

関西大学大学院 学生員 ○谷 浩田  
 関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章

## 1. 研究背景および目的

著者らのこれまでの基礎検討では、高炉スラグ微粉末を 10% 置換したジオポリマーモルタル供試体が高温環境下で良好な耐熱性を示すことが確認された。一方で、既往の研究においては、ジオポリマーモルタル中の活性フィラーの一部としてフライアッシュを高炉スラグ微粉末に置換することで、耐熱性が改善されることが示されており、また、その置換率が高くなるにつれて耐熱性も向上する傾向があるとされている。しかし、ジオポリマーモルタル供試体の空気量が耐熱性に及ぼす影響に関する研究はまだ少なく、また、高炉スラグ微粉末と空気量の両者が耐熱性に対して影響を与えるのかも明らかになっていない。したがって、本研究では、これらの要因がジオポリマーモルタルの耐熱性に及ぼす影響を実験的に検討し、相関関係の解明を目的とする。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

表 1 は供試体作製時に使用した材料について示したものである。

表 1 使用材料

項目	材料	記号
活性フィラー (P)	フライアッシュ II 種：密度 2.21 g/cm <sup>3</sup>	FA
	高炉スラグ微粉末：比表面積 3970 cm <sup>2</sup> /g、密度 2.91 g/cm <sup>3</sup> 、石膏なし	BFS
GP 溶液 (L)	珪酸ナトリウム：密度 1.70 g/cm <sup>3</sup>	SS
	水酸化ナトリウム溶液：濃度 3.6mol/L、密度 1.14 g/cm <sup>3</sup>	SH
細骨材	標準砂：密度 2.64 g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.42%	S

### 2.2 供試体および養生条件

供試体は Φ50×100mm の円柱供試体を使用し、型枠に打込み後、ラップで密封し、温度 20±2°C、相対湿度

60±5%の環境下で 3 時間静置した。その後、ラップを養生テープで密封し、温度 60°C に設定した乾燥機に 12 時間投入して加熱養生を行った。加熱養生終了後 20°C まで冷却し、脱型した後、温度 20±2°C、相対湿度 60±5% 環境下で実験実施日まで気中養生を行った。

### 2.3 計画配合

表 2 は各供試体の計画配合について示したものである。BFSxx は高炉スラグ微粉末のフライアッシュに対する置換率、Air は空気量を表す。

表 2 各供試体の配合

供試体種類	L/P	単位量 kg/m <sup>3</sup>				
		SS	SH	FA	BFS	S
BFS30 Air4.9	1.00	167	167	408	175	1350
BFS10 Air5.0	1.00	167	167	504	56	1350
BFS10 Air3.5	1.00	163	163	493	55	1319

### 2.4 実験項目

本研究では耐熱性試験（加熱試験）、圧縮強度試験を行った。評価方法は供試体を高性能マッフル炉で加熱し、加熱前後の圧縮強度を評価した。

#### (1) 耐熱性試験

図 1 のように、加熱条件、昇温速度は 90±5°C/10min、目標温度を 2 時間保持することにして、加熱を始めた。

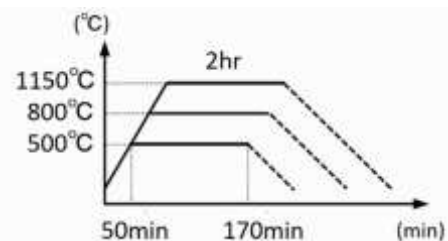


図 1 高温加熱条件

#### (2) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」に基づいて行った。試験機は 2000kN 万能試験機を使用し、加熱後 2~5 時間（加熱温度次第）経過して常温に戻った後に載荷し、圧縮強度を求めた。

3. 実験結果および考察

図2は各供試体の加熱前後の圧縮強度の3本の平均値を示し、20℃は加熱前を示す。圧縮強度試験結果より、20℃下では高炉スラグ微粉末置換率30%の供試体が最も高い強度を示し、既往研究と同様に置換率増加による強度向上が確認された。

一方で、500℃加熱後は置換率30%の供試体で最も大きな強度低下が見られた。800℃では供試体間の強度差は小さく、1150℃では空気量3.5% および4.9%の供試体に溶融が確認された。

800℃、1150℃における圧縮強度の低下は、既往研究<sup>1)</sup>では、部分溶解による焼結と空隙の生成や溶融の進行による大きな空隙の生成による強度低下としている。

