

建築リサイクルに資するサイディング切粉の地盤工学的再利用の検討

芝浦工業大学大学院 ○(学)加藤遥馬・(学)中尾晃揮・(正)稲積真哉
株式会社アーネストワン (一)九万田浩介・(一)吉田隆久
土木地質株式会社 (一)橋本 亮・(一)相澤英輔・(一)岡林昌宏

1. はじめに

昨今の住宅建築および建設業界では、建築物の老朽化やリノベーションのトレンドによるリフォームの需要が高まっている。リフォームに伴う解体においても、窯業系サイディング材（以下、SD 材）を含む建設混合廃棄物が多く発生している。更には SD 材の製造過程において、SD 切粉が多く発生しているのが現状である。建設材料であるセメント系材料のうち、コンクリートやモルタルのリサイクル率は 90%以上であり、建設発生木材や建設汚泥、コンクリート塊、アスファルト塊のリサイクル率も 90%以上である¹⁾。一方で、セメント系材料のうち、建設混合廃棄物に分類される SD 材の現在のリサイクル率は著しく低く、建築副産物の中で唯一リサイクル率が 90%を下回る 60%台であるデータも国土交通省から出されている²⁾。この背景には、SD 切粉の有効な再利用方法が確立されていない点に加え、セメントやコンクリートと異なり、機能性付与を目的とした有機物（有機系混和材）が多く含まれることから、リサイクルしにくい点が要因として挙げられる²⁾。

本研究では、SD 材製造過程で生じる SD 切粉の再利用を目的とし実験および分析を行うことで、地盤改良材への再利用として用いる可能性を検討する。また、産業廃棄物の中で建設混合廃棄物に分類される SD 切粉の再利用方法を検討することで、SDGs への貢献を目的とする。セメント系材料でありながら、有機物を多量に含むことが再利用に影響するため、SD 切粉に熱処理を加えた検討も行う。研究方法は、一軸圧縮試験による物理的な強度変化、SEM-EDS 分析では生成物の定性分析および定量分析を行う。

2. 一軸圧縮試験及び SEM-EDS 分析の概要

一軸圧縮試験は、円柱状の供試体に側圧のない状態で圧縮力を加えて強度を計る試験であり、圧縮応力 σ と軸ひずみ ε の関係を計測し、そのピーク強度を一軸圧縮強さとする。本研究では、直径 5cm、高さ 10cm のモールドを用いて供試体を作成する

SEM-EDS 分析（エネルギー分散型 X 線分光法）は、電子顕微鏡の一種で、試料に対して電子線を照射した際の二次電子や反射電子を検出し、観察する。主に、二次電子像では試料表面の凹凸を、反射電子像では元素組成によるコントラストを観察する。分析試料に電子線を照射すると、試料中の原子の内殻電子をはじき飛ばし、それにより生じた空孔を高エネルギー順位の外殻原子が補うのに伴い、特性 X 線をエネルギーで分光し検出する。この特性 X 線は元素固有のものであるため、組成分析や元素の同定が可能である。これにより、元素マッピングや含有する元素の定量分析を行うことが可能である。

3. 供試体条件

検討材料を以下とする。

- (1) SD 切粉（表内では SD と示す）
- (2) 普通ポルトランドセメント（表内では C と示す）
- (3) 笠岡粘土

表-1 供試体の配合条件

供試体	固化材内訳(g)				笠岡粘土(g)
	SD (非加熱)	SD (110℃)	SD (200℃)	C	
Case1	188.7	0	0	80.9 (C:SD =3:7)	2750 (含水比=70%)
Case2	0	188.7	0		
Case3	0	0	188.7		

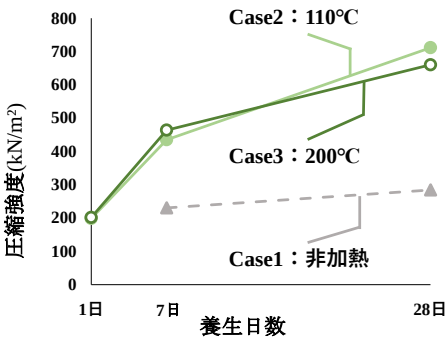


図-1 一軸圧縮強度の Case ごとの比較

キーワード：サイディング切粉，リサイクル SEM-EDS 分析

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3 丁目 7-5 (TEL：03-5859-8360；FAX：03-5859-8401)

