

海面処分場における土質遮水材料の施工事例

Case Report of Sealing Geomaterials for Waste Disposal Sites in Coastal Area

川崎隆広 Takahiro KAWASAKI (五洋建設(株) 東京土木支店 技術部)
山田耕一 Koichi YAMADA (五洋建設(株) 技術研究所)
上野一彦 Kazuhiko UENO (五洋建設(株) 技術研究所)

愛媛県四国中央市(旧伊予三島市)では都市再開発用地および産業廃棄物最終処分場の確保を目的として寒川東部臨海土地造成事業を進めている。このうち、産業廃棄物最終処分場は管理型の海面処分場であり、埋立地底面の遮水工には土質遮水材料による遮水構造が採用されている。本工事報告は平成16年に発注された寒川東部臨海土地造成工事のうち底面遮水工における土質遮水材料の施工について報告するものである。

キーワード：管理型処分場，海上施工，遮水工，海成粘土 (IGC：D-10, H-7, K-12)

1. はじめに

我が国においては、生活環境の保全、資源の有効利用などの観点から循環型社会の構築が課題とされている。その一方で、内陸地における最終処分場等の廃棄物処理施設の整備が進展せず、廃棄物の適正処理を確保する上で大きな問題となっている。このような背景の中で、港湾においては、従来より浚渫土砂や建設発生土が埋立材料として積極的に活用され、港湾管理者により廃棄物埋立護岸の整備が進められてきた。

一方、廃棄物処理施設の安全性に対する国民の意識の高まりや技術開発の進展などにより、平成10年に「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」(昭和52年総理府・厚生省令第1号)が改正された。廃棄物最終処分場に要求される構造及び機能は従来に比べて高度化され、必要とされる遮水性能が数値として明確化されたが、海面の最終処分場では技術的対応が十分な状況ではなかった。この改正命令を受け平成12年度に「管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル」(監修/旧運輸省港湾局)¹⁾が発刊された。海面処分場は一般的には軟弱な地盤上に建設されることが多く、台風時の高波浪や高潮などの大きな外力により遮水工が変形し、遮水性が損なわれる恐れがある。この変形に対して追従性の高い遮水材料および遮水構造の開発が、技術的課題の一つとしてマニュアルに挙げられた。

このような背景のもと、海面処分場において改正命令で示される遮水性能を満足し、提起された課題を解決できる変形追従性の高い遮水工法の開発は急務であり、このようなニーズに応えるべく開発されたのが海成粘土を母材料

とした土質遮水材料である²⁾³⁾。土質遮水材料は海成粘土に間隙調整材やゲル化材を配合して製造され、セメントなどの固化材料を使用しないため変形追従性能を有している。土質遮水材料は様々な遮水構造への適用が可能であるとともに、その製造から打設に至るまで従来の施工機械や施工方法を流用することができるため、施工性と経済性に優れる。また、母材である海成粘土は無機の自然材料であり、長年にわたり海底に堆積していたことから、海域環境においても経年劣化せず、長期的に安定な材料といえる。

平成16年3月愛媛県四国中央市(旧伊予三島市)発注の「寒川東部臨海土地造成工事」⁴⁾は、寒川東部産業廃棄物最終処分場(仮称、以下「寒川海面処分場」とする)の建設を目的としている。寒川海面処分場は管理型の最終処分場であり、処分場埋立地の底面遮水工には土質遮水材料による遮水構造が採用された。本報告は、寒川東部臨海土地造成工事のうち、土質遮水材料による底面遮水工の施工についてまとめたものである。

2. 土質遮水材料の特徴

土質遮水材料は、浚渫土等の粘性土を母材とし、遮水性を高める必要がある場合には間隙調整材(ペントナイト)を添加し土粒子の間隙を充填して透水係数の低下を図り、強度が必要な場合にはゲル化材(水ガラス)を添加し材料の強度増加を図るように配合・製造され、打設される。図-1にその遮水性能のメカニズムを示す。土質遮水材料は、以下に示す特徴を有する。

