

## P F B C 灰を利用した砂代替材の開発（その2）

中国電力(株)	正会員	樋野 和俊	澄川 健
(株)竹中土木	正会員	○奥田 良三	安藤 慎一郎
竹中技術研究所	正会員	斉藤 聡	中間 哲志
中電環境テクノス(株)		北村 信博	
中国高压コンクリート工業(株)		名越 聖治	

## 1. はじめに

加圧流動床燃焼方式（P F B C）による火力発電所から排出される石炭灰（P F B C 灰と記す）は自硬性があることから、筆者等はその特性を利用して砂代替材として活用する粒状固化物製造技術の開発を進めている。<sup>1)</sup> 本開発においても、他のリサイクル材と同様に、安定した用途を確保していく必要がある。そのためには、P F B C 灰固化物の強度を高めて用途を広げたり、早期に安定した製品となるようにするなどの工夫等も必要と考えられる。

ここでは、他の文献などで練混ぜ水として海水を使うことにより石炭灰固化物の強度が増加するといわれていることがP F B C 灰固化物でも言えるかおよび早期の高温養生がP F B C 灰固化物の養生方法として有効かの基礎的検討を行なったので報告する。

## 2. 実験方法

用いたP F B C 灰の化学分析結果を表-1に示す。P F B C 灰中にはC a O、S O<sub>3</sub>成分が微粉炭燃焼灰に比較して多く含まれるが、これは、P F B C 方式では、燃焼の際に石炭に石灰石を加えるため、石灰石の加熱に伴うC a Oおよび石炭の燃焼によって生ずる硫酸化合物とC a Oの反応生成物の石膏（C a S O<sub>4</sub>）があるためである（これらによってP F B C 灰は自硬性を示す）。

表-1 用いたP F B C 灰の化学分析結果

試料	湿分	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
PFBC 灰	0.1 以下	4.7	46.4	14.3	3.13	21.09	1.37	5.25	0.28	1.01

実験は次の手順で行なった。①P F B C 灰に水粉体比 20%の水道水または海水(人工海水)を加えてこれをホバートミキサーで混合する。②図-1に示す成形機で標準寸法直径 24mm、高さ 24mm になるように供試体を作成する。載荷圧力は 50N/mm<sup>2</sup> とする。③作成した供試体を密封できるプラスチック容器に入れ、20℃の養生室で1日養生する。④③の容器を20、30、40、60℃の恒温器に入れ、3日または28日間養生する。⑤所定の日数養生した供試体の一軸圧縮試験を行なう。



図-1 実験に用いた加圧成形機

## 3. 実験結果および考察

表-2に実験結果を示す。表-2を基にして図-2にP F B C 灰固化物の圧縮強度と養生温度の関係を、図-3にP F B C 灰固化物の含水比と養生温度の関係をそれぞれ示す。

キーワード：石炭灰、リサイクル、PFBC、養生温度、海水

連絡先：中国電力(株)土木部 (〒730-8701 広島県広島市中区小町 4-33 TEL082-241-0211 FAX 082-242-5989)

(株)竹中土木技術本部 (〒104-8234 東京都中央区銀座 8-21-1 TEL03-3543-6321 FAX03-3248-6545)

(株)竹中工務店技術研究所 (〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 TEL0476-47-1700 FAX0476-47-3060)

中電環境テクノス(株) (〒730-0041 広島県広島市中区小町 4-33 TEL082-242-0291 FAX082-242-0296)

中国高压コンクリート工業(株) (〒730-8701 広島県広島市中区小町 4-33 TEL082-243-6968 FAX082-244-9058)

表-2 実験結果

練混ぜ水の種別	養生温度 (°C)	材令4日							材令28日		
		含水比 (%)			一軸圧縮強度 $\sigma_{c, 4日}$ (N/mm <sup>2</sup> )			$\sigma_{c, 4日} / \sigma_{c, 28日}$	一軸圧縮強度 $\sigma_{c, 28日}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
		n	S	$\mu$	n	S	$\mu$		n	S	$\mu$
水道水	20	3	0.33	16.07	8	0.24	3.33	0.26	8	0.60	13.03
	30	3	0.35	13.89	8	0.94	12.48	0.96	8	(1.57)	(13.85)
	40	3	0.06	15.17	8	0.55	13.86	1.06	8	(1.15)	(15.21)
	60	3	0.16	14.75	8	1.36	13.09	1.00	8	(1.11)	(14.96)
海水	20	3	0.13	15.44	8	0.22	4.08	0.31	8	(1.21)	(14.91)
	30	3	0.23	13.42	8	0.69	12.64	0.97	8	(1.68)	(15.31)
	40	3	0.05	14.65	8	0.48	14.85	1.14	8	(1.18)	(15.49)
	60	3	0.19	14.03	8	0.66	14.66	1.13	8	(0.77)	(15.98)

