

東京港臨港道路南北線 10号地その2地区の沈埋トンネルの工程管理及び精度管理について

大成建設(株)	正会員	○神田 基	正会員	竹谷 純一
大成建設(株)	正会員	佐野 晋一郎	正会員	市川 直樹
大成建設(株)	正会員	太田 匡司	正会員	小粥 太郎
大成建設(株)	正会員	坂本 明伸	正会員	小野 哲典

1. はじめに

東京港臨港道路南北線は、中央防波堤側コンテナターミナル整備に伴う貨物車両増加による第二航路トンネルの渋滞緩和を目的として整備された。合わせてオリンピックの開催時においても円滑な物流機能を確保することを目的として整備された。通常 8 年から 10 年かかる規模の沈埋トンネル工法を用いた道路トンネルを 2016 年 4 月工事着工から 2020 年 5 月末完成で、約 4 年で整備する必要があった。立坑および沈埋トンネルの建築限界に余裕がなく、高い精度で施工を行う必要があった。

■工事概要

工事名称：東京港臨港道路南北線 10 号地その 2 地区接続部及び沈埋函（7 号函）製作・築造工事

発注者：国土交通省関東地方整備局東京港湾事務所

受注者：大成・五洋・大豊特定建設工事共同企業体

施工場所：東京都江東区有明 4 丁目地先

工期：平成 28 年 4 月 15 日～令和 2 年 5 月 25 日（4 年 1 カ月）

工事概略：ニューマチックケーソン工法による接続部立坑構築 1 基

沈埋函製作 1 函（7 号函）および築造工事、それに伴う海上工事

開削トンネル工法による陸上トンネル（70m）の構築（図-1 参照）

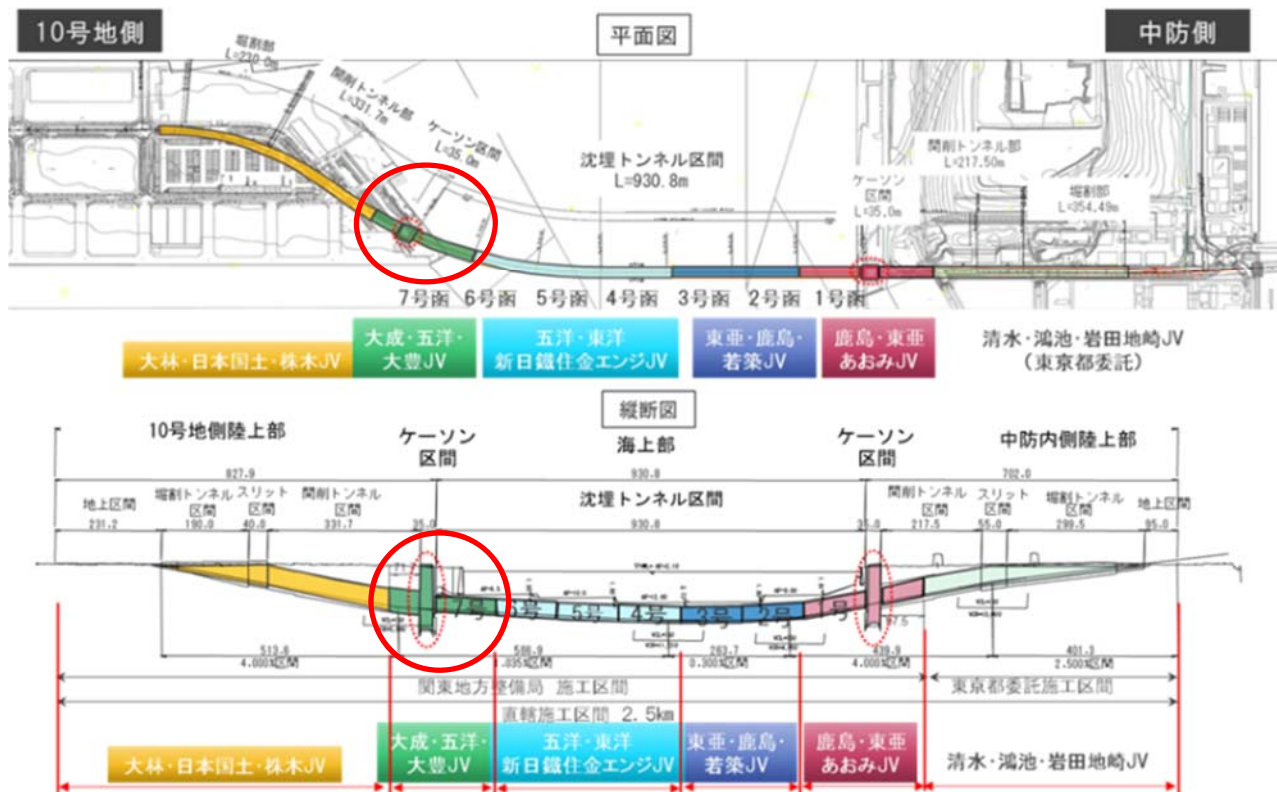


図-1 平面図及び縦断面図

キーワード 沈埋トンネル、ニューマチックケーソン、工程短縮、鋼管矢板の機械式継手

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿六丁目 8-1 大成建設株式会社 東京支店 TEL 03-3348-1111

