

高温下におけるカリウム系アルカリ溶液を用いたジオポリマーの物性

大分高専専攻科 学生会員 ○梅木なつみ, 大分高専 正会員 一宮 一夫
大分高専専攻科 学生会員 佐藤 光亮

1. はじめに

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートが加熱された場合、加熱温度が高いほど強度の低下が著しく、500℃では常温時の強度の60%以下に低下する。一方、アルミナシリカ粉末（フライアッシュ（FA）など）とアルカリシリカ溶液（水ガラスなど）の縮重合反応で固化するジオポリマー（GP）は、必ずしもカルシウムを必要としないことから耐高温性に優れることが知られている。

本研究では、FAと固化促進を目的に、その一部を高炉スラグ微粉末（BS）で置換し、カリウム（K）系のアルカリ溶液を用いたFA-BS併用系GPのアルカリ溶液濃度と高温下での物性の関係を調べた。

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。FAに対するBSの容積比をBS置換率とし、BS置換率を0%、10%、20%、30%（BS0、BS10、BS20、BS30）の4水準とした。K系のアルカリ溶液はケイ酸カリウム、水酸化カリウム、水道水の混合液である。溶液濃度（A/W）は、モル比が図1に示すように0.071、0.086、0.102、0.126となるように調製して用いた。

2.2 製造方法

練混ぜにはホバート型ミキサー（容量5L）を用い、強度測定用モルタル供試体は、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。

2.3 養生方法

型枠へ充填後はプログラム式恒温恒湿装置で蒸気養生（最高温度60℃、湿度90%RH、保持時間3時間）を施した。打設の翌日に脱型し、さらに恒温恒湿室（温度20℃、湿度60%RH）で材齢7日まで静置させた。

2.4 実験方法

電気炉を使用して、図2の条件で供試体を加熱した。また、高温にともなう溶融の有無を調べるためにチョーク大のペースト供試体を製作し、同じく図2の条件で加熱した。なお、ペーストの配合は表2のモルタル配合から細骨材を除いたものである。

3. 実験結果

図3に加熱温度ごとのA/Wと圧縮強度（加熱冷却後）の関係を示す。20℃ではA/Wは高いほど強度は上昇し、BS置換率は高いほど強度レベルが高い。500℃では最もアルカリ濃度が低いA/W=0.071は20℃とほぼ同等である。一方、A/W=0.086以上では20℃の配合に比べてBS0、BS10は強度がわずかに上昇し、BS20、BS30は20℃と同水準である。800℃ではA/WやBS置換率の影響はなく、強度も13~25N/mm²で低水準にある（A/W=0.126、BS10は除く）。1000℃ではA/W=0.071、0.086

表1 使用材料

項目	記号	材料
活性 フィラー	FA	フライアッシュI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2.92g/cm ³ , 比表面積4009cm ² /g
アルカリ 溶液	AW	ケイ酸カリウム, 水酸化カリウム, 水の混合液 A/W=0.071, 0.086, 0.102, 0.126 Si/A=0.613
細骨材	S	混合珪砂, 密度2.64g/cm ³

表2 配合 (kg/m³)

