

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

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 灰は、従来のフライアッシュに比べ、CaO や SO_3 が多く含まれているため、自硬性を有し、耐薬品性に優れていることから、断面修復材としての利用の可能性を有していることをこれまでの研究で明らかにしてきた¹⁾。しかし、燃焼炭の種類によっては品質がばらつくため、強度特性において十分な強度を得られない場合が生じてきた。そこで本研究では、PFBC 灰を用いたモルタルの細骨材の種類や水結合材比 (W/B)、砂セメント比 (S/C) が強度特性に及ぼす影響を明らかにするとともに、化学的抵抗性や耐遮塩性について検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 に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。細骨材は海砂、砕砂、石灰砕砂の 3 種類を使用した。それらの 10% には、フライアッシュ (JIS II 種) を置換している。また、W/B は、40, 42, 45, 47% の 3 水準、S/C は 2.2, 2.4, 2.6 の 3 水準で検討した。フロー値は、いずれも 200 ± 10 mm になるように SP を添加した。その配合の一例を表-2 に示す。

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	C	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)	B	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: $4.250 \text{ cm}^2/\text{g}$
海砂	S1	表乾密度: 2.58 g/cm^3 , 吸水率: 0.96%
砕砂	S2	表乾密度: 2.85 g/cm^3 , 吸水率: 0.8%
石灰砕砂	S3	表乾密度: 2.67 g/cm^3 , 吸水率: 0.89%
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	C	B	P	S2	FA	
BC-P50	2.6	42	249	-	296	296	1387	126	1.2
N			255	606	-	-	1418	129	1.1
BB			253	-	601	-	1407	128	0.8

表-3 試験項目および規格値²⁾

試験項目	規格値
フロー試験	$200 \pm 10 \text{ mm}$
曲げ試験 (材齢 28 日)	7 N/mm^2
圧縮試験 (材齢 28 日)	45 N/mm^2
硫酸浸漬試験 (28 日浸漬) (質量変化率)	$\pm 10\%$ 以内

2.2 試験方法

曲げおよび圧縮強度試験は、水中養生した $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ の角柱供試体を用いて JIS R 5201 に準拠して材齢 28 日で行った。

硫酸浸漬試験は、28 日間水中養生を行った $\phi 7.5 \times 15 \text{ cm}$ の円柱モルタルを用いて、濃度 5% の硫酸水溶液に浸漬させ、所定の材齢にて質量を測定して質量変化率を算出した。なお、硫酸水溶液は、溶液の濃度低下を防止するために 7 日周期で交換を行った。その規格値を表-3 に示す。

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。供試体は $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱供試体を用い、28 日間の水中養生後に、打設底面から 5~10cm の部分でカットし、供試体側面をエポキシ樹脂で被覆した。

3. 実験結果および考察

PFBC 灰モルタルの最適配合の選定を行うために、使用する細骨材の選定を行った。図-1 に W/B48%, S/C3.0 における細骨材の種類と曲げおよび圧縮強度の関係を示す。細骨材の種類の影響では、曲げ、圧縮強度ともに、海砂や石灰砕砂を使用したモルタルよりも砕砂を使用したモルタルの方が若干強度が高くなることがわかった。そこで、以下の検討では、細骨材に砕砂を用いて検討を行った。

図-2 には、S/C2.6 を一定とした場合の W/B と曲げおよび圧縮強度の関係を示す。PFBC 灰を用いたモルタルでの曲げ

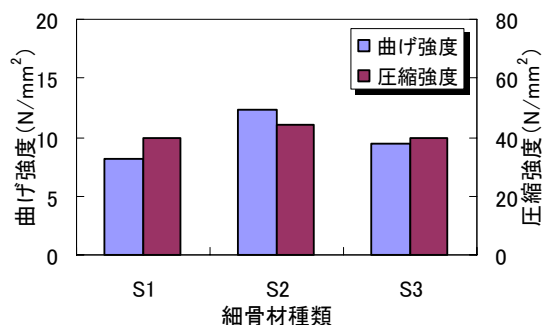


図-1 細骨材の種類と強度の関係

強度は、顕著な差は認められなかった。圧縮強度では、PFBC 灰を用いた場合でも W/B が小さくなるに従って、大きくなった。しかし、W/B40%の場合、強度は最も大きくなったが、SP 添加量が多いため、粘性が高くなることから、施工性を考慮し、最適な W/B としては 42%に決定した。

次に、図-3 に W/B42%を一定とした場合の S/C と曲げおよび圧縮強度の関係を示す。この結果、若干ではあるが、S/C が大きい程、強度が大きくなる傾向にあった。化学的抵抗を考慮して、結合材量の少ない S/C2.6 に定めた。以上の結果を踏まえて、施工性の確保、化学的抵抗性のことも考慮して、細骨材には砕砂を用い、W/B は 42%、S/C は 2.6 に定めた。この基本配合で以下の硫酸浸漬試験、電気泳動試験を行った。

