

## 建設発生土リサイクル 回転式破碎混合工法

## ～裏込石の代替、浚渫土の有効利用～



日本国土開発(株) 四宮 圭三  
○坂本 篤

## 内 容

## 1. 技術紹介

- 1-2 回転式破砕混合工法を用いたPREM工法の概要

## 2. 事例紹介

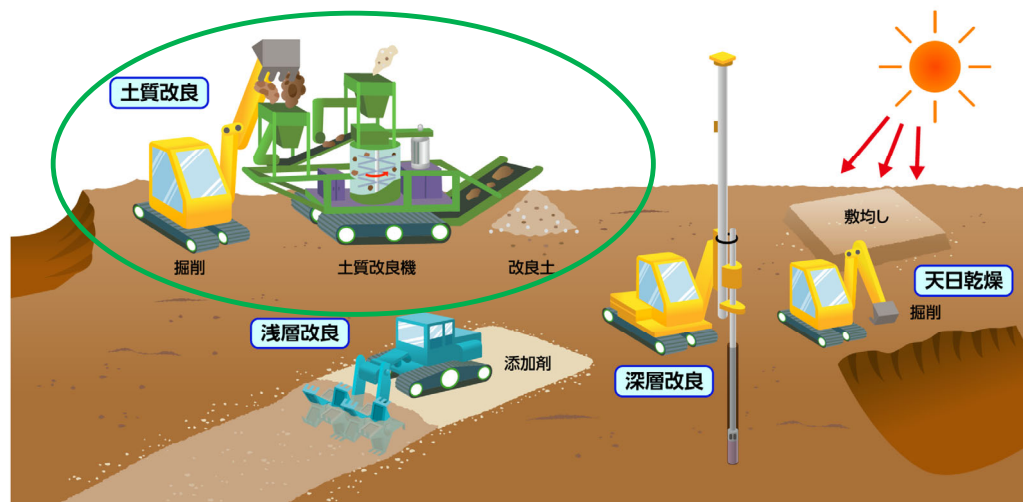
- 2-1 石の代替事例
- 2-2 洋上風力の地耐力強化
- 2-3 自走型回転式破碎混合機
- 2-4 その他の事例



## 回転式破碎混合工法®の概要

## 回転式破砕混合工法の概要

「回転式破碎混合法」とは、地盤改良における事前混合処理工法のひとつです。

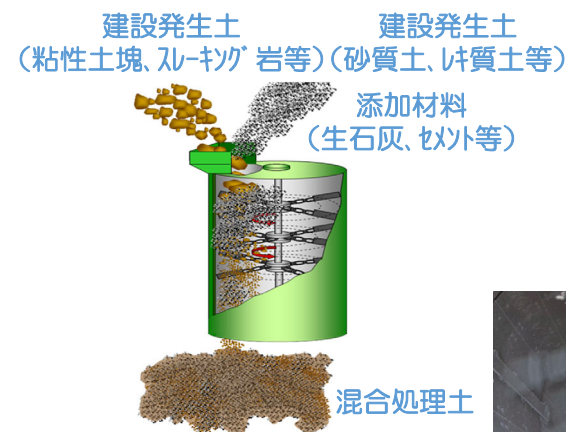


2

## 回転式破碎混合工法の概要

## 回転式破碎混合工法の概要

主な機構は、円筒内で複数本のフレキシブルなチェーンを高速回転させるものです。このチェーンの打撃力で、2種類ないしは3種類の建設発生土を破碎・細粒化（解砕）すると共に、均一に分散し混合することによって、破碎と混合とを同時に行うことを可能とした工法です。



# 回転式破碎混合工法の特長

回転式破碎混合工法の概要

- ◆土質の適用範囲を拡大
  - ⇒ 建設リサイクル率の向上に寄与
  - ⇒ 既岸壁の裏込土が利用可能
- ◆軟岩、土塊等を解砕
  - ⇒ スレーキング性材料の沈下を抑制
  - ⇒ 改良土の品質が向上
- ◆良質な改良土の製造が可能
  - ⇒ 裏込石等を削減
- ◆ベルトコンベア搬送システム
  - ⇒ 連続大量混合が可能
- ◆遠隔操作モニター室
  - ⇒ 快適な作業環境
- ◆機体本体はシンプル
  - ⇒ メンテナンスが容易

