

クリンカーフリーモルタルへのポゾラン物質の適用に関する検討

日本シーカ株式会社

正会員

○齋藤 賢

宇都宮大学大学院工学研究科

正会員

藤原 浩巳

宇都宮大学大学院工学研究科

正会員

丸岡 正知

宇都宮大学大学院工学研究科

正会員

岩田 正幸

1. はじめに

セメント産業では、温室効果ガスの一つとされている二酸化炭素(CO₂)が大量に排出される。我が国の部門別 CO₂ 排出割合では、製造業が全体の 46%を占め、そのうちセメント産業は約 4%を占めている。普通セメント 1t を製造するために、原料・燃料等から約 800kg の CO₂ を排出するとされている¹⁾。

このような中、環境負荷低減の方策としては、産業副産物であるフライアッシュ、高炉スラグ微粉末の有効利用により、結合材中のポルトランドセメントの割合を低減可能であれば、セメント製造時に排出される CO₂ 量の低減につながるため、環境負荷低減効果が期待できる。

現在、コンクリート混和材として用いられているフライアッシュは、JISに規定されているⅡ種灰相当の高品質品が大半で、Ⅳ種灰相当の低品質品はほとんど利用されていない。従って、低品質フライアッシュの多量利用ができれば、非常に有用な技術となると考えられる。

一方、高炉スラグ微粉末は、比表面積が大きいもののほど粉砕に必要なエネルギーが大きくなり、環境負荷が大きくなる。従って、環境負荷低減を考える場合、より低比表面積の高炉スラグ微粉末の使用が望まれる。

本研究では、混和材量として高炉スラグ微粉末、フライアッシュⅣ種およびフライアッシュ原粉を主材料としたクリンカーフリーモルタルへの適用について検討を行った。

フライアッシュ原粉は集塵機により捕集されたままの状態であり、分級によるエネルギー消費がなく、分級されたフライアッシュと比べると CO₂ 排出量が少ないと考えられる。

2. 試験概要

キーワード クリンカーフリー、フライアッシュ、原粉、高炉スラグ微粉末、

連絡先 〒254-0021 神奈川県平塚市長瀬 1-1 日本シーカ㈱技術研究所 TEL 0463-21-1103

使用材料を表-1に示す。ポルトランドセメントを使用していないため、水酸化カルシウムの生成が起こらず、ポゾラン反応が抑制されてしまう可能性が考えられる。この対策として、本研究では、反応促進効果を期待し、比表面積が45m²/gの多孔性高比表面積消石灰（以下、消石灰と称す）を混和し、ポゾラン反応の促進を図った。また、自己収縮の抑制等の目的で無水セッコウも用いた。本研究の粉体構成を表-2に、モルタル配合条件を表-3にそれぞれ示す。

表-1 使用材料

材料	記号	材料名	密度 (g/cm ³)
結合材	FA4	フライアッシュ(JISⅣ種)	2.20
	FAO	フライアッシュ原粉(平均粒径7.0 μm)	2.29
	BS	高炉スラグ微粉末(ブレン値4000cm ² /g)	2.90
	AG	無水セッコウ	2.90
	TK	多孔質高比表面積消石灰	2.24
水	W	上水道水	1.00
細骨材	S	鬼怒川産川砂	2.58
化学混和剤	SP	ポリカルボン酸系高性能減水剤	1.08
消泡剤	DF	ポリアルキレングリコロール誘導体	1.00

表-2 粉体構成

配合名	質量比(%)				
	FA4	FAO	BS	AG	TK
FA4-20	20	0	60	10	10
FA4-40	40	0	40	10	10
FA4-60	60	0	20	10	10
FAO20	0	20	60	10	10
FAO40	0	40	40	10	10
FAO60	0	60	20	10	10

表-3 モルタル配合

水粉体比(%)	砂粉体比(%)	モルタルフロー値 (mm)	空気量 (%)
20.0	32.0	250±25	2.0±1.0

3. 試験項目

(1) モルタルフロー試験

JIS R5201 に準拠した。

(2) 空気量試験

JIS A1116 に準拠した。

(3) 圧縮強度試験

JSCE-G505 に準拠した。

3. 試験結果

(1) フレッシュ性状試験結果

フレッシュ性状試験結果を表-4 に示す。フライアッシュの混合割合と練混ぜ時間の関係を図-1、フライアッシュと SP 添加率の関係を図-2 にそれぞれ示す。FA4 を使用した配合では、FA4 の混合割合の増加に伴い、モルタルフローを得る SP 添加率が増加する傾向が確認された。また、練混ぜ時間も SP 添加率と同様に FA4 の混合割合の増加に伴い、練混ぜ時間は長くなる傾向を示した。これは、粉体構成の FA4 の増加により BS の混合割合が減少したことと考えられる。BS は均一なガラス質でありその断面が滑らかで変形に対して潤滑作用を与えることや、吸水しないため流動性が向上される²⁾からと推察される。

