

Tokyo Doboku Frontline

令和5年度 東京港中央防波堤外側地区岸壁 (-16m) (耐震) 築造工事

高島 直己 (五洋建設株式会社：文筆)

1 はじめに

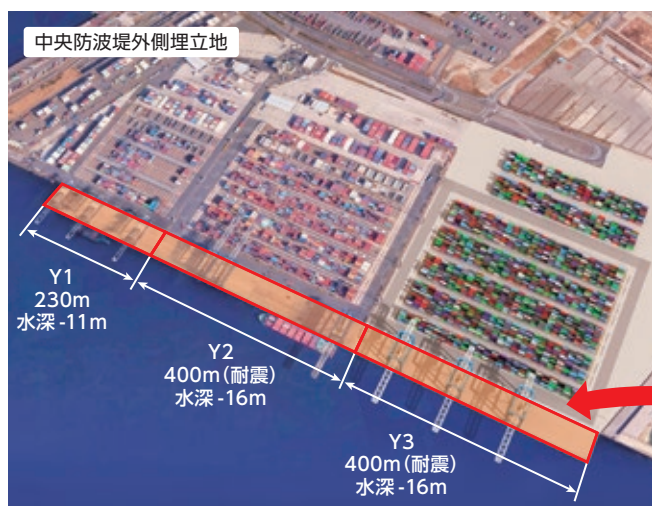
国際コンテナ戦略港湾である京浜港の一翼を担う東京港は、1941年の開港以来、我が国の経済成長とともに発展を遂げた日本屈指の交際貿易港であり、北米、欧州、オセアニア、東南アジア、中国など数多くの港と定期航路が結ばれています。1960年代後半から急速に広まったコンテナリゼーションによるグローバル化に対応し、1998年以降、全国1位の外国貿易取扱量を誇っています。近年、東京港のコンテナ貨物取扱量は堅調に増加し、既存のコンテナターミナル(品川・大井・青海・Y1・Y2)では、想定された貨物取扱能力を超過している状況であり、コンテナターミナルの能力不足の解消、船各社スケールメリット追求のため、16mの岸壁水深を必要とする8000TEU級以上のコンテナ船割合増加への対応が必要とされています。そのため、Y3コンテナターミナルを整備することで貨物取扱量増加に対応し、南北線等周辺道路の交通混緩和による道路ネットワークの強化、大規模地震時における幹線貨物輸送機能の確保が求められています。

本事業は、物流を円滑にすることで、効率的な港湾サービスを提供し、国際戦略港湾としての国際競争力強化を目指すとともに、首都東京の経済活動を支える事業です。【図-1】

