

フライアッシュを主材料としたジオポリマーモルタルの耐久性に関する研究

西松建設(株) 正会員 ○ 原田 耕司
 大分高専 正会員 一宮 一夫, 学生会員 井上 裕之
 山口大学 名誉教授 池田 攻

1. はじめに

ジオポリマー(以下, GP とする)は, フライアッシュ等のアルミナシリカ粉末(以下, 活性フィラーとする)とアルカリシリカ溶液との反応によって形成される非晶質の縮重合体(ポリマー)の総称である。

GP は, セメントを使用しなくても産業副産物であるフライアッシュ(以下, FA とする)や高炉スラグ微粉末(以下, BS とする)のみで硬化する性質があり, 環境に優しい材料と言える¹⁾。しかし, 建設分野を対象とした GP の研究報告は数少ない。

そこで本研究では, FA を主材料とした GP モルタルの硫酸浸漬試験ならびにアルカリ骨材反応性試験を実施し, その特性に関して検討を行った。

2. 実験概要

(1)使用材料: 表-1 に使用材料を示す。活性フィラーには FA と BS を用い, アルカリシリカ溶液にはケイ酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを混合した水溶液を用いた(以下, GP 溶液とする)。なお, FA は 1 種と 2 種の 2 種類を使用した。

(2)配合: GP モルタルの配合を表-2 に示す。また, 比較対象とした同レベルの圧縮強度のセメントモルタル(以下, OP モルタルとする)の配合を表-3 に示す。GP モルタルの BS は, 活性フィラー容積の 10%内割り混入した。

(3)練混ぜ: 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, GP 溶液を入れて一次練混ぜ 1 分, 掻き落とし 15 秒, 二次練混ぜ 2 分の順で練り混ぜた。

(4)養生: 強度発現を促進するために蒸気養生を行った。養生条件は, 二次製品の養生方法に準拠し, 打設後速やかに恒温恒湿装置に移し, 3 時間かけて温度 60°C, 湿度 90%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°C, 湿度 60%まで下げ, 材齢 1 日で脱型後, 直ちに試験に供した。なお, OP モルタルに関しては, 材齢 1 日で脱型後, 所定材齢まで標準養生を行った。

(5)試験方法: 硫酸浸漬試験では, 濃度 5%の溶液に供試体(直径 5cm, 高さ 10cm)を浸漬した。アルカリ骨材反応性試験では, 温度 60°C, 湿度 90%の恒温恒湿装置内で養生を行い, 供試体(4×4×16cm)の長さ変化率を測定した。なお, 試験開始材齢は GP モルタルが 1 日, OP モルタルが 7 日である。

表-1 使用材料

分類	項目	材 料
GP モルタル	活性 フィラー	(a)フライアッシュ 1 種 (密度 2.36 g/cm ³ , 比表面積 5327cm ² /g) (b)フライアッシュ 2 種 (密度 2.30 g/cm ³ , 比表面積 3534cm ² /g) (c)高炉スラグ微粉末 (密度 2.92g/cm ³ , 比表面積 4009cm ² /g)
	GP 溶液	ケイ酸ナトリウム+水酸化ナトリウム+水 (密度 1.27g/cm ³)
	細骨材	標準砂 (密度 2.64 g/cm ³)
OP モルタル	セメント	普通ポルトランドセメント (密度 3.15 g/cm ³)
	水	水道水 (密度 1.00 g/cm ³)
	細骨材	標準砂 (密度 2.64 g/cm ³)

表-2 GP モルタルの配合(g)

記号	FA の種類	GP 溶液	FA	BS	標準砂
GP-1	1 種	244.2	480.3	66.0	1535.4
GP-2	2 種	244.2	468.1	66.0	1535.4

表-3 OP モルタルの配合(g)

記号	水	セメント	標準砂
OP	255.9	511.8	1535.4

キーワード: フライアッシュ, ジオポリマー, 産業副産物, CO₂削減, 耐久性

連絡先: 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 2-1-10 西松建設(株) TEL:03-350-0285/FAX: 03-3502-0228

