

ジオポリマーモルタルの耐硫酸・耐アルカリ性の検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○末松 亮平, 正会員 日比野 誠, 正会員 合田 寛基
西松建設(株) 正会員 原田 耕司, 日本興業(株) 非会員 津郷 俊二

1. はじめに

ジオポリマー (以下, GP) の構成元素はカルシウムの代わりにナトリウムやカリウムを多く含むため, 固化体の性状がセメントコンクリートと大きく異なることが考えられる. しかし, GPの耐久性に関する報告は数少なく, 詳細な検討がなされていないのが現状である. GPの耐久性に関して, 硫酸環境下における耐久性が一宮らの研究¹⁾によって確認されている. 一方で, アルカリに対する耐久性は確認されておらず, 珪酸ガラスと同様にシロキサン結合を主とするGPは, アルカリに対する耐久性について明らかにする必要がある.

本試験では, GPの商品化を目的とし, 日本下水道事業団「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技及び防食技術マニュアル」に則し, パネル供試体の10%硫酸浸漬条件下ならびに飽和水酸化カルシウム溶液浸漬条件下における耐久性について検討した.

2. 実験概要

(1)使用材料

表-1 に使用材料を示す. ジオポリマー溶液 (以下, GP 溶液) は, 水ガラスに苛性ソーダを添加して作製したものをを用いた. 剥離防止を目的として, PVA 短繊維を用いた.

(2)供試体配合

表-2 に配合を示す. 活性フィラーの混合割合は, FA:BFS=9:1 (容積比), FA:BFS=8:2 の2種類とした. FA は II 種を用いたものと IV 種を用いたものの2種類とした.

(3)供試体製作

練混ぜ方法は, 活性フィラーである FA, BFS ならびに S, PVA をミキサに投入後, 30 秒間空練りした. その後, GP 溶液を投入し, 2 分間練混ぜを行い, 排出した. 型枠に打設・成形した後, 封緘状態にした. 養生は, 3 時間かけて常温から 70℃ まで温度上昇させたのち, 70℃を 9 時間維持し, その後 3 時間かけて常温まで冷却した. 脱型後, 100×100×12mm のサイズに切断した.

(4)試験方法

材齢 14 日の試体を常温下にて 10%硫酸(以下, 硫酸溶液)ならびに飽和水酸化カルシウム溶液(以下, アルカリ溶液)に浸漬させた. 浸漬日数 21, 34, 60 日に供試体を水で洗浄した後, 外観観察, 質量計測, 寸法計測を実施した. その際, 浸漬溶液を新しいものと取り換えた.

表 - 1 材料の物性

記号	材料	密度
		g/cm ³
GP	ジオポリマー溶液	1.27
FA(II)	フライアッシュ II 種 3500 ブレーン	2.30
FA(IV)	フライアッシュ IV 種 2000 ブレーン	2.25
BFS	高炉スラグ微粉末 4000 ブレーン	2.91
S	高炉スラグ砕砂	2.76
PVA	PVA 短繊維 φ0.66×30mm	1.30

表-2 配合表

供試体	GP	FA	BFS	S	PVA
	kg/m ³				
FA(II)-10	288	459	53	1423	26
FA(II)-20		418	105	1423	
FA(IV)-10		459	53	1412	
FA(IV)-20		418	105	1412	

表-3 基材の強度

供試体	圧縮強度	曲げ強度
	N/mm ²	
FA(II)-10	55.6	9.7
FA(II)-20	78.3	15.1
FA(IV)-10	52.8	9.5
FA(IV)-20	77.8	17.0

キーワード: ジオポリマー, 水ガラス, 耐硫酸, 耐アルカリ

連絡先: 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学大学院工学研究院 TEL: 093-884-3122

(5) 基材の強度

表-3 に基材の圧縮強度および曲げ強度を示す。曲げ試験の供試体は $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ の角柱供試体を用い、圧縮強度の供試体は曲げ試験後の破断試験体の半分を用いた。

