

## 高 C<sub>3</sub>S セメントを用いた FA セメントの強度及び収縮ひび割れ抵抗性

足利大学 正会員 ○宮澤 伸吾  
 太平洋セメント(株) 正会員 田中 敏嗣  
 (株)デイ・シイ 正会員 二戸 信和  
 東京工業大学 正会員 坂井 悦郎

### 1. はじめに

本研究では、資源の有効利用及び二酸化炭素排出量の低減を図るために、一般のコンクリート構造物への幅広い利用を想定したフライアッシュセメントを開発することを目的としている<sup>1)</sup>。本報告では、高 C<sub>3</sub>S セメント<sup>2)</sup>を実機プラントで試作し、フライアッシュを 18% 置換したコンクリートの強度発現性及び収縮ひび割れ抵抗性について実験により検討した結果を記述する。

### 2. 実験概要

実験に使用した基材セメントは、C<sub>3</sub>S 量が 69.5% のセメント (A) に石灰石微粉末を 4.5% 混合したものであり、これにフライアッシュ (FA, JIS 規格 II 種相当, 比表面積: 3,450cm<sup>2</sup>/g) を 18% 置換した。フライアッシュセメントの SO<sub>3</sub> 量は、2.3%, 2.9% 及び 3.4% に調整した (A-FA18(2.3), A-FA18(2.9), A-FA18(3.4))。比較のために普通ポルトランドセメント (N) 単身及び N に FA を 18% 置換した配合 (N-FA18), N に高炉スラグ微粉末 (比表面積: 4,490cm<sup>2</sup>/g) を 45% 置換した配合 (N-BS45) についても試験した。N は少量混合成分として石灰石を含んでおり、石灰石の CaCO<sub>3</sub> 含有率を 100% と仮定し、熱分析 (600~800°C の減量) により推定すると N の石灰石量は 2.7% である。表-1 はボーグ式から算出したセメントの鉱物組成を示しており、少量混合成分を除いて表記している。細骨材には川砂, 粗骨材には硬質砂岩砕石(最大寸法: 20mm)を使用した。表-2 にコンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの特性を示す。

コンクリートの圧縮強度試験は、20°C 水中養生 (3, 7, 28, 91 日) 及び 20°C シール養生 (1, 3, 7 日) の 2 種類の養生条件で実施した。

コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性を把握するために、100×100×1100mm の供試体 (各条件 2~3 個) を用いて一軸拘束応力試験を実施した。異形鉄筋(D25)の中央部 300mm のリブと節を切削加工して φ22mm とし、ひずみゲージを貼り付けた後、コンクリートとの付着を切るために鉄筋の中央部 300mm にテフロンシート(厚さ 0.2mm)を 2 重に巻き付けた。鉄筋を型枠中心部に設置してコンクリートを打ち込んだ後、材齢 3 日または 7 日まで型枠中でシール養生を行ない、その後脱型して実験室内 (5~15°C, 50~70%R.H.) で乾燥させた。鉄筋のひずみの測定値からコンクリートの拘束応

表-1 セメントの概要

	Mineral composition (%)				f.CaO (%)	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF		
A	69.5	3.6	10.0	7.7	1.8	4,190
N	51.1	22.4	9.3	9.2	0.0	3,100

表-2 コンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの特性

Mix	W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )							AEWR ×B (%)	AE ×B (%)	Slump (cm)	Air (%)	Temp. (°C)
			W	C	FA	BSF	Gyp.	S	G					
N	55	46	180	327.3	0	0		800	957	1.0	0.0015	19.1	5.5	14.0
N-FA18			175	260.9	57.3	0		801	958		0.0050	18.6	3.0	15.5
N-BS45			175	175.0	0	143.2		804	962		0.0015	20.7	4.5	14.0
A-FA18(2.3)			180	268.4	58.9	0		790	945		0.0080	20.8	5.3	14.0
A-FA18(2.9)			180	264.7	58.9	0	3.6	790	945		0.0060	20.5	5.0	15.0
A-FA18(3.4)			180	261.8	58.9	0	6.5	789	945		0.0050	20.7	4.2	15.5

キーワード フライアッシュ, エーライト, コンクリート, 圧縮強度, 収縮ひび割れ

連絡先 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利大学 工学部 創生工学科 TEL 0284-62-0605

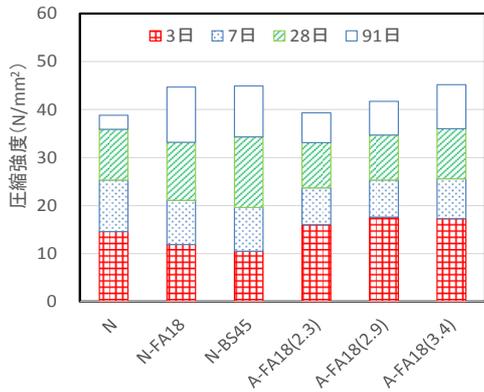


図-1 圧縮強度 (20°C水中)

