

加圧流動床石炭灰を用いたコンクリートの強度発現性について

広島大学大学院工学研究科	学生会員	○近藤 慎也
広島大学大学院工学研究科	正会員	佐藤 良一
中国電力株式会社土木部	正会員	斉藤 直
広島大学大学院工学研究科	正会員	河合 研至
広島大学大学院工学研究科	正会員	楊 楊

1. 背景と目的

加圧流動床発電所は環境負荷の低減と発電効率の改善を目指して開発された新しい方式の石炭発電所であり、今後建設の促進が予想される。しかし排出される石炭灰(PFBC 灰)は CaO 、 SO_3 を多く含み、 SiO_2 の含有量が少ないことが特徴で、現在のフライアッシュの JIS 規格を満足していない。そのため PFBC 灰の有効利用技術の開発は重要な課題となっている。

本研究は、PFBC 灰を用いたコンクリートの強度発現性について置換率、養生温度、水分条件をパラメータとして比較すると同時に細孔径分布に及ぼすこれらの影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料：本実験に使用した材料およびその物理・化学的性質を表 2-1 および表 2-2 に示す。

2.1 実験パラメータ

水結合材比(W/B)：45%一定
PFBC 灰置換率：0,10,20,30%
養生条件：20℃(封緘:S,7 日後乾燥:D),
40,60℃(7 日後乾燥) (図 2-1 参照)

表 2-1 使用材料

使用材料	種類および諸元
セメント	普通ポルトランドセメント(OPC) ※表 2-2
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	岩瀬産碎石 (比重2.62, 吸水率0.88%, 粗粒率6.81, 最大寸法20mm)
PFBC灰	C社 ○発電所1号機 (原粉, ワンボ炭) ※表 2-2
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
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

表 2-2 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 (%)	化学成分(%)							
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
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	42.40	12.60	3.96	24.10	1.21	5.71	0.49	0.68

2.2 コンクリートの配合

表 2-3 にコンクリートの配合を示す。スランプおよび空気量目標値は、それぞれ $15.0 \pm 2.5\text{cm}$ および $4.5 \pm 1.5\%$ とし、混和剤の添加量により調整を行なった。

表 2-3 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 (%)	
				水	セメント	PFBC灰	細骨材	粗骨材	混和剤	
				W	C	P	S	G	SP	AE
45-P0	45	45.0	0	165	367	0	792	968	0.80	—
45-P10		44.8	10		330	37	785		0.85	0.0010
45-P20		44.6	20		293	73	779		0.93	0.0015
45-P30		44.4	30		257	110	773		1.10	0.0020

2.3 実験項目および方法

- (1) 圧縮強度試験：
JISA 1108 に準拠した方法で行なった。またコンプレッソメータを用いヤング係数の測定も行なった。
- (2) 細孔径分布：圧縮強度試験直後の供試体モルタル部分を採取し、水銀圧入法により細孔径分布を調べた。

3. 実験結果と考察

3.1 強度試験結果

図 3-1 および図 3-2 に無置換(P0)および置換率 30% (P30) の圧縮強度と材齢の関係を示す。いずれの配合においても高温養生された材齢 3 日までの圧縮強度は 20℃養生を上回っている。P0 では 60℃養生の場合に材齢 7 日以降の強度が他の養生条件を下回っているのに対し、P30 では 7 日以降も他の養生条件とほぼ同程度の強度が得られた。また、P0・P30 とともに 20℃養生において材齢 7 日から気中養生したものは封緘養生に比べ強度は小さくなった。しかしながら、両者の水分条件による相違は見られなかった。図 3-3 に 20℃

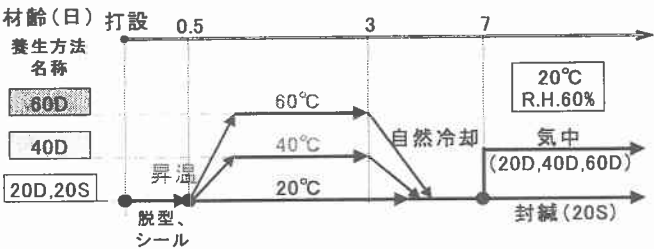


図 2-1 養生方法

および 60℃養生における圧縮強度比（無置換・20℃封緘養生を 1 とする。）と材齢の関係を示す。灰置換されたコンクリートは、20℃養生においては置換率の増加に伴い初期材齢の強度比が小さくなっているが、高温養生により改善されており、材齢 1 日では 60℃養生では置換率 30%においても 1.5 以上の強度比が得られた。図 3-4 に P 30 の圧縮強度比（各養生条件の無置換の強度を 1 とする。）と材齢の関係を示す。60℃養生における強度比が他の養生条件に比べ初期材齢で大きくなっている。また、20℃養生において材齢とともに強度比は若干増加している。これらは置換率 10,20%においても同様の傾向が見られた。

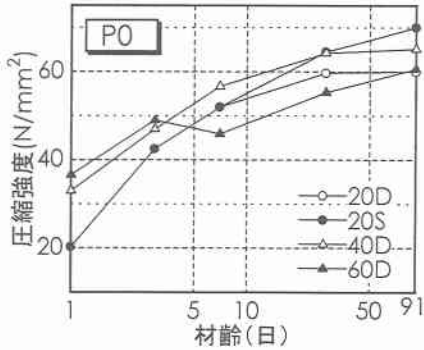


図 3-1 圧縮強度と材齢の関係 (P0)

