

# 高温下における FA 混和材利用高炉セメントコンクリートの凝結過程

国立大学法人熊本大学 学生会員 戸高 圭太  
 学生会員 衛藤 元  
 正会員 友田 祐一  
 正会員 重石 光弘

## 1. 研究背景

東日本大震災以降、日本各地の原子力発電所の停止をうけて火力発電の需要が増加し、処理が困難とされるフライアッシュ(FA)が大量に発生しているためセメントの代替材としての再利用が考えられている。また、現在では製鉄所で発生する高炉スラグを再利用した高炉セメントコンクリートが普及しているが、普通セメントコンクリートに比べて水和熱の低減により乾燥収縮ひび割れしないなど多くの利点を持っているが、初期強度が小さいという欠点があった。そこで、初期強度を大きくするための高炉セメントの改良の結果、水和熱の低減効果が失われ、コンクリートにひび割れが発生し耐久性が低下するという問題が起きている。そこで、高炉セメントコンクリートに FA を混合させた FA 混和剤利用高炉セメントコンクリート(FABB コンクリート)が注目されている<sup>1)</sup>。FA を混和剤として利用することで長期強度の向上、流動性の改善などが期待できる。そして、FA の排出量は今後、増大していくと考えられるため、FA の利用を拡大していくことが望ましい。

一方、近年では地球温暖化傾向により、コンクリートの打込み温度が 35℃を超えてしまう建設現場なども多くなってきている。しかし、FABB コンクリートの建設現場における適切な利用方法は確立されておらず、高温下における特性についても十分な知見は得られていない。そこで、本研究では、高温下における BB コンクリート、および FABB コンクリートの凝結特性、および硬化特性についての検討として、凝結時間測定を行った。また、初期強度および強度発現過程に着目し、圧縮強度試験を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 セメントの凝結試験

本研究では、BB コンクリート、および FABB コンクリートの高温下における凝結特性を検討するための予備実験として、セメントの凝結試験を実施した<sup>2)</sup>。本実験では、FA を打割りで 0%,5%,10%で BB セメントと置換した配合を考えた。表 - 1 に配合を示す。W/C、および W/B は 27.5%とした。各、素材の密度を表 - 2 に示す。凝結試験は、常温下、および高温下における凝結特性を検討するために、環境試験機を用いて、常温下(温度 20℃、相対湿度 90%以上)、また高温下

(温度 40℃、湿度 90%以上) ので実施した。ビカー針装置を用いて、始発から終結までの時間を計測した。図 - 1、および図 - 2 に試験結果を示す。

表 - 1 セメントペースト配合表

	水	BBセメント	FA
0%	137.5	500	0
5%	137.5	475	25
10%	137.5	450	50

表 - 2 各材料の密度

材料	密度(g/cm <sup>3</sup> )
BBセメント	3.02
FA	2.33
細骨材	2.58
粗骨材	3.03

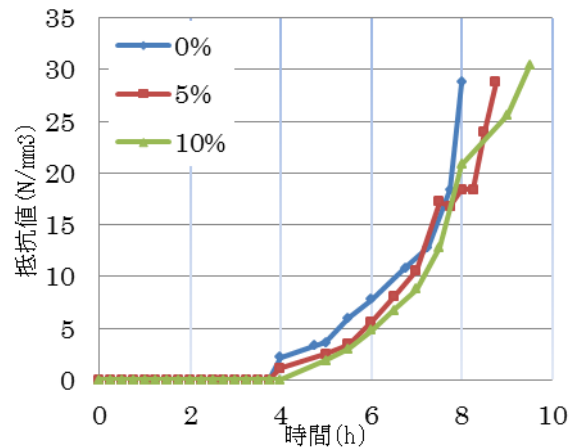


図 - 1 凝結試験結果 (常温下)

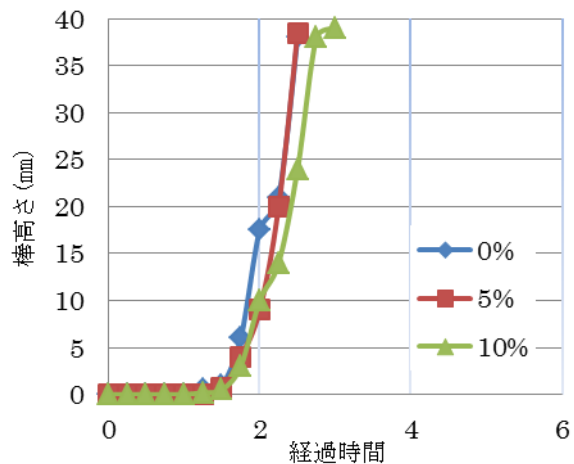


図 - 2 凝結試験結果 (高温下)

試験結果より、凝結は常温下では 4 時間程度で終結し、置換率の違いによる終結までの時間に大きな差は生じなかった。また、高温下においても同様に、FA の置換率の違いによる終結までの時間に差はなかったが、3 時間までに終結した。これより、FABB セメントにおいては、終結時間に常温下、高温下共に FA の置換率の違いによる影響は小さかった。

