

V-318

各種混和材料を用いた低発熱高強度コンクリート

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 ○渡辺 宏
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

近年、コンクリート構造物の多様化および大型化に伴い、マスコンクリートで高強度を必要とする構造物の建設が現実のものとなってきている。これまで開発されてきたマスコンクリート用低発熱セメントのほとんどは、コンクリートの強度発現が小さいことから、高強度という意味において必要な性能を確保することが難しい場合が多い。一方、高性能A E減水剤や各種混和材を用いた高強度コンクリートの開発が最近盛んに行われている。しかしながら、高強度コンクリートは一般に発熱量が大きくなり、マスコンクリートには使いづらい。このようなことから、低発熱で高強度なコンクリートの開発が強く望まれるところである。

本研究は、低発熱で高強度なコンクリートに関する基礎的な研究として、スラグ粉末度、スラグ置換率、石粉置換率、石膏添加率および高性能A E減水剤が強度発現ならびに断熱温度上昇量におよぼす影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

セメントは、粉末度 3,420cm²/gの中庸熟ポルトランドセメントを用いた。高炉スラグ微粉末は、粉末度 5,780、7,890、11,010および16,910cm²/g のものを用いた。石膏は、二水石膏を SO₃で 2%および 4%添加した。石粉は、石灰石粉末（比重2.73、粉末度2,340cm²/g）を用いた。骨材は、苫小牧市樽前産の海砂（比重2.79、吸水率0.91%、F M2.74）と、小樽市見晴産の碎石（Gmax 25mm、比重2.67、吸水率1.86%）を用いた。高性能A E減水剤は芳香族アミノスルホン酸系高分子化合物を主成分とする遅延型のものを使用した。合わせて、空気量調整のためA E助剤を用いた。コンクリートの練混ぜは、容量 100ℓのパン型強制練りミキサーを用い、練り混ぜ時間は全材料投入後 3分とした。コンクリートの配合では、水セメント比40%、細骨材率43%、目標スランプ 8±1cm および目標空気量 5±1 %とした。表 1に、コンクリートの配合を示す。圧縮強度試験用の供試体寸法はφ10×20cmであり、試験時まで水中養生を行った。断熱温度上昇試験用の供試体寸法はφ44×29cmであり、試験装置は空気循環式のものを用いた。

3. 実験結果と考察

図 1に、単位水量および圧縮強度に及ぼすスラグ粉末度、スラグ置換率および石粉置換率の影響を示す。スラグ粉末度を大きくすると、高性能A E減水剤の添加量は増加した。単位水量は、スラグ粉末度が7,890cm²/gまでは減少し、5,780cm²/gからの減水率は 7%であった。16,910cm²/g の場合の単位水量は、7,890cm²/gの場合とほぼ同じであった。これは、16,910cm²/g の場合、より多くの高性能A E減水剤の利用が可能となり、結果として、単位水量をこの程度に抑えることができたことを意味する。スラグ置換率は高性能A E減水剤の添加量に影響しなかったが、単位水量は減少した。石粉置換率が大きくなると、高性能A E減水剤の添加量が多くなり、単位水量は減少した。

圧縮強度に対するスラグ粉末度の影響は非常に大きく、長期材令においても顕著であった。スラグ置換率が大きくなると、材令 3日では圧縮強度は若干大きくなったが、材令 7日以降では逆に小さくなった。石粉を置換した場合の圧縮強度は、無置換の場合より大き

表1 コンクリートの配合

スラグ粉末度 (cm ² /g)	スラグ置換率 (%)	石膏添加率 (%)	高性能減水剤 (%)	石 ¹⁾ 粉置換率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
					水 W	砂 C	細骨材 S	粗骨材 G	石粉	SP ²⁾ (kg)	AE ³⁾ (mℓ)
5,780	60	2	0.9	0	124	310	867	1,099	—	2.79	17.1
			1.1	15	122	305	825	1,105	—	3.36	29.0
	70		0.9	0	122	305	872	1,103	—	2.75	24.4
	50		1.2	0	118	295	882	1,118	—	3.54	14.8
7,890	60	2	1.2	0	115	288	888	1,125	—	3.46	15.8
			4	1.2	115	288	888	1,125	—	3.46	15.8
	70		1.4	15	111	278	854	1,136	42	3.89	25.0
	50		1.7	45	108	270	778	1,145	122	4.59	72.9
11,010	70	1.2	0	114	285	890	1,128	—	3.42	22.8	
11,010	60	1.4	0	120	300	877	1,111	—	4.20	19.5	
16,910	60	2.0	0	116	290	885	1,111	—	5.80	23.2	

1) 添加量を示し、これは、コンクリートが分離を起こさない範囲で最大量とした。
 2) 石粉置換率は、セメント重量に対する比とし、石粉は細骨材として扱う。
 3) 高性能A E減水剤 4) A E剤

