

高温履歴を受けた加圧流動床灰混入コンクリートの収縮ひずみ特性

広島大学大学院 学生会員 ○近藤 慎也

広島大学大学院 学生会員 田中 雅章

中国電力 技術研究センター 正会員 中下 明文

広島大学大学院 正会員 佐藤 良一

1. はじめに

加圧流動床石炭灰(以下、PFBC 灰)のコンクリート用混和材料としての活用にマスコンクリートがある。この場合若材齢の収縮特性の把握はひび割れ制御上重要である。PFBC 灰混入コンクリートの自己収縮は小さくなることが知られているが、この理由の一つにエトリンガイトの生成を挙げた¹⁾。しかし、高温履歴下ではエトリンガイトのモノサルフェートへの転化により、自己収縮が大きくなる可能性の指摘がある²⁾。そこで本研究では、水分供給のない状態で高温履歴を受けた PFBC 灰混入コンクリート自己および乾燥収縮特性を実験的に検討した。また、これと関連して、エトリンガイトのモノサルフェートへの転化と細孔径分布について調べた。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料およびその物理・化学的性質を表-1および表-2に示す。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-3示す。水結合材比(W/B)は45%とし、PFBC 灰の置換率はセメントの量に対し内割とした。

また、単位水量および単位粗骨材

量はそれぞれ165kg/m³および989kg/m³

の一定とした。スランプおよび空気量の管理値はそれぞれ15.0±2.5cm および4.5±1.5%とした。分析用試料として同

水結合材比、同置換率のセメントペースト供試体も作製した。

2.3 養生方法

供試体は20±3の室内で打込み直後から材齢0.63日まで湿潤養生した後、脱枠した。脱枠後、直ちにアルミ箔粘着テープを用いて供試体をシールし、その後、図-1に示す2種類の養生を行った。高温養生を行う場合は昇温速度を3/°C・hrで昇温させ、材齢3日まで恒温養生し、それ

以降は昇温時と同一の速度で温度降下させた。材齢7日以降はシールを剥がし、温度：20±3、湿度：60±5%の環境条件で養生を行った。

2.4 実験項目および測定方法

実験項目および方法を表-4に示す。

3. 実験結果および考察

図-2および図-3に無置換(P0)の材齢3日、28日における養生温度20および60のX線回折分析の測定結果を示す。20 養生の場合、材齢3日においてエトリンガイト(Aft, 回折角2θ=9.1°)のピークが、材齢28日

キーワード 加圧流動床灰、エトリンガイト、モノサルフェート、細孔径分布、自己収縮

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科構造材料工学研究室 TEL0824-24-7786

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	栃木県鬼怒川産川砂	密度2.60g/cm ³ 、吸水率1.78%、粗粒率2.78
粗骨材	山口県山口産砕石	密度2.68g/cm ³ 、吸水率0.70%、粗粒率6.38 最大寸法20mm
PFBC灰	〇発電所1号機 (原粉、ワンボ炭)	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 密度1.03g/cm ³ 、固形分濃度34%
高性能AE減水剤	-	ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体 密度1.05g/cm ³ 、固形分濃度17%

表-2 使用材料の物理・化学的性質

種類	比表面積 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	湿分 (%)	MB吸着量 (mg/g)	化学成分(%)							
						SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
OPC	3390	3.16	1.87	-	-	20.65	5.15	2.96	64.63	1.03	1.93	0.30	0.36
PFBC灰	4580	2.61	5.90	0.10	0.42	42.40	12.60	3.96	24.10	1.21	5.71	0.49	0.68

表-3 コンクリートの配合

配合名	水結合材比 (W/B) (%)	細骨材率 (s/a) (%)	置換率 (%)	単位量(kg/m ³)					添加量(B×%)	
				水 W	セメント C	PFBC灰 P	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
									SP	AE
P0	45	45.2	0	165	367	-	792	989	0.50	-
P30		44.6	30		257	110	773		0.75	0.002
P50		44.2	50		184	184	760		0.95	0.006



図-1 養生方法

表-4 実験項目

実験項目	実験方法
硬化体組成分析	X線回折分析装置(粉末法)
細孔径分布測定	水銀圧入法により測定(試料は圧縮強度試験直後のコンクリート供試体のモルタル部分から採取)
長さ変化	JIS A 1129に準拠(低弾性埋込型ひずみゲージ)

ではモノサルフェート水和物（AFm, $2\theta = 9.9^\circ$ ）のピークが見られ、転化が見られた。しかし、60 養生の場合、20 の場合と比べ、エトリンガイト、モノサルフェートともにピークは明確でない。

図-4および図-5に灰置換率50%（P50）の材齢1、3、28日におけるX線回折分析の測定結果を養生温度20 および60 で示す。20 養生では、いずれの材齢においてもエトリンガイトのピークが見られるが、モノサルフェートのピークは見られない。これに対し、60 養生の場合には、材齢1日でエトリンガイトのピークが見られ、材齢3日以降はエトリンガイトと比較的鋭いモノサルフェートのピークが同時に確認された。

