

加圧流動床石炭灰のコンクリート混和材としての適用性

広島大学 正会員○森本邦彦
広島大学 正会員 馬場勇介
中国電力 正会員 新谷 登
中国電力 正会員 斎藤 直
広島大学 正会員 河合研至
広島大学 正会員 佐藤良一

1. はじめに

加圧流動床石炭灰（以下 PFBC 灰）は、CaO および SO₃ を多く含有しているため、膨張性水和物であるエトリンガイトおよび Ca(OH)₂ の生成によるケミカルプレストレスの発生が期待できる。これまでに、PFBC 灰を混和したコンクリートの研究はいくつか行われている。体積変化に関する研究は、灰を大量に混和した研究¹⁾や灰の反応性の高い部分のみを用いた研究²⁾がある。しかし、その数は少ない。よって、本研究では膨張性水和物の生成を有効に利用することを念頭に置き、その第一歩として、セメントを PFBC 灰で置換したコンクリートの強度、硬化体の細孔構造、膨張・収縮特性およびこれに起因する拘束応力を置換率および養生条件の観点から検討することを目的とした。

2. 実験概要

表-1 に使用材料の一覧を、表-2 に使用した紛体の諸成分を示す。水結合材比は 45% とし、PFBC 灰の置換率は 10、20、30% とした。また、比較用として無置換(0%)、フライアッシュ (FA) 30% 置換についても行った。

養生条件は、図-1 の通りである。記号の W、S とそのあとに続く数値は、初期の養生条件（W：水中、S：封緘）とその継続日数を示している。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 968kg に一定とした。スランプおよび空気量の目標値はそれぞれ 15±2.5cm および 4.5±1.5% とし、高性能 AE 減水剤または AE 剤の添加量で調整した。

表-3 に実験項目および実験方法の一覧を示す。なお、鉄筋拘束試験は供試体寸法 100×100×1200mm のコンクリートで行い、拘束用鉄筋には異形鉄筋 D13 (SD295) を使用した。

3. 実験結果

図-2 に W28 の圧縮強度と材齢の関係を示す。図-2 より材齢 28 日における圧縮強度比（無置換に対する比）は、PFBC 灰の置換率 10、20、30 および 30 (FA) % の順に 0.98、0.93、0.79 および 0.63 となっており、置換率が上昇するにつれて強度が低下することが分かる。しかしその一方で、同置換率のフライアッシュと比較すると初

表-1 使用材料

使用材料	種類	物理的性質または組織
セメント	普通ポルトランドセメント (OPC)	表-2に示す
細骨材	鬼怒川産川砂	比重2.60、吸水率1.78%、粗粒率2.90
粗骨材	岩瀬産砕石	比重2.62、吸水率0.88%、粗粒率6.81 最大寸法20mm
PFBC灰	中国電力（株）大崎発電所1号機 （原粉、ワンプラント）	表-2に示す
フライアッシュ (FA)	コンクリート用フライアッシュ II 種 （細粉、ワークワース炭）	表-2に示す
AE剤		高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と 非イオン界面活性剤 比重1.03、固形分濃度34%
高性能AE減水剤 (SP)		ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体 比重1.06、固形分濃度17%

表-2 使用した紛体の諸成分

種類	比表面積 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	フロー値比 (%)	化学成分 (%)			
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
PFBC灰	4580	2.61	5.90	84	42.40	12.60	24.10	5.71
OPC	3390	3.16	1.87	—	20.65	5.15	64.63	1.93
FA	4110	2.22	0.80	—	73.80	16.80	0.50	0.10

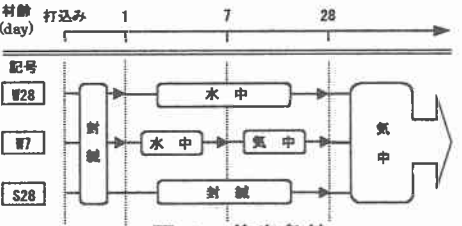


図-1 養生条件

表-3 実験項目および実験方法

実験項目	実験方法
圧縮強度試験	JIS A 1108に準拠 材齢1,3,7,14および28日
長さ変化試験	JIS A 1129に準拠
鉄筋拘束試験	鉄筋比1.3%
細孔径分布	水銀圧入法により測定

期材齢における強度増進が大きいことが分かる。

図-3に細孔径分布の経時変化を示す。無置換およびPFBC灰の置換率 30%のもの共に材齢の経過に伴い、細孔構造は緻密になっているが、無置換のものとPFBC灰 30%置換のものを比較すると、無置換のものがより緻密であり、図-2に示す圧縮強度の点からも、無置換のものがより緻密であることが示されている。

