

高炉スラグ超微粉末による耐酸性セメント系材料のコンクリートにおける性能確認

(株)デイ・シイ 正会員 ○築地 優

同上 正会員 小菅 太朗

同上 正会員 藤原 了

同上 久保田 賢

1. はじめに

耐酸性セメント系材料は早期脱型による工期短縮を目的とした初期強度の発現性に課題があった。既往の研究¹⁾によると、普通ポルトランドセメント (OPC) とシングルミクロン高炉スラグ微粉末 (BFS) を組み合わせることで耐酸性材料の課題であった初期強度が改善されることをモルタルで確認している。今回は、コンクリートにおいて耐酸性セメント系材料の強度発現性と耐硫酸性の確認を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料

本実験で使用した材料を表1に示す。混和材の粒度は、レーザー回折式粒度分布測定器(Microtrac MT3300EX II)によって測定し、BFSの記号の数値は50%累積体積通過径(以下、D₅₀)の値である。

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	密度 (g/cm ³)	D ₅₀ (μm)
セメント	普通 ポルトランドセメント	OPC	3.16	16.6
	高炉スラグ超微粉末	BF1.8	2.91	1.81
混和材	高炉スラグ微粉末	BF14	2.90	14.2
	シリカフューム	SF	2.25	0.4
細骨材	山砂	S1	2.62	
	硬質砂岩	S2	2.64	
粗骨材	硬質砂岩	G	2.67	
混練水	上水道水	W	1.00	
高性能減水剤	ポリカルボン酸系	SP	-	
空気連行剤	アルキルエーテル系 陰イオン界面活性剤	AE	-	

(2) 実験水準および練混ぜ

本実験で使用した結合材の混合比を表2に、実験水準を表3に示す。OPCと耐酸性セメント系材料の一つであるTCR1、およびTCR1のSFをBF1.8に変更したTCR2の3水準で、W/Bを40%として実験を行った。練混ぜは、材料を一括投入し、空練10秒→注水→120秒練混ぜとし、練混ぜ量は30Lとした。練混ぜには強制二軸ミキサを用いた。

表 2 結合材の混合比

名称	OPC	BF14	SF	BF1.8
OPC	100			
TCR1	36	48	16	
TCR2	36	48		16

(3) 実験項目および測定方法

スランブは JIS A 1101 に準拠して測定を行い、目標を 15 ±2.5cm とし, SP 添加量によって調整した。空気量は JIS A

表 3 実験水準

名称	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	OPC	TCR1	TCR2	S1	S2	G
OPC	40.0	42.4	165	413			366	369	1015
TCR1	40.0	41.0	165		413		345	348	1015
TCR2	40.0	41.7	165			413	356	359	1015

1128 に準拠して測定を行い、目標を 4.5±1.5%とし、AE 添加量によって調整した。圧縮強度は JIS A 1108 に準拠し、φ100×200mm の円柱供試体とし、24 時間後の脱型から 20℃の水中で所定材齢まで養生を行った。長さ変化率は JIS A 1129-2(コンタクトゲージ法)に従って長さを測定し、長さ変化率を算出した。耐酸性試験は標準水中養生の材齢 7 日の供試体を質量パーセント濃度で 5%, 15%の硫酸溶液に浸漬させた。質量変化率は硫酸浸漬 91 日後の供試体の劣化部分を流水で洗浄した後に質量を測定し、算出した。中性化深さは質量変化率の試料を乾式カッターにより切断した面のフェノールフタレイン溶液呈色域の直径と浸漬前の供試体の直径との差の 1/2 として算出した。

キーワード 高炉スラグ超微粉末, 耐酸性セメント, シングルミクロン, 耐硫酸性, コンクリート

連絡先 神奈川県川崎市川崎区浅野町 1-17 (株) デイ・シイ 技術センター TEL044-333-0618 FAX 044-355-4010

表 4 フレッシュ性状と圧縮強度試験結果

名称	SP/B (%)	AE/B (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)			
					3d	7d	28d	56d
OPC	0.60	0.004	15.0	4.8	25.3	35.6	47.9	55.4
TCR1	0.85	0.000	15.0	4.9	13.4	23.0	38.6	46.9
TCR2	0.35	0.020	15.0	5.0	15.8	28.1	39.0	46.3

