

破碎コンクリートの再利用におけるトレーサビリティの必要性

中央大学 学生会員 ○三橋 齋
中央大学 正会員 平川大貴

1. はじめに：破碎コンクリートは主要な建設副産物であり、その排出量は今後さらに増加すると予想される。循環型経済社会を確立するためには、地盤材料としての破碎コンクリートの利用方法の拡大が求められる。破碎コンクリートの新たな利用方法を検討するにあたり、本論文ではトレーサビリティ(由来の把握)の必要性について種々の室内実験結果を基に考察した。

2. 使用材料：破碎コンクリートは物性がバラつきやすく、六価クロムの溶出の可能性もあるため、低品質な地盤材料と見なされやすい。一方、破碎コンクリート中には未水和のセメント粒子が残存している場合があるため、施工時に適度に加水することによって再固化が生じる事が多い¹⁾。未水和セメント粒子による再固化は、浸水状態であったかどうかという原コンクリートの供用条件に関係する²⁾。本研究では未水和セメント粒子に着目し、未水和セメント粒子が残存している破碎コンクリート¹⁾(以下、材料 a と表記)と、残存していない材料(以下、材料 b と表記)、およびこれらを質量比で 1:1 に混合した時の強度変形特性および養生特性を実験的に調べた。本研究で用いた材料 a, b はともに再生地盤材料として市販されている破碎コンクリートである。市販されている粒度は(R)C-30 もしくは(R)C-40 であったが、「突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210, A-b 法：以下、突固め試験)」と三軸圧縮試験(供試体寸法 $\phi 100 \times$ 高さ 200 mm)を実施するため、最大粒径 $D_{\max}=19.0$ mm のせん頭粒度に再調整して用いた。図-1 に材料 a, b の典型的な粒子を示す。材料 b は角張った粒子形状をしているのに対して、材料 a は丸みを帯びた形状をしている。これらの材料に対して本研究では原コンクリートの構造物や構築時期等の由来を調べたが、その由来は一切分からなかった。粗骨材の同一性から材料 a, b はそれぞれ同一の原コンクリートを粉砕されたものと判断される。図-2 に材料 a, b それぞれのペースト部の反射電子像を示す。図-2 より、材料 a では未水和のクリンカー(エーライト、ビーライト)が確認できるのに対して、材料 b では未水和のクリンカーの大部分は化学反応しないまま水和した状態にあることが確認できる。クリンカーはセメント水和反応の進行に応じてその形状は変化するため、クリンカーが形状を保持したまま水和している状況はこの原コンクリートが長期に亘って浸水状態にあったことを示していると推測される。

3. 含水比の設定と三軸供試体作成：締固め管理値(w , ρ_d)は突固め試験で求めた。締固め曲線の例

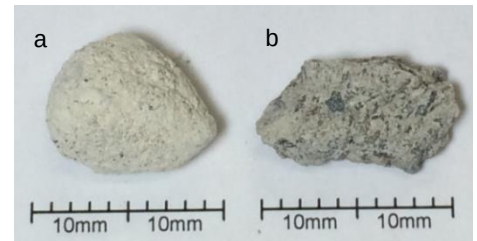


図-1 典型的な粒子形状；a)材料 a, b)材料 b

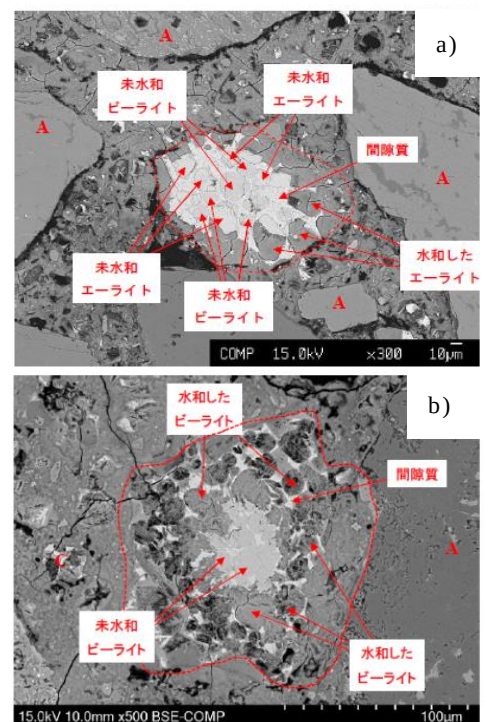


図-2 セメントペーストの反射電子像；a)材料 a, b)材料 b

キーワード：破碎コンクリート，強度変形特性，養生特性，トレーサビリティ

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 Tel 03-3817-1799

として材料 b の結果を図-3 に示す．天然由来の良配合の礫質土と比べると，破碎コンクリートの締固め曲線は凸型の曲線を示しにくい．この傾向は材料 a でも同様である¹⁾．一方，材料 b では $w=18\%$ 程度で間隙水の流出が生じた．この間隙水には六価クロムが含まれるため，締固め管理値としてこれよりも乾燥側の条件を施工管理値 (15% , 1.605 g/cm^3) に設定した．この施工管理値は材料 a でも同様であったため¹⁾，材料 a, b を質量比で混合した供試体においてもこの施工管理値を用いた．全ての供試体はプラモールド内で突き固めて作成し，室温 23°C ，湿度 100% の恒温恒湿室の中で養生させた．

