

供用中バースにおける海底配管の建設工事

大成建設(株) 正会員 ○佐野 雄季 金 浩昭 吉川 幸夫
大成建設(株) 正会員 室賀 大二郎 有田 耕治

1. はじめに

本工事は、福島県いわき市南部に位置する小名浜石油専用シーバースと陸上基地において、埋設工法による原油受払配管の増設工事を行うものである（図-1）。

増設配管の延長は1,580mであり、構造は、原油を通す内管と内管を保温・防護する外管から構成される二重管構造を採用した（図-2）。また、海底配管の敷設には海底曳航法を採用し、周辺を航行する一般船舶への影響を最小限とした。

本工事は、供用中の係留荷役施設の前面での作業と、航行船舶の多い航路を横断しての作業が必須という、前例のない難工事である。加えて、当施設は東北地方のエネルギー供給の要であり、東日本大震災の復興へ向けて高まるエネルギー需要によって、当初計画に対し作業の支障となるタンカー船のシーバース入船が増加するなど厳しい条件が課せられた。このような状況に対し、後述する各技術を組み合わせて解決することで、震災による3ヵ月間の着工遅延の回復に加え、5ヵ月間の工期前倒しを実現させ、東北地方におけるエネルギーの安定供給確保といった社会的要請に対応した。本稿では、このような状況に対して実施した各設計・施工技術について報告する。