2 工事概要

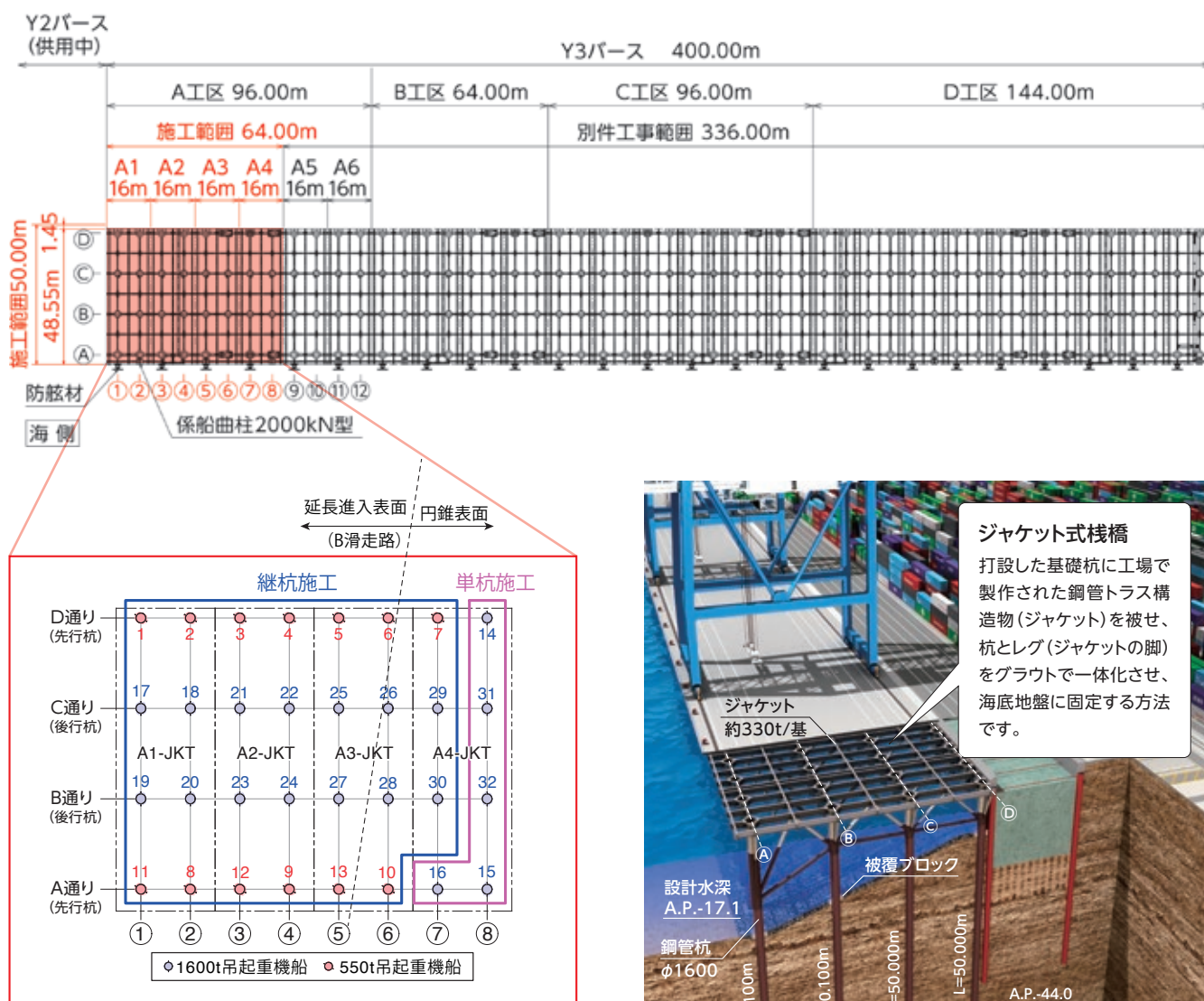
現在、平成29年に供用開始したY1コンテナターミナルに続き、水深-16m、延長400mの大水深耐震強化岸壁を有するY2コンテナターミナルが令和2年3月に供用開始しています。引き続きY3コンテナターミナルの整備を進めています。

Y3コンテナターミナルは、水深-16m、延長400mのジャケット式栈橋で構成された耐震強化岸壁をA～D工区に分けて整備を行います。ジャケットを計25基設置する計画としており、本工事では、延長400m岸壁の64m区間(ジャケット4基、鋼管杭32本打設)を施工します。現場施工上の制約条件として、施工範囲の大部分が東京国際空港B滑走路の延長進入表面(航空機の離着陸時の安全を確保するために、障害物がない状態にしておく必要のある空間)に位置し、高さ制限があります。これにより、延長進入表面に影響する範囲の鋼管杭打設は継杭施工(現場で下杭と上杭を現場溶接)、影響を受けない円錐表面直下の杭は単杭施工(1本杭打設)を行い、ジャケット据付時にも延長進入表面に抵触しないよう施工を行う必要があります。また、令和2年3月に供用を開始したY2コンテナターミナルを使用するコンテナ船等の妨げになることのないよう海上作業時間の制約や施工エリアにいる作業船がコンテナ船入出港時に妨げとなる場合は、



【図-1】 国際海上コンテナターミナル整備事業位置図

影響しないエリアに退避等の対応も必要とされます。夜間停泊についても退避場所への移動、開始時も退避場所から作業場所への移動が生じ、稼働時間が少ない中での作業の効率化が求められます。【図-2】

