

# 港湾・空港における建設発生土等を活用した 回転式破碎混合工法((旧)KT-090048-VE) による混合土製造事例



日本国土開発 (株)

# 回転式破碎混合工法の概要（ツイスター工法）

回転式破碎混合（ツイスター）工法とは、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・攪拌性能により、**地盤材料の塊砕・細粒化と添加材料の均一分散にさせることで、破碎と混合を同時実施する工法である。**

## 【技術名称】

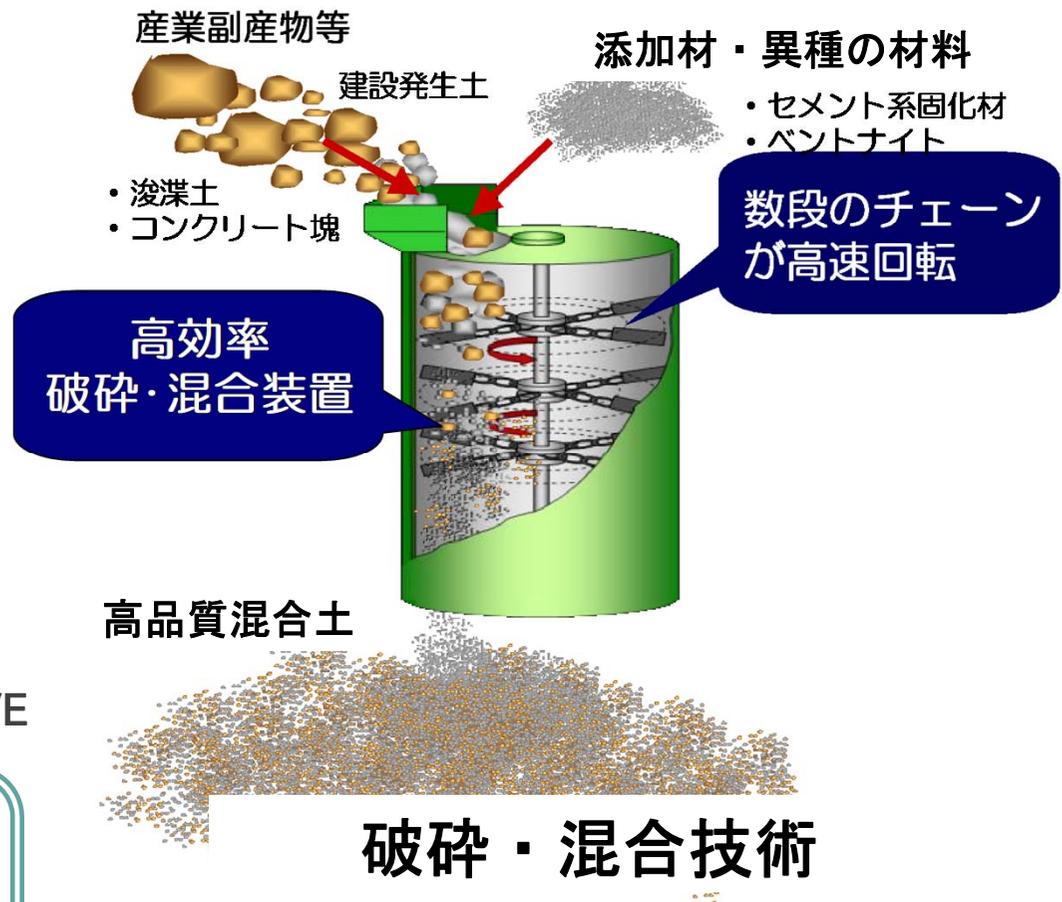
回転式破碎混合工法による【NETIS登録番号】  
建設発生土リサイクル技術（旧）KT-090048-VE

## 平成28年度準推奨技術

（新技術活用システム検討会議（国土交通省））

## 活用促進技術

（新技術活用評価会議（東北地方整備局））



# 回転式破碎混合工法の特徴

- ①従来、スタビライザーや自走式土質改良機では、破碎と混合を行う場合、破碎機と混合機の双方が必要である。  
しかし、本工法では、土塊・礫分の破碎(細粒化)と添加材の混合を、一つの装置で実施することから、破碎と混合が同時に処理できる。
  - ②本工法の適用土質は、第1種建設発生土～第4種建設発生土及び、軟岩・風化岩である。高含水比粘性土( $w=138\%$ )～粒径250mmの泥岩を可能( $q_u=7000\text{kN/m}^2$ )。
  - ③本工法は、連続大量処理( $75\text{m}^3/\text{h}\sim 150\text{m}^3/\text{h}$ )を可能。
  - ④本工法は、チェーン使用によるシンプル構造。メンテナンス容易。コンパクト。輸送・設置・解体も容易。
- 以上の特徴により、事業コストの低減が可能である。