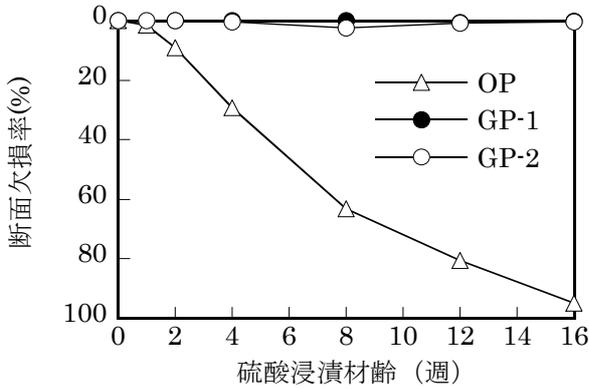


図-1 断面欠損率の経時変化

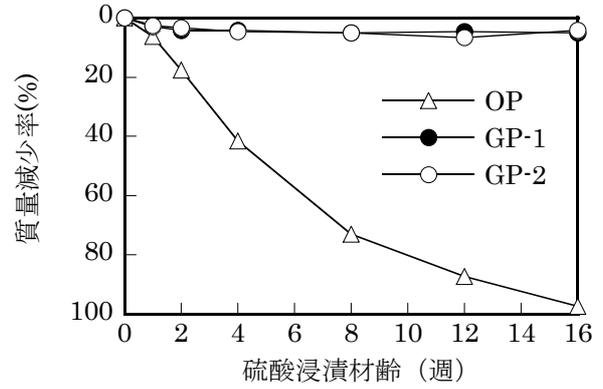


図-2 質量減少率の経時変化

3. 実験結果

(1)硫酸浸漬試験：図-1 の断面欠損率（(硫酸浸漬前の断面積－浸漬後の断面積)／浸漬前の断面積×100）の経時変化、図-2 の質量減少率の経時変化および写真-1 の硫酸浸漬前後の供試体外観比較から、OP モルタルは激しく劣化しているのに対し、GP モルタルの劣化は僅少で耐酸性に優れていることが分かる。これは、OP モルタルは硫酸により成分の Ca が石こうに変化して溶出することで劣化が進行するのに対し、GP モルタルは主成分が K や Na であるため、溶出が少なかったことが主な原因と考えられる。



【OP】 【GP-1】 【GP-2】
写真-1 硫酸浸漬前後の外観比較（浸漬材齢 8 週）

(2)アルカリ骨材反応性試験：長さ変化率は図-3 に示すように、OP モルタルでは材齢 20 週で 1,800μ 程度膨張しているのに対して、GP モルタルは長さがほとんど変化していない。またひび割れに関しても、写真-2 に示す様に OP モルタルでは亀甲状のひび割れが発生しているが、GP モルタルではひび割れが発生していない。以上より、GP モルタルでは、アルカリ骨材反応が発生していないことがわかる。GP モルタルの耐アルカリ骨材反応性が高い理由としては、GP モルタルの材料である水ガラスの主成分がシリカであることが影響していると考えられる。

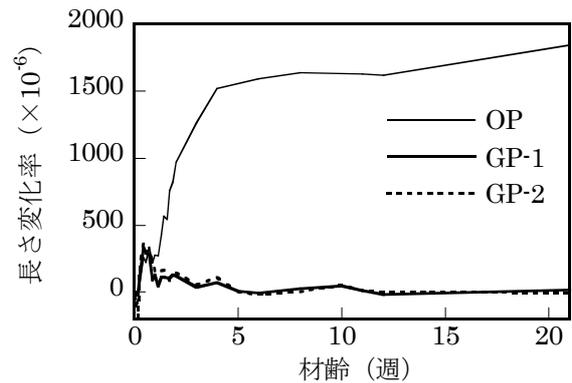


図-3 長さ変化率の経時変化

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1)フライアッシュを主材料とした GP モルタルの耐酸性は、OP モルタルに比べて高いことが明らかになった。
- (2)GP モルタルはアルカリ骨材反応に対する抵抗性も優れていることを確認した。



写真-2 ひび割れ発生状況の比較（上から OP、GP-1、GP-2）

（参考文献） 1）池田攻：二酸化炭素問題とジオポリマー技術，耐火物，Vol.17, No.5, pp.87-95, 1979.5
謝辞：本研究を行うにあたり，九州大学准教授 佐川康貴氏，九州工業大学助教 合田寛基氏，日本興業株式会社の皆様にご支援いただきました。ここに記して深く謝意を表します。