

別府明礬温泉におけるジオポリマー製歩車道境界ブロックの表層劣化対策

大分工業高等専門学校 正会員 ○一宮 一夫, 西松建設株式会社 正会員 原田 耕司
日本興業株式会社 非会員 津郷 俊二, 山口大学名誉教授 非会員 池田 攻

1. はじめに

大分県別府明礬地区は強酸性温泉地として知られ、特に接地コンクリート構造物の劣化は著しく、供用開始から比較的早い時期での補修や更新を余儀なくされている。このような状況の中、筆者らは当地区を管理する大分県別府土木事務所の協力により、一般に高い耐酸性が期待できるジオポリマー（以下、GP）製の片面歩車道境界ブロック（以下、ブロック）の施工実験の機会を得た。工事は3段階で行われ、1期工事は2015年3月（総延長約25m）、2期工事は2016年12月（総延長約78m）、3期工事は2018年2月である。

1期工事ではブロック設置後1ヶ月ほどで、酸劣化とは異なる図1に示す表層劣化が生じ、応急処置としてシラン系表面含浸剤（以下、含浸剤）を露出面に塗布した。2期工事では、予め全面に同種の含浸剤を塗布したブロックを用いた。しかし、設置から数ヶ月で含浸剤浸透部分（厚さ1~2mm程度）が剥落した。3期工事では、1期、2期工事箇所からブロックを各1個取り出して内部状況を観察し、新たに表層劣化に関連する土中水の吸収による形状（長さ）変化測定のためのチップを貼付したブロックを設置した。

本報告では、(1)1期工事のブロックの切断面の状況、(2)3期工事でのブロックの長さ変化の状況、(3)配合と部分吸水による長さ変化の関係に関するモルタル供試体での室内実験結果を示した。

2. 実験概要

2.1 ブロックを用いた施工実験

使用材料と配合を表1と表2に示す。練り混ぜには強制2軸(60L)とパン型(100L)のミキサーを使用した。打込み後に蒸気養生(60℃, 1期工事は12h, 2期工事は9h)を施し、翌日に脱型した後は14日間室内で静置した。2期工事での含浸剤の塗布にはスプレーガンを用いた。3期工事ではブロックの側面と上面の長さ変化を調べた。

2.2 モルタル供試体を用いた室内実験

使用材料と配合を表3と表4に示す。練り混ぜにはホバート型ミキサー(容量5L)を用い、長さ変化測定用供試体型枠(4×4×16cm, ゲージ穴付き)にテーブルバイブレータで振動を与えながら充填した。その後、蒸気養生(最高温度60℃, 持続時間3時間)を施し、翌日に脱型した後は恒温恒湿室(温度20℃, 湿度60%RH)で静置させた。材齢7日で、図2の方法で部分吸水試験を開始し、長さ変化と質量変化を調べた。



図1 1期工事のブロックの表層劣化の例

表1 使用材料(コンクリート)

項目	記号	材料
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	水ガラス, 苛性ソーダ, 水の混合液 (密度1.39g/cm ³ , 成分の詳細は市販品のため不明)
細骨材	S	珪砂, 密度2.60g/cm ³
粗骨材	G	砂岩碎石, Gmax=20mm, 密度2.61g/cm ³

表2 配合(コンクリート)(kg/m³)

	BS置換率 (vol.%)	GPW	FA	BS	S	G
1期	10	245	457	65	612	919
2,3期	17	235	418	104	624	935

表3 使用材料(モルタル)

項目	記号	材料
活性 フィラー	FA	表1と同じ
	BS	表1と同じ
アルカリ 溶液	GPW	水ガラス, 苛性ソーダ, 水の混合液 A/W(Na/H ₂ O) 0.126 Si/A(Si/Na) 0.613
細骨材	S	混合珪砂, 密度2.64 g/cm ³

表4 配合(モルタル)(kg/m³)

記号	BS置換率 (vol.%)	GPW	FA	BS	S
BS0	0	295.0	640.3	0.0	1311.2
BS10	10	295.0	576.4	79.2	1311.2
BS20	20	295.0	512.3	158.4	1311.2
BS30	30	295.0	448.2	237.7	1311.2

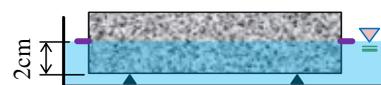


図2 部分吸水試験の様子

キーワード ジオポリマー, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, 表層劣化, 部分吸水, 表面含浸剤
連絡先 〒870-0152 大分市牧1666番地 大分高専 都市・環境工学科 TEL097-552-7664

3. 実験結果

3.1 ブロックを用いた施工実験

図3は、1期工事のブロックの切断状況と切断面である。切断面の目視観察からは設置から3年経過後も内部は健全のようであり、劣化は表層部に限られたものであることを確認した。

