

東京港臨港道路南北線沈埋トンネル

沈設トンネル工事の施工

西村 行雄・原田 泰夫・時松 千夏

東京港臨港道路南北線事業において、有明地区と中央防波堤地区を結ぶ海底トンネルは、沈埋トンネル工法で建設するものである。沈埋トンネルとは、ドックもしくはヤードで沈埋函と呼ばれる函体を製作し、トレンチ浚渫された沈設場所へ沈埋函を曳航し、所定の位置へ沈設する工法である。本稿は、二次艀装から沈設までの作業を紹介し、沈設作業は、一般函の沈設と最終函の沈設（キーエレメント工法）について紹介する。

キーワード：沈埋トンネル、艀装、曳航、沈設、キーエレメント工法

1. はじめに

東京港臨海部は、コンテナ車両等の集中により、渋滞が慢性的に発生しているため、円滑な物流の確保が望まれている（写真—1）。

東京港臨港道路南北線事業は、有明地区と中央防波堤地区を結ぶ新たなアクセスルートとして2016年4月に着工し、完成後は、渋滞緩和や物流機能の効率化が期待されている。

本稿では、本事業の海底トンネル部で採用されている沈埋トンネル工法の、沈埋函沈設に関わる施工方法について紹介する。

2. 工事の概要

(1) 発注者

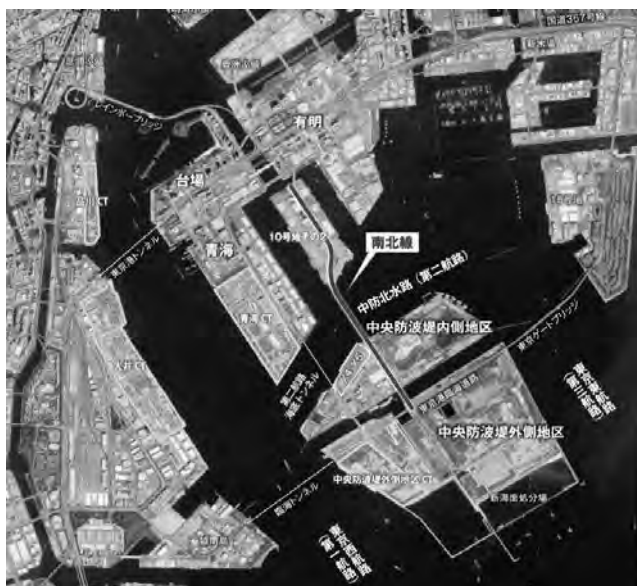
国土交通省関東地方整備局

(2) 工事名

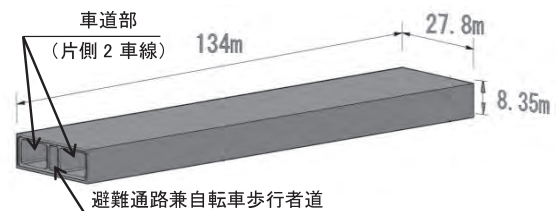
東京港臨港道路南北線沈埋函（4号函・5号函・6号函）製作・築造等工事

(3) 工期

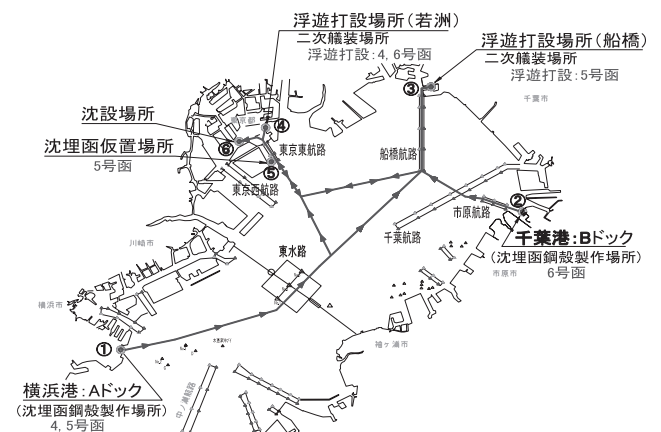
平成29年4月13日～令和2年4月3日



写真—1 東京港全景写真



図—1 沈埋函概念図



図—2 施工場所

(4) 施工場所

東京都江東区青海ほか (図-2)

