

V-523

加圧流動床石炭灰を混入した高強度コンクリートの自己収縮特性

間組 土木本部 正会員 宮野 一也 中国電力 土木部 正会員 斉藤 直
 間組 技術研究所 正会員 福留 和人 中国電力 土木部 正会員 新谷 登
 間組 技術研究所 フェロー会員 喜多 達夫

1. まえがき

加圧流動床形式の石炭火力発電所（以下、P F B C）は、燃焼材料である石炭に石灰石を混合燃焼させることにより燃焼と同時に硫黄酸化物を除去できる環境調和型の火力発電所である。P F B Cから発生する石炭灰（以下、P F B C灰）は、硫黄酸化物除去時に生成する石膏成分を含有しており、SiO₂の含有量等は現在のフライアッシュのJ I S規格を満足していないため、その有効利用技術の開発が大きな課題となっている。著者らは、既報において段別採取された粒径の細かいP F B C灰は、強度改善効果を有し、高強度コンクリート用の混和材としての利用可能性が高いことを報告した¹⁾。

本文では、P F B C灰を混入した高強度コンクリートの自己収縮特性について報告する

2. 実験概要

表-1 P F B C灰の品質

（1）使用材料：表-1にP F B C灰の品質を示す。ここで、P F B C灰の内、下流側の集塵設備（2次サイクロンおよびE P）で採取されたもの（2次灰およびE P灰と呼ぶ）で原炭の異なる3種類を使用した。セメントは、普通ポルトランドセメント（密度3.16、比表面積3,280cm²/g）を、細骨材および粗骨材は、それぞれ川砂（比重2.62、吸水率1.49%）および砕石（秩父産硬質砂岩、比重2.72、吸水率0.60%）を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸系の高性能A E減水剤を用い、所要のスランプおよび空気量が得られるように添加量の調整を行った。

（2）コンクリートの配合：表-2にコンクリートの配合を示す。スランプおよび空気量の目標値は、水結合材比40%の場合15±2.0cmおよび4.5±1.5%、30%の場合20±1.5cmおよび2.0±1.0%とした。

（3）試験方法：10×10×40cmの供試体の断面中央の長手方向に設置した埋込み型ゲージにより測定した。供試体は、測定期間中水分の出入りがないようにラップおよびビニール袋により封緘した。測定は、20℃の恒温室で実施し、材齢28日まで測定した。

	炭種	密度 g/ml	ブレン比表面積 cm ² /g	平均粒径 μm	化 学 成 分 (%)					
					強熱減量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃
2次灰	A	2.75	12,790	2.91	1.1	31.9	27.5	2.0	23.4	7.4
	P	2.72	12,410	3.12	2.9	45.3	13.9	2.5	27.8	6.0
	W	2.69	13,390	3.02	0.8	52.7	15.7	2.2	21.2	4.1
E P灰	A	2.78	19,550	1.61	2.5	31.0	25.2	2.7	24.2	8.8
	P	2.71	20,940	1.73	4.6	43.2	17.1	4.0	23.3	7.6
	W	2.76	19,900	1.71	2.2	46.6	15.8	5.7	22.2	5.3

表-2 コンクリートの配合

灰種	水結合材比 W/(C+F) (%)	細骨材率 s/a	炭種	単位量 (k g / m ³)					
				水 W	セメント C	P F B C 灰 F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
無混入	40.0	42.0	—	165	413	—	729	1040	2.48
	30.0	40.4	—		550	—	680		6.60
2次灰	40.0	41.5	A		289	124	713		4.13
	30.0	39.6	A		385	165	659		8.25
		39.5	P				658		8.25
		39.5	W				656		8.25
E P灰	40.0	41.5	A		289	124	714		4.54
	30.0	39.7	A		385	165	661		9.35
		39.5	P				657		9.35
		39.6	W				660		9.35

キーワード：P F B C灰、高強度コンクリート、混和材料、自己収縮特性

連絡先：〒107-8658 港区北青山2-5-8 間組 土木本部、tel:03-3405-4052, fax:03-3405-1854

3. 実験結果

図-1～図-3に材齢と自己収縮ひずみの関係を示す。灰種および原炭の種類によるバラツキが見られるがおおよそ以下のような傾向が見られる。

- ①水結合材比40%では、無混入と同等の収縮特性を示す。
- ②水結合材比30%では、最終的なひずみ量は、無混入と大きな差はないが、材齢初期の収縮量が小さくなる。また、全体的には、収縮量は、2次灰が他に比べて若干小さい。

