

東京外かく環状道路（千葉県区間）における発生土の有効活用 —回転式破碎混合工法」を適用した掘削発生土の改良—

東日本高速道路(株) 加藤 健治

日本国土開発(株) 折敷 秀雄・大坪 研二

1. はじめに

大規模掘削を伴う事業では、大量の土の利用用途の確保、円滑な土砂の搬出、物流への影響の最小化、土砂搬出先に適合した性状への改質、といった解決すべき多くの課題を抱える。

現在、事業中である東京外かく環状道路の千葉県区間（以下、千葉外かん）は、ほぼ全線にわたり掘削半地下スリット構造を採用しており、大規模な掘削を実施してきた。当事業では、建設発生土約 550 万 m³のうち、港湾事業（浅場造成事業）に約 140 万 m³、道路事業や河川事業などに約 280 万 m³、流動化処理を含めた本線埋戻に約 80 万 m³ を利活用するなど、建設発生土のリサイクルに積極的に取り組んできたところである。

一方、当該地区の地質は、低丘陵地の谷間や東京湾に面した沿岸低地のデルタで生成された高含水比の沖積粘土・シルトや、海成粘土・泥土等が卓越しており、建設発生土の活用には、多くの課題を解決する必要があった。

本稿では、建設発生土リサイクル工程のうち、特に、「土砂搬出先に適合した性状への改質」に的を絞り、大量、かつ取り扱いが難しい発生土を安定的に改質するにあたり、大いに機能を発揮した回転式破碎混合工法について、開発経緯なども含めて、以下に紹介する。

2. 本格適用された新技術

2-1 工法の特長と機能など

本工法の主機、回転式破碎混合機（以下、主機という）は、鋼製円筒内の鋼棒に、回転数が可変なフレキシブル・チェーン（以下、チェーンという）を複数本、備えている。（第1図）

本工法により、普通土と砂礫を混合・改良したり、粘性土を解砕し、砂礫と混合・改良する場合は、チェーンを低速回転させて処理する。

改良対象が、草木根類等を混入する高含水比粘性土の場合には、特に

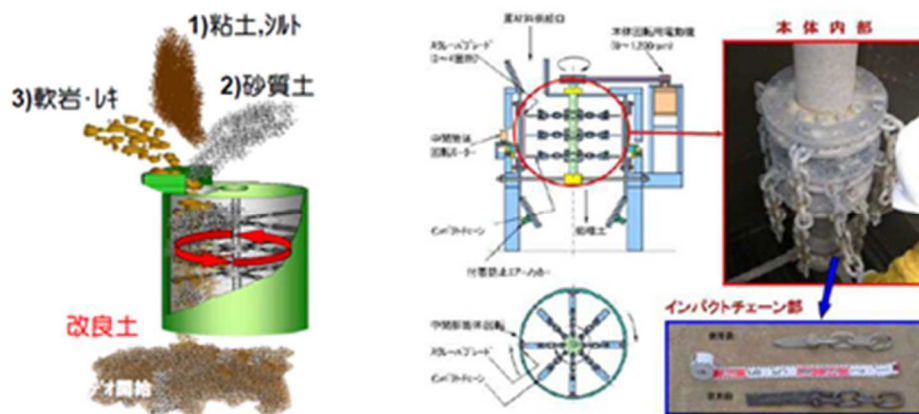
- ・様々な粘性土を主機へ連続・安定供給する
- ・粘土塊をバラバラに解砕する
- ・機器類にへばり着く粘土を、除去し続ける

など、極めて難しい処理機能が求められる。

この時、チェーンは、混入物を切断しない程度、かつ粘土塊を解砕できる程度の低回転とし、まず、粘土塊を解砕して、粘土と混入物を分離させ、次に併設の篩い施設で分級・混入物を除去する。

一方、改良対象が、軟岩、コンクリート等の場合は、利用ニーズに合わせて、チェーンを高速回転させることにより破碎・細粒化が可能である。

本工法は、上記機能に加え、石灰添加による含水比低減、土砂含有物の溶出抑制材添加、さらには締



第1図 回転式破碎混合機の構造

め固め作業時の最適含水比とするための加水を行い、これら添加剤と土砂との均質混合を同時処理する機能も有している。

つまり、本工法は、土質の異なる多様な発生土等を再利用先の要求品質に改良するため

- ① 複数土砂を所定の粒度分布に混合・改良
- ② 粘性土を解砕し、他の土砂と均質混合
- ③ 草木根などの混入物を分離・除去
- ④ 石灰等、添加材の同時添加と均質混合
- ⑤ 最適含水比にするための加水と均質混合
- ⑥ 軟岩やコンクリート等の破碎・細粒化

