

## フライアッシュベースジオポリマーモルタルの高温加熱後の強度特性

|      |      |     |    |
|------|------|-----|----|
| 福島高専 | フェロー | ○緑川 | 猛彦 |
| 福島高専 |      | 車田  | 研一 |
| 福島高専 | 正会員  | 江本  | 久雄 |

## 1. はじめに

一般的にジオポリマーは、セメントコンクリートに比較して高温抵抗性に優れることから、火災による輻射熱や太陽による放射熱等の加熱を受ける構造体の材料として応用が期待されている。本研究では、高炉スラグ微粉末を混入したフライアッシュベースのジオポリマーモルタルについて、フライアッシュが高温抵抗性に果たす役割を検討したものである。

## 2. 実験方法

フライアッシュ ( $\rho_f=2.13\text{g/cm}^3$ )、高炉スラグ微粉末 ( $\rho_b=2.93\text{g/cm}^3$ , 8000 ブレーン)、JIS 1 号水ガラス、35%NaOH 溶液および豊浦標準砂を用いて、モルタル供試体 ( $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ ) を作製した。JIS 1 号水ガラスはハンドリング性の改善のため 1.5 倍に希釈して使用した。フライアッシュに混入する高炉スラグ微粉末の体積は 0%, 10%, 20% の 3 種類とした。 $s/m=0.49$ ,  $A/W$  (モル比)  $=0.11$ ,  $Si/Na$  (モル比)  $=0.73$ , 単位水量  $219.0\text{kg/m}^3$  は共通とした。養生はプログラム式恒温恒湿装置を用いた高温蒸気養生とし、モルタル打設後供試体をビニール袋で封緘し、温度  $80^\circ\text{C}$  相対湿度 90% で 24 時間の養生を行った。供試体完成後、電気炉を用いて  $100^\circ\text{C}$  から  $1000^\circ\text{C}$  まで  $150^\circ\text{C}$  毎に 24 時間の加熱を行った。供試体温度が常温 (約  $20^\circ\text{C}$ ) に冷めた後圧縮強度試験を行った。

## 3. 実験結果および考察

図-1 にジオポリマーモルタルの加熱温度と圧縮強度残存比との関係を示す。いずれの高炉スラグ微粉末の配合比においてもセメントモルタルの場合と同じように、加熱温度が高くなると圧縮強度残存比は低下する。しかしながら、その傾向は高炉スラグ微粉末の混入率により変化し、高炉スラグ微粉末混入率が高いほど圧縮強度が低下する結果となった。また、高炉スラグ微粉末を混入していない BS0% においては加熱後から強度が増加し、加熱温度  $250^\circ\text{C}$  において強度が最も大きくなった。一方、加熱温度  $750^\circ\text{C}$  以上においては、いずれのモルタルも加熱温度の上昇に関わらず圧縮強度は一定値に収束する傾向を示した。

図-2 に  $100^\circ\text{C}$ ,  $250^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$  に加熱した後の BS0% の SEM 写真を示す。いずれの写真にもエトリンガイトと思われる針状結晶を確認することができる<sup>1)</sup> が、その密度が加熱温度により異なっていることが分かる。 $250^\circ\text{C}$  でエトリンガイトの密度が最も高くなっていると同時に圧縮強度残存比も高くなっていることから、圧縮強度がエトリンガイトの密度と関係しているものと考えられ、加熱温度  $250^\circ\text{C}$  で最も反応が進んだものと推察することができる。供試体作製時には  $80^\circ\text{C}$  の高温蒸気養生を行っているが、BS0% の配合ではオートクレーブ養生のように養生温度をより高くすることにより、圧縮強度がより増加するポテンシャルを有していることが分かる。