3. 実験結果および考察

(1) 硫酸浸漬試験

図-1 に耐硫酸浸漬試験の浸漬日数と質量比の変化を示す。すべての供試体において、21 日目までいったん質量が増加したが、34 日目では浸漬開始時よりも減少し、60 日では約 3 割の質量が減少する結果となった。水道水に浸漬した供試体において 3 日程度で約 5%の質量増加が見られことから、浸漬後の質量の増加は細孔空隙を通じ、硫酸が内部に拡散し吸水されることで、質量が増加したものと考えられる。フライアッシュの種類による侵食の差は見られなかった。

表-3 より FA の種類によらず BFS の置換率が大きい方が圧縮強度は約 1.4 倍、曲げ強度は約 1.7 倍と大きな値を示し有意な差がみられたが、質量比にはほとんど差がみられないことから、強度と硫酸溶液による侵食の関係には相関があまりないと考えられる。

一宮らの研究では、GP を 5%硫酸に浸漬した場合に、わずかな表層の侵食が見られたものの、質量減少率は極めて少なく、セメントモルタルと比較して高い耐硫酸抵抗性を示すことが確認されている。一方、本試験では、34 日時点で 10～15%の体積減少が確認された。これは、供試体に含まれる高炉スラグの割合の違いが原因であると推察される。

(2) アルカリ浸漬試験

図-2 に耐アルカリ浸漬試験の浸漬日数と質量比の変化を示す。浸漬 21 日目時点で質量が増加したが、その後質量は一定に保たれた。質量の増加は硫酸浸漬試験に示した通り吸水によるものと推察される。吸水により質量は増加したが、体積に変化が生じなかったため見かけの密度は微増した。外観に変化が見られなかったことと、実質的な密度の変化が見られなかったことから、飽和水酸化カルシウム水溶液による侵食の影響はないものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 10%硫酸浸漬条件下で、高炉スラグを多量に使用したジオポリマーは既往の研究に記載の高炉スラグ少量のものと比較して、侵食を受けやすい。
- (2) 飽和水酸化カルシウム溶液浸漬条件下で、ジオポリマーはアルカリによる侵食の影響はない。

参考文献

- 1) 原田 耕司, 一宮 一夫, 津郷 俊二, 池田 攻: ジオポリマーモルタルの耐久性に関する基礎的研究, コンクリート年次論文集, Vol.33, pp.1937-1942, 2011

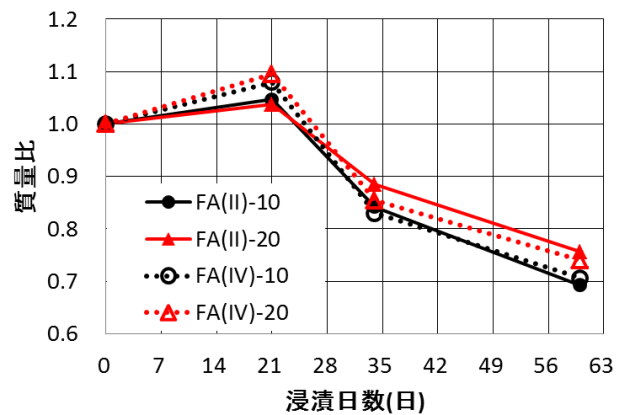


図-1 質量比(硫酸浸漬)

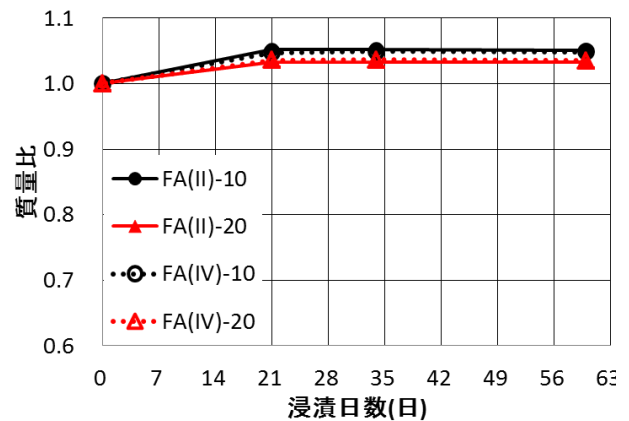


図-2 質量比(アルカリ浸漬)