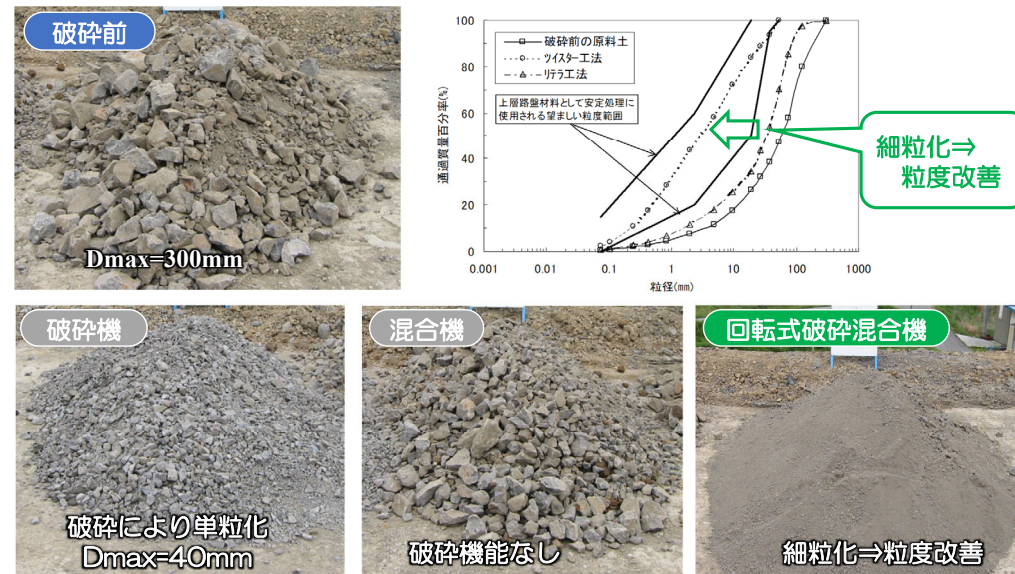


4

# 回転式破碎混合工法の破碎・細粒化効果

回転式破碎混合工法の概要

他技術との破碎・細粒化効果の比較（スレーキング性軟岩の事例）



5

# 粘性土の有効利用状況

回転式破碎混合工法の概要

- 塊状の粘性土を改良可能
- ベルトコンベアで搬送できれば改良可能
- 泥状 ( $I_L > 1$ ) の粘性土の改良実績有



高含水比粘性土の例



| No. | 細粒分含有率<br>F <sub>c</sub> (%) | 自然含水比<br>W <sub>n</sub> (%) | 液性指数<br>I <sub>L</sub> | 土の状態 |
|-----|------------------------------|-----------------------------|------------------------|------|
| 1   | 88.4                         | 64.3                        | 0.85                   | 塑性体  |
| 2   | 87.2                         | 165.0                       | 0.53                   | 塑性体  |
| 3   | 96.9                         | 142.6                       | 0.31                   | 塑性体  |
| 4   | 97.3                         | 73.6                        | 1.34                   | 液体※  |
| 5   | 81.9                         | 106.2                       | 2.22                   | 液体※  |
| 6   | 65.4                         | 120.1                       | 0.17                   | 塑性体  |
| 7   | 90.3                         | 91.8                        | 0.19                   | 塑性体  |
| 8   | 98.2                         | 87.9                        | 1.01                   | 液体※  |
| 9   | 90.4                         | 91.8                        | —                      |      |
| 10  | 98.0                         | 82.5                        | 0.73                   | 塑性体  |
| 11  | 87.0                         | 75.5                        | 0.92                   | 塑性体  |

※時間経過や振動によって水分分離や土が流動する状態

粘性土の地盤材料試験結果（例）

6

# 回転式破碎混合機のラインアップ

回転式破碎混合工法の概要



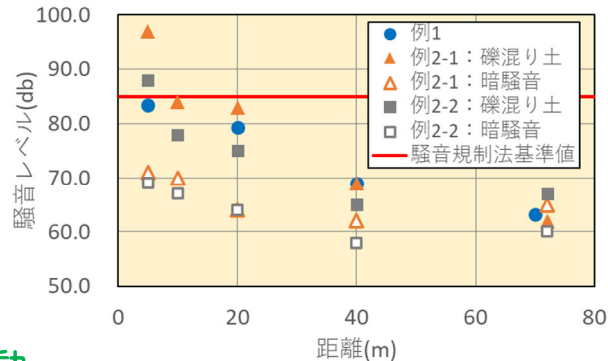
回転式破碎混合機には、施工規模に応じて能力の異なる3種類の定置式の機種（TM-1500、TM-2250、TM-2250強化型）があります。  
また、狭隘な箇所での施工に対応可能な自走型の回転式破碎混合機があります。

7

# 周辺環境（騒音、振動）

## 騒音

- 土質材料によって直近で基準値を満足
- レキなどの固い材料が含まれても10m程度で基準値を満足
- 50m程度で暗騒音と同等



## 振動

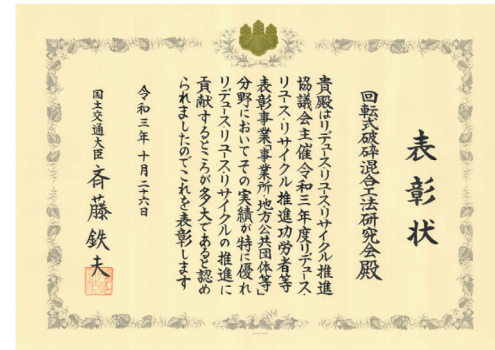
- 回転式破碎混合機はほとんど振動が発生しません。
- 振動ふるい等を併用する場合は振動ふるい等に準じます。

回転式破碎混合工法の概要

8

# リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰

「回転式破碎混合工法」が令和3年度「リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰」国土交通大臣賞を受賞しました。



