

回転式破碎混合工法による災害廃棄物のリサイクル技術

日本国土開発株式会社

東北支店土木部 山本 仁

(連絡先 : TEL ; 022-262-2105, E-mail ; hitoshi.yamamoto@n-kokudo.co.jp)

1. はじめに

東日本大震災に伴い発生した災害廃棄物には、相当量の土砂が占めている。そのため、災害廃棄物処理においては、再生資材として利用可能な材料と廃棄物とに分別し、分別した利用可能な土砂を用途に応じて改良を施すなどの処理が行われてきた。震災から3年を経た災害廃棄物処理の進捗状況は、福島県の一部の地域を除く宮城県、岩手県を含む12道県で、国が目標に掲げていた平成26年3月に目標通り終了した(平成26年3月31日、環境省発表)。

回転式破碎混合工法(NETIS KT-090048-V、以下、「本工法」とする。)においては、これまで地盤改良分野で様々な地盤材料を対象に改良を行ってきた。災害廃棄物の分別・改良に関しては、早期に現地試験を行い本工法の適用性を確認した。その結果、がれき類に付着した土砂を叩き落して分離させると共に土砂を解きほぐして細粒化し、粘性の大きい、あるいは含水比の高い災害廃棄物においては、利活用可能なコンクリートがらや砂、石灰などを添加して、分別時の振動による再団粒化を抑制させて土砂と廃棄物とを効率よく選別し、粒度改善などして良好な改良効果が得られることが明らかになった。

本報では、適用事例8例を紹介し、うち4例は東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理事例、1事例は高品質な復興資材へ改良する取組み、3事例は災害廃棄物に適用可能な建設発生土リサイクル工事に関するものである。

- 1) 農地に堆積した災害廃棄物の選別処理事例(宮城県七ヶ浜町)
- 2) 混合災害廃棄物の破碎・不溶化処理事例(宮城県石巻市)
- 3) 混合災害廃棄物の改良・選別処理事例(岩手県釜石市)
- 4) 災害廃棄物の破碎、土砂分離処理事例(岩手県山田町)
- 5) 災害廃棄物を高品質な地盤材料に改良する検討事例(岩手県山田町)
- 6) 建設発生土リサイクル適用事例3件

2. 回転式破碎混合工法の概要

本工法は、円筒内で高速回転する複数本のフレキシブルなチェーンの打撃力で、地盤材料の細粒化(解砕)と、添加材料との均質な混合とを同時に行うことを特長とし、地盤改良分野で取り扱いが困難であった高含水比粘性土への対応も可能とする。本工法の概要を図-1に示す。同図に示すように、混合装置はケーシング(円筒)部とモータ部から構成されており、ケーシング内の中心部にある回転軸にインパクトチェーンが取り付けられている。このチェーンの本数と回転数を変化させることにより、粒度調整を可能とする。また、ケーシング部は、粘性土等のケーシング内面への付着を防止する目的から、強制付着掻き取り装置を有する構造となっている。

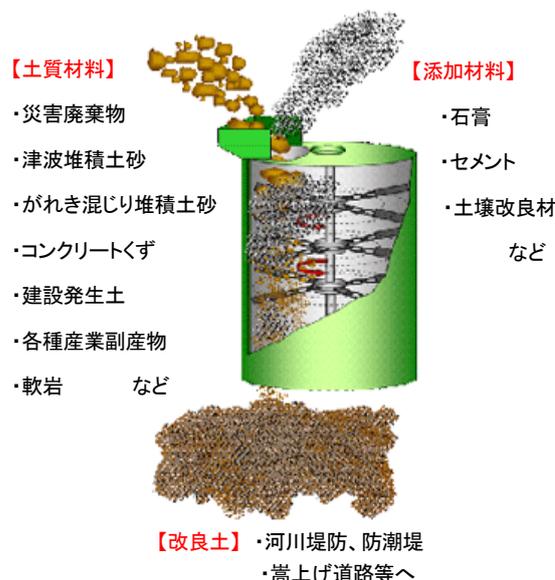


図-1 回転式破碎混合工法の概要

キーワード : 回転式破碎混合工法, 災害廃棄物, 津波堆積土砂, 混合, 分別, 改良
連絡先 : 宮城県仙台市青葉区花京院 1-1-6 Ever-i 仙台駅前 8 階
TEL:022-262-2105, E-mail : hitoshi.yamamoto@n-kokudo.co.jp