2. 施工条件および問題点

■ 工程的な問題点

- 開通（供用）までの工期が4年であった。（通常8年から10年かかる規模のトンネル）
- 旧護岸（松杭の二重締切）が存在し支障物撤去が発生。工程遅延となり工程短縮を図る必要があった。

■ 技術的な問題点

- 施工場所が形質変更時要届出区域であり、掘削により発生する土砂は汚染土として処理する必要あり。特に沈埋函引込部から発生する土砂は水底土砂ではなく、汚染汚泥として処理する必要あるため、汚染汚泥の処理能力で工程が左右され工程遅延の要因となった。
 - 信号所からの電波が施工基盤から約30mに存在したため、電波に干渉しない施工方法、施工設備を計画する必要があった。
 - 既設護岸完成から約40年以上経っているため、護岸の鋼管矢板が腐食して引き抜けない可能性あり、鋼管矢板が引き抜けない場合、鋼管矢板の水中切断となるため、大幅な工程遅延となる。
 - 経済設計となっているため、立坑および沈埋函の建築限界に余裕がないため高い施工精度を求められた。
 - 詳細設計が一部未了で発注されたため、設計と施工を並行して実施する必要があった。
- そのため、接続部立坑と沈埋トンネル構築において、急速施工および高い精度の施工を行う必要があった。

3. 接続部立坑築造（ニューマチックケーソン工法による構築）

（1）立坑構築及びニューマチックケーソン工

10号地その2側接続部立坑はニューマチックケーソン工法により構築した。諸元は下記のとおりである。

掘削断面積：1,187m² 施工深度：31.7m 掘削土量：37,000m³、

躯体構築ロット：7ロット、躯体コンクリート打設量：15,000m³（図-2 参照）

今回の接続部立坑は、沈埋函との接続部が鋼殻構造となっていること、立坑構築後、沈埋函との接続のための端面を調整するスペースを予め設けていることが特徴である。（図-3 参照）

