

非溶結凝灰岩ならびに木質バイオマス焼却灰の AAMs への適用性実験

大分工業高等専門学校 正会員 ○一宮 一夫
 同上 非会員 後藤 滉太
 同上 非会員 姫野 裕貴

1. はじめに

2050 年までにカーボンニュートラルを目指し各分野での対応が急がれている。コンクリート分野においても製造時に大量の CO_2 を排出するセメントに関して対応が求められている。その一つにセメントクリンカーを使用しないジオポリマー（以下、GP）を含むアルカリ活性材料（以下、AAMs）があり、世界各国で研究開発は進められている。

本研究では、AAMs の主材料であるフライアッシュ（以下、FA）や高炉スラグ微粉末（以下、BS）と化学成分が近い、大分県南西部に広く分布する火山性堆積物の非溶結凝灰岩（以下、TU）ならびにパーム椰子殻・国産木質チップを燃料とするバイオマス発電より発生する木質バイオマス焼却灰（以下、WBA）を使用するための基礎的実験の結果を報告した。

2. 実験概要

活性フィラーには、FA（密度 2.39g/cm^3 、比表面積 $5736\text{cm}^2/\text{g}$ ）、BS（密度 2.92g/cm^3 、比表面積 $4009\text{cm}^2/\text{g}$ ）、TU（ $45\mu\text{m}$ ふるい通過分、密度と比表面積は不明）、WBA（ $125\mu\text{m}$ ふるい通過分、密度と比表面積は不明）を用いた。図 1 に各フィラーの XRD プロファイル、表 1 に化学成分を示す。

アルカリシリカ溶液には、旧 JIS 1 号水ガラス（SS）、苛性ソーダ（ペレット：SH）、水道水（add-W）の混合液を用い、アルカリ濃度の高い方を溶液 A（A/W=0.125, Si/A=0.701）、低い方を溶液 B（A/W=0.055, Si/A=0.507）と表記した（いずれもモル比）。

配合はペーストとし、活性フィラー40g、アルカリ溶液 22.7g を基本とし、容量 200ml のプラスチックカップとヘラつき匙を用いて手練りで製造した。

型枠には写真 1 に示す液体樹脂埋込用プラスチックモールド（内径 30mm、深さ 29mm）を用いた。ペースト充填後は打ち込み面をプラスチックラップでシールした。

一次養生として環境試験装置を用いた蒸気養生（ 60°C 、12 時間）ならびに常温養生（ 20°C ）を行った。打込みの翌日に脱型した後に供試体全面をプラスチックフィルムでシールし、所定材齢まで恒温室内（ 20°C 、60%RH）に静置させた。

圧縮強度は低荷重用圧縮強度試験機（载荷速度 $1\text{mm}/\text{min}$ ）を用いて測定した。

3. 実験結果

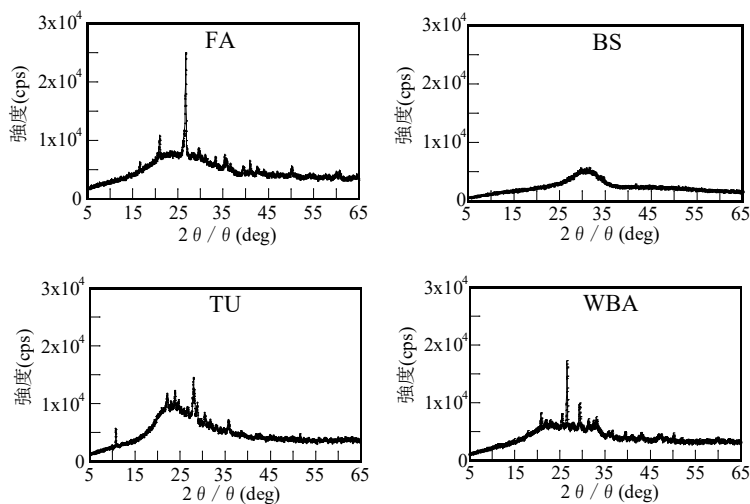


図 1 各フィラーの XRD プロファイル

表 1 各フィラーの化学成分

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	CuO	Total
FA	0	18.2	75.1	0.3	1	1.4	1	0	2.9	0	100
BS	5.3	10.7	43.6	1.3	0.2	37.9	0.5	0.2	0.2	0	100
TU	0	11.7	80.3	0	3.1	1.9	0.3	0.1	2.6	0	100
WBA	3.3	8.2	59.9	2.3	3.4	18.2	0.4	0.2	4	0	100



写真 1 供試体とモールド

セメント固化体では供試体形状により強度が異なることは周知のとおりである。セメント強さ試験用供試体 (4×4×16cm) と本実験で使用した円柱ペースト供試体の関係を図2に示す (データは材齢3, 7, 28日の強度)。なお、前者はJIS A 5201に準拠し、後者もW/C=50%で手練りにより製造した。図より OPC の場合はペースト強度はモルタル強度の 1/4 程度であることが分かる。

図3はFA-BS併用系の強度の結果で、BS置換率50%以上では強度はほぼ一定である。図4も同じくFA-BS併用系の場合であるが、溶液B、常温養生の結果である。BS置換率90%までは強度上昇は緩やかであるが、BS置換率

