

高 C₃S セメントを用いた F A セメントの強度発現性と試験方法の影響に関する一考察

太平洋セメント（株） 正会員 ○久我 龍一郎
 正会員 前堀 伸平
 正会員 平尾 宙

1. 目的

フライアッシュ（以下、FA）セメントの初期強度発現を改善する目的で、著者らは高エーライト（C₃S）化したセメントを基材に用いた高 C₃S 型 FA セメントの開発を行っている¹⁾。本検討では JIS R5201 としての圧縮強さと、そのセメントを用いたコンクリートでの圧縮強度、およびコンクリート配合を模擬したモルタルの圧縮強度を比較し、それらの強度特性について考察した。

2. 実験概要

使用材料を表-1 に、セメントの SO₃、f.CaO 量と鉱物組成を表-2 に示す。高 C₃S セメントはキャラクタの異なる 2 種類とし、比較として少量混合成分を含まない普通ポルトランドセメント（N）を使用した。混合材は JIS A6201 の FAII 種品のほか、既往の研究²⁾から FA セメントの強度発現向上を目的として石灰石微粉末（LSP）を使用した。コンクリートの配合とフレッシュ試験結果を表-3 に示す。なお配合名は「Aa（基材セメントの種類）F18（FA の置換割合）L4.5（基材セメントに対する LSP の置換割合）」を表す。配合条件は水粉体比 55%，s/a = 46%，スランプ 12 ± 1.5cm，空気量 4.5 ± 0.5%として、試し練りを行い定めた。強度試験はコンクリートでの圧縮強度（コンクリート強度）のほか、表-3 の各結合材割合における混合セメントの JIS R5201 による圧縮強さ（セメント強さ），およびコンクリートの配合から粗骨材を除去したモルタルでの圧縮強度（モルタル強度）をそれぞれ測定した。

3. 実験結果

各試験方法での強度試験結果を表-4 に、N に対する圧縮強度比を図-1 にそれぞれ示す。全ての試験方法で、FA セメントの基材を高 C₃S セメントにすることで NF18 と比べて 7 日までの強度が増大した。さらに LSP を併用した AaF18L4.5 や AbF18L4.5 は、7 日以降の強度が増進して全ての材齢で NF18 を上回った。N に対する強度比に着目した場合、セメント強さでは AaF18L4.5 や AbF18L4.5 は全ての材齢で N と

表-1 使用材料

分類	名称	記号	概要
セメント	普通ポルトランドセメント	N	密度:3.16g/cm ³ 、 比表面積3350cm ² /g
	高C ₃ Sセメント	Aa	密度:3.14g/cm ³ 、 比表面積4190cm ² /g
		Ab	密度:3.12g/cm ³ 、 比表面積5030cm ² /g
混和材	フライアッシュ	FA	密度:2.27g/cm ³ 、 比表面積3580cm ² /g
	石灰石微粉末	LSP	密度:2.71g/cm ³ 、 比表面積5270cm ² /g
細骨材	山砂	S	表乾密度:2.58g/cm ³
粗骨材	碎石	G1	表乾密度:2.66g/cm ³
		G2	表乾密度:2.64g/cm ³
混和剤	AE減水剤	Ad1	リグニンスルホン酸系
	AE剤	Ad2	アルキルアリルスルホン系
		Ad3	アルキルカルボン酸系

表-2 セメントの SO₃、f. CaO 量と鉱物組成

セメント	SO ₃ (%)	f.CaO (%)	鉱物組成(%, Bogue)			
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
N	2.3	0.6	61.1	12.2	9.1	9.6
Aa	2.8	1.2	63.8	8.9	9.55	8.7
Ab	3.2	1.8	66.5	5.6	10	7.7

表-3 コンクリートの配合とフレッシュ試験結果

配合名	単位量(Kg/m ³)									混和剤(C×%)		フレッシュ試験結果			
	W	N	Aa	Ab	FA	LSP	S	G1	G2	Ad1	Ad2, Ad3*	スランプ cm	空気量 %	温度 °C	単位容積質量 kg/m ³
N	175	319	-	-	-	-	806	340	632	0.25	0.004	12.5	4.5	21	2285
NF18	172	257	-	-	56	-	803	339	630	0.25	0.050	11.0	4.8	22	2256
AaF18	172	-	257	-	56	-	803	339	629	0.25	0.047	11.0	4.5	22	2267
AaF18L4.5	172	-	245	-	56	12	802	338	629	0.25	0.050	12.5	4.7	22	2262
AbF18L4.5	175	-	-	250	57	12	795	336	623	0.25	0.050	13.0	4.3	21	2259

*NのみAd2、N以外ではAd3を使用

キーワード フライアッシュ、エーライト、石灰石微粉末、圧縮強度

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL 043-498-3841

同等以上の強度を発現し、特に3日と91日ではNの強度を10～30%程度上回った。モルタル強度はAbF18L4.5のみが常にNを上回り、AaF18L4.5は7日と28日で、AaF18は7日以降で、NF18は常にNを下回った。コンクリート強度はAbF18L4.5の3日を除いてNを下回った。