# 回転式破碎混合工法と他工法との比較事例 破碎・細粒化効果(スレーキング性軟岩)



処理前

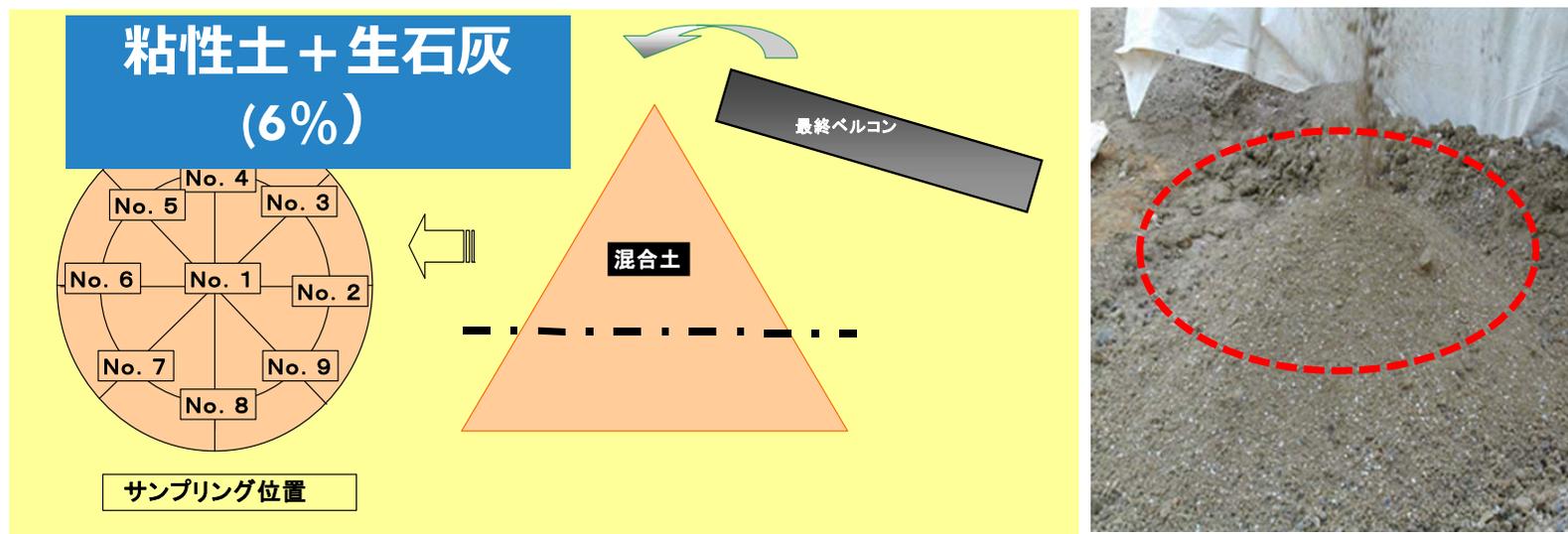
Dmax=250mm

リテラ  
通過後

ガラパゴス  
破碎後

回転式破碎  
混合工法(処理後)

# 回転式破碎混合工法の混合性能



供試体 (No.)	自然含水比 wn (%)	カルシウム量 (%)
1	72.1	6.48
2	70.2	6.70
3	70.3	6.50
4	69.1	6.73
5	68.4	5.61
6	66.7	6.24
7	67.3	5.95
8	69.0	6.41
9	69.3	6.23
平均値 (%)	69.2	6.32
標準偏差 (%)	1.626	0.360
変動係数 (%)	<b>2.4</b>	<b>5.7</b>

一般混合工法 (バックホウ、スタビライザーの各混合)  
変動係数 CV=20~30%程度



回転式破碎混合工法 変動係数 CV=5~10%程度



回転式破碎混合工法の良い混合性能

# 回転式破碎混合工法のラインナップ

回転式破碎混合機 機種一覧表

機 械 名		TM-2250	TM-1500	TM SP-1500 自走式	TM-1000	HANZO
						
本体直径		φ 2,250mm	φ 1,500mm	φ 1,500mm	φ 1,000mm	φ 1,000mm
処理能力	混合時	600~800m <sup>3</sup> /日	360~400m <sup>3</sup> /日	260~300m <sup>3</sup> /日	135~190m <sup>3</sup> /日	80~110m <sup>3</sup> /日
	破碎・混合時	300~530m <sup>3</sup> /日	180~260m <sup>3</sup> /日	130~200m <sup>3</sup> /日	60~130m <sup>3</sup> /日	50~90m <sup>3</sup> /日
特徴	配合管理	重量管理	重量管理	体積管理	重量管理	重量管理
	適用最大粒径	φ 250mm	φ 200mm	φ 200mm	φ 150mm	φ 150mm
	高含水比粘性土対応性	可能	可能	可能	可能	不可
コスト	混合費	◎低い	一標準	○やや高い	△やや高い	×高い
	設備費	×高い	一標準	○やや低い	△やや低い	◎低い
	運搬費	×高い	一標準	○やや低い	△やや低い	◎低い
	トータルコスト (コスト順位)	○やや低い (1)	一標準 (2)	△やや高い (4)	×高い (5)	×高い (6)
適用現場タイプ		大規模現場向き	中規模現場向き	小~中規模現場向き	小規模現場向き	小規模現場~試験工事向き
		プラント型	プラント型	自走式	プラント型	車載型
		3発生土+添加材まで	3発生土+添加材まで	1発生土+添加材まで	3発生土+添加材まで	1発生土+添加材まで