100%では92.5N/mm²まで急上昇している。図5はFAのみ(溶液A、蒸気養生)であり、材齢7日以降はおよそ10N/mm²で強度は低水準で推移している。図6はBSのみの場合で、溶液の種類(濃度)や養生温度で様々である。中でも溶液Aで常温養生の場合は材齢7日でおおよそ100N/mm²に達しており、BSの顕著な強度増進効果が認められる。

TUは、図1のXRDプロファイルならびに表1の化学成分はFAと類似性が高いが、単独使用での固化は認められなかった。Si, Al, Caなどの固化に関与する各成分の溶出速度が遅いことが原因と推察される¹⁾。そこで、強度発現性の優れるBSに着目し、TU-BS併用系の固化特性を調べた。図7にBS置換率に対する圧縮強度と溶液量の関係を示す。図よりBS置換率50%以上で30N/mm²以上を担保できること、TUの占める割合が増えるほど練混ぜに必要な溶液量は増加することがわかる。

WBAの場合も単独での使用では固化しなかった。図8はWBAとBSを等量使用した結果である。蒸気養生、常温養生ともに材齢とともに強度が上昇し、材齢28日では30N/mm²以上となっており、BSとの併用が効果的である。

4. まとめ

TU, WBAともに単独使用では固化しなかった。Si, Al, Caなどの主元素の溶出速度が遅いことが原因と考えられることから、XRFなどを用いた主要元素の溶出性を定量評価し、固化に至らなかった原因究明が必要である。あわせて、BSとの併用を前提に詳細の検討が求められる。

謝辞 本研究はJSPS科研費22H00230の助成を受けたものです。

参考文献 1)石原 英, 佐川孝広: 木質バイオマス焼却灰のジオポリマーへの適用, 第44回土木学会関東支部技術研究発表会, V-45, 2017

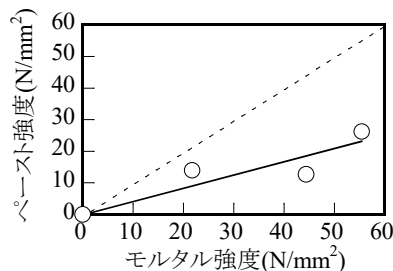


図2 OPCペーストとOPCモルタルの強度の関係 (OPC, W/C=50%, 標準養生)

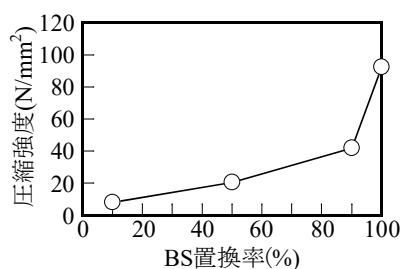


図4 FA-BS併用系の強度 (溶液B, 常温養生, 7日)

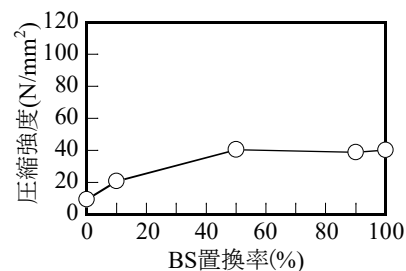


図3 FA-BS併用系の強度 (溶液A, 蒸気養生, 7日)

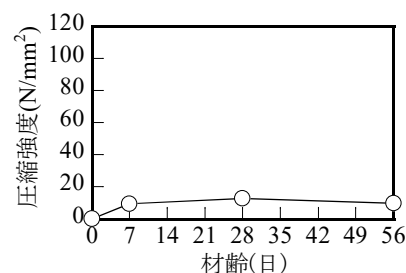


図5 FAのみの強度 (溶液A, 蒸気養生)

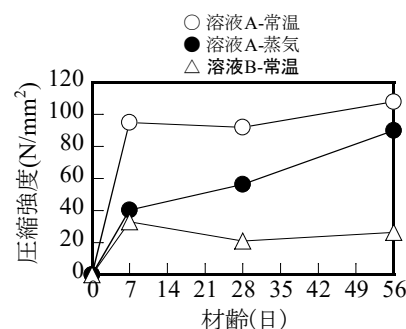


図6 BSのみの強度

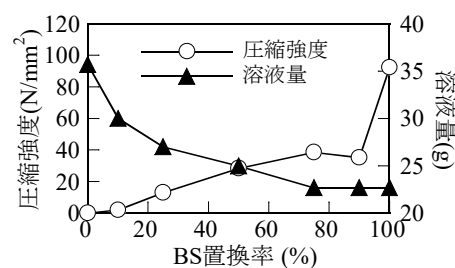


図7 TU-BS併用系の強度 (常温養生, 7日)

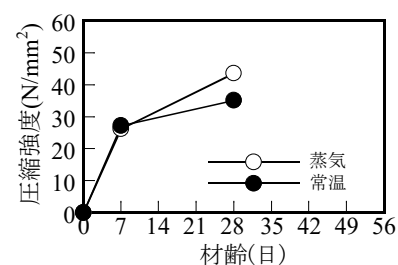


図8 WBA-BS併用系の強度 (置換率50%)