

V-522

加圧流動床石炭灰を混入したコンクリートの断熱温度上昇特性

間組 技術研究所 フェロー会員 喜多 達夫 中国電力 土木部 正会員 斎藤 直
 間組 技術研究所 正会員 福留 和人 中国電力 土木部 正会員 新谷 登
 間組 技術研究所 正会員 佐々木 肇

1. まえがき

加圧流動床形式の石炭火力発電所（以下、P F B C）は、燃焼材料である石炭に石灰石を混合燃焼させることにより燃焼と同時に硫酸化合物を除去できる環境調和型の火力発電所である。P F B Cから発生する石炭灰（以下、P F B C灰）は、硫酸化合物除去時に生成する石膏成分を含有しており、SiO₂の含有量等は現在のフライアッシュのJ I S規格を満足していないため、その有効利用技術の開発が大きな課題となっている。著者らは、既報において段別採取された粒径の細かいP F B C灰は、強度改善効果を有していること、耐久性上悪影響を与えないことを実験的に確認し、コンクリート用混和材として利用の可能性が高いことを報告した¹⁾。本文では、P F B C灰を混入したコンクリートの断熱温度上昇特性について報告する。

2. 実験概要

（1）使用材料：表-1にP F B C灰の品質を示す。ここで、P F B C灰は、1、2次サイクロンおよびE Pの3段階の集塵設備で採取され（以下、1、2次灰、E P灰と呼ぶ）、採取比率は、90：7：3である。試験は、それぞれ単独使用の場合、採取比率で混合した場合（混合灰と呼ぶ）について実施した。セメントは、普通ポルトランドセメント（密度3.16、比表面積3,280cm²/g）を、細骨材および粗骨材は、それぞれ川砂（比重2.62、吸水率1.49%）および砕石（秩父産硬質砂岩、比重2.72、吸水率0.60%）を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸系の高性能A E減水剤を用い、所要のスランプおよび空気量を得られるように添加量の調整を行った。

表-1 P F B C灰の品質

灰種	密度 g/ml	ブレン 比表面積 cm ² /g	平均 粒径 μ m	化 学 成 分(%)					
				強熱 減量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃
1次灰	2.66	3,010	30.9	6.8	40.6	12.6	2.8	31.4	9.4
2次灰	2.75	12,790	2.91	1.1	31.9	27.5	2.0	23.4	7.4
E P灰	2.78	19,550	1.61	2.5	31.0	25.2	2.7	24.2	8.8
混合灰	2.67	—	—	6.2	41.6	28.1	2.8	30.4	8.9

表-2 コンクリートの配合

灰種	水結合 材比 W/(C+F) (%)	細骨 材率 s/a	単位量(k g / m ³)					
			水 W	セメント C	P F B C 灰 F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
無混入	55.0	45.0	165	300	—	823	1040	1.50
	40.0	42.0		413	—	729		2.48
	30.0	40.4		550	—	680		6.60
1次灰	55.0	44.6		210	90	809		2.10
2次灰	55.0	44.6		210	90	811		1.80
	40.0	41.5		289	124	713		4.13
	30.0	39.6		385	165	659		8.25
E P灰	55.0	44.7		210	90	812		2.40
	40.0	41.5		289	124	714		4.54
	30.0	39.7		385	165	661		9.35
混合灰	55.0	44.6		210	90	809		4.50

（2）コンクリートの配合：コンクリートの配合を表-2に示す。水結合材比は、1次灰、混合灰：55%、2次灰およびE P灰：55,40および30%とし、P F B C灰の置換率は、30%と一定とした。全ての配合で、単位水量および単位粗骨材量は、それぞれ165および1,040 kg/m³と一定とした。スランプおよび空気量の目標値は、水結合材比55%の場合12±2.5cmおよび4.5±1.5%、40%の場合15±2.0cmおよび4.5±1.5%、30%の場合20±1.5cmおよび2.0±1.0%とした。

キーワード：P F B C灰、混和材料、断熱温度上昇特性、セメント有効係数

連絡先：〒305-0822 つくば市荻間西向515-1 間組技術研究所, tel:0298-58-8814, fax:0298-58-8819

(3) 断熱温度上昇試験：空気循環式の断熱温度上昇試験器を用いて測定した。コンクリートの容量は、約50リットルである。

3. 実験結果

図-1～図-3に断熱温度上昇試験結果を示す。図に示すように、P F B C灰を混入することによって終局断熱温度上昇量、断熱温度上昇速度とも低減されている。以上のような傾向を定量的に評価するために、断熱温度上昇量を下式で表し、各係数を最小自乗法により算定した。

$$T(t) = K \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot (t - t_0)))$$