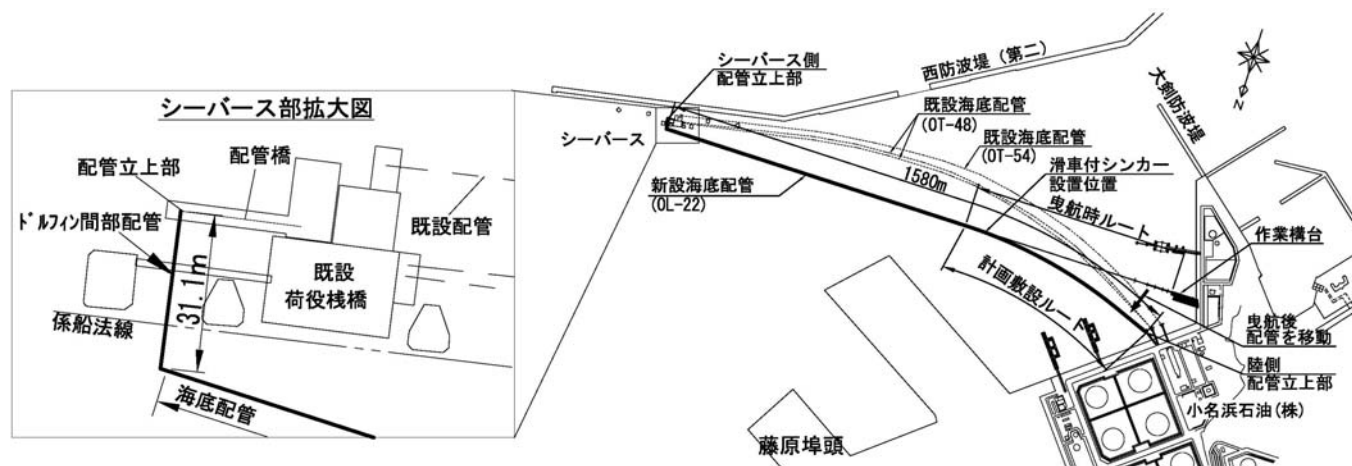


図-1 全体平面図

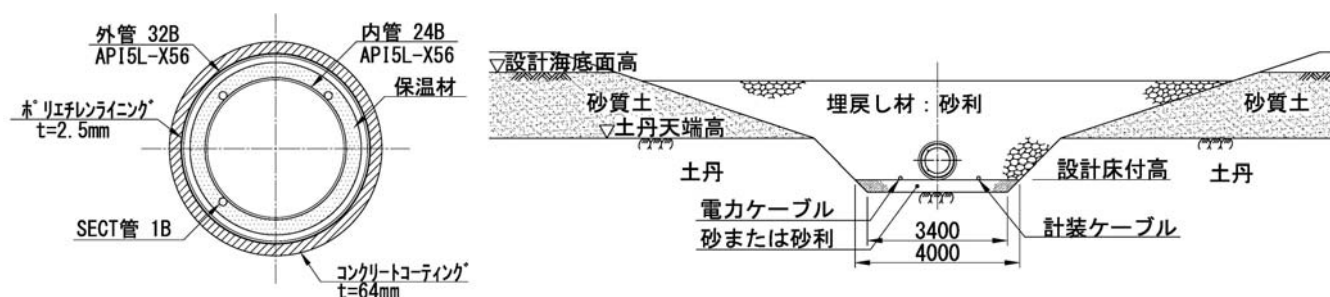


図-2 標準断面図

キーワード 海底配管, 海底曳航法, 投錨試験

連絡先 〒160-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 TEL 03-5381-5419

2. 実物大投錨試験による配管設計

本工事では、液状化対策、掃流対策のため、海底配管の埋戻し材として 10mm の砂利を採用した。海底配管の土被り厚の従来の設計方法は、土被り厚 3.0m 前後を想定した評価式を用いる事が一般的であり、次の課題がある。

①砂を用いた実験に基づいた評価式であるため、他の材料を用いた埋戻しに対する衝撃抵抗特性が言及されていない。

②2m 以下の土被り厚では、投錨による配管への衝撃を過大評価する。

本工事では、土被り厚を合理的に設定するため、埋戻し材として実際に使用する砂利を用いた実物大投錨試験を実施した。投錨試験では、埋設深さ、重錘の重量及び落下速度をパラメーターとし、錨を模した重錘を自由落下させ、落下の衝撃により生じる鋼管の応力度の計測を行った。使用した重錘の重量及び接地速度を表-1 に示す。重錘の底部の形状は、JIS-A 型アンカーを模すように鋼板を加工して作成した。

投錨試験の結果、鋼管に生じる応力は、従来の設計手法を用いて計算した場合に比べ、小さい値となることを確認した。

本手法により、必要土被り厚を従来の手法で設定した場合の半分以下とする事ができ、海底配管の設計の合理化と掘削土量の最小化を実現することができた。

表-1 錨の諸元と設置速度

対象船舶	錨の重量	錨の設置速度
5,500DWT	2.46 t	6.1 m/sec
100,000DWT	12.9 t	7.8 m/sec

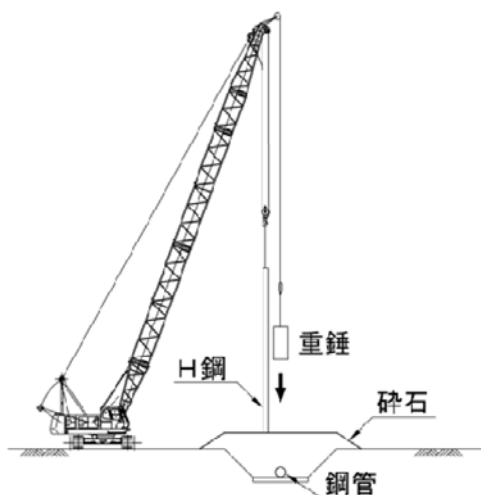


図-3 投錨試験状況図



写真-1 投錨試験実施状況



写真-2 鋼管設置状況



写真-3 ひずみ計設置状況

3. 工期中の船舶航行を可能にした海底配管曳航作業

(1) 海底配管の曳航法

小名浜港は、東北地方南部における物流拠点であり、日々多くの船舶が輻輳する重要港湾である。また、作業エリア周辺の荷役設備に対しても、震災の影響によるエネルギー資源の需要増加を受け、計画当初の想定に対し多くのタンカー船の入船があった。こうした状況の中、本工事では配管を引張り海底面を進めていく海底曳航法を採用し、周辺船舶の運航への影響を排除した。海底曳航法とは、陸側の海上に構築した作業構台上（写真-4）における二重管の接続と、海上に設置したウインチによる牽引を繰り返し行うことで、順次所定の長さの配管を曳出していく工法である。