記号	BS置換率 (vol.%)	AW	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

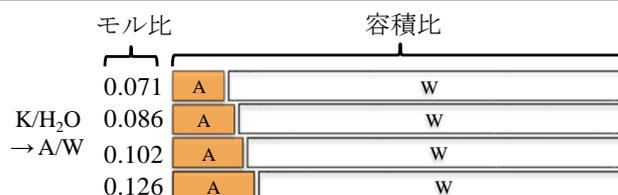


図1 アルカリ溶液のアルカリと水の容積比

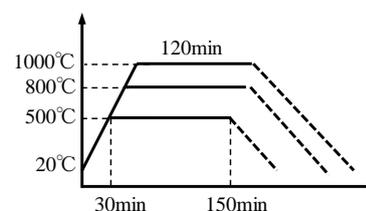


図2 加熱条件

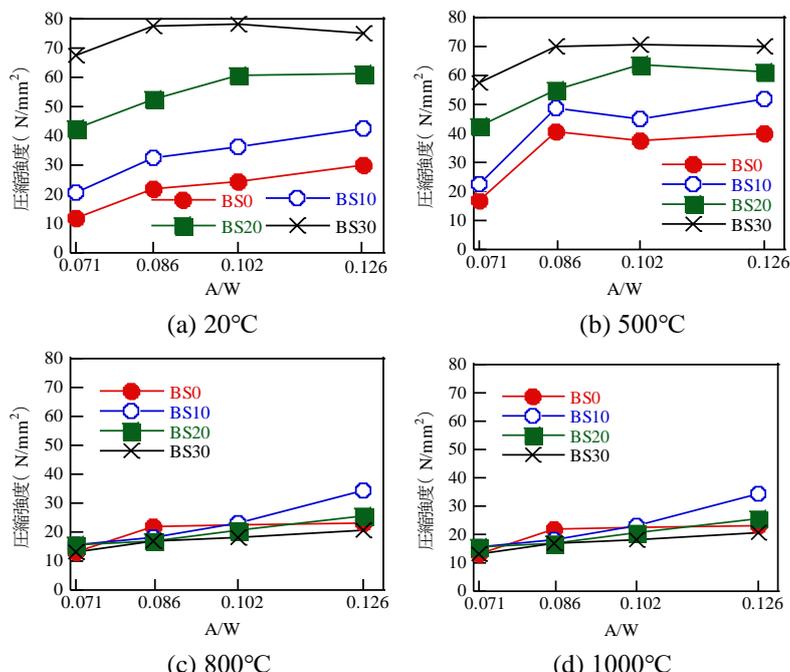


図3 加熱温度ごとの A/W と圧縮強度 (加熱冷却後) の関係

は 800°Cと同様であるが、A/W=0.102 以上では BS0, BS10, BS30 は熔融, BS20 は A/W とともに強度が上昇している。

以上の結果より 500°Cと 800°Cの間に大きく強度が変化する閾値があることが分かる。この変化の原因を調べるために外観, 固化体内部組織の観察, 熱分析をした。実験結果の一例を図4に示す。800°Cの SEM 画像の結果は500°Cと同じであることから熔融が強度低下の原因ではない。熱分析でも熔融の特徴は表れていないことから現時点での強度低下の原因特定には到らなかった。

図5にペースト試験体による熔融の例, 表3にペーストの熔融状態の一覧を示す。紙面の都合から各配合での外観や SEM 観察の結果を示していないが, 表3の結果との関連性は非常に高いことから, 今後の材料開発において図5に示す方法は有用といえる。

4. まとめ

本研究で得られた主な知見を次に示す。

- (1) 常温 (20°C) では A/W は高いほど, BS 置換率も高いほど圧縮強度は大きい。
- (2) 500°Cの圧縮強度は20°Cと同等またはそれ以上であり GP の優れた耐高温性を確認した。
- (3) 800°Cでは熔融は生じないが強度低下が顕著となった。従って, GP が耐高温性を有する上限は 500°Cと 800°Cの間にある。
- (4) ペーストによる高温下の形状を調べることで, 配合ごとの耐高温性を判定できる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会, コンクリート技術の要点'07

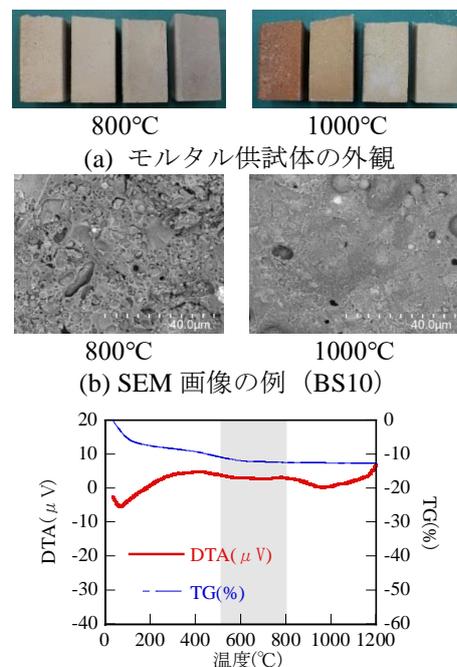


図4 外観、内部構造、熱分析の例 (A/W=0.126)

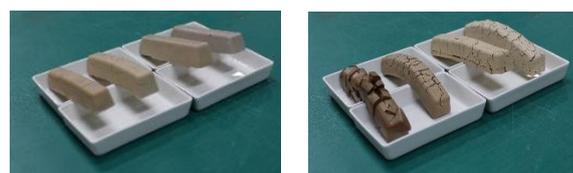


図5 GP ペースト供試体による熔融の有無の例 (A/W=0.126)

表3 GP ペースト供試体の熔融の有無 (○: 熔融なし, △: ひび割れあり, ×: 熔融あり) 【800°C】

A/W	0.071	0.086	0.102	0.126
BS 置換率 (%)	0	○	○	○
	10	○	○	○
	20	○	○	○
	30	○	○	○

【1000°C】

A/W	0.071	0.086	0.102	0.126
BS 置換率 (%)	0	○	×	×
	10	○	△	×
	20	○	△	△
	30	○	△	×