などが、一連の工程で、大量に、一括高度処理できる機能を有する総合的土砂改良技術である。

2-2 技術開発の経緯と背景

1) 低品質土の大量処理を可能とする技術開発へ

本工法は、初期の段階では、高度な遮水性能が必要な処分場等で、ベントナイトを混合した遮水土の製造等に適用されていた。

次に、本工法に係わる技術者らは、”粘性土をバラバラに解砕し、他の土砂と均質混合できる、本工法の優れた機能”を、新分野に適用するべく、ニーズの調査と技術研究に踏み出していった。

2) 新たな適用分野(規模、改良土の品質)

関係技術者らは、先ず、河川工事への適用の可能性に着目した。その主な理由は、次に示すように築堤土には高い品質が要求され、かつ、大規模な需要が見込まれることであった。

① 築堤土は、耐浸透性機能を有し、地震時の堤体液状化を抑制できる均質・高品質な性状が必要

- ・粘性土が相当程度混入している
(細粒分含有率 $15\% \leq F_c \leq 50\%$)
- ・草木根等の混入物が除去されている
- ・粘土と砂礫が、均質に混合されている

② 築堤土は、搬入、敷均し、締め固め作業が可能なコーン指数を有することが必要

- ・改良土に所要のコーン指数

(ブルドーザ敷均し・転圧 $q_c \leq 400\text{KN/cm}^2$ 、堤防上へダンプで搬入 $q_c \leq 1,200\text{KN/cm}^2$)

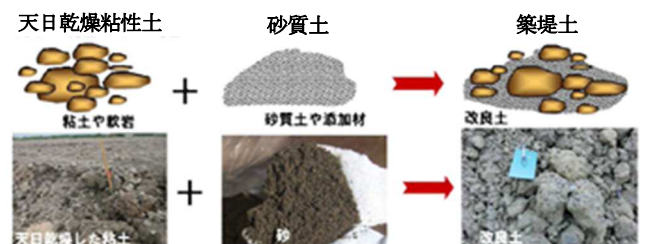
③ 関東地方に限っても大量の発生土を築堤土に使用した事例は多数。

- ・利根川改修(第1期～第3期) 5,100万 m³
- ・江戸川改修 1,600万 m³
- ・荒川第一調節池建設 1,200万 m³
- ・首都圏氾濫区域堤防強化 (施工中)

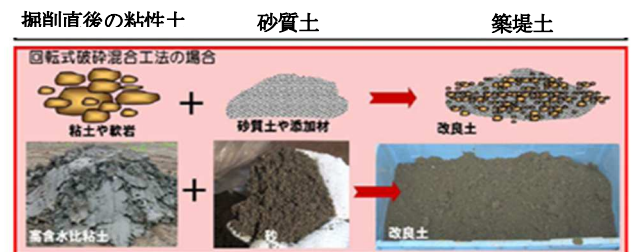
3) 実現場での、新たな技術開発と性能確認

本技術は、平成21年度 NETIS 登録以降、国交省等の多数の現場で適用されてきた。

特に、関東地方整備局利根川上流河川事務所と北海道開発局千歳川河川事務所では、多くの難題に対峙し、要求品質の確保と作業性向上を目指して、様々な試行錯誤を重ねた(第2図)。



(① 従来工法：粘土塊が残る築堤土)



(② 本工法 粘性土と均質に混合)

第2図 混合・改良の状況比較(千歳川)



(改良事例) 粘性土改良 3万 m³
除去した地下茎の容積 870m³

写真1 粘性土から葦の地下茎を除去(渡良瀬川)

第1表 新たな技術開発をした代表的現場

工事場所	新たな開発技術	主な発生土
		改良土要求品質
利根川水系 渡良瀬川 渡良瀬 第二遊水地	・2軸粘性土供給器 ・混入物分級装置	葦地下茎の混入した塊状粘性土
		地下茎の除去 $qc \geq 400kN/cm^2$
石狩川水系 千歳川 北島遊水池	・1軸粘性土供給器ほか (高含水比掘削粘性土を即改良)	泥炭層下の高含水比粘性土 $Wc=50 \sim 120\%$ $85\% \leq Fc \leq 100\%$
		$qc \geq 400kN/cm^2$

