

フライアッシュ置換率がダムコンクリートの強度・発熱特性に及ぼす影響

飛島建設 技術研究所

正会員 ○平間 昭信

飛島建設 技術研究所

正会員 松元 和伸, 正会員 松田 浩朗

飛島建設 北陸土木事業部

柏木 克之, 大平 信吾

1. はじめに

ダムコンクリートは、コンクリートの温度ひび割れの原因となる発熱量を低減するため、また、コンクリートのワーカビリティの改善や、長期強度の増進を図るために、セメントの一部をフライアッシュで置換することが多い。近年においては、中庸熱ポルトランドセメントにフライアッシュを 30%置換し、混合セメントとして使用することが主流となっている。しかし、このような混合セメントを適用したダムコンクリートであっても、夏期においては温度ひび割れの対策として、骨材冷却などにより練り混ぜ温度を低下させることや、夜間打設などが必要となる場合がある。このような対策が必要な時期において、別添加できる貯蔵サイロを設置すればフライアッシュ置換率（以下、FA 置換率）を任意に設定することができるので、ダムコンクリートの発熱量を低減させ、温度ひび割れ対策を軽減できる可能性がある。しかし、FA 置換率を 60%まで高めた報告¹⁾などがあるものの、ダムコンクリートのフライアッシュ高置換に関する報告は少ないのが現状である。

本報告は、中庸熱ポルトランドセメントに対して、FA 置換率 30%とした混合セメント（以下、MF30）に対して、フライアッシュの別添加により FA 置換率を 40%, 50%としたダムコンクリートの強度、発熱特性について検討を実施したものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

使用した材料は、FA 置換率 30%の中庸熱フライアッシュセメント、別添加したフライアッシュは JIS II 種（碧南火力）、骨材は川砂、川砂利を用い、粗骨材最大寸法は 80mm である。混和剤は、リグニンスルホン酸化合物を主成分とする AE 減水剤を用いた。検討した配合は、外部コンクリート（A 配合）、内部コンクリート（B 配合）の 2 配合、FA 置換率はいずれの配合とも、30%, 40%, 50%とした。その配合を表-1 に示す。

表-1 検討配合

配合 No	FA 置換率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合材比 W/C+FA(%)	細骨材率 (%)	単 位 量(kg/m ³)					
						水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
A-30	30	3±1	3.5±1	49	26	102	210	0	527	1,516	0.525
A-40	40			47		99	180	30		1,516	
A-50	50			46		97	150	60		1,513	
B-30	30			75	29	105	140	0	604	1,494	0.350
B-40	40			74		103	120	20		1,494	
B-50	50			74		103	100	40		1,490	

(2) 試験項目および試験方法

圧縮強度試験は、40mm でウェットスクリーニングしたコンクリートで試験体を作製し、養生は標準水中養生とした。試験材齢は、7 日、28 日、91 日の 3 材齢として、圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して実施した。

断熱温度上昇試験は、供試体周辺温度と断熱槽内温度が同一となるように追従する試験装置により実施した。断熱温度上昇試験により得られた断熱温度上昇量の曲線を、最小二乗法により近似した。その近似式を式-1 に示す。特性値である定数 K 値は終局断熱温度上昇量を示し、 α および β は断熱温度上昇速度に関する定数である。

$$\Delta T(t) = k(1 - e^{-\alpha t^\beta}) \quad (\text{式-1})$$

キーワード：ダムコンクリート、フライアッシュ、圧縮強度、断熱温度上昇、温度ひび割れ

連絡先：〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設株式会社技術研究所 TEL:04-7198-7559

3. 実験結果

(1) 圧縮強度試験結果

A 配合および B 配合の圧縮強度試験結果を図-1に示す。いずれの配合とも、FA 置換率の増加に伴い、圧縮強度は低下する。B 配合については、結合材量が少なく、水結合材比が 75%程度と大きいことから、圧縮強度が小さくなるため、FA 置換率による圧縮強度の差は小さい。

FA 置換率が強度発現性に及ぼす影響を整理するために、FA 置換率 30%の圧縮強度に対する FA 置換率 40%および 50%の圧縮強度比を表-2に示す。材齢とともに、FA 置換率 30%に対する圧縮強度比は増加する傾向であり、FA のポズラン反応による長期強度増進が確認できる結果となっている。また、FA 置換率 30%に対する FA 置換率 40%および 50%のセメント量の比は、それぞれ 0.86 および 0.71 である。材齢 3 日および 7 日では、セメント量比に比べ圧縮強度は小さいが、材齢 91 日ではセメント量比と同等の比となっており、FA 置換率が高いほど強度発現が遅いことを示している。

