

北陸産分級フライアッシュを用いたコンクリートの水和熱抑制効果に関する実験的検討

金沢工業大学大学院 学生会員 ○田端 辰伍
金沢工業大学大学院 正会員 宮里 心一
富山県立大学 正会員 伊藤 始
北陸電力(株) 久保 哲司

1. 序論

電力の安定供給に大きな役割を果たしている石炭火力発電所では、石炭燃焼に伴う副産物として大量の石炭灰(フライアッシュ)が産出される。また、北陸地方に製鉄所はなく、石炭火力発電所のみが存在する。そのため、かつてフライアッシュは産業廃棄物とされていたが、北陸地方においては、地産地消・環境負荷低減の観点および循環型社会推進のための有効な資源¹⁾として注目されている。

さて、石川県の七尾大田火力発電所では、分級装置の設置によって、高品質のフライアッシュの安定供給が可能となった。分級フライアッシュをコンクリート用混和材として使用することで、コンクリートの温度ひび割れ抑制効果が見込まれている。

以上の背景を踏まえ本研究では、北陸地方の代表的な骨材を用いて、普通ポルトランドセメント(OPC)および高炉セメント B 種(BB)を用いたコンクリート、OPC に高炉スラグ微粉末(BFS)および分級フライアッシュを混和したコンクリート(FA)を製造し、北陸地方の石炭火力発電所におけるフライアッシュの利用促進を図るための検証実験として、簡易断熱温度上昇量試験および完全断熱温度上昇量試験を実施した。

2. 実験手順

2. 1 実験ケース

実験ケースを表 1 に示す。骨材の種類は、早月川産(富山県)、庄川産(富山県)、手取川産(石川県)および能登産(石川県)の 4 水準を設け、結合材種類では、OPC、BB、BFS および FA の 4 水準を設け、計 16 ケースとした。

2. 2 配合

コンクリートの配合を表 2 に示す。全ケースにおい

表 1 実験ケース

結合材種類 骨材産地	OPC	BB	BFS	FA
早月川	○●	○●	○●	○●
庄川	○	○	○	○
手取川	○	○	○	○
能登	○	○	○	○

注) ○：簡易断熱温度上昇量試験，●：完全断熱温度上昇量試験

表 2 コンクリートの配合

ケース	W/B (%)	単位量(kg/m³)							
		W	C	BFS	FA	S	G	Ad	AE
早月川	OPC	54.5	159	292	-	831	1044	2,920	-
	BB	53.9	158	293		821	1050	4,395	
	BFS	54.5	159	169		831	1044	2,920	
	FA	54.5	157	245		828	1044	2,880	
庄川	OPC	53.8	154	286	-	814	1034	1,144	-
	BB	51.5	153	297		782	1052	1,188	
	BFS	51.5	153	172		782	1052	1,188	
	FA	50.0	150	255		795	1038	1,200	
手取川	OPC	54.7	156	285	-	802	1036	2,850	0.300
	BB	53.7	154	287		789	1044	2,870	
	BFS	54.7	156	165		802	1036	2,850	
	FA	53.3	144	230		851	1021	2,700	
能登	OPC	52.3	173	331	-	732	1024	3,641	0.270
	BB	51.5	168	326		714	1051	3,586	
	BFS	51.5	168	189		714	1051	3,586	
	FA	51.2	171	284		725	1024	3,340	

注) W/B=W/(C+ BFS+FA)

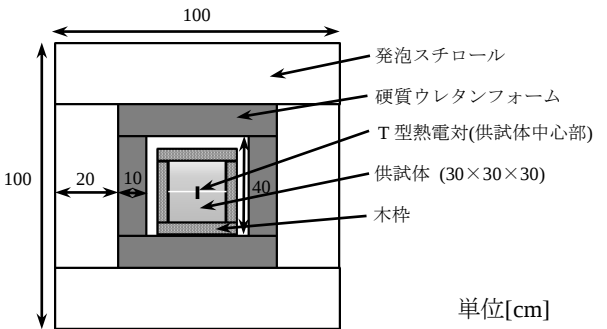


図 1 簡易断熱温度上昇量試験の模式図

て、生コンクリート工業組合で設計された実用配合に準じた。また練上がり直後のフレッシュ性状として、スランプが 8.0±2.0cm、空気量が 4.5±1.5%となる様に、混和剤量を調整した。さらに、28 日目の目標

キーワード 分級フライアッシュ，地産地消，実用配合，簡易断熱温度上昇量試験，温度ひび割れ抑制

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1 地域防災環境科学研究所 TEL 076-274-7733