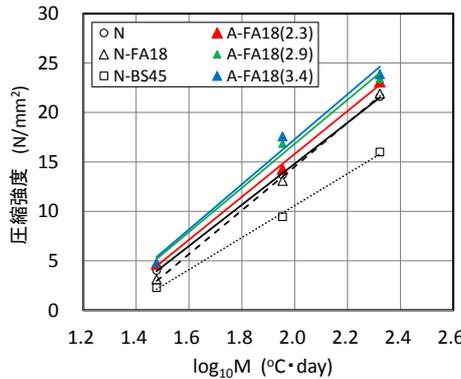


図-2 圧縮強度 (20°Cシール)

表-3 10N/mm<sup>2</sup>到達材齢

配合名	10N/mm <sup>2</sup> 到達材齢
N	2.0
N-FA18	2.1
N-BS45	3.1
A-FA18(2.3)	1.8
A-FA18(2.9)	1.6
A-FA18(3.4)	1.6

力を求めるとともに、ひび割れ発生までの乾燥期間を求めた。

### 3. 結果及び考察

図-1 は、水中養生での圧縮強度を示している。N-FA18 及び N-BS45 は材齢 3 日の強度が N より低いが、A-FA18(2.3)、A-FA18(2.9)及び A-FA18(3.4)では N より高くなっている。また、材齢 91 日の強度も N と同等以上となっている。

図-2 は、シール養生での圧縮強度を積算温度との関係として示しており、圧縮強度が 10N/mm<sup>2</sup> に達する材齢を表-3 に示す。A-FA18(2.3)、A-FA18(2.9)及び A-FA18(3.4)では、N に比べて 10N/mm<sup>2</sup> 到達材齢が 1.2~1.4 日早くなっている。

これらの実験結果より、高 C<sub>3</sub>S セメントを用いたフライアッシュセメントでは、初期強度が低いという従来の混合セメントの弱点が改善されていることが分かる。

図-3 は拘束応力試験におけるコンクリートの引張応力の一例を示し、図-4 はひび割れ発生時の材齢を示している。各配合 2~3 個の供試体の試験結果には、ばらつきが存在しているが、A-FA18(2.3)、A-FA18(2.9)及び A-FA18(3.4)では、N に比べてひび割れ発生が遅くなる傾向が見られた。高 C<sub>3</sub>S セメントを用いたフライアッシュセメントでは、湿潤養生期間が 3~7 日の場合に、乾燥収縮に起因するひび割れに対する抵抗性が優れていることが分かる。

なお、今回の試験条件の範囲では、SO<sub>3</sub> 量の影響および乾燥開始前の養生期間の影響は明確には認められなかった。

### 4. まとめ

本研究で試作したフライアッシュセメントは、強度発現性及び収縮ひび割れ抵抗性が良好であった。今後、コンクリートの劣化や物質透過に対する抵抗性についても検討を行なう予定である。

### 謝辞：

本研究は次世代 FA セメント研究会の活動の一環として行ったものであり、ご協力いただいた各位に感謝の意を表します。

### 参考文献：

- 1) 宮澤ほか：高エーライトセメントを用いたフライアッシュコンクリートの特性，セメント・コンクリート論文集，2016
- 2) 二戸ほか：C<sub>3</sub>S 含有量の多いクリンカー試焼成，第 68 回セメント技術大会講演要旨，pp.32-33，2014

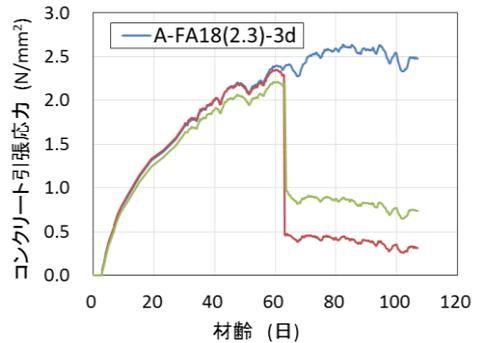
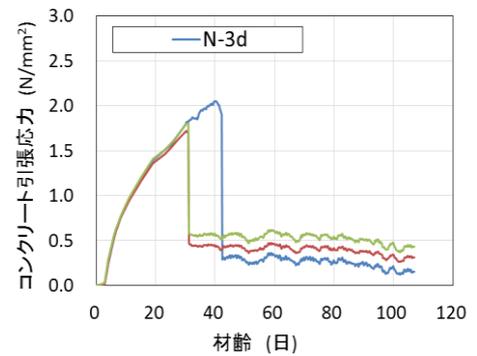


図-3 コンクリートの拘束応力

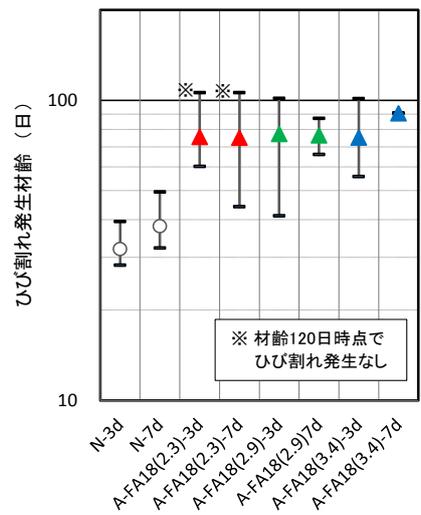


図-4 ひび割れ発生時の材齢