

PFBC 灰を用いた補修用モルタルの耐遮塩性に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○丸田 浩 福岡大学大学院 正会員 添田 政司
 福岡大学 正会員 樋原 弘貴 九州電力総合研究所 正会員 檀 博

1. はじめに

PFBC 灰とは、加圧流動床複合発電方式（PFBC 方式）の石炭火力発電所から排出させる石炭灰である。近年、温泉地帯等の構造物は化学的侵食による劣化が懸念され、かつ沿岸部に位置することで塩害による劣化も懸念される。これまでの研究により、PFBC 灰を用いたモルタルは、従来のモルタルに比べて CaO の含有量が少ないため、化学的抵抗性を有していることを明らかにしてきた¹⁾。しかし、PFBC 灰を用いたモルタルの耐遮塩性については明らかにされていない。そこで本研究では、PFBC 灰を用いたモルタルの耐遮塩性の検討を行うために、塩水噴霧試験、電気泳動試験、細孔径分布の測定を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 は使用材料および物理的性質を示す。PFBC 灰モルタルの配合は、結合材としては、高炉セメント B 種 6000 ブレーンを使用し、その 50%を PFBC 灰で置換した。細骨材は砕砂を使用し、その 10%には FA(JIS II 種)を置換している。フロー値は、 200 ± 10 mmになるように SP を添加した。PFBC 灰モルタルを BC-P50 と表記し、普通ポルトランドセメントを用いたモルタル (N)、高炉セメントを用いたモルタル (BB) を用いて検討を行った。

表-1 使用材料および物理的性質

材料	略語	物理的性質
普通ポルトランドセメント	OPC	密度: 3.16 g/cm^3 , 比表面積: $3.340 \text{ cm}^2/\text{g}$
高炉セメント B 種 (6000 ブレーン)	BC	密度: 3.02 g/cm^3 , 比表面積: $4.400 \text{ cm}^2/\text{g}$
PFBC 灰	P	密度: 2.64 g/cm^3 , 比表面積: $4.250 \text{ cm}^2/\text{g}$
砕砂	S	表乾密度: 2.85 g/cm^3 , 吸水率: 0.8%
フライアッシュ JIS II 種	FA	密度: 2.33 g/cm^3 , 比表面積: $3.940 \text{ cm}^2/\text{g}$
高性能 AE 減水剤	SP	

表-2 配合表

配合名	S/C	W/B (%)	単位量 (kg/m^3)						SP (%)
			W	OPC	BC	P	S	FA	
N	2.6	42	255	606	-	-	1418	129	1.1
BB			253	-	601	-	1407	128	0.8
BC-P50			249	-	296	296	1387	126	1.2

表-3 PFBC 灰の化学成分

	化学成分 (%)								
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	その他
P	21.3	32.9	19.2	2.89	4.6	0.70	0.116	0.146	18.15

その配合を表-2 に示す。また、本研究で用いた PFBC 灰の化学成分を表-3 に示す。PFBC 灰は、OPC や BC に比べて CaO が少なく、Al₂O₃ が多いという特徴を有している。

2.2 実験方法

塩水噴霧試験は、28 日間の水中養生を行った $\phi 10 \times 5 \text{ cm}$ の円柱供試体の試験面以外をエポキシ樹脂で被覆したものを、JIS K 8150 に準じて行った。5%塩化ナトリウム水溶液が噴霧される温度 $35 \pm 2^\circ \text{C}$ の試験装置内に 3 ヶ月間静置した。その後、JSCE-G572 に準じて、見かけの拡散係数を算出した。

電気泳動試験は、JSCE-G571 に準じて行い、実効拡散係数で評価した。その後、松崎ら²⁾によって提案されている手法によって、供試体内の固定化塩化物イオン量を測定した。

細孔径分布の測定は、14 日間の水中養生を行った供試体を用いて、水銀圧入法により行った。

3. 実験結果および考察

図-1 は 3 ヶ月間の塩水噴霧試験における各種モルタルの塩化物イオンの見かけの拡散係数を示す。その結果、見かけの拡散係数は BC-P50, N, BB の順に大きくなり、BC-P50 は、N の 1.2 倍程度、BB の 1.6 倍程度と大きくなる結果を示した。この要因を明らかにするため、細孔分布の測定を行った。その結果を図-2

キーワード：PFBC 灰、耐遮塩性、フリーデル氏塩、酸化アルミニウム

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学 TEL092-871-6631

に示す。その結果、BC-P50 の総細孔容積は、N、BB に比べて 1.4 倍程度と多くなる結果を示した。このため、BC-P50 は N や BB よりも塩化物イオンが浸透し、見かけの拡散係数が大きくなる結果を示したものと考えられる。