国土交通大臣賞（3件）



※リデュース・リユース・リサイクル推進協議会HPより

9

# 土木技術十二選に選定 土木学会誌(2022年6月号)に掲載

回転式破碎混合工法の概要

土木学会誌 土木技術十二選

土木技術十二選の一覧

| No. | タイトル                                              | 法人会員                     |
|-----|---------------------------------------------------|--------------------------|
| 1   | 市橋ケーブル送気乾燥システム                                    | 本州四国連絡高速道路(株)            |
| 2   | 山田トンネル 覆工コンクリートの施工技術                              | 前田建設工業(株)                |
| 3   | 高機能舗装(排水性舗装/ポラスアスファルト舗装)                          | (株)高速道路総合技術研究所           |
| 4   | RFD調査環境検知システム                                     | 太平洋セメント(株)               |
| 5   | SPR工法                                             | 清水化学工業(株)/環境・ライフラインカンパニー |
| 6   | セグメントを用いたシールドトンネル地中掘削技術                           | (株)安藤・間                  |
| 7   | ポンテン工法                                            | (株)森環境技術研究所              |
| 8   | 連続サイホン式汲排水設備                                      | 八千代エンジニアリング(株)           |
| 9   | ダムコンクリート自動打設システム                                  | 清水建設(株)                  |
| 10  | 社会インフラの長寿命化を支える接着剤                                | シーボンド建設(株)               |
| 11  | 選り取り選り入れ工法(SATT工法: Swing Arm Tunneling Technique) | 成和リニューアールワークス(株)         |
| 12  | 建設発生土の有効利用を可能にする回転式破碎混合工法                         | (日本国土開発(株))              |

建設発生土の有効利用を可能にする 回転式破碎混合工法

高含水比粘性土から軟弱まで一つの工法で破碎・混合・分別

技術の集大成

建設発生土の有効利用を可能にする 回転式破碎混合工法

建設発生土の有効利用を可能にする 回転式破碎混合工法

10

# 回転式破碎混合工法の改良土製造実績

回転式破碎混合工法の概要

| 区分     | 改良土製造実績                 |
|--------|-------------------------|
| 港湾・空港  | 3,064,000m <sup>3</sup> |
| 河川・防潮堤 | 4,049,000m <sup>3</sup> |
| 道路     | 736,000m <sup>3</sup>   |
| その他    | 1,485,000m <sup>3</sup> |
| 合計     | 9,334,000m <sup>3</sup> |

※2022年5月時点

11

# 港湾空港分野での適用例

| No. | 概要                    | 工法                          |
|-----|-----------------------|-----------------------------|
| 港湾1 | 既設岸壁の耐震化<br>発生土利用     | 回転式破碎混合工法<br>事前混合処理工法(PREM) |
| 港湾2 | 新設岸壁のケーソン裏込め<br>発生土利用 | 回転式破碎混合工法<br>事前混合処理工法(PREM) |
| 港湾3 | 鋼板セル護岸背後の裏込<br>台船上施工  | 回転式破碎混合工法<br>事前混合処理工法(PREM) |
| 港湾4 | 浅場造成の漁業影響抑制<br>改質     | 回転式破碎混合工法                   |
| 港湾5 | 洋上風力拠点港湾の地盤改良         | 回転式破碎混合工法<br>事前混合処理工法(PREM) |
| 空港1 | スレーキング性材料の破碎混合        | 回転式破碎混合工法                   |

港湾分野では、特に**事前混合処理工法**の混合に用いられている(港湾1～3)。  
また、浅場造成の漁業への影響抑制(港湾4)、洋上風力拠点港湾の地耐力強化(港湾5)、空港分野(空港1)にて適用されている。

