

PFBC 灰硬化体の耐硫酸性に細孔構造が与える影響

神戸大学大学院 学生会員 ○友村 圭祐
 呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至
 呉工業高等専門学校 正会員 市坪 誠
 中国電力株式会社 正会員 田中 雅章

1.はじめに

加圧流動床燃焼方式(PFBC:Pressurized Fluidized Bed Combustion)は、環境への負荷低減やエネルギー問題が配慮された石炭火力発電であるが、PFBC方式の発電所から発生される石炭灰(PFBC灰)は従来のフライアッシュとは性質が異なるため利用方法が大きな課題となっている。既往の研究¹⁾より PFBC 灰を結合材に用いた PFBC 灰硬化体は水結合材比の低減および高温養生の実施により、セメントコンクリートと同程度の圧縮強度が得られ高い耐硫酸性を示すが、組織の密実性が PFBC 灰硬化体の耐硫酸性に対して影響を及ぼす可能性が示唆された。そこで本研究では低濃度と高濃度の2種類の硫酸浸漬試験を行い、細孔構造と関連づけて PFBC 灰の耐硫酸性について検討を行った。

2.実験概要

本研究では結合材は PFBC 灰(PFBC)、混和材として高炉スラグ微粉末(BF)、粗骨材には碎石(G)、細骨材(S)には川砂、混和剤にはポリカルボン酸系化合物の高性能減水剤(SP)を使用した。表-1 に使用材料の特性、表-2 に PFBC および普通ポルトランド(OPC)の化学成分を示す。

表-3 に PFBC 灰硬化体および比較用として OPC を使用したセメントコンクリート(以下 PC)の配合を示す。表中の W/B は水結合材比を、BF/B は結合材に対する高炉スラグの置換率を示す。試験液には質量濃度 0.1%(pH=1.88)、5%(pH=0.95)の硫酸を使用し、供試体 1 本あたりの基準量を 7.9L、浸漬期間を 28、56 日、溶液の交換周期は 7 日とした。供試体を 3 本ずつ浸漬槽に適当な間隔を取って設置し、供試体全体が浸るように浸漬し、質量変化率および硫酸浸透深さの測定を行った。

質量変化率とは浸漬後の質量変化量を浸漬前の質量で除したもので、硫酸浸透深さとは浸漬後に切断した供試体断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、その呈色範囲の測定により求めるものである。また、硫酸浸漬試験と同様の配合からウェットスクリーニングによりモルタル供試体を作製し、水銀圧入法により細孔構造を測定した。

表-1 使用材料の特性

使用材料	特性
PFBC	密度2.61g/cm ³ 、比表面積4580cm ² /g
BF	密度2.91g/cm ³ 、比表面積5980cm ² /g
S	密度2.54g/cm ³ 、粗粒率2.45、吸水率2.09%
G	密度2.66g/cm ³ 、粗粒率6.72、吸水率1.17%、最大寸法20mm
SP	SP-S 一般の土木建築工用高性能減水剤
	SP-H' PFBC灰用に改良した高性能減水剤

3.実験結果および考察

図-1a、b に 0.1 および 5%の硫酸に浸漬した供試体の質量変化率を示す。図-1 より 0.1%の硫酸浸漬ではどの供試体も同程度の質量変化率を示すのに対し、5%では PC の質量変化率が最も大きくなり、次いで 30-BF30、50-BF30 の順となった。図-2a、b に 0.1%および 5%の硫酸に浸漬した供試体の硫酸浸透深さを示す。図-2 より 0.1%の硫酸浸漬では 50-BF30 が比較的硫酸浸透深さが大きく 30-BF 30 と PC は同程度で、5%では全供試体で同程度の値

表-2 PFBC および OPC の化学成分

種類	強熱減量 (%)	化学成分(%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
PFBC	3.1	44.6	10.0	4.2	26.4	2.4	5.9
OPC	1.9	20.8	5.0	3.0	64.1	1.4	2.2

表-3 配合

記号	W/B	BF/B	W	PFBC(C)	BF	AE	SP	SP種	圧縮強度 (N/mm ²)
	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(%)	(%)		
30-BF30	30	30	175	408	175	—	0.9	SP-H'	36.8
50-BF30	50	30	186	260	112	0.60	0.3	SP-S	10.7
PC	50	—	186	372	—	0.01	—	—	34.8

キーワード PFBC 灰、耐硫酸性、質量変化率、硫酸浸透深さ、細孔構造

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 078-803-6059(専攻事務室)

を示すことがわかる。図-3 に細孔径分布測定の結果を示す。図-3 より

50-BF30 は最も細孔量が多いため疎な細孔構造、最も細孔量が少ない PC は緻密な細孔構造と言える。

以上の試験結果より、低濃度と高濃度の硫酸浸漬試験では、試験結果の傾向が異なることがわかる。高濃度の硫酸浸漬では PFBC 灰硬化体および PC の硫酸浸透し易さは同程度であるにも関わらず供試体によって剥落の程度は異なり、相反する結果となった。この原因として、硫酸劣化には供試体自体の硫酸との反応性だけでなく、細孔構造の緻密性も影響することが挙げられる。すなわち、硫酸との反応性が高いほど劣化反応物の生成量が多くなり、また緻密であるほど膨張圧を吸収できないため表層の剥落が激しくなる²⁾。