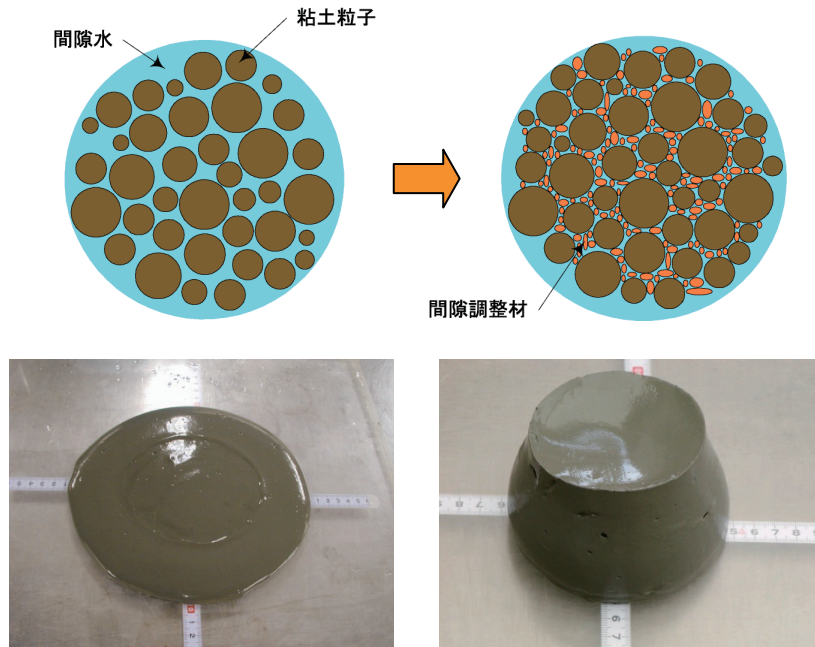


図-1 土質遮水材料の概要

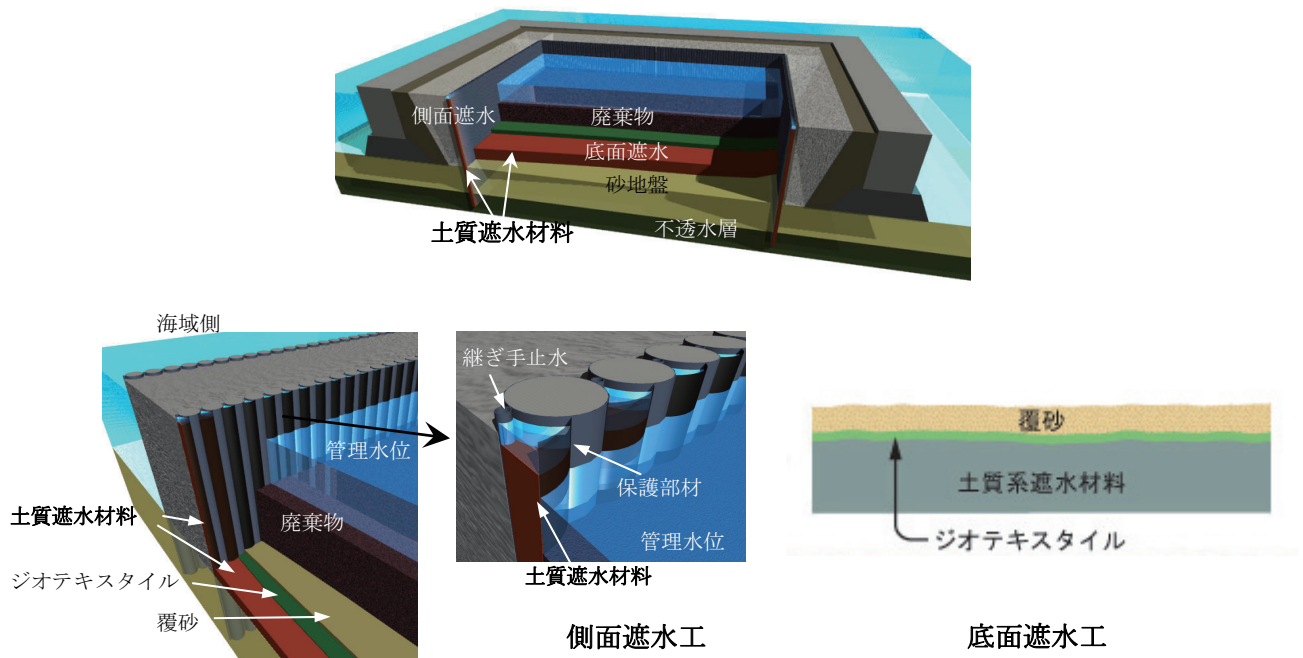


図-2 土質遮水材料を用いた遮水構造形式

- ・間隙調整材の添加量を調整することで、透水係数 k を $1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下に設定できる。
- ・固化しないため、変形に対して追随し、ひび割れや空隙を生じにくい。
- ・施工時にはポンプ圧送が可能
- ・水中施工時に材料分離を生じない。
- ・天然の粘土を主材料としているため、材料劣化を生じない。また、環境への影響も少ない。

- ・長期的には材料の圧密が進行し、透水係数が低下する。
- ・浚渫粘土のリサイクルが図れる。

土質遮水材料を海面廃棄物最終処分場の遮水構造形式として、側面遮水工および底面遮水工に取り込んだ形式の遮水構造を図-2 に示す。側面遮水工法としては、鋼管矢板に設けたポケット部やH形鋼矢板の内空間部に土質遮水材料を注入する。従来は鋼材の継手部のみを処理し確保されていた遮水性を、土質遮水材によりフェイルセーフ機