12

# 内 容

## 1. 技術紹介

### 1-1 回転式破碎混合工法の概要

### 1-2 回転式破碎混合工法を用いたPREM工法の概要

## 2. 事例紹介

### 2-1 石の代替事例

### 2-2 洋上風力の地耐力強化

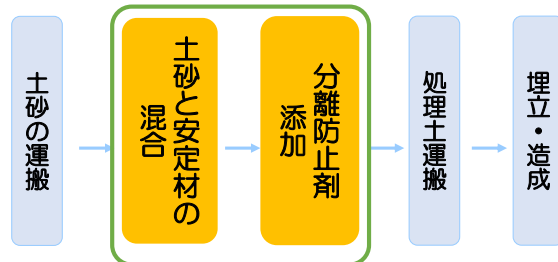
### 2-3 自走型回転式破碎混合機

### 2-4 その他の事例

13

## 事前混合処理工法(PREM)の概要

事前混合処理工法とは土砂と安定材の混合後、**分離防止剤**を添加した事前混合処理土を海中投入し、地盤を造成する工法です。



事前混合処理工法(PREM)の施工フロー



### PREMの用途

- ・新設岸壁の護岸背面の裏込・裏埋
- ・既設岸壁の補強・機能向上
- 等

- 分離防止剤の効果
- ・海域への汚濁防止
  - ・品質の向上

14

## 事前混合処理工法(PREM)の特長

### ◆添加材の分離を防止

- ⇒ 水域への汚濁防止
- ⇒ 品質向上

### ◆発生土を有効利用

- ⇒ 建設リサイクル率の向上

### ◆低コスト

### ◆裏込に利用可能

- ⇒ 石の使用量を低減

### ◆使用地盤材料を目視可能

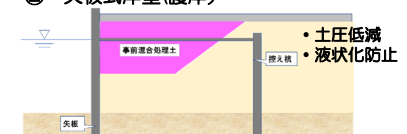
- ⇒ 高品質

### 新設岸壁・護岸背面の裏込・裏埋材料への利用

#### ① 重力式岸壁(護岸)

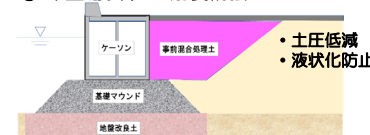


#### ② 矢板式岸壁(護岸)



### 既設岸壁の補強・機能向上への利用

#### ① 岸壁(護岸)の耐震補強



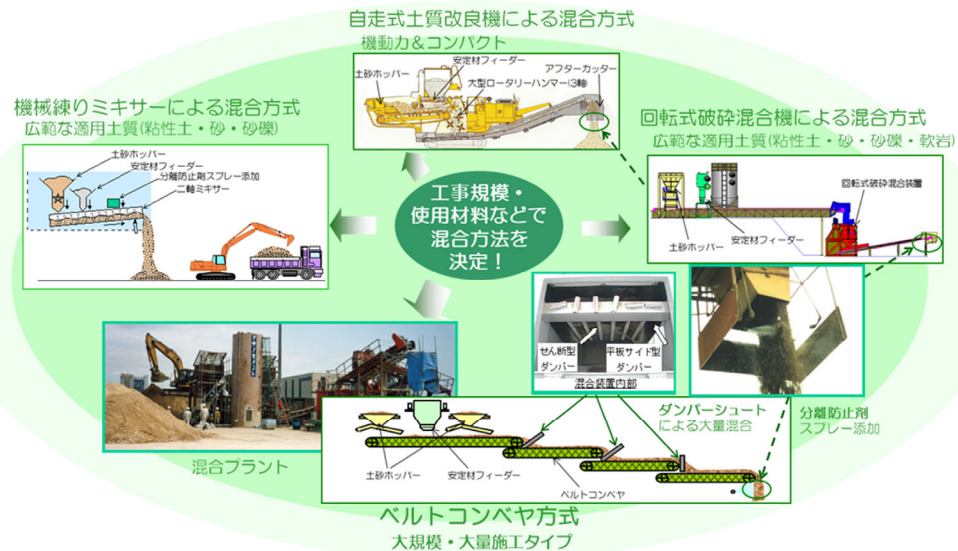
#### ② 岸壁(護岸)の利用性向上



15

# 事前混合処理工法(PREM)の混合方式

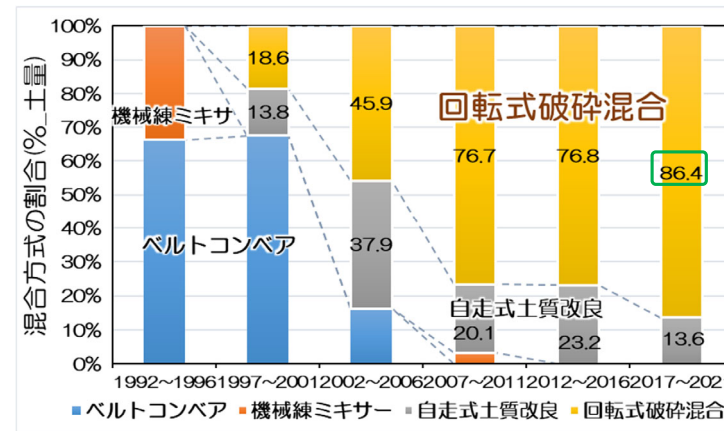
回転式破碎混合工法を用いたPREM工法



16

# 混合方式の状況

回転式破碎混合工法を用いたPREM工法



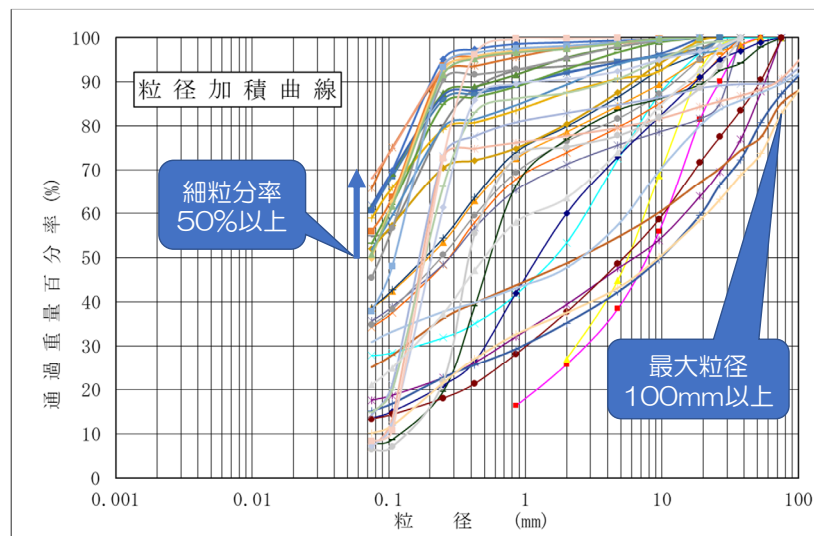
混合方式別の実績比率の変化

既設岸壁の耐震強化・液状化対策等で、岸壁背後の掘削土の有効利用が求められているため、幅広い土をPREMに利用するニーズが増加しています。このことから、事前混合処理工法の混合方式は幅広い地盤材料に適用できる回転式破碎混合工法が増加しています。