(5) 施工数量

沈埋函製作・築造工 3 函, 設備工 一式 ほか

(6) 施工フロー

全体施工フローを図-3 に示す。

3. 二次艀装工

沈設作業に使用される二次艀装品は、沈設時に沈埋函を操函する設備 (ウインチタワー・ポンツーン) である函上艀装品と、沈埋函への注水・位置決めを行う設備 (バラストポンプ・油圧ジャッキ) である函内艀装品で構成される。主要艀装品の用途と仕様を表-1 に、艀装品の配置図を図-4 に示す。6号函上艀装品

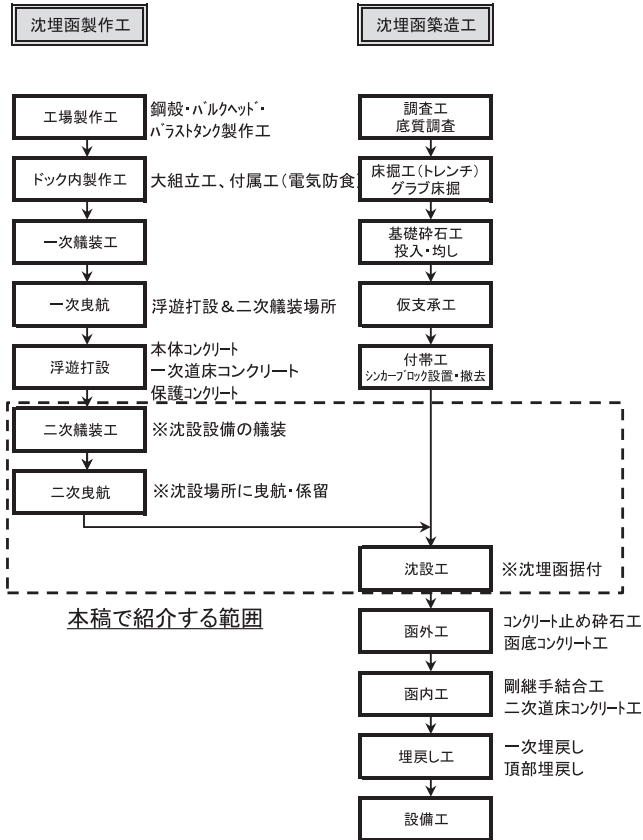


図-3 全体施工フロー

表-1 主要艀装品一覧

名称	目的	仕様
ウインチタワー (1基)	沈埋函の平面移動 (前後・左右)	操函ウインチ: 49 kN 総重量: 123 t 横操函: 滑車 2 * 2 車 (196 kN) 縦操函: 滑車 2 * 2 車 / 2 (98 kN)
沈設ポンツーン (2隻)	沈埋函の鉛直移動 (上・下)	巻下げウインチ: 15 t 巻 操船ウインチ: 5 t 巻 係留ウインチ: 10 t 巻 サイズ: L23.5 m x B11.0 m x D2.5 m 重量: 162 t / 隻 想定沈設荷重: 400 t (水中)
連結ジャッキ (2基)	接合時の引き寄せ (一般函)	定格出力: 1,961 kN / 基 設置箇所: 既設函内 作業方法: 機側操作
押出ジャッキ (4基)	接合時の位置調整 (最終函)	定格出力: 1,961 kN / 基 設置箇所: 沈設函内 作業方法: 遠隔操作
支承ジャッキ (2基: 一般函) (4基: 最終函)	接合時の高さ調整	支承能力: 3,942 kN 設置箇所: 沈設函内 作業方法: 遠隔操作
微調整ガイド・キー (最終函用)	沈設時のガイド	沈設時の既設函と新設函の法線ずれを拘束
バラスト給排水システム (ポンプ2台)	沈設時の沈埋函重量調整	バラスト容積: 約 3,150 m ³ / 函 ポンプ定格出力: 37 kW / 台 ポンプ吐出量: 4 m ³ / min / 台
測量・計測機器	沈設時の計測・誘導	自動追尾式トータルステーション 端面探査装置 ストロークセンサー 水中超音波距離計 (最終函のみ) 函体貫入距離計 (最終函のみ)