# ＜ 施工事例（その1） ＞

## 東京湾浅場造成工事

工事件名	発注者	母材	品質管理基準	使用機種	工期	製造量(m <sup>3</sup> )
田尻地区函渠その3工事	国交省関東地整首都国道(事)	土丹・砂質土	Dmax<50mm Fc<50%	TM2250	H25.12～H26.2	37,200
田尻地区函渠その4工事					H26.2～H26.5	82,300
東京外環市川中工事	NEXCO東日本千葉工事(事)				H25.9～H26.7	179,400
田尻地区函渠その6工事	国交省関東地整首都国道(事)				H26.6～H26.9	33,700
田尻地区函渠その5工事					H26.6～H27.1	172,500
東京外環田尻工事	NEXCO東日本千葉工事(事)				H26.8～H27.1	1,046,600
東京湾浅場造成工事	国交省関東地整千葉港湾(事)				土丹・砂質土	Dmax<40mm Fc<50%
総計						1,701,700

工事場所：千葉県富津市富津沖（東京湾）

全体工期：平成25年 12月～平成29年 10月（約22ヶ月）

発注者：国土交通省 関東地方整備局 首都国道整備事務所

国土交通省 関東地方整備局 千葉港湾事務所

NEXCO東日本千葉工事事務所

内容：土砂改良工（V=約150,000m<sup>3</sup> 赤枠：今回の事例）

## 背景と課題

千葉県富津沖(東京湾)の海底には、多数の窪地発生により、貧水塊や水質汚染の要因が指摘されている。そのため、水産業への影響軽減、海域の環境修復が課題となっている。

このような状況のもと、発注者が適切であると認めた他工事の建設発生土を東京・大井埠頭より、対岸の千葉県富津市に海上輸送し、当該地(ヤード)にて土砂改良を実施した。

本報告は、これらの建設発生土を活用し、海域の環境修復技術の一つとされている海底窪地対策の「浅場造成工」に、回転式破碎混合工法を適用した事例を紹介する。

浅場埋立の一般的な全体フロー  
＜掘削土の土砂改良＞

他工事の建設現場  
(建設発生土:掘削土)

ダンプ運搬(母材)

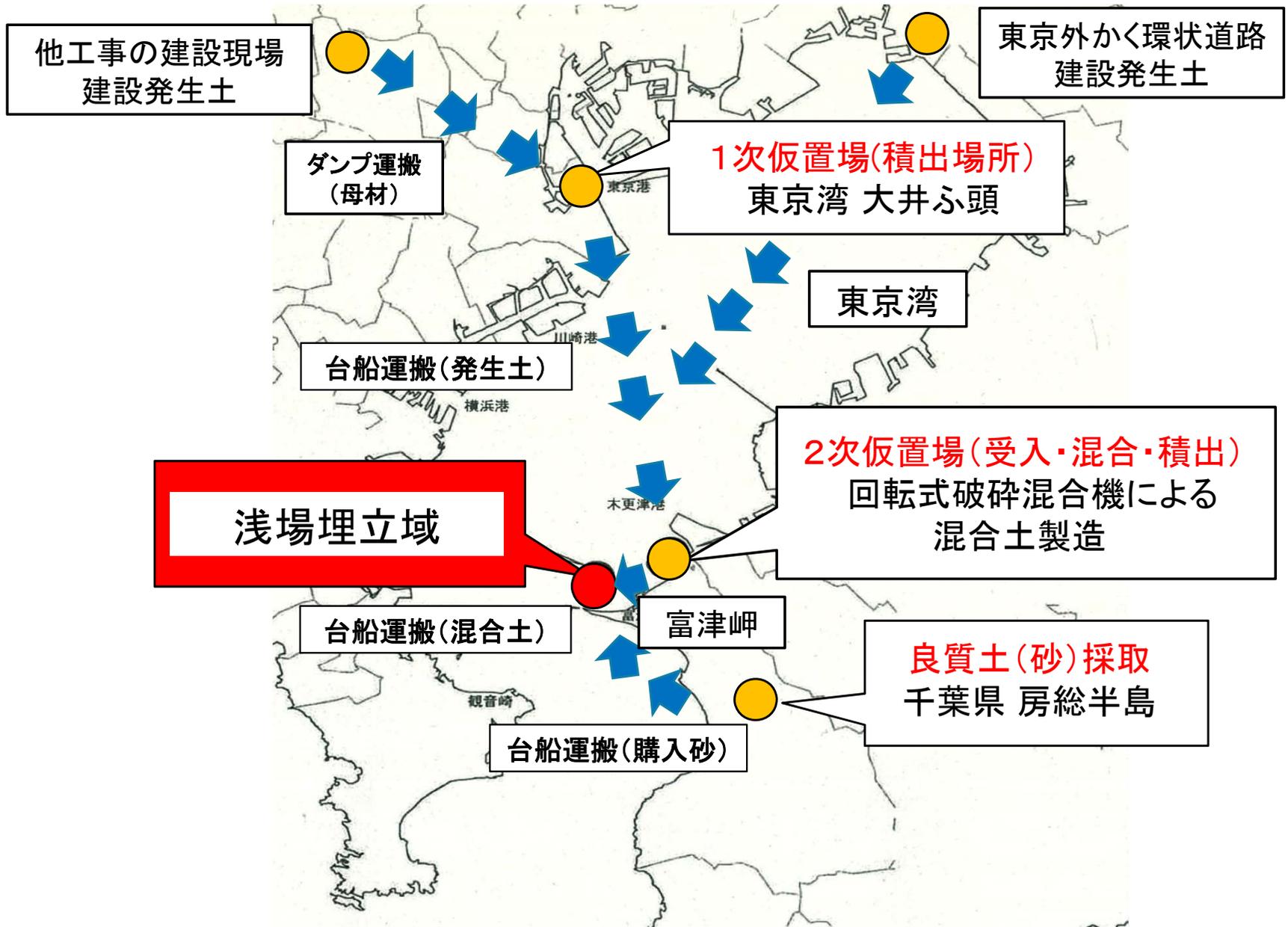
1次仮置場:(東京都大井ふ頭)