写真-4 曳航作業状況（陸側作業構台）

(2) 掘削工との並行作業による工期短縮

本工事は、着工直前に発生した東日本大震災の影響で、3ヵ月間の着工遅延を余儀なくされた。当初工事計画では、海底面の掘削作業と配管の曳航作業は直列工程であったため、掘削作業の着工遅延がそのまま全体工程に影響することが懸念された。このため、配管曳航作業の工程短縮が課題であった。

工程短縮策として、掘削工と配管曳航作業を同時並行で進める工法の検討を行った。海底配管の曳航では、海上に配管を牽引するウインチを設置する必要がある。当初計画では、航路内の航行船舶との干渉を避けるため、海底配管の計画線形の延長線上である防波堤近傍にウインチを設置する予定であった。一方、掘削工と同時並行で曳航作業を行うためには、掘削作業エリアを避けた航路内にウインチを設置する必要があり、航行船舶への影響が懸念された。

これに対し、航路内の海底面（掘削トレンチ内）に滑車を設置し、配管の牽引ワイヤーを折り返し、陸上基地側に設置したウインチにより牽引することとした。（図-4、図-5）滑車を海底面に設置することで、船舶の航行に支障を与えることなく、掘削工との並行作業が可能となった。

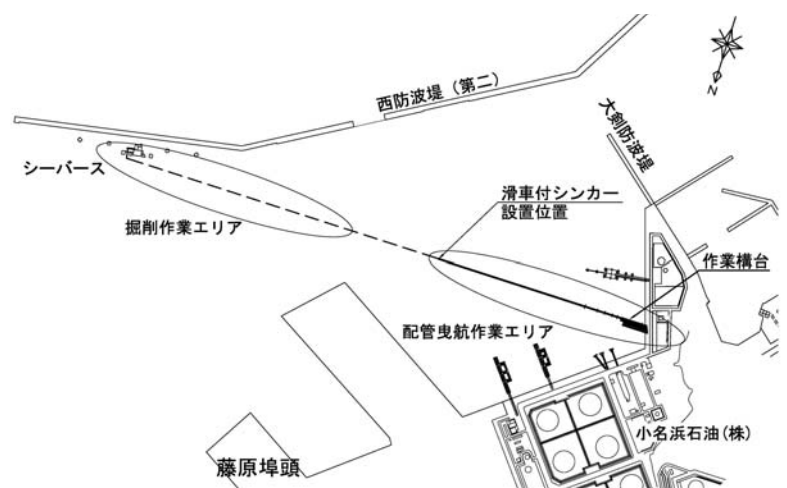


図-4 作業状況平面図

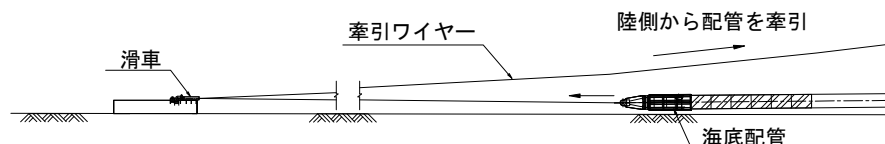


図-5 滑車による配管曳航作業状況

4. 大型仮設架台を用いた複雑な3次元配管線形を持つ立上部配管の短期施工

シーバース側の海底配管は、シーバース背面側を通る既設の配管との干渉を避けるため、シーバース前面側を通す必要があった。海底配管とシーバース内の立上部配管を結ぶためには、狭隘な既設構造物の間に配管を通さざるを得ず、写真-8に示すような複雑な3次元の線形とする必要があった。一方、シーバース部の配管の施工は、通常2.5ヵ月間を要する作業に対しシーバースの定期修理期間である約1ヵ月間で完了させる課題があった。シーバース側立上部配管の施工フロー図を図-6に示す。