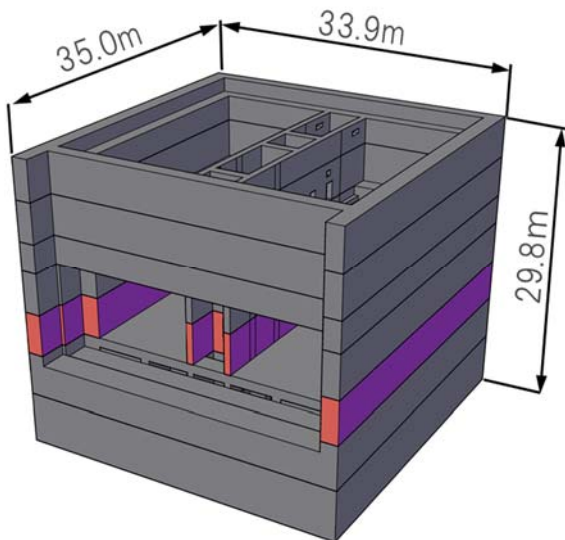


図-2 接続部立坑三次元図

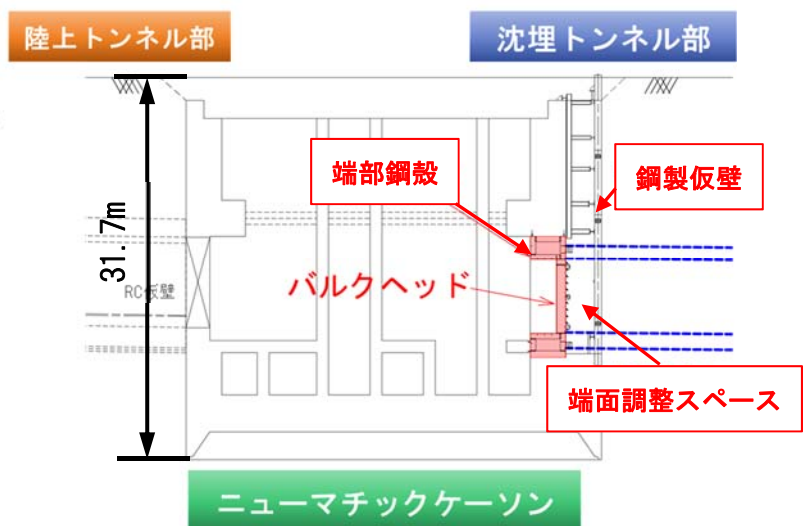


図-3 接続部立坑端部鋼殻設置断面図

ケーソン艀装設備（排土キャリア、マテリアルシャフト、マンシャフト）は10号地信号所の電波障害を避ける位置に配置し、沈下掘削及び躯体構築に支障が生じない計画とした。（写真-1 参照）

初期掘削時の変位抑制のためのガイドローラの使用、計測機による掘削管理を行い、トンネル軸方向および軸直角方向±100mm以内という高い精度で沈設を完了した。躯体構築の昼夜施工等を実施し、刃口設置から中埋コンクリート打設まで、当初計画16カ月を13カ月にて立坑構築を行った。（写真-2～4 参照）

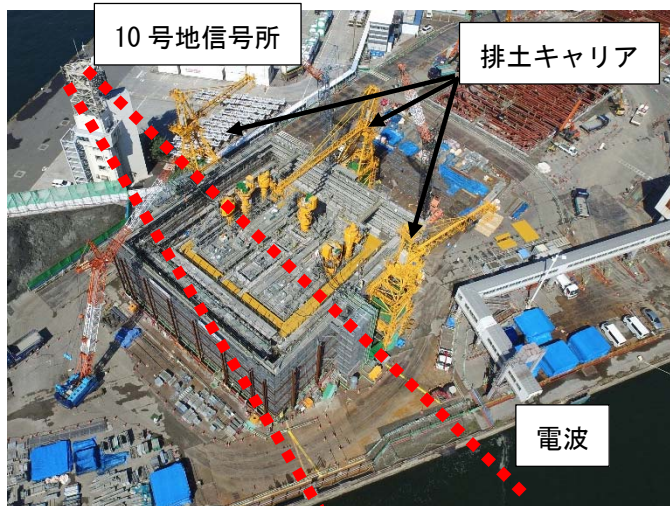


写真-1 接続部立坑構築状況



写真-2 コンクリート打設状況



写真-3 ガイドローラによる変位抑制



写真-4 沈下掘削（無人掘削）

(2) 端部鋼殻製作及び設置

当初計画では、端部鋼殻は工場製作のち分割して陸上運搬し現地で組み立てる予定であったが、工程短縮を目的として、沈埋函との接続部である端部鋼殻を日立造船(株)堺工場で製作、一体のまま海上運搬し、600t 吊起重機船で一括架設した。一括架設することにより約1カ月の工程短縮を図った。(写真-5, 6 参照)



