

徳山下松港改修工事における事前混合処理工法

耐震岸壁への再生技術と回転式破碎混合機方式

四 宮 圭 三・山 仲 徹

事前混合処理工法（以下「本工法」という）が、徳山下松港港湾改修（耐震岸壁）工事（山口県発注）に適用された。工事の目的は、既設岸壁背後地盤の液状化対策及び土圧低減である。施工は、岸壁背後地盤を掘削し、その掘削土を事前混合処理し、再度埋め立てるという手順である。本工事では、本工法により掘削土をリサイクル利用するために、土砂中に混入している最大粒径 200 mm のコンクリート殻・粗石・土塊等を解砕・細粒化しながら、安定材（セメント）との混合が可能である回転式破碎混合機（以下「本混合機」という）方式が採用された。

本稿では、本工法の混合方式の1つである本混合機方式の施工設備を中心に報告する。

キーワード：液状化対策，土圧低減，事前混合処理工法，リサイクル，回転式破碎混合機

1. はじめに

徳山下松港は「山口県地域防災計画」において、大規模地震時における広域輸送拠点に定められているが、耐震強化岸壁が未整備のため、平成 18 年度から岸壁（-10m）、1 パース（170 m）の耐震化事業が実施されている。

本工法とは、原料土と少量の安定材（セメント等）を混合した後、分離防止剤を噴霧し土質改良された処理土を運搬・投入して、そのまま安定した地盤を造成する工法である。近年の設計・施工実績（表-1）では、本工法の液状化防止・土圧低減・支持力増加等の改善効果を期待して、港湾施設のリニューアル工事に合わせて、岸壁等の耐震強化策として採用されることが多くなっている。

徳山下松港の工事では、岸壁背後のコンクリート殻・粗石・土塊等が混入している掘削土砂をリサイクル利

用することにより、環境負荷低減とコスト縮減が図れることから、事前混合処理工法（回転式破碎混合機方式）が採用された。

2. 本工法プラント

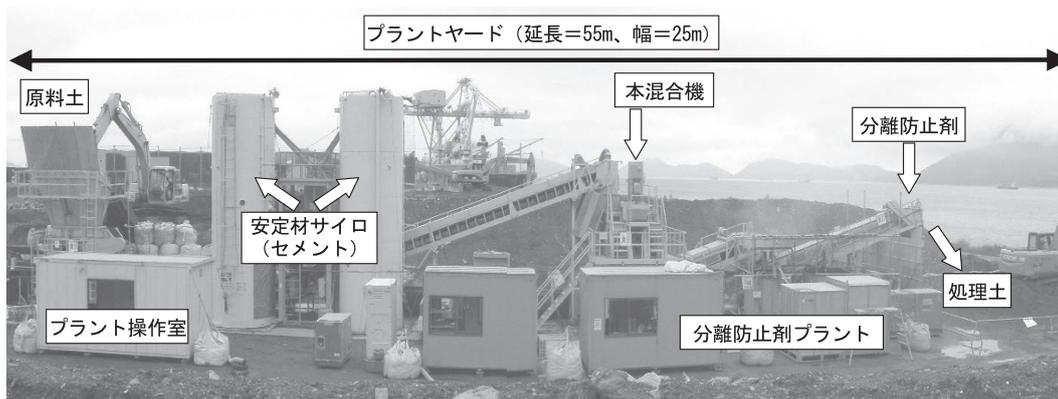
施工に使用された本工法の本混合機方式プラント 1 基（写真-1、図-1）による処理土製造量は、500 m³ / 日程度である。プラントは操作室でリアルタイムに集中計測・制御された。計測は次の 4 項目で実施された。

- ①原料土ベルトコンベアの土砂切出速度
- ②ベルトスケールによる土砂重量
- ③安定材の添加量
- ④分離防止剤の添加量

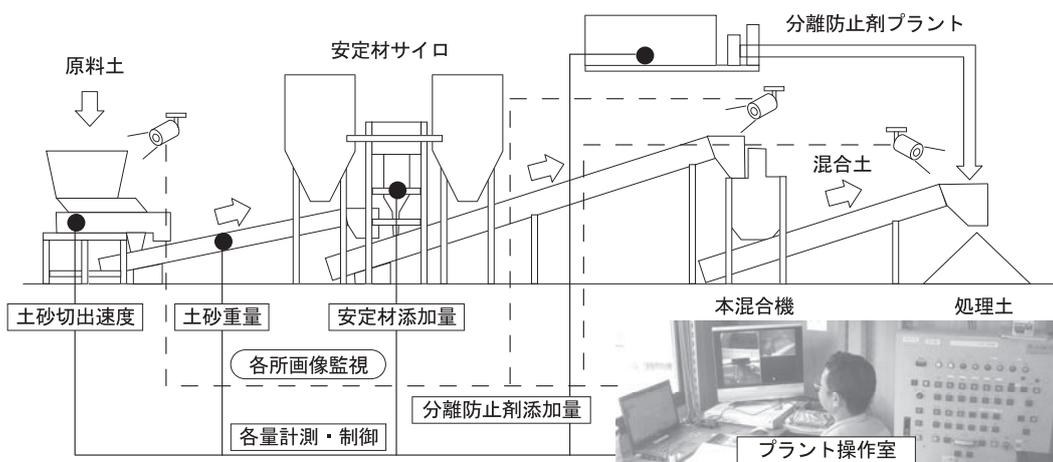
また、各所にカメラを配備し、プラント操作室から施工状況の監視も同時に実施された。徳山下松港で

