

V-150

石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの断熱温度上昇特性に関する実験的考察

五洋建設（株）技術研究所 正会員 藤原 敏弘

五洋建設（株）技術研究所 正会員 井戸 勇二

1. まえがき

高流動コンクリートは粉体を多量に用いるが、この粉体の一部として不活性で発熱に寄与せず、高い流動性を得られる石灰石微粉末を用いることが注目されている。本報告では、石灰石微粉末の添加量がコンクリートの水和発熱に与える影響に着目して、石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの断熱温度上昇特性について考察する。

表-1 使用材料

名称	記号	種類	備考
水	W	上水	比重1.00
セメント	C	普通 ポルトランドセメント	比重3.16 粉末度3260cm ² /g
混和材	Is	石灰石微粉末	比重2.71 粉末度4700cm ² /g
細骨材	S	山砂：砕砂 =50:50	山砂：表乾比重2.57, 吸水率1.31 砕砂：表乾比重2.62, 吸水率1.98
粗骨材	G	砕石	表乾比重2.69, 吸水率0.84
混和剤	SP	高性能 AE減水剤	比重1.05 ポリカルボニール系

2. 使用材料および試験器具

使用した材料の一覧を表-1に、石灰石微粉末の化学組成を表-2に示す。また、試料の練混ぜは容量50ℓのパンミル型ミキサーを使用し、断熱温度上昇量の測定は空気循環式の試験器を使用した。

表-2 化学組成

強熱減量(%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
42.6	0.0	0.0	0.1	46.6	0.7	0.2

3. 配合

水粉体比を一定として、石灰石微粉末の混入率を変化させた。各試料の配合を表-3に示す。表-4に示すフレッシュ性状を満たすために必要な混和剤の添加量は、石灰石微粉末の混入率増加に伴い減少した。

表-3 配合

配合No.	石灰石微粉末混入率 Is/P(%)	水粉体比 W/P (%)	s/m	s/a	単位量(kg/m ³)					SP p×wt (%)	AE剤
					W	C	Is	S	G		
1	0	30	45	49.6	175	584	0	765	806	1.70	0.005
2	30	30	45	49.6	172	460	115	765	806	1.25	0.003
3	50	30	45	49.6	170	369	199	765	806	1.20	0.002
4	30	30	45	49.6	168	280	280	765	806	1.05	0.002

4. 試験結果および考察

配合 No.1～4 の断熱温度上昇量と材齢の関係を図-1に示す。このとき、コンクリートの打設温度は20℃である。図-1中に示される断熱温度上昇曲線を、式(1)⁹⁾で近似した結果を表-5に示す。

$$Q = Q_{\infty} \left\{ 1 - e^{-\alpha(t-t_0)} \right\} \dots (1)$$

ここで、 Q_{∞} は終局断熱温度上昇量、 α は発熱速度係数、 t_0 は遅延時間である。

単位セメント量が減少すると初期速度が小さくなる傾向が見られ、終局断熱温度上昇量も低下する。また、初期発熱の遅延が見られるのは高性能 AE 減水剤の使用による影響と思われ、添加量が減少すれば遅延時間も減少した。

図-1より得られた、終局断熱温度上昇量と単位セメント量の関係を図-2に示

表-4 規定値

試験項目	規格値
スランプフロー	65±5cm
V65ロータ流下時間	20秒以下
U1充填高さ	300mm以上
空気量	4.5±1.0%

表-5 熱物性の近似値

配合No.	Q_{∞} (℃)	α	t_0 (h)
1	63	2.76	0.553
2	56	2.74	0.495
3	47	1.86	0.374
4	39	1.51	0.343

キーワード：石灰石微粉末、高流動コンクリート、断熱温度上昇試験、水和発熱速度

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 tel 0287-39-2111 fax 0287-39-2132

す。図中の直線は、試験結果を直線回帰したものであるが、石灰石微粉末混入率の変化に関わらず、相関係数は0.98となった。また、今回の試験結果は土木学会の示方書に基づく単位セメント量による算定値より、同一の単位セメント量に対する終局断熱温度上昇量の値が小さくなった。