能（二重の遮水）を持たせることで大幅に向上させることが可能である。底面遮水工法としては、要求される遮水層の厚さ（透水係数 $k=1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ であれば厚さ $H=1.6\text{m}$ 以上）に土質遮水材料を打設し、その上面をジオテキスタイルで覆い、さらに底面からの水圧（アップリフト）対策と投入する廃棄物のめり込みを防止する覆砂を施工する。

3. 工事概要

本工事は、住工混在の解消、親水緑地等の整備、製紙業保管用地および産業廃棄物最終処分場の確保を目的とした「寒川東部臨海土地造成事業」の一環として実施された造成工事である。

施工位置は、愛媛県四国中央市寒川町から具定町までの地先公有水面であり、三島川之江港と寒川港の間の港湾区域外に位置する。寒川海面処分場の施工位置を図-3、標準断面図を図-4に示す。

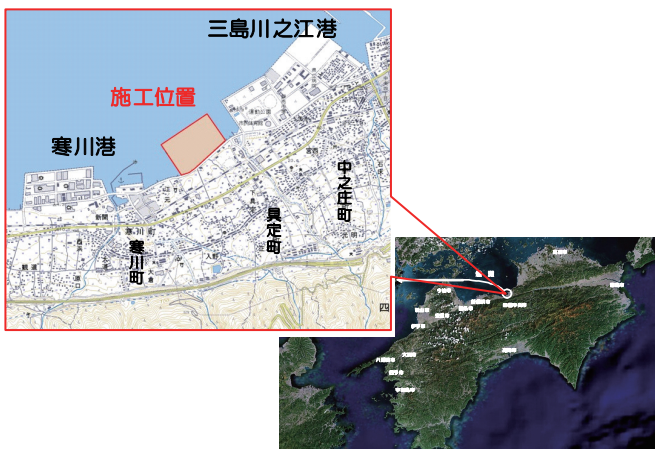


図-3 施工位置

4. 土質遮水材料の施工

図-5に示すように、土質遮水材料は原料土の採取・運搬、貯留・調泥、遮水材料の製造、圧送、打設の工程からなる。土質遮水材料の施工状況および全体平面図を写真-1および図-6に示す。土質遮水材料の打設面積は約 $45,000\text{m}^2$ 、打設数量は約 $100,000\text{m}^3$ である。

4.1 原料土の採取・運搬

原料土は一般埋立地に揚土した処分場内浚渫泥土と、ガットバージで海上運搬された近接港湾航路浚渫土を使用した。原料土は、バックホウ、重ダンプトラックで運搬し、一般埋立地側の原料土ストックポンドに貯蔵した。

4.2 原料土の貯留・調泥

土質遮水材料製造プラントへの安定供給のために、原料土はストックポンドに貯留し、大型の異物を除去し、クラムシェルで攪拌することにより、原料土の性状の安定化を図った。

4.3 土質遮水材料の製造

土質遮水材料は、独立した二つのラインにより連続的に製造し、打設船に圧送した。遮水材料製造プラントの能力は、2ライン合計で $1,200\text{m}^3/\text{日}$ とした。

遮水材料製造プラントの詳細図と稼働状況写真を図-7に示し、プラント内での遮水材料製造サイクルについて説明する。まず、バックホウを用いてストックポンドの原料土を振動ふるいに投入し、原料土に含まれる異物を除去する（図-7中の①、以下同様）。振動ふるいを通過した原料土は、ポンプにより輸送管を通して管路ミキサに圧送される（②）。管路ミキサの手前に設置された電磁流量計とγ線密度計により、原料土の流量と密度が常時計測され、操作室に送信される。

