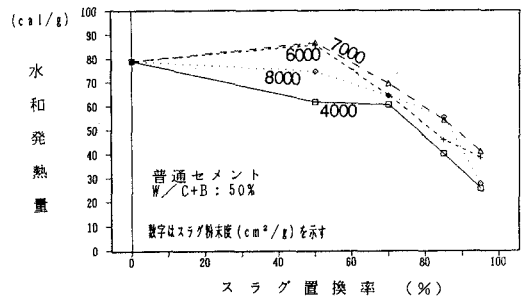


図-3 スラグセメントペーストの積分水と発熱量

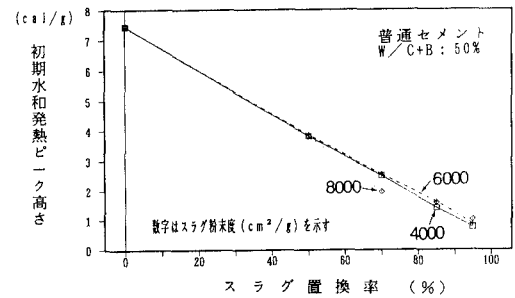


図-4 スラグセメントペーストの初期水と発熱量

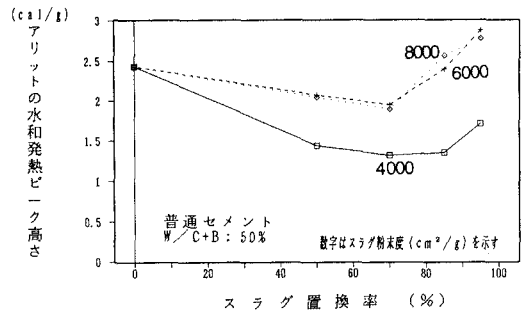


図-5 アリットの水和に関するピーク発熱高さ

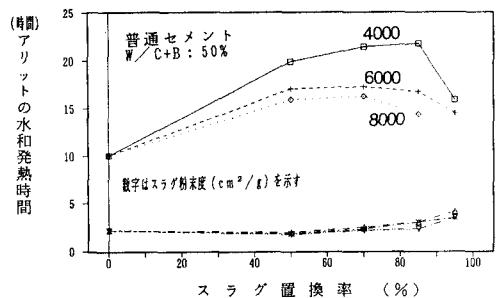


図-6 アリットの水和開始時間およびピーク到達時間