図-3 に  $500^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ ,  $850^\circ\text{C}$  に加熱した後の BS0% の SEM 写真を示す。加熱温度  $550^\circ\text{C}$  ではフライアッシュの粒状体が確認できるが、 $700^\circ\text{C}$  では半熔融状態に変化しており、さらに  $850^\circ\text{C}$  では粒子が確認できないほど溶けている様子が窺える。一宮らの研究<sup>2)</sup> によれば、加熱温度  $800^\circ\text{C}$  においてジオポリマーの焼結が見られること、また、焼結によりできた空隙構造が強度低下の原因であることが明らかになっている。本実験も同様の傾向を増している。

図-4 に  $1,000^\circ\text{C}$  に加熱した後の BS0%, BS10%, BS20% の SEM 写真を示す。BS0% においては滑らかな固形物に変質しているこ

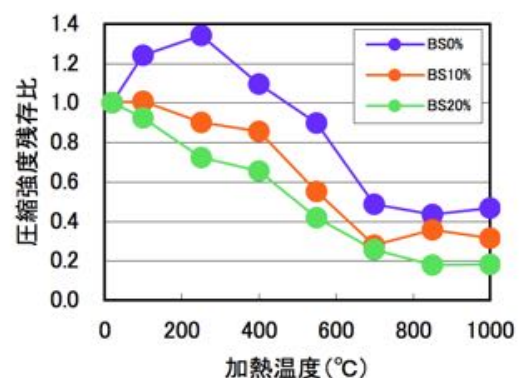


図-1 ジオポリマーモルタルの加熱温度と圧縮強度残存比

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、高温抵抗性、焼結

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島高専 都市システム工学科 TEL 0246-46-0834

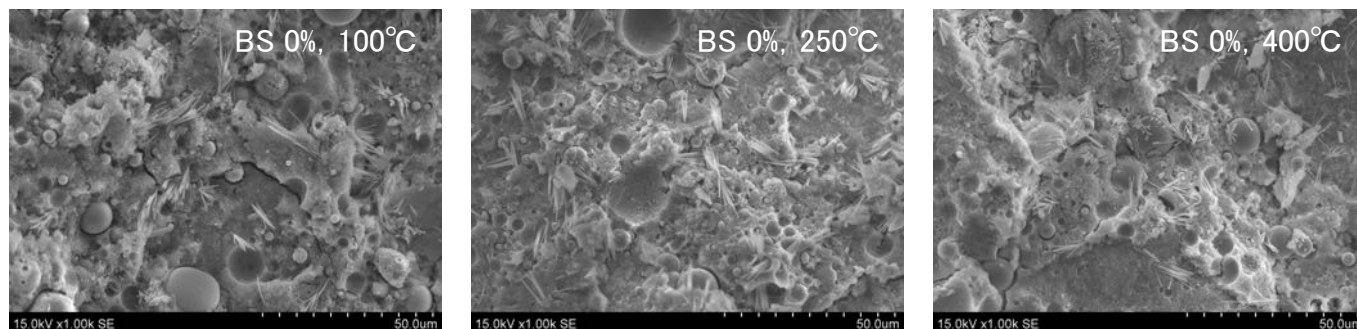


図-2 低温加熱温度とモルタルの SEM 画像 (BS0%)

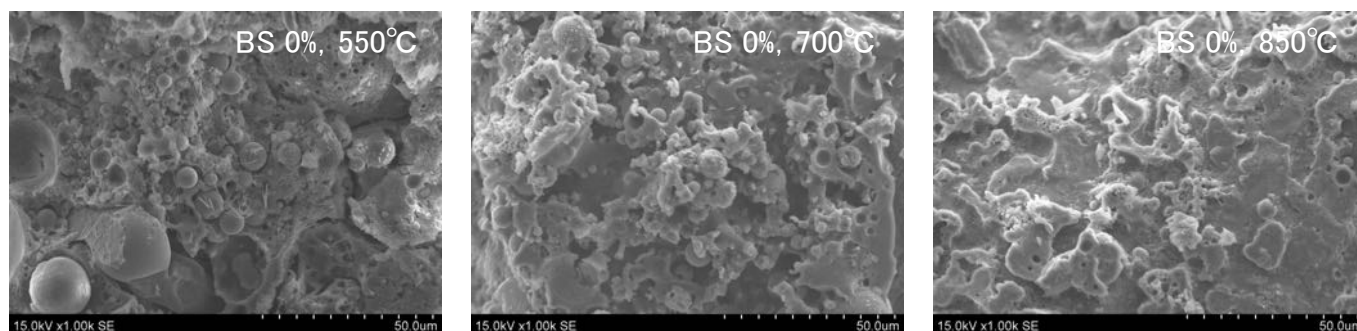


図-3 高温加熱温度とモルタルの SEM 画像 (BS0%)

