

木質バイオマス灰の化学成分とジオポリマーモルタルの強度特性の関係

松江工業高等専門学校 正会員 ○周藤 将司

1. はじめに

木質バイオマス発電は、再生可能エネルギーの一つであり、近年拡大している発電方法である。木質バイオマス発電では、産業廃棄物として木質灰（BA ; Biomass Ash）が生じる。BA については、その有効な利用方法が検討されている段階であり、様々な分野での検討が行われている^{例え1)}。

筆者は、ジオポリマー（GP）への適用についての検討を行っている。先行研究では、GP モルタルの活性フィラーとして、フライアッシュ（FA）の一部を BA に置換した場合の基礎物性を検討した。その結果、20%程度までの置換率であれば、圧縮強度や流動性に大きな影響を及ぼすものではないことを明らかにしている²⁾。ここで、先行研究では一つの発電所から排出された BA に対してのみの検討結果である。本研究では複数の発電所から得られる BA を用意し、BA の化学成分の違いに着目し、BA の違いが GP モルタルの強度発現特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 研究概要

本研究では、3 つの異なる発電所で採取された BA を試料として用意した。ここでは、BA-1、BA-2、BA-3 と区別する。表-1 に、蛍光 X 線分析から得られた各々の BA の化学成分を示す。なお、表-1 には、本研究で使

用した FA の化学成分も合わせて示している。

表-2 にモルタルの配合を示す。活性フィラーに FA を単独で使用する配合と FA の 10%を高炉スラグ微粉末（BFS）に置換する配合の 2 つを基本配合とした。各基本配合の FA に対する BA の置換率は、先行研究²⁾を参考に 10、20、30%と定めた。

モルタルは、練り混ぜ直後にφ50×100mm の円柱型枠に打設し、直ちに促進養生を行った。促進養生は、95%R.H.に設定した恒温恒湿器内で温度を 60℃まで上昇させ、24 時間保持する条件で行い、その後は試験材齢まで実験室内で気中養生を行った。試験項目は、圧縮強度試験（JISA 1108 に準拠）と割裂引張強度試験（JIS A 1113 に準拠）である。試験材齢は、7 日、28 日とし、

表-1 活性フィラーの化学成分（単位：％）

	BA-1	BA-2	BA-3	FA
CaO	32.6	59.8	53.1	4.3
SiO ₂	29.6	9.7	19.2	58.2
Fe ₂ O ₃	13.1	6.8	9.4	9.6
K ₂ O	11.9	14.5	9.2	2.4
SO ₃	3.8	4.2	5.1	3.2
Al ₂ O ₃	5.8	1.9	1.4	17.6
その他	3.3	3.0	2.5	4.8

表-2 配合表（単位：g/L）

BA 置換率	FA	BA	BFS	WG	NH	W	S
0%	554	0	0	233	52	64	1300
10%	498	19					
20%	443	37					
30%	387	56					
0%	498	0	72	233	52	64	1300
10%	448	17					
20%	399	33					
30%	349	50					

FA：JIS フライアッシュⅡ種（密度 2.30 g/cm³），BA：木質バイオマス灰（密度 0.77 g/cm³），BFS：高炉スラグ微粉末（密度 2.98 g/cm³，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

BFS を使用しない配合では 91 日強度の測定も行った。

3. 結果と考察

図-1、2 に圧縮強度試験の結果を、図-3、4 に割裂引張強度試験の結果をそれぞれ示す。

BSF=0%（図-1、3）では、7 日、28 日強度において BA を置換した全ての配合で、BA を用いていない配合の強度を上回った。BA ごとの比較からは、7 日、28 日強度においては、BA-2 の強度発現性がやや有利な傾向がうかがえる。これらの点については、活性フィラーにおける CaO 含有量が関係している可能性が考えられる。GP 硬化体において、特に初期の強度発現は CaO 量が多い方が有利である。本研究の結果からは、CaO 含有量と材齢 28 日までの強度発現性にはある程度の相関性が認められた。また、91 日強度については、SiO₂、Al₂O₃ の

キーワード 木質バイオマス発電，産業廃棄物，木質灰，ジオポリマー，モルタル，
連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4，TEL/FAX 0852-36-5260

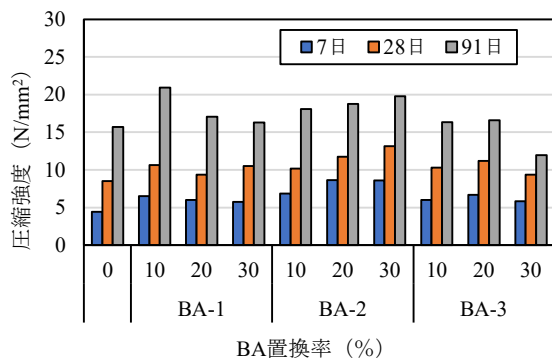


図-1 圧縮強度試験結果 (BFS = 0%)

