

フライアッシュベースのジオポリマーの高温抵抗性とアルカリ溶液の種類の関係

大分高専 学生会員○伊藤 隆紘, 大分高専 正会員 一宮 一夫
大分高専専攻科 学生会員 後藤 洗一, 西松建設(株) 正会員 原田 耕司

1. はじめに

セメントコンクリートの圧縮強度は、500℃で常温時のおよそ 8 割に低下し、その後は温度上昇とともに低下を続け、800℃では 2 割程度となる¹⁾。従って、トンネル等では耐火被覆などの対策が必要となるが、建設コスト増やメンテナンス上の障害となる。

他方、耐火性をはじめとした各種耐久性に優れる材料としてジオポリマー (GP) があり、近年では我が国でも関心が高まっている。GP はアルミナシリカ粉末 (活性フィラー) とアルカリシリカ溶液 (GP 溶液) の反応で形成される非晶質の縮重合体 (ポリマー) である。GP 溶液には、一般的に安価なナトリウム系溶液 (Na 系溶液) が用いられるが、カリウム系溶液 (K 系溶液) を用いることで高温下での GP の融解を防ぎ、高温抵抗性が向上すると予想される。

そこで本研究では、ナトリウム系溶液とカリウム系溶液を使用したフライアッシュ (FA) ベースの GP の常温、500℃、1150℃における外観の変状や強度変化の比較から GP 溶液による高温抵抗性の変化を検討した。

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	FA1	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 AS	ASNa	水ガラスと苛性ソーダと水の混合物、密度 1.27g/cm ³
		ASK	ケイ酸カリと苛性カリと水の混合物、密度 1.32g/cm ³
	細骨材	S	標準砂、密度 2.64 g/cm ³
OPC モルタル	セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度 3.15 g/cm ³
	水	W	水道水
	細骨材	S	標準砂、密度 2.64 g/cm ³

2. 実験概要

(1)使用材料ならびに配合

表 1 に使用材料、表 2 と表 3 に配合を示す。なお、GP では活性フィラーに対する高炉スラグ微粉末 (BS) の内割り置換率 (BS 置換率) は 0%, 10%, 20%, 30% の 4 水準 (BS0, 10, 20, 30) とした。GP 溶液には Na 系溶液と K 系溶液の二種類を用いた。また、比較用として普通ポルトランドセメント (OPC) を使用したモルタル供試体も用いた。

(2)練り混ぜおよび打設

ホバート型ミキサー (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、GP 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、モルタル用三連型枠 (40×40×160mm) に充填した。

(3)養生

GP モルタルは脱型後直後から 90%RH の下で 3 時間かけて 60℃まで上昇させ、その後 3 時間その条件で養生し、再び 3 時間かけて温度 20℃まで下げ、その後は室温

表 2 GP モルタルの配合(kg/m³)

BS 置換率 (%)	AS	FA	BS	S
0	244.2	533.6	0.0	1535.4
10	244.2	480.3	66.0	1535.4
20	244.2	426.9	132.0	1535.4
30	244.2	373.6	198.0	1535.4

表 3 OPC モルタルの配合(kg/m³)

W	OPC	S
255.9	511.8	1535.4

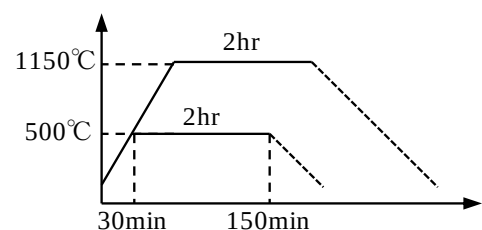


図 1 高温抵抗性実験の温度変化

(20℃, 60%RH) で所定の材齢まで貯蔵した。また, OPC モルタルも所定材齢まで同様の蒸気養生を行った。

(4)高温抵抗性試験

加熱には電気マuffle炉を使用し, 供試体は長手方向を曲げ強度試験と同じ方法で2分割した片方を用いた。加熱温度はトンネル火災の最高温度を想定した 1150℃と OPC コンクリートの強度低下が顕著となる 500℃の2水準とした。図1に炉内の温度変化を示す。

3. 実験結果

加熱後の供試体の外観を図2, 図3に示す。図2のNa系溶液の場合は, いずれの場合も膨張と変形が生じている。膨張の程度はBS30が最も大きく, 次がBS0で, BS10とBS20は同程度である。これらの現象はGPの融解と供試体内部におけるガスの発生に起因するものと推察される。

