

## バイオマス灰を混用したジオポリマーモルタルの基礎物性 Basic Properties of Geopolymer Mortar using Biomass Ash

○周藤 将司\*, 波多 優\*, 伊藤 大悟\*\*

SUTO Masashi, HADA Yu and ITO Daigo

### 1. はじめに

近年、再生可能エネルギーの利用拡大などの観点から、木質バイオマス発電への期待が高まっている。木質バイオマス発電では、副産物としてバイオマスの焼却灰(BA; Biomass Ash)が生じる。現時点ではBAの有効利用法が確立されているとは言えず、今後、BAの利用についての検討が必要である。ここでは、BAが石炭火力発電によって生じるフライアッシュ(FA)と同様の方法で集塵されていることに着目した。

FAは、セメントコンクリートの分野では一般的な材料である。また、ジオポリマー(GP)硬化体の主要材料としても用いられ、研究も進められている。本研究では、FAの一部をBAに置換したGPモルタルを作製し、基本的な性能を確認することを目的として実験的検討を行った。

### 2. 研究概要

Table 1に本研究で使用したBAの蛍光X線分析結果を示す。BAはSiO<sub>2</sub>を50%以上含んでいることが分かる。本研究で作製したGPモルタルの配合をTable 2に示す。本研究では、粉体(活性フィラー)以外の材料は量を変化させずに試験を行った。活性フィラーは、FAのみの場合と、FA:高炉スラグ微粉末(BFS)=9:1(体積比)の場合のものを基本配合とした。BAは、それぞれの基本配合のFAに対して体積置換することとし、置換率は10, 20, 30, 40, 50%とした。

硬化後の試験に用いる供試体はφ50×100mmの円柱供試体とした。打設時には、練上がり直後にフロー値の測定(JIS R 5201)を0打で行った。供試体の養生方法は蒸気養生とし、打設後すぐに95% R.H.に設定された恒

Table 1 バイオマス灰の化学成分  
Chemical composition of biomass ash

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO <sub>2</sub>	その他
54.1	12.6	4.1	8.3	1.6	5.17	14.13

Table 2 配合表  
Mix proportion of geopolymer mortar

BA 置換率 (%)	FA	BA	BFS	WG	NH	W	S
0	1561	0	0	657	147	181	3665
10	1405	52					
20	1249	105					
30	1093	157					
40	936	209					
50	780	261					
0	1405	0	202	657	147	181	3665
10	1264	47					
20	1124	94					
30	983	141					
40	843	188					
50	702	235					

(単位: g/L)

FA: JISフライアッシュII種(密度2.30 g/cm<sup>3</sup>)、BA: 木質バイオマス灰(密度0.77 g/cm<sup>3</sup>)、BFS: 高炉スラグ微粉末(密度2.98 g/cm<sup>3</sup>, 粉末度4000, 石こう無し)、WG: 1号水ガラス、NH: 水酸化ナトリウム水溶液(10mol/L)、W: 上水、S: セメント強さ試験用標準砂

温恒湿器内で温度を60℃まで上昇させて24時間保持し、その後は実験室内で気中養生を行った。ただし、BFS0%の配合では、強度発現が鈍かったため、追加での蒸気養生も実施した。硬化後の供試体に対する測定項目は、圧縮強度(JIS A 1108)、割裂引張強度(JIS A 1113)とした。試験材齢は、硬化状況を確認しながら任意で定めた。

### 3. 結果と考察

フロー試験の結果をFig.1に示す。BFS置換の有無に関わらず、フロー値はBA置換率0, 10, 20%において同等の値を示した。しか

\*松江工業高等専門学校 環境・建設工学科, Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Matsue College, \*\*松江工業高等専門学校専攻科 生産・建設システム工学専攻, Advanced Production and Construction Systems, National Institute of Technology, Matsue College, キーワード: 木質バイオマス灰, ジオポリマー, モルタル, フロー値, 圧縮強度