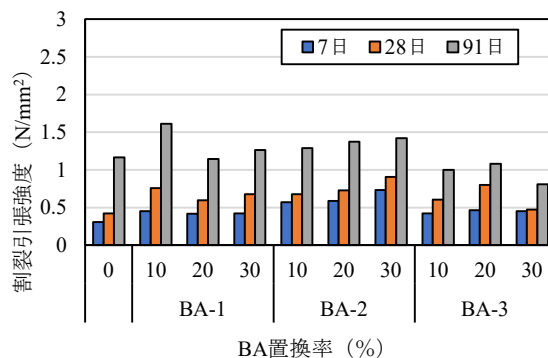


図-3 割裂引張強度試験結果 (BFS = 0%)

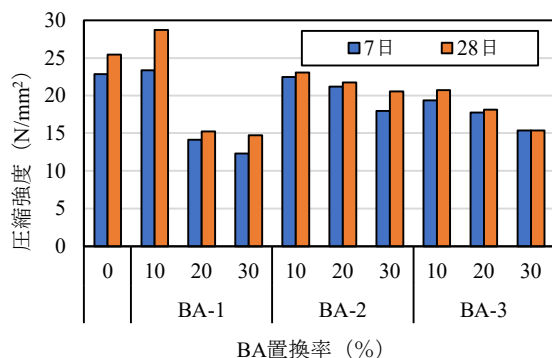


図-2 圧縮強度試験結果 (BFS = 10%)

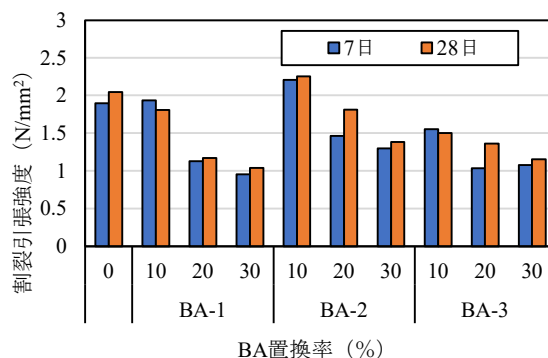


図-4 割裂引張強度試験結果 (BFS = 10%)

含有量の多い BA-1 の強度増進がやや有利に映る傾向が確認された。

次に、BSF=10% (図-2, 4) では、全体的に BA の置換率が大きくなると強度は低下する傾向が確認された。ここで、BA-1 の 20% と 30% では極端に低い値を示している。このことについて、別途測定している超音波伝播速度や一次共鳴振動数においても同様な傾向が確認されている。しかしながら、この要因については現時点では明らかではない。

図-5 に、圧縮強度と割裂引張強度の相互関係を示す。強度発現性には、BA の種類によるバラツキが確認されたものの、相互関係の視点からは概ね一致していると言える。構造設計の際には、圧縮強度から各種の指標を算定することがある。圧縮強度と引張強度の関係について、BA を混用した GP 硬化体では BA の性質によらず一つの算定式で評価できる可能性が示唆された。しかし、圧縮強度が 20N/mm² を超える範囲ではデータも少なく、バラツキが大きくなる傾向も見られることから、今後さらなる検討が必要である。

4. まとめ

(1) 使用する BA によって、強度発現性に違いがあることが確認された。特に、活性フィラーが FA と BA だけの場合、BA に含まれる CaO 量が多いほど、材

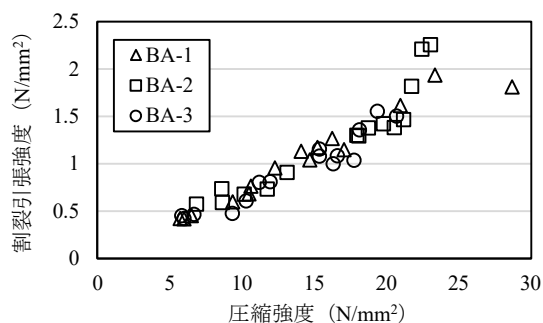


図-5 圧縮強度と割裂引張強度の関係

齢 28 日までの強度発現性が有利な傾向がある。

- (2) BA の化学成分によって強度発現性に差は生じたが、圧縮強度と割裂引張強度の相互関係については、BA の性質や置換率によらず、圧縮強度 20N/mm² までの範囲で概ね一律に算定可能である。

本研究では BA の化学的性質に着目したが、今後は比表面積などの物理的性質にも着目して研究を行う必要があると考える。

参考文献

- 綿貫開ら：木灰の混合比率の調整と粉砕による木灰コンクリートの強度増進，土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，講演番号 V-525, 2022
- 周藤将司ら：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，農業農村工学会全国大会，講演番号 3-22, 2022