

高エーライトセメントに混合するフライアッシュの品質が強度発現性に与える影響について

電源開発株式会社 正会員 ○石川 学

正会員 石川 嘉崇

太平洋セメント株式会社

平尾 宙

1. はじめに

建設分野における二酸化炭素排出量削減手法のひとつとして混合セメントの利用拡大が有効である。混合セメントの利用拡大は、2016年5月に閣議決定された地球温暖化対策の施策として盛り込まれている。

混合セメントのひとつであるフライアッシュ（以下、FA）セメントは、ポルトランドセメント使用量削減による二酸化排出量抑制に加えて、フレッシュ性状の改善、長期強度の増進、水和熱の低減、塩化物イオン浸透に対する抵抗性の向上、アルカリシリカ反応の抑制等の利点がある。一方、初期強度発現性に乏しく中性化の進行が早いという欠点があるため、FAセメントの国内需要は低水準に留まっている現状にある。

これらを背景に、FAセメントの利点を残しつつ、基材セメントの鉱物組成や粒度分布をFAの混合に適するよう専用設計することで、初期強度発現性と中性化抵抗性を改善させたFAセメント（以下、高エーライトFAセメント）の製品化が進められている¹⁾。高エーライトFAセメントの製品化にあたって、FAは石炭火力発電所のボイラーの性能、燃焼温度、石炭種別によって品質が変動することから、FAの品質変動による高エーライトFAセメントの性状変化について検討の必要があると考えられる。

そこで本研究では、高エーライトFAセメントについて、異なる種類のFAを用いてモルタル試料を作製し、FAの品質変動が強度性状に与える影響について評価した。

2. 使用材料・配合

使用するセメントの物性を表1、混和材の物性を表2、FAの粒度分布を図1に示す。セメントは、FAの混合に適するよう専用設計した高エーライトセメント（以下、A）と早強ポルトランドセメント（以下、H）を用いた。FAはブレン比表面積や粒度分布等の性状が異なる3種類を選定した。石灰石微粉末（以下、LSP）の置換によるFAセメントの強度増進が確認されていることから、高エーライトFAセメントの混和材としてLSPを用いた²⁾。

表1 セメントの物性

品名	ブレン比表面積 (cm ² /g)	遊離石灰 (mass%)	鉱物量(mass%) Bogue			
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
A	4190	1.2	63.8	8.9	9.6	8.7
H	4490	0.2	64.3	10.0	9.3	8.5

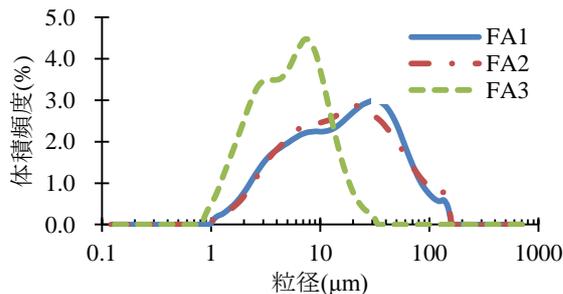


図1 FAの粒度分布

表2 混和材の物性

品名	密度 (g/cm ³)	ブレン比表面積 (cm ² /g)	化学成分(mass%) XRF							鉱物量(mass%) XRD		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ムライト	石英	ガラス
FA1	2.27	3580	58.89	26.36	4.44	1.99	1.00	0.45	1.23	14.3	7.5	77.6
FA2	2.33	4650	55.15	27.59	3.42	5.71	0.87	0.46	0.49	23.4	12.1	61.8
FA3	2.47	5060	52.91	27.90	6.90	3.23	1.22	0.56	1.41	9.9	2.7	86.9
LSP	2.71	5270	<0.01	0.04	0.02	56.01	0.24	<0.01	<0.01	—	—	—

キーワード 高エーライトセメント, フライアッシュ, 石灰石微粉末, 混合セメント, 低炭素化

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 TEL0467-88-7854

使用する配合を表3に示す。モルタルの練混ぜ方法および成形は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」の強さ試験に準拠した。いずれの配合についても、水粉体比は一律55%とし、粉体と細骨材を1:3の割合で混合した。FAは粉体量の18%置換とした。また、高エーライトFAセメントを対象としたNo.1~No.3は、基材セメントとしてAを用いるとともに、LSPをセメント量の4.5%添加した。No.4は、高エーライトFAセメントとの比較のため、基材セメントとしてHを用いた。