写真-5 端部鋼殻製作状況（日立造船(株)堺工場）

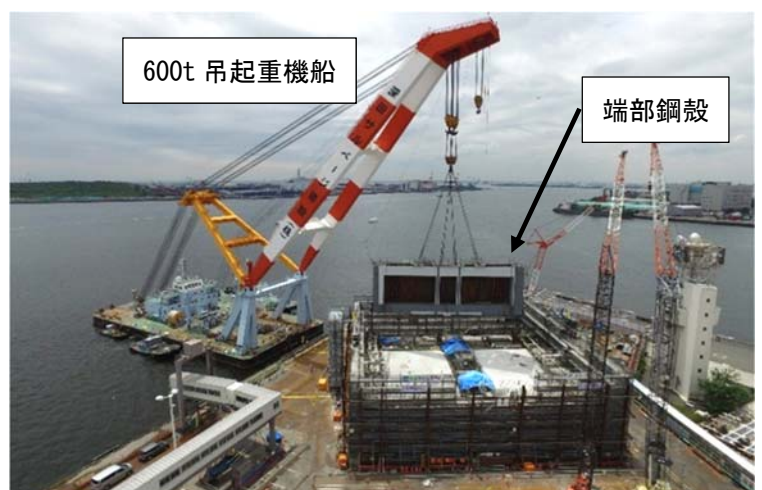


写真-6 端部鋼殻架設状況（600t 吊起重機船）

(3) 沈埋函接続部の端面調整工及び鋼製仮壁

沈埋函水圧接合後の沈埋函の据付精度を左右するガスケットビーム前面のガスケットアングルの調整を行うスペースをニューマチックケーソン側に先行設置した。H型鋼製鋼矢板による鋼製仮壁を立坑前面側に設置し、施工スペースを確保し、沈埋函据付精度向上を図った。沈埋函（7号函）の製作精度を考慮して、沈設後の方向修正を不要とするため、ガスケットアングルの調整を行った。（写真-7 参照）

鋼製仮壁の撤去は工程短縮を図るため、400t 吊全旋回式起重機船にて接続部立坑前面の鋼製仮壁を3分割で撤去した。（写真-8 参照）



写真-7 端面調整工状況



写真-8 鋼製仮壁撤去状況（400t 吊起重機船）

4. 仮護岸工（鋼管矢板井筒）及び既設護岸撤去

立坑が陸上側にあるため、鋼管矢板井筒による仮護岸を構築後、既設護岸を撤去して7号函沈設箇所（沈埋函引込箇所）とした。沈埋函引込部は形質変更時要届出区域のため、床掘時に発生する土砂は、汚染土として処分した。（写真-9, 10 参照）

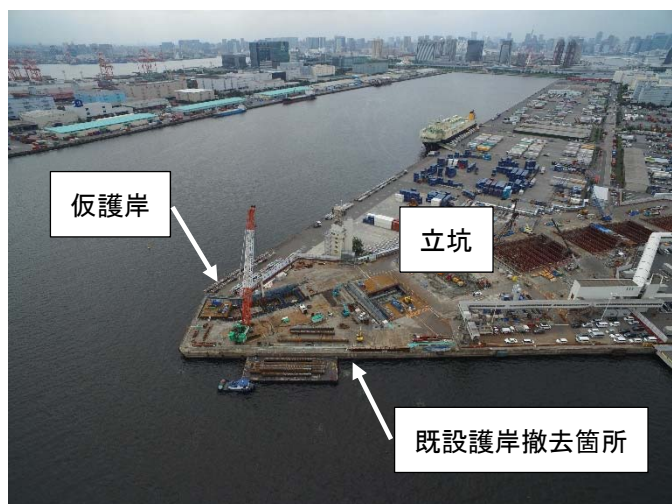


写真-9 仮護岸構築状況

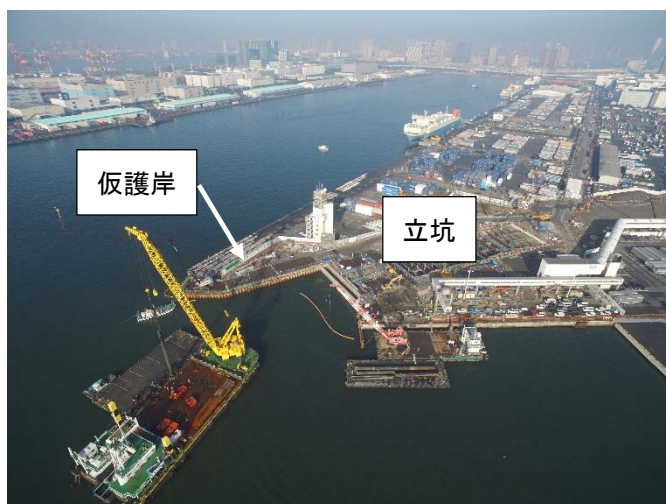


写真-10 既設護岸鋼管矢板撤去状況（300t 吊起重機船）

(1) 仮護岸工（鋼管矢板井筒）

仮護岸工である鋼管矢板井筒（ $\phi 1200 \times 46.5\text{m}$ ）133本を3か月（当初計画6カ月）で施工するため、次の工程短縮案を採用した。

