

## 環境負荷低減型三成分系セメントの強度特性および ASR 抑制効果

芝浦工業大学 学生会員 ○高橋 佑輔  
 芝浦工業大学大学院 学生会員 村上 拓  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

### 1.はじめに

地球温暖化対策の一つとして CO<sub>2</sub> 排出量が少ない混合セメントの利用拡大が望まれている。我が国では主に高炉セメント B 種（以下，BB）が利用されているが，初期強度や中性化抵抗性の低下等の問題がある。そのため，これ以上の普及は難しく新たな混合セメントの開発が望まれている<sup>1)</sup>。一方，高炉セメント A 種（以下，BA）は，普通ポルトランドセメント（以下，OPC）と同様に使用可能と言われているが，BB と比較すると ASR 抑制効果が著しく低下し，また使用・研究実績が極めて少ない。そこで，BA に混和材を置換した三成分系セメントが ASR 抑制効果を保有すれば，ASR 抑制型の OPC 代替品として一般の構造物に幅広く使用が可能となり，CO<sub>2</sub> 削減の一助を担うと考えられる。本研究では，BA に混和材を置換した三成分系セメントの強度特性および ASR 抑制効果の把握を行った。

### 2.実験概要

#### 2.1 使用材料および結合材の割合

セメントは 5%増量成分が混入されていない研究用 OPC を使用した。結合材の割合を表-1 に示す。本実験では BA に混和材としてフライアッシュ（以下，FA）および石灰石微粉末（以下，LSP）を置換した三成分系セメントと比較対象として OPC，BA，BB で供試体を作製した。セメント中の高炉スラグ微粉末（以下，BFS）の置換率を 30%一定で OPC 中に混和材を 5，10，20%置換する系（全体では 3.5，7，14%）とセメント中の OPC を 70%一定とし，セメント全体で混和材を 5，10，20%置換する系の 15 配合とした。

#### 2.2 圧縮試験

JIS A 5201-1997 を参考にし，水セメント比 50%，表乾状態の砕砂を用いて供試体を作製した。試験材齢まで温度 20℃の環境で封緘養生を行い材齢 3，7，

28，91 日にて圧縮試験を行った。

### 2.3ASR 促進試験

JIS A 1146 に準拠し，供試体は翌日に脱型後，温度 40℃，湿度 95%の環境に貯蔵した。脱型時と材齢 2，4，8，13 週で供試体の膨張率を算出した。セメントに含まれるアルカリは OPC のみを考慮しアルカリ総量 (Na<sub>2</sub>Oeq) が 1.2%となるよう NaOH 溶液を添加した。反応性細骨材は細骨材中に 50%置換した。

### 3.実験結果

#### 3.1 圧縮試験

##### (1)FA を置換した三成分系セメント

各材齢における圧縮強度を図-1 に示す。いずれのセメントにおいても材齢 3，7，28 日の強度は OPC を上回らなかった。材齢 91 日の強度では B20-F10 のみ OPC を上回った。また，FA 置換率の増加に伴い材齢 28 日から 91 日の強度の伸びが増加した。これは，ポゾラン反応の影響であると考えられる。しかし，B10-F20 に関して，B20-F10 ほど長期強度は増進しなかった。

表-1 結合材の割合

		記号	結合材の割合(質量%)			
			OPC	BFS	FA	LSP
OPC100%		OPC	100	-	-	-
BFS置換率30%		BA	70	30	-	-
BFS置換率45%		BB	55	45	-	-
FA置換	BFS一定	B30-F3.5	66.5	30	3.5	-
		B30-F7	63	30	7	-
		B30-F14	56	30	14	-
	OPC一定	B25-F5	70	25	5	-
		B20-F10	70	20	10	-
		B10-F20	70	10	20	-
LSP置換	BFS一定	B30-L3.5	66.5	30	-	3.5
		B30-L7	63	30	-	7
		B30-L14	56	30	-	14
	OPC一定	B25-L5	70	25	-	5
		B20-L10	70	20	-	10
		B10-L20	70	10	-	20

キーワード 三成分，フライアッシュ，石灰石微粉末，強度，ASR

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 伊代田研究室 TEL 03-5859-8356 E-mail h09321@shibaura-it.ac.jp

(2)LSP を置換した三成分系セメント

各材齢における圧縮強度を図-2 に示す。BFS 一定では LSP 置換率の増加に伴い材齢 28 日から 91 日の強度の伸びが増加した。これは、LSP が BFS の反応を促進させたためであると考えられる。OPC 一定では材齢 7, 28, 91 日の強度は LSP 置換率の増加に伴い低下する結果となった。

3.2ASR 促進試験

(1)FA を置換した三成分系セメント

材齢 13 週における膨張率を図-3 に示す。いずれの配合においても FA 置換率の増加に伴い膨張率が低減された。これは温度 40℃, 湿度 95%の環境では、材齢 13 週において十分にポズラン反応が進行して Ca(OH)<sub>2</sub> が消費されたためであると考えられる。今後、TG-DTA を用いて Ca(OH)<sub>2</sub> の定量を行い、ASR 抑制効果との相関を検証する必要がある。