17

# 土砂（未処理）の粒度試験結果

回転式破碎混合工法を用いたPREM工法



18

# 事前混合処理土製造状況

回転式破碎混合工法を用いたPREM工法



19

# 事前混合処理工法施工状況



仮置土砂積込



仮置土砂運搬



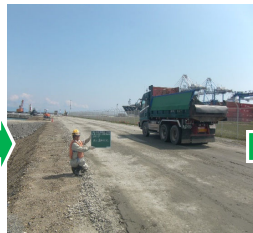
仮置土砂荷卸し



仮置土砂投入



事前混合処理土製造



処理土運搬



処理土投入



処理土埋立

# 事前混合処理工法協会の会員

## 会 員

あおみ建設株式会社  
五洋建設株式会社  
東亜建設工業株式会社  
東洋建設株式会社  
日本国土開発株式会社（事務局）  
株式会社不動テトラ  
みらい建設工業株式会社  
りんかい日産建設株式会社  
若築建設株式会社  
コマツカスタマーサポート株式会社（賛助会員）

## 事前混合処理工法協会連絡先

日本国土開発株式会社 土木事業本部内  
〒107-8466 東京都港区赤坂4-9-9  
TEL : 03-4361-1722  
FAX : 03-5410-5808  
電子メールでのお問い合わせ : [prem@prem-gr.com](mailto:prem@prem-gr.com)  
URL : <http://www.prem-gr.com/>

# 回転式破碎混合工法研究会の会員

## 会 員

日本国土開発（株）  
国土開発工業（株）  
日本基礎技術（株）  
道路工業（株）  
三信建設工業（株）  
東亜道路工業（株）  
海洋工業（株）  
太洋基礎工業（株）

## 回転式破碎混合工法研究会連絡先

〒305-0883 茨城県つくば市みどりの東18番地1  
TEL : 029-898-9030  
FAX : 029-836-2070  
URL : <https://twister-grp.com/>  
(HP問い合わせフォームをご利用ください)

# 内 容

## 1. 技術紹介

- 1-1 回転式破碎混合工法の概要
- 1-2 回転式破碎混合工法を用いたPREM工法の概要

## 2. 事例紹介

- 2-1 石の代替事例
- 2-2 洋上風力の地耐力強化
- 2-3 自走型回転式破碎混合機
- 2-4 その他の事例

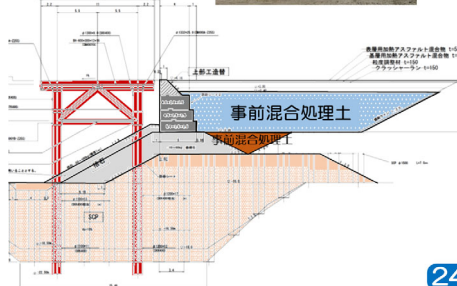
# 石の代替え事例1 (衣浦港\_浚渫土)

2-1石の代替事例

発注者 : 愛知県  
 工事名 : 衣浦港改修 (岸壁-10m) 工事ほか  
 製造量 : 約20,000m<sup>3</sup>  
 工期 : H19.6、H19.10~H20.2

## 概要

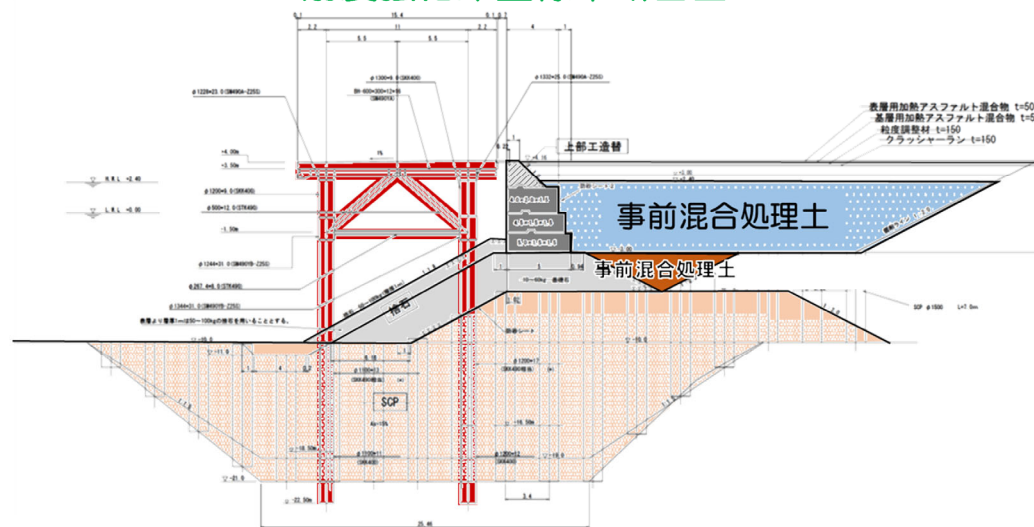
衣浦港の航路・泊地浚渫土を事前混合処理 (液状化防止、土圧軽減) し、護岸背面の裏込めとして利用しました。また、付近では海苔の養殖が盛んで、汚濁防止膜を設置するとともに養殖への影響が少ない時期に施工しました。汚濁防止膜外の水質検査をしたところpHの上昇はありませんでした。



