

流動床灰を多量に使用したコンクリートの物性と硬化組織

大成建設（株）技術センター 正会員 ○岡本修一*¹
 中国電力（株） 土木部 正会員 新谷 登*²
 中国電力（株） 土木部 正会員 斎藤 直*²
 大成建設（株）技術センター 正会員 大脇英司*¹
 大成建設（株）技術センター 正会員 岡本礼子*¹

1. はじめに

加圧流動床型式の石炭火力発電所から発生する石炭灰（流動床灰）は、コンクリート混和材として有効利用方法の研究が行なわれているが、現行のフライアッシュと比較し SO_3 や CaO 含有量が多くなる傾向が認められ、コンクリートは膨張挙動を示すことが確認されている。この膨張挙動は、流動床灰を使用したコンクリートの耐久性に影響を及ぼすものと考えられ、コンクリート混和材として有効利用方法を図る上で非常に重要な要因となることが予測される。

そこで本研究は、流動床灰を多量に使用したコンクリートの基礎データを得ることを目的とし、圧縮強度や促進中性化特性に関し、膨張挙動と硬化組織の面から実験的に検討を行ったものである。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1 に示す。今回検討では、有効利用の観点から多量使用が可能なセメントの外割り置換を基本としている。練上がりで、スランプ $20 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4 \pm 2.5\text{cm}$ を目標とした。

コンクリートの膨張量の測定は JIS A 1129 により、圧縮強度の測定は JIS A 1108

	W/C (%)	W/ (C+FA) (%)	FA/ (C+FA) (%)	単位量 (kg/m ³)					高性能 AE減水剤 (P x)
				W	C	流動床灰 (FA)	S	G	
1	57	—	—	180	318	—	731	1065	0.35%
2	57	29.3	48.2	180	318	296	440	1065	1.55%
3'	100	30.2	70	180	179	418	440	1065	0.90%
3	118	35.5	70	205	173	405	427	1025	0.65%
4	366	36.5	90	205	56	506	427	1025	0.75%

により行なった。養生条件は、 20°C 水中である。促進中性化試験は、前養生 7 日とし、 $20^\circ\text{C} \cdot 60\% \text{R.H.} \cdot \text{CO}_2$ 濃度 5% の条件で行なった。細孔径分布は、コンクリートを粗骨材を排除しながら $5 \sim 2.5\text{mm}$ に粗粉碎した試料を用い、水銀圧入法により測定を行なった。また、コンクリートのペースト部と同じ組成の供試体を作成し、所定材齢にアセトンにより水和停止を行なった試料を用い、水酸化カルシウム量ならびにエトリンサイト量の経時変化について、各々 TG-DTA, DSC により分析を行なった。

3. 結果および考察

(1) コンクリートの諸性状と長さ変化

図-1 に長さ変化試験の結果を示す。供試体は、既往の研究結果と同様に、流動床灰の使用量が多いものほど、大きな膨張を示した。また、図-2 に圧縮強度試験を示す。配合 2 のように、流動床灰をセメントの外割で使用した場合には圧縮強度は改善されるが、配合 2 と配合 3' や、配合 3 と 4 の比較に見られるように、同程度の水粉体比にあっても流動床灰の比率が多くなると強度発現性は小さくなる。

一方、促進中性化深さに関しては、図-3 に示すように流動床灰を外割で使用した配合 2 が最も小さく、同程度の水粉体比にあっても流動床灰の比率が多いほうが中性化深さは大きくなる。

概略、流動床灰の使用量が多く大きな膨張を示した配合ほど、圧縮強度は小さく、中性化深さなる傾向にあり、この膨張による硬化組織の粗大化が物性に影響していることが示唆されているものと思われる。

キーワード：流動床灰，有効利用，圧縮強度，膨張，エトリンサイト

連絡先 *1 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 / 045-814-7228 / 045-814-7253