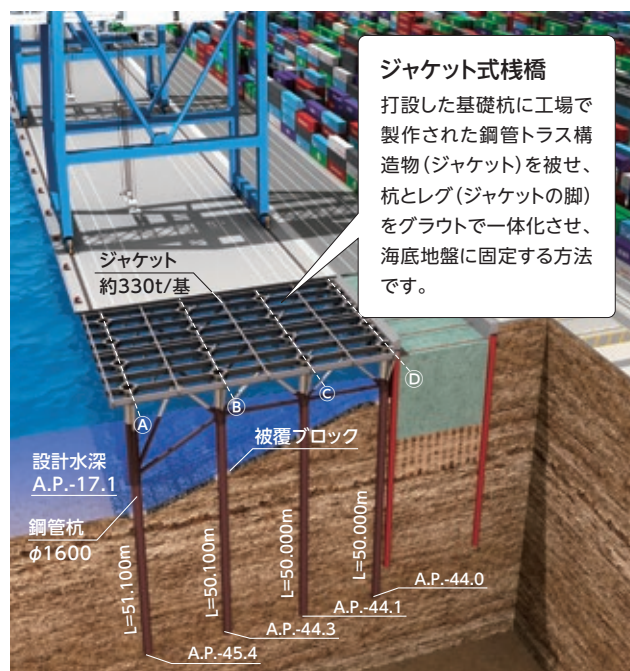


【図-2】 施工位置図

3 工法の概要

ジャケット式栈橋とは打設した基礎杭に工場で製作された鋼管トラス構造物(ジャケット)を被せ、杭とレグ(ジャケットの脚)をグラウトで一体化させ、海底地盤に固定する方法です。ジャケットは、立体トラス構造であるため、水平剛性が大きく、大水深・軟弱地盤に有利であり、現地急速施工に適しているといった特徴があります。ジャケット式栈橋の特徴は、耐震性に優れるため軟弱地盤に適用できるほか、ジャケット部材を陸上で製作するため、海上工事の工期短縮が期待できることが挙げられます。【図-3】

施工順序は、先行杭(A,D通り)継杭打設【550t吊起重機船】→先行杭(A,D通り)単杭打設【1600t吊起重機船】→ジャケット据付【1600t吊起重機船】→後行杭(B,C



【図-3】 ジャケット式栈橋構造図

通り)継杭・単杭打設【1600t吊起重機船】→ジャケット一体化【クローラークレーン200t吊】で行います。【図-4】

3-1 先行杭(A,D通り)打設

ジャケット据付に先立ち、すべての鋼管杭を打設するとジャケット据付作業が困難となるため、D通り(護岸側)とA通り(沖側)の2列を先行して打設します。導材の設置・盛替えを行いながら550t吊起重機船で継杭施工、1600t吊起重機船で単杭施工を行います。鋼管杭打設はパイプロハンマで基盤層到達後、油圧ハンマーに切り替えて打ち止めまで打設します。



【図-4】 施工順序図

3-2 ジャケット据付

三重県津の工場で製作したジャケットを台船に固縛(仮脚でジャケットを水平に保ち、溶接固定)し、現場まで海上運搬します。海上運搬完了後、1600t吊起重機船でジャケットの据付を行います。