3.1 農地に堆積した災害廃棄物の選別処理事例

- ・ 工事名 七ヶ浜町農地災害廃棄物撤去（その4）工事
- ・ 事業者 宮城県仙台地方振興事務所
- ・ 工期 平成24年8月2日～平成25年6月25日
- ・ 工事場所 宮城県宮城郡七ヶ浜町花浜地先、吉田・代ヶ崎浜地先
- ・ 工事数量 災害廃棄物分別処理工 86,200m³
- ・ 対象土砂 がれき混じり農地土砂
- ・ 改良品質 粒径20mm以下
ふるい目通過率90%以上（改良土90%以上、がれき類10%以下）



写真-1 震災直後の圃場



写真-2 がれき除去された圃場

震災直後の圃場は、写真-1に示すようにがれき類や泥土が多数堆積した状態であり、表層から概ね30cm以深までは津波による洗掘の影響等によりがれき類が混在した状態であった。農地復旧当初は、スケルトンバケット等で比較的大きながれきは除去したものの、10cm程度のがれき類は除去できずに残り、団粒化した含水比の高い土砂が付着した、そのままでは圃場土砂としての利用が困難な状態の高含水比がれき混じり土砂であった。

本工事は、高含水比がれき混じり土砂から土砂とがれき類とに分別し、分別した土砂を元の圃場に埋め戻して除塩し、圃場としての復旧を目的とする工事である。改良方法は、対象が圃場土砂であるため、添加材料は稲作に影響のない天然資材の山砂を使用し、高含水比がれき混じり土砂を分別し改良した。図-2に処理フローを示す。その結果、現在では、写真-2に示す稲作が可能な状態にまで圃場が改善されている。

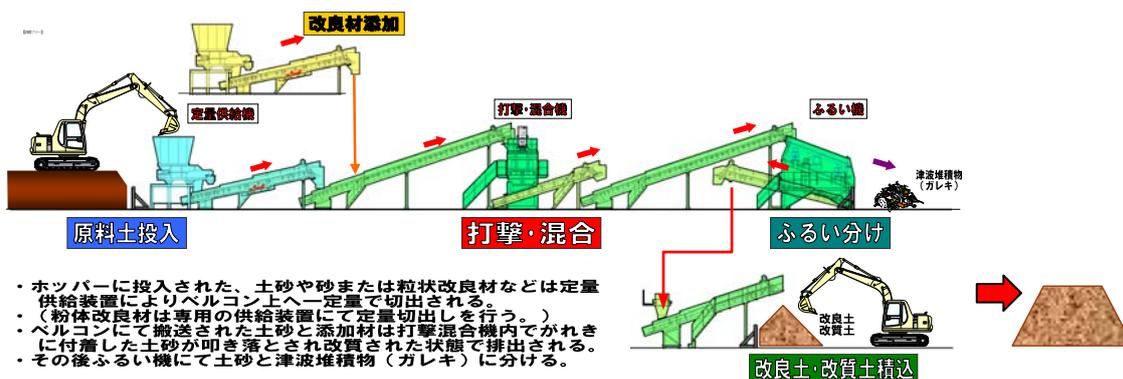


図-2 処理フロー

3.2 混合災害廃棄物の破碎・不溶化処理事例

- ・ 工事名 高含水津波堆積土砂処理業務
- ・ 事業者 宮城県廃棄物対策課
- ・ 工期 平成25年7月1日～平成26年1月17日
- ・ 工事場所 宮城県石巻市雲雀野町2-15-3
- ・ 工事数量 混合処理工 154,154t
- ・ 対象土砂 高含水津波堆積土砂、がれき混じり固結廃肥料
- ・ 処理品質 粒径20mm以下
土壌汚染対策法の基準値以下



写真-3 高含水津波堆積土



写真-4 がれき混じり固結廃棄肥料



写真-5 混合処理状況



写真-6 がれき除去された改良土

本工事は、写真-3に示す高含水比状態の津波堆積土砂と、写真-4に示す津波により海水に浸かったがれき混じり固結廃肥料で、性状が異なる2種類の災害廃棄物を短期間に、且つ大量に処理することを目的とする工事である。しかし、在来工法では不溶化と分別を同時に短時間で大量に処理することは困難な状況であるため、混合と分別処理が同時に行え、且つ大量施工が可能な本工法が採用された。改良方法は、湿潤土砂重量比で津波堆積土砂：がれき混じり固結廃肥料=1:0.2の混合割合とし、不溶化材を対象土の6%～8%添加し、固結した廃肥料の破碎混合と不溶化、そして分別を同時に処理した。その結果、がれき類を除去すると共に、環境基準に適合した改良土を大量に、且つ短期間で施工を行えた。

3.3 混合災害廃棄物の改良・選別処理事例

- ・ 工事名 釜石市災害廃棄物処理事業（廃棄物処理）
- ・ 事業者 釜石市
- ・ 工期 平成25年3月8日～平成26年1月28日
- ・ 工事場所 岩手県釜石市片岸町3地割30-10
- ・ 主要工事数量 津波堆積土砂処理数量 209,320t
- ・ 対象土砂 津波堆積土砂
- ・ 処理品質 粒径20mm以下
土壌汚染対策法の基準値以下
強熱減量 5%以下



