

# 1. チェーンの打撃力による「土質材料混合装置」の開発

日本国土開発㈱：\*佐藤 潤一、川上 博、  
小幡 博志

## 1 はじめに

建設発生土は本来、埋立、盛土、土地造成などの土工事に必要な建設資材であり、これらの工事において計画的に有効利用されるべきものであるが、需要の時期、使用場所、土質条件などの不整合や情報不足から有効活用されにくい状況である。したがって、建設工事の関係者が各々の立場で建設発生土の有効利用に関して創意と工夫を凝らし、有効利用することが求められている。

当社はこのような観点から、環境保全、経済性を考慮しつつ建設発生土と添加材とを同時に細粒化・混合処理可能な「ツイスター工法」を開発した。

従来の混合方式では、原材料の選別が必要で、別の破碎設備を必要としていたが、本工法ではこのような設備を必要とせず、細粒化・混合が可能で、高精度な品質、良好な混合性および高い経済性を確保することができた。

## 2 開発の目的

建設工事発生材の有効利用を目的とし、次の工事を対象に装置の開発を行うこととした。

- ① 廃棄物最終処分場の遮水土の製造（礫混じり土、ベントナイト混合土、セメント混合土など）
- ② ダム貯水池における水面部の法面保護土の製造（セメント混合土など）
- ③ リサイクル材の製造（礫質土、無筋コンクリート、アスファルトガラなどの細粒化）

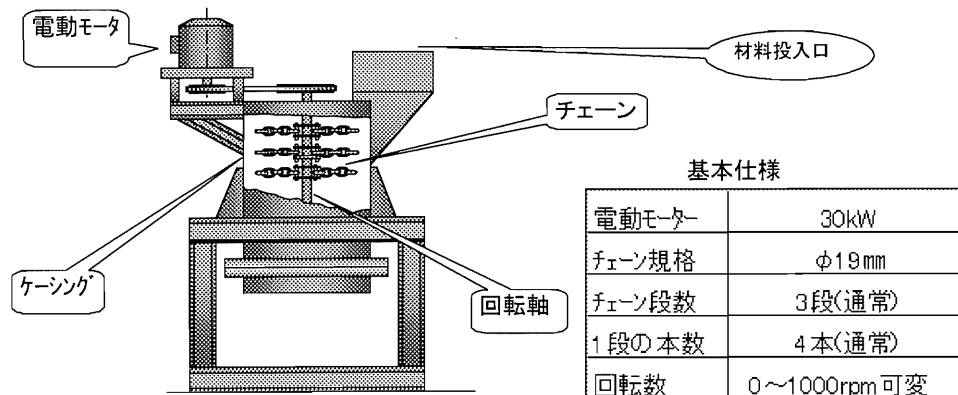
また、装置の設計にあたっては、以下の点に留意した。

- ① 設備がコンパクトで、設置・撤去が容易であること
- ② 適応土質の範囲が広いこと（岩から粘性土まで対応できること）
- ③ 添加材料との同時混合が可能であること
- ④ 製作コストが安価なこと

## 3 性能確認試験

### 3-1 試験機の概要と仕様

本装置は回転軸に取り付けた複数本のチェーンを電動モータで高速回転させることによって生じる打撃力で、土質材料を細粒化すると同時に添加材料の混合を行うものである。



### 3-2性能確認試験

本装置の基本的な性能確認と問題点の抽出を行うため、各種材料を使用して細粒化・混合試験を行った。表-1に各種材料の試験前後の粒度組成を示す。いずれのケースも試験後の最大粒径が小さくなるとともに均等係数が大きくなるのが認められ、細粒効果の大きいことが認められた。

また、混合性能を評価するために処理土中のセメント含有量のばらつきを測定した(カルシウム分析)。表-2にセメント含有量の測定結果を示す。ばらつきの程度を評価する変動係数は7.1%で混合が極めて良好であることが確認できた。また、写真-1、2は混合前後の状況を撮影したものであるが土砂が細粒化され、混合状態も良好である。

表-1 粒度組成

土質材料		粒度試験(空气中ふるい)				均等係数 U <sub>c</sub>
		最大粒径 (mm)	粒度分布(%)			
			2mm以上	2~0.074mm	0.074mm以下	
泥岩	前	250.0	100.0	----	----	----
	後	37.5	67.0	26.0	8.0	77.4
コンクリート テストピース	前	100.0	100.0	----	----	----
	後	19.0	35.3	64.3	0.4	10.0
河床砂礫	前	37.5	100.0	----	----	1.1
	後	26.5	72.3	25.7	2.0	13.6
碎石	前	37.5	100.0	----	----	1.1
	後	26.5	72.4	27.1	0.5	18.0
礫混り土	前	37.5	57.0	30.9	4.1	8.0
	後	19.0	34.1	60.9	5.0	15.7
関東ローム 土塊	前	150.0	100.0	----	----	----
	後	19.0	67.0	32.0	1.0	5.0

