

フライアッシュ 4 種を使用したジオポリマーモルタルの強度ならびに収縮特性

大分高専 正会員 ○一宮 一夫
西松建設㈱ 正会員 原田 耕司
大分高専専攻科 学生会員 井上 裕之

1. はじめに

フライアッシュベースのジオポリマー（以下、GP という）は、CO₂削減ならび産業副産物の大量使用の点から、ポルトランドセメントに代わる新しい建設材料として期待できる。筆者らは既往において、フライアッシュベースの GP モルタルの配合、製造方法、耐久性に関する研究に取り組んできた¹⁾。本研究は、既報のフライアッシュ 1 種と 2 種（以下、FA1、FA2 という）を用いた GP モルタルに関する研究成果をもとに、GP を実用化する上での大きな課題である製造コストの削減を目的に、フライアッシュ 4 種（以下、FA4 という）を活性フィラーに用いて製造した GP モルタルの強度ならびに長さ変化を測定し、FA1、FA2 そして比較用に設定した普通ポルトランドセメント（以下、OPC という）で製造したモルタルの特性と比較することで FA4 を使用した GP モルタルの特徴を調べた。

2. 実験概要

(1)使用材料ならびに配合：表 1 に使用材料を示す。

GP モルタルの活性フィラーには 3 種類のフライアッシュと高炉スラグ微粉末(以下、BS という)を用い、アルカリシリカ溶液（以下、GP 溶液という）にはケイ酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水の混合物とした。GP モルタルならびに OPC モルタルの配合を表 2 と表 3 に示す。なお、GP モルタルには固化促進のために BS を活性フィラー容積の 10%内割り混入した。

(2)練り混ぜ：ホバート型ミキサ（容量：5 リットル）を用い、細骨材、FA、BS を入れて空練り 30 秒間、GP 溶液を入れて一次練混ぜ 1 分間、掻き落とし 15 秒間、二次練混ぜ 2 分間の順で練り混ぜた。強度試験用供試体は、JIS R 5201 に準拠して製作した。

(3)養生：GP モルタルは、強度発現を促進させるために加熱が必要であり、一般に蒸気養生が施される。本研究では、プログラム式恒温恒湿装置を用い、OPC コンクリート製品の標準的な蒸気養生方法に準拠して、脱型後直後から 90%RH の下で 3 時間かけて 60℃まで上昇させ、その後 3 時間その条件で養生し、再び 3 時間かけて温度 20℃まで下げ、その後は恒温室（20℃、60%RH）で所定の材齢まで貯蔵した。一方、OPC モルタルでは強度試験用供試体は所定の材齢まで標準養生を行い、長さ変化試験用供試体は材齢 7 日まで標準養生を行った後に恒温室（20℃、60%RH）に貯蔵した。

(4)強度ならびに長さ変化試験：JIS R 5201 ならびに

表 1 使用材料

分類	項目	記号	材料
GP モルタル	活性 フィラー	FA1	FA1 種、密度 2.36g/cm ³ 比表面積 5327cm ² /g
		FA2	FA2 種、密度 2.30g/cm ³ 比表面積 3534cm ² /g
		FA4	FA4 種、密度 2.25g/cm ³ 比表面積 1500cm ² /g
		BS	高炉スラグ 微粉末 密度 2.92 g/cm ³ 比表面積 4009cm ² /g
	GP 溶液	GP 溶液	ケイ酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、 水の混合物 密度 1.27g/cm ³
OPC モルタル	細骨材	S	標準砂、密度 2.64 g/cm ³
	セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度 3.15 g/cm ³
	水	W	水道水
	細骨材	S	標準砂、密度 2.64 g/cm ³

表 2 GP モルタルの配合(kg/m³)

FA の 種類	GP 溶液	FA	BS	S
FA1	244.2	480.3	66.0	1535.4
FA2	244.2	480.3	66.0	1535.4
FA4	321.7	562.5	80.9	1237.9

表 3 OPC モルタルの配合(kg/m³)

W	OPC	S
255.9	511.8	1535.4

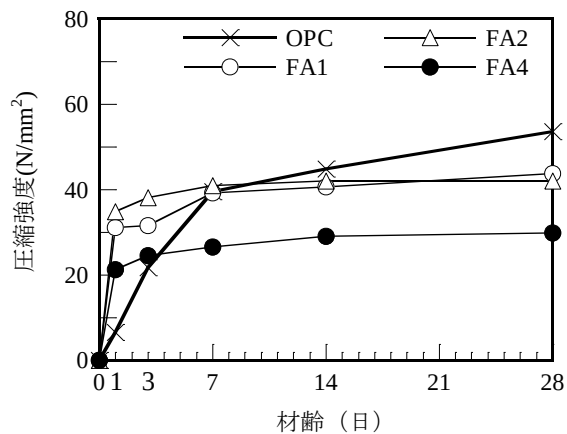


図1 圧縮強度と材齢の関係

JIS A 1129 に準拠して行った。

3. 実験結果

図1に圧縮強度と材齢の関係を示す。いずれのFAも材齢3日までにほぼ最大強度に達し、それ以降の強度増加はほとんどない。また、FAの強度変化の傾向は類似しているが、FA4の強度水準は低く、材齢28日ではFA1やFA2の70%弱である。FA4の強度が低水準であるのは未燃カーボン量が大きいためと推察される。