*2 広島市中区小町 4-33 / 082-523-6362 / 082-523-6367

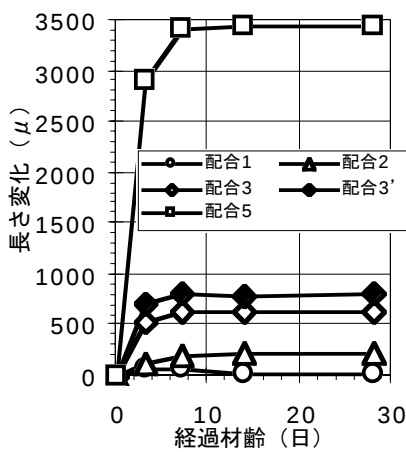


図-1 長さ変化試験結果

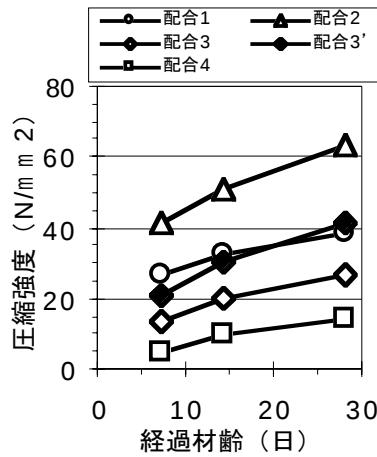


図-2 圧縮強度試験結果

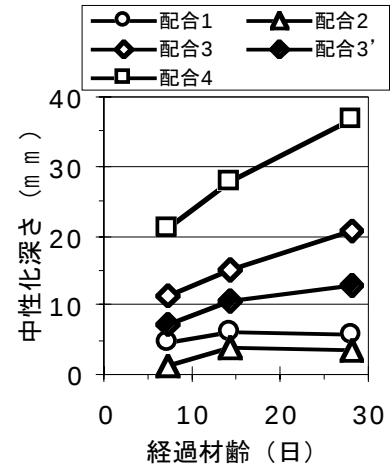


図-3 促進中性化試験結果

(2) 硬化組織

図-4 に材齢 7 日でのペーストの平均細孔径の分布を示す。配合 1 と 2 では、積算細孔容量は同程度であるが、図に示すように、配合 2 の方がより小さい細孔が多く組織が緻密であることがわかる。また、同程度の水粉体比どうしの配合 2 と 3' の比較や配合 3 と 4 の比較では、流動床灰比率の多いほうが、積算細孔容量も多く、組織が粗大となる傾向にある。

流動床灰による膨張は、エトリンガイトの生成に起因すると考えられるが、図-5 に示すように、流動床灰を使用した配合 2~4 では、使用セメント量に対応するエトリンガイト量以上のものが生成していることがわかる。つまり、流動床灰の混和により、多くのエトリンガイトが生成することが確認された。しかし、配合 2 と配合 3 では、同程度のエトリンガイト生成量となっているが、配合 3 のほうが膨張量が大きく、強度も小さい。

これは、W/C が配合 2 で 0.57 であるのに対し、配合 3 で 1.18 と非常に大きいことが影響し、エトリンガイト生成時の他の水和組織の強度により、針状結晶の生成が、組織の充填方向に作用すると強度が改善され、組織の拡大方向に作用すると強度が低下するものと思われる。

促進中性化深さに関しては、組織の緻密なものほど中性化は少なくなり傾向にあるが、TG-DTA の測定から、流動床灰の使用量が多いほど、水酸化カルシウムの絶対量が少なく、流動床灰のポズラン反応による消費の影響も受けることが判明した。従って、実環境での中性化に付いては、硬化組織の緻密さと、ポズラン反応による水酸化カルシウムの消費の両側面からの検討が必要と思われる。

4. 結び

今後は、流動床灰のコンクリート材料としての有効利用を目指し、海洋環境下での耐久性試験を実施し、塩分浸透等に関する検討も進めて行く予定である。

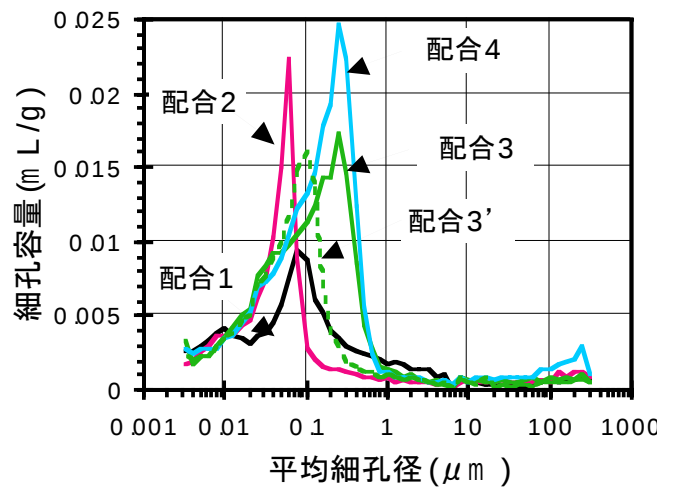


図-4 平均細孔径の分布

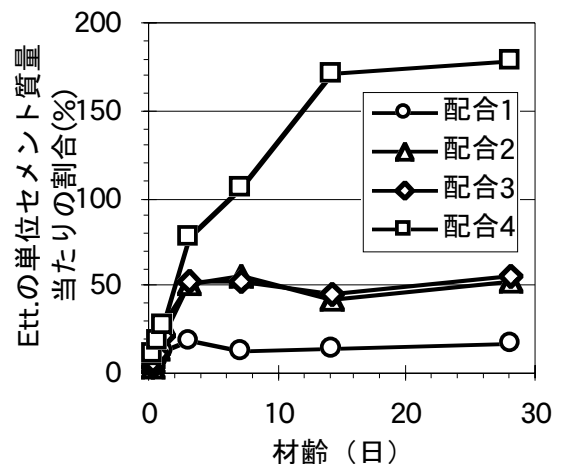


図-5 エトリンガイト生成量の経時変化