表-1 本工法の最近の主な工事例

施工年度	工 事 名	数量 (m ³)	目 的	使用材料
平成 19 年	衣浦港改修 (防災安全対策 (岸壁 (-10 m))) 工事	19,781	土圧低減	背面掘削土, 浚渫土
平成 21 年	釧路港 - 9 m 岸壁改良工事	5,272	土圧低減	背面掘削土
平成 22 年	徳山下松港港湾改修 (耐震岸壁) 工事 (その 1・2)	25,705	土圧低減	背面掘削土
平成 23 年	清水港新興津泊地 (-15 m) 土捨工事	125,750	支持力増加	浚渫土
平成 23 年	鹿島港外港地区岸壁 (-14 m) 耐震改良工事	78,928	土圧低減	背面掘削土
平成 24 年	徳山下松港港湾改修 (耐震岸壁) 工事 (その 3)	22,538	土圧低減	背面掘削土
平成 24 年	横浜港本牧地区岸壁 (-16 m) (耐震改良) 築造工事	5,319	液状化防止	背面掘削土



写真一 本工法プラント全景



図一 本工法プラント

は、原料土にコンクリート殻・粗石・土塊等が混入しているため、原料土の投入状況・回転式破砕混合機に投入される土砂の性状・分離防止剤の噴霧状態を監視した。

安定材は高炉セメントB種を使用し、分離防止剤は白色粉末のポリアクリルアミドを0.2%溶液となるように海水と混ぜ、混合土1kgあたり90mgの分離防止剤が混合されるように、溶液噴霧量を調整した。分離防止剤溶液は無害で、粘度は100 mPa・s程度（一



写真三 分離防止剤を噴霧

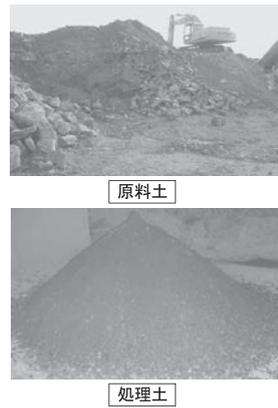
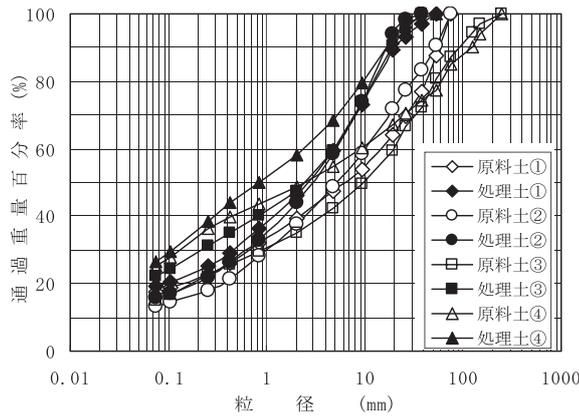


写真二 分離防止剤プラント

般的なマシン油と同等)、pHは7.5 ± 1である。

分離防止剤溶液を混合土に噴霧する目的は、安定材が混合された処理土が水中に投入された際に、安定材（セメント）と土砂が分離することを防止することである。

このため、処理土の品質確保の上で分離防止剤は重要な要素であることから、分離防止剤プラント（写真一2）にて溶液を製造し、混合土がベルトコンベアから排出されるタイミングで入念に噴霧して、高品質な処理土を製造した（写真一3）。



図一2 原料土と処理土の粒径加積曲線と外観

3. 本混合機

本工事では、最大粒径 200 mm のコンクリート殻・粗石・土塊等が混入した原料土を、50 mm 程度以下に解砕・細粒化する（図一2）ことが必須の施工条件であったため、破砕と同時に安定材（セメント）との混合にも対応可能な本混合機方式が、本工法の設備メニューの中から選ばれた。

