

シラン系表面含浸剤を用いたジオポリマーの白華対策

大分工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○伊藤 隆紘
 大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫
 西松建設(株) 正会員 原田 耕司
 山口大学名誉教授 非会員 池田 攻

1. はじめに

ジオポリマー（以下、GP とする）とはアルカリ溶液と活性フィラーの縮重合反応による固化体である。GP はセメントコンクリートの弱点を補完する建設材料として注目されており、特長として、産業廃棄物の大量処理が可能で、酸性環境や高温環境での抵抗性が高いことなどが挙げられる。

しかし、GP の課題の一つに表面が白くなる白華現象がある。配合によっては一般のコンクリートよりも著しい場合もあり、強度等への影響も心配されるが GP の白華に関する知見は少ない。

そこで本研究では同現象解明を目的に、モルタル供試体を用い、配合と白華の発生量ならびに白華が強度に与える影響について検討した。

2. 実験概要

表 1 に使用材料、表 2 に GP モルタルの配合を示す。FA に対する BS の置換率は（以下、BS 置換率という）は 0, 10, 20, 30% の 4 水準（以下、F100B0, F90B10, F80B20, F70B30 という）とした。練り混ぜにはホバート型ミキサ（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、アルカリ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。その後、セメントの強さ試験用型枠（4×4×16cm）に充填した。養生は恒温恒湿装置を用いて行い、90%RH の下で 3 時間かけて 60℃まで上昇させ、その状態を 3 時間保持し、3 時間かけて温度 20℃まで下げ、その後は室温（20℃, 60%RH）で所定の材齢まで貯蔵した。

図 1 に白華を発生させるための吸水実験の様子を示す。吸水実験は次の手順で行った。(a)角柱供試体（4×4×16cm）の製造ならびに長手方向の一端を 1cm カット（4×4×15cm）、(b)恒温室（20℃, 60%RH）にて養生（7 日間）、(c)シラン系表面含浸剤を塗装用の刷毛を用いて供試体全面に塗布、(d) 同恒温室にて養生（3 日間）、(e)切断面を下にして水深 1cm となるように静置。評価項目は析出物の発生状況、質量変化、供試体上部と下部の圧縮強度とした。

3. 実験結果

試験材齢 8 週後の白華状況と供試体質量の変化を、「塗布なし」の場合を図 2、「塗布あり」の場合を図 3 に示す。

まず図 2 の「塗布なし」では F80B20 以外の 3 配合で白華

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	FA	フライアッシュ 1 種, 密度 2.36g/cm ³ 比表面積 5327cm 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
	アルカリ 溶液	GPW	ケイ酸ナトリウムと水酸化 ナトリウムと水の混合物 密度 1.27g/cm ³
	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)

記号	BS 置 換率 (%)	GPW	FA	BS	S
F100BS0	0	240	534	0	1535
F90BS10	10	246	480	66	1535
F80BS20	20	252	427	132	1535
F70BS30	30	257	374	198	1535

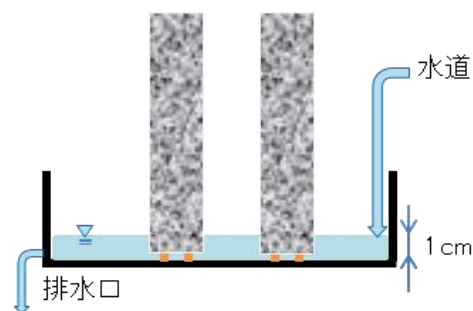


図 1 吸水実験

キーワード ジオポリマー, 白華, 表面含浸剤, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒870-0152 大分市牧 1666 番地 大分高専 都市・環境工学科 TEL 097-552-7664

が生じた。白華の発生位置や量は配合で異なり、F100B0は供試体上部の全面、F90B10は供試体中央部、F70B30は水浸部の直上のおよそ1cmの狭い部分で、白華量はBS置換率が高いほど少ない。析出物はF100B0とF90B10は Na_2CO_3 であることをXRDで確認した。

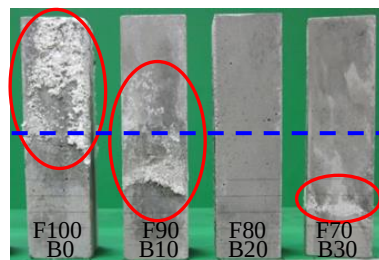
一方、F70B30の析出物はXRDの必要量を確保できなかったため、ポータブル式蛍光X線分析装置(Na等の軽元素の測定不能)で白華部にX線を直接照射して測定した。その結果、健全部の主成分はFAとBSに多く含まれるSiとCaが合計72%であるのに対して、白華部のSiとCaの合計は29%で、測定可能範囲外の物質が65%を占