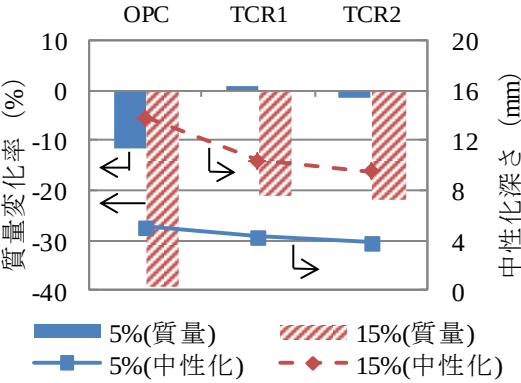


図 2 水準毎の耐酸性試験結果

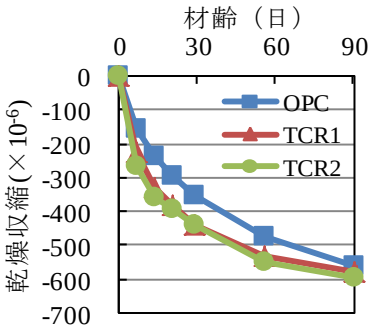


図 1 水準毎の乾燥収縮



写真 1 5%(左), 15%(右)硫酸浸漬後の
供試体(左から OPC, TCR1, TCR2)

3. 実験結果および考察

フレッシュ性状と圧縮強度の結果を表 4 に示す. スランブを調整するための SP 添加率は TCR2 が最も少ない添加率となり, OPC や TCR1 と比べても大幅に減少した. BF1.8 の粒径がセメントの 1/10 程度の粒径であり, BF1.8 を用いた場合に粉体の充填性が大きくなったので, 同一スランブ値を得るための SP 添加量が低減できたと推測される. また, SF は BF1.8 と比べて粒径が小さく比表面積も大きいので, SP の吸着量が大きく, 添加量も増加したと推測される. 圧縮強度は, TCR1 と比べて, BF1.8 を使用した TCR2 の材齢 3 日, 7 日の初期強度が改善されることが分かった. 粉末度の大きい BF1.8 の反応が初期からより顕著に示したと推測される. 水準毎の乾燥収縮試験結果を図 1 に示す. 乾燥収縮は全て同様の結果となった. 硫酸浸漬試験結果を図 2, 硫酸浸漬 91 日後の供試体の様子を写真 1 に示す. 写真 1 から, TCR1, TCR2 は OPC より硫酸劣化が抑制されていることを確認した. TCR1, TCR2 とともに OPC と比べ, 質量減少率と中性化深さは大幅に改善された. 硫酸濃度 5%, 15% とともに TCR1 および TCR2 の質量変化率と中性化深さは同様の傾向を示した. SF または BF1.8 を用いたことによる耐酸性の改善は, 結合材中の水酸化カルシウム量が OPC より低減するため, 硫酸劣化による二水セッコウの生成量が抑制されたためである. 以上より, 耐酸性セメント系材料の一部に高炉スラグ超微粉末 BF1.8 を用いた場合, SF と同等の性能が得られることがコンクリートにおいて確認できた.

4. まとめ

高炉スラグ超微粉末などを用いた耐酸性セメント系材料について, コンクリートにおいて初期強度や耐硫酸性の性能比較を行った結果, 以下のことが分かった.

- (1) フレッシュ性状は BF1.8 を用いることで SP 添加率を低減できることが分かった.
- (2) 圧縮強度は BF1.8 を用いることで初期強度が改善されることが分かった.
- (3) 乾燥収縮は OPC, SF を用いた TCR1, BF1.8 を用いた TCR2 のいずれも同様の結果であった.
- (4) 耐酸性(質量変化率と硫酸浸透深さ)は, 結合材に SF または BF1.8 を用いた場合, 同程度となることが分かった.

【参考文献】

1) 藤原了ほか: 微粉末による耐酸性セメント系材料の初期強度および耐硫酸性の改善, 第73回セメント技術大会講演要旨集, pp. 166-167, 2019