

木質バイオマス焼却灰を利用したジオポリマーコンクリートに関する研究 Basic Study of Geopolymer Concrete using Biomass Ash

○周藤 将司*
SUTO Masashi

1. はじめに

カーボンニュートラルとは、温室効果ガスの排出量と吸収量を同等にすることを目指す方策である。この方策では、温室効果ガスの排出量の削減はもとより、吸収量を増大させることも重要である。本報では、まず、温室効果ガスの排出・吸収の両面と、材料施工分野との関係について整理する。次いで、筆者が取り組んでいる木質バイオマス灰を利用したジオポリマー（以下、GP）コンクリートの研究の一端について述べる。

2. 材料施工分野における温室効果ガスの排出削減との関り

一般に、セメント産業はセメントの生産に当たって多くの温室効果ガスを排出することが知られている。セメントは、農業農村整備やインフラ整備において必要不可欠な材料である。その中でセメントの使用量を減少させるためには、代替となる材料を用意する必要がある。混和材や混合セメントに関する研究は、JIS化に至っていない材料も含めて、枚挙にいとまがない。近年では、「混和材を大量置換したコンクリート」が土木学会コンクリート標準示方書の目的別コンクリートの一つとして新設される¹⁾など、セメント量を削減したコンクリートに関する動きは活発である。

一方、セメントを使用しないコンクリートに関する研究も増加している²⁾。筆者は、GPに着目して研究を行っている。GPは、セメントではなく、フライアッシュ(FA)や高炉スラグ微粉末(BFS)などを粉体(活性フィラー)として用いる。FAの混和材としての利用は限定的であり、セメント原料としての消費割合が大きい。そのため、FAがセメントコンクリートの代替となる硬化体の主材料となるのは合理的であると言える。

3. 材料施工分野における温室効果ガスの吸収との関り

温室効果ガスの吸収については、森林や海洋が吸収源となっている。この中で森林については、整備された森林であれば吸収効率は向上する。森林の整備方法の一つに間伐が挙げられる。間伐は、樹木の伐採を行う作業であるため、間伐材の有効利用を図ることが必要である。しかし、現在、間伐材の多くは未利用の状態であり、定常的な利活用方法の確立が急がれる。間伐材は木質バイオマスと呼ばれ、木質バイオマス発電の燃料にもなる。木質バイオマスは再生可能エネルギーの一つであり、木質バイオマス発電による発電量は近年増加の一途をたどっている。

木質バイオマス発電では、副産物として焼却灰(BA; Biomass Ash)が生じる。BAは産業廃棄物扱いとなるが、肥料などとして活用されている例もある。近年、建設材料としての研究も行われている^{2), 3)}。当初は、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て研究に着手した。GP硬化体において、FAの一部をBAに置換することが可能ではないかと考え、研究を行っている。

4. 研究概要

Table 1にBAの蛍光X線分析結果を示す。入手した時期や発電所によって成分は異なるものの、BAの主な化学成分はCaO, SiO₂, Fe₂O₃, K₂Oであり、FAと比較するとAl₂O₃が少ないことが分かる。これは、他の文献^{例えは4)}とも概ね一致する傾向である。

ここで、GPコンクリートを建設材料として使用する場合、設計・施工の双方でそれぞれ課題が存在する。設計において、セメントコンクリートではコンクリート標準示方書に圧縮強度から静

*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, キーワード: 木質バイオマス灰, ジオポリマー, コンクリート, 再生可能エネルギー

Table 1 活性フィラーの化学成分 (単位: %)

Chemical composition of active filler					
	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4	FA
CaO	34.7	61.6	57.1	19	4.3
SiO ₂	27.4	8.7	15.7	33	58.2
Fe ₂ O ₃	12.9	6.2	9.6	6.6	9.6
K ₂ O	11.7	15.1	9.2	7.8	2.4
SO ₃	4.2	3.6	5.7	18	3.2
Al ₂ O ₃	5.8	1.9	0	12	17.6
その他	3.3	2.9	2.7	3.6	4.8