図-4にW28の条件でのコンクリートの材齢とひずみの関係を示す。図-4よりPFBC灰の置換率が上昇するにつれ、膨張ひずみが大きくなることが分かる。図-5にW7およびS28の材齢とひずみの関係を示す。W7およびS28のいずれの条件においても、PFBC灰で置換することにより自己収縮が低減されることが確認できる。また、材齢初期に水分の十分な供給が行われているW7と行われていないS28を比較すると、収縮低減以上の膨張性状を得るには、材齢初期における十分な水分の供給が重要であると考えられる。

図-6に材齢と拘束応力の関係を示す。PFBC灰で置換することによりW7では材齢初期においてケミカルプレストレスが導入されており、S28では拘束引張応力が低減されている。また、乾燥開始後も拘束引張応力が低減されており、収縮低減効果があることが分かる。

4. まとめ

- (1) PFBC灰の置換率が上昇するにつれ強度が低下するが、同置換率のFAと比較すると、材齢初期における強度増進がみられる。
- (2) PFBC灰を混和した場合、水中養生下ではケミカルプレストレスを発生する。
- (3) PFBC灰のコンクリート混和材としての適用性は高い。

「参考文献」

- 1) 岡本修一、宇治公隆、松村勘寿：流動床灰多量に使用したコンクリートに関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.22、No.2、pp.109-114 (2000)
- 2) 佐々木肇、新谷登、喜多達夫、福留和人：加圧流動床発電所から発生する石炭灰に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)

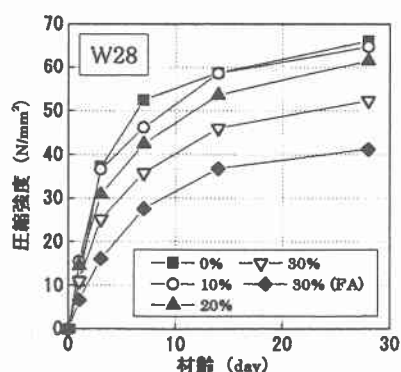


図-2 材齢と圧縮強度の関係

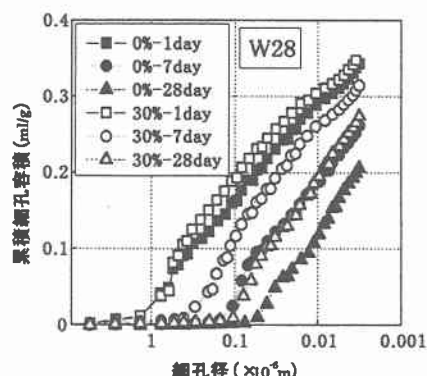


図-3 細孔径の経時変化

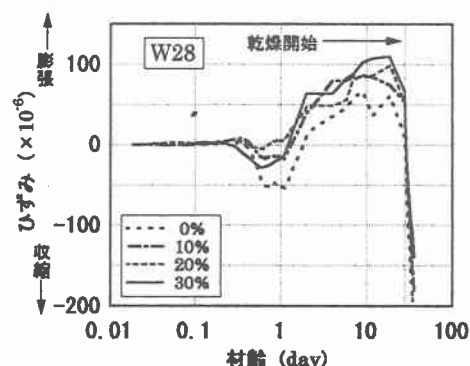


図-4 材齢とひずみの関係

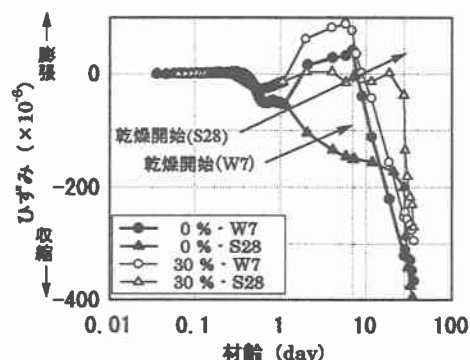


図-5 材齢とひずみの関係

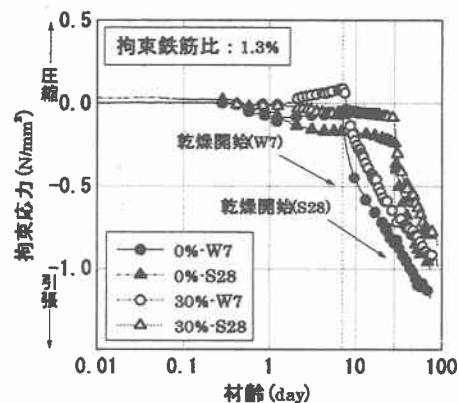


図-6 材齢と拘束応力の関係