図-6に材齢3日および28日における累積細孔容積を養生温度20、60 で示す。20 養生において、いずれの配合も材齢の経過により細孔構造は相対的に緻密化しているが、灰置換率の増加に伴い累積細孔容積は大きく、P50は無置換と比べポーラスであった。60 養生の場合、灰置換されたコンクリートの内部構造は緻密化され、P50の累積細孔容積はP0と比べ大きいものの、 $0.05\mu\text{m}$ 以上の細孔は若干少なかった。60 養生の場合、材齢3日以降の材齢の経過による内部構造の緻密化はいずれの配合においてもほとんど見られなかった。この理由の一つに水分供給がないことが考えられる。

図-7および図-8に20 および60 養生における収縮ひずみの経時変化を示す。PFBCコンクリートの自己収縮ひずみは、無置換と比べ小さくなる傾向があるが、灰の置換率によって異なる。60 養生の場合、P30の自己収縮ひずみはP0とほぼ等しくなったが、エトリンガイトからモノサルフェートへの転化現象によるかは明確でない。

4. 結論

高温履歴を受けたPFBC灰混入コンクリートにおいて、エトリンガイトのモノサルフェートへの転化が確認された。しかし、灰置換率と関連付けた自己収縮ひずみとの関係は明確にはなかった。今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 中下明文ほか：加圧流動床灰を用いたコンクリートの収縮特性 セメント・コンクリート論文集 No.56 pp.261-267 2002
- 2) 原田克己ほか：水和熱を考慮した高炉セメントコンクリートの自己収縮ひずみ特性 コンクリート工学論文集 Vol.14 No.1 2003 pp.23-33

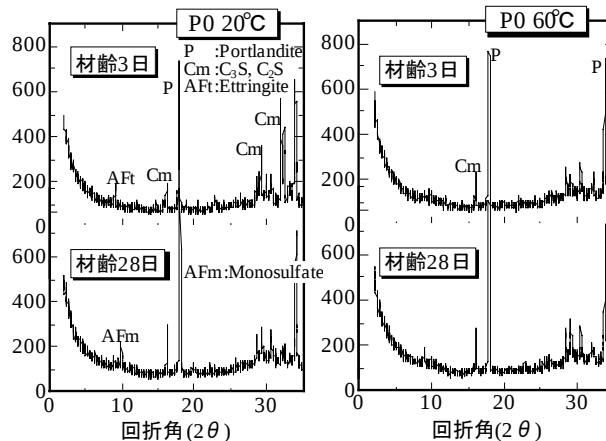


図-2 X線回折分析

図-3 X線回折分析

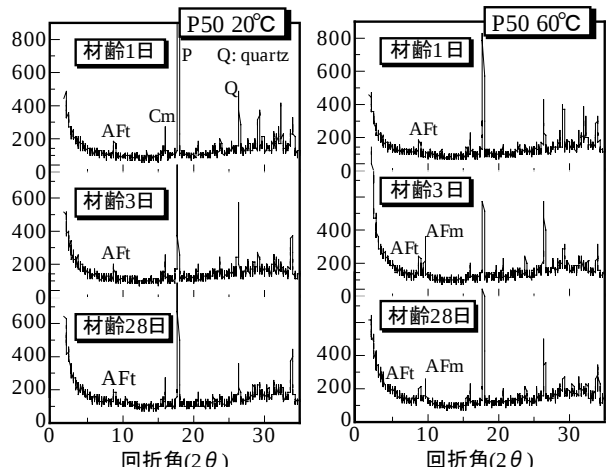


図-4 X線回折分析

図-5 X線回折分析

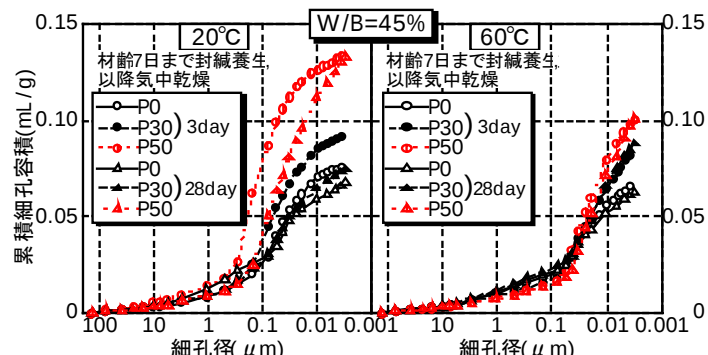


図-6 累積細孔容積(W/B=45%,材齢3日および28日)

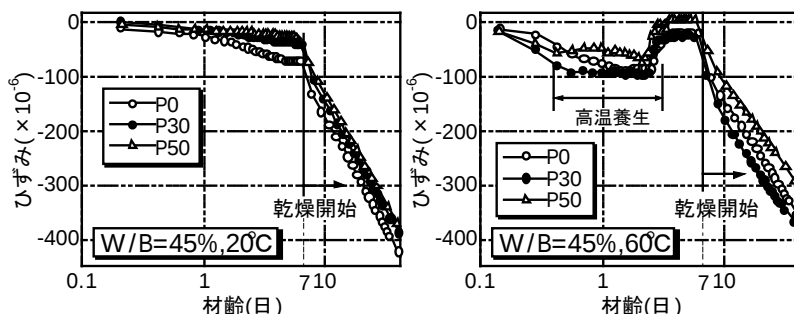


図-7 収縮ひずみの経時変化

図-8 収縮ひずみの経時変化