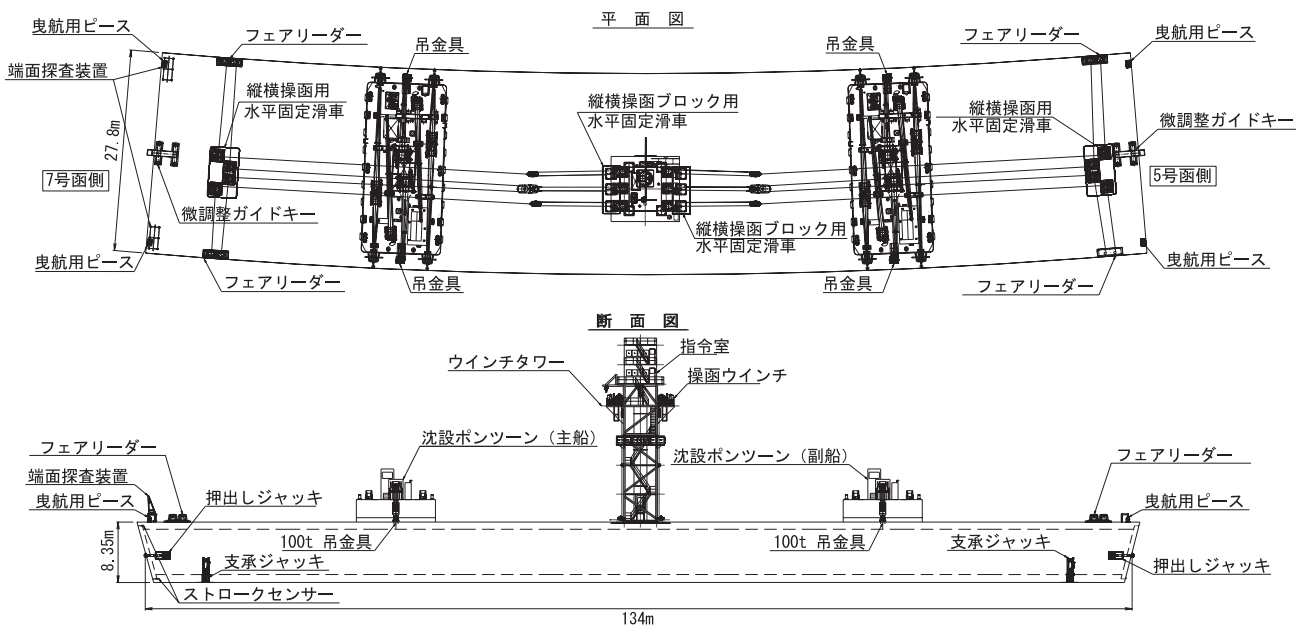
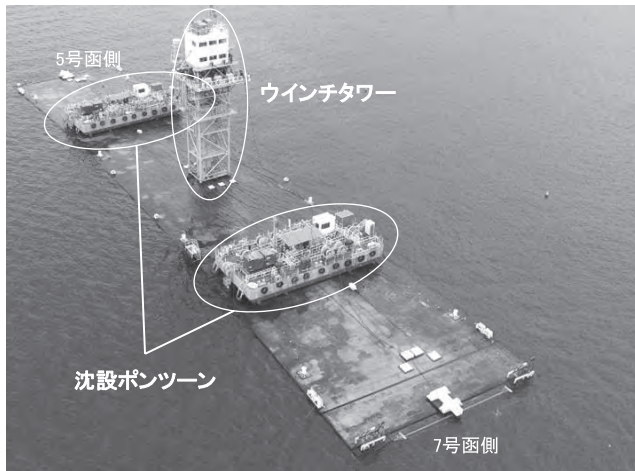


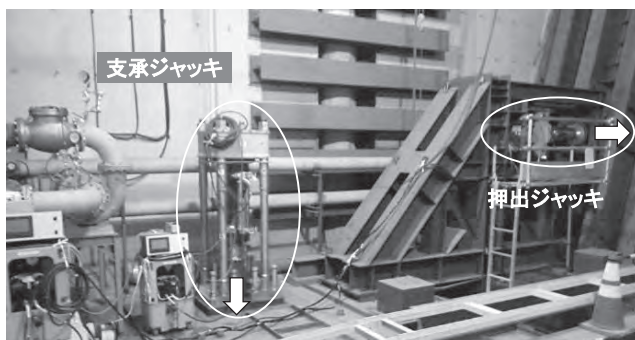
図-4 二次艀装品配置図 (6号函)



写真—2 函上艀装品 (6号函)