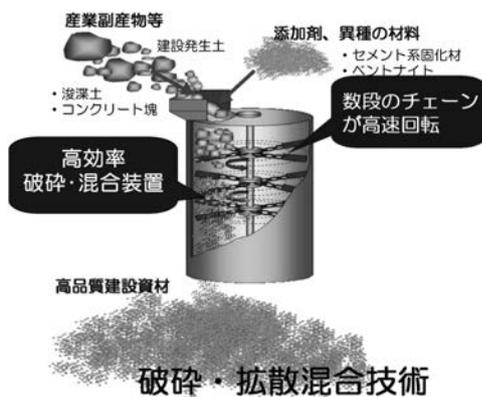
本混合機（図一3）は、本工法の新たな施工方式としての他、建設・産業副産物（発生土砂，ガラ，貝殻，石炭灰等）の再生利用ツールとして、適用範囲が拡大している装置である。円筒設備の内部で、数段のチェーン（写真一4）が高速回転する中に、円筒設備上部口

から原材料（建設・産業副産物）を投入し、自由落下中に破砕・細粒化および改良材（セメント等）との混合を高品質かつ効率的に処理できる機械である。

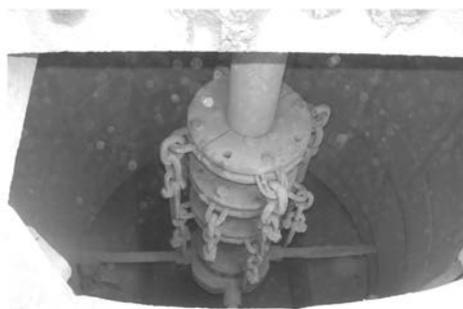
この本混合機方式の利点を、本工法の場合で一覧にまとめてみた（表一2）。ただし、チェーン先端には、高効率で破砕・細粒化・混合するための補助部材としてブレードが結合されている。ブレードは、原材料の

表一2 本混合機方式の利点

経済性	発生土砂の細粒化と安定材との混合を、スピーディーかつ同時に行う優れた経済性。
安全性	処理プラントをコンピューター制御する安全なシステム運転。
耐久性	各設備は頑丈かつシンプルで、メンテナンスは容易。
品質 出来形	従来の原位置混合工法よりも混合性能が高く、同等の品質確保に必要な安定材の添加率が抑制できる高品質な混合攪拌。
対象土砂 性状	チェーンの回転数や本数を変更することにより、コンクリート塊や岩・粗礫から、細粒分含有率が30%程度の粘性土まで、広範囲なりサイクル材の性状に対応可能。
周辺環境 への影響	本混合機の打撃・攪拌音は、土砂搬入中のダンプ音より低いレベル。
広範な 適用性	建設・産業副産物（発生土・ガラ，貝殻・石炭灰等）の再生利用ツールとして適用可能。



図一3 本混合機



写真一4 本混合機内部



写真一5 チェーン先端のブレード摩耗

処理が進むにつれ摩耗（写真—5）するので、ある程度の処理量ごとにブレードを交換する必要がある。

4. 施工方法

本工事の施工目的は液状化防止および土圧低減であったので、目標室内強度は、設計基準強度 300 kN/m^2 の2.5倍である 750 kN/m^2 とし、安定材の施工時添加率を12%に設定した（図—4）。

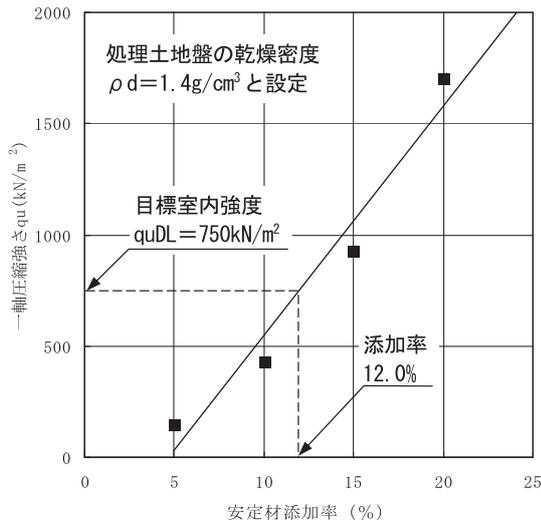
また、施工断面図を示す（図—5）。事前混合処理土で埋め戻すケーソン背後の水深は12.3mである。処理土の埋立てで重要なことは、土砂と安定材の分離を防止することである。そこで、バケットが着底可能である水深5m以浅は平積 0.6 m^3 級バックホウ（写真—6）で、水深5m以深はクラムシェル（写真—7）を投入した。投入手順は、まず処理土を保持した状態でバケットを着底させる。その後、処理土を水底に撒き出し、バケット自重の転圧により、処理土の強度増