# 石の代替え事例1 (衣浦港)

2-1石の代替事例

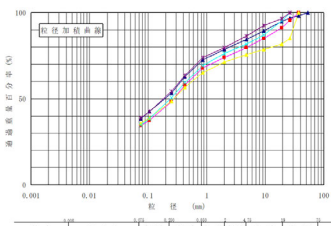
## 耐震強化岸壁標準断面図



# 石の代替え事例1 (衣浦港)

2-1石の代替事例

## 母材 (浚渫土) の土質性状



母材 (浚渫土) の粒度曲線

細粒分40%



# 石の代替え事例1 (衣浦港)

2-1石の代替事例

## 事前混合処理土の施工状況



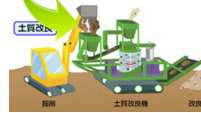
# 石の代替え事例2(横浜港\_台船上施工)

2-1石の代替事例

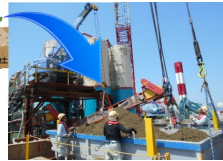
発注者 : 国土交通省 関東地方整備局  
 工事名 : 横浜港南本牧地区岸壁(-18m) (耐震) 裏込等工事  
 製造量 : 約37,000m<sup>3</sup>  
 工期 : H30.3~H30.7  
 概要

我が国最大級の大水深の耐震強化岸壁整備において、鋼板セル護岸背後の裏込(大深水域:約30m)に事前混合処理土を埋立て、土圧軽減、液状化防止を図る工事です。

他工事の影響、工期遵守の観点から、陸上でのプラント設置ヤードの確保が困難であった。そこで、埋立箇所脇の台船上に設置した海上プラント(回転式破碎混合機)で処理土を製造した。使用材料はプラントまで土運船とセメント船にて運搬した。

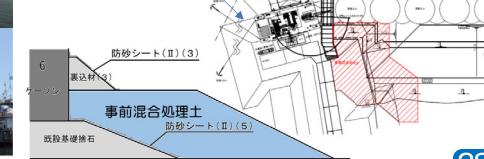


破碎混合



土砂供給(ガット船)

台船上プラント



28

# 石の代替え事例2(横浜港\_台船上施工)

2-1石の代替事例



スパット台船

事前混合処理設備

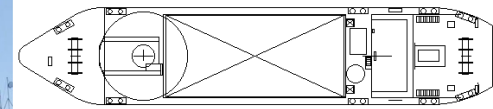
回転式破碎混合機



平面図

スパット台船

断面図



ガット船

土運船600m<sup>3</sup>瀕取

クローラークレーン300t  
処理土投入

土運船500m<sup>3</sup>処理土貯蔵

埋戻状況  
ベッセル(m)



29

## 内容

### 1. 技術紹介

#### 1-1 回転式破碎混合工法の概要

#### 1-2 回転式破碎混合工法を用いたPREM工法の概要

### 2. 事例紹介

#### 2-1 石の代替事例

#### 2-2 洋上風力の地耐力強化

#### 2-3 自走型回転式破碎混合機

#### 2-4 その他の事例

## 洋上風力発電施設の拠点港湾の地耐力強化

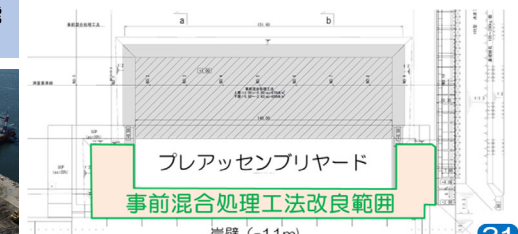
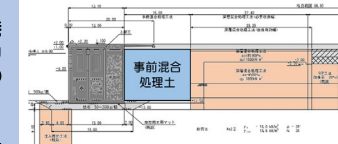
2-2

発注者 : 国土交通省 東北地方整備局  
 工事名 : 秋田港飯島地区岸壁(-11m) (改良) (耐震)  
 地盤改良工事 (その2)  
 製造量 : 約23,700m<sup>3</sup>  
 工期 : R2.5~R2.8  
 概要

秋田港は、風況がよく、風力発電に適した地であることから、国内初の洋上風力発電基地港湾の整備が進められている。

洋上風力発電施設の建設や保守の前線基地となる拠点港湾は、重厚長大な資機材を扱う必要があり、十分な地耐力や広い作業スペースが求められ、通路・運搬路、資機材の保管ヤードの地耐力強化に回転式破碎混合工法を用いたPREM工法を適用した。

回転式破碎混合工法を用いたことで、同工事の他の地盤改良工法で発生した余剰セメント改良土の有効利用が可能となり、建設発生土の低減と処分費の削減を図りました。



事前混合処理工法改良範囲

岸壁 (-11m)

