

RCD 用コンクリートに用いる中庸熱フライアッシュセメントの 熱特性に関する一考察

麻生セメント株式会社 正会員 ○前田 禎夫 野田 恒幸 印牧 尚希
福岡県五ヶ山ダム建設事務所 鴨打 章 住吉 正浩 竹内 康秀 真崎 達也 四元 秀哲 田中 元輝
鹿島建設(株) 正会員 林 健二 松本 信也 取違 剛

1. 目的

福岡県が発注する五ヶ山ダム堤体建設工事では、RCD 工法による施工が行なわれている。ダムコンクリートは非常に部材厚の大きいマスコンクリートであるため、水和熱抑制の観点から中庸熱フライアッシュセメントが用いられることが多い。また、中庸熱ポルトランドセメントへのフライアッシュ置換率は重量比で 30% の通称 MF30 と呼ばれるセメントを用いるのが一般的である。一方、同ダムでは、RCD 用内部コンクリートに用いるセメントとして、フライアッシュ置換率 20% の中庸熱フライアッシュセメント（以下、MF20）が用いられている。MF30 についてはダムコンクリートに一般的に使用されていることからデータが充実している¹⁾が、MF20 はダムコンクリートに用いられた例が少なく、特に単位セメント量の少ない RCD 配合領域における熱特性についてはデータが少ない。

以上のことを踏まえて本検討では、MF20 を用いた RCD 用内部コンクリートの温度応力解析検討を行うための基礎資料とするため、断熱温度上昇特性を把握する検討を行った。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

本検討に使用したコンクリートの使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。実際の施工では河川水を用いるが、本検討は水道水を用いた。それ以外の材料はすべて実際のダムの施工に用いられる材料である。また、粗骨材の最大寸法は 80mm であり、G1 : G2 : G3 の比率は粗骨材の実積率が最大となるように試験にて確認し、40 : 30 : 30（重量比）とした。

3. 試験概要

本検討では、コンクリートの打込み温度がコンクリートの断熱温度上昇特性に及ぼす影響を把握するために、練上がり温度をそれぞれ 10℃、20℃、30℃程度となるよう調整した 3 ケースとして、試験を行った。コンクリートの練混ぜ量は 100 リットル強制二軸練りミキサに対して 40 リットルとした。1 バッチ目は、40mm ふるいにてウェットスクリーニングした後、フレッシュ性状の確認を行い、2 バッチ目のコンクリート（G1 を含む）を上面直径 40cm、底面直径 30cm、深さ 40cm（容積約 40l）の容器にランマーを用いて人力で詰め（写真-1 参照）、断熱温度上昇量を測定した。断熱温度上昇量の測定期間は、MF20 の低発熱性を考慮し、材齢 28 日までとした。

4. 試験結果

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	MF20	中庸熱フライアッシュセメント 密度：2.98g/cm ³ 、比表面積：3,760cm ² /g
細骨材	S	砕砂 密度：2.60g/cm ³ 、FM：2.67
粗骨材	G1	砕石 80~40mm 密度：2.63g/cm ³ 、FM：8.81
	G2	砕石 40~20mm 密度：2.62g/cm ³ 、FM：7.86
	G3	砕石 20~5mm 密度：2.61g/cm ³ 、FM：6.50
混和剤	AD	AE 減水剤 リグニンスルホン酸塩とナリカルボン酸塩

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	VC 値 (秒)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)						AD (C×%)
				W	MF20	S	G1	G2	G3	
77.7	30	20±10	1.5±1	101	130	664	624	466	466	1.0



写真-1 断熱温度上昇量測定容器への試料締め

キーワード：中庸熱ポルトランドセメント、フライアッシュ、MF20、RCD、断熱温度上昇量

連絡先：〒814-0001 福岡市早良区百道浜 2 丁目 4-27A I ビル 11F TEL 092-833-5110 FAX 092-833-5119

表-1 コンクリートのフレッシュ性状

試験 ケース	練上がり 温度 (°C)	VC 値 (秒)	空気量 (%)		単位容 積質量 (t/m ³)
			読み値	換算※	
10°C	10.9	17.6	1.2	0.9	2.48
20°C	19.5	18.0	1.8	1.4	2.46
30°C	28.3	15.4	1.1	0.8	2.48

※測定した空気量から、G1 容積をもとにフルサイズに換算

コンクリートのフレッシュ性状を表-1 に示す。また、各練上がり温度における断熱温度上昇試験結果を図-1～図-3 に示す。各図には、実験データをもとに、2012 年制定 土木学会コンクリート標準示方書【設計編】(以下、示方書)に記載された以下の断熱温度上昇特性式に整合するように、 Q_{∞} および r を最小二乗法にて求めた回帰曲線を併記した。

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

ここに、 Q_{∞} : 終局断熱温度上昇量 (°C)、 r : 温度上昇速度に関する係数、 t : 材齢 (日)

実験データに着目すると、いずれの温度においても、材齢 4 日頃までの温度上昇が大きく、その後は非常に緩慢に温度上昇する傾向が見られた。また、実験データと回帰式を比較すると、いずれの練上がり温度においても材齢 4 日頃までの温度上昇は実験データのほうが回帰式よりも大きく、材齢 4 日以降の温度上昇は回帰式の方がやや大きくなった。