くなった。スラグ粉末度5,780 cm^2/g の場合、材令28日までの石粉の置換に対する影響は著しかったが、材令91日ではその影響は小さなものとなった。スラグ粉末度7,890 cm^2/g の場合、石粉置換率が增加すると圧縮強度も増加する傾向にあった。しかし、材令91日における圧縮強度は、45%置換のものが15%置換のものより小さなものとなった。

図2に、終局断熱温度上昇量(以下、Qと略称)および単位圧縮強度当たりの断熱温度上昇量(以下、 Q/f_c と略称)に及ぼすスラグ粉末度、スラグ置換率、石粉置換率および石膏添加率の影響を示す。Qに対するスラグ粉末度の影響は、スラグ粉末度5,780 cm^2/g から11,010 cm^2/g まではほとんどなかったが、16,910 cm^2/g では大きくなった。Qに対するスラグ置換率の影響は著しく、置換率が60%から70%になるとQは7.1 $^{\circ}\text{C}$ 小さくなった。石粉置換率15%の場合のQは、無置換の場合より2.2 $^{\circ}\text{C}$ 小さくなった。石膏添加の影響は大きく、添加率が2%から4%になるとQは8.5%低下した。

Q/f_c に及ぼすスラグ粉末度の影響に関しては、スラグ粉末度が高くなると共に、 Q/f_c は小さくなった。一般に、圧縮強度が大きくなるとQは大きくなる。図1に示すように、スラグ粉末度が大きくなると圧縮強度も大きくなるが、Qは図2に示すように通常のものより小さくなっている。Qの低下は、種々の要因によると思われるが、この実験結果から明らかなことは、発熱の少ない水和反応で大きな強度発現が得られたということである。このメカニズムについては詳細な検討を要する。スラグ置換率が大きくなると共に、 Q/f_c は小さくなった。これは、図1に示すように、スラグ置換率が大きくなると圧縮強度は低下するが、それ以上に、Qの低下の影響が大きくなったことによる。Qの低下の一つの原因は、単位セメント量の減少によるものである。他の可能性は、前述したように、強度発現の割りには発熱の少ない水和反応が生じていることである。石粉を15%置換した場合の Q/f_c は、無置換の場合よりも小さくなった。これは、石粉を用いるとQが小さくなったことと、図1に示すように石粉を15%置換した場合の強度発現が顕著となったことによるが、後者の方が大きな影響を与えている。石膏を4%添加した場合の Q/f_c は、2%の場合より小さい。石膏を4%添加した場合の圧縮強度は2%の場合とほぼ同じであった。したがって、この結果は、Qの影響が支配的であることを意味する。

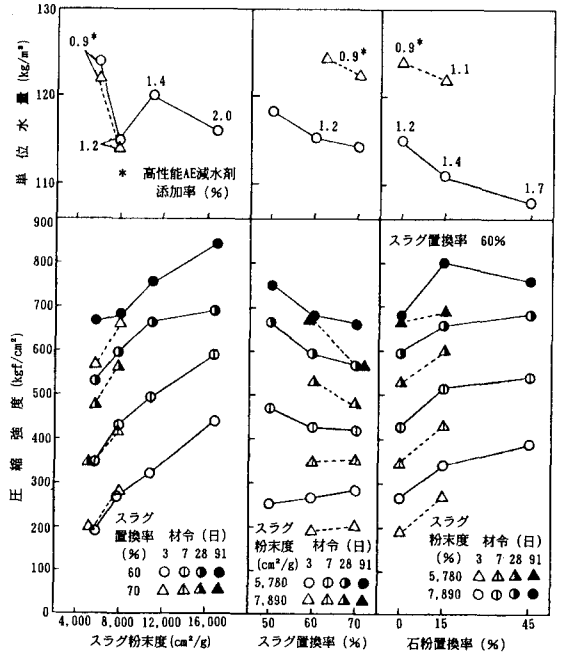


図1 単位水量および圧縮強度に及ぼすスラグ粉末度、スラグ置換率および石粉置換率の影響

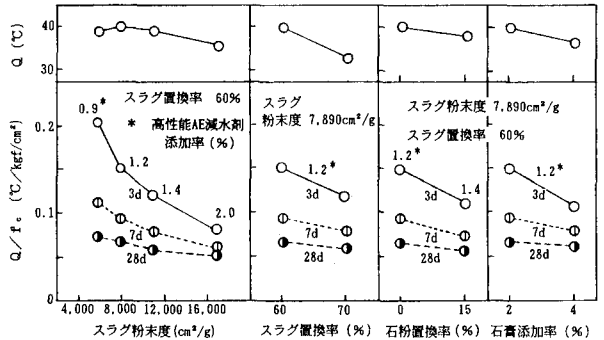


図2 終局断熱温度上昇量(Q)および単位圧縮強度当りの断熱温度上昇量(Q/f_c)に及ぼすスラグ粉末度、スラグ置換率、石粉置換率および石膏添加率の影響