

ダムコンクリートのフライアッシュ混入率と断熱温度上昇特性について

佐藤工業株式会社	正会員	○浜崎	尚 ^{*1}
佐藤工業株式会社	正会員	斎藤	達也 ^{*1}
佐藤工業株式会社	正会員	野稻	清 ^{*2}
佐藤工業株式会社	正会員	片岡	大到 ^{*2}
佐藤工業株式会社	正会員	宇野洋志城	^{*3}

1. はじめに

ダムコンクリートでは一般に単位セメント量が少なく、貧配合となることが多い。また、近年、ダムコンクリートにおけるフライアッシュ混入率は、温度上昇抑制の観点より増加する傾向にある。一方でコンクリート標準示方書におけるフライアッシュコンクリートの断熱温度上昇特性の標準値（以下、示方書式と称す）は、フライアッシュセメント B 種（ただし混入率 18%，単位セメント量 $250\text{kg/m}^3 \leq C \leq 400\text{kg/m}^3$ の場合）の値であり、混入率が 18%以外の場合や単位セメント量が適用範囲外の場合に参考にすることが困難である。

そこで、ダムコンクリートを想定した貧配合コンクリート（ $C+FA=230\text{kg/m}^3$ ）のフライアッシュコンクリートについて、混入率や打込み時温度を変化させた断熱温度上昇試験を実施し、各々の断熱温度上昇特性を算定し、比較を行った。

2. コンクリート材料及び配合

本試験に使用するコンクリート材料を表-2.1に、配合を表-2.2に示す。

フライアッシュ混入率が 40%，30%の2種類に示方書式との比較用として 18%を加えた計3種類について、打込み時温度を 30℃として断熱温度上昇試験を行った。また、混入率 30%については、打込み時温度を 25℃とした試験も行い、打込み時温度 30℃の結果と比較した。

3. 試験方法

断熱温度上昇試験に使用する試験機は、空気循環式試験機で、コンクリートを円筒形の容器（容

表-2.1 コンクリート材料

項 目	仕 様	
粗骨材 最大寸法	40mm	
セメント	普通ポルトランドセメント	
フライ アッシュ	フライアッシュⅡ種相当品	
細骨材	海砂	砕砂
	表乾密度：2.62g/cm ³ 絶乾密度：2.57g/cm ³ 吸水率：1.90%	表乾密度：2.64g/cm ³ 絶乾密度：2.60g/cm ³ 吸水率 1.50%
粗骨材	碎石 4020	碎石 2005
	表乾密度：2.70g/cm ³ 絶乾密度：2.69g/cm ³ 吸水率：0.32%	表乾密度：2.70g/cm ³ 絶乾密度：2.69g/cm ³ 吸水率：0.22%
混和剤	AE 減水剤（遅延型） 空気量調整剤	
スランプ	5.0±1.0cm	
空気量	4.0±1.0%	

表-2.2 コンクリート配合

FA 混入率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤	
			W	C	FA	S		G		AE 減水剤	AE 剤
						砕砂	海砂	4020	2005		
40	58.3	40.0	134	138	92	392	391	602	602	C/100×250ml	C×0.009%
30				161	69	393	393	605	605	C/100×250ml	C×0.015%
18				189	41	395	394	606	606	C/100×250ml	C×0.008%

キーワード ダムコンクリート，フライアッシュ，混入率，打込み時温度，断熱温度上昇特性

連絡先 *1 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4丁目12-19 佐藤工業株式会社 土木事業本部設計部 TEL 03-3661-1572

*2 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜1-1-6 佐藤工業株式会社 大阪支店土木事業部 TEL 06-6203-7221

*3 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 佐藤工業株式会社 技術研究所 TEL 046-270-3091

積約 50L) に打ち込み, 試料コンクリート内部で温度勾配が生じないようにヒーターを制御することによりコンクリートを擬似的な断熱状態に保つものである。

温度測定は, フレッシュ状態を確認した後, 直ちに容器内に詰めてからコンクリート中心部の温度上昇が定常状態になるまで行う。

4. 断熱温度上昇特性

4.1 混入率の違いによる比較

フライアッシュ混入率別の断熱温度上昇特性(打込み時温度 30℃) は以下の式となった。なお, 回帰式は, 示方書式と同じ形式の関数とし, 最小二乗法により算定している。また, 参考として, 適用外であるが単位セメント量を 230kg/m³ とした場合の示方書式についても併せて記載する。

