

ジオポリマーモルタルの流動性ならびに硬化性状に関する研究

大分高専専攻科 学生会員○井上 裕之, 正会員 一宮 一夫
西松建設(株) 正会員 原田 耕司
大分高専 非会員 中津留 友也, 非会員 前田 直樹

1. はじめに

一般に, 1 トンのクリンカーを焼成すると 1 トンの二酸化炭素が発生すると言われており, セメント産業が占める二酸化炭素排出割合は, 世界では 9.7%, 国内では 5.4%と極めて多い. 一方, フランスの Davidovits により提唱されたアルカリシリカ溶液とアルミナシリカ粉末の縮重合体であるジオポリマー (以下, GP と記す) は, 石灰石に依存しないバインダーであるため, セメントの生産プロセスにおける二酸化炭素排出量を約 80%削減できる低炭素技術として注目されている¹⁾.

本研究は, GP モルタルの流動性, 強度, 乾燥収縮の各試験を実施し, フレッシュ時ならびに硬化後の基礎的特性に関する知見を得ることを目的に行った.

表 1 使用材料

2. 実験概要

(1) 使用材料

表 1 に示す通り, アルカリシリカ溶液として, ケイ酸ナトリウム水溶液と水酸化ナトリウムを混合した溶液を用い (以下, GP 溶液と記す), 活性フィラーとして, フライアッシュと高炉スラグ微粉末を用いた. フライアッシュに関しては, その品質が GP モルタルの物性に与える影響について検討するため, フライアッシュ 1 種品ならびに 2 種品 (以下, FA-1, FA-2 と記す) を用いた. また, 比較対象としてセメントモルタルについても同様の試験を実施した.

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 ²⁾ 微粉末 (密度 2.92 g/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)
セメント 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)

(2) 配合

GP は, 一般的に蒸気養生が必要なため 2 次製品への適用が考えられる. そこで圧縮強度は, 2 次製品で適用されることが多い 30N/mm² に設定した. 実験に使用した圧縮強度 30N/mm²

の配合を表 2 に示す. 今回の実験では, 表 3 に示した同レベルの圧縮強度のセメントモルタルとの比較を行うため, 砂の容積を一定とした配合に決定した. また, 高炉スラグ微粉末は, 活性フィラーの容積に対して 10%内割り混和した.

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 セメントモルタルの配合 (g)

記号	水	セメント	標準砂
OP	255.9	511.8	1535.4

(3) 練混ぜ方法

練混ぜは, ホバート型ミキサ (容量: 5 リットル) を用いた. GP モルタルでは, 標準砂+フライアッシュ+高炉スラグ微粉末で空練りを 30 秒行い, GP 溶液を投入後 1 分間練混ぜ, 15 秒で掻き落としを行い, 最後に 2 分間練混ぜて排出した. なお, 使用した材料は, 20°C の室内で保管し温度管理を行った.

(4) 養生方法

フライアッシュベースの GP モルタルは, 熱を加えないと強度の発現が遅い傾向があるため, 一般に蒸気養生を行う. 養生条件は, 2 次製品の養生方法に準拠した. 具体的には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。セメント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。

表 4 フロー値

	GP-1	GP-2	OP
フロー値(mm)	176	191	174

(5) 試験項目および方法

今回実施した試験は、フロー試験 (JIS R 5201)、圧縮および曲げ強度試験 (JIS R 5201)、乾燥収縮試験 (JIS A 1129) の 3 項目である。GP モルタルならびにセメントモルタルの強さ試験は、材齢 1 日、3 日、7 日、14 日、28 日で実施した。なお、セメントモルタルの乾燥収縮試験は、材齢 7 日を試験開始とした。

3. 実験結果

(1) フロー試験

フロー試験の結果を表 4 に示す。今回の配合では、FA-1 を用いた GP-1 のフロー値は普通ポルトランドセメントを用いた OP のそれとほぼ同じであった。一方、FA-2 を用いた GP-2 は OP に比べ 10%程度大きな値となっている。これは、FA-1 の比表面積が、FA-2 に比べて大きいためであると考えられ、GP モルタルのフロー値に関しても、フライアッシュの比表面積が影響することがわかる。

(2) 強さ試験

図 1 に圧縮および曲げ強度の結果を示す。GP モルタルは蒸気養生を行ったため、材齢 1 日で 30N/mm²程度の圧縮強度が出ている。GP-1 は、蒸気養生終了後も徐々に強度が増進する傾向が見られる。一方、GP-2 は、材齢 7 日までは強度増進するが、それ以降は変化が見受けられない。これは、GP の反応に必要な金属イオンの量や溶出のしやすさは FA の種類で異なり、GP-2 の場合は材齢 7 日で反応がほぼ終了したためと考えられる。曲げ強度に関しては、GP-1、GP-2 共に材齢 7 日までは増進するが、それ以降は変化が見られず、ほぼ同じ値となった。

(3) 乾燥収縮試験

GP モルタルの乾燥収縮量は、図 2 に示すように OP と比べて同等またはそれ以下であることが分かる。今回の試験では、セメントモルタルと GP モルタルの養生条件が異なるので単純比較はできないが、蒸気養生を行った GP モルタルの乾燥収縮量は、十分実用可能なレベルであることを確認した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) GP モルタルのフロー値は、フライアッシュの比表面積が影響し、比表面積が小さいとフロー値が大きい。
- (2) GP モルタルの強度は、フライアッシュ中の金属イオンの量や溶出のしやすさに影響され、材齢にともなう強度の増進傾向はフライアッシュの特性により異なる。
- (3) GP モルタルの乾燥収縮ひずみは、セメントモルタルと同等またはそれ以下であり、十分実用可能なレベルである。

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方々より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)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

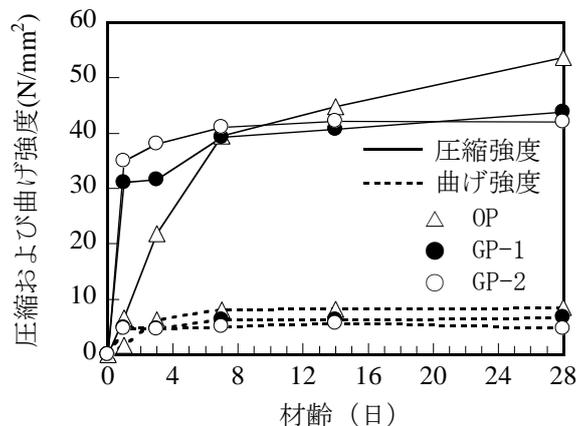


図 1 圧縮および曲げ強度と材齢の関係

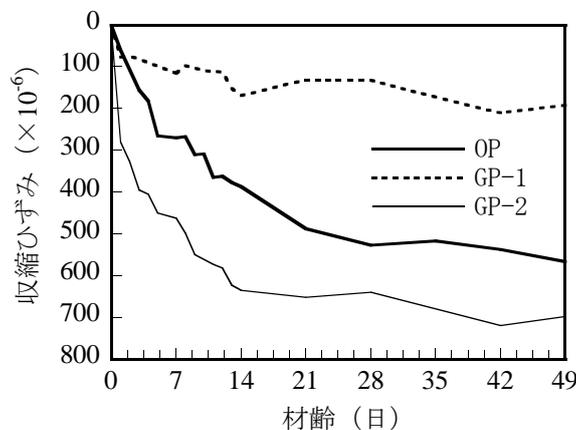


図 2 収縮ひずみと材齢の関係