表-2 セメント含有量の測定結果

サンプル点数	平均値	標準偏差	変動係数
点	(%)	(%)	(%)
10	4.5	0.320	7.1

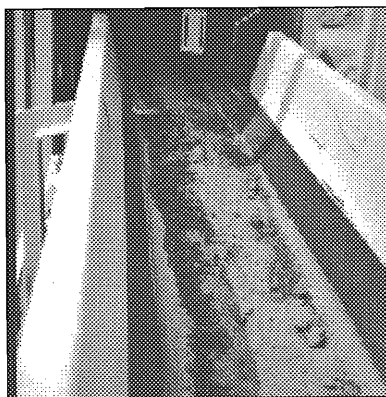


写真-1 混合前

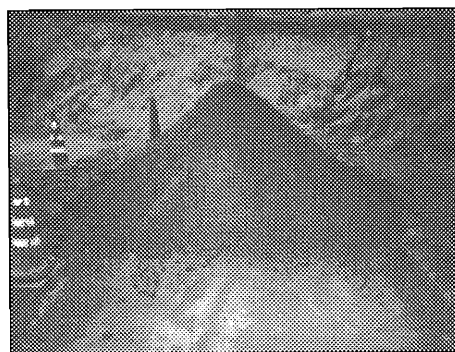


写真-2 混合後

### 3-3 試験機の問題点と解決策

本試験装置の基本的な性能は極めて優れていると認められたが、長時間運転におけるケーシング内部への土の付着により、以下の問題が明らかとなった。

- ① 付着土とチェーンの接触に伴うチェーンの摩耗
- ② 付着土とチェーンの摺動抵抗による電動機負荷増大
- ③ 付着土の除去による時間のロスと手間の増大

付着の状況を図-1に示す。以上の問題点に対して対策を行い、対策効果を観察するため試験を行った。その結果を表-3に示す。ケーシングへの対応に対してはエアノッカー、温熱シート、縦リブに若干の効果が認められた。チェーンへの対応に関しては先端部に耐摩耗特殊鋼を取付け現在試験中である。本体構造の変更による対応では逆テーパケーシング、強制掻き取り装置が効果大で、特に強制掻き取り装置の効果は良好であった。

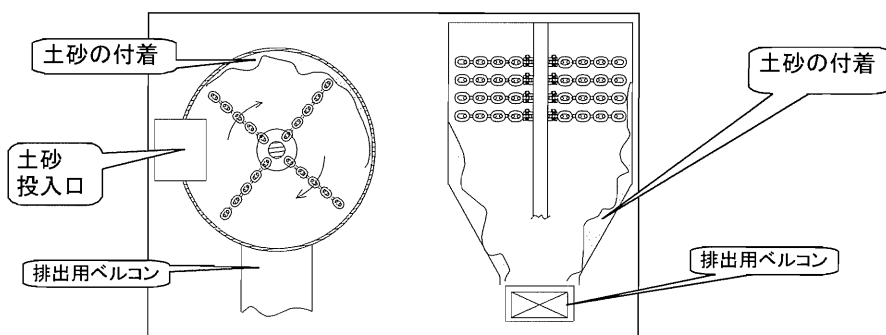


図-1 付着状況

表-3 対策試験結果

ケーシングへの対応	対策	エアノッカー	温熱シート	縦リブ	SUSライナー	X
	効果	△	△	△	×	
	評価	剥離性・良 剥離性・良 細粒化・良 効果なし				
チェーンへの対応	対策	高張力チェーン	先端ハードフェーシング	先端耐摩耗鋼		
	効果	△	×	△		
	評価	コスト・大	効果・小	コスト・大		
本体構造変更による対応	対策	逆テーパ型ケーシング	強制掻き取り装置	X		
	効果	○	◎			
	評価	製造コスト・中	製造コスト・大			

### 4. 実機と施工実績

これまでの試験結果を踏まえ、生産能力、経済性および土質条件を考慮して表-4に示す3タイプの実機を製作し、試験施工を行った上で本工事に適応した。以下に施工実績と施工品質について述べる。

表-4 実機(3タイプ)

タイプ	装置の改良点	土質条件	目標条件
タイプ1	逆テーパ型ケーシング	砂質土、礫混じり土	土質が適合すれば、生産能力大
タイプ2	強制掻き取り装置	粘性土、高含水量	適応土質が広範囲、生産能力大
タイプ3	エアノッカー、温熱シート	砂質土、礫混じり土	生産能力は低い、機械費は小