図-4 には、硫酸浸漬試験における質量変化率の経時変化を示す。普通ポルトランド (N) の場合は、試験開始後から質量は急激な低下を示した。高炉セメント (BB) の場合は、急激な低下は見られなかったが、徐々に低下し、28 日目で-11.4%まで低下した。一方、BC-P50 の場合は、試験開始後 14 日までは質量が増加し、試験終了の 28 日目では約 1.8%の増加であり、質量の低下は全く見られなかった。これは、BC-P50 の場合には、高炉セメントの 50%を PFBC 灰で置換しているため、セメントの絶対量が少ないことや、PFBC 灰は CaO の含有量が少ないことから、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との硫酸イオンと反応によって、生成される石膏の量が他のモルタルよりも少なかったことが要因として考えられる。

図-5 には、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。BB の実効拡散係数は N より低い結果を示した。その BB に PFBC 灰を置換した BC-P50 の実効拡散係数は、N の約 55%、BB の約 70%になる結果を示し、塩化物イオンに対する抵抗性も有していることが分かった。これは、PFBC 灰を使用することによって、結晶構造が変化したことや可溶性の塩分が固定化されたものと推察される。

4. まとめ

- (1) 施工性を考慮し、曲げおよび圧縮強度の規格値を十分に満足する配合は、細骨材には砕砂を用い、W/B42%、S/C2.6 となった。
- (2) 硫酸浸漬試験結果、N、BB の質量変化率は浸漬期間 28 日目で-10%以下になった。これに対して、BC-P50 の質量変化率は+1.8%と質量低下が全く見られなかった。
- (3) 塩化物イオンの実効拡散係数は、BC-P50 の配合は N の約 55%、BB の約 70%となった。

参考文献

- 1) 神野, 添田, 楠, 芦田: 表面保護工法としての PFBC 灰の適用性に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会, 2009.3, pp807-808
- 2) 日本下水道事業団体「下水道コンクリート構造物の防食抑制技術および防食技術指針・同マニュアル」(平成 17 年 9 月)

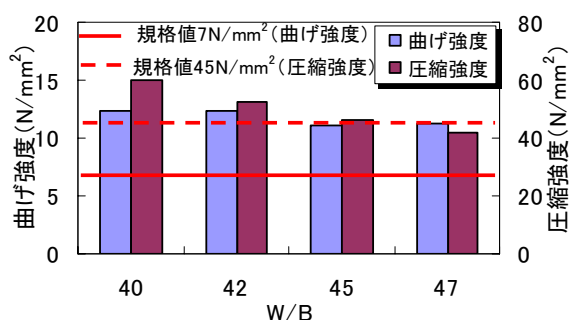


図-2 W/B と強度の関係

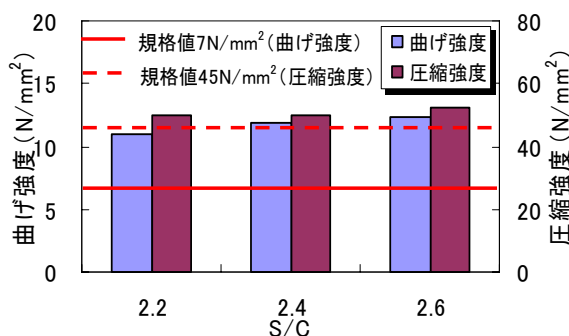


図-3 S/C と強度の関係

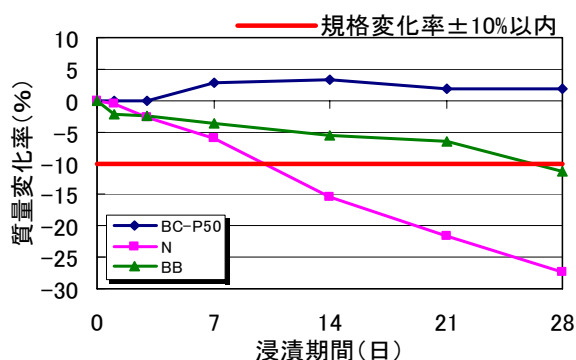


図-4 質量変化率の経時変化

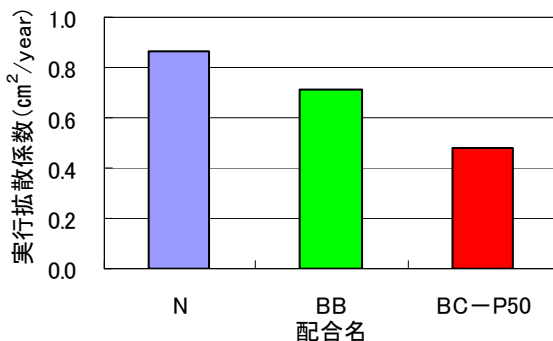


図-5 各種モルタルの実効拡散係数