図2と図3は収縮ひずみならびに質量減少率と材齢の関係である。収縮ひずみはFA1が最も小さく、OPC, FA2, FA4の順で大きくなる。FA1のひずみはOPCのひずみよりも小さく、試験材齢9週におけるFA1のひずみはOPCのひずみの約33%である。一方、FA4のひずみは4条件の中で最も大きく、試験材齢4週ではOPCの約1.7倍である。図3の質量減少率の変化傾向は、収縮ひずみと類似している。特にFA4の変化の様子は特徴的で、試験材齢1週までに一気に5%減少し、それ以降の質量変化はほとんどない。収縮ひずみと質量減少率の関係を示すと図4のようになる。いずれの配合も収縮ひずみと質量減少率は強い相関関係にあることから、GPの収縮はOPCと同じメカニズムにより生じると判断できる。なお、OPCでは6, 7%の質量減少の後に収縮が始まるが、試験直前まで水中に浸漬しており、乾燥環境への移動後の比較的短期間に表層部の水分が散逸したためである。

4. まとめ

圧縮強度は、FA4においてもFA1やFA2と同じく活性フィラーの一部をBSで置換することで向上し、BS置換率が大きいほど強度が大きい。また、試験材齢4週におけるFA4の収縮ひずみは、OPCのおよそ1.7倍、FA1のおよそ5倍と大きく、実構造物への適用には限界がある。

謝辞 本研究を行うにあたり、山口大学名誉教授池田攻氏、日本興業株式会社の皆さまにご支援をいただきました。紙面を借り深謝いたします。

参考文献 1) 一宮一夫, 津郷俊二, 原田耕司, 池田 攻: ジオポリマーモルタルの配合ならびに製造法に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.575-580, 2011

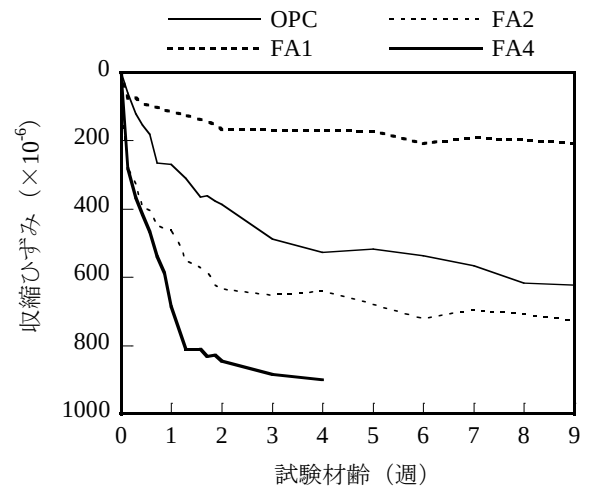


図2 収縮ひずみと試験材齢の関係

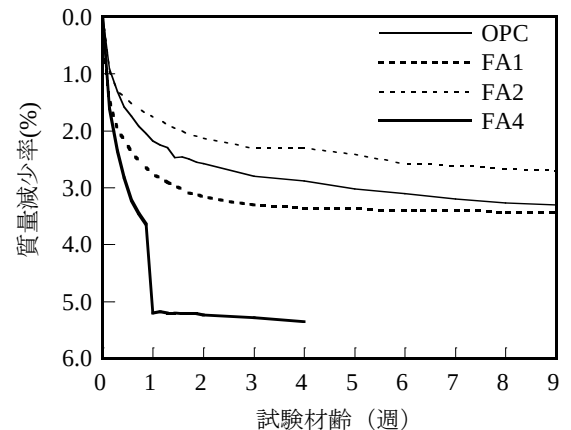


図3 質量減少率と試験材齢の関係

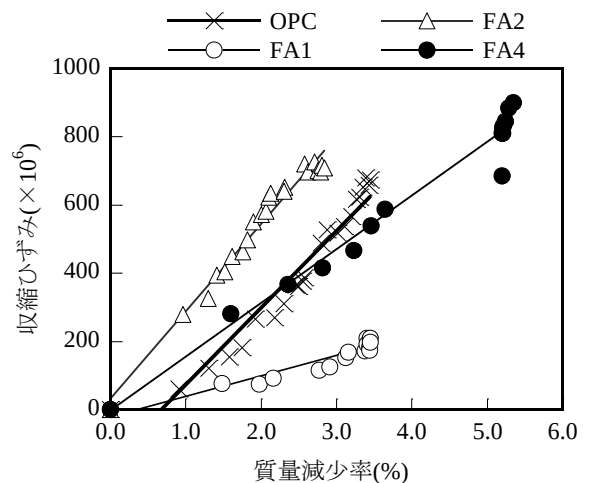


図4 収縮ひずみと質量減少率の関係