

細粒分に着目した再生細骨材の
CO₂固定量と六価クロム溶出抑制効果について

九州大学 学 ○峰涉磨

九州大学 正 アデル・アロウイシー 正 石蔵良平 F 安福規之 学 阪本優平

株式会社竹中工務店技術研究所 河野貴穂 西家翔

1.はじめに

現在、CO₂排出量の削減は世界の大きな課題の一つであり、CO₂を貯留する新しい技術の開発も必要である。これらのことを踏まえ、セメント産業の分野で排出されるCO₂をコンクリート廃材に固定し、それらを地盤改良材として用いることができれば、CO₂の排出量削減に大きく貢献できると考える。コンクリート廃材はふるい分けやブラスト処理を得て、粒度ごとに再生粗骨材、再生細骨材、微粉の三種類に分けられる¹⁾。本研究では、再生細骨材と微粉にCO₂を固定し、それらを砂の代替材料として、地盤改良、特にサンドコンパクションパイル(SCP)工法に用いることを検討している。また、コンクリート廃材からは、セメント原料に含まれる特定有害物質である六価クロムの溶出も予想される。

本研究ではSCPの適用範囲や六価クロムの土壤環境基準値を踏まえたうえで、再生細骨材と微粉に着目し、CO₂固定量を最大化するための試料の最適化を目的とした。本報告では、その事前準備として、CO₂固定処理前のCO₂含有率と六価クロム溶出特性量を調査した。

2. 実験概要

コンクリート廃材は表1に示すNo.1~4の4種類がある。コンクリート廃材に、ブラスト時間と集塵風の条件を表2のように変化させ、試料を作成した。本研究では、No.2 試験②、No.3 試験②、No.3 試験③、No.4 試験②の計4種類のコンクリート廃材を研究対象の試料とした。試料名は、ブラスト時間(t)に合わせて、それぞれNo.2 t50、No.3 t50、No.3 t40、No.4 t50と表すこととする。

同じ試料の細骨材と微粉を、SCP工法における粒状材料の微粉割合推奨値(3~5%)を参考にして、試料全体に占める微粉の質量混合割合を0、4、10、20%と変えながら混ぜ合わせ、計16パターンの試料を用意した。各試料の粒径加積曲線を図1-A,Bにそれぞれ示す。続いて、試料の初期状態を把握する

ため、試料のCO₂初期含有率を強熱減量試験を用いて測定した。まず、計16パターンの試料を500°Cで試料が恒量になるまで強熱し、その後900°Cで再び試料が恒量になるまで強熱した。この時、500°Cでは水酸化

表1 コンクリートの廃材種類

No.	種類	呼び強度 N/mm ²	スランブ (cm)	粗骨材最大寸法 (mm)	原料
1	普通ポルトランドセメント	21	12	20	硬質砂岩
2	普通ポルトランドセメント	21	12	20	石灰岩
3	普通ポルトランドセメント	30	12	20	硬質砂岩
4	高炉セメントB種	21	12	20	硬質砂岩

表2 ブラスト処理条件

条件	試験①	試験②	試験③
ブラスト時間 (秒)	150	50	40
集塵風 (m ³ /min)	250	250	160

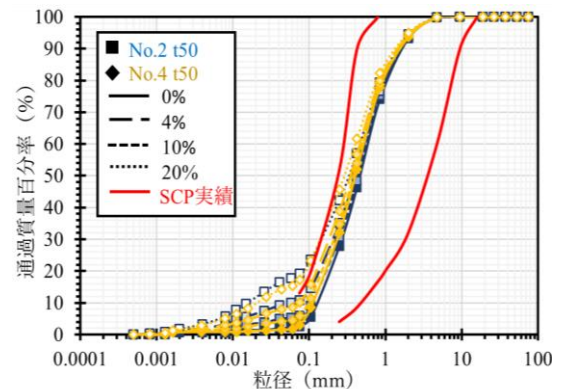


図1-A 粒径加積曲線(No.2 t50, No.4 t50)

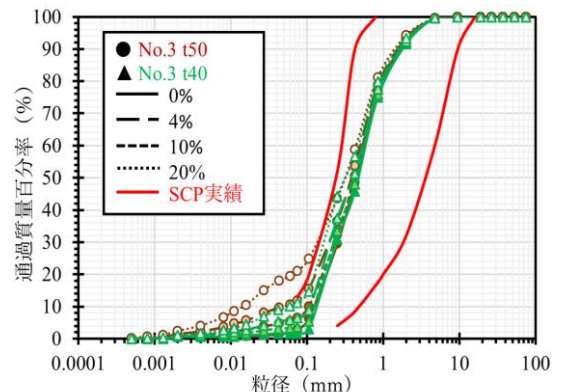


図1-B 粒径加積曲線(No.3 t50, No.3 t40)