(2)LSP を置換した三成分系セメント

材齢 13 週における膨張率を図-4 に示す。B30-L7 は BB と同程度の抑制効果が認められたが、他のセメントは BB よりも膨張する結果となった。OPC 一定では LSP 置換率の増加に伴い膨張率が増加した。ゆえに、LSP には ASR 抑制効果がないと考えられる。

4.まとめ

- (1) FA 置換率が大きいセメントほど、材齢 28 日から 91 日の強度の伸びが増加し、長期強度の増進が期待できる。
- (2) LSP を置換したセメントは、BFS 低下、LSP 増加に伴い強度が低下した。ゆえに、LSP には長期強度の増進は期待できない。
- (3) ASR 抑制効果においては、FA には抑制効果があるが LSP にはないことを確認した。
- (4) 今回の検討範囲内では、B20-F10 は材齢 91 日の強度は OPC を上回り、かつ BB と同程度の ASR 抑制効果があることから、強度と ASR 抑制の観点から新たな混合セメントの可能性を秘める。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費（基盤 B, 代表：魚本健人）課題番号 22360174 により実施した。

参考文献

- 1) 横室隆ほか: コンクリート用高炉スラグ活用ハンドブック, セメントジャーナル社, pp.100

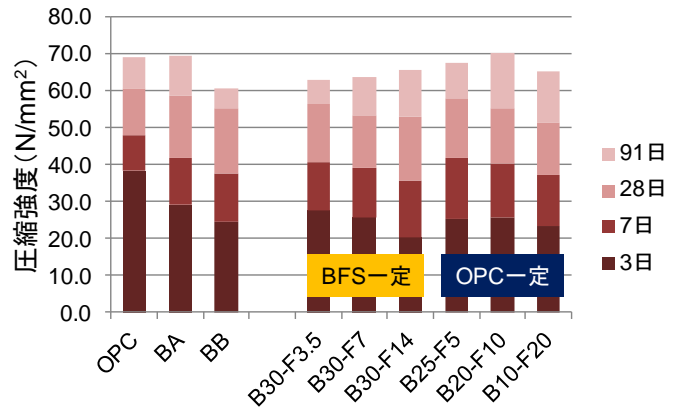


図-1 FA を置換した三成分系セメントの圧縮強度

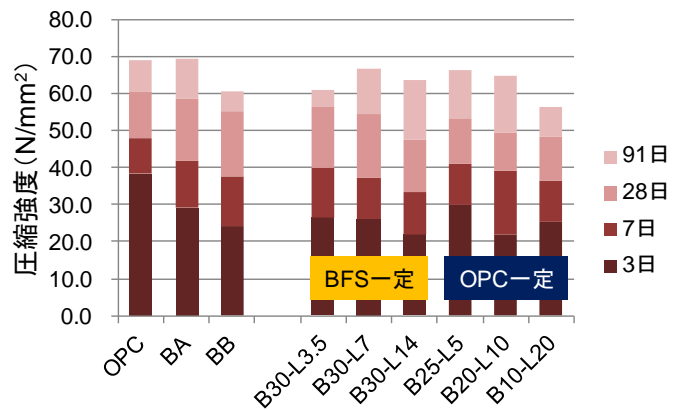


図-2 LSP を置換した三成分系セメントの圧縮強度

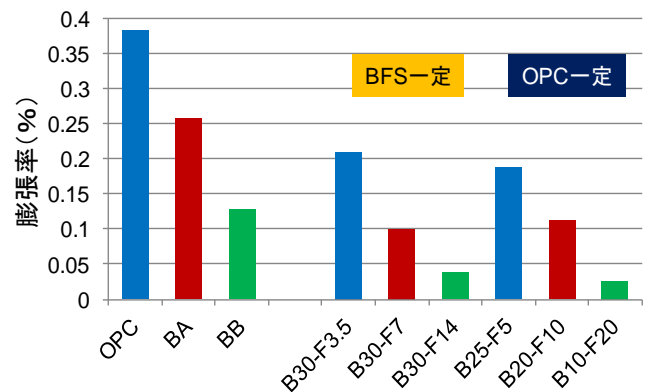


図-3 FA を置換したモルタルの膨張率

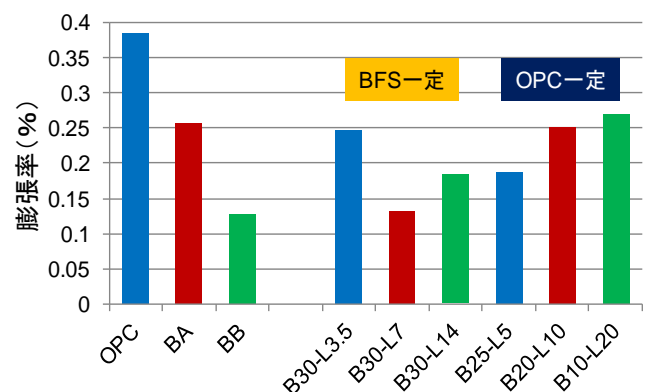


図-4 LSP を置換したモルタルの膨張率