一般に、フライアッシュは粒子が球形でボールベアリング効果により流動性を改善されるが、FA4 は、その品質が低品質なためボールベアリング効果が期待できなかったと考えられる。また、FA4 では未燃カーボンが多く、その未燃カーボンが SP を吸着するため、FA4 量の増加に伴い SP 添加率も増加したと考えられる。

表-4 フレッシュ性状試験結果

配合名	質量比(%)					SP添加率 (%)	モルタルフロー (mm)	温度(℃)	空気量 (%)
	FA4	FAO	BS	AG	TK				
FA4-20	20	0	80	10	10	1.10	260	19.0	1.3
FA4-40	40	0	40	10	10	1.40	263	23.0	1.4
FA4-60	60	0	20	10	10	2.60	263	19.0	3.0
FAO20	0	20	80	10	10	0.90	238	15.5	1.4
FAO40	0	40	40	10	10	0.90	250	17.0	1.9
FAO60	0	60	20	10	10	0.93	255	18.0	2.0

(2) 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-3 に示す。

フライアッシュの違いによらず、フライアッシュの混合割合が増加するほど材齢 1 日の圧縮強度は小さい結果であった。FA4-60 は材齢 1 日では脱型できない状態であった。原粉を使用した方が、FA4 よりも強度発現性が高い傾向を示した。フライアッシュ混合割合 20%のみ圧縮強度が増加している傾向を示したが、最適な混合割合を検討する。

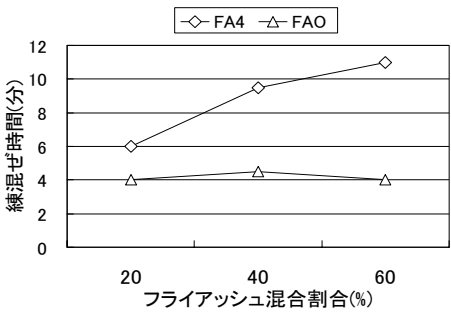


図-1 フライアッシュの混合割合と練混ぜ時間

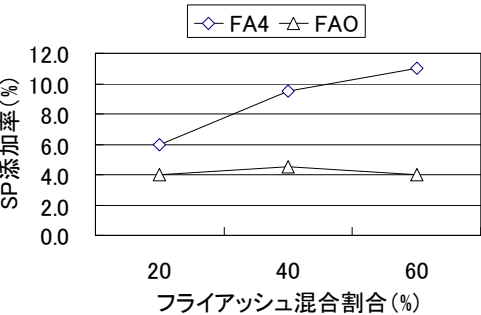


図-2 フライアッシュの混合割合と SP 添加率

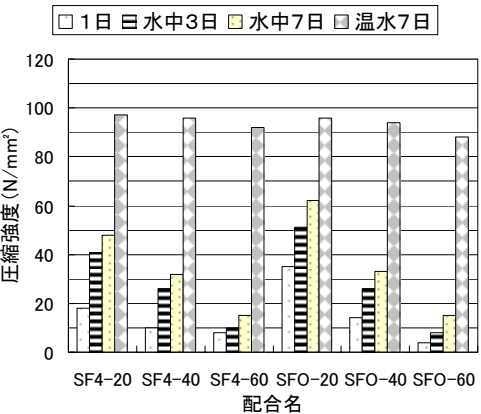


図-3 圧縮強度結果

4. まとめ

- (1) フライアッシュ原粉の使用は、所定モルタルフローを得る練混ぜ時間、SP 添加率の変動は、FA4 よりも小さい結果であった。
- (2) フライアッシュ原粉を使用した方が、FA4 よりも圧縮強度が高い傾向を示した。

参考文献

1) 樋口雅也：コンクリートの環境負荷評価における環境因子に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.2，pp.1531-1536，2002

2) ㈱エヌ・ティー・エス：コンクリート混和材量ハンドブック，p.324，2004