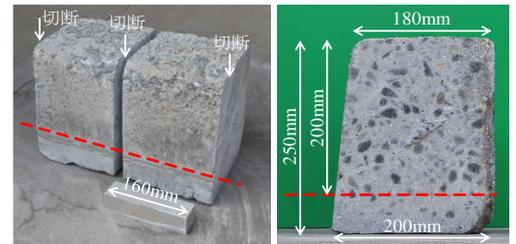
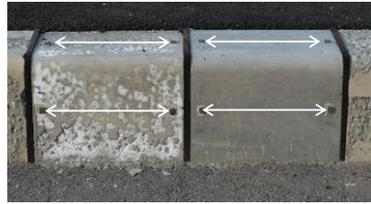


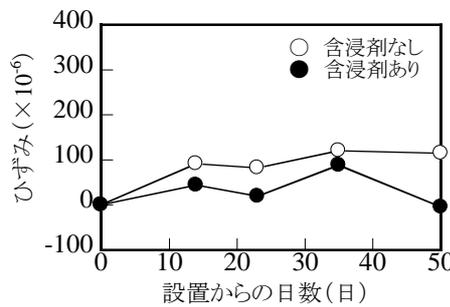
図3 ブロックの切断状況と切断面

図4に3期工事の設置から50日目の状況を示す。(a)図のように含浸剤なしで表層劣化が顕著であり、含浸剤ありの変状は見受けられない。図中の横方向の矢印の位置で測定した上面ならびに側面のひずみの測定結果を(b), (c)図に示す。

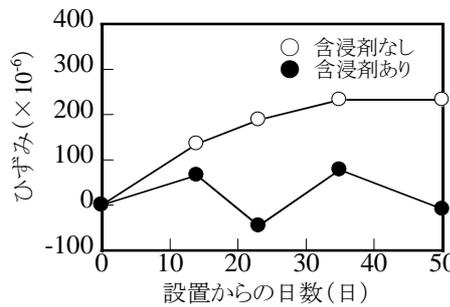


(a) 外観 (50日)

(左:含浸剤なし, 右:含浸剤あり)



(b)上面のひずみ

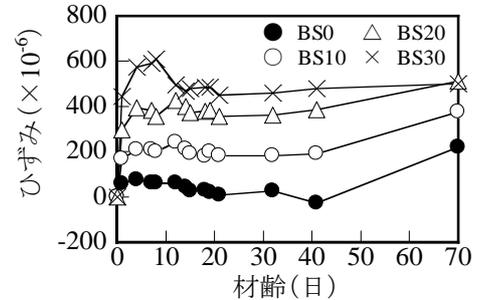


(c)側面のひずみ

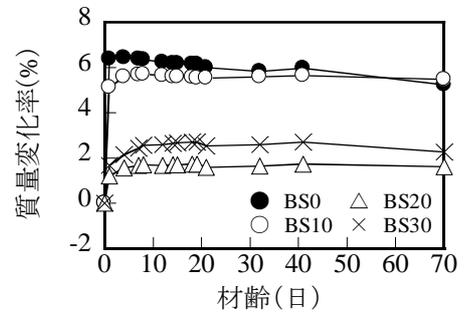
図4 施工実験の結果(3期工事)

3.2 モルタル供試体を用いた室内実験

図5に長さ変化と質量変化の結果を示す。供試体は膨張傾向にあり、高炉スラグ微粉末(以下、BS)置換率が高いほど顕著である。一方、質量変化はBS0とBS10は高水準、BS20とBS30は低水準で二極



(a)長さ変化



(b)質量変化

図5 室内実験の結果

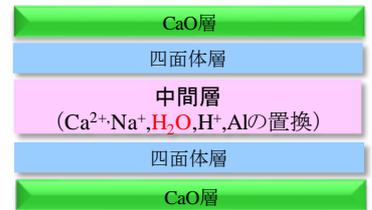


図6 C-A-S-Hの構造模式図

化しているが、全体的にBS置換率が高いと質量増加が少ない。一般にFA(フライアッシュ)-BS併用系GPではBS置換率が高いほど高密度で長さ変化は小さいと予想していたが、部分吸水の結果は逆である。FA-BS併用系GPでは、N-A-S-HとC-A-S-Hが生成され、BS置換率が高いほどC-A-S-Hの生成量が増える。C-A-S-Hの構造は、図6のように粘土鉱物のスメクタイト構造に近い。つまり、中間層にH₂O等が入り膨潤/収縮することから、BS置換率が高いほど吸水による膨張ひずみが大きくなったと予想され、2,3期工事の場合はBS置換率17 vol.%未満において表層劣化に対する抵抗性が向上する可能性がある。

4. まとめ

本研究で得られた主な知見を次に示す。(1)ブロックの表層劣化は、初期表面から数mmの深さに限られた現象である。(2)FA-BS併用系GPではBS置換率が高いほど吸水による膨張ひずみが増える傾向にある。(3)表面含浸剤塗布の場合は、予めBS置換率と吸水による膨張ひずみの関係を把握しておく必要がある。

謝辞 本研究はJSPS科研費17H03291の助成を受けたものです。

参考文献 1) Privilis, J. L. and Bernal, S. A.:Geopolymers and Related Alkali-Activated Materials, Annual Review of Materials Research, 44(3), pp.3-29,2014