図-1 には、同ダムの外部コンクリートに使用した、練上がり温度 20°Cにおける MF30 の試験結果²⁾を併記した。MF20 は MF30 に比べてやや終局断熱温度上昇量が高い結果となった。中庸熱ポルトランドセメント自体の熱特性がメーカーによって若干異なることから一概に比較は出来ないものの、この結果は混入しているセメントの量(割合)が異なることが主要因と考えられる。

練上がり温度と終局断熱温度上昇量 Q_{∞} の関係を図-4 に示す。同図には、示方書から算出できる中庸熱ポルトランドセメントおよびフライアッシュ B 種(普通セメントへのフライアッシュ置換率 18%)の Q_{∞} を併記した。示方書から算出できる中庸熱ポルトランドセメントやフライアッシュ B 種よりも本試験結果における MF20 の Q_{∞} はやや小さくなっており、本試験結果は妥当と考えられる。

5. まとめ

MF20 を用いた RCD 用内部コンクリートの断熱温度上昇特性を把握した。本試験結果で得られた Q_{∞} や r は事前に行われた温度応力解析時に入力された値と同等であり、最終的には堤体の温度応力に問題が無いことを確認しているが、途中段階では若干の差異も見られるため、さらなるデータを収集し、断熱温度上昇式の精度向上が要求されると考える。

参考文献

- 1) 庄司ほか: 中庸熱フライアッシュセメントを用いたコンクリートの基礎物性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.1417-1422, 1999
- 2) 宇部三菱セメント技術資料, 第 6 版, 2013

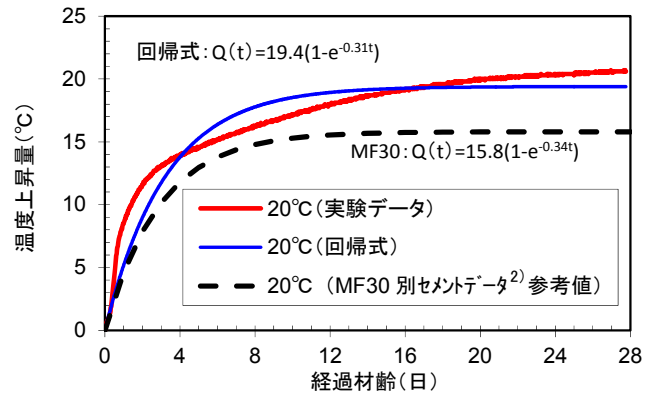


図-1 断熱上昇試験結果 (20°C)

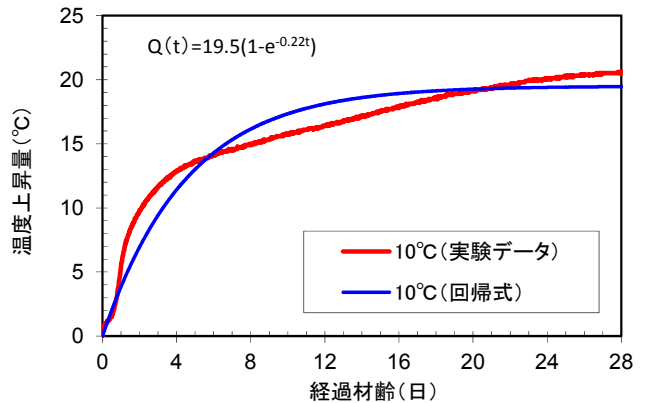


図-2 断熱上昇試験結果 (10°C)

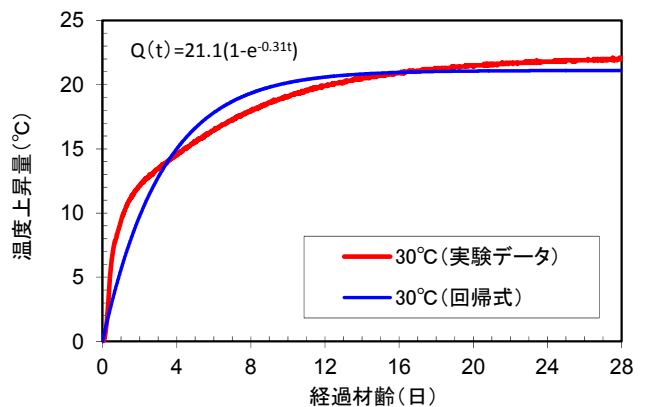


図-3 断熱上昇試験結果 (30°C)

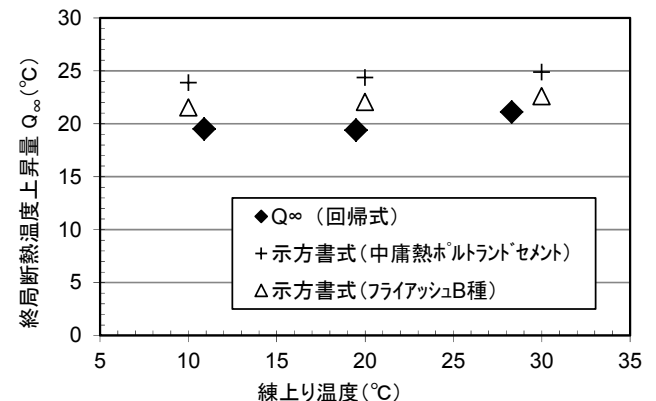


図-4 練上がり温度と終局断熱温度上昇量の関係