

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：52201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20469

研究課題名（和文）高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制技術に関する研究

研究課題名（英文）Study on technology to suppress the elution of hexavalent chromium in recycled aggregate concrete using ground granulated blast furnace slag

研究代表者

文野 光 (Fumino, Hikaru)

小山工業高等専門学校・建築学科・助教

研究者番号：80966929

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制技術を開発することを目的とした。

炭酸化前のコンクリート試料では再生骨材の種類にかかわらず、六価クロムの溶出量が土壌環境基準値0.05mg/L以下となることが明らかとなった。セメントの一部を高炉スラグ微粉末に25%以上を置換することにより炭酸化した再生骨材コンクリートからの六価クロムの溶出を抑制可能であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、資源の不足により世界中でリサイクル材の利用が進められており、コンクリートの分野においても解体コンクリート片を使用した再生骨材の利用が進められている。そこで本研究では再生骨材を利用する上で懸念される六価クロム溶出について検討を行った。

本研究の成果より、再生骨材を用いたコンクリートの六価クロム溶出に対して高炉スラグ微粉末を用いることで抑制することが明らかとなった。この結果より再生骨材を利用する際の環境的配慮の面で有効であることを示していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a technology to inhibit the elution of hexavalent chromium in recycled aggregate concrete using ground granulated blast-furnace slag.

The amount of hexavalent chromium eluted from concrete samples before carbonation using any recycled aggregate was less than the soil environmental standard of 0.05 mg/L. It was suggested that the leaching of hexavalent chromium from carbonated recycled aggregate concrete was suppressed by replacing a part of the cement with at least 25% ground granulated blast-furnace slag.

研究分野：建築材料

キーワード：再生骨材 六価クロム 高炉スラグ微粉末

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、資源の不足により世界中でリサイクル材の利用が進められており、コンクリートの分野においても解体コンクリート片を使用した再生骨材の利用が進められている。しかし、再生骨材は炭酸化の影響を受けて、六価クロムが溶出しやすい状態であると言える。コンクリートには人体に有害である六価クロムが含有している。コンクリート中の六価クロムはセメントの水和時に生成されるセメント水和物により固定化されるため溶出しにくい。しかし、セメント水和物は空気中の二酸化炭素と反応して炭酸化し、六価クロムを固定化する能力を失う。そのため、環境的観点において再生骨材の利用時のコンクリートからの六価クロム溶出の対策が必要である。

コンクリートからの六価クロムの溶出はセメントの一部を銑鉄を製造する際に生み出される高炉スラグ微粉末に置換することで制御できると言われている。これは高炉スラグ微粉末に含まれる硫黄分や鉄分が六価クロムと還元反応して無害である三価クロムに変化させる。還元効果により三価クロムとなった六価クロムは炭酸化に影響を受けても六価クロムが溶出しにくいことも報告されており、コンクリートから溶出制御する上で還元効果はセメント水和物の固定化に対して優位であると言える。しかしながら、再生骨材を使用したコンクリートの高炉スラグ微粉末を用いた六価クロム溶出抑制効果を検証した事例はないと言える。

2. 研究の目的

上記のような背景から再生骨材を用いたコンクリートの六価クロム溶出抑制技術開発を最終目的として、問題点を定めて研究を進めていく。

2010年代の研究において、水に浸漬させた再生骨材から六価クロムが溶出する現象が報告されている。これは炭酸化の影響を受けた再生骨材のセメント水和物が破壊されることが起因する。しかしながら、2010年代の再生骨材の六価クロム溶出の報告から10年以上経過しているため、現在使用されている再生骨材はさらに六価クロムを溶出しやすい傾向になっている可能性がある。加えて、高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出特性に関しての研究は不明な点も多い。

そこで本研究では、炭酸化前後の再生骨材の六価クロムの溶出を確認し、高炉スラグ微粉末の添加率による再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、市販されている2種類の再生骨材を対象に再生骨材単体および再生骨材コンクリートの六価クロム溶出特性を確認し、高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制を確認した。

(1) 再生骨材の六価クロム溶出試験

市販されている炭酸化前後の再生骨材を試料として六価クロム溶出量の確認を行った。再生骨材は異なる生産工場から集荷された埼玉県と栃木県の工場で作られた再生骨材 SM (以下: SM) と栃木県の工場で作られた再生骨材 SA (以下: SA) の2種類を使用した。再生骨材の溶出試験は環境庁告示第46号による溶出試験方法を用いた。粉碎した5mm以下の試料を水と1:10の割合となるよう調節し、その試料を振とうさせて溶出させた。以上の実験により市販されている再生骨材単体の六価クロム溶出量を確認した。

(2) 再生骨材コンクリートの六価クロム溶出試験

上述した再生骨材および高炉スラグ微粉末を用いてコンクリートを作製し、高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制を確認した。

水準は再生骨材2種類と高炉スラグ微粉末の置換率0、5、10、25、50%を組み合わせた全10種とした。高炉スラグ微粉末は一般に用いられている高炉スラグ微粉末4000を用いた。コンクリートはハンドミキサーを用いて練混ぜ、100×200mmの鋼製型枠に打設したものを試験体とした。試験体は打設後1日で脱型し、材齢7日まで水中養生を行った。試験体を所定の材齢経過後に3日間の乾燥を行い、その後ジョークラッシャーを用いて粉碎を行った。粉碎後の試料を促進中性化槽により1週間炭酸化を再度行った。炭酸化前後の試料に対して環境庁告示第46号による六価クロム溶出試験を行った。上記の方法を用いて再生骨材コンクリートの高炉スラグ微粉末の置換率の影響による六価クロム溶出抑制を確認した。