\* タイプ1はエアノッカー併用とした。

4-1 タイプ1 礫混じり砂質土対応機

工事名 : 郡山東部開拓建設事業 金沢調整池付帯工事(その2)工事

工期 : 平成12年3月~平成13年3月

目的 : ダム貯水池内の法面保護工として現地発生土(風化花崗岩、まさ土)のセメント安定処理土の製造

施工数量 : 25,500m<sup>3</sup>

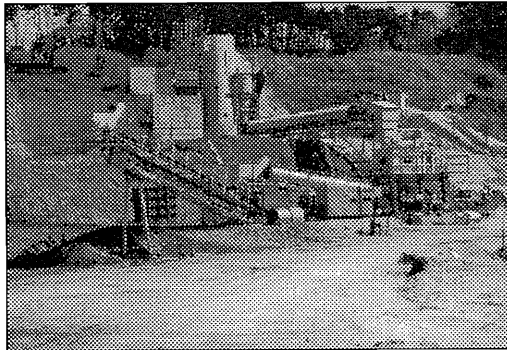
添加材料 : セメント(乾燥土砂質量に対して5%添加)

現地発生土 : 200mm以下の風化花崗岩混じりまさ土

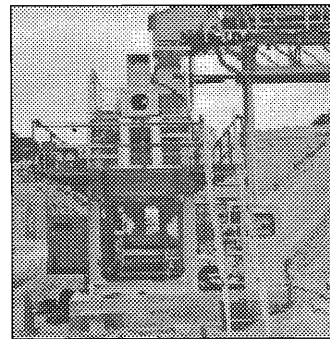
対応機種 : 逆テーパ型ケーシング(エアノッカー併用)

品質規格値 : 一軸圧縮強度  $qu_{28} \geq 0.98N/mm^2$

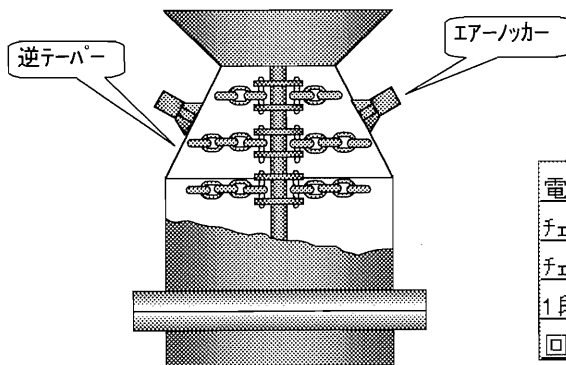
上記実績値 : 一軸圧縮強度 2.0~4.0N/mm<sup>2</sup>



プラント全景



ツイスター本体



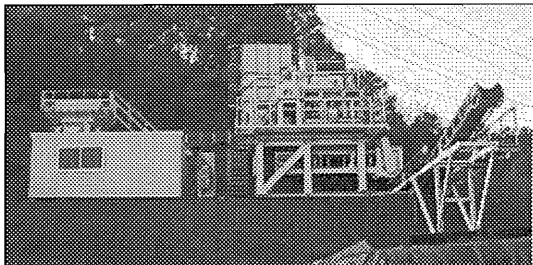
タイプ1 基本構造

タイプ1 基本仕様

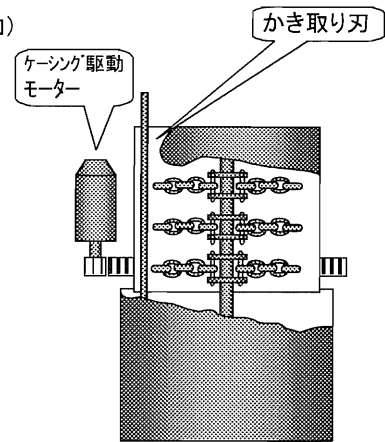
電動モーター	55kW
チェーン規格	φ19mm
チェーン段数	3段(通常)
1段の本数	4本(通常)
回転数	0~1000rpm可変

#### 4-2 タイプ2 礫混じり粘性土(高含水比)対応機

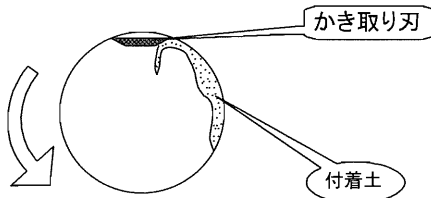
- 工事名 : 第2御前石最終処分場建設工事  
 工期 : 第1期工事 平成12年7月～平成12年8月, 第2期工事 平成12年12月～平成13年2月  
 目的 : 一般廃棄物最終処分場の遮水工のうち、置換工(遮水土工)として現地発生土を利用したベントナイト混合土の製造  
 施工数量 : 第1期工事 1,000m<sup>3</sup> 第2期工事 1,500m<sup>3</sup>  
 添加材料 : ベントナイト(乾燥土砂質量に対して5%添加)  
 現地発生土 : 200mm以下の風化岩混じり関東ローム  
 対応機種 : 強制かき取り装置  
 品質規格値 : 透水係数  $K < 1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$   
 上記実績値 : 透水係数  $1 \sim 3 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$