上記において、(1), (2)を固化材とし、(3)を対象土とする。

本研究では、熱処理を加えた SD 切粉と非加熱の SD 切粉を用いて、供試体を作成する。加熱方法は、電気ヒーターで加熱する定温乾燥機を用いる。温度設定は 110℃または 200℃の 2 種類とし、それぞれ 20 時間程度の加熱処理を行う。加熱済み SD 切粉を供試体に添加する際は常温まで冷まして用いる。供試体作製後、加熱処理は行わず 20℃の恒温槽にて規定材齢まで養生し、一軸圧縮試験及び SEM-EDS 分析をそれぞれ行う。表-1 では、試験と分析に使用する供試体の配合条件を示している。

4. 一軸圧縮試験及び SEM-EDS 分析の結果と考察

Case1~3 の一軸圧縮試験結果を図-1 に示す。試験時の供試体養生日数は 1 日、7 日および 28 日とする。

SD 切粉非加熱の Case1 は、材齢 1 日では供試体の固化が確認されなかったため、一軸圧縮試験は未実施とし、初期材齢を 7 日とする。一方で熱処理を行った Case2 と Case3 では材齢 1 日から供試体の固化が確認され、強度発現が見られた。非加熱の Case1 でも多少強度は発揮されたが、材齢 7 日以降、熱処理を加えた Case2, 3 とは強度差が大きくなった。

図-2 に 110℃で熱処理をした Case2 の材齢 28 日の SEM 画像を示す。Case2 では全ての材齢で水和反応による生成物は確認されず、また Case1 についても同様の結果を得た。図-3 は Case3 の材齢 7 日の SEM 画像を、図-4 は図-3 の SEM 画像内の元素分布（マッピング）を示す。SEM 画像より針状結晶のエトリンガイト、材齢 7 日で板状結晶の水酸化カルシウムが見られたこと、元素マッピングより前述の箇所にエトリンガイトと水酸化カルシウムの構成元素がそれぞれ見られたことから、水和反応が起こったと考えられる。

5. おわりに

本研究の成果として、Case2, 3 については SD 切粉に加熱処理を行ったことで供試体の強度発現に寄与することが確認された。これらの結果は、加熱により有機物が除去されたことに加え、SD 切粉の吸水性の高さから笠岡粘土の間隙水が吸収されたこと、SD 切粉の添加によって粒度調整がなされたことが理由と考えられる。

また、SD 切粉に 200℃の熱処理を加えることで、水和反応が起こることが確認された。この理由として、SD 切粉に 200℃の熱処理を加えることで有機物が除去された、すなわち反応を阻害する要素が除去されたことにより、SD 切粉の結晶度が高くなり、水和反応を起こしたことが挙げられる。また固化材の内 30%をセメントとしていることも水和反応を起こした要因と考えられる。

今後の課題として、SD 切粉を地盤改良材に用いるには、熱処理を加える時間の長さや他の温度の検証を深め、用いることが可能となるラインを定める必要がある。また、SD 切粉に熱処理を加えて地盤に添加する実用的な方法について定めることで、今後の SD 切粉の再利用を住宅建築業界として促すことが可能になると考える。

参考文献

- 1) 恩田ら：窯業系サイディング切粉の熱処理による再生利用可能性，廃棄物資源循環学会論文誌，Vol.31, pp. 108-115, 2020.
- 2) 国土交通省：建設リサイクル推進計画 2020（案）。

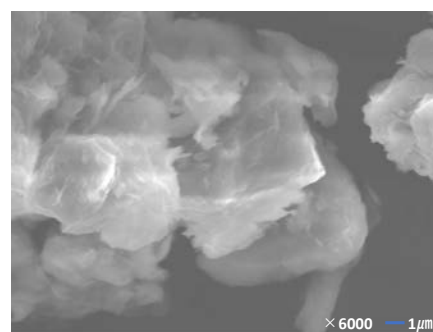


図-2 Case2(110℃) - 材齢 28 日の SEM 画像

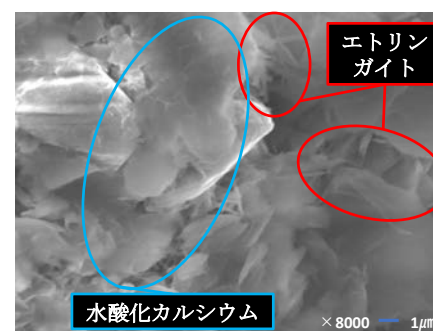


図-3 Case3(200℃) - 材齢 7 日の SEM 画像

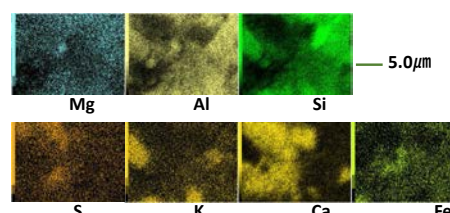


図-4 Case3(200℃) - 材齢 7 日の 元素マッピング