地盤材料としての破砕コンクリートの再生化方法に関する考察

中央大学　正会員　○平川　大貴
中央大学　正会員　荒木　裕行
(株)NIPPO　正会員　大橋　貴志

１．はじめに：六価クロム Cr(VI)の溶出の可能性[1)]，強度変形特性のバラつき等の問題から，破砕コンクリートの再生地盤材料としての活用は進んでいない．上記の問題は，粒子に含まれるセメント硬化体に起因する．コンクリート工学分野ではセメント硬化物の脆弱部を除去することによる再生骨材の品質改善への検討[2)]がなされているが，盛土材としての検討は限定的である．そこで本研究では，セメント硬化物脆弱部の除去の有無による Cr(VI)溶出量と強度変形特性の差異を調べ，破砕コンクリートを地盤材料として用いる場合での再生化方法について考察した．

２．使用材料および研究概要：本研究で用いた破砕コンクリートは RC-40 の規格に粒度調整されていたが，以降に示す三軸圧縮試験(供試体寸法：直径 100×高さ 200 mm)等の室内土質試験を実施するにあたり，粒径 D=19.0 mm のせん頭粒度に再調整した．本研究ではこの粒度(**図-1**)を基準とした．一方，入手した破砕コンクリートの一部は，粒子同士を擦り合せてセメント硬化物脆弱部を除去した．ロサンゼルス試験のドラムに破砕コンクリートを入れ，鉄球を入れずに 500 回転させてセメント硬化体の表面を削り落とした．回転数をこれ以上増加させても粒子破砕が進行して礫分の粒子が得られにくくなるだけでなく，擦り落とした細粒分の処理という新たな問題が発生する．セメント硬化物脆弱部を除去した材料は基準粒度に揃えて使用した(**図-1**)．これらの二つの試料を区別するため，以降では粉砕しただけの破砕コンクリートを試料 a，粒子同士を擦り合わせてセメント硬化物脆弱部を除去したものを試料 b と表記する．

図-2 に試料 a&b の代表的な粒子の概要を示す．粉砕・粒度調整しただけの試料 a の粒子は角張った形状をしているのに対し，粒子同士を擦り合わせた試料 b では角が取れて丸みを帯びた粒子形状となる．

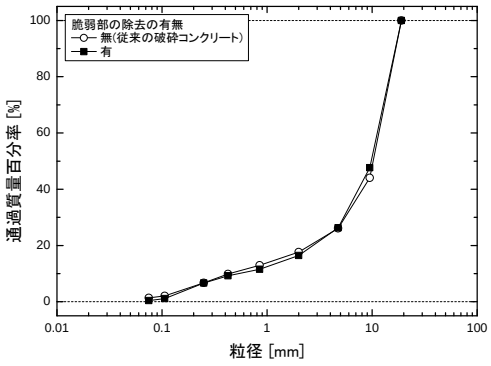

図-1　実験材料の粒度

本研究では上記の 2 種類の材料の環境性能と力学的性質を比較した．環境性能は環境庁告示第 46 号法およびカラム溶出試験による Cr(VI)溶出量の差異で評価した．一方，力学的性質は同じエネルギーE_cで締め固めた状態での強度変形特性を比較した．

３．Cr(VI)の溶出特性の差異：まず，環境庁告示第 46 号法によって検液を作製し，ジフェニルカルバジド吸光光度法(JIS K 0102)で測定したところ，試料 a からは 0.025 mg/*l*，試料 b では 0.030 mg/*l* の Cr(VI)の溶出量があった．これらはともに環境基準値(0.050 mg/*l*)以下であり，定量的にも微量であるために明確な差があるかどうかの判定が難しい．そこでカラム溶出試験を実施し，Cr(VI)溶出量の差異を再度検討した．カラム溶出試験は基準化された測定方法ではないが，通水回数に伴う溶出量の変化を把握できる等の利点がある．**図-3** にカラム溶出試験の概要を示す．ϕ105mm の樹脂製円筒容器内で 2,000 g の実験粒度(**図-1**)の破砕コンクリートを(w, ρ_d)=(約 10 %, 1.450 g/cm^3)となるよう

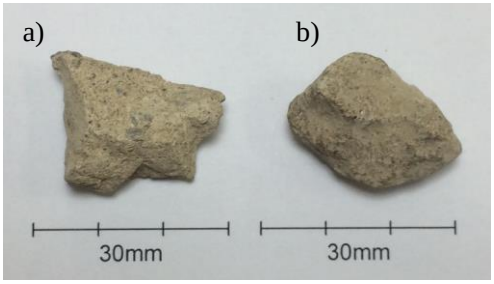

図-2　セメント硬化物脆弱部の除去の有無による粒子形状の差異; a)試料 a(粉砕のみ)，b)試料 b

キーワード　破砕コンクリート，セメント硬化物，六価クロム，強度変形特性
連絡先　〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科　TEL03-3817-1798

