

盛土材料としての破碎コンクリートの再生化方法の検討

中央大学大学院 学生会員 ○渡邊 一矢
中央大学 正会員 平川 大貴

1. はじめに：コンクリート塊(以下、破碎コンクリート)は主要な建設副産物である。破碎コンクリートは締め固めることで粒度調整砕石と同等の強度を発現する¹⁾が、六価クロム Cr(VI)の溶出という環境リスクがあるために盛土材としての活用は進んでいない。破碎コンクリートに含有する Cr(VI)量は微量で、水溶性²⁾であるため、再生化の過程で繰返し通水することで環境基準値を満たす程度まで除去できる可能性がある³⁾。本研究では2種類の破碎コンクリートを用いて繰返し通水による洗浄の可否を調べた。

2. 使用材料と検討内容：市販の2種類の破碎コンクリート(試料A, B)を用いた。これらは同じ工場では別時期に再生化されたものである。入手時はRC-40の粒度であったが、「突き固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)」や三軸試験等の種々の室内実験を行うために、最大粒径 $D_{max}=19\text{ mm}$ のせん頭粒度に再調整した(図-1)。破碎コンクリート粒子は骨材とペーストの複合構造体で、それぞれの硬さが異なる。粒子破碎挙動を示す土は一般的には盛土材として用いないが、破碎コンクリート粒子のペーストにはスレーキング特性はない。また、検討した2試料の強度変形特性の例を図-2に示す。図-2は $1.0E_c - \rho_{dmax}$ 条件での三軸圧縮試験(飽和, CD条件, 有効拘束圧 $\sigma'_3=40\text{ kPa}$)結果である。試料A, Bともに良好な強度変形特性を持つ。 ρ_{dmax} 条件での内部摩擦角 ϕ は(試料A, B) $= (45^\circ, 48^\circ)$ で、強度値も一般的な盛土材(礫質土)の要求を満たす。したがって、力学的特性としては破碎コンクリートは盛土材として活用できる。

一方、破碎コンクリート粒子に付着するペーストにはCr(VI)が含有する。本研究で用いた2試料に対して環境庁告示第46号法およびジフェニルカルバジド吸光光度法(JIS A 0102)でCr(VI)溶出量を測定したところ、試料Aは 0.042 mg/l 、試料Bは 0.107 mg/l であった。試料Bは環境基準値($=0.05\text{ mg/l}$)を超えているが、破碎コンクリートから溶出するCr(VI)量は最大でも環境基準値の5倍程度であることが分かっている¹⁾。本研究を実施するにあたってはペーストの化学組成と全Cr量を測定し、特殊なコンクリートではないこと、含有するCr(VI)量は少ないことを確認している。蛍光X線分析(検量線法)で測定した2試料の化学組成を表-1に示す。いずれの試料も化学組成は一般的で、含有するCr量も微量である。全Crの一部がCr(VI)の状態にある。このCr(VI)は水溶性²⁾であるために通水に伴って溶出しやすい。Cr(VI)の溶出への対応には、使用前に

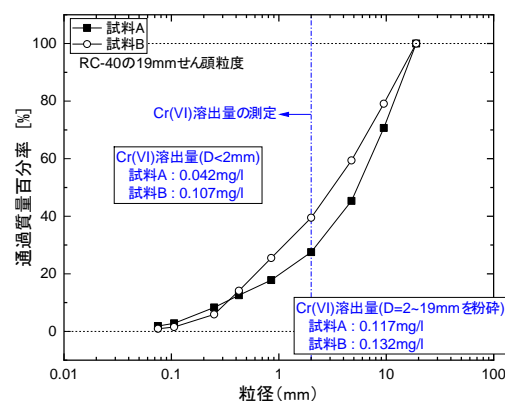


図-1 実験粒度

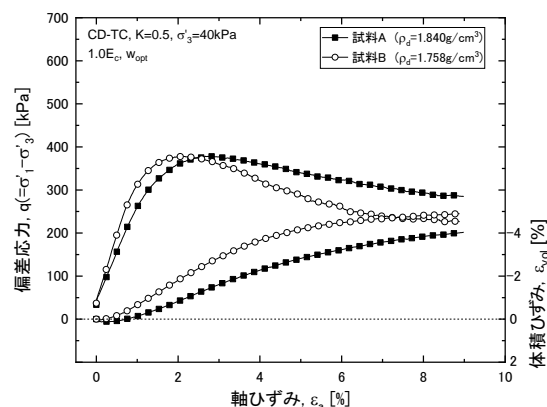


図-2 試料A・Bの強度変形特性

表-1 試料A・Bのペーストの化学組成

[単位: 質量%]

	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr
試料A	12.31	53.68	9.22	3.16	16.48	1.48	0.45	1.54	1.05	0.29	0.05	0.08	0.006
試料B	14.95	49.33	8.29	3.37	19.56	1.68	0.61	1.12	0.81	0.33	0.06	0.09	0.005