圧縮強度として、 30N/mm^2 となる様にした。なお、BFS は結合材に対して全体の 42%内割置換、FA は 15%内割置換とした。

2. 3 測定方法

簡易断熱温度上昇量・完全断熱温度上昇量を測定した。なお、簡易断熱温度上昇量試験は、図 1 に示した発泡スチロール製断熱容器を用いて、約 20°C の実験室内で T 型熱電対を用いて、1 時間毎に 7 日間に亘り供試体中心温度の経時変化を測定した。また、OPC または BB に対する FA の水和熱抑制率を式(1)より算出した。

$$\text{OPC または BB に対する FA の水和熱抑制率(\%)} = \frac{\text{OPC or BB の最高温度} - \text{FA の最高温度}}{\text{OPC or BB の最高温度}} \times 100 \cdots (1)$$

完全断熱温度上昇量試験は、完全断熱温度上昇量試験装置にて、30 分毎に 12 日間に亘り供試体の内部温度の経時変化を測定した。なお、スランプ、空気量および圧縮強度は、全ケースで満足したことを確認している。

3. 実験結果

3. 1 完全断熱温度上昇量

図 2 に早月川産の完全断熱温度上昇量を示す。これによれば、FA と OPC・BB および BFS を比較すると、FA は OPC と同等の終局断熱温度上昇量を示し、BB および BFS より終局断熱温度上昇量が 3.7°C 低いことが認められた。よって、既往の研究では、 $1\sim 3^\circ\text{C}$ の範囲でも差があると判断している²⁾ことから、FA は水和熱を抑制したと考えられる。

3. 2 簡易断熱温度上昇量

図 3 に骨材産地別の最高温度上昇量を示す。これによれば、何れの骨材産地においても FA は OPC・BB および BFS と比較して、最高温度上昇量が同等または低かった。また、各骨材産地において、セメント種類の影響による傾向に大きな差異はなかった。

図 4 に OPC または BB に対する FA の水和熱抑制率を示す。これによれば、FA では全体的に $6\sim 28\%$ 水和熱を抑制することが確認された。

4. 結論

完全断熱温度上昇量試験および簡易断熱温度上昇量試験の結果より、北陸産フライアッシュを使用した実用配合のコンクリートでは、水和熱を抑制することが確認された。

謝辞：

本研究に関して、住友大阪セメント(株)ならびに金沢大学鳥居教授にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：

- 1) 土木学会:循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術,コンクリートライブラリー132, 2009
- 2) 牛尾仁ら:振動付与練混ぜによる強度改善に関する基礎的研究,コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1319-1324, 2010

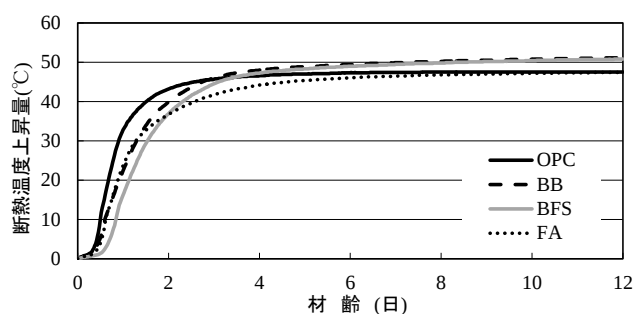


図 2 完全断熱温度上昇量(早月川産)

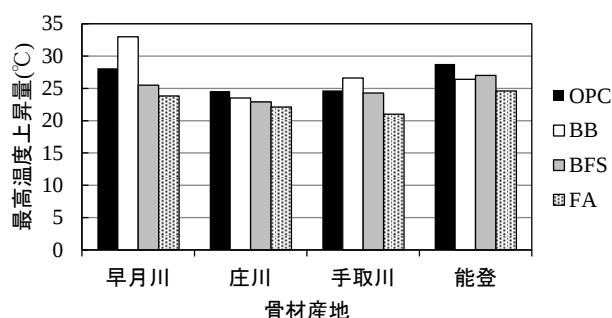


図 3 最高温度上昇量(骨材産地別)

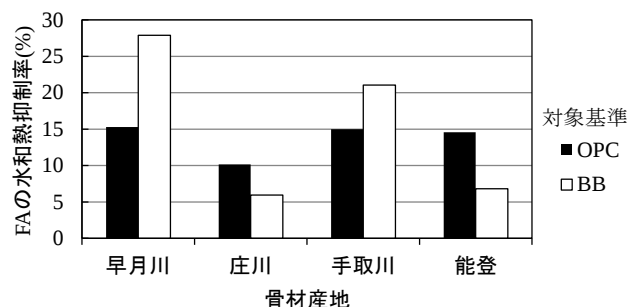


図 4 FA の水和熱抑制率(対象基準：OPC, BB)