台船運搬(母材、良質土)

2次仮置場:回転式破碎混合機による混合土製造(東京湾沿岸 土砂改良ヤード A=20ha)

台船運搬(混合土)

浅場埋立



# 混合土製造の課題

## (1) 混合土製造の課題

他工事の建設発生土は、土丹や粘土・シルト分などの粘性土が主体となっている。このため、漁業関係者へのヒアリングから、浅場造成事業の受入土砂は、漁業の網目を超過する土塊(40mm以上)の混入防止・除去が課題となった(網目破損の防止)。

また、埋立後の水質汚濁防止策として、細粒分含有率 $F_c \leq 50\%$ の混合土製造方法も課題となった。

## (2) 課題解決の方向性

これらの課題には、土丹(発生土)と良質土の混合土が有効と考えられた。発生土のリサイクル実績を有する回転式破碎混合機の破碎混合機能を活かし、混合土製造(土砂改良)を実施した。

# 混合土製造方法

Dmax=600~800mmは、40mmメッシュのふるい分け(1次処理)

40mmアンダー

40mmオーバー

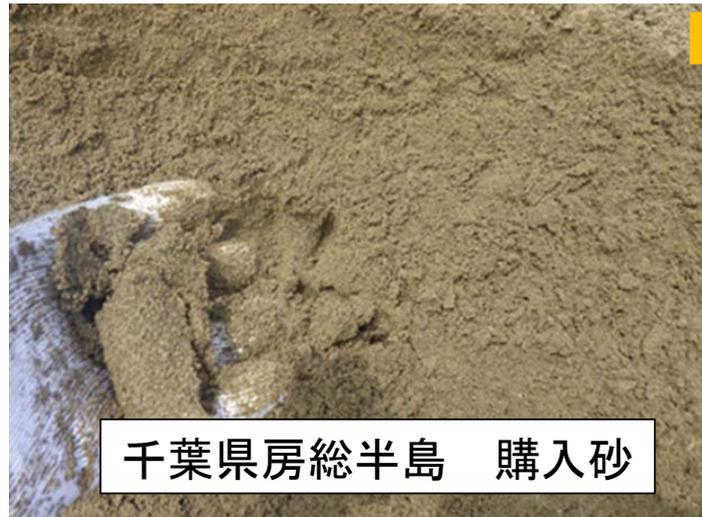
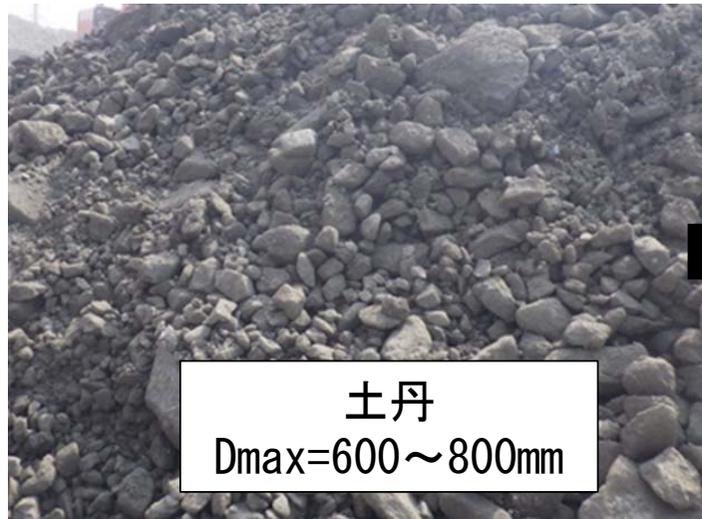
2次処理: 破砕(40mm目開き、自走式土質破砕機)

40mmアンダー

3次処理: 土砂混合(回転式破砕混合工法の導入)  
40mmアンダーと購入砂の混合処理

混合土製造 ( $D \leq 40\text{mm}$ 、 $F_c \leq 50\%$ )