鋼管矢板の打設方法は、当初計画のウォータージェット併用電動式バイプロハンマ工法から油圧式バイプロハンマ（PTC100HD）と油圧ハンマ（IHC・S-200）を使用した打設方法に変更した。打設には、200tCCと500tCCの2台の大型クローラークレーンを使用した。（写真-11～14 参照）

工程短縮を図るため、鋼管矢板の継手個所を当初計画の2か所から1か所へ変更。鋼管矢板の継手を溶接継手から機械式継手（ラクニカンジョイント）へ変更した。（写真-12 参照）継手の減少に伴い、分割する鋼管矢板長さが20m以上となるため、搬入方法を陸上運搬から海上運搬へ変更した。



写真-11 鋼管矢板打設状況



写真-12 鋼管矢板機械式継手（ラクニカンジョイント）



写真-13 下杭打設（油圧式パイプロハンマ）



写真-14 上杭打設（油圧ハンマ）

（2）既設護岸撤去（上部エコンクリート撤去、鋼管矢板引き抜き）

既設護岸の鋼管矢板（ $\phi 1200 \times 29\text{m}$ ）は、打設後40年以上経過しているため、腐食が進行している可能性及び引き抜けない可能性がある。パイプロハンマのチャックにより杭頭が損傷しないように、4チャック仕様の油圧パイプロハンマ（PTC175HDK）により鋼管矢板の引抜を実施した。（写真-15～16 参照）



写真-15 既設鋼管矢板引抜工状況（300t 吊起重機船）

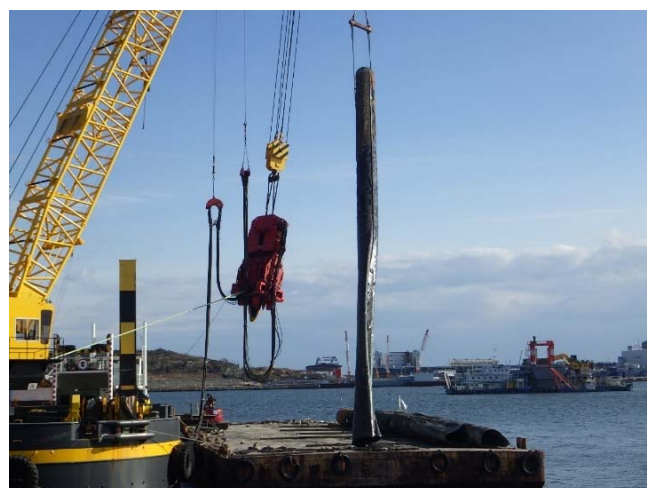


写真-16 既設鋼管矢板引抜状況

5. 沈埋函（7号函）製作・沈設

（1）沈埋函（7号函）製作

今回の沈埋函は、ハイブリッド構造（鋼殻-高流動コンクリート）であり、鋼殻の大組立を三井造船㈱千葉事業所 3 号ドックにて行った。（写真-17 参照）鋼殻製作完了後、沈埋函を引き出し、京葉食品埠頭にて高流動コンクリートを充填した。（写真-18 参照）沈埋函の製作精度が沈埋函の据付の精度を左右するため、鋼殻大組立時の出来形管理として製作会社での計測、JV での計測を実施し誤差の解消を図った。また、高流動コンクリート打設時沈埋函の変形を抑制するため打設順序を検討し、実際の打設時、沈埋函の変挙動を管理した。7 号函は他函と異なり、トンネル軸方向で断面変化がある沈埋函であり、曲線函（R=800m）、内蔵継手、キーエレメント対応等製作技術が必要となる沈埋函であった。（図-4 参照）