このような状況に対し、曳航した海底配管の吊上げ、および立上部配管との接続作業を行うため、大型仮設架台を用いることとした。架台はプレキャスト化することで現地組立作業の省力化を図った（写真-5）。

海底配管の配管接続後、立上部配管を含む3次元線形をした配管全体（海面上部分で約70m）の沈設を行った。

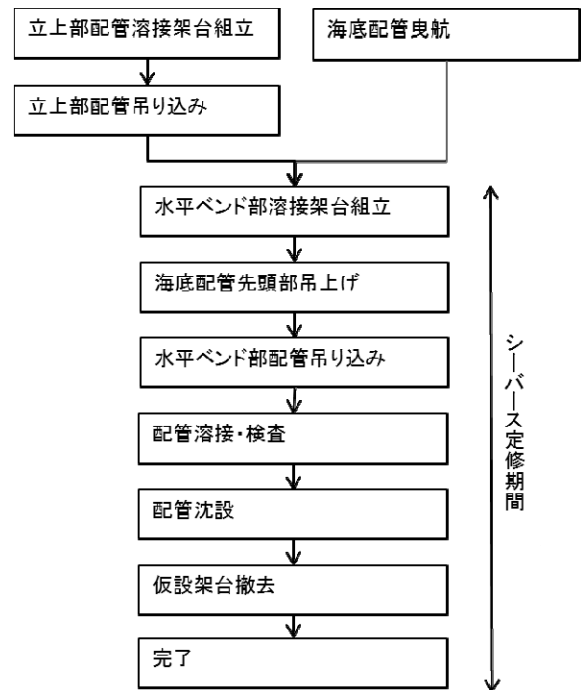


図-6 シーバース側立上部配管施工フロー図

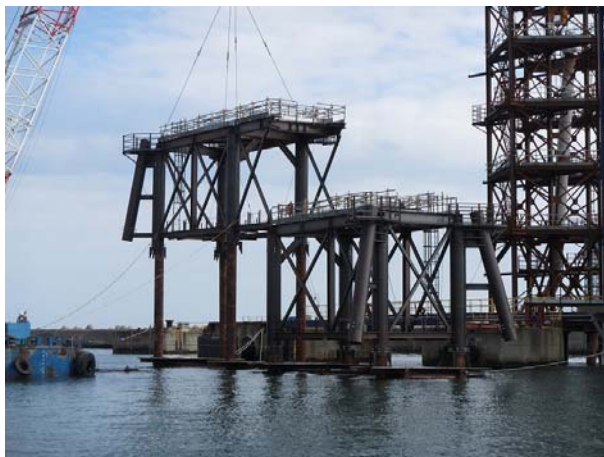


写真-5 仮設架台施工状況



写真-6 海底配管先頭部吊上げ状況



写真-7 配管開先合わせ作業状況



写真-8 シーバース側立上部配管施工状況全景

5. 航行船舶への影響の最小化を可能とする水中ガイド材を用いた配管の曲線化作業

本工事の海底配管は、陸側部が曲線線形をなしている。直線的に曳航した配管の陸側部を計画線形である曲線とするためには配管を移動する必要があるが、目視で確認することができない水中での移動であり、確立された工法がないため、施工方法の検討が課題であった。更に、作業には周辺7バースの稼働休止を必要とするため、短期間で確実な施工が要求された。

これに対し、予めトレンチ内に配管の計画線形に沿って水中ガイド材を設置する工法を採用した。配管は、端部をウインチで牽引することにより移動し、予め計算した移動量に達した時点で、ガイド材に対する配管の位置を確認し、微調整を行った。これにより配管の移動作業の管理が確実・容易となり、工程遅延リスク及び作業に伴う他船舶や周辺事業者への影響を最小化することができた。

