

高炉スラグ微粉末を大量に混合した RCD コンクリートの硬化性状および発熱性状

鹿島建設株式会社 正会員 ○川崎文義 坂井吾郎 林大介 フェロー会員 坂田昇
京都大学 フェロー会員 宮川豊章

1. はじめに

コンクリートダム内部コンクリートに用いられる RCD コンクリートは、一般のコンクリートと異なり、高い強度や中性化などの耐久性が要求されないという特徴を有しており、産業副産物の利用の観点から高炉スラグ微粉末を大量に混合したセメントを RCD コンクリートへ適用することは極めて有効であると考えられる。これまでに、RCD コンクリートに高炉スラグ微粉末を 90wt% 混合したセメントを用いた研究¹⁾が行われているものの、実施工への適用には至っていない。本報告は、高炉スラグ微粉末を大量に混合した RCD コンクリートの実用化を目的として、その硬化性状および発熱性状について、実験的に検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料およびコンクリート配合を、それぞれ表-1 および表-2 に示す。配合 No.1 (記号: MF30) は、フライアッシュ混合率 30% の中庸熱フライアッシュセメントを用いた一般的な RCD コンクリートの配合である。配合 No.2 (記号: B90) は、配合 No.1 (MF30) と単位水量および水結合材比を同一とし、普通ポルトランドセメントに高炉スラグを 90wt% 混合した結合材を用いた RCD コンクリートの配合である。配合 No.3 (記号: N) については、後述する簡易断熱温度上昇試験において比較用とした普通コンクリートの配合である。

2.2 試験項目および方法

(1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験に用いたコンクリートは、表-2 の配合より、G80(粒径 40~80mm)の粗骨材を除いたものとした。また、供試体を作製する際には、RCD 工法における振動ローラーによる締固めを模擬し、振動タンパで締固めを行った。

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度; 3.16 g/cm ³
		中庸熱フライアッシュセメント (フライアッシュ混合率 30%), 密度; 2.85 g/cm ³
混和材	B	高炉スラグ微粉末, 密度; 2.91 g/cm ³ , 比表面積; 4040 cm ² /g
細骨材	S	砕砂, 密度; 2.64 g/cm ³ , 粗粒率; 2.80
粗骨材	G20	砕石, 密度; 2.65 g/cm ³ , 実積率; 63.7%, Gmax20mm, 粒径 5~20mm
	G40	砕石, 密度; 2.66 g/cm ³ , 実積率; 64.0%, Gmax40mm, 粒径 20~40mm
	G80	砕石, 密度; 2.60 g/cm ³ , 実積率; 60.4%, Gmax80mm, 粒径 40~80mm
AE 減水剤	AE	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体

表-2 コンクリート配合および圧縮強度

No.	W/(C+B) (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							AE ((C+B)×%)	圧縮強度 (N/mm ²)			
				W	C	B	S	G20	G40	G80		1 日	3 日	7 日	28 日
No.1(MF30)	70.8	70.8	30.0	85	120	—	679	530	532	520	0.25	2.6	5.2	6.5	11.7
No.2(B90)	70.8	708.3	30.0	85	12	108	680	531	533	521	0.25	2.1	9.0	13.8	25.3
No.3(N)	55.0	55.0	47.0	165	300	—	862	976	—	—	0.25				

キーワード 高炉スラグ微粉末, RCD コンクリート, 硬化性状, 発熱性状

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL042-489-2897

(2)簡易断熱温度上昇量試験

温度 20℃ および相対湿度 80 % の室内において、500×500×500mm のコンクリート供試体を厚さ 500mm の発泡スチロールで覆い、コンクリートの中心位置、コンクリート表面からの深さ 125mm の位置、コンクリート表面位置の計 3 箇所の温度を熱電対で測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 硬化性状

各配合の圧縮強度試験結果を表-2 に示す。配合 No.2 (B90) の圧縮強度は、材齢 1 日において配合 No.1 (MF30) と同程度となり、材齢 3 日以降は 2 倍程度の値となった。

3.2 発熱性状と強度発現

簡易断熱温度上昇量試験結果を、図-1 に示す。配合 No.2 (B90) の温度は、約 80 時間で 26℃ まで上昇し、その後、緩やかに下降した。また、配合 No.3 (N) の温度は、約 47 時間で 52℃ まで上昇し、その後、下降した。これらの結果をもとに、2 次元 FEM による温度解析を用い、断熱温度上昇式が式(1)で表現できるものとして配合 No.2 (B90) の断熱温度上昇式の同定を試みた。

$$Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt}) \quad \text{式(1)}$$

ここに、 $Q(t)$ ；材齢 t 日における断熱温度上昇量 (℃)