# 混合土製造状況



40mmメッシュ分別（一次処理）

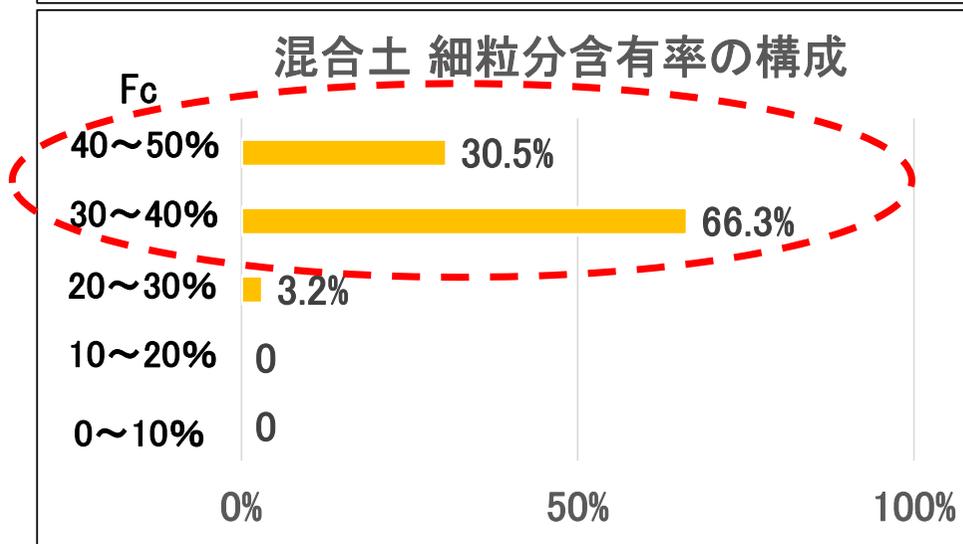
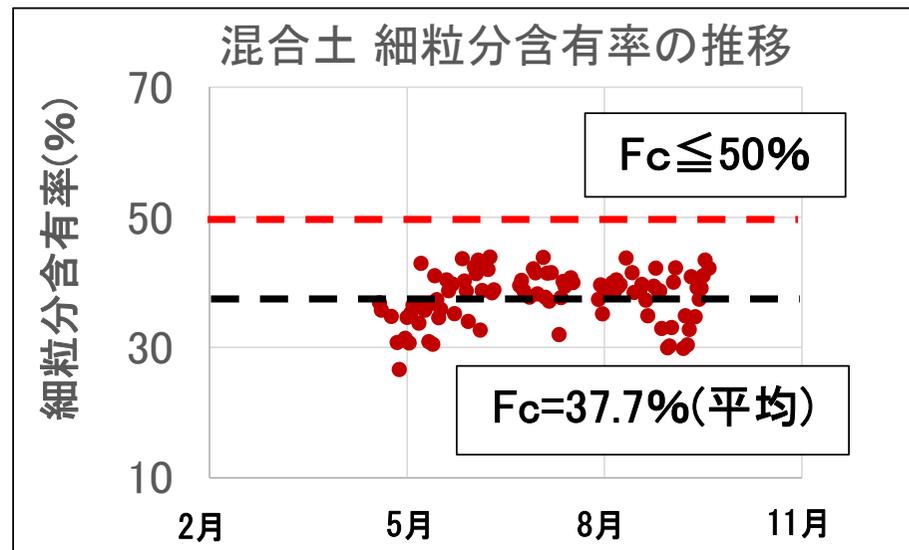
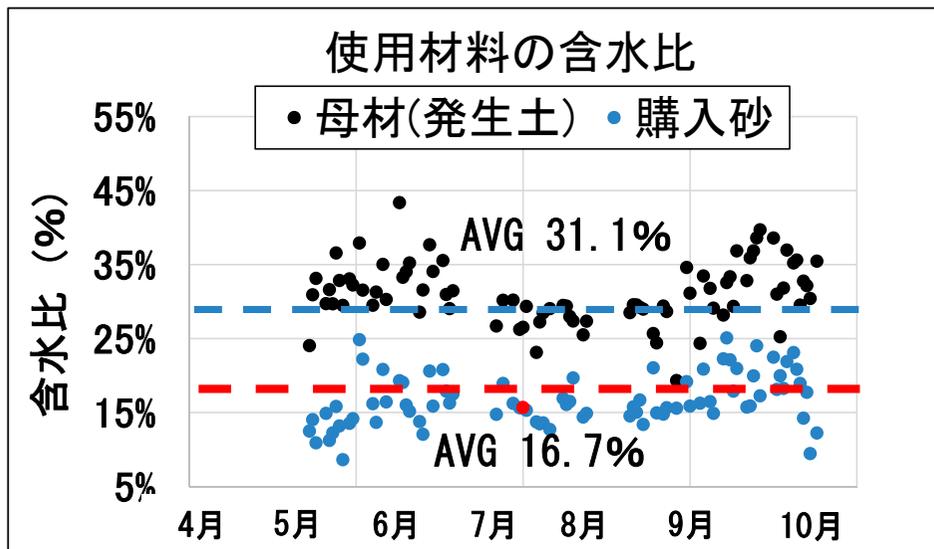
40mm破碎（2次処理）  
（自走式土質破碎機）



搬入時、シルト・土丹は Dmax=600~800mm。  
回転式破碎混合機の処理は Dmax=250mm にするため、一次破碎が必要。  
40mmアンダーと購入砂で混合土製造を実施。