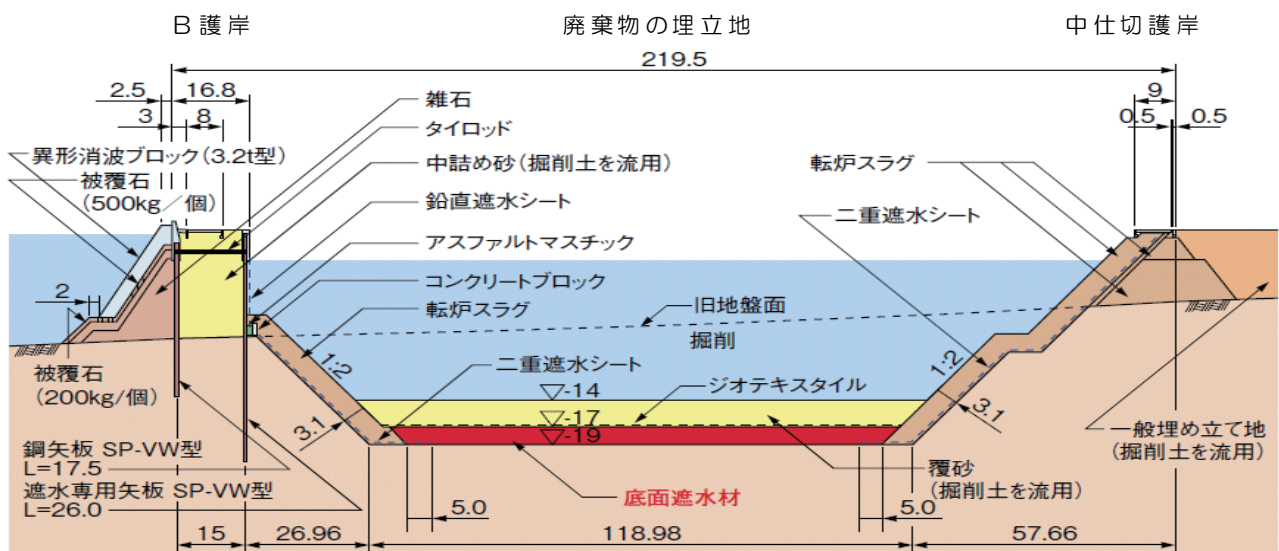


図-4 処分場標準断面図⁵⁾

川崎・山田・上野

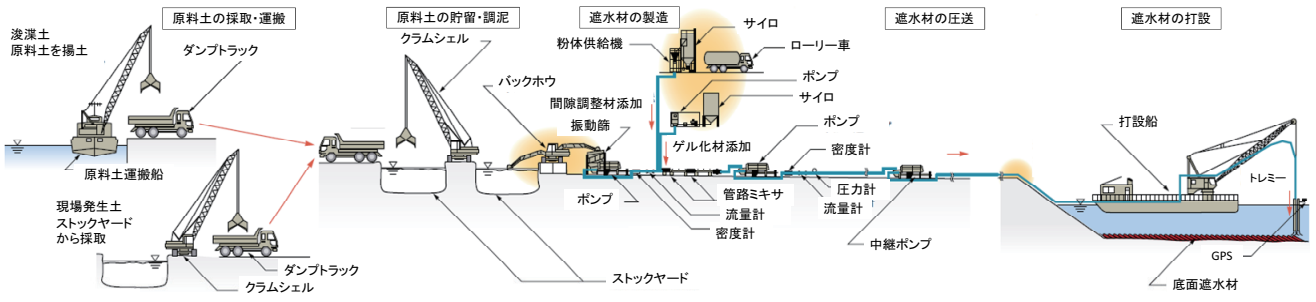


図-5 土質遮水材料の施工フロー



写真-1 土質遮水材料の施工状況

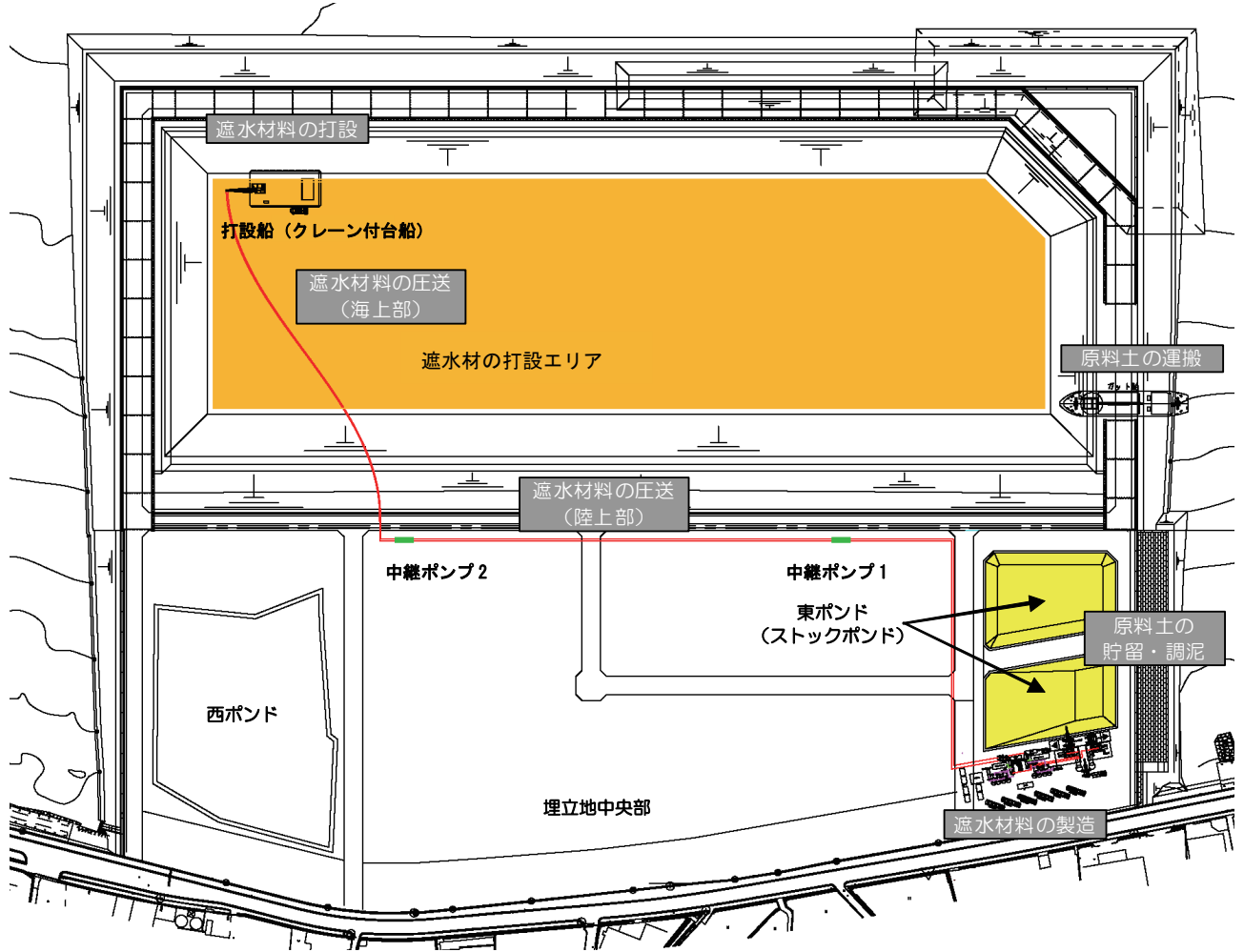


図-6 全体平面図

次に、二段直列で連結された管路ミキサにおいて原料土に間隙調整材とゲル化材が添加・混練され、土質遮水材料が製造される (③)。なお、一段目の管路ミキサで間隙調

整材を、二段目の管路ミキサでゲル化材を添加することにより、良好な混練状態を確保することができた。

管路ミキサから吐出された土質遮水材料は、ポンプによ

海面処分場における土質遮水材料の施工事例