キーワード 破碎コンクリート, 再生地盤材料, 六価クロム, 通水, 洗浄

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学大学院理工学研究科 TEL 03-3817-1799

除去する、もしくは盛土からの溶出を防ぐの2パターンが考えられる。本研究では、破碎コンクリートが工場製品であることを踏まえ、再生化の過程で通水することによる洗浄に注目した。

3. 繰返し通水洗浄によるCr(VI)の除去：通水洗浄試験の概要を図-3に示す。気乾状態の破碎コンクリート10kgを樹脂製容器内に入れ、蒸留水を鉛直下向きに3日間隔で通過させた。給水量は、破碎コンクリート全体に水を行き渡らせるために初回のみ質量比20%(固液比10:2)、以降は使用する水量を最小化するために質量比10%(固液比10:1)とした。本試験では帯水はさせず、給水後直ちに供試体下部から負圧を作用させている。供試体を通じた水を検液とし、pHとCr(VI)溶出量を測定した。洗浄効果は破碎コンクリートからのCr(VI)溶出量で判断し、測定条件は環境庁告示第46号法とした。なお、本研究では $D \geq 2 \sim 19$ mmの粗粒材を2mm未満に粉碎した試料に対しても測定を行い、粗粒材内部の洗浄の程度も確認した。

図-4に通水条件と溶出特性を示す。検液は強アルカリの状態にあること、少量の通水であってもCr(VI)は濃縮して溶出することが確認できる。Cr(VI)はアルカリ環境下では再吸着しないことから、図-4の結果は通水洗浄は効果的な方法であることを示している。

洗浄効果を確認した結果を図-5に示す。図-5では、 $D < 2$ mm以下(環境庁告示第46号法)の結果とともに、粗粒材内部の洗浄の程度を確認した結果もあわせて示した。図-5より、環境基準値を超える溶出があった試料Bにおいても2回の通水で環境基準値以下まで洗浄できていることが分かる。また、通水を繰り返すことで粗粒材内部のCr(VI)もある程度取り除くことができる。このような結果は、異なる破碎コンクリートに対して検討した先行研究³⁾と一致している。

4. まとめ：本研究では破碎コンクリートを盛土材として活用するため、繰返し通水洗浄試験によるCr(VI)除去の可否と、通水に伴う力学的特性変化の有無について実験的に調べた。その結果、再生化の過程で繰返し通水することでCr(VI)を除去できることを確認した。

謝辞：本報は科学研究費補助金(20K04688)の成果である。

参考文献：1)平川大貴ら：再生地盤材料としての破碎コンクリートの工学的性質，土木学会論文集 C, 74(2), pp.192-201, 2)高橋茂：セメントに含まれる微量成分の環境への影響，セメント・コンクリート, No.60, pp.20-29, 2000, 3)平川大貴：通水洗浄による破碎コンクリートの再生化方法の検討，第56回地盤工学研究発表会, 12-4-5-06, 2021。



図-3 通水洗浄試験の概要

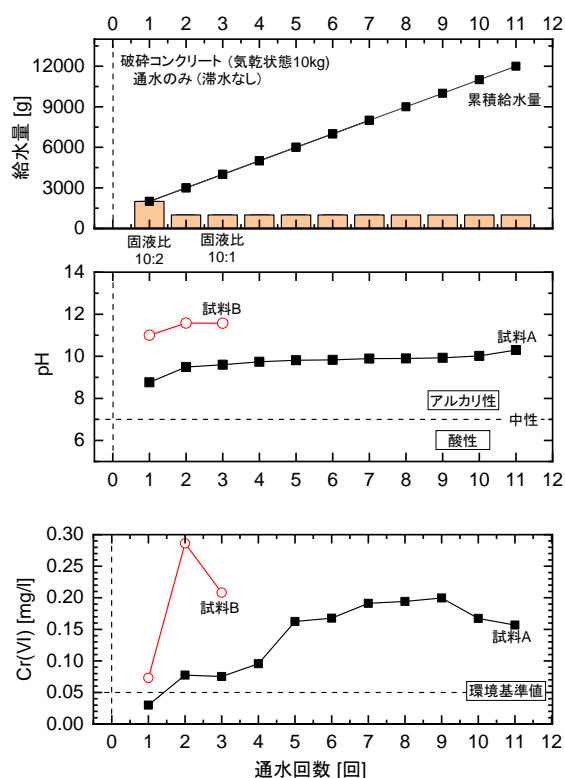


図-4 通水条件と溶出特性

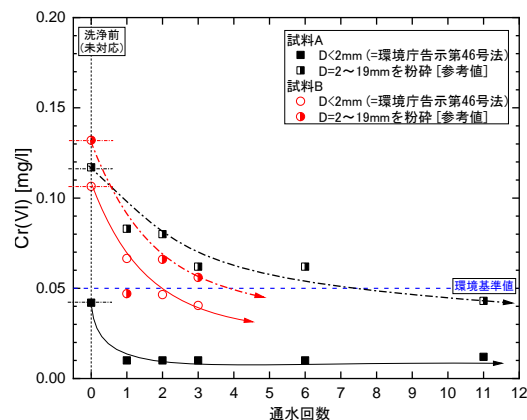


図-5 洗浄効果