

コンクリート廃材のリサイクルへの取組み（その 1）

日本国土開発(株)	正会員	○大西	利満
日本国土開発(株)	正会員	横田	茂幸
日本国土開発(株)	正会員	山内	匡
日本国土開発(株)		川上	博

1. はじめに

コンクリート塊の再資源化率は他の建設廃棄物と比較して高いものの、建築物の建替え時の場内利用はあまり進んでいない。この理由には敷地の広さや周辺環境などの制約もあるが、現場で製造可能な破砕材の種類が限られることもある。そこで、筆者らは土質材料の破砕混合に多数の実績を有する回転式破砕混合装置（以後「ツイスター」と記す。）を改造・活用し、コンクリート廃材の利用用途開発を実施した。本稿では、それらの「コンクリート廃材のリサイクルへの取組み」のうち、ツイスター破砕材の特性について紹介する。

2. 試験概要

ツイスター実験機（φ1,000mm）を使用してコンクリート廃材を破砕し、破砕材の特徴と利用用途を調査した。さらに、コンクリート廃材の利用用途拡大を目指し、ツイスターの課題を抽出、改良を加え、破砕専用機（φ1,500mm）を製造し、実際の校舎解体工事に適用した。この実工事ではコンクリート廃材から、路盤材、排水材、埋め戻し材、インターロッキングブロック用骨材を製造し、発生した約 5,800 t のコンクリート廃材の全量を場内で再利用することができた。

3. 試験結果および考察

(1) 破砕専用機の破砕材の特徴

ツイスター¹⁾は、図-1 に示すように鋼製の筒、中心の軸、軸に取り付けられているフレキシブルなチェーン（上段・中段・下段の 3 段に各 4 本）で構成されている。図-1 は土質改良機の例を示しているが、コンクリート破砕専用機として改良を加え、試験を実施した。その結果、ツイスター破砕材は、以下の特徴を有していることがわかった。

ツイスター破砕材は、粒子が丸い。（写真-1）

改造によって破砕性能が大幅に向上し、チェーン回転数を増加させると最大粒径が小さくなる。（図-2）

なだらかな粒度分布（均等係数が大きい）で 1 mm 以下がやや不足しているが、粒度調整砕石の粒度分布に酷似している。（図-3）

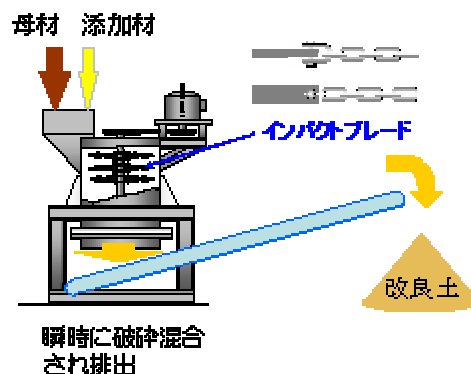


図-1 ツイスター概念図

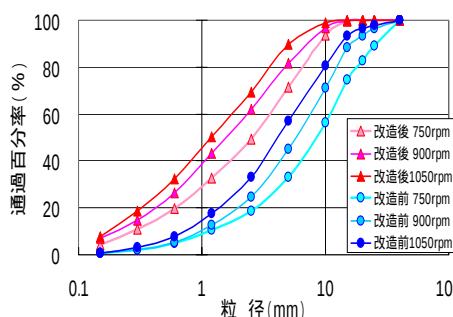


図-2 チェーン回転数と
粒度分布

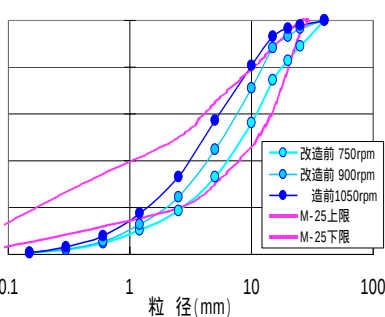
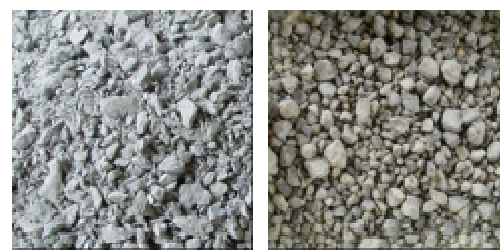


図-3 破砕材と粒度調整砕石
の粒度分布



ジョー型クラッシャ
破砕材 ツイスター破砕材
写真-1 破砕材の状況（粒形）

上段のチェーン本数を 4 本から 8 本に増やすことで最大粒径が小さくなる。（図-4）

改造型 750rpm では普通型インターロッキングブロックの骨材（粗骨材 + 細骨材）の粒度分布に酷似している。（図-5）

キーワード：ツイスター、コンクリート廃材、リサイクル、粒度分布、pH

連絡先：〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 日本国土開発(株) TEL:046-286-2440 FAX:046-285-5085

(2) ツイスター破碎材の適用先

実工事へ適用した一例として、中学校校舎解体工事で発生した約 5,800 t のコンクリート廃材の全量を以下の材料として再生利用した。

- ・暗渠排水材（25-0mm）・・・4,423 t
- ・基礎・路盤材（25-0mm）・・・387 t
- ・埋戻し材（20-0mm）・・・973 t
- ・ILB 用骨材（15-0mm）・・・53 t