(2) 断熱温度試験結果

FA 置換率に対する断熱温度上昇量 (K 値) を図-2に示す。FA 置換率の増加とともに、K 値は減少しており、発熱低減の効果が大きいことが確認された。A 配合の場合では、FA 置換率 50%では 30%に比べて 6.8℃小さくなっている。また、FA 置換率 30%の K 値に対する FA 置換率 40%および 50%の K 値の比は、セメント量比 (0.86, 0.71) と同程度の値であり、セメント量の影響が大きいことがわかる。

図-3に、FA 置換率に対する断熱温度上昇速度に関する定数 α 値、 β 値を示す。図より、今回の実験では、FA 置換率に対して α 値および β 値に顕著な傾向は見られない。

4. まとめ

- (1) FA 置換率が高いと強度発現が遅くなるが、材齢 91 日では圧縮強度比はセメント量比と同程度となった。
- (2) FA 置換率の増加とともに、K 値は減少し、A 配合では FA 置換率 50%では 30%に比べて 6.8℃小さくなっている。これらから、発熱低減の効果が大きいことが確認された。

今後、温度応力解析などにより FA 高置換ダムコンクリートの温度ひび割れの抑制効果を検証するとともに、凍結融解抵抗性などの耐久性についても検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 鍵本広之、菊池浩一郎、佐藤道生、長瀧重義：フライアッシュ置換率を 60%まで高めたダムコンクリートの諸特性，土木学会論文集，No.781/V-66，pp.45-56，2005.2

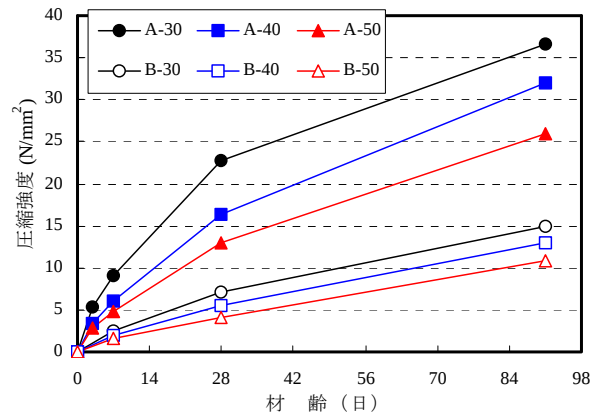


図-1 圧縮強度結果 (標準水中養生)

表-2 圧縮強度比 (A-30, B-30 を 1 として)

配合 No	3 日	7 日	28 日	91 日
A-30	1.00	1.00	1.00	1.00
A-40	0.61	0.67	0.72	0.87
A-50	0.54	0.53	0.57	0.71
B-30	-	1.00	1.00	1.00
B-40	-	0.81	0.77	0.87
B-50	-	0.66	0.58	0.72

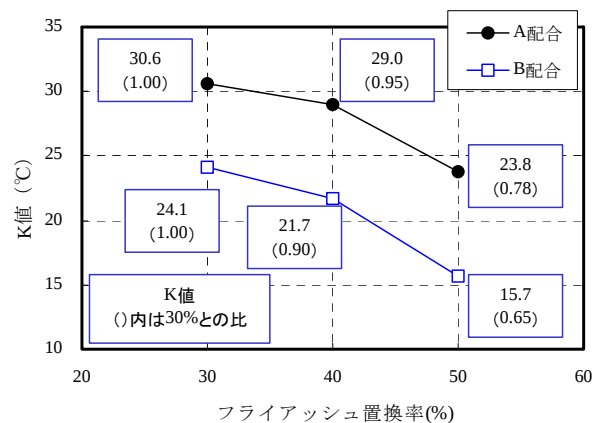


図-2 FA 置換率と K 値の関係

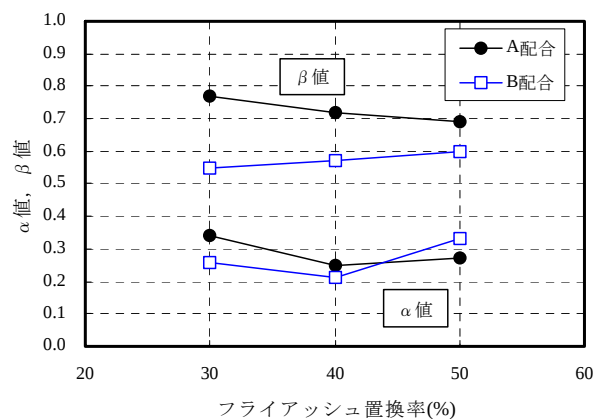


図-3 FA 置換率と α 値, β 値の関係