

特集 >>> スマートシティ他, 東日本大震災

小名浜港 7 号ふ頭地区岸壁 (−13 m) 外 (災害復旧) 工事

SGM 軽量土工法による岸壁の復旧工事

菅原 義行・高橋 健悦・塚本 知広

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、大きな揺れと津波により東日本の各地に甚大な被害をもたらした。東北最南端の重要港湾である小名浜港においても港湾施設の沈下、傾斜、損壊等大きな被害を受けた。小名浜 7 号ふ頭 2 号岸壁は小名浜港内でも水深が深い (−13 m) ため、背後地盤の液状化防止と軽量化による復旧工事の品質管理と供用開始期限厳守をいかに行うかが課題であった。

本稿では、岸壁の復旧工事として実施した、ケーソンの背後地盤を軽量混合処理土に置き換える SGM 軽量土工法において、どのようにして課題を解決したかについて報告する。

キーワード：SGM, 大水深, 長距離圧送, 消泡, 密度, 材料分離

1. はじめに

福島県いわき市に位置する小名浜港は、背後地に重化学工業を中心とした臨海工業地帯を有し、戦後、産業基盤となる物流拠点港湾として整備が進められてきた。

今回被災した小名浜港 7 号ふ頭 2 号岸壁は、昭和 55 年に供用が開始され、周辺の火力発電所が使用する石炭の安定的な供給を支える岸壁として、大型の石炭船が接岸している。震災直後から始まった被災状況の調査、原因究明では、地震による重力式岸壁背後の裏埋土の液状化によってエプロンの不同沈下が発生、また、液状化に伴う側方土圧の増大、地震による慣性力の作用によりケーソンが滑動・傾斜したことが判明した(写真−1, 2)。7 号ふ頭 2 号岸壁においては、ケーソン背後地盤を軽量混合処理土に置き換える土圧軽減対策として SGM 軽量土工法の採用が決まった。本復

旧工事では、早期復旧を目指し、発注者である国土交通省以外にも港湾施設管理者である福島県、震災後も引き続き荷役業務を行っていたふ頭利用者、および福島県発注工事業者と調整の中、より適切な工法を選定した(図−1)。

2. 工事概要

工事件名：小名浜港 7 号ふ頭地区岸壁 (−13 m) 外
(災害復旧) 工事

発注者：国土交通省東北地方整備局

施工者：東洋建設株式会社

工期：平成 24 年 3 月 19 日～平成 25 年 3 月 29 日

工事場所：福島県いわき市小名浜港港内

工事内容：撤去工 1 式, 上部 1,064 m³, 附属工 1 式,
本体工 1,656 m³, 裏込工 236 m, 裏埋工



写真-1 被災した 7 号ふ頭岸壁 (7-2)



写真-2 被災した 7 号ふ頭岸壁 (先端護岸)

使用時には再びプラントヤードまで運搬する。しかし、10 mm オーバーの礫分が多く混入している場合、プラントにおいてトラブルが発生する可能性がある。

当工事よりも先に着手していた他工事において、スケルトンバケットでふるい分けをしたが礫分混入率が非常に高かったため、解泥工程でのサンドポンプの目詰まりによるプラント停止、10 mm オーバーの土砂が多量に残留することにより作業効率が著しく低下する等のトラブルが発生していた。

今回は、1日あたり約700 m³の打設を計画していたため、打設能力1,200 m³/日級(200 m³/hr)のプラントを設置したが、このようなトラブルが発生した場合には打設能力が300 m³/日程度となり、計画通りの打設は不可能となる。

4. 対策の立案

事前に想定された課題に対して、以下のような対策を立案した。

(1) 処理土の気泡量調整

処理土の打設時の密度は、配合試験で設定した気泡剤量に、現地試験練りで確認した消泡率および水圧による圧縮量の補正を行い、事前に設定する。しかし、プラントからの配管延長は最大200 mとなり圧送距

離が長いため(図-3)、圧送中の管内での気泡の消失や材料分離による密度上昇を防ぐ目的で、打込みごとに、トレミー管先端の筒先で試料を採取し、処理土の比重・密度を確認して気泡量を調整する。