# 使用材料の特性及び混合土品質

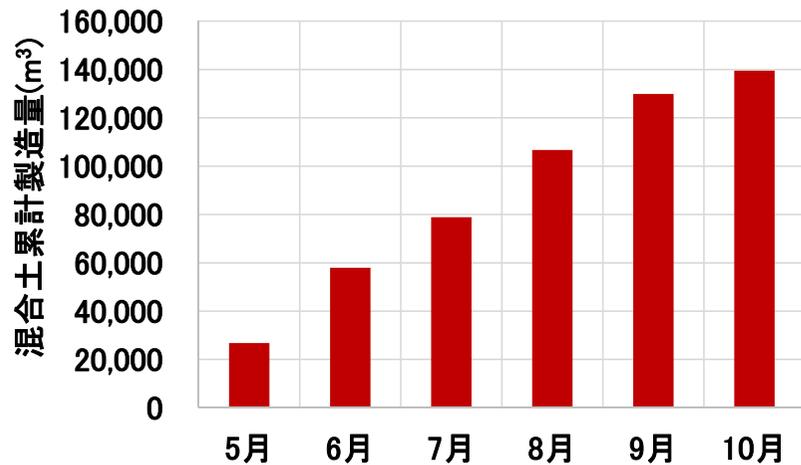


- ① 含水比は、発生土20~45% (平均31%)、購入砂10~25% (平均17%)。含水比変動の大きい材料を使用した。
- ② 製造混合土の細粒分含有率は、 $F_c = 30 \sim 50\%$  が9割以上 (平均37%)。⇒  $F_c \leq 50\%$  (品質目標) を満足した。

# 混合土製造量の一例

	1号機製造量 (m <sup>3</sup> )	1号機稼働日 (日)	1号機製造量 (m <sup>3</sup> /日)	1号機製造量 (m <sup>3</sup> /h)	2号機製造量 (m <sup>3</sup> )	2号機稼働日 (日)	2号機製造量 (m <sup>3</sup> /日)	2号機製造量 (m <sup>3</sup> /h)	1号機+2号機 製造量(m <sup>3</sup> )	1号機+2号機 製造量(m <sup>3</sup> /日)	1号機+2号機 製造量(m <sup>3</sup> /h)
5月	13736	20	687	125	13094	15	873	159	26830	1560	142
6月	15862	18	881	160	15280	17	899	163	31142	1780	162
7月	10520	13	809	147	10401	13	800	145	20921	1609	146
8月	13927	15	928	169	13908	15	927	169	27835	1856	169
9月	12824	17	754	137	10316	12	860	156	23139	1614	147
10月	9645	12	804	146	-	-	-	-	9645	804	146
合計	76514	95	805	146	62999	72	875	159	139513	1537	152

混合土製造量の一例



回転式破碎混合機 (TM2250 2材仕様)

混合土製造量: 10,000 ~ 15,000 m<sup>3</sup>/月  
(約140,000 m<sup>3</sup>/6カ月)

1基当たり152 m<sup>3</sup>/h, 所定の製造能力を発揮

# 回転式破碎混合機 (TM2250 2材仕様) プラント設置例(富津)

土運船接岸・荷役ヤード  
(4隻分)



東京外かく環状道路 千葉工区  
関連残土処理工事プラント設置

# 施工事例 その2

## 那覇空港滑走路増設工事の内 事前混合処理（陸上地盤改良工）

工事件名	発注者	請負者	母材	配合・品質 管理基準	使用機種	工期	製造量
那覇空港滑走路増設2・3工区埋立工事の内 事前混合処理工事	内閣府 沖縄総合事務局 那覇港湾・空港整 備事務所	東洋・大成・屋部JV	クチャ・砂	Dc $\geq$ 92	TM2250	2017/5～2018/1	283,385
那覇空港滑走路増設4工区埋立工事の内 事前混合処理工事		東洋・大成・大寛JV				2018/2～2018/3	15,000
那覇空港滑走路増設2工区埋立工事の内 事前混合処理工事		NIPPO・大寛JV				2018/3～2018/4	61,000
那覇空港滑走路増設4工区埋立工事の内 事前混合処理工事		若築・安藤ハザマ・大米JV				2018/4～2018/8	147,900
那覇空港滑走路増設1工区埋立工事の内 事前混合処理工事		五洋・西松・國場組JV				2018/8～2018/9	40,400
那覇空港滑走路増設5・6工区埋立工事の内 事前混合処理工事		東亜・丸尾・太名嘉JV				2018/8～2018/10	61,000
那覇空港滑走路増設1工区(気中部)埋立工事の内 事前混合処理工事		若築・飛島・大米JV				2018/10～2019/5	167,300
総計							775,985

工事場所：沖縄県 那覇市 那覇空港

全体工期：平成29年 4月～令和元年6月（約25ヶ月）

発注者：内閣府 沖縄総合事務局 那覇港湾・空港整備事務所

製造量：陸上地盤改良工（ $V=775,985\text{m}^3$ ）

# 工事概要

那覇空港におけるインバウンド(訪日客)等の航空需要対応、沖縄県の産業振興と持続的な地域経済発展のために、空港滑走路の拡大・増強が要請されている。

本工事では、拡大・増強予定地の滑走路緑地帯(グリーンベルト)に使用する埋立材確保に向けて、空港内外の建設発生土と砂を混合・攪拌し、混合土製造を実施した。

本報告は、これらの混合土製造における、回転式破砕混合工法の適用事例として、その取組みを紹介する。

# 背景と課題

## (1) 背景と課題

本工事周辺の仮置土砂(建設発生土)は、沖縄島尻層泥岩の「クチャ」、砂質土「ニービ」の2種類があった。

- 仮置土は、粒径100mm以上の岩塊・土塊が混在し、単独の利用は困難であった。
  - 破碎の必要性。
- 泥岩の乾湿繰り返しによるスレーキング(泥滓化)の発生。
  - 強度低下・沈下への懸念。