振動ふるいへの原料土の投入 (①、②)



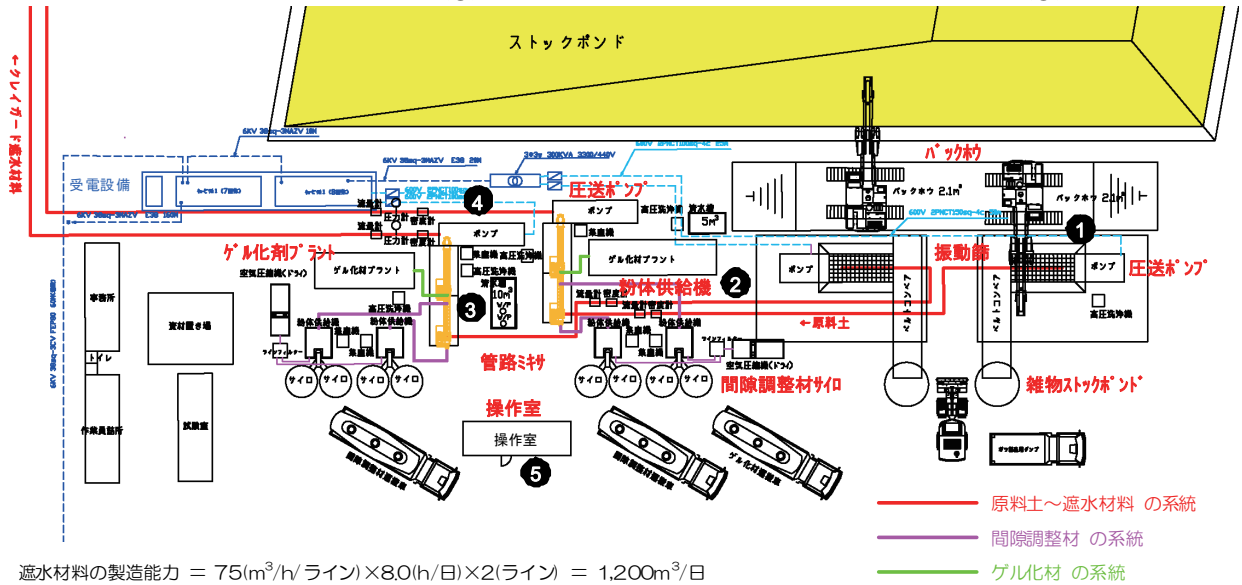
管路ミキサーによる混練 (③)



ポンプによる遮水材料の圧送 (④)



操作室での制御・管理 (⑤)



遮水材料の製造能力 = 75(m³/h/ライン)×8.0(h/日)×2(ライン) = 1,200m³/日

図-7 遮水材料製造プラントの詳細図

り輸送管を通して打設船に圧送される (④)。原料土の場合と同様に、電磁流量計とγ線密度計により土質遮水材料の流量と密度が常時計測され、操作室に送信される。

上述のように、本工事における土質遮水材料製造プラントは、①～④の全工程が独立した二つのラインで構成することにより、トラブルで製造プラント全体が停止するリスクを低減させている。