したがって、セメントを使用した PC は反応性が高く緻密であるため硫酸が浸透した部分はすぐ剥落したが、反応性が低く疎な 50-BF30 は同程度硫酸が浸透しても剥落がほとんど生じなかったと考えられる。

低濃度の硫酸浸漬では全供試体で剥落があまり生じなかったが、疎な細孔構造をしている 50-BF30 のみ硫酸の浸透量が比較的大きくなり、5% の場合と異なる傾向を示した。実際の下水道施設等の環境下では pH が 0.95 に達するのはごく稀で、激しく腐食したコンクリート表層でも 1~3 程度である³⁾。したがって、実環境の条件をより反映した濃度 0.1% の結果で PFBC 灰硬化体の耐硫酸性は評価すべきだが、本研究の最大浸漬期間は 56 日と短かったため顕著な差異が見られなかった。そこで、今後は低濃度で長期的な硫酸浸漬について検討する必要がある、PC と同程度の圧縮強度を示す 30-BF30 は、56 日浸漬後の質量変化率が 0.9%(PC=1.9%)、硫酸浸透深さが 1.4mm(PC=0.9mm)と比較的良好な結果を示しているため、高い耐硫酸性が期待できる。

4. まとめ

- 1)濃度 0.1%の硫酸浸漬では質量変化率はどの供試体も同程度、硫酸浸透深さは 50-BF30 が比較的大きくなる。
- 2)濃度 5%の硫酸浸漬では質量変化率は PC が最も大きく次いで 30-BF30、50-BF30 の順となったが、硫酸浸透深さはどの供試体も同程度である。
- 3)総細孔量は 50-BF30 が最も多く、次いで 30-BF30、PC の順となった。

参考文献

- 1)友村圭祐ほか：高流動化した加圧流動床灰硬化体の耐硫酸性について、第 62 回年次学術講演会講演概要集、pp.461-462、2007
- 2)魚本健人：コンクリート構造物のマテリアルデザイン、オーム社、pp.186-207、2007
- 3)三品文雄編著：さらに詳しい下水道対策講座、環境新聞社、pp.11-29、2003

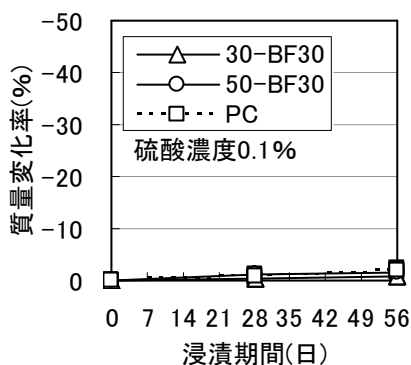


図-1a 0.1%における質量変化率

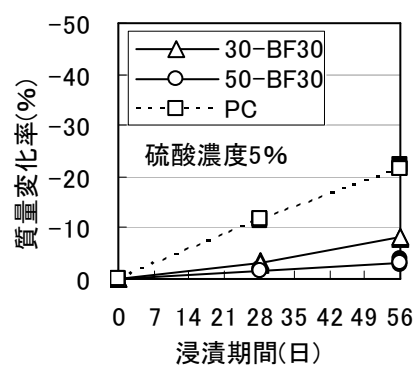


図-1b 5%における質量変化率

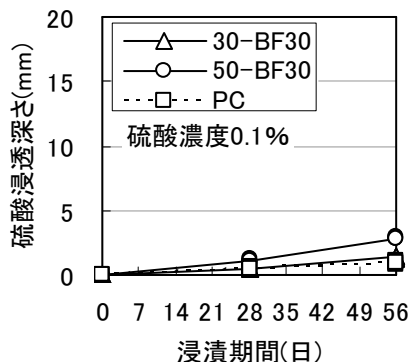


図-2a 0.1%における硫酸浸透深さ

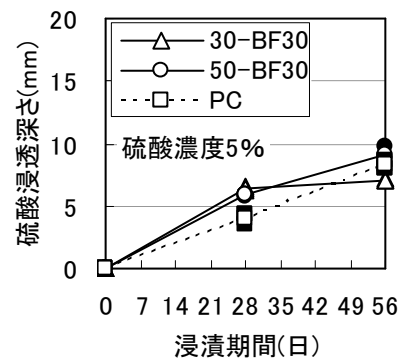


図-2b 5%における硫酸浸透深さ

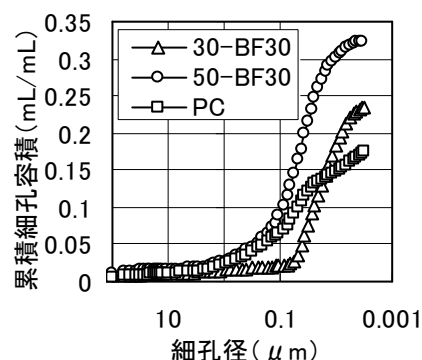


図-3 細孔径分布測定の結果