以上のような傾向を定量的に評価するために、収縮ひずみの進行を下式で表し²⁾、各係数を最小自乗法により算定した。

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_u \cdot (1 - \exp(-a \cdot (t - t_0)^b))$$

ここに、 $\varepsilon(t)$ ：自己収縮ひずみ(10^{-6})、 ε_u ：自己収縮ひずみの終局値、 a 、 b ：係数、 t ：材齢(day)、 t_0 ：凝結の始発(day)である。

図-4に水結合材比と自己収縮ひずみの終局値の関係を、図-5に水結合材比と係数 a の関係を示す。

自己収縮ひずみの終局値は、2次灰の場合無添加とほぼ同等であるが、EP灰の場合は、若干大きくなっている。一方、自己収縮ひずみの進行速度を表していると考えられる係数 a は、水結合材比40%では、無混入の場合と同等であるが、水結合材比30%では、無混入に比べて小さく、PFBC灰の混入によって自己収縮ひずみの進行が遅延する傾向にある。自己収縮ひずみにより発生する応力は、収縮ひずみの進行速度が大きいくほど大きくなると考えられることから、PFBC灰の混入は、収縮ひび割れの低減の上で優位であると言える。

自己収縮ひずみは、主として水和生成物の硬化収縮および細孔構造に影響を受けると考えられる。PFBC灰の混入による自己収縮ひずみの挙動の変化は、水和反応および細孔構造の変化¹⁾によるものと推察される。

4. まとめ

PFBC灰を混入したコンクリートの自己収縮ひずみの終局値は、無混入と同等であるが、収縮の進行が遅延する傾向があり、収縮ひび割れの低減の上で優位であると言える。

[参考文献]

- 1) 佐々木肇他：加圧流動床発電所から産出される石炭灰の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, 1997.6, 2) 田澤、宮澤：コンクリートの自己収縮ひずみの予測手法に関する研究、土木学会論文集 No.571/V-36, pp.211～219, 1997.8

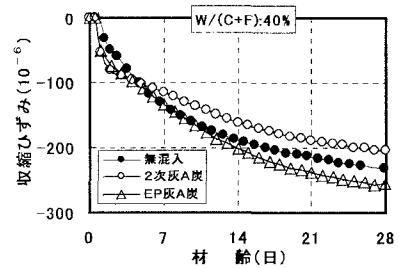


図-1 材齢と自己収縮ひずみの関係

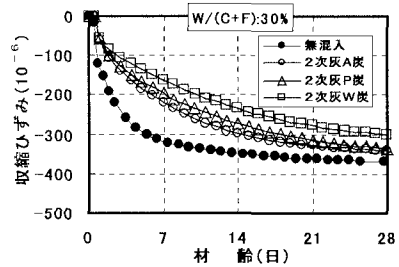


図-2 材齢と自己収縮ひずみの関係 (W/(C+F):30%, 2次灰)

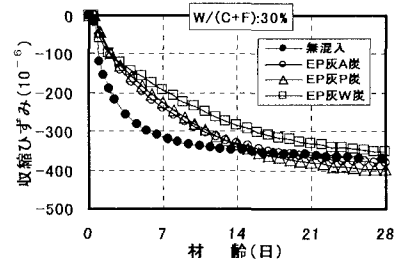


図-3 材齢と自己収縮ひずみの関係 (W/(C+F):30%, EP灰)

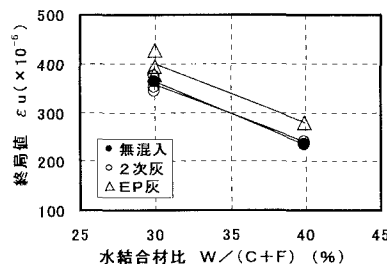


図-4 水結合材比と終局値の関係

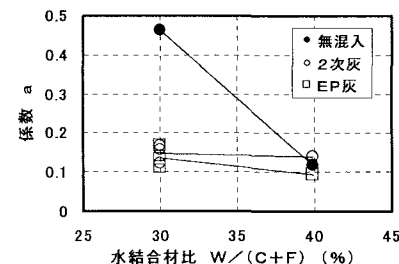


図-5 水結合材比と係数aの関係