図3は異なる空気量の供試体における残存圧縮強度比を示している。残存圧縮強度比とは、加熱後の供試体の圧縮強度と未加熱(20℃)の供試体の圧縮強度の比である。空気量3.5%の供試体は800℃加熱後、20℃の強度に対して約60%の強度低下が確認された。

一方、空気量5.0%の供試体は同様の800℃の加熱条件下で約42%の強度低下を示した。

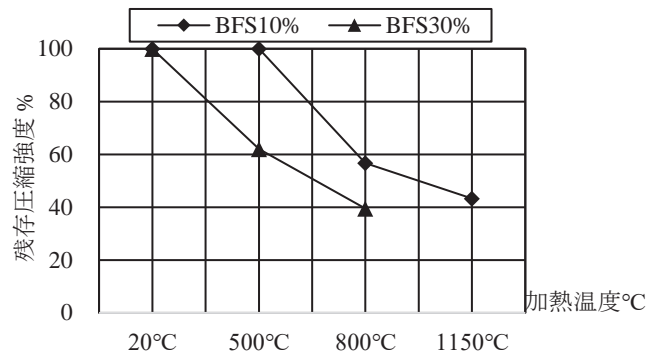


図4 異なる BFS 置換率における残存圧縮強度比(空気量約5.0%)

図4は異なる高炉スラグ微粉末置換率における残存圧縮強度比を示している。図より、スラグ微粉末の置換率30%供試体は加熱温度の上昇に伴い、圧縮強度の低下がより著しいことが示されている。

空気量5.0%の供試体で加熱後に強度が低下した原因は、空隙が多く、高温による収縮の影響が大きかったためと推察される<sup>2)</sup>。

4. 結論

本研究から以下の結論が得られた。

- 1.高炉スラグ微粉末の置換率が高いと、供試体が1000℃以上の高温下で溶融する可能性があり、これは部分的な焼結や溶融によって空隙が生じたことが原因と考えられる。
- 2.高炉スラグ微粉末の置換率が低い場合、高温下の溶融現象は改善されるが、空気量が多いとその効果が弱まる可能性がある。
- 3.同じ低置換率でも、空気量が多い供試体は加熱後の強度低下が顕著であり、空隙の増加と収縮による構造破壊が原因と推察される。

参考文献：

1)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  
 2)嵩 英雄, 岸谷 孝一, 奥野 亨: 高温にさらされたコンクリートの性状の変化に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.1, No.1, pp.25-28, 1979

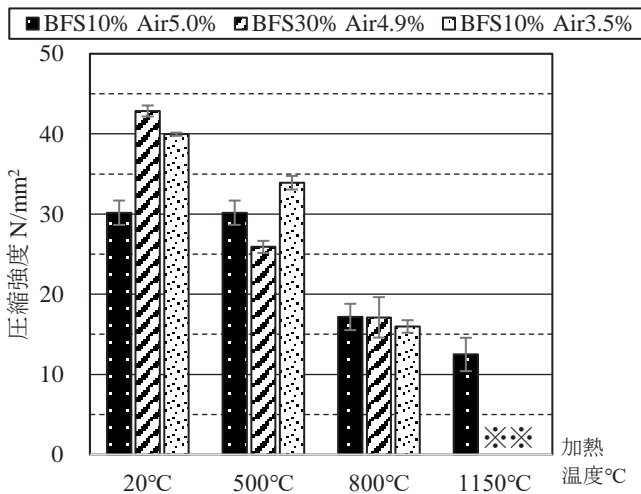


図2 各供試体加熱後の圧縮強度(※は溶融により測定不能)

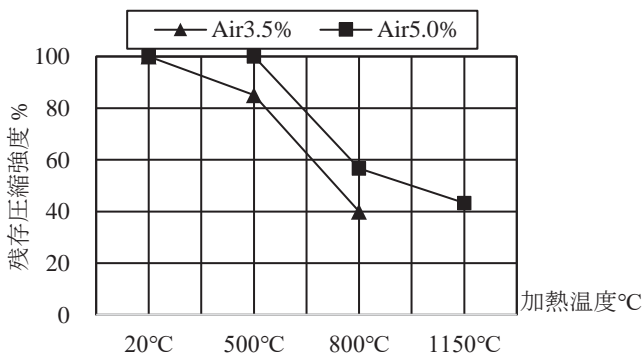


図3 異なる空気量における残存圧縮強度比