- ①工事区域が長いため、プラントヤードは重機車両の走路を確保した上で工事区域のほぼ中間に設置し、圧送距離ができる限り最小となるようにする。また、1日あたりの施工規模も大きいことから2系統での打設が必要であり、圧送能力の大きいピストン式ポンプ(吐出量140 m³/hr級)および移動式クレーン(50 t吊)をそれぞれ2台配置して施工する。
- ②事前の配合試験に応じた現地試験練りを行い、実際の消泡率を確認して密度を設定する。
- ③打設日の午前・午後の作業開始時に、打設位置の筒先から処理土を採取して密度を測定し、測定した処理土の密度から消泡率を逆算して所定の密度となるように気泡量を調整する(表-1)。

表-1 吐出口密度確認試験

採取位置	トレミー管吐出口
頻度	2回/日×2配管系統
方法	土の湿潤密度試験(一定容積の容器を用いる方法)
評価	測定密度から消泡率を逆算

(2) 層状打設と密度調整

水深が約8 mと深く、水圧による気泡の圧縮で密度が上昇するため、1回あたりの打設を1 mの層状施工とし、各層ごとに密度調整を行う(図-4)。特に、気中・水中の境界である残留水位面(R.W.L. + 0.5 m)は、現地では海面の潮位変動に応じて変化するため、気中部を打設した後に水位面が上昇して材料分離を起こす可能性がある。

そこで、6層目施工時に残留水位面の終日変動を計測し、最高水位高さに20 cmの余裕高を加えた高さまで水中配合による施工として、7、8層で高さを調

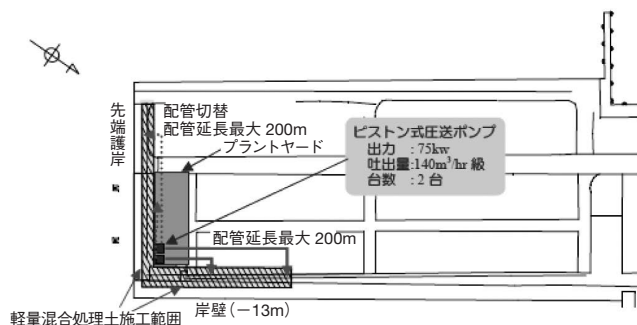


図-3 現地プラント配置・配管図

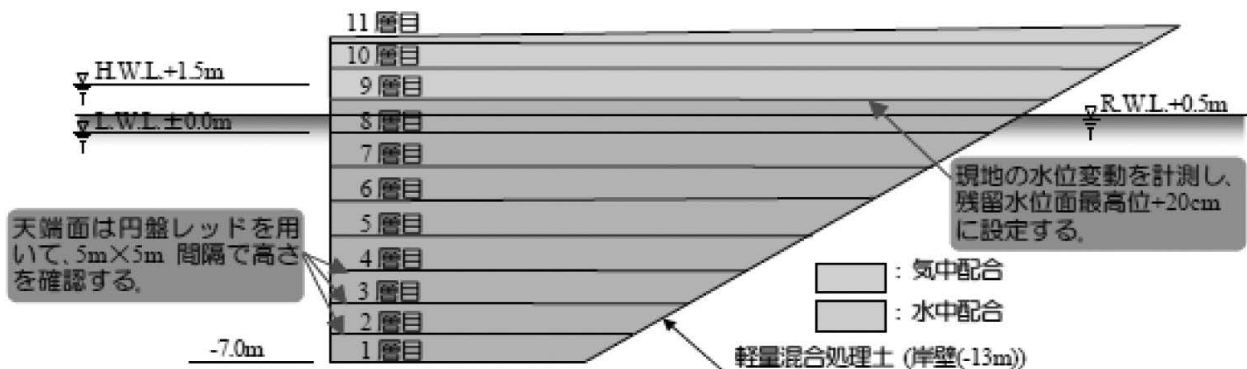
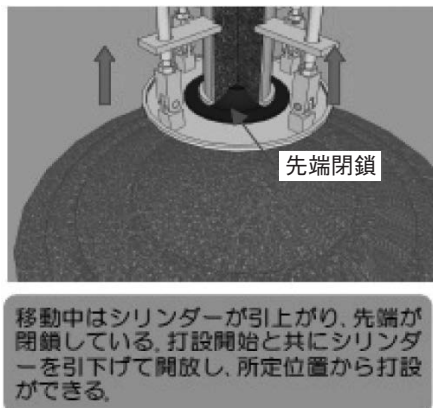