表3 モルタルの配合

Case	W/B (%)	S/B (%)	粉体混合比率(mass%)				FA 種類
			A	H	LSP	FA	
No.1	55	3.00	78.3	—	3.7	18.0	FA1
No.2							FA2
No.3							FA3
No.4			—	78.3	—	—	FA1

※B：粉体量 (A+H+LSP+FA)

S：細骨材 山砂 (表乾密度 2.58 g/cm³, 絶乾密度 2.53 g/cm³, 吸水率 2.02%)

3. 圧縮強さ試験

表3に示すモルタル配合で作製したモルタル試験体(φ50×100mm)について、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」の強さ試験に準拠して、圧縮強さ試験を実施した。ただし、試験材齢は材齢3日、5日、7日、28日、91日の5材齢とした。養生温度は20℃に加えて、10℃と40℃を設定した。

圧縮強さ試験の結果を図2に示す。No.1~No.3の圧縮強度は、材齢7日までは養生温度によらず、FA種類による差はなかった。No.3が他と比べて、材齢91日における圧縮強度が僅かに大きい傾向にあるが、同程度の水準であると評価できる。No.1~No.3とNo.4を比較すると、材齢7日までは同等の圧縮強度であった。材齢28日では、養生温度20℃と40℃の場合にNo.1~No.3がNo.4よりも圧縮強度が大きくなり、材齢91日ではいずれの養生温度においても、圧縮強度が大きくなった。これは、LSPの添加によって長期的に強度増進したと考えられる。

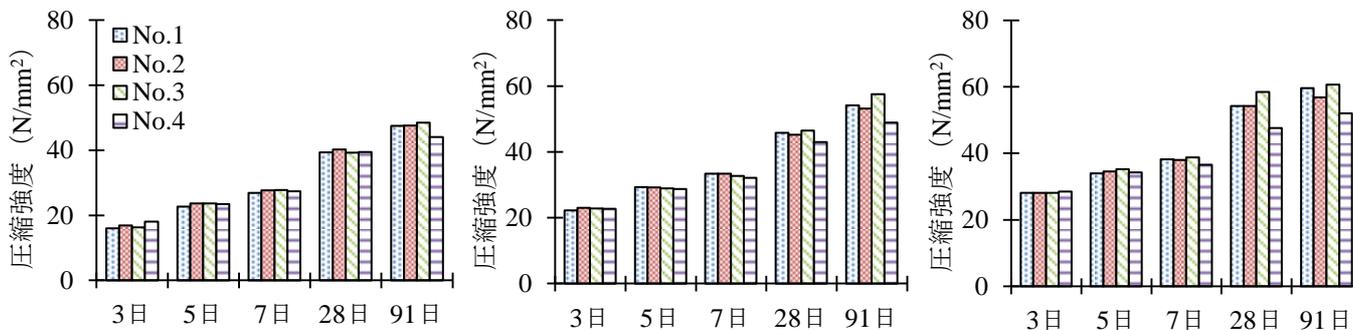


図2 圧縮強度試験結果(左:10℃, 中:20℃, 右:40℃)

4. おわりに

高エーライトFAセメントに用いるFAの品質が強度性状に与える影響は小さいことを確認した。併せて、基材セメントへのLSP添加による長期的な強度増進を確認した。高エーライトFAセメントの更なる最適化を図るとともに、今後は耐久性に関する基礎データ取得を実施する。本報告は、次世代FAセメント研究会の一環として行ったものであり、ご協力頂いた関係各位の感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 安藝朋子ほか：基材に用いたセメントの特性がフライアッシュセメントの強度発現性に及ぼす影響，セメント・コンクリート論文集，Vol.70，pp.32-39 (2017)
- 2) Weerdt K De, et al. : Hydration mechanisms of ternary Portland cements containing limestone powder and fly ash, Cement and Concrete Research, Vol. 41, pp. 279-291 (2011)