30

31

## 1. 技術紹介

### 1-1 回転式破碎混合工法の概要

### 1-2 回転式破碎混合工法を用いたPREM工法の概要

## 2. 事例紹介

### 2-1 石の代替事例

### 2-2 洋上風力の地耐力強化

### 2-3 自走型回転式破碎混合機

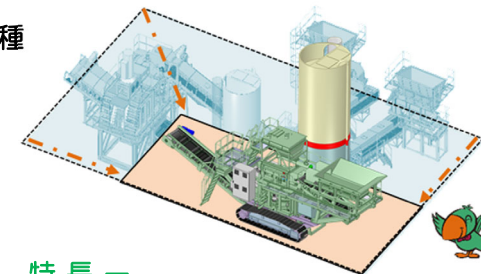
### 2-4 その他の事例

## 自走型回転式破碎混合機の概要

回転式破碎混合機には、定置式の機種しかなく下記の課題がありました。

- ①狭隘な箇所での施工を可能に
- ②組立・解体を容易に

自走型の回転式破碎混合機を開発



— 特 長 —

- ◆幅広い土質を改良可能  
⇒ 建設リサイクル率の向上に寄与
- ◆組立後に移動することが可能  
⇒ 狭い現場に設置可能
- ◆組立解体の手間がプラント式の半分  
⇒ コストを低減
- ◆遠隔操作モニター室による運転管理  
⇒ 快適な作業環境、安定した品質を実現
- ◆タブレット端末でのモニタリング  
⇒ 運転状況をダブルチェック

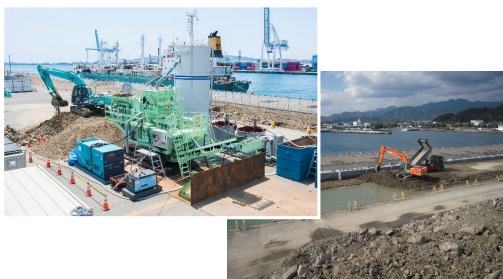
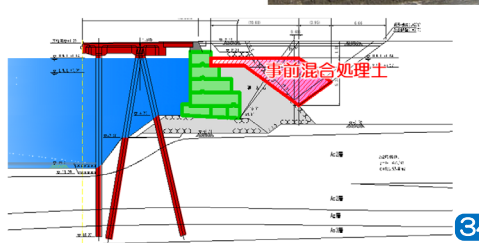
## 自走型回転式破碎混合機の適用例

発注者 : 国土交通省 中部地方整備局  
 工事名 : 清水港興津岸壁(-10m) (改良) (耐震) 工事  
 製造量 : 約10,600m<sup>3</sup>  
 工期 : H27.9~H27.12  
 概要

清水港は、新興津コンテナターミナル第2バースの一部供用が開始され、地域活性化のために清水港新興津都市再開発事業等の基盤整備が進められていました。

本工事は、既設岸壁の改良、耐震化工事で、①施工ヤードが狭隘であること、②施設共用中で工事範囲の約半分のヤードをコンテナ置き場やトラックの駐車場として開放する必要があるなどの制約条件があった。