写真—3 函内艀装品 (6号函) ①



写真—4 函内艀装品 (6号函) ②

を写真—2 に、 函内艀装品を写真—3, 4 に示す。

4. 二次曳航・沈設

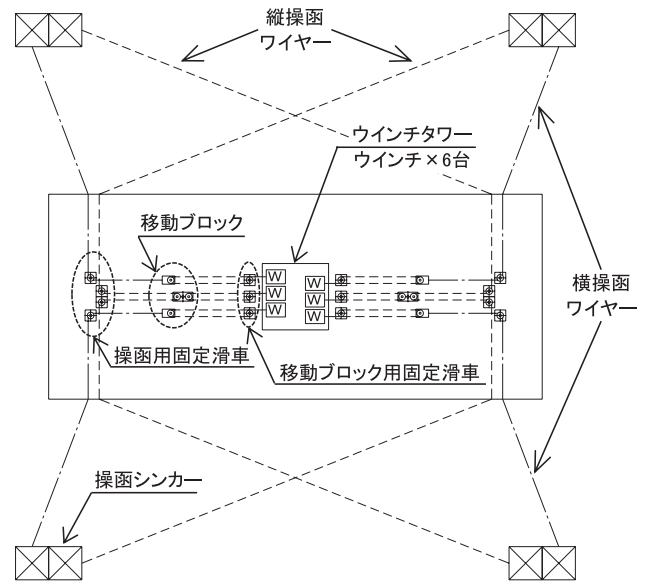
(1) 二次曳航

二次艀装完了後、沈埋函を引き出し、沈設場所まで曳航・係留する。

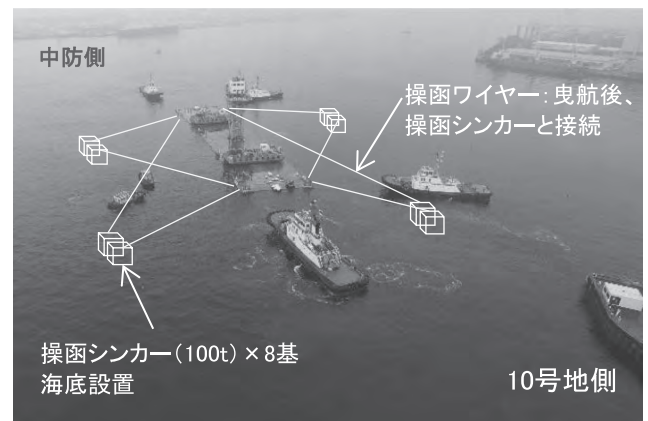
係留作業は、ウインチタワーより繰り出した操函ワイヤーを、海底に設置した操函シンカーと接続し、操函ワイヤーを張合わせて係留する。

係留後は、ウインチタワーの操函ウインチ操作により、沈埋函を所定の位置まで操函する。

操函作業は、ウインチタワー上のウインチより繰出されたワイヤーを、移動ブロック用固定滑車 (滑車×



図—5 操函設備配置図



写真—5 曳航・係留状況

2枚)と移動ブロック (滑車×2枚)にワイヤリングし、操函シンカーと接続された移動ブロックを巻上・繰出し操作することにより、函体を移動させる。操函設備配置図を図—5 に、曳航係留状況を写真—5 に示す。

(2) 一般函沈設

一般函の沈設は、ウインチタワーの操函ウインチ (前後左右)・沈設ポンツーンウインチ (上下)・函内パラスタック注排水 (重量調整) 等により、前進及び降下を繰り返す。位置誘導は、自動追尾式トータルステーション・端面探査装置・ストロークセンサーなど各計測機器により、リアルタイムで位置情報をモニタ等に表示させ、位置管理を行う。一般函の沈設状況図を図—6 に、一般函艀装品配置図を図—7 に、誘導画面を写真—6 に示す。

(3) 最終函沈設 (キーエレメント工法)

最終函は一般函と違い、接合部が2箇所になる。接

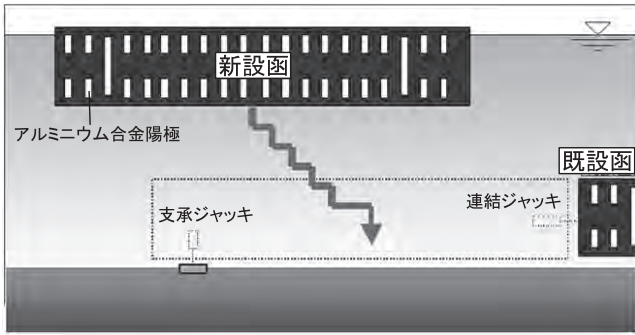


図-6 沈設状況図 (一般函)