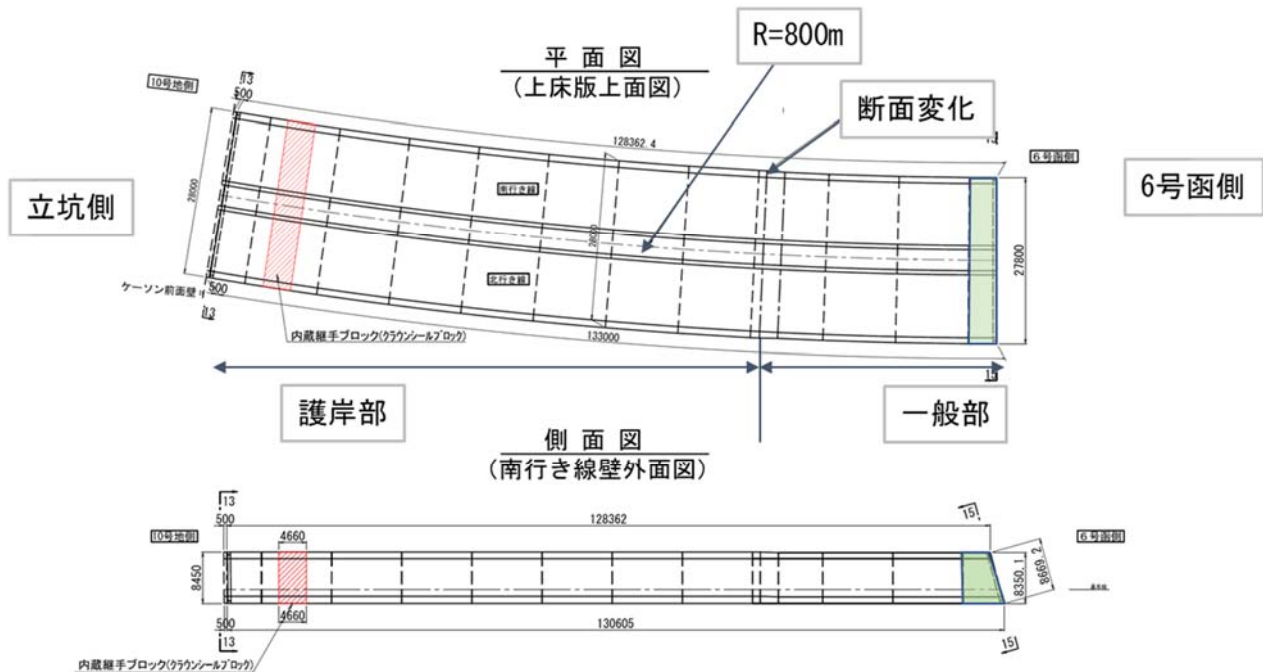


図-4 沈埋函（7号函）平面図及び断面図

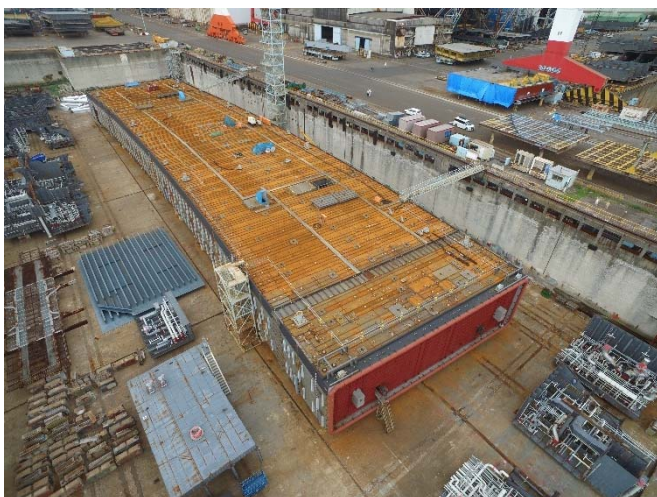


写真-17 沈埋函鋼殻製作状況（三井造船㈱）



写真-18 高流動コンクリート打設（京葉食品）

（2）沈埋函（7号函）沈設

沈埋函の沈設方法は、タワーポンツーン方式を採用した。（図-5 参照）沈埋函誘導システムの精度向上を目的に、沈埋函に測量塔を設置し、特に 7 号函の 6 号函側端部の誘導の精度を向上させた。（写真-19～22 参照）