操作室では、間隙調整材とゲル化材の添加制御および遮水材料の品質確認が行われる (⑤)。常時計測される原料土の密度は含水比に随時変換され、流量と現場配合表によりマニュアル操作で間隙調整材とゲル化材の添加制御が行われる。同様に計測される土質遮水材料の密度も含水比に随時変換され、これと目標含水比とを比較することにより品質確認しながら土質遮水材料を連続的に製造した。

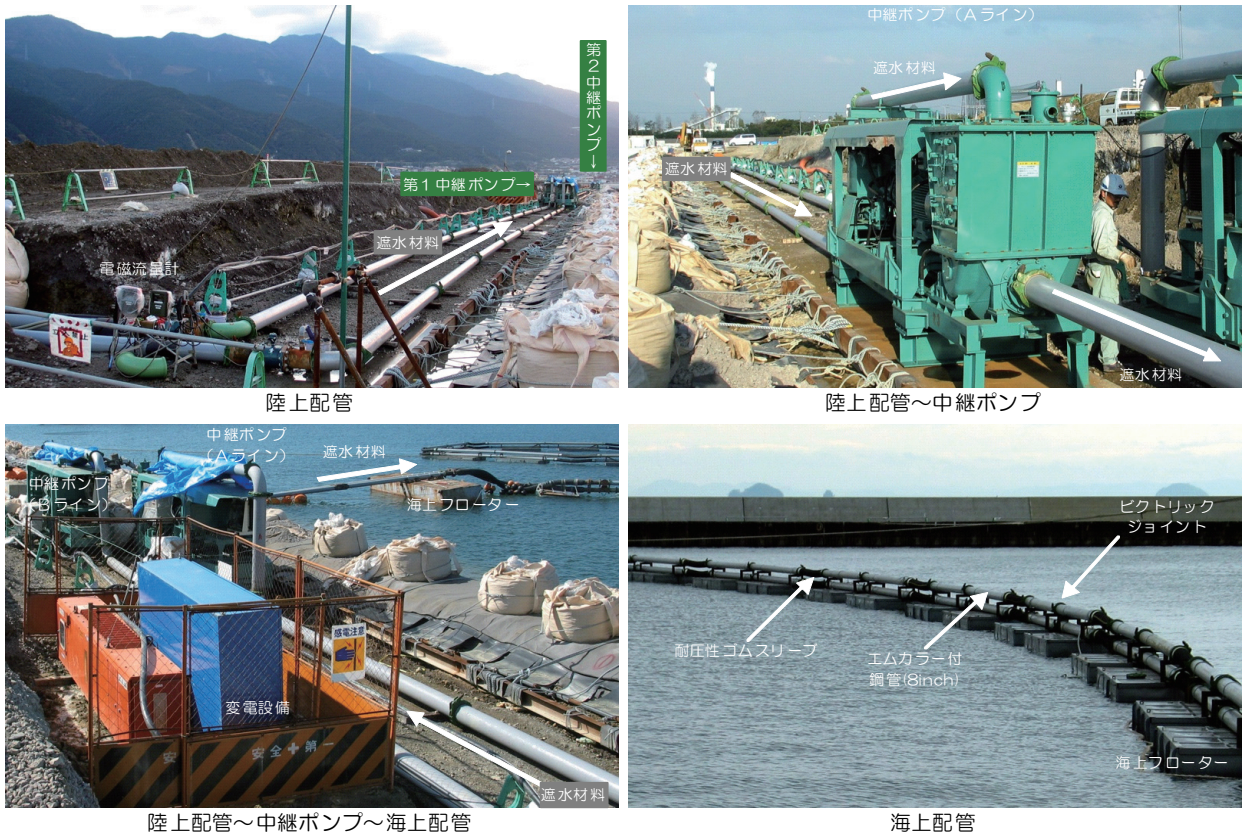


写真-2 遮水材料の圧送状況

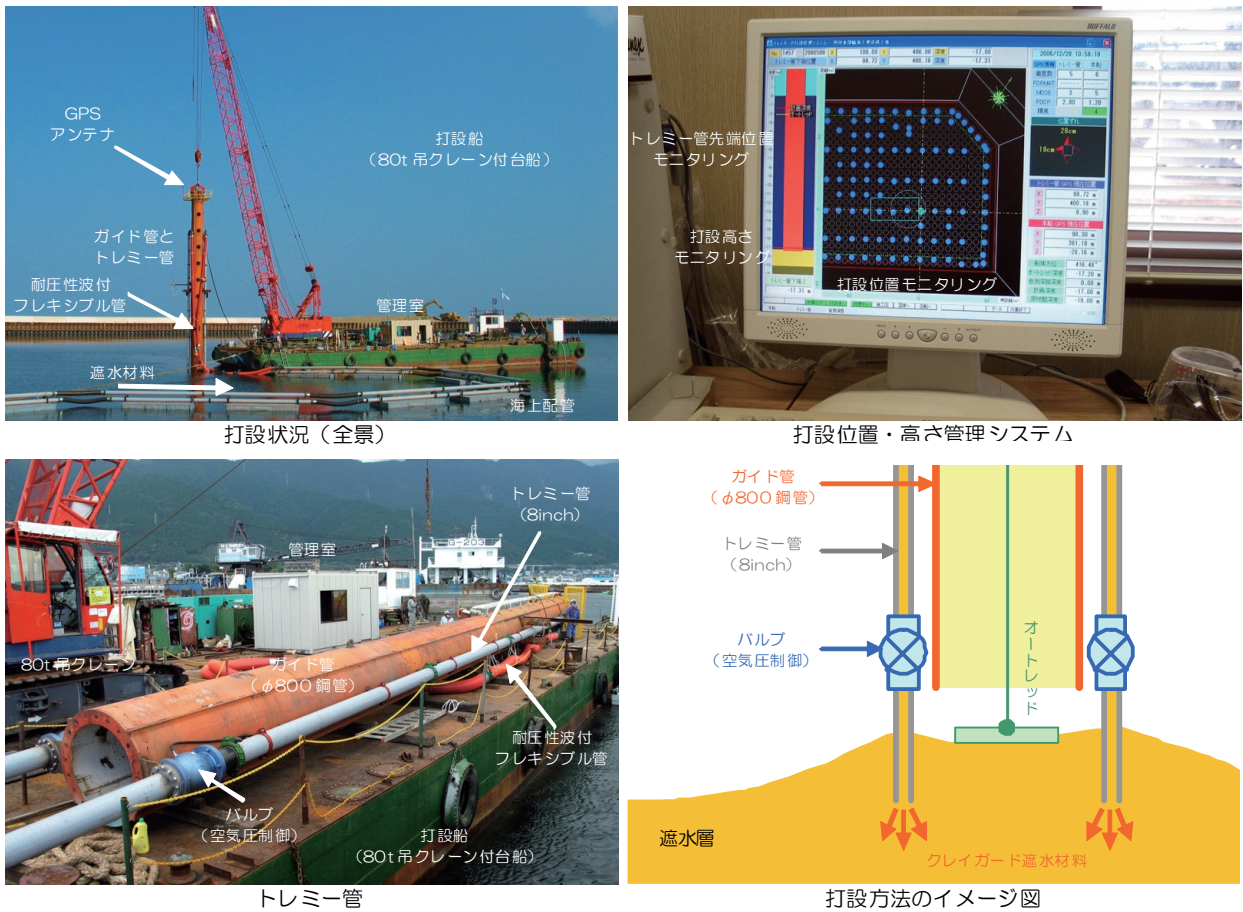


写真-3 遮水材料の打設状況

4.4 土質遮水材料の圧送

土質遮水材料の圧送状況を写真-2 に示す。土質遮水材料は、1 ライン当たり 4 台のポンプで圧送した。振動ふるいを通した原料土を管路ミキサまで圧送するのに 1 台、管路ミキサから吐出される土質遮水材料を打設船に向けて圧送するのに 1 台、打設船までの中継用に 2 台である。