校庭の排水性能を改善するために、図-6 に示すような舗装構成が計画されていた。再生材を排水材料に使用するにあたり、計画の段階で以下の3項目について事前に調査した。その結果を以下に示す。

a . 透水性：ツイスターによって製造した排水材（25-0mm）は、1 Ec のエネルギーで突き固めた場合、 8.5×10^{-5} m/s の透水係数となり、実際の施工では透水係数が 10^{-4} m/s オーダーの中粒砂程度の排水性能となった。

b . pH：再生材を使用するため、放流水の pH が基準を上回ることが懸念されたので、測定の実績²⁾を有する「環告13号法」に準拠してコンクリートからの浸出試験を実施した。試験結果を図-7 に示す。

破碎直後の試料の浸出液は pH12 オーダーを示した。継続して、浸出液を全量交換する試験を行ったが、一方は次の純水を入れる直前まで試料を前日の溶液中に置き、他方は前日の pH 測定後から次の純水を入れる翌日まで室内で試料を自然乾燥させた。この操作を3回繰り返した結果、pH は湿潤状態に置かれた試料では 11.5 であるのに対し、乾湿を繰り返した試料では 9.9 まで低下した。コンクリート試料を取り出した後、24 時間経過した段階で溶液の pH を再度測定した結果、乾湿を繰り返した試料では河川放流基準の pH8.6 を下回る結果となった。これは溶液中に存在する $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と空気中の CO_2 が反応し CaCO_3 が生成・中性化したためと推定される。上記以外にも、基盤層の土と接触することで pH が低下することも試験で確認され、また表面排水と合流して河川に放流されるため希釈効果も考えられた。この試験の結果から、以下の対策で施工することとした。

- ・再生材は数ヶ月の仮置き期間や施工時に、乾燥・湿潤を繰り返すようにシート養生等は行わない。
- ・再生材を通過した排水は、土および空気と接触させるように基盤層と排水層の間にはシート等を敷かない。

c . 長期性能：一般的に普及している自走式破碎機から製造される 40-0mm のクラッシャーランの場合には、降雨の浸透によって上層の土粒子が透水層に流下するパイピング現象（排水層の目詰まり）が生じ、排水性能の低下が懸念された。ツイスターによって製造した排水材の粒度分布は均等係数が大きく、上層とのパイピング則粒径比^{*1}は5以下となり、目詰まりが生じにくく、長期的にも排水層としての性能低下が小さいことがわかった。

*1【パイピング則粒径比】：D15(排水層の15%粒径)/D85(表層85%粒径)

4 . おわりに

これまでに、コンクリート廃材のツイスター破碎後の最大粒径は、主にチェーンの回転数や本数、原コンクリートの粗骨材の種別（玉石、玉砕、碎石）に依存することがわかった。また、ツイスター破碎材は、締固めが容易な粒度調整碎石に近似した粒度分布となり、路盤材、排水材、埋戻し材、ILB 用骨材に利用できることがわかった。現在、ツイスター破碎材の更なる利用拡大を目指し、コンクリート用再生骨材への適用についても調査しており、その2³⁾では再生粗骨材への適用について紹介する。

【参考文献】

- 1) 二宮,佐藤：回転式破碎混合（ツイスター）工法による遮水土層の造成、電力土木、No.298、p.99-102、2002
- 2) コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題、コンクリートライブラリー111、土木学会
- 3) 横田,山内他：コンクリート廃材のリサイクルへの取り組み（その2）、土木学会第60回年次学術講演概要集第7部、2005年(投稿中)

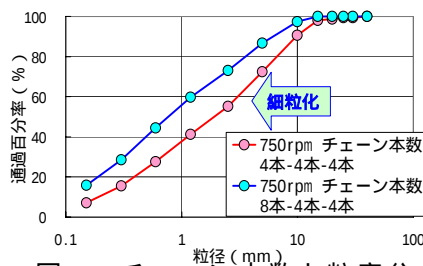


図-4 チェーン本数と粒度分

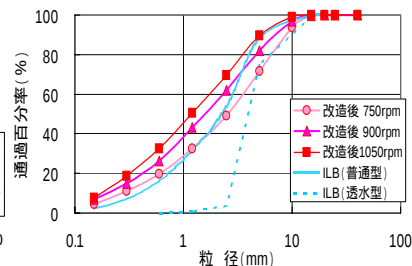


図-5 破碎材とインターロッキングブロック用骨材の粒度分布

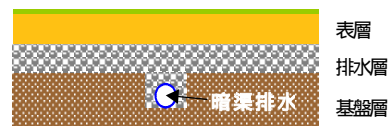


図-6 校庭の暗渠排水の概念図

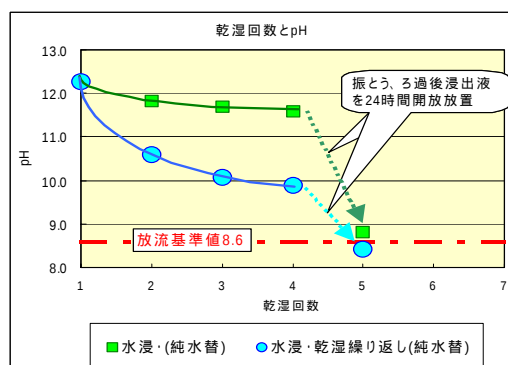


図-7 コンクリート浸出液の pH 測定結果