これらの建設発生土を滑走路の埋立材料に有効利用するため、混合方法や改良方法が課題となった。

# 試験施工

## (1) 試験施工の課題

岩塊や土塊の破碎・細粒化は、スレーキング抑制に有効であるため、これを砂混合し、締固めを容易とする材料への改良が課題となった。

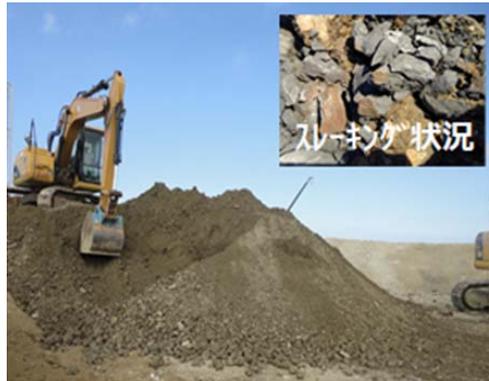
## (2) 課題解決への方向性

土砂性状の改善方法を検討するため、ニービ<sup>(砂質土)</sup>、クチャ<sup>(泥岩)</sup>、購入砂<sup>(海砂)</sup>、岩ズリ<sup>(珪石)</sup>を材料として、回転式破碎混合装置 (HANZO) の試験製造を実施。



- 破碎室：直径1,000mm
- 混合：80~110m<sup>3</sup>/日
- 破碎混合：50~90m<sup>3</sup>/日

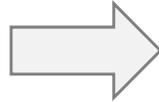
# 破碎前と破碎後の母材状況



**クチャ**  
平均 $w=26.4\%$



**ニービ**  
平均 $w=14.5\%$



**岩ズリ**



琉球石灰岩

破碎前

破碎後

# 試験施工の概要

## 1. 粒度調整パターン(乾燥重量比)

- ① 建設発生土:購入砂=1:0.25、1:0.5、1:1
- ② 建設発生土:岩ズリ=1:0.25、1:0.5

## 2. 敷き均し・転圧機械

- ① 敷き均し機械:バックホウ
- ② 転圧機械:タイヤローラー、振動ローラー



バックホウ敷き均し 13Tタイヤローラー 20T振動ローラー

# 試験施工の結果・評価

## 1. 破 碎

破砕機を不要とし、プラント1基による固結した建設発生土（ニービ、クチャ）の破砕が可能である。

## 2. 混 合

建設発生土（ニービ、クチャ）と海砂は、均一な混合が可能である。

## 3. 施工性（製造量）

連続して大量の製造が可能である。

## 4. 品 質

安定した改質土の品質が確認された。

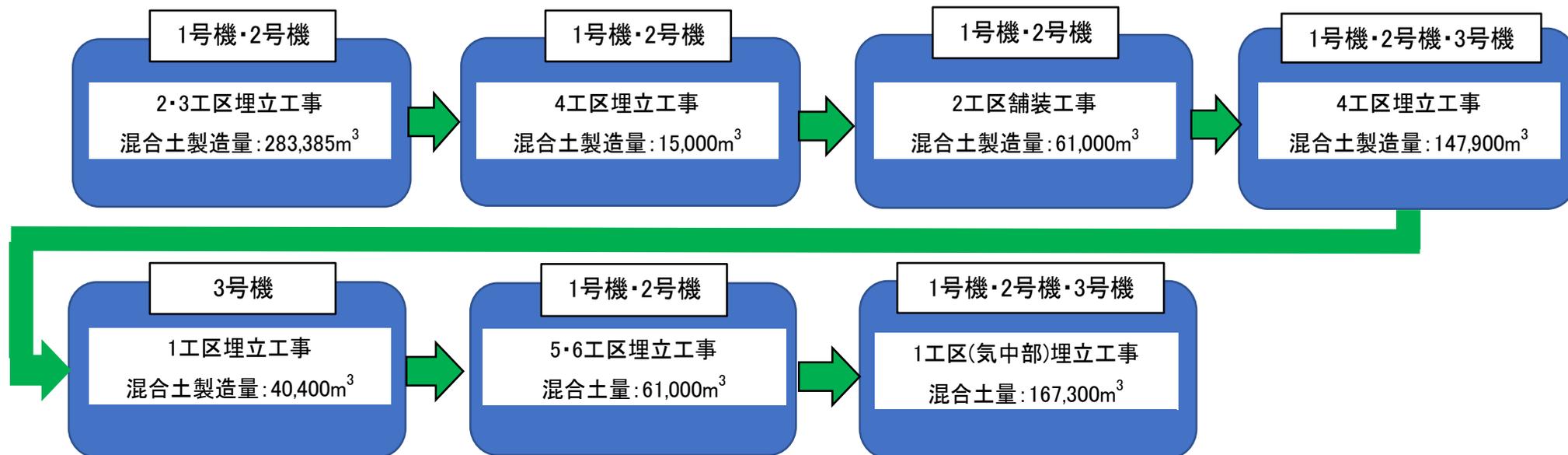
## 5. コスト

プラント1基で、他工法に比べて大量施工が可能である。

また、破砕機は別途必要としないため、他工法に比べてコスト優位性がある。

⇒ 上記結果から、本工法の採用（建設発生土：海砂=1：0.5（乾燥重量比）となった。

# 混合土製造の変遷



1工区～5・6工区 合計製造量  
 $V=775,985\text{m}^3$  (約25ヶ月)