鈴木ら²⁾の研究に倣い、温度が $T \pm \beta$ となる前後2点と対象点 (t, T) とを通過する二次曲線を求め、図-1に示す断熱温度上昇曲線の傾き $d\Delta T_{ad}/dt$ を温度 T における二次曲線の勾配として求め、これを式(2)に代入して水和発熱速度 (H) を算出した。このとき、 β の値は 1.5°C とした。

$$H = \frac{dQ}{dt} = \frac{cp}{C} \cdot \frac{d\Delta T_{ad}}{dt} \dots (2)$$

ここで、 $T = T_0 + \Delta T_{ad}$ 、 T_0 は打ち込み温度、 Q は積算発熱量、 t は時間、 c はコンクリートの平均比熱、 ρ はコンクリートの密度、 C は単位セメント量である。

図-3に、式(2)より算出した水和発熱速度と材齢の関係を示す。図-3では、いずれの試料においても1次ピークとみなせる水和発熱速度の急激な増加と減少が見られ、続いて2次ピークとみなせる水和発熱速度が若干増加する期間を経た後に、収束する傾向を示す。石灰石微粉末を混入した場合には顕著な1次ピークが見られ、水和発熱速度の最大値は1次ピークが2次ピークより大きい。これに対して、石灰石微粉末が未混入の場合における、水和発熱速度の最大値は1次ピークが2次ピークと比較して若干小さい。石灰石の主成分である炭酸カルシウムの微粉末がエーライトの初期水和速度を促進する³⁾といわれており、本試料においても石灰石微粉末の混入が水和の促進に寄与しているものと思われ、特に、初期水和を促進する結果が得られた。

5. あとがき

石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートの断熱温度上昇量の測定結果より、以下の所見を得た。

- (1) 終局断熱温度上昇量は単位セメント量の増加とともに直線的に増加し、石灰石微粉末が最終断熱温度上昇量に与える影響は見られない。
- (2) 石灰石微粉末を混入した試料では、一時的に水和発熱速度が急激に増加する領域が存在し、石灰石微粉末がセメントの初期水和の促進に寄与していると思われる。

【参考文献】1) (社)日本コンクリート工学協会、マスコンクリートの温度応力研究委員会、pp.4～5、1985

2) 鈴木・辻・前川・岡村、コンクリート中に存在するセメントの水和発熱過程の定量化、土木学会論文集 第414号 V-12、pp.155～163、1990

3) 浅賀・久我、粒度の異なる炭酸カルシウム添加がセメントの水和反応に及ぼす影響、セメント・コンクリート論文集 No.51、pp.20～25、1997

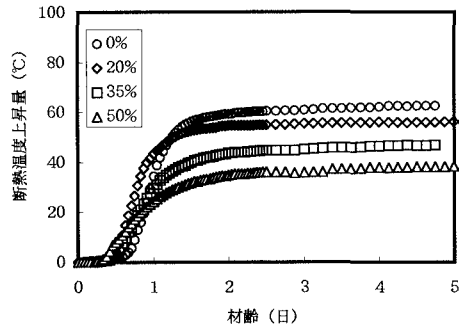


図-1 断熱温度上昇量と材齢の関係

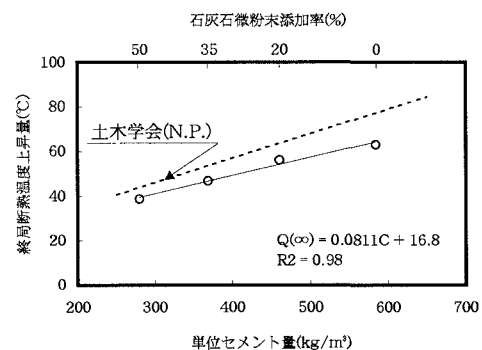


図-2 終局断熱温度上昇量と単位セメント量の関係

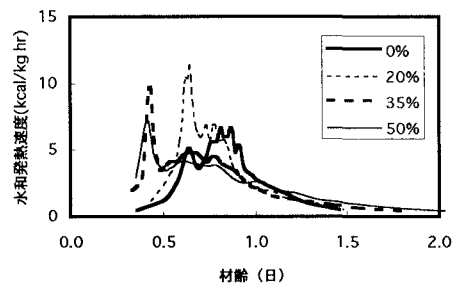


図-3 水和発熱速度と材齢の関係