

ジオポリマーモルタルの化学的浸食に対する抵抗性

九州工業大学大学院 学生会員 ○深野 雄三
九州工業大学大学院 正会員 日比野 誠

九州工業大学大学院 正会員 合田 寛基
西松建設株式会社 正会員 原田 耕司

1. はじめに

フライアッシュ系ジオポリマー（以下、GP）とは、フライアッシュ（以下、FA）を活性フィラーとし、水ガラスを主とする GP 溶液との反応によって形成される重合体の総称で、セメントコンクリートと異なり、Ca の化合物をバインダーとしない。

GP の耐硫酸抵抗性に関する一宮らの研究より、濃度 5% の H_2SO_4 に GP モルタルとセメントモルタルを 8 週浸漬させた結果、質量減少率は、セメントモルタルが 60% であるのに対し、GP モルタルはほぼ 0% であった¹⁾。このように GP モルタルはセメントモルタルと比較して極めて高い耐硫酸抵抗性を有する。一方、吉田らの研究より、FA 単味では建設分野で要求される圧縮強度を得ることが困難であることから、強度担保するために高炉スラグ微粉末（以下、BS）を混和することが多い²⁾。しかしながら、合田らの研究より、BS が少ないほど耐硫酸抵抗性が高いこと報告されている³⁾。実用的な GP の開発を展開する上で、耐硫酸抵抗性と強度特性の調和を図ることが求められる。また、GP の耐硫酸抵抗性を評価する上では、強酸性から中性までの pH の相違による影響について検討した上で、適用範囲を選定することが合理的であると考えられる。

以上を踏まえ、本研究では、耐硫酸抵抗性の評価に関する基礎研究として、同一硫酸イオン環境下で pH の相違が GP の劣化特性に及ぼす影響について実験検討した。

2. 実験方法

本研究で使用した材料および物性値を表 1、配合を表 2 に示す。配合の選定にあたり、BS の置換率を 0、10、20、30% の 4 水準とした。GP では、強度発現のために加熱が必要であることから、本研究では、3 時間かけて 20℃ から 70℃ に昇温後、9 時間保持し、3 時間かけて 20℃ まで徐冷した。その後、材齢 7 日まで 20℃ の気中養生を行い、浸漬試験を実施した。

浸漬試験は 20℃ RH60% の環境で実施した。浸漬溶液は、10% H_2SO_4 (pH=0.30)、10% Na_2SO_4 (pH=7.0) の 2 種類とした。供試体は角柱供試体 (40×40×80mm) とし、40×40mm の断面にのみ浸漬溶液を作用させることとし、40×80mm の 4 面をエポキシ樹脂により被覆した。浸漬期間は 8 週とし、2 週に一度浸漬溶液を入れ替えた。浸漬期間中、1 週ごとに質量と高さを測定するとともに外観を観察した。試験終了後、浸漬面の硬さを簡易的に評価するために、引掻き試験を行った。同試験では、鉄製の棒を用いて浸漬前後の浸漬面を引掻いたときの、引掻き深さを測定した。また、

表 1 使用材料

項目	記号	材料
GP 溶液	GP	珪酸ソーダ、苛性ソーダ、水の混合物 密度 1.27g/cm ³
活性フィラー	FA	フライアッシュ II 種 密度 2.28g/cm ³
	BS	高炉スラグ微粉末 密度 2.92g/cm ³
碎石粉	SP	密度 2.76g/cm ³
細骨材	S	海砂 密度 2.56g/cm ³

表 2 配合

供試体名	GP	FA	BS	SP	S
	kg/m ³				
BS-0	244.2	341.9	0.0	146.5	1548.0
BS-10	244.2	341.9	48.4	97.7	1550.5
BS-20	244.2	341.9	97.7	48.4	1553.0
BS-30	244.2	341.9	146.5	0.0	1555.4

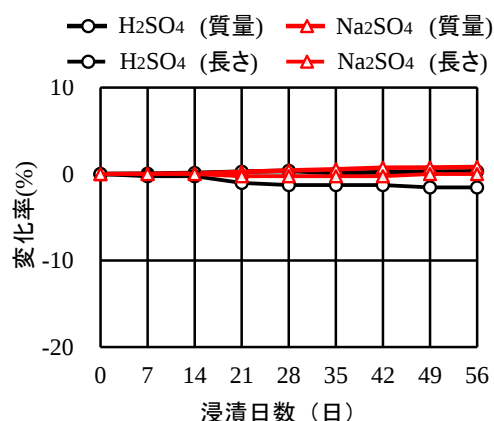


図 1 BS-30 の質量変化、長さ変化

キーワード ジオポリマー 耐硫酸抵抗性 高炉スラグ EPMA

連絡先 〒804-0015 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL 093-884-3122

BS-30 の供試体について、EPMA により、浸漬前後における硫黄 (S) の面分析を行った。

3. 実験結果と考察

図 1 に BS-30 供試体の質量変化と長さ変化、写真 1, 2 に未浸漬ならびに浸漬 8 週終了時点の外観写真、図 2 に BS 置換率と引掻き深さの関係を示す。

図 1 より、いずれの水準も、質量、長さは、溶液の種類に関わらず、浸漬期間中の変化がほとんどみられない。しかしながら、写真 1 より、 H_2SO_4 に浸漬させた供試体の浸漬面が浸漬前と比較して、粗になっていることが確認された。また、BS 置換率が大きいほど浸漬面の粗さの程度が大きくなった。一方、写真 2 より、 Na_2SO_4 に浸漬させた供試体は、BS 置換率の大きさに関わらず、浸漬前後で浸漬面の変化はなかった。