沈埋函の立坑側の誘導システムには端面探査装置を使用して、沈埋函着底時の 7 号函と立坑側と離隔を常

時計測し、沈埋函の設置位置精度を管理した。（写真-23～24 参照）

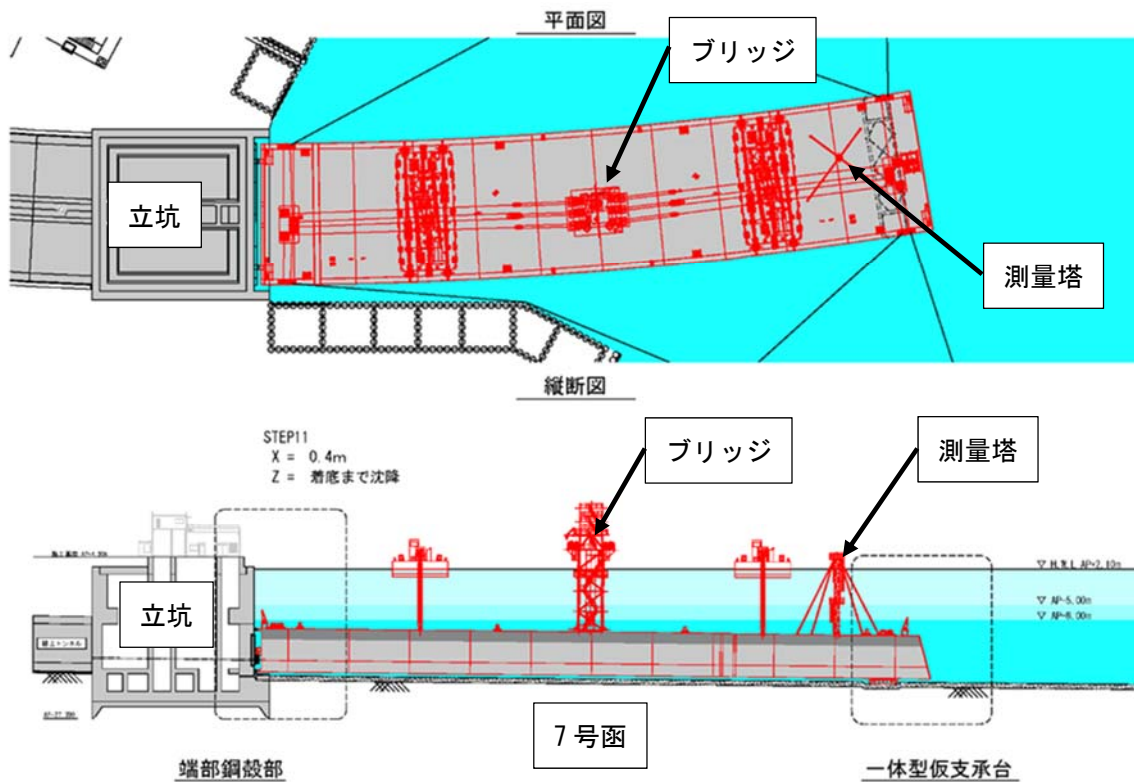


図-5 沈埋函（7号函）沈設図



写真-19 沈埋函（7号函）沈設状況

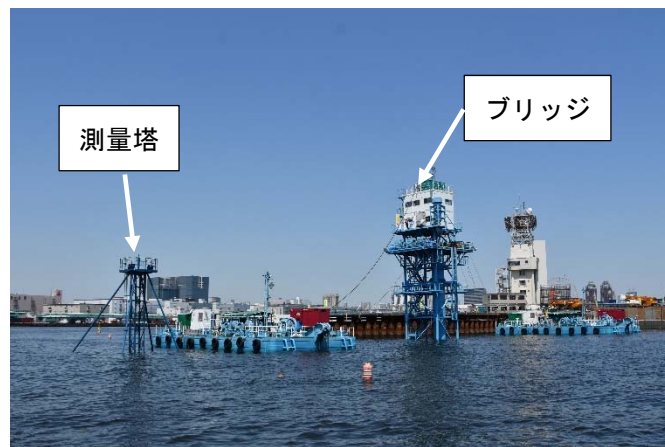


写真-20 沈埋函（7号函）沈設状況

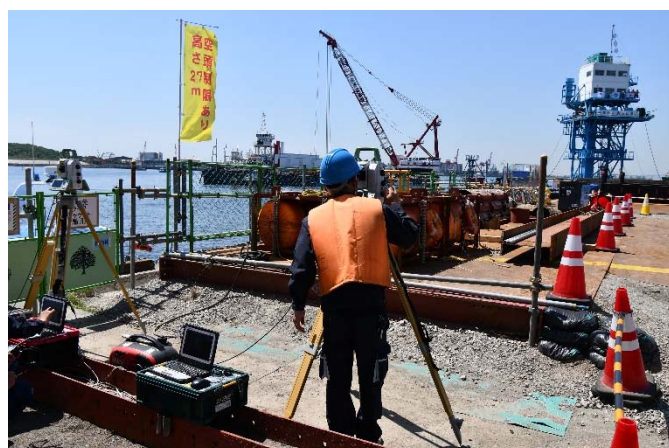


写真-21 沈埋函誘導システム（陸上側）



写真-22 沈埋函誘導システム（ブリッジ）

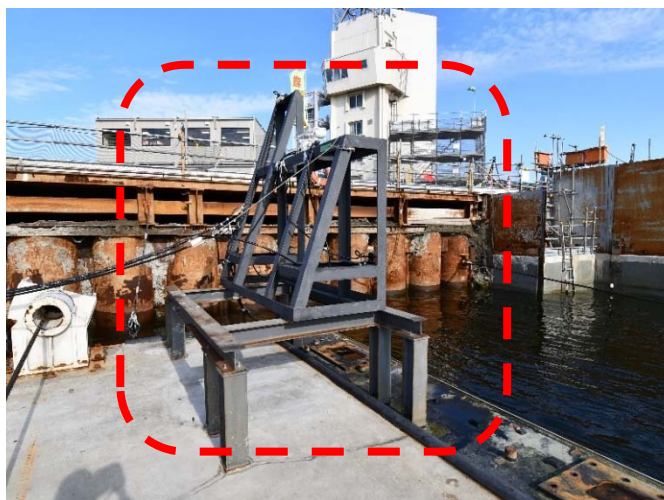


写真-23 端面探査装置（7号函前面）



写真-24 端面探査装置誘導システム（ブリッジ）