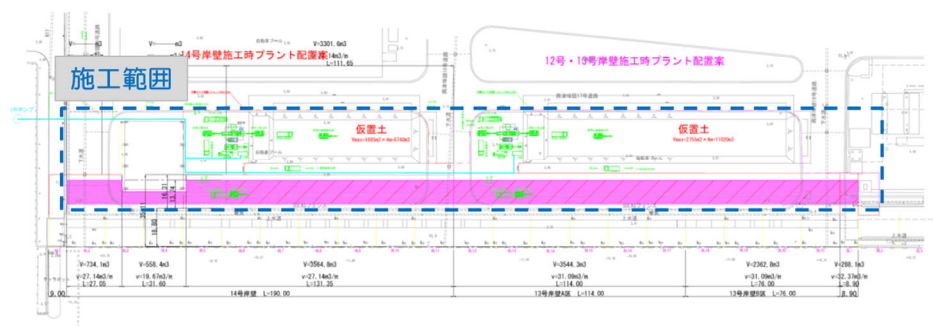
そのため、自走型の回転式破碎混合機を適用した。



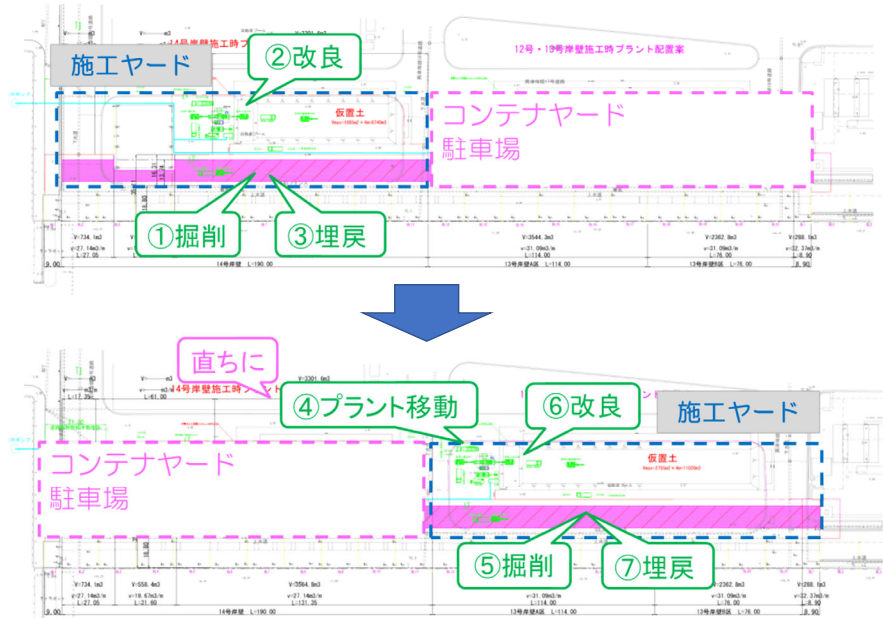
## 自走型回転式破碎混合機の適用例

### 施工上の制約条件

- ①施工範囲が細長い形状で、改良のための施工ヤードが非常に狭隘
- ②隣接施設等がコンテナ置き場やトラックの駐車場として、施工ヤードの半分を利用



# 自走型回転式破碎混合機の適用例



36

# 自走型回転式破碎混合機の適用例



37

## 内 容

### 1. 技術紹介

#### 1-1 回転式破碎混合工法の概要

#### 1-2 回転式破碎混合工法を用いたPREM工法の概要

### 2. 事例紹介

#### 2-1 石の代替事例

#### 2-2 洋上風力の地耐力強化

#### 2-3 自走型回転式破碎混合機

#### 2-4 その他の事例

## 浅場造成における漁業への環境影響抑制の概要

発注者 : 国土交通省 関東地方整備局  
首都国道工事事務所、千葉港湾事務所  
NEXCO東日本

工事名 : 田尻地区函渠その3工事他、東京外環国分工事他、東京湾浅場造成工事

製造量 : 約1,560,000m<sup>3</sup>、約140,000m<sup>3</sup>

工期 : H25.5~H27.11、H30.3~R1.11

### 概要

東京外かく環状道路の千葉県区域で大量の掘削土が発生しました。また、東京湾浅場造成事業は県漁協などが青潮対策として、埋め戻しの早期着手を望んでいました。本工事は東京外環道路工事の発生土を利用し東京湾の浅場造成を行うものです。漁業への影響を抑制するために、高含水比の発生土を砂と混合し、最大粒径50mm以下、細粒分率50%以下の良質な改良土を製造した。道路事業者、港湾事業者が横断的に事業連携することで建設発生土のさらなる有効活用が図れた。



38

39

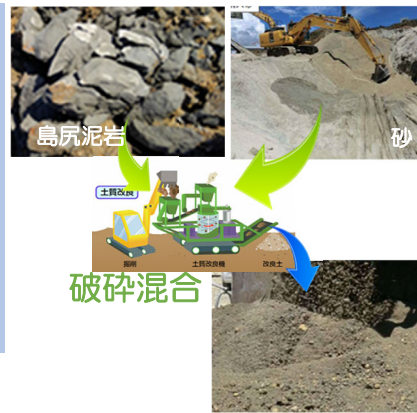
## 空港における沈下抑制

発注者：内閣府 沖縄総合事務局  
工事名：那覇空港滑走路増設2工区・3工区埋立  
工事 他  
製造量：約776,000㎡  
工期：H29.4～R1.5

## 概要

観光客等の旅客数が年々増加し、需給が逼迫することが予想され、滑走路の増設が必要でした。

滑走路の増設工事の造成に利用予定の島尻泥岩はスレーキング性泥岩で、そのまま利用すると沈下が発生する恐れがあり、その対策が課題であった。そこで、回転式破碎混合港によって泥岩を破碎するとともに海砂等と混合して沈下の抑制を図った。



## 回転式破碎混合工法によるアスファルト再生利用

発注者：国土交通省 関東地方整備局  
工事名：東京国際空港東旅客ターミナル地区用造成等工事  
製造量：約10,000m<sup>3</sup>  
工期：H15.4～H15.6

## 概要

東京国際空港の東旅客ターミナルの建設が行われた。  
また、羽田空港沖合展開事業の旧滑走路等の撤去により  
アスファルト塊が仮置きされていた。

本工事では液状化対策が必要な区域の埋め戻し材、滑走路および誘導路等の路床材として撤去工事で発生した舗装アスファルトと路盤材を破碎混合した改良土を利用した。



## 回転式破碎混合工法による地下茎除去による発生土利用

発注者：国土交通省関東地方整備局  
利根川上流上流河川事務所  
工事名：H23渡良瀬遊水地掘削工事 ほか  
製造量：約303,000m<sup>3</sup>  
工期：H21.10～継続中（R3.10現在）

## 概要

渡良瀬川遊水地では、囲繞堤（いぎょうてい）や越流堤を設け、洪水調節機能を増大させる事業（調節池化事業）を実施している。

池内で掘削された地下茎混り粘土を良質な築堤土に改良するため、破碎混合機によって粘性土を解砕し、地下茎を分離した。