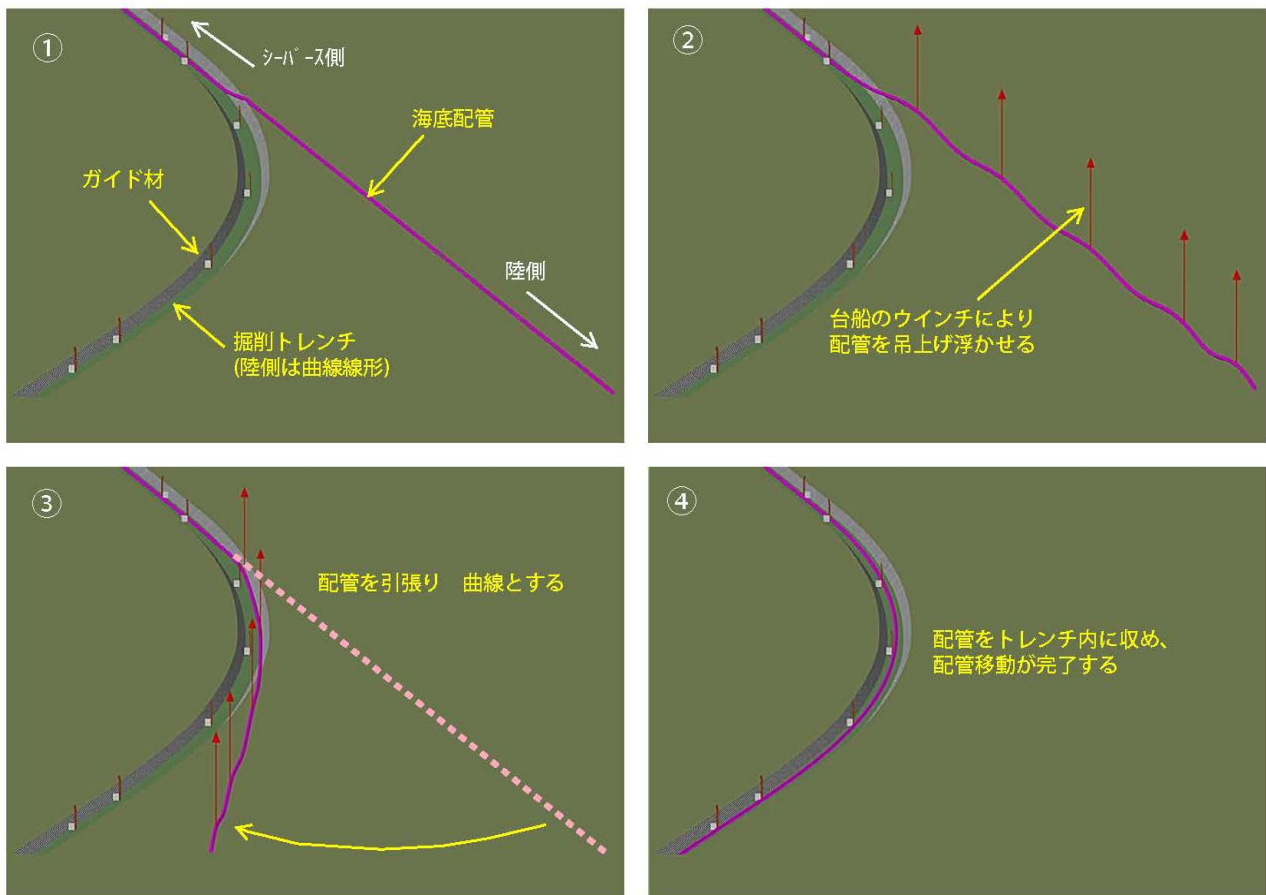


図-7 配管横移動概念図

6. おわりに

海底配管工事は、今後、これまでに建設された供用中の既存施設に対する更新又は増設工事の需要が増加することが予想される。こうした工事では、既存施設の稼働を維持しながら施工を行うことが重要であり、施工条件や配管形状、工期において厳しい制約条件が課される。これに対し、本工事において既存施設に対応した複雑な形状の配管を施工する技術を一連のシステムとして構築し、厳しい工期内に完成させた事は、今後の更新・増設事業の施工技術に対し一つの方向性を示すことができたものとする。本事例が今後の海底配管更新・増設事業の一助となれば幸いである。