3-3 後行杭(B,C通り)打設

ジャケット据付後、1600t吊起重機船で、B,C通りの継杭施工、単杭施工を行います。

鋼管杭打設はパイプロハンマで基盤層到達後、油圧ハンマーに切り替えて打ち止めまで打設します。

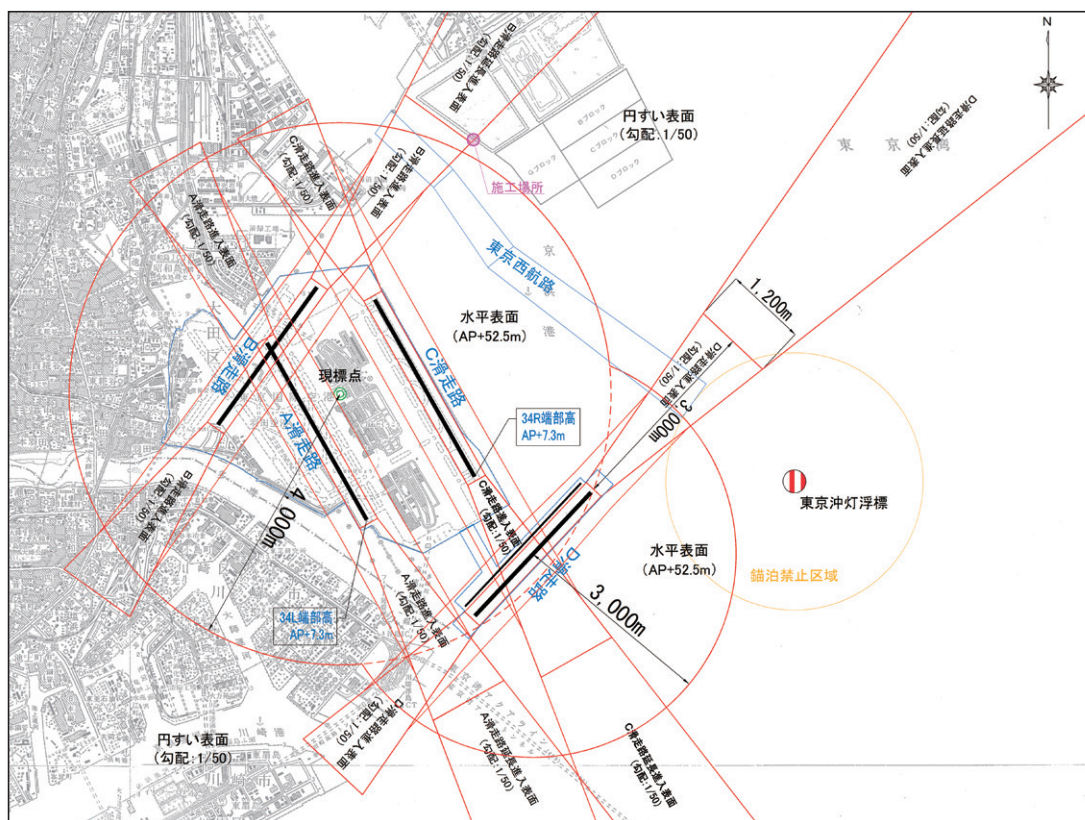
3-4 ジャケット一体化

後行杭打設完了後、レグと鋼管杭の空隙をグラウト材で注入を行うグラウト注入、ジャケット間上部桁を継手鋼材で接合し、ジャケット同士を連結します。また、関連工事によって被覆石が鋼管杭の打設に支障とならないようスペース確保のために設置した被覆ブロック(方塊穴あきブロック)と鋼管杭の間に水中コンクリートを打設し、地盤と一体化します。

4 設計施工上の課題と対策

Y2コンテナターミナルとの設計比較

Y3の設計図書では、Y2岸壁の施工経験を踏まえて、鋼管杭打設の施工効率を向上させるため、「斜杭」から「直杭」に変更されています。また、新たな設定地震動を用いて構造解析、鋼管杭の耐力評価方法改訂に伴い、ジャケットサイズの変更による基数増加、レグやブレース等部材の仕様変更、鋼管杭の杭長・材質・肉厚を増して強化されています。これにより、Y2施工時に鋼管杭の継杭を行う方法として採用された機械式継手は、施工に適さないことから本工事では現場溶接継手が採用されています。また、杭重量が重くなったことから、先行杭(A、D通り)打設では、リーダー装備(パイルキーパー設置)の杭打ち船の定格荷重が要因で施工が不可能となったので、導材を設置したフライング打設による方法が必要となりました。現場継手溶接、導材の設置手間によって現場施工上の制約条件に加えて更なる工期短縮が求められました。



【図-5】羽田空港制限表面図

施工上の課題と対策

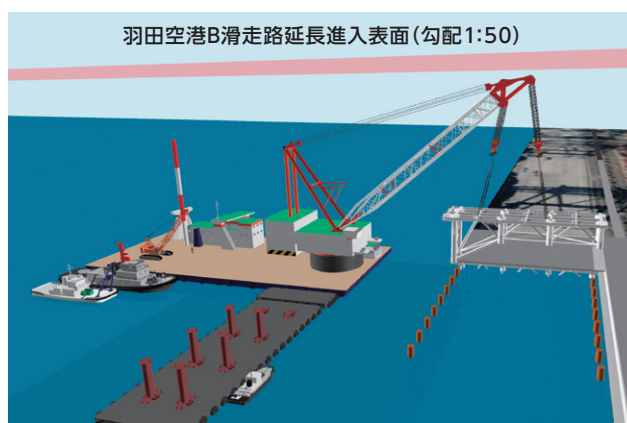
● 航空法に基づく航空制限

鋼管杭打設、ジャケット据付時には、施工箇所の一部が羽田空港B滑走路の延長進入表面下(勾配(1:50))となるため、クレーン旋回位置によって変化する制限高さをブーム角度で管理することは困難となります。また、延長進入表面下は、継杭施工、円錐表面下では単杭施工となっているため、単杭施工時の延長進入表面への進入防止対策も必要となります。【図-5】

そこで、事前にブーム高さが抵触しない作業船配置を検討し、施工時は、ブームトップの位置と高さを管理し、設定した高さに抵触した際は警告灯とブザーでオペレーターに警告することで延長進入表面への抵触を未然に防ぐことができます。【図-6】