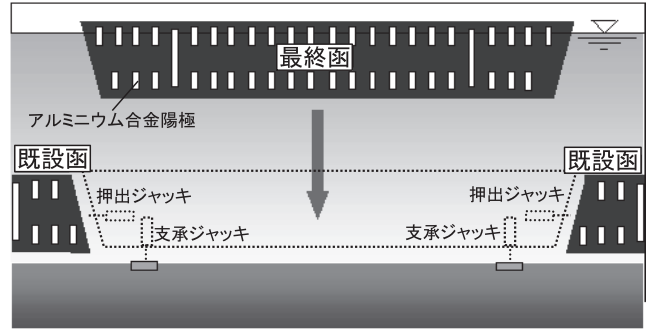


図-8 沈設状況図 (最終函)

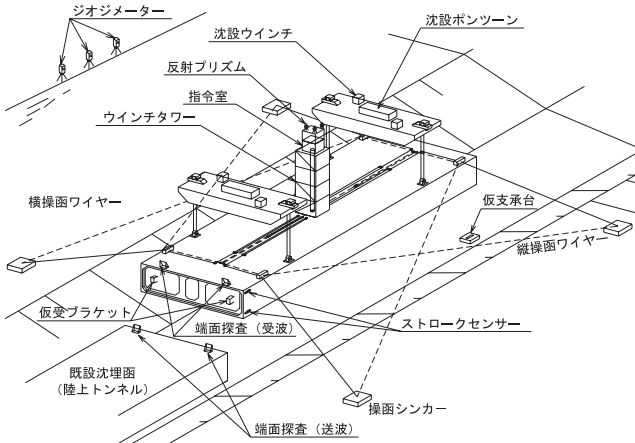


図-7 一般函用機装品配置図

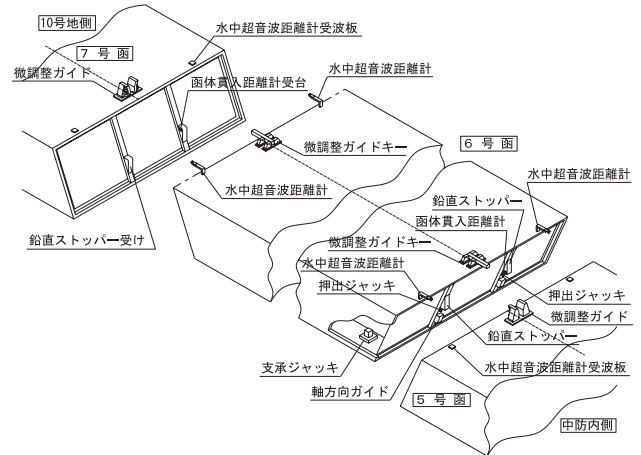


図-9 最終函用機装品配置図

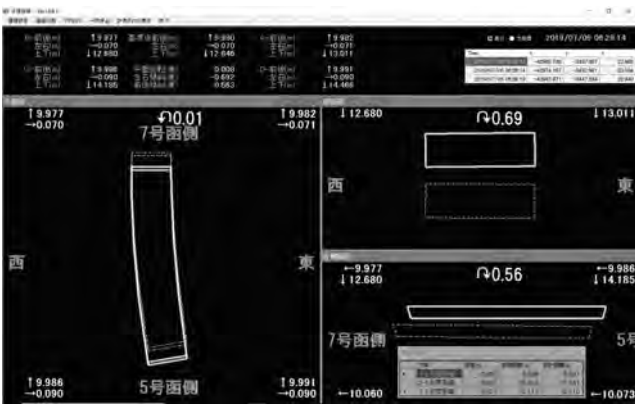


写真-6 誘導画面 (自動追尾式トータルステーション)