写真—6 クラムシェル投入（水深5m以深）



写真—7 バックホウ投入（水深5m以浅）

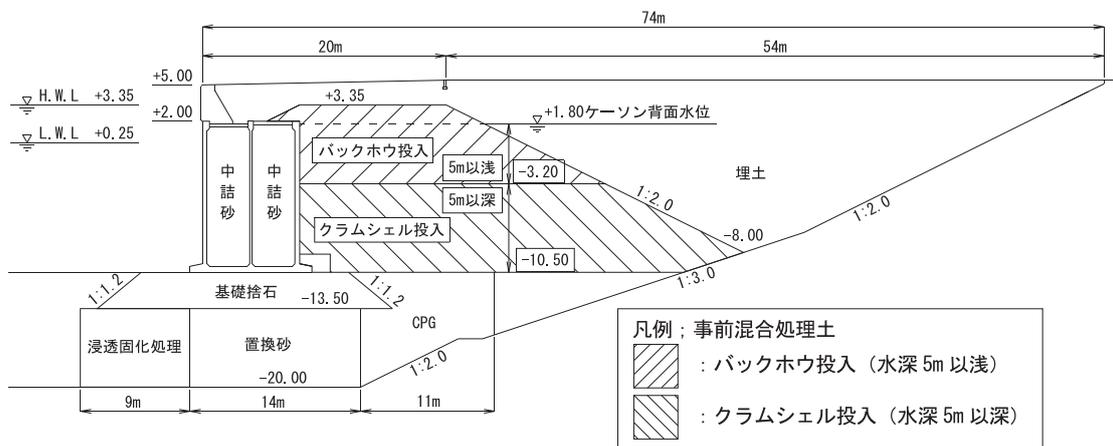


図—4 一軸圧縮強さと安定材添加率

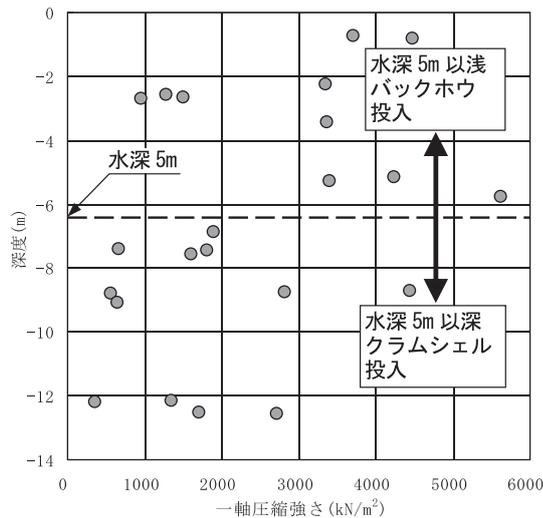
加が図れるように丁寧な施工に努めた。

事前混合処理土投入後、4週間以上後にチェックボーリングを行い、造成地盤の強度確認（図—6）を行った。水深5mを境にバックホウとクラムシェルの投入による違いは顕著には無いが、バックホウ投入の方が、若干一軸圧縮強さが大きい傾向が見られる。けれども、クラムシェル投入を行った水深5m以上の箇所においても、設計基準強度 300 kN/m^2 を満足する結果が得られた。

こうした施工実績から、混在する粗大粒径成分をあ



図—5 徳山下松港施工断面図



図一6 深度と一軸圧縮強さ

らかじめ分級することなく、本混合機方式等で解砕・細粒化・混合を同時施工しても、事前混合処理土の品質は十分に確保できると考えている。

5. おわりに

本工法事前混合処理工法は当初、新設の埋立地に砂質土を事前に液状化しない処理土にして埋め立てれば、埋立後の地盤改良に要するコストや工期を縮減できるという発想に基づき開発された。しかし、最近では、岸壁等の改良（特に耐震強化策）に合わせて背後地盤の液状化防止や土圧低減を目的として採用されることが主流となっている。その際、コストと環境負荷

の低減を図るため、現地発生土砂等をリサイクル利用することが強く求められ、こうした要請を背景に、同工法が適用対象とする土砂性状の範囲も、砂質土から細粒分含有率 $F_c = 50\%$ 程度の粘性土まで順次拡大してきている。

こうした傾向から原料土と安定材の混合方式の設備メニューには、国交省「港湾土木請負工事積算基準」に記載されているベルトコンベア方式に、本稿で記した本混合機回転式破碎混合機方式や、自走式土質改良機械および機械練りミキサ方式といった新たな混合方式が追加されており、施工データの蓄積と検証を進めている。

JCMA

《参考文献》

- 1) 「事前混合処理工法技術マニュアル（改訂版）」、財団法人沿岸技術研究センター、平成 20 年 12 月

【筆者紹介】

四宮 圭三（しのみや けいぞう）
事前混合処理工法協会
技術員



山仲 徹（やまなか とおる）
事前混合処理工法協会
技術員