## 2.2 FABB コンクリートの作成

セメントの凝結試験結果より、FA の置換率の影響が小さいと推測された。そこで、FA を内割り 0%,5%,10%でBBセメントと置換したFABBコンクリートを作成した。その際、骨材の体積と空気量は一定とし、水結合材比、FA 置換率が一定になるよう調整した。配合を表 - 3 に示す。尚、この配合は示方配合として扱わないため、各素材料の小数点以下は省略していない。また、フレッシュ時の特性として、スランプ、および空気量を表 - 4 に示す。

表 - 3 配合表

	水	セメント	FA	細骨材	粗骨材
0%	165	300	0	784.44	1125.99
5%	164.08	283.43	14.92	784.44	1125.99
10%	163.18	267.03	29.67	784.44	1125.99

表 - 4 フレッシュ時の特性

置換率	スランプ		空気量(%)	
	常温下	高温下	常温下	高温下
0%	1.3	1.9	2.0	1.7
5%	2.5	1.8	2.6	0.9
10%	2.8	1.7	3.5	1.2

表 - 4 より、常温下、高温下共に、FA の置換率が上昇するに従い、スランプ値が上昇し、空気量は低下した。すなわち、FA を混入したことにより、流動性の改善、緻密さの向上が確認された。

そして、各コンクリートの養生は、セメントの凝結試験時同様に常温下(20℃以上、湿度 90%以上)、高温下(35℃以上、湿度 90%以上)で、環境試験機を用いた。尚、環境試験機内では水中養生ができないため気乾養生を行った。

## 2.3 コンクリートの凝結試験

コンクリートの凝結試験では、3 種のコンクリートから、粗骨材を取り除いて得られたモルタルに対し、貫入抵抗試験装置を用いて凝結時間を測定した<sup>3)</sup>。貫入抵抗値が 3.5N/mm<sup>2</sup> になるまでの時間を始発時間、28N/mm<sup>2</sup> になるまでの時間を終結時間とした。試験結果を図 - 3、および図 - 4 に示す。

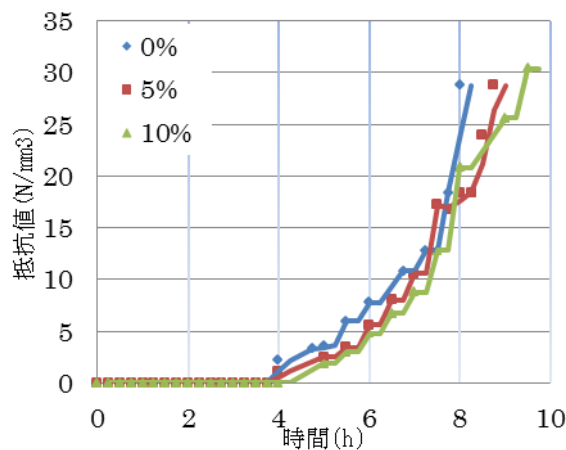


図 - 3 凝結試験結果 (常温下)

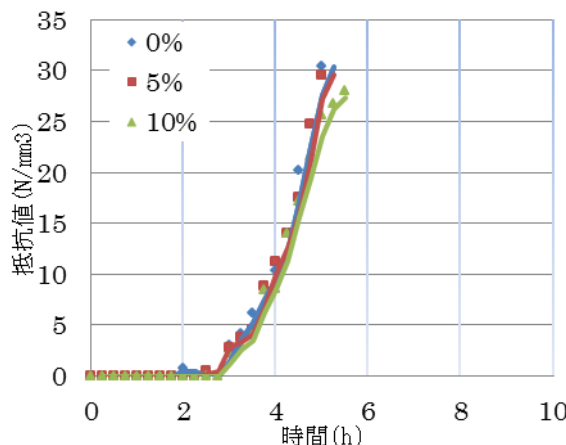


図 - 4 凝結試験結果 (高温下)

試験結果より、常温では、貫入抵抗値 15 N/mm<sup>2</sup> 程度から抵抗値が急激に上昇したが、高温では 10 N/mm<sup>2</sup> 程度から抵抗値が急激に上昇した。これは、高温下では水和反応が早くなるためと思われる。そして、コンクリートの凝結は常温下では 8~10 時間で終結した。また、高温下では 5 時間程度で終結した。よって、高温下では凝結時間が約半分になることが明らかとなった。また、FA の置換率の違いによる影響はセメントペースト同様に小さかった。

## 2.4 圧縮強度試験

常温下と高温下で 28 日養生した供試体(φ100×200)をそれぞれ 9 本ずつ(0%:3 本,5%:3 本,10%:3 本)圧縮試験を行い、養生条件の違い、および FA の置換率の違いが圧縮強度に及ぼす影響を検討する。

## 参考文献

- 1) 「高炉セメントを用いたコンクリートの施工初期に発生するひび割れに対するフライアッシュの効果に関する実験的研究」,コンクリート工学年次論文集, Vol.31.No.1(2009)
- 2) JIS R 5201 「セメントの凝結試験方法」
- 3) JIS A 1147 「コンクリートの凝結時間試験方法」