ここで3つの試験方法による圧縮強度をそれぞれ比較した結果を図-2に示す。セメント強さとモルタル強度(A)で比較すると、セメントの種類によらず線形性が認められた。これに対して、セメント強さとコンクリート強度(B)で比較すると、セメントの種類ごとの線形性は認められるものの、FAセメントのコンクリート強度はNより低くなった。モルタル強度とコンクリート強度(C)で比較した場合もFAセメントのコンクリ

ート強度はNより低くなったものの、(B)と比べると両者の差は小さかった。FAセメントのコンクリート強度がセメント強さやモルタル強度と比べて低くなった原因は、粗骨材の有無に加えて細骨材の種類、S/C、あるいは混和剤などの複合的な要因が考えられ、詳細は実験的な検証が必要である。本検討で得られた高C₃S型FAセメントはいずれの試験方法でも一般的なFAセメントと比べて強度増進効果が認められた。ただしNと比較した場合の程度は試験方法で異なり、セメント強さだけでなくコンクリートでの評価が必要である。

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1) FAセメントの基材を高C₃Sセメントとすることで初期強度が増進し、さらにLSPを併用することで、高C₃SのみでLSPを用いていない場合と比べて7日以降の強度が増進した。
- (2) 高C₃SセメントとLSPを併用したFAセメントのNに対する強度を比較した場合、圧縮試験の方法によって傾向が異なり、JIS規格であるセメント強さでは全ての材齢でNを上回ったものの、モルタルやコンクリートでは高C₃Sセメントのキャラクタや材齢によってNを下回る場合が見られた。
- (3) 試験方法による圧縮強度の傾向を比較すると、セメント強さやモルタル強度に対してコンクリート強度ではFAセメントがNよりも低くなる傾向があり、セメント強さではその差が大きくなった。

【参考文献】

- 1) 安藝朋子ほか：高エーライトセメントを用いたフライアッシュセメントの基本特性、セメント・コンクリート論文集，71巻，1号，pp10-16，2017
- 2) 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，70巻，1号，pp32-39，2016

表-4 セメント強さ，モルタル強度，およびコンクリート強度試験結果

配合名	強度試験結果											
	セメント強さ(MPa)				モルタル強度(MPa)				コンクリート強度(MPa)			
	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	31.6	46.4	57.2	62.7	20.6	31.6	41.1	47.9	22.3	31.6	41.4	45.2
NF18	27.6	41.7	54.9	66.9	16.9	25.3	36.9	46.1	14.4	20.8	29.3	37.3
AaF18	33.8	44.4	54.8	64.7	22.1	29.3	37.5	45.5	19.3	25.2	32.1	38.0
AaF18L4.5	34.5	46.0	57.3	70.9	22.3	30.0	40.3	50.6	19.5	26.8	35.2	42.2
AbF18L4.5	41.4	49.9	59.0	70.9	27.1	34.0	41.6	50.8	23.1	30.0	36.1	42.1

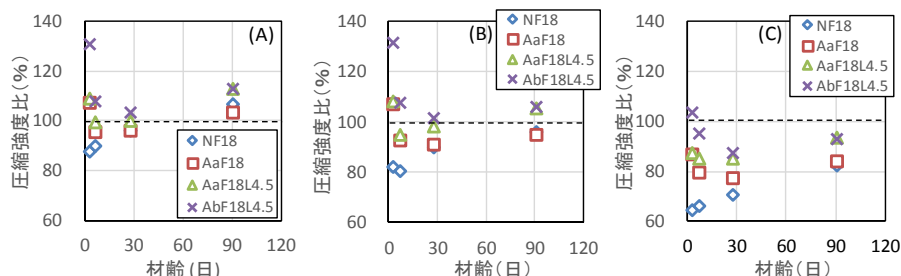


図-1 Nに対する圧縮強度比

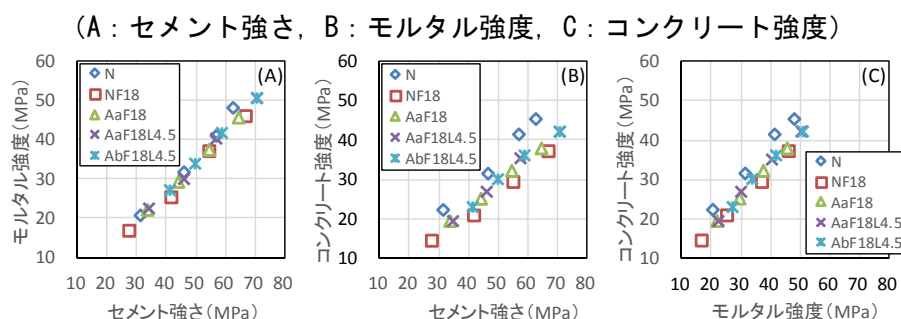


図-2 圧縮強度の比較 (A: セメント強さとモルタル強度, B: セメント強さとコンクリート強度, C: モルタル強度とコンクリート強度)