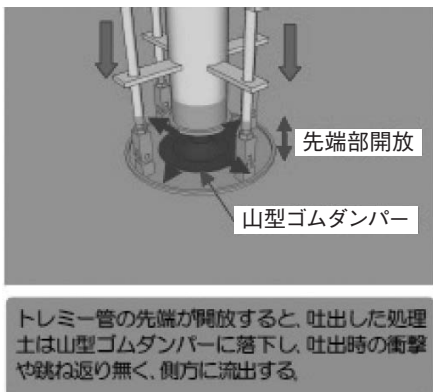
図-4 計量混合処理土(-13m岸壁)の施工ステップ

節して8層目の天端高さを設定する。そして、8層目まで水中配合で打設した後、気中配合に切り替えて9～11層を施工する。

トレミー管の移動時における処理土の管内での自由落下や水中への直接吐出を防止するため、トレミー管は筒先が開閉可能な構造とする。トレミー管移動時は、筒先エアシリンダーを引上げて先端を閉鎖する(図一5)。打設時は、筒先を解放し、山型のゴムダンパーで処理土を受け、材料分離を防止する(図一6)。



図一5 開閉可能なトレミー管 (移動時)



図一6 開閉可能なトレミー管 (移動後の打込み時)

(3) 原料土の安定供給

1日あたり約700 m^3 を打設するためには、1日あたり約350 m^3 の原料土を安定的に供給する必要があるため、下記の対策により不測の事態に柔軟に対応することとする。

- ①各場所に仮置きしている原料土のうち、礫分混入率が高い場合、ロータリー式スケルトンバケットを使用して試験施工を行い、1日当り必要な量を確保できるか確認する(後述)。確保できる場合はそのまま使用し、確保できないと判断した場合は速やかに購入土に切り替える。判断に要する試験施工期間は3日程度とする。
- ②できる限り原料土に適した材料を多く確保するた

め、他工事で発生する土砂の情報収集に努める。今回は、隣接する他工事のSGM軽量土工法で問題なく使用された原料土が大量に入手できる見通しである。

その他、移動式スクリーンを使用して、あらかじめ10mmアンダーとオーバーの土砂にふるい分けておく方法も検討したが、費用対効果が低いため今回は不採用とした。

5. 対策案の実施結果

以上の対策案に基づき、実施した結果は以下のとおりであった。

(1) 処理土の配合

それぞれの試料について、設計基準強度200 kN/m^2 に対し目標強度を $q_u = 440\text{ kN/m}^2$ に設定して室内配合試験を行い、計画配合を決定した。想定した原料土よりも土砂の細粒分が少なかったため、当初設計と比べ、ベントナイトの配合量が増加した。また、実施工においては発生土の不足は生じなかったため、当初、使用を想定した購入土は使用せず、当工事で発生した原料土2種類、他工事で発生した原料土1種類の計3種類を使用した。

なお、当初設計では水中配合と気中配合とに分けて施工することになっていたが、発注者から承諾を得て、気中においても設計密度1.1 t/m^3 を満たす水中配合で打設した。

それぞれの試料について、水深毎に必要な気体量とそれによって得られる処理土の密度を算定し、実際にプラントにて処理土の混練を行った。配合は材料ごと、層ごとで30種類以上となった。

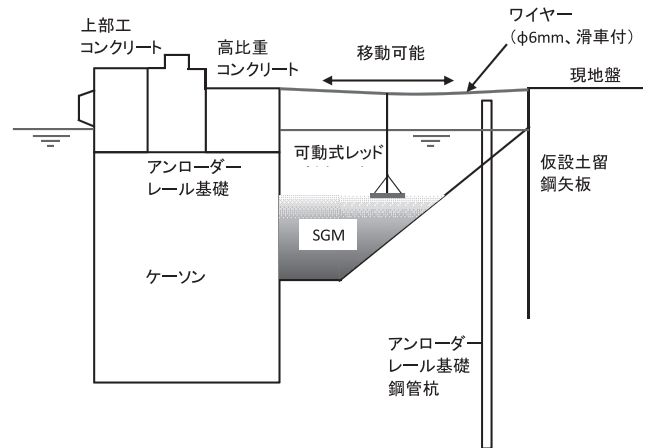
作泥した処理土はコンクリートポンプにより圧送し、毎日午前と午後の2回、トレミー管の筒先で試料