表-2 機装品比較

	ガイド用機装品	位置調整用機装品
X 方向	軸方向ガイド×4	押出ジャッキ×4
Y 方向	微調整ガイド×2	-
Z 方向	鉛直ストッパー×4	支承ジャッキ×4

合面がクサビ形の沈埋函を既設函の間に挿入し、自重と水圧を利用して最終函を既設函に接合する。

接合時は、接合部の止水性を確保するため、接合面間隔を均等にすることが重要となる。沈埋函四隅の高さを管理し、沈埋函の姿勢をリアルタイムに誘導することで、接合面間隔を均等に調整する。最終函の機装品には、一般函の機装品に加え、ガイド用・位置調整用の機装品と、高さ計測に特化した計測装置が設置される。図-8に最終函の沈設状況図を、図-9に最終函用機装品配置図を示す。

最終函のガイド用機装品と位置調整用機装品を表-2に、ガイド・位置調整概念図を図-10に示す。

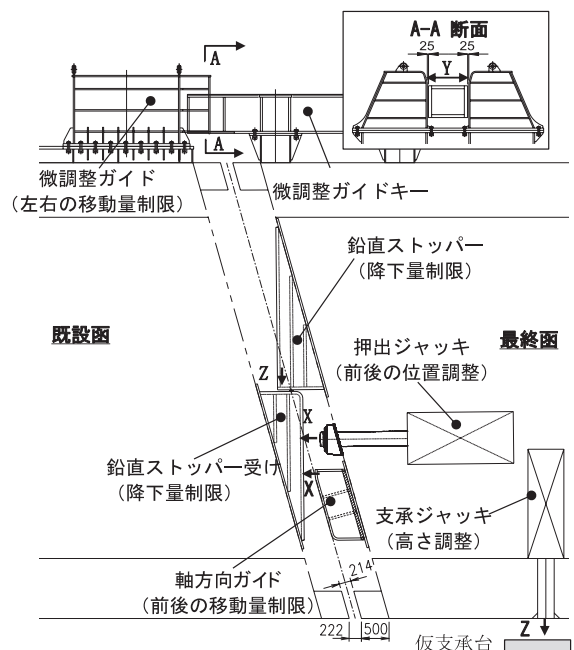
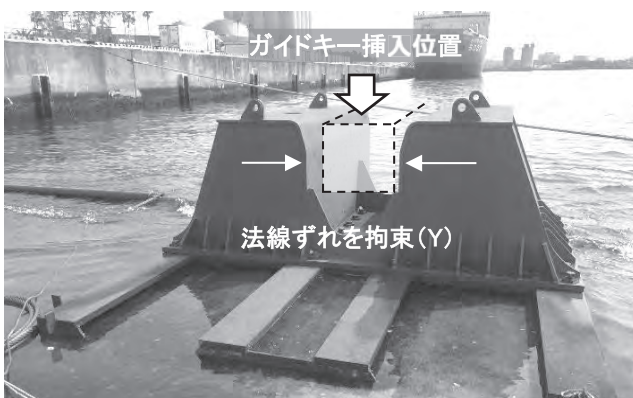


図-10 ガイド・位置調整概念図



写真一七 微調整ガイドキー (最終函)



写真一八 微調整ガイド (既設函)

写真一七に微調整ガイドキー、写真一八に微調整ガイドを示す。

一般函の誘導は、沈埋函の平面位置情報と、接合面の既設函との相対位置情報により、誘導可能だが、最終函は、既設函との接合面が2箇所になるため、計測機器の増設が必要となる。

最終函は、一般函の計測機器に加え、水中超音波距離計と函体貫入距離計を各4台追加した(図一9参照)。水中超音波距離計は、超音波により既設函との鉛直方向の離隔を計測し、函体貫入距離計は、伸縮ロッドを既設函側へ接触させ、離隔計測を行う。