他方, 図3のK系溶液の場合においては膨張, 変形ともに生じていないが, 表面に微細なひび割れが多数確認できる。このひび割れは高温下におけるGPのペースト部分の収縮と, 骨材の膨張による相反作用による可能性がある。

Na系とK系の溶液をそれぞれ用いた供試体の高温抵抗性実験前後の圧縮強度を図4, 図5に示す。OPCとGPを比較すると高温ではGPの方が高い強度を有していることが分かる。二つのGPの結果を比較すると, 500℃に関しては大きな変化が見られないが1150℃における強度の保持率が大きく異なっている。これはNa系とK系の融点の違いが影響したことで形状が維持できるためと思われる。Na系の溶液を用いた場合は融点が低いために1150℃では融解し強度が大幅に低下したが, K系の溶液であれば1150℃においても融解せず強度が保持できた。この結果から1150℃程度の高温に対する抵抗性が求められる場合はK系の溶液を用いると有効であるといえる。

4. まとめ

1150℃において, Na系溶液を用いたGPでは膨張と変形を生じていたがK系溶液を用いた場合では生じなかった。しかし, 微細なひび割れが生じており, これを改善するのが今後の課題である。圧縮強度においては, 1150℃における圧縮強度はK系溶液を用いた供試体の方が高く, K系溶液を用いることでGPの高温抵抗性が向上することを確認できた。

謝辞 本実験は大分高専学生の上野貴行君の協力で行いました。また, 実験結果の評価は山口大学名誉教授の池田攻先生にご助言をいただきました。紙面を借り深謝いたします。

参考文献 1) 日本コンクリート工学会, コンクリートの高温特性とコンクリート構造物の耐火性能に関する研究委員会報告書, 2012

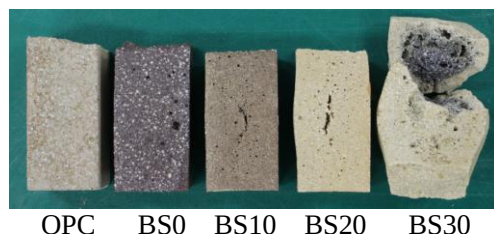


図2 加熱後の供試体の外観 (1150℃, Na系)

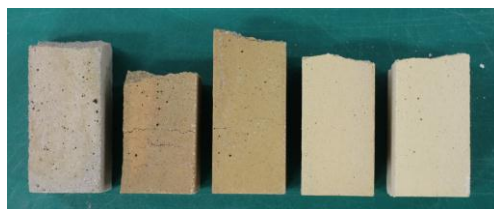


図3 加熱後の供試体の外観 (1150℃, K系)

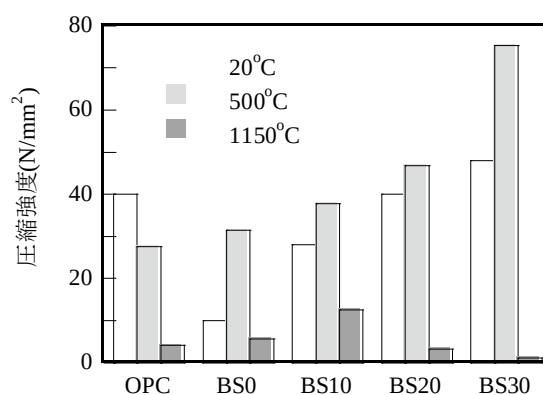


図4 Na系溶液を用いた供試体の加熱後の強度

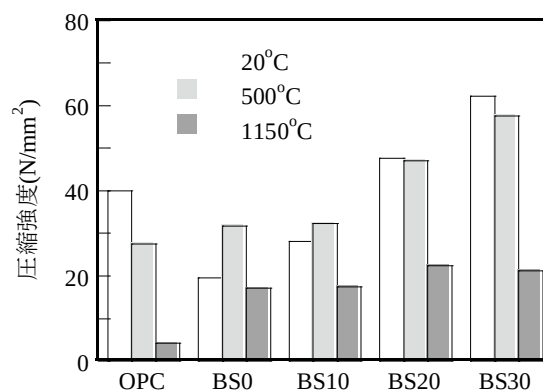


図5 K系溶液を用いた供試体の加熱後の強度