

固化材/不溶化材の混合による破碎コンクリートの工学的特性の改善

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

1. はじめに：破碎コンクリート(コンクリート塊)は最も排出量の多い建築副産物であるが、盛土材としての活用は限定的な状態にある。盛土材として破碎コンクリートを活用するためには、1)六価クロムCr(VI)の溶出という環境リスク、2)力学的なばらつき、への対応が求められる。この方法の1つに、固化作用のある微粉末の混合¹⁾がある。これは、微粉末の硬化物で被膜することでCr(VI)を破碎コンクリート粒子内に封じ込めつつ、被膜の固化作用によって破碎コンクリート粒子同士を接着させることでマスとしての破碎コンクリートのせん断強度を向上させる。この用途に適用できる固化材は幾つかあるが、基礎データが不十分であるために固化材の選定方法の確立には至っていない。そこで本研究では、固化材の選定方法の確立に向けて、固化作用のある計3種類の固化材・不溶化材によるCr(VI)の溶出抑制効果と強度変形特性の改善効果を調べた。

2. 使用材料および研究概要：用いた破碎コンクリートは市販のものを用いた。RC-40の粒度に調整されていたが、三軸試験等の諸条件から最大粒径 $D_{max}=19.0$ mmのせん頭粒度に再調整して使用した(図-1)。この破碎コンクリート単体では加水～締固めを行っても有意な固化挙動²⁾は生じない。また、環境庁告示第46号法で検液を作成してジフェニルカルバジド吸光光度法(JIS K 0102)でCr(VI)の溶出量を測定したところ、この破碎コンクリートからは環境基準値(0.050 mg/l)を若干超える0.065 mg/lの溶出があった。

混合材には、2種類の固化材(普通ポルトランドセメント:N, 高炉セメントB種:BB), および酸化マグネシウムと酸化カルシウムを主材とした重金属類の不溶化材(Mg/Ca不溶化材)の計3種類を用いた(図-2)。NとBBは微細な粒子であるが、Mg/Ca不溶化材は細砂の粒径成分を含む。混合量はいずれの固化材・不溶化材においても破碎コンクリートの乾燥質量に対して5%と設定した。固化材に関して、この混合量は砂礫材の地盤改良で通常設定される範囲内にある。

本研究ではカラム溶出試験と三軸圧縮試験を実施し、1)Cr(VI)の溶出抑制効果、および2)強度変形特性の改善効果に及ぼす固化材・不溶化材の違いの影響をそれぞれ調べ、破碎コンクリートを盛土材として用いる場合での有効な混合材について検討した。なお、上記1)の検討を行うにあたり、用いたNとBBに含有する全Crに大差がないことを成分分析により確認している。

3. Cr(VI)の溶出抑制効果：環境庁告示第46号法の検液作成方法は固化過程にある破碎コンクリートに対しては適用できないため、本研究では加水～締め固めた供試体に対して通水を行うカラム溶出試験で検液を作成した。φ100×高さ200 mmの亚克力製円筒容器の中で2,000 gの破碎コンクリートを(w, ρ_d)=(約14%, 1.440 g/cm³)となるよう突き固め、7日ごとに固液比10:1の条件で純水を通水させた。環境庁告示第46号法と同様に遠心分離やろ過を行

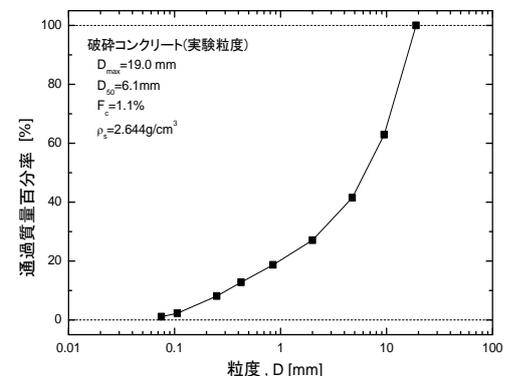


図-1 破碎コンクリートの粒度



図-2 破碎コンクリート、固化材と不溶化材の概要; a)N, b)BB, c)Mg/Ca 不溶化材

キーワード 破碎コンクリート, 固化, 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

った後、ジフェニルカルバジド吸光光度法で Cr(VI)溶出量を求めた。Cr(VI)の溶出特性の比較を図-3 に示す。Cr(VI)は水溶性であるために少量の通水であっても容易に溶出し、さらに濃縮して高い溶出量となる。一方、本研究で用いた3種類の固化材・不溶化材では、特にBBとMg/Ca不溶化材では良好な溶出抑制効果があることが確認された。BBは破碎コンクリート粒子を囲い込むことによる物理的封じ込めの効果に加え、含有するスラグ粉末による還元作用³⁾が複合的に発揮された結果と考えられる。