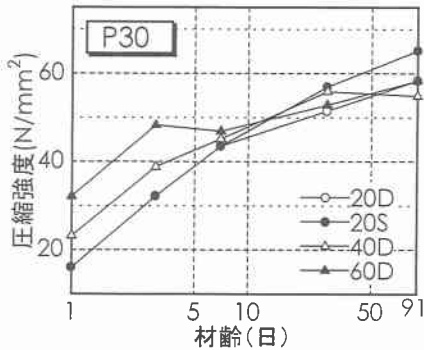


図 3-2 圧縮強度と材齢の関係 (P30)

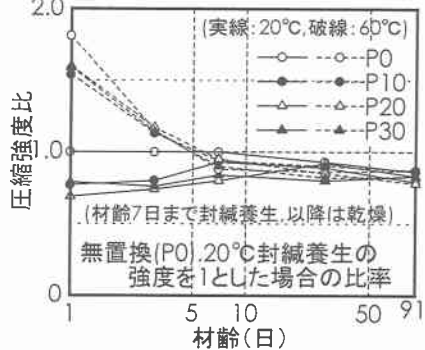


図 3-3 圧縮強度に及ぼす温度の影響

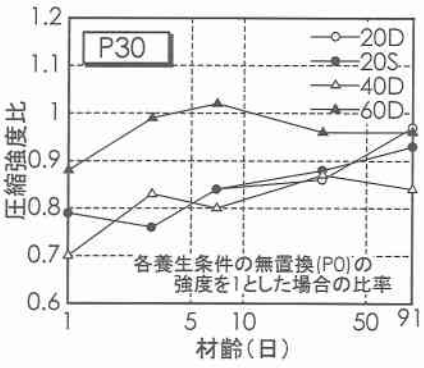


図 3-4 圧縮強度比と材齢の関係

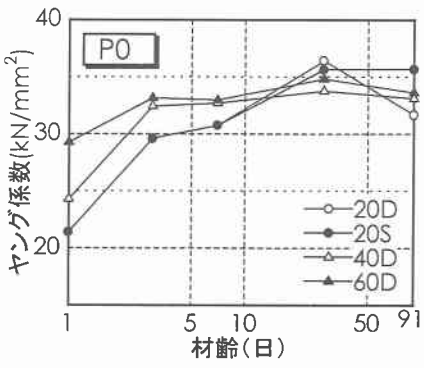


図 3-5 ヤング係数と材齢の関係 (P0)

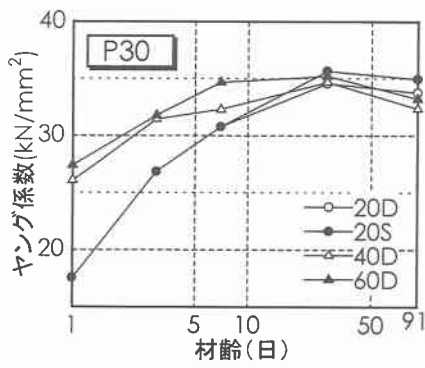


図 3-6 ヤング係数と材齢の関係 (P30)

図 3-5 および図 3-6 に P0 および P30 のヤング係数と材齢の関係を示す。P 30 のヤング係数は 20℃養生の場合に初期材齢において P0 を下回っているが、それ以外では P0 とほぼ同程度であった。

3.2 細孔径分布

図 3-7 に材齢 3 日での P0 および P30 の累計細孔容積を示す。20℃養生において P30 は無置換に比べ累積細孔容積が多くポーラスな構造となっているが、60℃養生においては P30 と P0 の累積細孔容積が同程度となっていることが確認された。P0 においては 60℃養生の累積細孔容積が 40℃養生より大きくなっている。これは急速な水和反応によりセメント粒子周囲に高密度の水和物膜が生成し、以後の水和を抑制する作用が働いたものと考えられる¹⁾。

4. 結論

①20℃封緘養生において、PFBC 灰の置換率の増加に伴い、コンクリートの初期圧縮強度の低下が起こることが確認された。②高温養生により PFBC 灰の反応が促進され、内部構造が緻密となるため、PFBC 灰混入による初期強度の低下の改善に有効であると。したがって、適切な養生を行なった場合、強度の観点から PFBC 灰のコンクリートへの利用が可能である。

参考文献

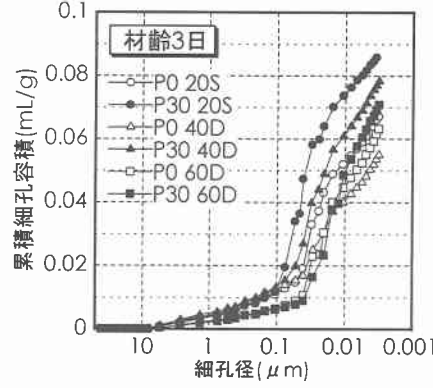


図 3-7 細孔径分布

1) 反応モデル解析研究委員会報告書 (I) 日本コンクリート工学協会 pp.162-163 (1996)