2 ラインで合計 8 台のポンプはすべて同型式のもので、粘性土系土砂やコンクリートの管内輸送に適した電動油圧駆動方式によるピストンポンプである。ポンプの能力は輸送距離が約 200m/台、輸送量が約 100m³/h/ラインである。輸送管には 8 インチのエムカラー付鋼管（1 本 5.4m）を使用し、それぞれがビクトリックジョイントで連結されている。海上配管においては、海上フローター上に固定された鋼管同士を耐圧性ゴムスリーブで連結し、潮位変動および打設船の動きに対応できる配管構造とした。

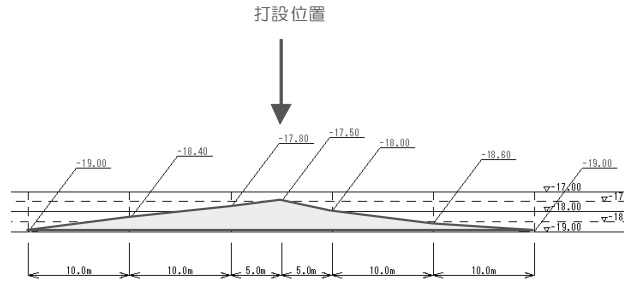


図-8 土質遮水材料の水中打設形状

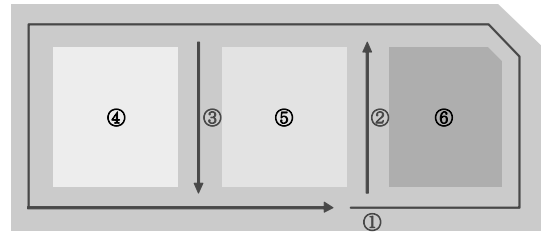


図-9 土質遮水材料の打設順序平面図

4.5 遮水材料の打設

土質遮水材料の打設状況を写真-3 に示す。土質遮水材料の打設はトレミー方式で行い、トレミー管の筒先を打設済み遮水層天端より常に下に潜り込んだ状態で打設した。トレミー管先端付近には空気圧制御によるバルブを取り付け、トレミー管引き上げ時の遮水材料の落下防止策とした(写真-3 右下のイメージ図参照)。これらの処置により、土質遮水材料の水中分離や加水、遮水層中での大きな気泡、水泡の残留を抑制した。