写真-7 プラント全景



写真-8 改良土排出状況

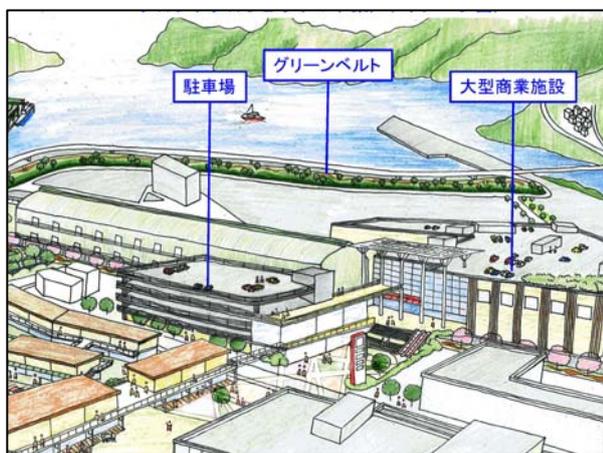


図-3 復興計画（グリーンベルト）※釜石市HPより



写真-9 グリーンベルト搬入状況

岩手県釜石市における混合廃棄物の処理過程で発生する津波堆積土砂，および同時期に別途委託された片岸・栃木山地区のリサイクル処理業務で発生する約21万トンの津波堆積土砂を分別・改良処理することにより，復興資材として有効利活用を図るため本工法を活用したカルスピン工法（新日鉄住金㈱・新日鉄住金エンジニアリング㈱）が採用された。

処理方法は，津波堆積土砂に添加材料として製鋼スラグを原料とするカルシア改質材を湿潤土砂重量比で40%添加し，改良と分別を同時処理した．その結果，本工法で改良した土砂は，復興資材として適用可能な材料として採用され，図-3に示す復興計画によるグリーンベルト等の盛土材料として使用される予定である．

3.4 災害廃棄物を高品質な地盤材料に改良する検討事例

- ・ 工事名 山田地区災害廃棄物破碎・選別等（その2）業務委託
- ・ 事業者 岩手県環境生活部
- ・ 工 期 平成23年12月7日～平成26年3月31日
- ・ 工事場所 岩手県下閉伊郡山田町船越第7地割
- ・ 主要工事数量 津波堆積土砂処理数量 90,000t
- ・ 対象土砂 混合廃棄物
- ・ 処理品質 がれき付着物の除去（粒径20mm以下）



写真-10 プラント全景



写真-11 トロンメルによる分別状況



トロンメル単体での分別 本工法+トロンメル併用の分別

写真-12 土砂付着状況比較

岩手県山田町に混合廃棄物の処理においては、土砂が多く付着しているがれきは管理型土砂混合くずの扱いとなる。しかし、管理型土砂混合くずの受入先やその受入量は限られており、大量の受入が可能な可燃物とふるい下くずに分別することが求められていた。そこで、がれき類に付着した土砂を叩き落とすことが可能な本工法が採用された。

処理方法は、一次処理された混合廃棄物を回転式破碎混合機に投入し、がれきに付着した土砂を叩き落とす方法とした。この時、がれき類を破碎させずに土砂を叩き落とすチェーン回転数を設定し、土砂回収効率を向上させた。その結果、従来と比べて管理型処分場のへ搬出量を大幅に低減することができた。

3.5 災害廃棄物を高品質な地盤材料に改良する検討事例

- ・ 工事名 山田地区災害廃棄物破碎・選別等（その2）業務委託
- ・ 事業者 岩手県環境生活部
- ・ 工期 平成23年12月7日～平成26年3月31日
- ・ 工事場所 岩手県下閉伊郡山田町船越第7地割
- ・ 目的 災害廃棄物の地盤材料としての有効利用
- ・ 処理品質 未利用再生資材の品質向上（細分別：粒径10mm以下）



写真-13 分別土 A (最大粒径 20mm)



写真-14 コンクリートダスト (最大粒径 20mm)



写真-15 分別土 A (最大粒径 10mm)



写真-16 混合くず (粒径 9.5mm 以上)

本検討は、木屑やがれき類が混在するため再生資材としては利用が困難な災害廃棄物由来の土砂に着目し、現地の現状を鑑みて利用可能な地盤材料への適用を目指した事例である。検討内容は、写真-13に示す現地で選別処理した最大粒径20mmの災害廃棄物由来の分別土Aと称する土砂を、本工法で廃棄物に付着した土砂を叩き落した後、9.5mmふるいで分別し、従来除去が困難であった10～20mm粒径の小さな廃棄物を除去した改良土の高品質化を図るものである。