写真一3 筒先での処理土の密度確認



写真一 4 筒先での処理土の消泡率、およびフロー値の確認



図一 7 ワイヤーを使用した層厚管理

を採取して密度と消泡率を確認し、所定の密度になるように気泡量を調整して打設を開始した (写真一 3, 4)。

(2) 処理土の層状管理

筒先が開閉可能なトレミー管を使用し、1 m ごとに層状打設を行い (写真一 5, 6)、各層ごとに所定の密度が得られるように密度管理、高さ管理を行った。密度は水深別の空気量および気泡量を算出し、実施工においては筒先で採取した試料にて確認、調整を行った。なお、打設高さの管理は、測点ごとにワイヤーを



写真一 7 層厚管理状況



写真一 5 開閉式トレミー管

張り、ワイヤーからの下がり量を計測する方法を併用して作業効率向上を図った (図一 7, 写真一 7)。

(3) 試験施工

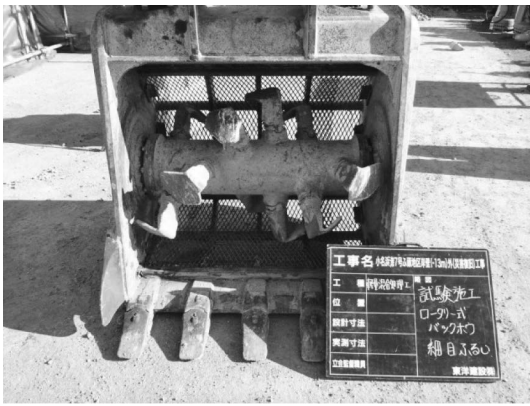
試験施工を実施した結果、ロータリー式スケルトンバケットを使用した事前ふるい分け (写真一 8, 9) は原料土の含水比が高いと日あたりの生産量が極めて少なくなった。このため本施工では、原料土を直接解泥槽に入れて金網張りのロータリー式スケルトンバケットで解泥した後、10 mm オーバーの礫分を除去