Q_{∞} ；終局断熱温度上昇量

r ；温度上昇速度に関する定数

まず、既往の文献²⁾から断熱温度上昇式を仮定できる配合 No.3 (N) について解析を行い、本試験における表面熱伝達率および熱伝導率を同定した。ここで、配合 No.3 (N) の断熱温度上昇特性値には、 $Q_{\infty}=41.0$ (℃)、 $r=1.267$ を用いた。次にこれらの値を用い、配合 No.2 (B90) の温度履歴を再現できる断熱温度上昇式を同定した結果、配合 No.2 (B90) の断熱温度上昇特性値は、 $Q_{\infty}=10.5$ (℃)、 $r=0.600$ となった。

同定された配合 No.2 (B90) の断熱温度上昇式を、既往の文献²⁾に示される中庸熱フライアッシュセメント (MF30) の単位セメント量 120kg/m³ の配合と比較したものを図-2 に示す。同図より、配合 No.2 (B90) は、一般的な RCD コンクリートよりも温度上昇を抑制することができ、温度応力を低減できる可能性があることが分かる。図-3 に各材齢の圧縮強度と最終断熱温度上昇量の比を示す。配合 No.2 (B90) の値は、配合 No.1 (MF30) よりも大きく、材齢 28 日で配合 No.2 (B90) は配合 No.1 (MF30) の約 5 倍となっており、配合 No.2 (B90) はより少ない発熱で高い強度発現性を得られるものと考えられる。

4. まとめ

RCD コンクリートにおいて高炉スラグ微粉末を 90wt% 混合した結合材を用いることによって、一般的な RCD コンクリートよりも少ない発熱で高い強度発現性を得られるものと考えられる。ただし、この理由については明確でなく、今後詳細な検討を進めていくことが必要である。

参考文献

- 1) 河野広隆, 森濱和正: 高炉スラグ微粉末の RCD コンクリートへの利用, 土木研究所資料第 3248 号, 1994.1
- 2) 宇部三菱セメント: 技術資料 (第 5 版), 2008.4

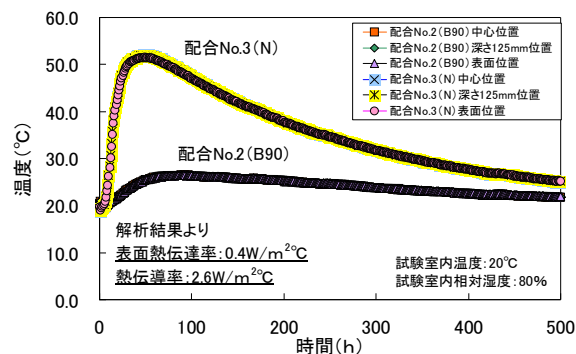


図-1 簡易断熱温度上昇量試験結果

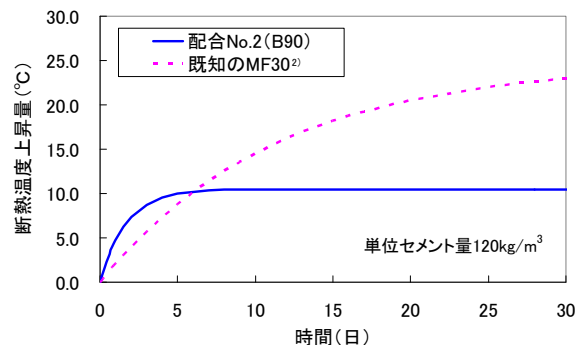


図-2 断熱温度上昇量

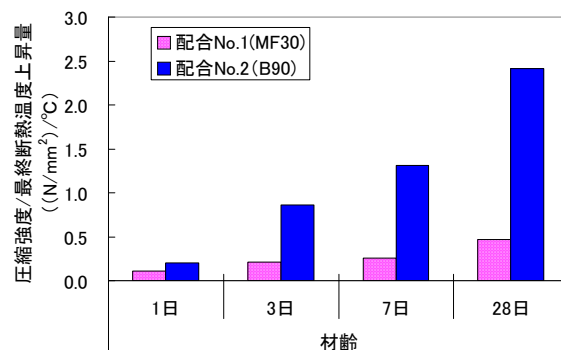


図-3 圧縮強度と最終断熱温度上昇量の比