- ・ 混入率 40%

$$Q(t)=26.1(1-e^{-0.918t}) \quad (1)$$

- ・ 混入率 30%

$$Q(t)=30.6(1-e^{-1.047t}) \quad (2)$$

- ・ 混入率 18%

$$Q(t)=32.9(1-e^{-1.201t}) \quad (3)$$

- ・ 示方書式

$$Q(t)=35.9(1-e^{-1.180t}) \quad (4)$$

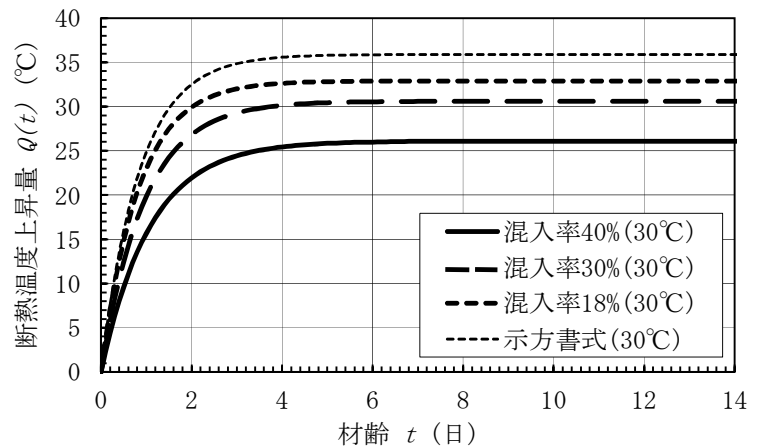


図-4.1 断熱温度上昇特性 (打込み時温度 30℃)

図-4.1 より, フライアッシュ混入率が 40% 及び 30%については, 初期温度上昇勾配, 終局熱温度上昇量共に, 示方書式を下回ることが分かる。また, フライアッシュ混入率が 18%の場合も, 材齢 1 日までは示方書式との差は小さいが, その後の温度上昇勾配, 終局熱温度上昇量共に, 示方書式を下回っている。

4.2 打込み時温度の違いによる比較

フライアッシュ混入率 30%について, 打込み時温度を 25℃とした場合の断熱温度上昇特性は式(5)となった。また, 参考として, 打込み時温度を 25℃とした示方書式についても併せて記載する。

- ・ 混入率 30%

$$Q(t)=31.0(1-e^{-0.914t}) \quad (5)$$

- ・ 示方書式

$$Q(t)=35.7(1-e^{-0.993t}) \quad (6)$$

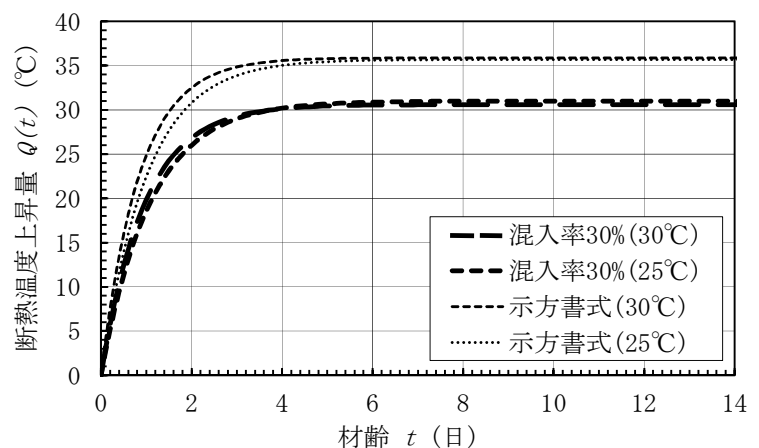


図-4.2 断熱温度上昇特性 (30℃と 25℃の比較)

図-4.2 より, 示方書式では, 打込み時温度

が低くなると初期温度上昇勾配が緩やかになるのに対し, フライアッシュ混入率 30%の実測値では, 初期温度上昇勾配の差が小さいことがわかる。また, いずれの場合も終局熱温度上昇量に差異は見られない。

5. まとめ

今回の試験結果では, 断熱温度上昇量はいずれも示方書式を下回っていることから, 温度応力解析を実施する際, 示方書式を用いれば, 安全側の検討結果となることが確認された。

本来, 温度応力解析を行う際には, 実際に使用する材料を用いて試験を行い, 算定される断熱温度上昇特性を用いることが基本であるが, 今回行ったような試験を実施できない場合もある。断熱温度上昇特性は配合や材料によって異なるため, 本式を適用する場合は, 式(3)が式(4)と同程度になるような係数を導き, その係数を式(1), 式(2)または式(5)に乗じる等の配慮が必要であると思われる。