

供試体形状ならびに高温がジオポリマーの強度に与える影響

大分高専 正会員 ○一宮 一夫, 大分高専 非会員 稲生 充起

大分高専 非会員 井上 彰仁, 大分高専 非会員 後藤 誠志郎

1. はじめに

ジオポリマー (以下, GP) は固化に必ずしもカルシウムを必要としないことから, ポルトランドセメントを用いる従来のコンクリートよりも高い高温抵抗性が期待できる. 他方, GP の引張強度/圧縮強度は, 従来のコンクリートよりも小さいことが報告されており, 供試体形状が異なると圧縮強度測定時の破壊形式にも影響する可能性がある. また, 一般にコンクリートの高温抵抗性の検討に際しては加熱冷却後の物性が用いられ, 図 1 のように従来のコンクリートでは高温時と加熱冷却後の圧縮強度はほぼ同等であるが, GP での高温時の強度と加熱前ならびに加熱冷却後の強度の関係に関する知見は少ない.

本研究では, フライアッシュと高炉スラグ微粉末の混合物を水ガラス, 苛性ソーダ, 水道水の混合液で固化させた GP モルタル供試体を製作し, 電気マuffle炉を用いて加熱した場合の諸特性を調べた.

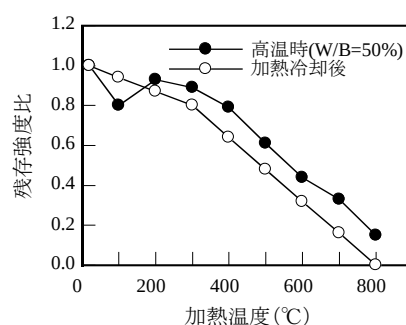


図 1 従来のコンクリートの高温時と加熱冷却後の残存強度比

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合 GP モルタルの使用材料を表 1 に, GP ならびに OPC の配合を表 2, 表 3 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. アルカリ溶液は水ガラス, 苛性ソーダ, 水道水の混合物で, アルカリ水比 (A/W) が 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) ならびに円柱型枠 (直径 5cm, 高さ 10cm) 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 は最高温度 60°C, 湿度 90%RH (保持時間 3 時間) で蒸気養生を施し, 翌日に脱型した後は恒温恒湿室 (温度 20°C, 湿度 60%RH) で静置させた. OPC の供試体は脱型後直後から水中養生を施した.

2.3 実験方法 材齢 7 日で電気マuffle炉を使用して図 2 の条件で加熱した. 角柱供試体は加熱冷却後と高温時 (最大温度での加熱終了時点) の圧縮強度を測定した. なお, OPC モルタルは水中養生を施しているため加熱中の爆発を防ぐため乾燥炉 (110°C) で 24 時間乾燥させた後に高温抵抗性試験に供した.

3. 実験結果

図 3 に角柱供試体, 図 4 に円柱供試体, 図 5 に両供試体の関係に関する加熱冷却後の圧縮強度を示す.

図 3 では, GP の 500°C において BS0, BS10 では加熱前以上, BS20,

表 1 GP モルタルの使用材料

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, 水道水の混合液 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

表 3 OPC モルタルの配合 (kg/m³)

W/C	W	OPC	S
50%	255.9	511.8	1535.4

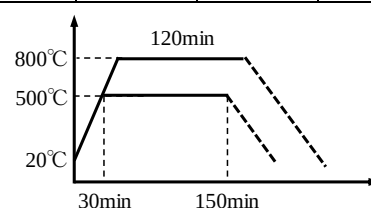


図 2 加熱条件

BS30 では加熱前と同等の強度があり、GP の特徴が現れている。BS0 と BS10 の強度上昇は FA の反応が促進された結果と考えている。

図 4 の円柱の場合では、500℃、800℃ともに加熱前以下である。円柱供試体の破壊形態は斜めひび割れを伴う鼓状となり、GP の引張強度／圧縮強度が従来のコンクリート（モルタル）よりも小さいことが影響した可能性がある。図 5 では、20℃の円柱と角柱は正の相関関係にあるが、500℃以上では特徴的な関係は認められない。この結果は、GP の高温抵抗性評価の際には、使用目的に応じた供試体形状を選択する必要があることを示唆するものである。