プラント全景



タイプ2 基本構造



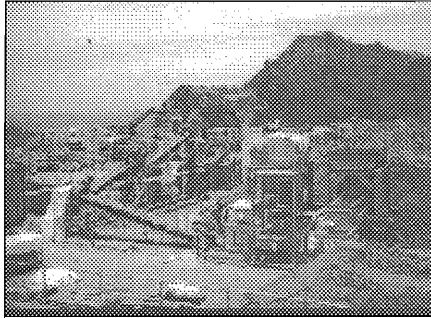
かき取り部詳細(平面)

タイプ2 基本仕様

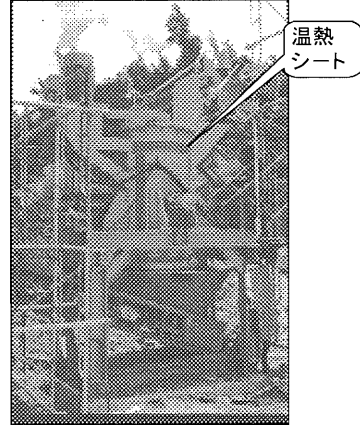
電動モーター	55kW
チェーン規格	φ19mm
チェーン段数	3段(通常)
1段の本数	4本(通常)
回転数	0~1000rpm可変

#### 4-3 タイプ3 礫混じり粘性土対応機

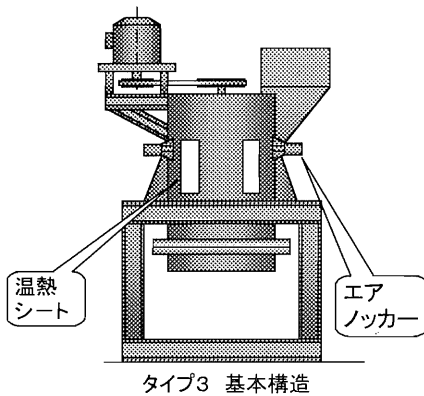
- 工事名 : 東京都小笠原村父島処分場施設建設工事  
 工期 : 平成12年7月～平成12年8月  
 目的 : 一般廃棄物最終処分場の貯留堰堤上流側の混合改良部に使用される現地発生土を利用したベントナイト混合土の製造  
 施工数量 : 1,500m<sup>3</sup>  
 添加材料 : ベントナイト(混合土の乾燥土砂質量に対して5%添加)  
 現地発生土 : 200mm以下の角礫岩とラテライト(化学的風化の進んだ極めて粘り気のある粘土)の混合土  
 対応機種 : エアノッカー+温熱シート  
 品質規格値 : 透水係数  $K < 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$   
 上記実績値 : 透水係数  $4 \sim 7 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$



プラント全景



ツイスター本体



タイプ3 基本構造

タイプ3 基本仕様

電動モーター	30kW
フェーン規格	φ19mm
フェーン段数	3段(通常)
1段の本数	4本(通常)
回転数	0~1000rpm可変

## 5. まとめ

これらの実施工により、それぞれの品質規格値を満足する結果が得られ、付着対策についても良好な結果が得られた。表-5はそれぞれの機種の特徴をまとめたものである。タイプ2は製造コストは大きいですが、適応土質範囲が大きく生産能力も高いことから比較的大規模施工に最適である。

表-5 各機種の特徴

タイプ	装置の改良点	生産能力	付着除去	混合性能	施工費	備考
タイプ1	逆ターパー型ケーシング	○	○	◎	○	適合必要
タイプ2	強制掻き取り装置	◎	◎	◎	○	適応性大
タイプ3	エアノッカー、温熱シート	△	△	◎	△	機械費小

## 6. おわりに

建設発生土の有効利用を目的としたツイスター工法は、約3年半に亘る開発期間と、本施工による経験のなかで当初の目的を達成することができた。本施工中においては、前述した付着以外の問題として大小さまざまなトラブルにみまわれ、対策を繰り返すことにより現在に至っている。

今後の課題としては、施工条件や仕様の違いから施工のニーズに合致させた形でのプラント設計をその都度実施しているが、本施工での実績を生かしプラント機械の汎用性、更なるコンパクト化を進め、本工法を低コストで手軽な手段として活用できるよう開発を進めていく所存である。