写真一 6 トレミー管による打設状況



写真一 8 ロータリー式スケルトンバケットによる事前ふるい分け状況



写真一〇 ローター式スケルトンバケット



写真一〇 プラント全景

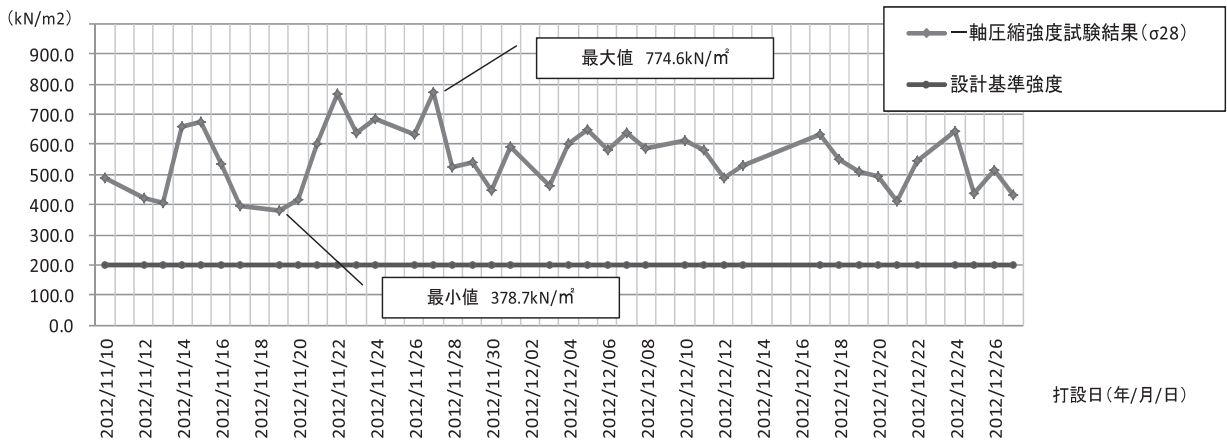


写真一〇 プラント全景

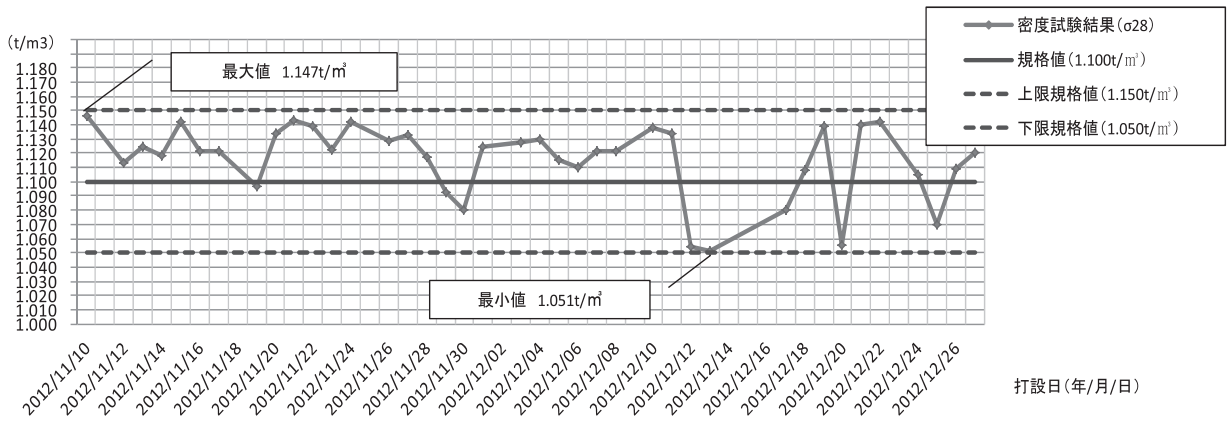
する方法を採用した(写真一〇, 一〇)。直接解泥槽に原材料を投入すると、サンドポンプの目詰まりや、残留した10mmオーバーの土砂を除去する手間で解泥作業の滞りが発生したが、1日に必要な原料土を確保できた。

(4) 処理土の品質管理

現場で採取した試料について、一軸圧縮強度は、設計基準強度 200 kN/m²、目標強度 440 kN/m² に対し、最小値 379 kN/m²、最大値 775 kN/m² であった(図



図一八 工程能力図 (一軸圧縮強度)



図一九 工程能力図 (密度)

—8)。結果的には設計基準強度を大きく上回る結果となったが、原料土が現場発生土であり土質が均一でないこと、施工時期が冬期であり養生温度が低いこと等を考慮すると、過去の実績を基に余裕をもつての目標強度の設定はおおむね妥当であったと考えられる。

また、処理土の密度についても、規格値 $1.1 \text{ t/m}^3 \pm 0.05 \text{ t/m}^3$ 以下をすべて満たし（図—9）、今回実施した対策案によって良好な結果が得られたとことを確認した。

5. おわりに

本工事はSGM 軽量土工法にとって、長距離圧送、大水深及び礫が混入した原料土の使用という厳しい施工条件での工事であったが、各種の対策を講じた結果、所定の品質を確保することができた。また、岸壁の供用開始期限の厳守が求められる中、多くの関係者や近隣の復旧工事と調整を行い、工事を無事完了できたことは、震災からの早期復旧に貢献できたと思う。

謝辞

最後に、本工事を進めるうえで、指導いただいた国土交通省東北地方整備局の皆様、ならびに協力いただ

いた関係各位に厚く感謝の意を表します。また、本稿が今後の同種工事の一助となれば幸いです。

J C M A

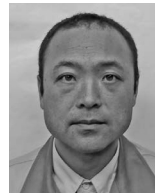
《参考文献》

- 1) 港湾・空港における軽量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7月。

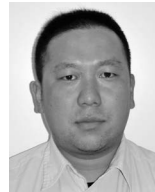
【筆者紹介】



菅原 義行（すがわら よしゆき）
東洋建設㈱
東北支店
作業所長



高橋 健悦（たかはし けんえつ）
東洋建設㈱
東北支店



塚本 知広（つかもと ともひろ）
東洋建設㈱
東北支店