トレミー管は輸送管と同じ 8 インチのエムカラー付鋼管を使用し、海上配管とトレミー管は耐圧性波付フレキシブル管を介して接続した。80t 吊クレーン付台船で吊り上げたガイド管（φ800 の鋼管）にトレミー管を固定した。吊り上げたガイド管の上端部に設置した GPS アンテナにより、土質遮水材料の打設位置制御を行い、オートレッドによる常時計測とレッドによるマニュアル測定とによって遮水層の天端、厚さを管理した。土質遮水材料の打設初期において、レッドにより遮水層の水中打設形状を測定したところ、打設位置を中心とした勾配 1 : 10~25（平均勾配は 1 : 18）のほぼ円錐形であった（図-8）。

この結果を受けて、土質遮水材料の打設順序を図-9 に示す通りとした。まず、外周を囲み（外周堤①）、次に二つの仕切を設ける（仕切堤②と仕切堤③）。最後に、三つの分割領域を順番に埋めていく（領域④→領域⑤→領域⑥）。土質遮水材料の打設によって緩勾配の斜面が形成されるため、打設対象となる全領域を 10m 間隔のメッシュで区切り、打設船の移動の目安とした。外周堤①～仕切堤③の幅は 30m 程度とし、領域④～領域⑥への遮水材料の打設においては、打設船がメッシュの格子を千鳥状に移動するようにした。こうすることにより、表面の凸凹が極めて少ない水平な遮水層を築造することができた。

4.6 保護層の施工

保護層として遮水層表面全体に補強材（ジオグリッド）

の敷設と、厚さ 3.0m の覆砂工を施工した。写真-4 にジオグリッド施工状況を示す。ジオグリッドは、現場に搬入された原反ロール（幅 10m×長さ 30m）を陸上ヤードで展開し、専用の縫合紐で接合して海上へ送り出し、隣接するパネル同士を海上接合した。海上接合箇所は支保工としての竹と浮力のための玉ブイを取り付けることにより海上接合作業が容易となった。海上で底面遮水面全体を覆う一枚となったジオグリッドを一端から順々に拡張しながら沈設した。

写真-5 に覆砂工施工状況を示す。覆砂工は土質遮水材料の支持力を考慮し、ベルトコンベア台船とシャトル台船による薄層撒き出しを行った。1 層目は、土質遮水材打設と同様に最初に仕切堤、その後に仕切堤で囲まれた区画を施工することで遮水層とジオグリッドの流動抑制を図り、2~4 層目は円弧すべりを生じないように、頻繁なレッド測深により覆砂形状を把握し投入管理を行った。

5. まとめ

「寒川東部臨海土地造成工事」は、平成 20 年 3 月に無事竣工を迎えた。本工事は、土質遮水材料が底面遮水工として初めて採用された例として極めて注目すべき工事であった。本工事のような大規模な土質遮水材料製造プラントを構築した場合、トラブルによる土質遮水材料製造プラントの停止時間をできる限り少なくすることが、コスト削減の重要な鍵となる。日々のメンテナンスやトラブル発生時の設備補修は、各協力会社のスタッフから昼夜を問わず、献身的なサポートを受けることができた。土質遮水材料による遮水工施工を予定通り完遂できたのも、現場全員が一丸となって取り組んだ賜物だと確信している。



写真-4 ジオグリッド施工状況



写真-5 覆砂工施工状況

土質遮水材料による海面の廃棄物最終処分場において改正命令の構造基準を十分満足できる遮水技術であり、循環型社会の構築において要求される資源の有効活用への貢献も大きい。今後、ますます必要とされる海面の廃棄物最終処分場の建設促進へ貢献できる技術であると言える。

参考文献

- 1) (財)港湾空間高度化センター：管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル，2000.
- 2) (財)沿岸開発技術研究センター：港湾関連民間技術

の確認審査・評価報告書，第03001号，2003.

- 3) 渡部要一，土田孝，斎藤邦夫，山田耕一，上野一彦：粘土系遮水材料における微視構造と透水係数の関係，第47回地盤工学シンポジウム論文集，pp.381-388，2002.
- 4) 愛媛県四国中央市（旧伊予三島市）：寒川東部臨海土地造成事業パンフレット.
- 5) 日経BP：日経コンストラクション，2006年11月10日号，pp.30-34.

(2009年6月29日 受付)