ここに、 $T(t)$ ：断熱温度上昇量(℃)， K ：終局断熱温度上昇量(℃)， α ：断熱温度上昇速度を表す係数(1/day)， t ：材齢(day)， t_0 ：温度上昇の遅れ(day)である。

さらに、セメント有効係数(k)を導入することによりP F B C灰を等価なセメント量に換算し、換算セメント量を用いて断熱温度上昇特性を評価した。換算セメント量は、下式で与えられる。

$$C^* = C + k \cdot F$$

ここに、 C^* ， C ， F ：換算セメント量、セメント量およびP F B C灰量(kg/m^3)、 k ：P F B C灰のセメント有効係数である。

終局断熱温度上昇量 K および断熱温度上昇速度 α とセメント量は、線形関係にあると仮定して、回帰分析によりそれぞれ回帰式およびセメント有効係数を求めた。

図-4および図-5にそれぞれ換算セメント量と終局断熱温度上昇および断熱温度上昇速度の関係を示す。灰種によるバラツキが見られるが、セメント有効係数を導入することにより評価可能である。セメント有効係数は、それぞれ0.251および0.275であり、前者は、一般的なフライアッシュを用いた場合²⁾とほぼ同等、後者は、若干大きくなっている。

4. まとめ

P F B C灰を混入することによって終局断熱温度上

昇量および断熱温度上昇速度とも低減される。その低減の程度は、フライアッシュを用いた場合とほぼ同等であり、P F B C灰の混入は、温度上昇量を低減する上で有効であると言える。

【参考文献】1) 佐々木肇他：加圧流動床発電所から産出される石炭灰の有効利用に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集Vol. 19, No. 1, pp. 229～234, 1997. 6 2) 福留他：フライアッシュを用いた高流動コンクリートの配合設計手法の検討、間組研究年報, pp. 7～16, 1996. 12

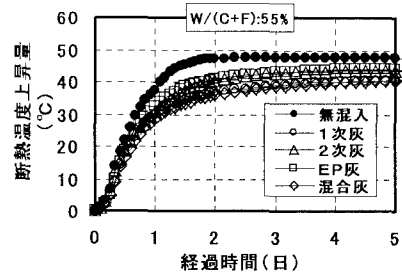


図-1 断熱温度上昇特性(W/(C+F):55%)

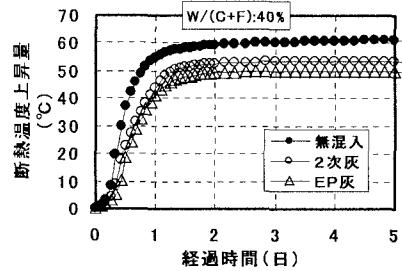


図-2 断熱温度上昇特性(W/(C+F):40%)

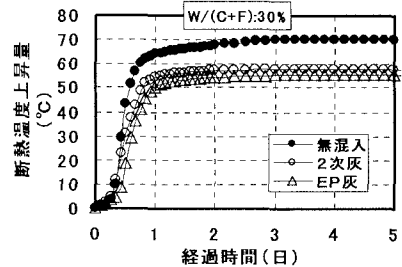


図-3 断熱温度上昇特性(W/(C+F):30%)

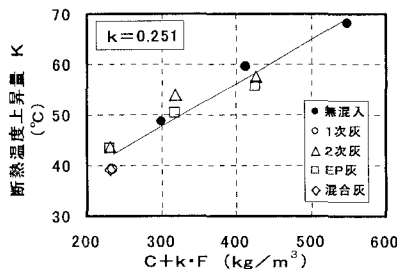


図-4 換算セメント量と終局断熱温度上昇量の関係

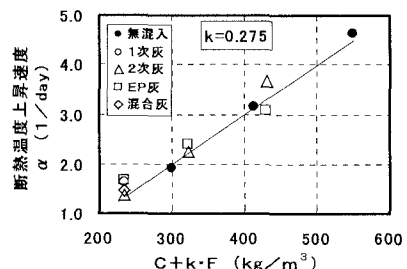


図-5 換算セメント量と断熱温度上昇速度の関係