注1) n: 供試体個数、S: 標準偏差、 $\mu$ : 平均値

注2) ( ) 内の数値は、所定の温度で4日間養生した後に、20°Cに養生温度を低下させて合計材令28日間養生した供試体の圧縮強度(参考値)

注3) 圧縮強度は、JIS A 1107に準じて長さの補正係数L(長さ)/D(直径)=0.89にて補正を行った。

これらの図表より、以下のことが言える。

①養生温度が30°C以上、材令4日の固化物の強度は、養生20°Cの同じ材令の固化物の強度に比較して著しく強度が増大しており、後者の材令28日時の強度に匹敵する値が得られている。また、養生温度30~60°Cの間での固化物の強度に大きな差がない。

このことから、P F B C灰固化物を短期間品質管理を行なって養生し、製品として早期に出荷できるし、また、養生温度が30°C以上であれば固化物の品質に大きな影響がないことも品質管理上有利なことである。

②練混ぜ水として海水を用いた場合、その固化物の強度は、水道水を用いた場合に比較して10%程度増大する。海水を用いたコンクリートの場合、その強度は水道水を用いた場合に比較して初期強度は大幅に増大するが、28日強度は逆に10%程度低くなる傾向がある<sup>2)</sup>といわれている。一方、微粉炭燃焼石炭灰に関しては、石炭灰気泡混合軽量土、石炭灰セメントスラリーではあるが、海水を用いた場合は水道水の場合に比較して1.5~数倍の強度になることが報告されている。<sup>3), 4)</sup> P F B C灰固化物の場合、これらの例ほどの効果は見られなかった。

#### 4. まとめ

今回の実験の結果から、P F B C灰の固化物は、初期に高温養生を行うことにより短期間に製品強度に達することが確認できた。養生期間が短いことは、製品の需要供給への対応及び品質管理の面においても効果のあることである。高温養生は、熱源として発電所等の余剰蒸気を利用することも可能であり、事業化を前提に製造方法の確立を目指すに当たり、今後も検討を進めていく。

#### 参考文献

- 1) 樋野和俊他: PFBC灰を利用した砂代替材の開発(その1)(土木学会第58回学術講演会)
- 2) 河野俊夫: やさしいコンクリートの知識(その7)、コンクリート工学、Vol.16、No10、pp77(1978年)
- 3) 安原一哉他: 石炭灰を利用した気泡軽量土の力学的性質に及ぼす微視的要因の影響、土と基礎、48-6、pp9~12(2000年)
- 4) 中国電力(株)内部資料

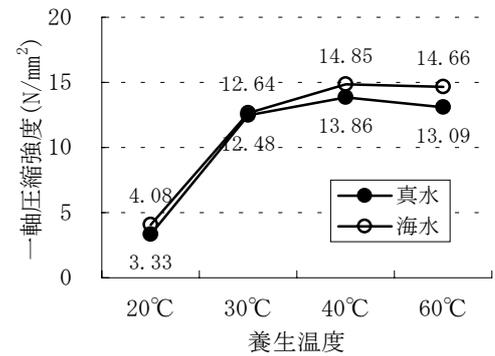


図-2 圧縮強度(材令4日)と養生温度の関係

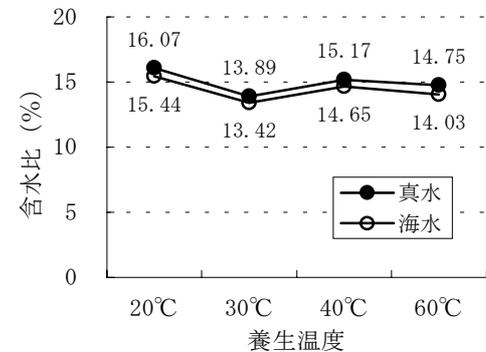


図-3 含水比(材令4日)と養生温度の関係