Table 2 配合表 (単位: kg/m³)

Mix proportion								
配合	FA	BFS	WG	NH	W	S	G	Ad
9:1	414	58	123	92	61	628	900	7
8:2	368	116	123	92	61	628	900	7

FA: JIS フライアッシュ II 種 (密度 2.24 g/cm³), BFS: 高炉スラグ微粉末 (密度 2.90 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: 上水道水, S: 加工砂 (密度 2.57 g/cm³), G: 碎石 (密度 2.78 g/cm³), Ad: AE 減水剤 (リグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩が主成分)

弾性係数や引張強度を推定する式が提示されている。セメントコンクリート用に提示されている式が GP コンクリートにそのまま適応可能か否かは、多くの実験データを積み重ねることで確認する必要があると言える。ここでは、圧縮強度と割裂引張強度の関係について実験を行った結果を報告する。

Table 2 に GP コンクリートの配合を示す。本実験では、表に示す 2 つの配合を基本配合とした。基本配合は、FA : BFS の比が 9 : 1, 8 : 2 のものである。二つの基本配合の FA に対して、Table 1 の BA-1~3 の 3 種類の BA を体積置換で 10, 20% 置換した配合でコンクリートを作製し、基本配合と合わせて合計 14 配合でコンクリートを作製した。作製した供試体は φ10×20cm の円柱供試体である。養生方法は実験室内での気中養生とし、材齢 7 日, 28 日の段階で圧縮試験 (JIS A 1108) と割裂引張試験 (JIS A 1113) を実施した。

圧縮強度と割裂引張強度の相互関係を Fig.1 に示す。図中には、基本配合と FA の一部を BA に置換した配合 (BA 配合) の近似式も示している。

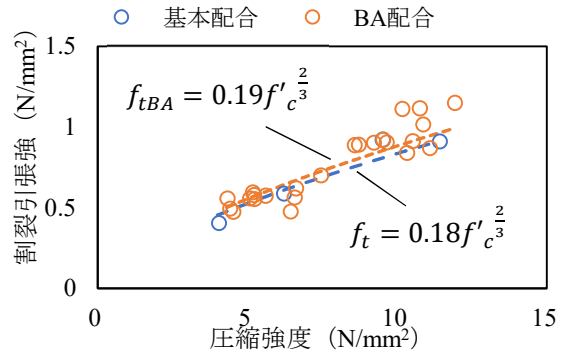


Fig.1 圧縮強度と割裂引張強度の相互関係
Interrelationship between compressive strength and tensile strength

両者の近似式の傾きは同等の値を示しており、本実験の範疇では、BA 配合においても通常の GP コンクリートと同様に評価して設計を行うことが可能であると言える。ただし、本実験の結果は、低強度帯における限られた供試体本数における結果であることに留意しなければならない。

5. まとめ

本報では、GP コンクリートに木質バイオマス灰を混用する実験について触れている。今後は、耐久性の評価も含めて検討を行う予定である。一方、カーボンニュートラルについて考えると、材料の運搬距離も短い方が得策である。GP コンクリートは、一元化された配合設計方法が確立されていない現状である。これをチャンスととらえ、各地で材料の地産地消を図る形で様々な材料による検討が行われると、GP コンクリートの普及拡大が図られると考える。

参考文献

- 1) 土木学会: コンクリートライブラリー164 コンクリート標準示方書改定資料, pp.146-148, 2023
- 2) 弘瀬密樹ら: バイオマス燃焼灰を用いたセメントレス材料に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文, Vol.45, No.1, pp.1102-1107, 2023
- 3) 鈴木麻里子ら: 木質バイオマス燃焼灰を活用した植栽基盤ポーラスコンクリートの開発に向けた基礎的検討, コンクリート工学年次論文, Vol.44, No.1, pp.1138-1143, 2022
- 4) 堀江亮介ら: 木質系バイオマスボイラー燃焼灰の混和材利用に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文, Vol.40, No.1, pp.1941-1946, 2018