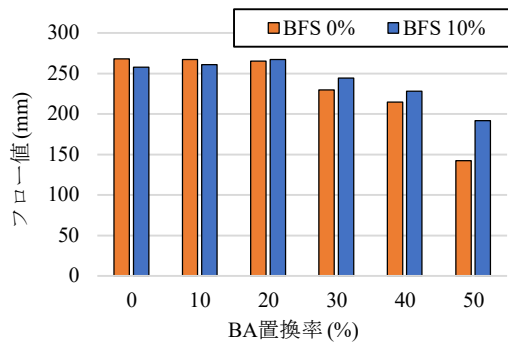


Fig.1 フロー試験結果  
Flow Value

し、置換率 30%以上においては、置換率が増加するにつれてフロー値が小さくなることが確認された。この要因として、BA と FA の形状の違いが影響していると考えられる。FA は球形粒子を多分に含む材料であるのに対して、BA には角張った多孔質なものが多く含まれていることが確認されている。FA を BA に置換したことで、粉体中の球形粒子が少なくなり、その影響によってフロー値も低下したものと考えられる。

圧縮強度の試験結果を Fig.2 に示す。バラツキもあるものの、BFS 置換の有無に関わらず BA 置換率 30%までは、混入率の増加に伴う強度低下は生じていないと言える。BA 置換率 40, 50%では比較的強度が低くなる傾向が確認された。BA 置換率 40%以上で強度低下が生じる現象は、別途行った実験においても同様に確認されている。このことから、BA は FA に比べて強度発現に寄与する成分が少ないと考えられる。つまり、BA には SiO<sub>2</sub> は多分に含まれているものの、ガラス質ではなく結晶質の SiO<sub>2</sub> が多いことが示唆される。

Fig.3 に圧縮強度と割裂引張強度の関係を示す。黒の破線で示す近似直線は、BA を用いていない GP モルタルによる試験結果<sup>1)</sup>である。既往研究のデータ(図中の△)と本研究における BA0%のデータ(図中の▲)を比較すると、本研究の方がやや低い値を取る傾向が確認された。しかし、既往研究ではバラツキが大きく、本研究ではデータが少ないため、現時点でどちらの方が信頼性が高いと評価することは難しい。

赤の破線で示す近似直線は、BA 置換率 10~50%の結果から得られたものである。BA

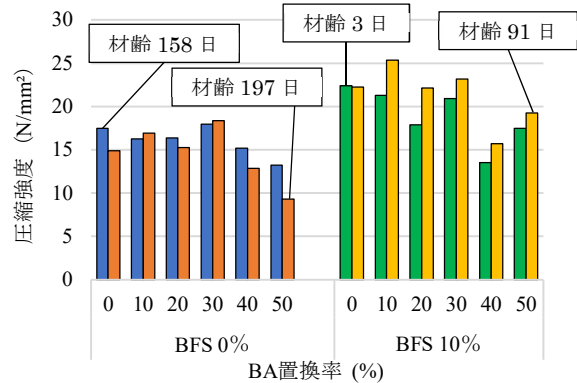


Fig.2 圧縮強度試験結果  
Compressive strength

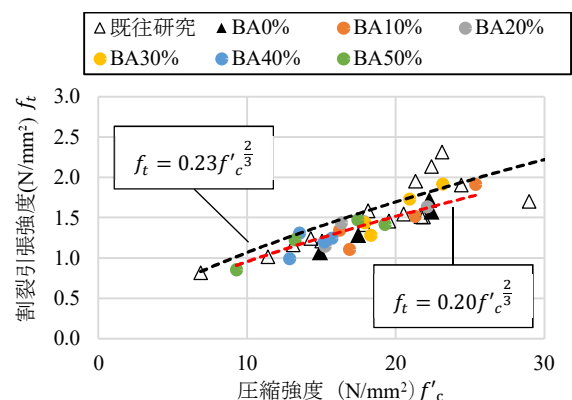


Fig.3 圧縮強度と割裂引張強度の関係  
Relationship between compressive strength and split tensile strength

置換率 10~50%の結果においては、強度の大小によらず、置換率の違いによる相互関係の違いは確認されなかった。また、本研究における結果からは、圧縮強度と割裂引張強度の相互関係は BA 置換の有無に関わらず、一つの線形で評価できる可能性が示唆された。

#### 4. まとめ

バイオマス灰の混入率を高めると、流動性・強度ともに影響が生じることが確認された。しかし、20%程度までの置換率であれば大きな影響は無く、木質バイオマス灰はジオポリマーの材料として利用できる可能性が示された。今後は、コンクリートによる実験などを行い、ジオポリマー硬化体に木質バイオマス灰が及ぼす影響を精査する。

#### 参考文献

- 1) 伊藤大悟ら：ジオポリマーモルタルの機械的性質に関する研究，農業農村工学会全国大会，講演番号 5-20，2021