めており、F100B0、F90B10と同じNaである可能性が高い。(b)図の質量減少率はF100B0が約4%、F90B10が約2%、F80B20とF70B30がほぼ0であり、白華の発生量と相関がある。一方の図3の「塗布あり」はいずれの配合も白華は発生しておらず、コンクリート用表面含浸剤の白華抑制効果を確認した。

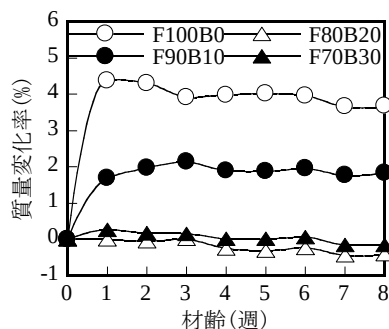
図4に供試体下部の圧縮強度、図5に下部強度に対する上部強度の比を示す。まず図4の供試体下部の圧縮強度はBS置換率が高いほど上昇し、F80B20とF70B30は塗布の有無による違いは少ないが、F100B0では塗布なしで強度は低下するのに対し、F90B10では強度が上昇している。この結果は、図2の結果から推察すると前者ではNaの溶出、後者ではBSの潜在水硬性の結果と予想している。また、図5の上部強度/下部強度は、「塗布あり」では0.9~1.1の間にあることから配合間の違いは小さい。一方、「塗布なし」のF100B0は0.6と著しい強度低下を生じたのに対して、F90B10では強度が上昇したが、白華の中心が供試体中央よりもわずかに下であることが原因であると思われる。

4. まとめ

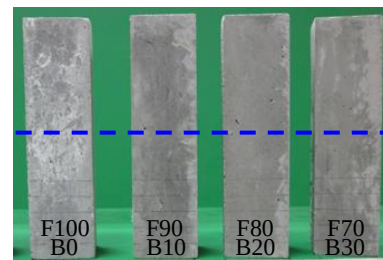
- (1)GPにおいても、一般のコンクリート用のシラン系表面含浸剤を用いることで、白華および吸水を抑制できる。
- (2)白華は主としてアルカリ溶液に含まれるNa成分によるものである。また、白華部分の強度は低下する。
- (3)表面含浸剤を塗布しない場合はBS置換率を20%程度にすることで白華抑制が期待できる。



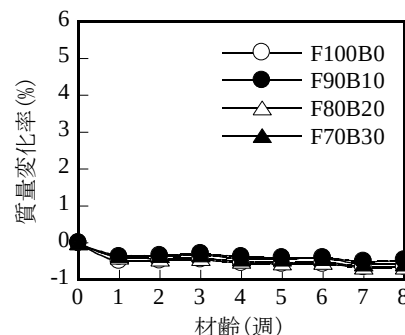
(a)供試体の外観



(b)質量変化率
図2 供試体の外観・質量変化
(塗布なし)



(a) 供試体の外観



(b)質量変化率
図3 供試体の外観・質量変化
(塗布あり)

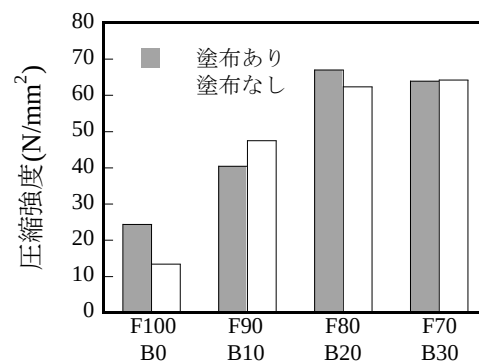


図4 供試体下部の圧縮強度

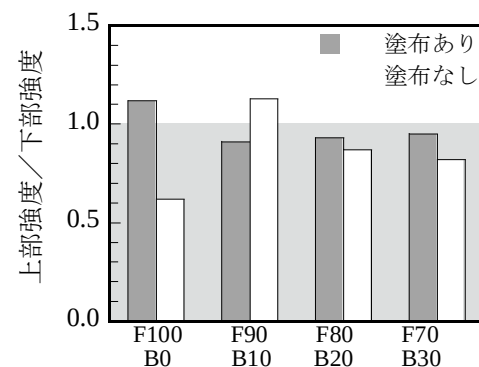


図5 供試体下部と上部の強度比