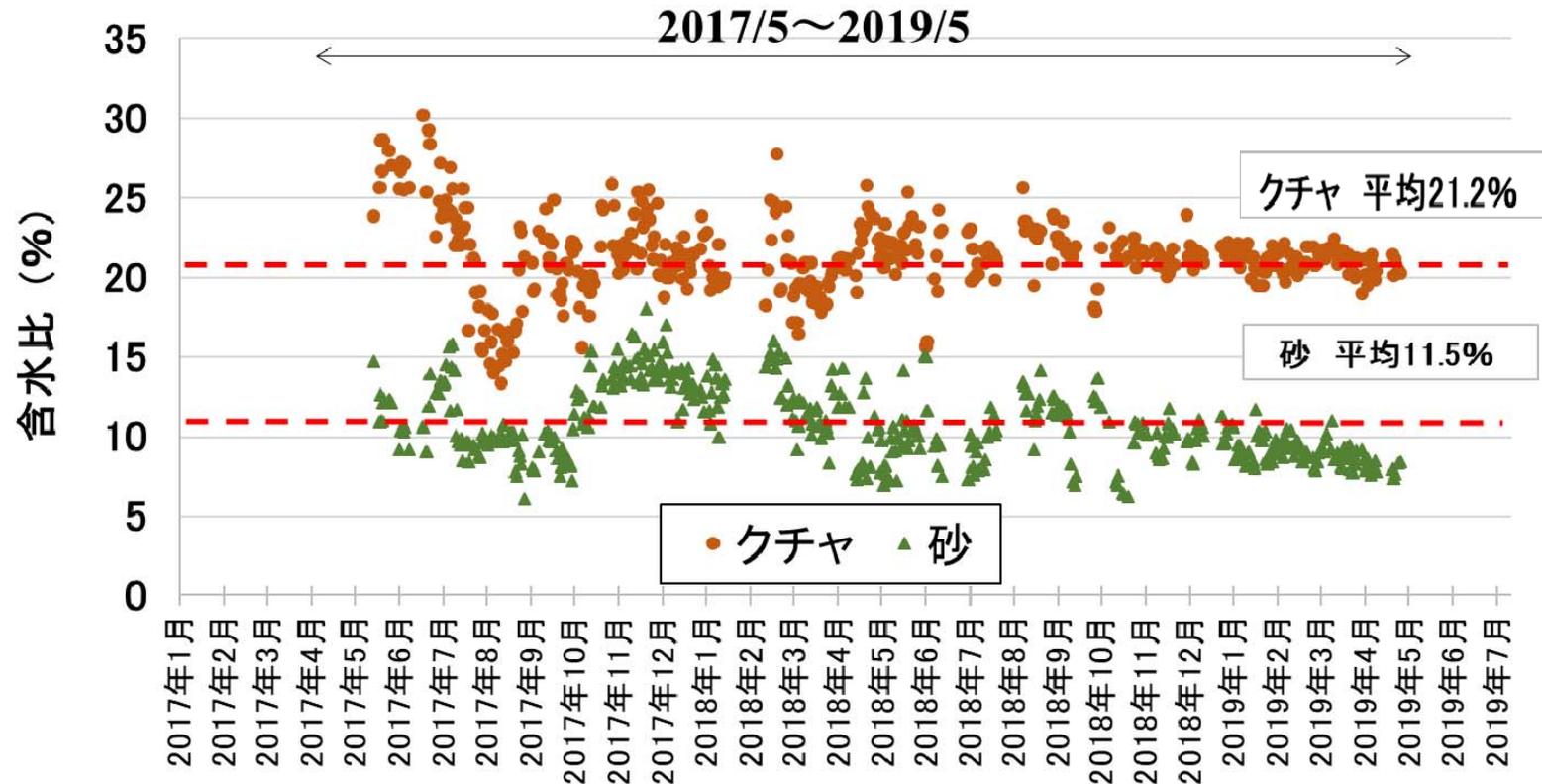
平均日製造量: 約 $993\text{m}^3/\text{日}$   
 約 6.8時間/基(平均)稼働

最大日製造量: 約 $1130\text{m}^3/\text{日}$   
 約 7.8時間/基(平均)稼働

1基当たり製造量: 約 $145\text{m}^3/\text{h}$

回転式破碎混合機(最大3基)による混合土製造は、所定の製造能力を発揮。迅速化、安定供給に貢献した。

# 本工事における建設発生土特性（含水比変化）



クチャ（泥岩）含水比は、 $W_n=9\sim 32\%$ （平均21.2%）、砂の含水比は、 $W_n=5\sim 24\%$ （平均11.5%）。含水比変動の大きい材料である。

クチャは、砂の約2倍程度高く、軟質で泥濘化しやすい。

# 回転式破碎混合機 配置状況



滑走路増設部は、既設滑走路に隣接している。回転式破碎混合機は、既設滑走路側に2基、増設予定地には1基を配置（最大3基稼働）。

# 回転式破碎混合機による混合土製造状況



1号機



2号機



クチャ



海砂



3号機



混合土製造(クチャ:海砂=1:0.5)

ご清聴、ありがとうございました。