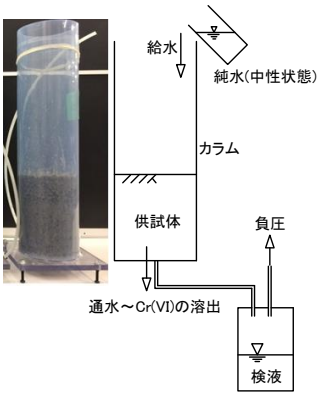

図-3　カラム溶出試験の概要

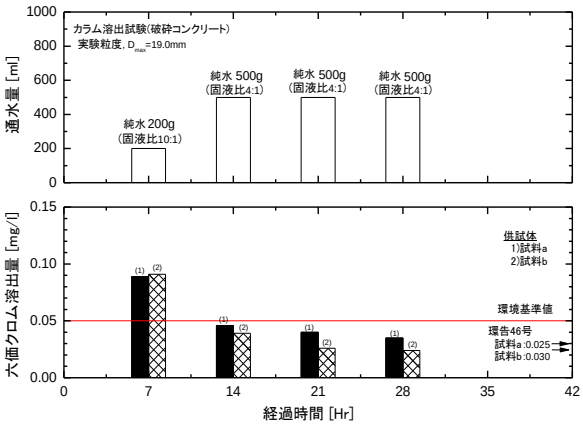

図-4　カラム溶出試験の測定条件と測定結果

に突き固め，この層を通水させて検液を得た．採取した検液は環境庁告示第 46 号法と同様に遠心分離やろ過を行った後，ジフェニルカルバジド吸光光度法で Cr(VI)の溶出量を求めた．カラム溶出試験の測定条件と測定結果を**図-4** に示す．通水は 1 回目では固液比 10:1，それ以降は 4:1 とした．試料 a&b ともに 1 回目の測定では環境基準値を超える Cr(VI)の溶出があり，通水回数の増加に伴って溶出量は減少していくという特性で共通していた．詳細には試料 b の方が溶出が早い傾向にあるが，定量的には大きな差ではない．通水回数の増加によって溶出量が低下する現象は，水に溶けやすい Cr(VI)の特性が強く反映された結果であろう．**図-4** の結果から，破砕コンクリート粒子に含まれるセメント硬化物を多少取り除いても，Cr(VI)の溶出量および溶出特性は大きく変化しないと言える．

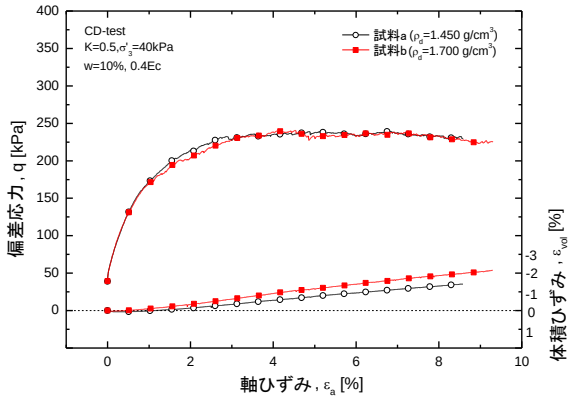

図-5　強度変形特性の比較

4．強度変形特性の差異：試料 a&b は粒度が同じであるが粒子形状が異なるため，同じエネルギーE_cで締固めても実現する密度状態は一致しない．本研究ではセメント硬化物の状態を極力変化させないように締固めエネルギーを $0.4E_c$ (約 215 KJ/m^3) と設定して A 法(JIS A 1210)のランマーを用いて突き固めたところ，試料 a のρ_d＝1.450 g/cm^3 に対して試料 b ではρ_d＝1.700 g/cm^3 と増加した．この密度状態での試料 a，b の強度変形特性の差を三軸圧縮試験で調べた．供試体は飽和化し，初期側圧係数 K=0.5，有効拘束圧σ'_3=40 kPa で異方圧密後，排水条件で載荷した．試料 a&b の偏差応力 q－軸ひずみε_a－体積ひずみε_{vol} 関係を比較した結果を**図-5** に示す．**図-5** より，密度状態は違うものの，同じエネルギーE_cで締め固めた状態での試料 a&b の強度変形特性は一致していることが分かる．すなわち，セメント硬化物脆弱部の除去による密度増加は，土粒子骨格の構築には寄与しない．

5．まとめ：再生化時でのセメント硬化物脆弱部の対応の必要性に注目し，Cr(VI)の溶出試験と土の強度変形試験を実施した．この結果，粒子に含まれるセメント硬化物脆弱部を多少取り除いても，Cr(VI)の溶出特性と強度変形特性には大差はなかった．破砕コンクリートに含まれるセメント硬化物を完全に取り除くことは現実的に困難であり，さらに再生化に要する経済的負担を考慮すると，再生地盤材料としての用途に対しては従来の粉砕・粒度調整の再生化方法が妥当であると考えられる．Cr(VI)の溶出対策および強度変形特性のバラつきに対しては，使用する破砕コンクリートに応じて個別の対応を行う必要があると考えられる．

謝辞：本研究は科学研究費補助金(16K06494)による成果である．

参考文献：1)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.640，pp.20-29，2000.
2)小川秀夫ら：脆弱部除去による再生細骨材の品質改善方法，土木学会論文集E2，Vol.67, No.2, pp.213-227, 2011.