カルシウムの脱水反応が起こり 900°Cでは炭酸カルシウムの熱分解が起こると仮定している³⁾。強熱前後の質量減少量から CO₂含有率を算出した。ここで言う CO₂含有率は 900°Cで強熱後の質量を強熱前の質量で割ったものとする。また、環境省告示第 46 号溶出試験に従い、CO₂固定前の初期状態における粒度調整した試料の六価クロムの溶出量の測定も行った。

3. 実験結果の考察

強熱減量試験による試料の CO₂含有率と細粒分含有率との関係は図 2 に示す。No.3 t50、No.3 t40、No.4 t50 においては CO₂含有率が約 2～4%であったが、No.2 t50 においては CO₂含有率が約 18～20%ほどであり、他の試料と比べ初期の CO₂含有率の値が大きいことが分かった。これは、No.2 は骨材が、石灰岩を原料としたものであり、もともと炭酸カルシウムを多く含んでいたためだと考える。また、No.3 t50、No.3 t40、No.4 t50 については、細粒分含有率が大きくなるほど CO₂含有率もわずかに増加する傾向がみられたが、No.2 t50 にその傾向は見られなかった。

次に各試料の細粒分含有率と六価クロム溶出量の関係を図

3 に示す。No.4 t50 では、測定装置で検出できる測定範囲を下回ったため具体的な値を得ることができなかった。これは No.2 t50、No.3 t50、No.3 t40 はコンクリート作成にあたって、普通ポルトランドセメント (N) を使用していたのに対して、No.4 t50 は還元剤を含む高炉スラグが 30～60%含まれる高炉セメント B 種 (BB) を使用していたことが影響していると考えられる。六価クロム溶出量は、すべての試料において、土壤環境基準である 0.05mg/L を下回り、0.01～0.04mg/L 程度の六価クロム溶出量が確認された。これらの値は六価クロム溶出量の土壤環境基準を満たしている。また、No.2 t50 は細粒分含有率が大きくなるにつれて六価クロム溶出量も減少傾向を示したが、他の試料ではそのような傾向は見られなかった。

4. まとめ

本実験ではコンクリート廃材における初期の CO₂含有率、六価クロム溶出量の測定を行った。CO₂含有率については、No.2 t50 以外の試料で細粒分割合が大きくなるほど CO₂含有率もわずかに増加するという結果が得られた。また、六価クロム溶出量については高炉セメントを原料とするコンクリート廃材は六価クロム溶出量が非常に小さいという結果が得られた。今後は、CO₂固定装置を用いて試料への CO₂固定処理を行い、細粒分含有率と固定時間に着目した CO₂固定量のばらつき評価を行う予定である。また、CO₂固定量処理を行った後、細粒分含有率や CO₂固定量と六価クロム溶出量との関係についても調査・分析を行う予定である。

【参考文献】 1)NEDO:CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発(<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development-manufacturing-concrete-using-co2/>) 2)地盤工学会:打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法設計・施工マニュアル p.52 3)佐野博昭・山田幹雄・柏原司・金子敏行・澄川圭治・中村貴敏:強熱法を用いた製鋼スラグの炭酸カルシウム含有率測定法土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 71, No. 1, 14-19, 2015.

【謝辞】本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP21014) を受け、「革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発プロジェクト」で得られた成果である。また、六価クロム溶出量測定試験の実施に当たっては、九州大学・古川全太郎先生に具体的な測定方法についてご教示いただいた。

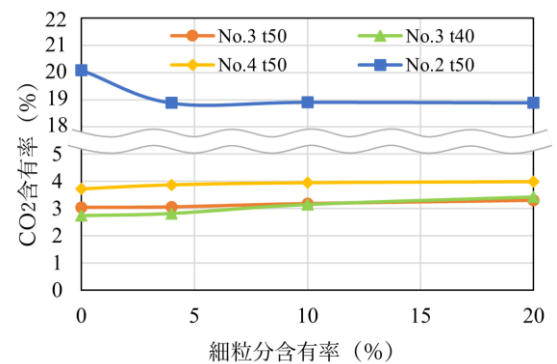


図 2 細粒分含有率と CO₂含有率の関係

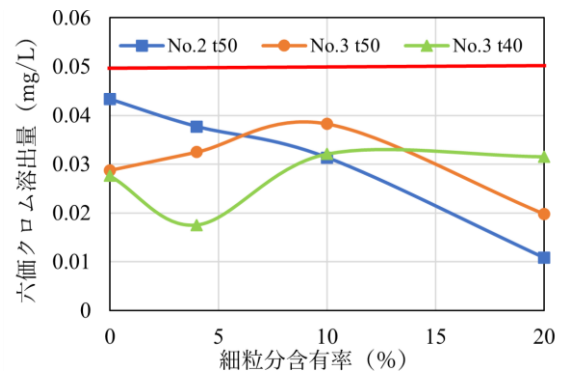


図 3 細粒分含有率と六価クロム溶出量