

カリウム系アルカリ溶液を用いたジオポリマーの溶液濃度と高温抵抗性の関係

大分高専専攻科 学生会員 ○佐藤 光亮, 大分高専 正会員 一宮 一夫
大分高専 非会員 深町 翼, 山口大学名誉教授 非会員 池田 攻

1. はじめに

セメント固化体が 500℃程度の高温に曝されると、圧縮強度がおおよそ 50%程度まで低下する¹⁾。特に道路トンネルでの石油タンクローリー火災では、トンネル内部は 1000℃以上になることもあり、この場合の外力に対する抵抗性はほとんど期待できない。そのため、主要なトンネルでは耐火・耐熱工を設置して、コンクリートへの熱伝達の緩和対策がとられている。しかし、建設や維持管理コストの上昇につながり、目視による構造体の健全度評価の妨げにもなる。他方、ジオポリマーではセメント固化体よりも高い耐熱性が期待でき、本研究室でもナトリウム系 (Na 系) のアルカリ溶液を使用した場合で確認した²⁾。

本研究では、より高い高温抵抗性が期待できるカリウム系 (K 系) のアルカリ溶液を用いた場合における、溶液濃度と加熱冷却後の外観、形状安定性、圧縮強度の関係を調べた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表 1 に、配合を表 2 に示す。GP はアルミナシリカ粉末の FA を基本とし、強度増進のために BS を内割り置換 (置換率は 0%, 10%, 20%, 30% の 4 水準で、それぞれを BS0, BS10, BS20, BS30 と表記) した。アルカリ溶液はケイ酸カリウム、水酸化カリウム、水道水の混合物で、アルカリ水比 (A/W) が 0.071, 0.102, 0.126 となるように調製して用いた。

練り混ぜにはホバート型ミキサー (容量 5 L) を用い、モルタル用三連型枠 (4×4×16cm) にテーブルバイブレータで振動を与えながら充填した。

2.2 養生方法

GP は反応促進のために加熱を行う必要があり、一般的に蒸気養生が施される。それに倣い本研究では、最高温度 60℃、湿度 90%RH の給熱養生を 2 時間施し、翌日に脱型した後は恒温恒湿室 (温度 20℃、湿度 60%RH) で所定の材齢まで静置させた。

2.3 実験方法

材齢 7 日まで養生後、高温抵抗性試験を実施した。加熱には電気マッフル炉を使用し、図 1 の条件で行い、加熱冷却後の外観の観察と圧縮強度の測定をした。また、高温時の形状安定性をチョーク大のペースト供試体で調べた。配合は表 2 のモルタルの配合から細骨材を除いたものとした。

3. 実験結果

表 3 に、アルカリ濃度ごとのモルタル供試体の外観を示

表 1 使用材料

項目	記号	材料
活性 フィラー	FA	フライッシュ 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	ケイ酸カリウム、水酸化 カリウム、水の混合液 A/W 0.126, Si/A 0.613
細骨材	S	混合珪砂、密度 2.64g/cm ³

表 2 GP モルタルの配合 (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

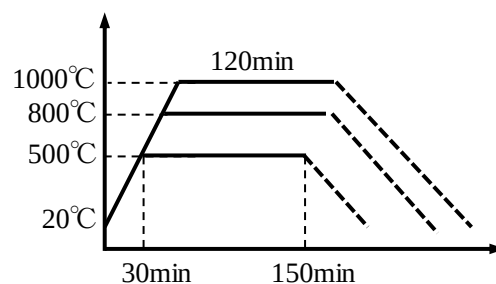


図 1 加熱条件

す。供試体の外観は加熱前は濃い灰色であったが 800℃ではいずれも茶色に変色しており、BS 置換率が小さいほど濃い傾向にある。1000℃に加熱した場合でも同様の傾向である。

表 4 に、アルカリ濃度ごとのペースト供試体の形状安定性を示す。800℃ではいずれの A/W においても形状変化は見られなかった。1000℃で加熱した場合は、A/W=0.071 では形状変化は見られなかった。しかし、A/W=0.102 と A/W=0.126 ではいずれも変状が認められ、乾燥によるひび割れや溶融による変形が生じた。

図 2 に、アルカリ濃度ごとの圧縮強度を示す。500℃ではいずれの BS 置換率でも 20℃と同等である。800℃では、A/W=0.102 と A/W=0.126 の BS10 については 20℃に比べて、強度は低下するが 20N/mm² 以上の強度を得ることができた。また、1000℃では A/W=0.126 の BS10 でおよそ 50 N/mm² であり強度と高温抵抗性を同時に得ることができる配合の可能性を示すものである。

4. まとめ

本研究で得られた主な知見を次に示す。

- (1) モルタル供試体の形状変化は認められなかった。他方、BS 置換率が低く、高温であるほど茶褐色に変化した。
- (2) ペースト供試体による形状安定性試験の結果は、800℃ではいずれの A/W においても、1000℃の A/W=0.071 で形状の変化はないことからこれらの条件では溶融は生じない。
- (3) 圧縮強度は、いずれの A/W においても 500℃は 20℃と同等であり、GP の優れた高温抵抗性を確認した。
- (4) BS20 で A/W=0.126 の場合は、1000℃で 50N/mm² 以上の強度を担保できる。

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

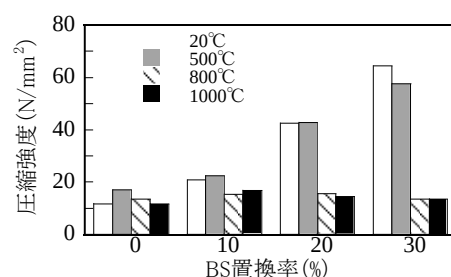
- 1) 日本建築学会：構造材料の耐火性ハンドブック，丸善，2009
- 2) 一宮一夫ほか 3 名：フライアッシュ系ジオポリマーのアルカリ水比とフロー値ならびに高温加熱による外観や強度変化の関係，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1851-1857，2018

表 3 外観の比較 (モルタル, 左から BS0, 10, 20, 30)

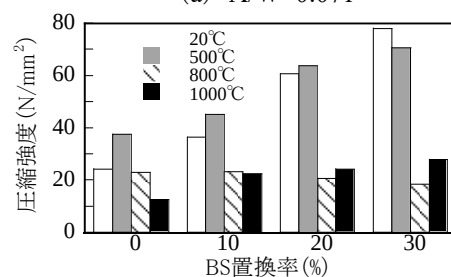
加熱温度	A/W=0.071	A/W=0.102	A/W=0.126
500℃			
800℃			
1000℃			

表 4 形状安定性の比較 (ペースト, 左から BS0, 10, 20, 30)

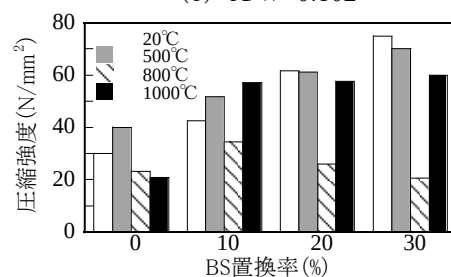
加熱温度	A/W=0.071	A/W=0.102	A/W=0.126
800℃			
1000℃			



(a) A/W=0.071



(b) A/W=0.102



(c) A/W=0.126

図 2 圧縮強度の比較 (モルタル)