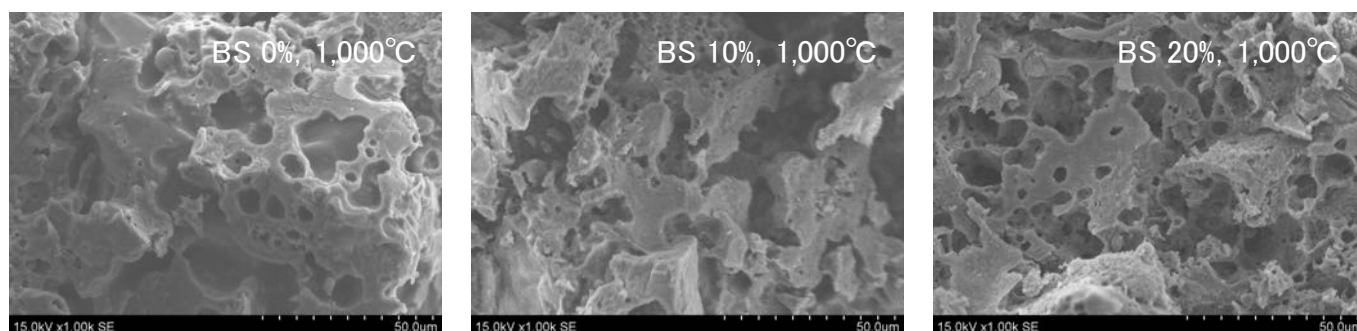


図-4 高炉スラグ微粉末混入率と焼結状況 (1,000°C)

とが確認される。これは、先に述べた熔融焼結が進行しているものと予想され、加熱温度 700°C 以上においてはフライアッシュの熔融焼結により圧縮強度が一定値に収束したものと推察される。一方、高炉スラグ微粉末を混入した BS10% および BS20% では、高炉スラグ微粉末混入量が増加するにつれて組織に微小な隙間が生じる様相を呈した。これは、フライアッシュと高炉スラグ微粉末の焼結温度の差に起因し、高炉スラグ微粉末の粒状物が熔融焼結したフライアッシュ中に存在したために組織が粗くなったと推察される。よって、このことが 700°C 以上における強度低下の原因であると考えられる。

#### 4. おわりに

高炉スラグ微粉末を混入したフライアッシュベースのジオポリマーモルタルについて、フライアッシュが高温抵抗性に果たす役割を検討した。本実験範囲内で得られた知見を以下に示す。

- 1) フライアッシュ単身のジオポリマーは高温抵抗性が高く、250°C の加熱で圧縮強度残存比 1.35 を示した。これは、養生温度を高くすることでより高強度を発揮するポテンシャルを有しているものと考えられる。
- 2) 加熱温度 700°C 以上ではフライアッシュの熔融焼結が進行することにより圧縮強度は一定値に収束する。また、高炉スラグ微粉末の混入は加熱温度 700°C 以上での圧縮強度を低下させる。

#### 【参考文献】

- 1) 平塚和男, 寺石弘, 橋本紳一郎, 橋本親典: 産業廃棄物をセメント代替とした即脱成型平板の研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.1485-1490, 2004.7
- 2) 一宮一夫, 上野貴行, 原田耕司, 池田攻: 高炉スラグ微粉末を添加したフライアッシュベースのジオポリマーの高温下における物性変化, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1269-1274, 2016