4. 破碎コンクリートの力学的特性：三軸供試体は飽和化し，初期側圧係数 $K(=\sigma'_3/\sigma'_1)=0.5$ ， $\sigma'_3=40 \text{ kPa}$ で圧密後，CD 条件で载荷した．偏差応力 $q \sim$ 軸ひずみ $\varepsilon_a \sim$ 体積ひずみ ε_{vol} 関係の例として材料 b と混合試料の養生 1 日および 60 日の結果を図-4 に，全試料の $q_{max} \sim$ 養生日数の関係を図-5 に示す．検討した 3 つの材料では $\rho_d=1.6 \text{ g/cm}^3$ 程度と礫質土の粒度としてはかなり小さな値であるものの，いずれの材料・供試体でも有意な正のダイレタンシー挙動を示した．ペースト内に未水和のセメント粒子が残存していた材料 a では養生日数の増加に応じて q_{max} も増加して養生 20 日程度で約 2 倍になる²⁾．これに対して，未水和のセメント粒子が極めて少なかった材料 b では q_{max} は養生時間に関係なく一定値を示し，再固化挙動を示す材料 a と固化しない材料 b を質量比で 1:1 で混合すると有意な再固化挙動が現れずに q_{max} 値自体も材料 b より低い値を示した．これは，破碎コンクリート粒子の骨格構造の強化には一定量以上のセメント粒子が必要であること，形状の異なった粒子の混合は骨格構造に悪影響を及ぼすことが複合的に表れた結果であると考えられる．破碎コンクリートの力学的特性のバラつきを抑えるためには，原コンクリートの供用状態を踏まえた上で再固化するコンクリート塊としないものとを混合させないこと，粉碎方法の統一が求められる．特に前者は，原コンクリートの由来を考慮して再製品化の過程で混合させない管理が必要となる．原コンクリートの由来は，設置場所や構造物種別等が重要な情報になるものと考えられる．

5. まとめ：未水和セメント粒子が残存している破碎コンクリートと，残存していない材料，これらを混合した時の強度変形特性～養生特性を実験的に調べた．この結果，再固化する材料を用いても，混合材料の特性によっては有意な再固化が生じない場合があることが明らかとなった．

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) 平川大貴ら：破碎コンクリートの工学的性質に関する一考察，第 50 回地盤工学研究発表会，pp.555-556，2015. 2) 北村海ら：原コンクリートの供用条件が破碎コンクリートの固化特性に及ぼす影響，土木学会第 43 回関東支部技術研究発表会，V-65，2016.

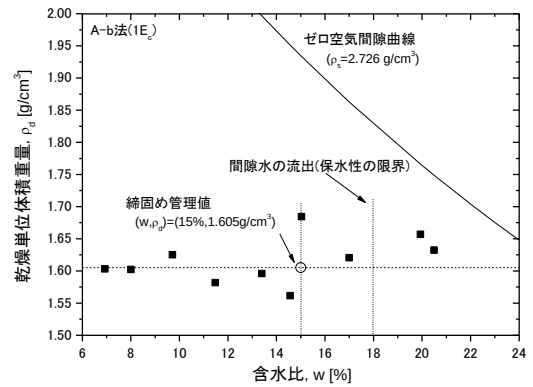


図-3 締固め曲線 (材料 b)

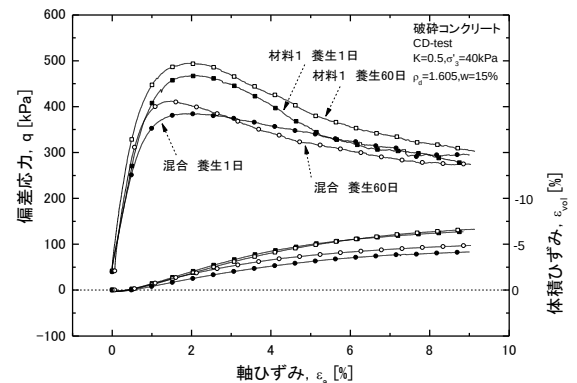


図-4 材料 b および混合試料の強度変形特性

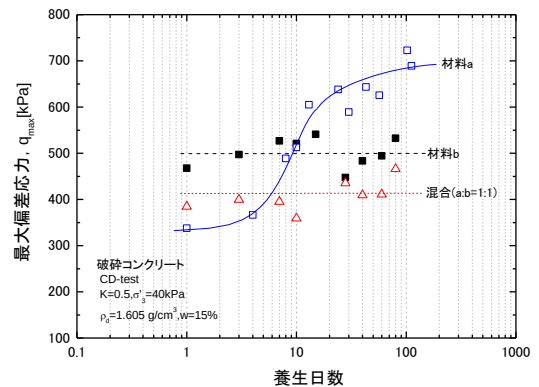


図-5 最大偏差応力 q_{max} ～養生日数