水圧接合完了後、7号函の沈設精度は6号函側端部で沈埋函中心の法線からのずれは西に9mmという高い精度で設置でき、沈埋函のトンネル軸方向の方向修正を回避し、1週間の工程を短縮することができた。（写真-25～28 参照）

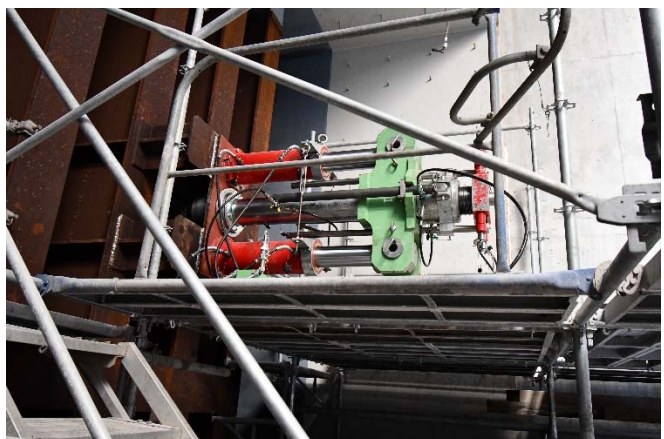


写真-25 沈埋函引寄せ用連結ジャッキ

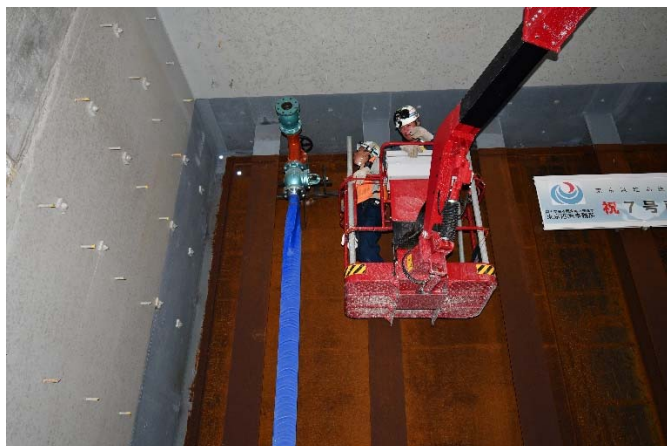


写真-26 水圧接合状況（一次排水）



写真-27 沈埋函沈設完了（現地）



写真-28 沈埋函（7号函）沈設完了

6. おわりに

令和元年5月23日7号函の沈設が完了し、最終函である6号函へ引き渡しを行うことが出来た。沈埋トンネルの構築、設備、舗装工を実施し、令和2年6月20日「東京港海の森トンネル」として供用を開始した。厳しい工期であったが、工程短縮案、施工の工夫を行い、工程の遵守、全工期無事故無災害で工事を完了することができた。