4. 研究成果

(1) 再生骨材からの六価クロム溶出試験

図1に炭酸化前後の再生骨材からの六価クロム溶出試験の結果を示す。SMからの六価クロムは炭酸化前後いずれも土壌環境基準値0.05mg/L以下となった。SMは全体として粒度が大きく、炭酸化の影響が小さくなったと考えられる。それに対してSAは炭酸化後に土壌環境基準値を上回る溶出量となった。このことより、SAは付着しているセメントペーストが多いことおよび粒度の小さいものが多く炭酸化が進行しやすかったことが影響していると考えられる。

(2)再生骨材コンクリートからの六価クロムの溶出量

図 2 に炭酸化前後の再生骨材コンクリートからの六価クロム溶出試験の結果を示す。炭酸化前のコンクリート料では再生骨材の種類にかかわらず、六価クロムの溶出量が土壤環境基準値以下となることが明らかとなった。このことより、セメントによる固定化または高炉スラグ微粉末による還元により再生骨材からの六価クロムの溶出を抑制したと考えられる。

しかしながら、炭酸化後の再生骨材コンクリートにおいては土壤環境基準値以上の六価クロムの溶出が確認された。SA0 と SM0 は再生骨材由来の六価クロムに加えてセメント由来の六価クロムが炭酸化により固定化されず溶出したと考えられる。また、高炉スラグ微粉末を置換した試料では置換率の増加に伴い、還元量が増加してコンクリートからの六価クロムの溶出を抑制したと考えられる。しかしながら、高炉スラグ微粉末の還元による抑制は一定量の高炉スラグ微粉末が必要であると考えられる。再生骨材からの六価クロムの溶出に加えて、セメントからの六価クロムの溶出を還元する必要がある。本研究では高炉スラグ微粉末を 25%以上置換により還元効果で再生骨材コンクリートからの六価クロムの溶出を抑制可能であると示唆された。

以上より、再生骨材を利用する上で懸念される六価クロム溶出に対して高炉スラグ微粉末を用いることで六価クロム溶出量を環境基準値以下に抑制させることが確認された。今後の展望としては、さらに再生骨材の付着ペースト量を考慮した再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制技術開発を進める必要がある。

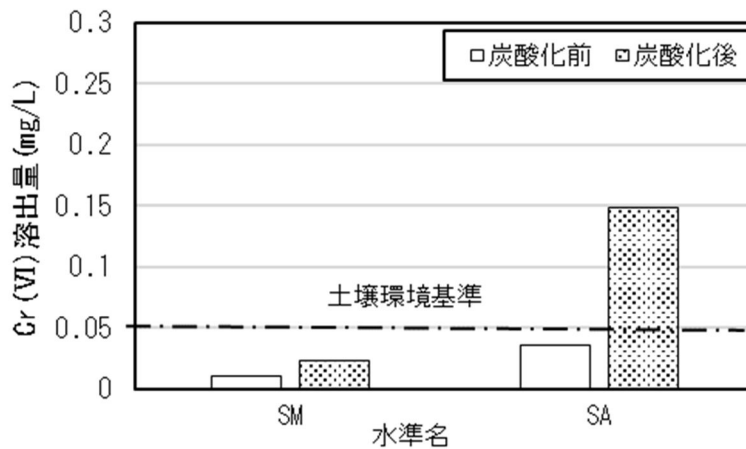


図 1 再生骨材からの Cr()の溶出量

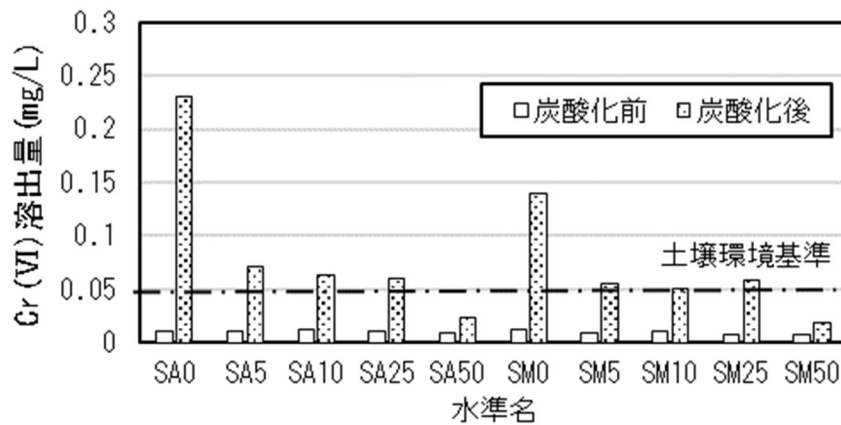


図 2 再生骨材コンクリートからの Cr()の溶出量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 文野 光
2. 発表標題 高炉スラグ微粉末を用いた再生骨材コンクリートの六価クロム溶出抑制に関する基礎的研究
3. 学会等名 2024年度日本建築学会大会(関東)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------