図 2 より、引掻き試験を行った結果、 H_2SO_4 に浸漬させた供試体は、BS 置換率が増加するとともに引掻き深さは大きくなり、BS-30 の供試体では約 3mm を示した。一方、 Na_2SO_4 に浸漬させた供試体は、BS 置換率の大きさに関わらず、引掻き深さが約 0.3mm と浸漬前と同等であった。また、外観観察より、引掻き深さより深い領域では健全であることが確認された。

また、写真 3 は BS-30 について、写真 1, 2 の破線断面で浸漬面から 10mm の領域における浸漬後の S の分布を示す。同図より、 H_2SO_4 に浸漬させた供試体は、未浸漬と比較して、約 3mm の深さまで質量百分率で 1%以上の S が確認された。これは引掻き試験の引掻き深さと同程度であった。一方、 Na_2SO_4 に浸漬させた供試体では、1%以上の S の領域が概ね 0mm であり、 H_2SO_4 と同様に、引掻き試験の深さと同程度であった。

引掻き試験と外観観察より、劣化せず健全と判定された領域では、S が 1%未満であることがわかった。

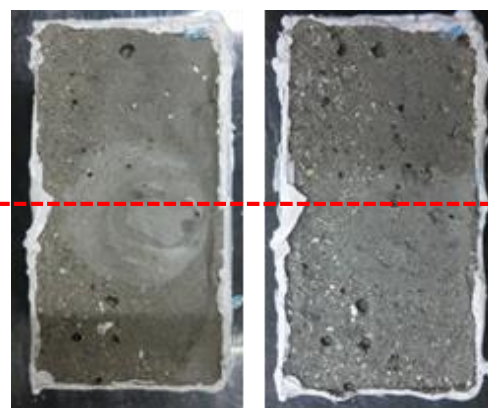
4. まとめ

本研究条件下で得られた知見を以下に示す。

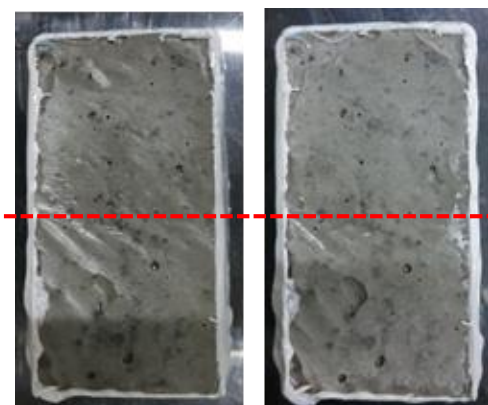
ジオポリマーの耐硫酸抵抗性に関して、中性の Na_2SO_4 環境下と比較して、強酸の H_2SO_4 環境下で浸漬面周辺が劣化していた。また、浸漬後に健全と判定された領域では硫黄が 1%未満であった。

参考文献

- 1) 一宮一夫・原田耕司・津郷俊二・池田攻：活性フィラーにフライアッシュと高炉スラグ微粉末を用いたジオポリマーモルタルの耐酸性と高温特性コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，2013
- 2) 吉田強志・日比野誠・合田寛基・原田耕司：給熱方法がジオポリマーの強度特性に及ぼす影響 土木学会西部支部研究発表会 2015
- 3) 合田寛基・原田耕司・津郷俊二・日比野誠：フライアッシュ系ジオポリマーの耐食性に関する基礎的研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム論文集，pp173～178，2014



(a) 浸漬前 (b) 浸漬後
写真 1 BS-30 の外観 - H_2SO_4



(a) 未浸漬 (b) 8 週後
写真 2 BS-30 の外観 - Na_2SO_4

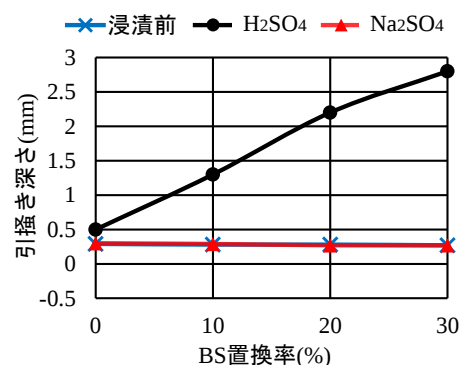
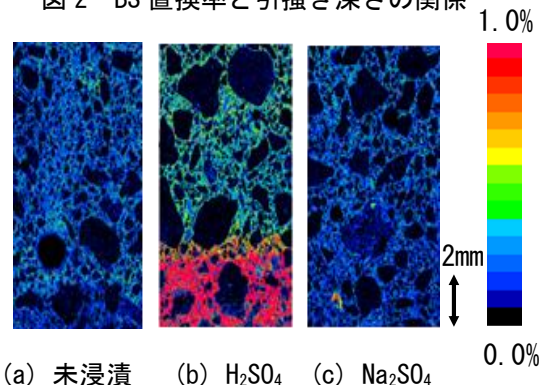


図 2 BS 置換率と引掻き深さの関係



(a) 未浸漬 (b) H_2SO_4 (c) Na_2SO_4
写真 3 BS-30 の浸漬後-S の分布