前記の現場では、長期間の天日乾燥を行っても従来工法による良質土への改良が難しい粘性土であったことから、関係者のご指導の下、第1表に示す新技術を開発した。

こうした実現場での試行・研究を経て、取扱いの難しい粘性土を大量に改良することが可能な技術開発を加えていった。

3. 千葉外かんにおける土砂改良の概要

本事業では、上記のように確立されてきた新技術を本格適用して土砂改良を行った。

改良対象土は、歩行すら困難な軟弱な高含水比粘性土も含まれていた。

これを東京湾に面した港湾周辺の一時仮置き場にダンプ運搬し、その後、二次仮置き場兼改良ヤード(面積 約20ha)まで台船で輸送した。

仮置き場では、主機 (TM2250) を、最盛期に5台設置し、高含水比の粘性土に良質土を加えて混合・改良した。

改良土は、漁獲作業での漁網に支障が無いよう、粘土塊の最大粒径を $D_{max} \leq 50mm$ とし、埋め立て後の濁りを抑制するため、細粒分の最大含有率を $Fc \leq 50\%$ に押えた土砂に改良する規定とした。

仮置きヤードで改良された土砂(約140万 m^3)は、再び船積み輸送し、浅場に埋め立てした。

以下、写真2～写真5に、仮置きヤードにおける土砂改良のようすを示した。

土砂改良機器類の作動は、制御室からのPCにより制御し、改良データを自動記録した。

当現場では、高含水比発生土をホッパーから安定供給するための2軸粘性土供給器等の新技术が随所に駆使され、品質確保と作業性向上に寄与した。



写真2 仮置きヤード(面積 約20ha)



写真3 主機 (TM2250)

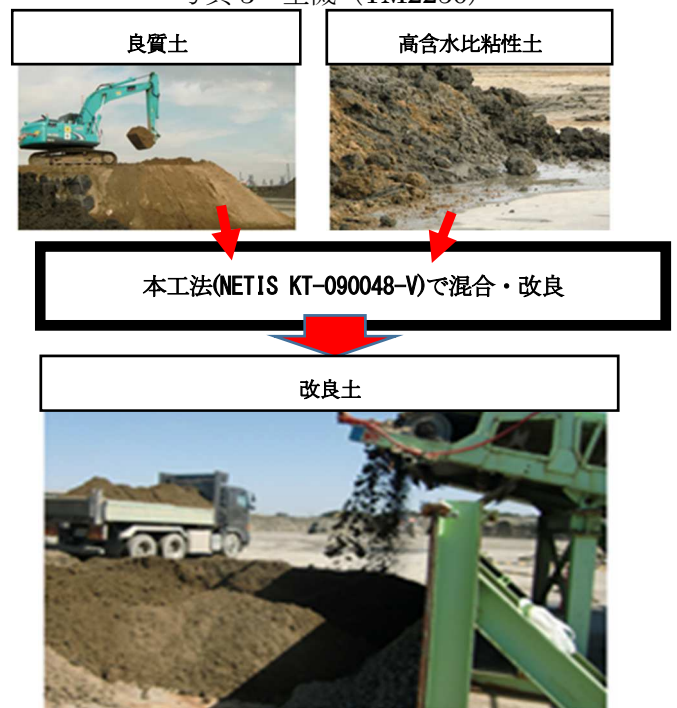


写真4 土砂の混合・改良状況



写真 5 2 軸粘性土供給器

4. おわりに

本工法は、各地で実践的研究を重ね、多様な建設発生土を良質な築堤土や盛り土材に改良する、総合的土砂改良工法として技術確立してきた。

今回、本事業に、この新技術を適用し、総量では 170 万 m³ 余を改良した。

土砂改良は規模・工期・要求品質等の壁が高く、多くの関係者のご指導の下、総力を挙げて取り組んだ。この結果、環境への負荷軽減、トータルコスト縮減、工期短縮等、事業推進に寄与することができた。

本工法は、東北における、混入物を含む大量の津波堆積土の改良や、各地の堤防工事等へと適用が広がってきている。

現在も利根川(粘性土の改良)、筑後川(2 種類の土砂の混合改良)、鬼怒川(2 種類の土砂と再生砕石の 3 材を用いた混合改良)等、各地の土砂改良に適用されていて、去る 7 月末時点で、改良実績は 460 万 m³ 余となっている。

今後とも、現場からの多様な要望に沿った、不断の技術開発を重ね、国土整備に貢献して行きたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 加藤健治 東京外かく環状道路(千葉県区間)における建設発生土の利活用
土木学会誌 101 巻 7 号 p14~p17、2016. 7
- 2) 小幡博志ほか 「回転式破碎混合工法」による建設発生土リサイクル技術
建設機械 11 月号 p ~p 、2016. 11