4. 強度変形特性の改善効果：強度変形特性の改善効果に及ぼす固化材・不溶化材の違いの影響は、三軸圧縮試験で調べた。突き固めによる土の締め固め試験(JIS A 1210, A-b法)で得られた締め固め曲線を基に、 $(w, \rho_d)=(約14\%, 1.755 \text{ g/cm}^3)$ となるようにA法のランマーを用いて締め固めた。締め固めた供試体は温度23°C、湿度100%の恒温恒湿器の中で所定の日数養生させた。全ての供試体は飽和化し、有効拘束圧 $\sigma'_3=40 \text{ kPa}$ 、初期側圧係数 $K(=\sigma'_3/\sigma'_1)=0.5$ で異方圧密した後、排水条件で軸圧縮した。強度変形特性の例として養生28日における偏差応力 q -軸ひずみ ϵ_a 関係の比較を図-4に、各供試体での最大偏差応力 q_{max} を養生日数で整理した結果を図-5に示す。図-4~5から、本研究で検討した計3種類の固化材・不溶化材は固化作用があるため、5%の混合量であっても強度変形特性の改善が期待できることが分かる。改善効果は固化材・不溶化材の種類によって大きく異なり、BB, N, Mg/Ca不溶化材の順に高い。

一方、図-5からは強度だけでなく養生特性も固化材・不溶化材の種類によって異なることが見て取れる。NとMg/Ca不溶化材は14日程度で強度値はほぼ収束するが、BBは養生28日でも強度値は増加している。セメント化学の分野ではBBはNよりも養生の進展が遅いことが知られているが、本研究で得られた結果(図-5)では養生初期からBBを用いた破碎コンクリートはNを用いたものよりも高い強度が発現され、その差は養生の進展に伴って大きくなった。この要因は粒子構造の差にあると考えられるが、本研究では同定には至っていない。この原因を明確にできれば、破碎コンクリートの持つ欠点1), 2)へのより合理的な対策の実現につながる可能性がある。

5. まとめ：破碎コンクリートの盛土材としての活用に向けて、固化作用のある計3種類の固化材・不溶化材によるCr(VI)の溶出抑制効果と強度変形特性の改善効果を実験的に調べた。この結果、いずれの材料であっても効果があることを確認した。地盤工学分野での使用は限定的ではあるものの、特にBBでは高い効果があることを確認した。

参考文献：1)平川大貴, 荒木裕行, 大橋貴志: Mg/Ca 不溶化材混合による破碎コンクリートの安定化, 第53回地盤工学研究発表会, pp.531-532, 2018. 2)平川大貴, 荒木裕行: 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, Vol.74, No.2, pp.192-201, 2018. 3)櫻井園子, 兼松学, 野口貴文, 古澤千秋: 高炉スラグ微粉末の六価クロム溶出抑制効果の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.52-57, 2014.

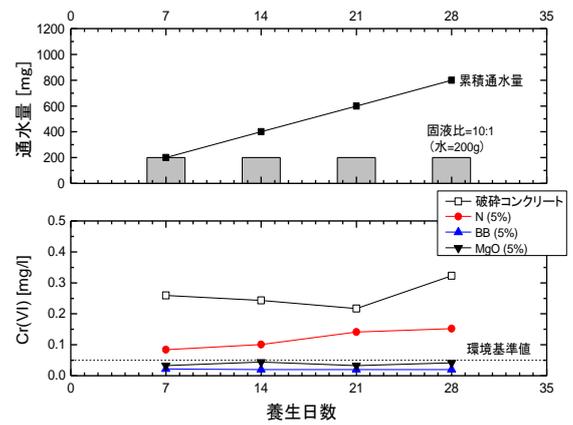


図-3 Cr(VI)の溶出特性の差異

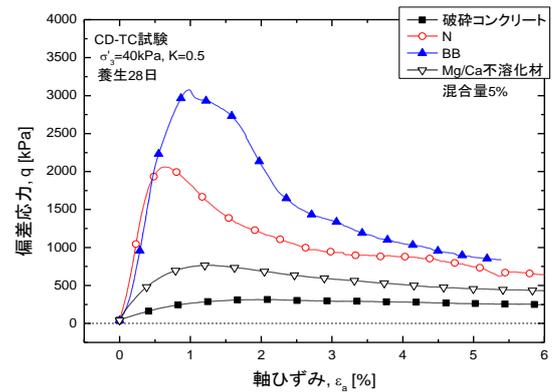


図-4 養生28日での強度変形特性の比較

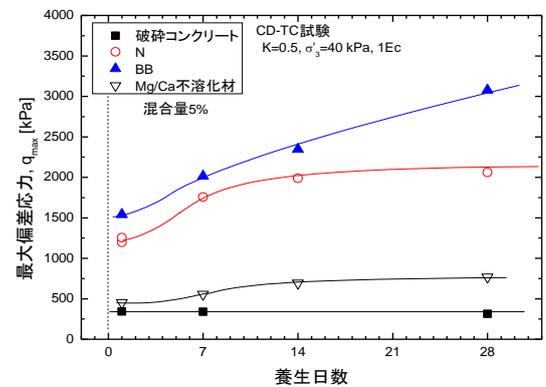


図-5 最大偏差応力 q_{max} の養生特性