図-3 は電気泳動試験における各種モルタルの塩化物イオンの実効拡散係数を示す。その結果、実効拡散係数は N、BB、BC-P50 の順に大きくなり、BC-P50 は、見かけの拡散係数と異なり、N の 1/2 程度、BB の 3/4 程度とむしろ小さくなる結果を示した。このことから、自由塩化物イオンに対する抵抗性を有していることが分かった。そこで、その要因を明らかにするため、 Al_2O_3 に着目して、配合から各種モルタルの結合材における Al_2O_3 の含有量を算出した。その結果、 Al_2O_3 の含有量は、BC-P50 が 83.1kg/m^3 、BB が 53.3kg/m^3 、N が 30.5kg/m^3 となり、BC-P50 は、BB の 1.6 倍程度、N の 2.7 倍程度と大きくなる結果を示した。平尾ら³⁾によるとフリーデル氏塩の生成には Al_2O_3 が寄与していることが報告されていることから、BC-P50 では浸透した塩化物イオンの多くがフリーデル氏塩として固定化されたため、実効拡散係数が低くなったものと考えられる。そこで、松崎らが提案している手法を用いて各種モルタルの固定化塩化物イオンの測定を行った。

図-4 は各種モルタルの固定化塩化物イオン量を示す。その結果、BC-P50、BB、N の順に大きくなり、BC-P50 の固定化塩化物イオン量は、N の 2.6 倍程度、BB の 2.0 倍程度になる結果を示した。このことから、PFBC 灰を用いることにより、浸透した塩化物イオンの多くがフリーデル氏塩並びに吸着塩化物として固定化されたことが確認された。

4. まとめ

- (1) BC-P50 の見かけの拡散係数は、総細孔量が多いことから、N の 1.2 倍程度、BB の 1.6 倍程度になる結果を示し、塩化物イオンが浸透し、大きくなることが分かった。
- (2) BC-P50 の実効拡散係数は、N の 1/2 程度、BB の 3/4 程度になる結果を示し、自由塩化物イオンに対する抵抗性を有していることが分かった。
- (3) BC-P50 の耐遮塩性は、N、BB と比べて塩化物イオンは浸透し易いが、 Al_2O_3 の含有量が多いため、浸透した塩化物イオンの多くがフリーデル氏塩並びに吸着塩化物として固定化されるため、その結果自由塩化物イオンを抑制したものと考えられる。

参考文献

- 1) 丸田, 添田, 樋原, 檀: PFBC 灰を用いたモルタルの補修材料への適応性に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会, 2011, 3
- 2) M.Shinichiro, T.Iyoda, T.Uomoto: Fundamental study on the state of chloride ion at different depth from the surface of concrete, The 4th ACF International conference 2010 (Taipei), 2010.3
- 3) 平尾, 横山: セメント硬化体における塩化物イオンの固定性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, 2001

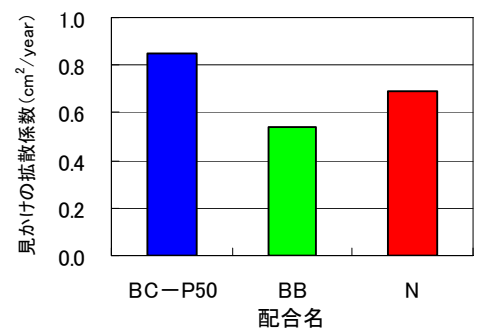


図-1 各種モルタルの見かけの拡散係数

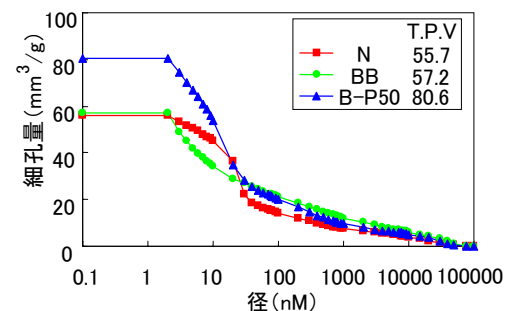


図-2 各種モルタルの細孔径分布

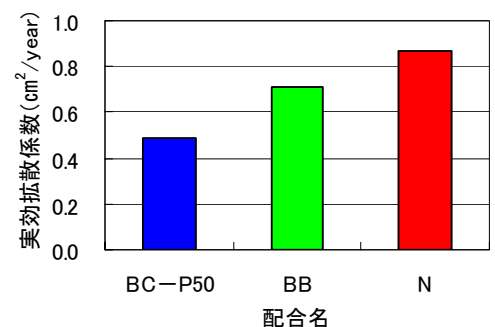


図-3 各種モルタルの実効拡散係数

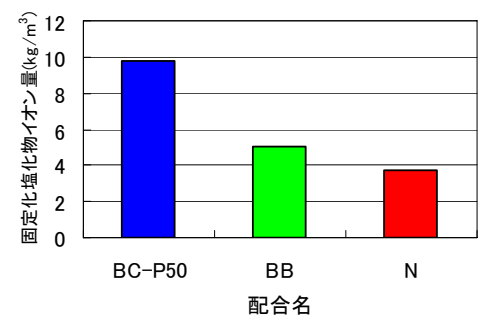


図-4 各種モルタルの固定化塩化物イオン量