図 6 に高温時の角柱の圧縮強度、図 7 に図 3 と図 6 に示した実験データより作成した残存強度比（高温時または加熱冷却後の圧縮強度／加熱前の圧縮強度）を示す。大きな特徴は、BS0 と BS10（800℃の加熱冷却後を除く）で、加熱前強度を上回っていることである。特に、BS0 で 800℃の高温時の強度は 60N/mm² 以上で、加熱前強度のおよそ 2.5 倍に達している。GP の主要化合物である二酸化ケイ素などの高温による相変態（相転移）が原因の可能性がある。一方、BS20 と BS30 は図 1 の従来のコンクリートに近い傾向を有しており、GP 中のカルシウムの含有率の増加の結果と考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 常温（20℃）における角柱と円柱の圧縮強度は強い相関関係にあるが、角柱の方が円柱よりも 30%程度大きく評価される。
- (2) 500℃と 800℃では角柱と円柱の圧縮強度の相関関係は見受けられない。
- (3) GP の加熱前の強度に対する高温時ならびに加熱冷却後の強度の関係は BS 置換で異なり、BS0 と BS10 では高温時ならびに加熱冷却後の強度は加熱前の強度を上回る場合がある。

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) 日本建築学会：構造材料の耐火性ハンドブック，丸善，2009

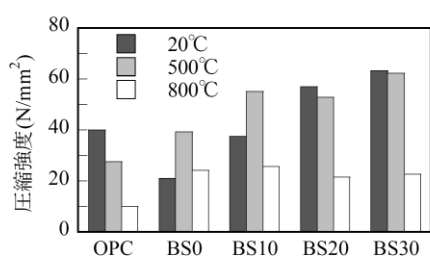


図 3 圧縮強度（角柱，加熱冷却後）

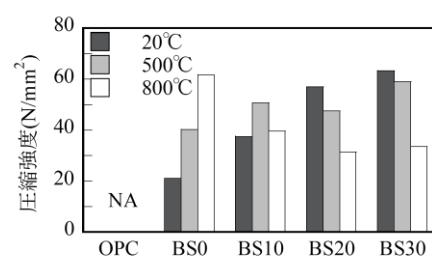


図 6 圧縮強度（角柱，高温時）

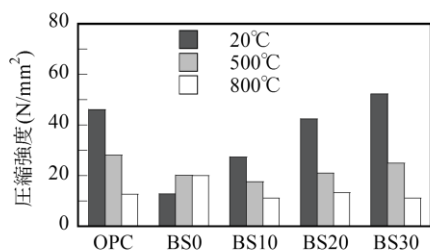


図 4 圧縮強度（円柱，加熱冷却後）

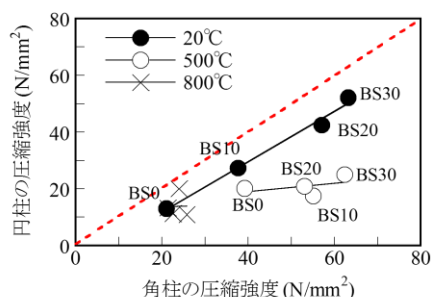


図 5 円柱と角柱の圧縮強度の比較（加熱冷却後）

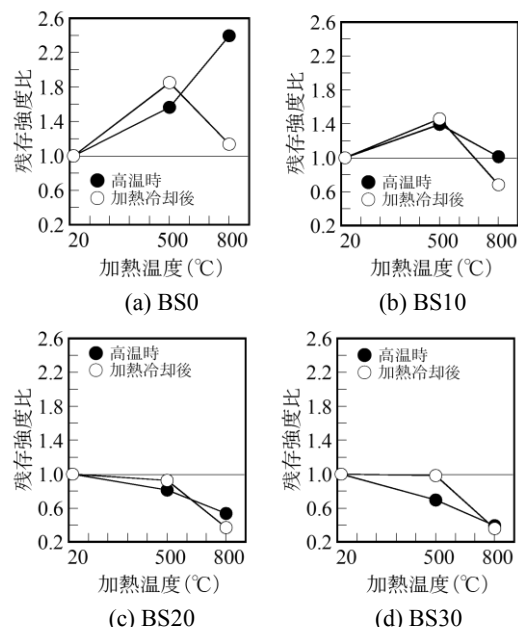


図 7 BS 置換率ごとの残存強度比