改良方法は、分別効率の向上を図るために、写真-14に示す不燃系廃棄物のコンクリートがらを再生資材として有効活用する目的で破碎した粒径10mm以下のダスト分を添加材料として用いた。

検討の結果、写真-15に示すように土砂に含まれる木屑やがれき類の量は減少した。一方、写真-16に示すように混合くずの量は多くなり、その混合くずには、土砂の付着はほとんど認められない状況であった。

このようなことから、9.5mmふるいで分別した改良土は、分別土Aと比べて盛土材料として懸念される有機物（木屑）の量が低減されていることから、復興資材への適用の可能性が期待される。しかしながら、盛土材料としての検証は今後も検証する。

3.6 その他、建設発生土リサイクル適用事例

3.6.1 葦地下茎を含む高含水比塊状粘性土の葦地下茎除去事例

- ・ 工事名 H23 渡良瀬遊水地掘削工事
- ・ 事業者 関東地方整備局利根川上流河川事務所
- ・ 工期 平成 23 年 11 月～平成 24 年 6 月
- ・ 工事場所 渡良瀬遊水地第二調整池内
- ・ 目的 渡瀬遊水池内で掘削採取された葦の地下茎が混入する塊状粘性土を良質な築堤土に改良する。
- ・ 内容 本工法の粘性土解砕性能を利用して、葦地下茎と塊状粘性土を分離した後、50mmふるいで葦地下茎と粘性土に分別する。
- ・ 主要工事数量 約 26,500m³
- ・ 品質 平均コン指数 400kN/m² (処理量 340m³/日)



写真-17 地下茎分別処理状況

3.6.2 高含水粘土の築堤土砂への改良事例

- ・ 工事名 北島遊水地 粘土+砂改良土 泥炭混り土+河川堤防用固化材改良土 攪拌混合試験工事
- ・ 事業者 北海道開発局札幌開発建設部千歳川河川事務所
- ・ 工期 平成 24 年 5 月～平成 24 年 9 月 (試験工事分)
- ・ 工事場所 北海道恵庭市北島遊水池内
- ・ 目的 従来の混合工法では良好に混合することが困難な高含水粘土の築堤土砂への改良
- ・ 内容 千歳遊水地群のうち北島遊水池内で発生した高含水粘土と砂を本工法で攪拌混合することにより、築堤土砂として満足する品質に改良できた。また、泥炭混り土に河川堤防用固化材(ET-R3)を添加して均質に攪拌混合できるかを併せて確認し、良好な攪拌性能を有することが認められた。
- ・ 主要工事数量 約 6,600m³
- ・ 品質 細粒分含有率 15%≤Fc≤50%, コン指数 400kN/m²以上



掘削直後の粘性土w=62.0%程度

購入砂w=14%程度

改良土w=29.5~36.2%

写真-18 粘土+山砂 混合処理状況

3.6.3 しらすに短繊維を混合した土羽土への適用事例

- ・ 工事名 樋渡第二樋門新設その他工事のうち短繊維混合補強土（土羽土）製造工
- ・ 事業者 九州地方整備局川内川河川事務所
- ・ 工期 平成22年4月～平成22年4月
- ・ 工事場所 鹿児島県薩摩川内市
- ・ 目的 しらすに短繊維を混合する補強土で、土の強度、靱性（粘り強さ）などの力学的特性、侵食に対する抵抗性、植生の根の引抜き抵抗の高い、河川堤防の土羽土の構築
- ・ 内容 短繊維の土砂混合に本工法を用いることで、耐浸食性の高い補強土を製造、寡占堤防土羽土へ適用できることを実証する。添加材料として、セメントを5.0%添加。
- ・ 主要工事数量 約318m³
- ・ 品質 土壌硬度 ≤ 30 mm, 一軸圧縮強さ $qu \approx 500$ kN/m²



しらすのみの土羽土



しらすに短繊維を混合した土羽土

写真-18 降雨後の土羽土の状況

4. おわりに

回転式破碎混合工法による災害廃棄物処理に関する事例、高品質化を目指した事例、そして建設発生土の改良事例を報告した。現在、東日本大震災で発生した災害廃棄物処理においては完了の目処がたっているものの、復興資材としての利活用については未だ用途の目処がたっていない災害廃棄物由来の土砂が多くのかさされている。処理土は建設資材として貴重な資源であり、今後、広範囲の災害廃棄物由来の土砂の有効利活用に対しては、広域的活用も含めて積極的取組みと高度な処理能力を有する施工技術を用いた実用的運用方法が問われる。本工法が少しでも復旧・復興に寄与できれば幸いである。