当該計測機器の追加により、既設函と最終函の高さ関係を把握し、最終函の目標姿勢を維持した状態で沈設が可能のため、既設函と接触することなく確実な沈設が可能となった。

計測項目一覧を、表一3に、函体貫入距離計を写真一9に、水中超音波距離計を写真一10に示す。

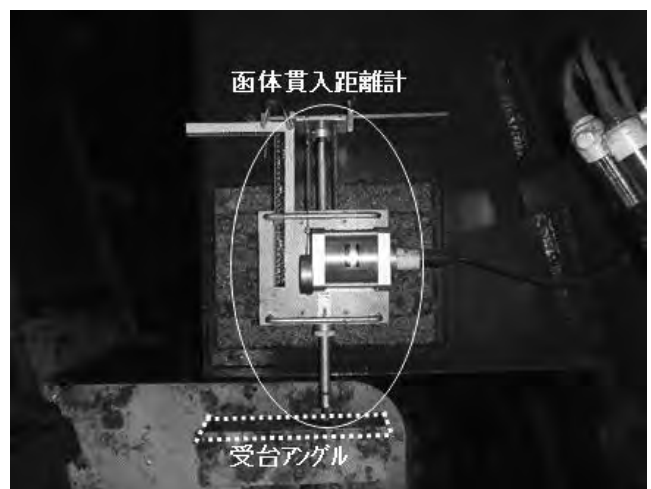
(4) 最終函沈設実績

本工事では、立坑および沈埋函の施工に伴い発生する延長誤差と法線ずれ量を、三次元シミュレーションで確認した。延長誤差に対しては、6号函製作時の函長調整で対応し、法線ずれに対しては、5号函沈設後

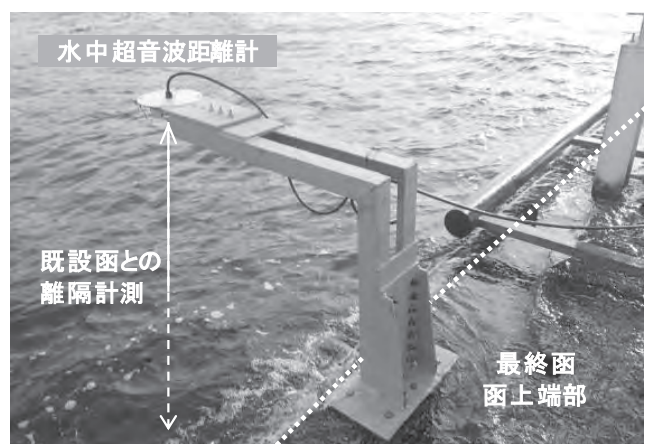
表一3 計測項目一覧

	一般函	最終函
沈設開始～着底までの函体位置誘導	自動追尾式トータルステーション 端面探査装置 (X・Y・Z方向)	自動追尾式トータルステーション 端面探査装置 (X・Y・Z方向) 水中超音波式距離計 (Z方向)
着底～水圧接合までの端面間計測	ストロークセンサー (X方向)	ストロークセンサー (X方向) 函体貫入距離計 (Z方向)

注) : X方向は、函軸方向、Y方向は、函軸直角方向、Z方向は、鉛直方向とする。



写真一九 函体貫入距離計



写真一十 水中超音波距離計

の方向修正で対応した。図一11に6号函沈設時のトンネル線形概念図を示す。

三次元シミュレーション結果にガイドの遊間25mmを加えると、6号函の法線ずれ量は最大39mm(5号函側)と想定された。実施工では最終函用艀装品を用いた位置調整と計測管理により、許容法線ずれ量75mmに対して20mm以内の高い沈設精度を確保できた。

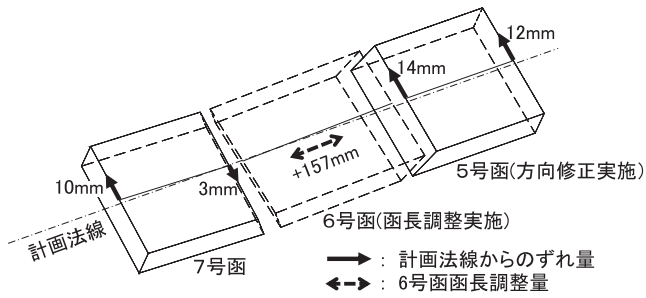


図-11 6号函沈設時トンネル線形概念図

5. おわりに

最終函の沈設は、2019年7月に無事完了した。本工事は、2020年4月の竣工を目標とし、函内工・設備工・埋戻し工・建築工事を急ピッチで施工中である。

謝 辞

最後となりますが、本工事は2017年4月に着工して以来、多くの方々の御協力によって、工事を進めてきました。本誌面をお借りし、ご協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

JCMA

[筆者紹介]

西村 行雄 (にしむら ゆきお)
 五洋建設株式会社
 東京土木支店 有明工事事務所
 工事所長



原田 泰夫 (はらだ やすお)
 五洋建設株式会社
 東京土木支店 有明工事事務所
 工事主任



時松 千夏 (ときまつ ちなつ)
 五洋建設株式会社
 東京土木支店 有明工事事務所
 工事係