● 工程短縮

隣接しているY2バースは供用しており、コンテナ船の入出港時に作業船は作業場所からの退避が必要となります。また、Y3関連他工事と作業エリアが隣接しており、輻輳が生じることにより、工程遅延が想定されました。そこで、先行杭の打設進捗を上げるためにA列は一般的な導杭・導材で行いますが、既設護岸に近いD列は導杭を使用せずに、既設護岸上に導材を設置して導杭打設



【図-6】延長進入表面の抵触防止

の手間を削減しました。また、導材を2セット製作・設置し、導材盛替え手間の削減および陸上にクローラー・クレーンを配置し、海上と陸上から同時にクレーン作業を行うことで、限られた稼働時間を有効利用し、工程短縮する計画としました。【図-7、図-8】

工程のロスが生じないように工事安全連絡協議会を週1回開催し、関係各所との調整を行い、円滑に工事を進めています。また、関係各所との事前協議・調整の際には施工ステップ動画や工事概要パネル等(4Dシミュレーション)を活用し、可視化によるイメージ共有を容易に行う方法を採用しました。

Tokyo Doboku Frontline

令和5年度 東京港中央防波堤外側地区岸壁(-16m) (耐震) 築造工事



【図-7】先行杭(D通り)打設状況

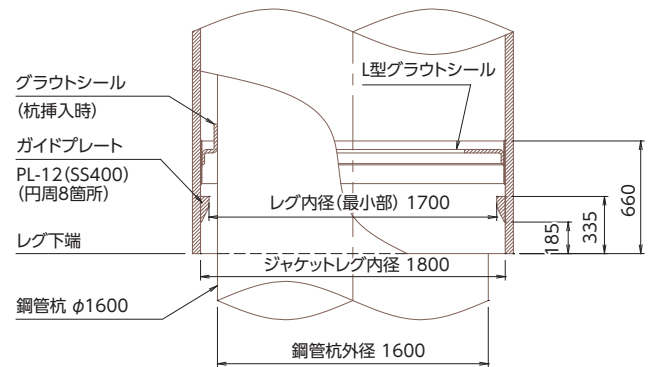


【図-8】先行杭(A通り)打設状況

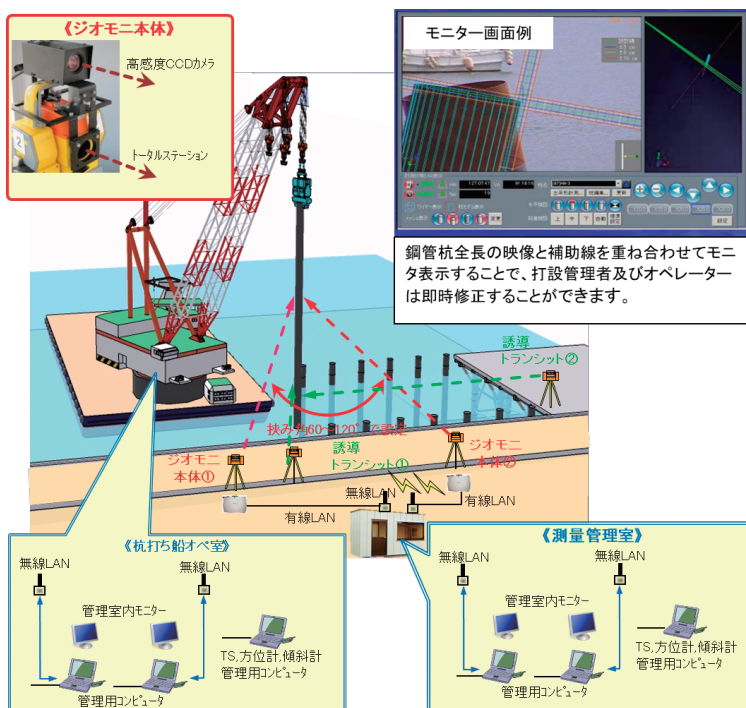
● 先行杭打設精度

ジャケットレグ内径($\phi 1800$)が付属物の影響により $\phi 1700$ となるため、 $\phi 1600$ の鋼管杭打設精度は $\pm 5\text{cm}$ 以下の管理が必要となります(通常の管理値は杭頭中心位置 $\pm 10\text{cm}$ 以下)。そのため、ジャケットレグと杭の嵌合不良やジャケット据付精度の低下等が懸念され、先行杭の打設は高精度で行う必要があります。そこで、光波測距儀による二方向からの誘導に加えて、カメラ映像により杭の法線誘導管理を行い、クレーンオペレーターは①システムモニタ確認と②トランシットによる2方向からの誘導を基にブーム位置を調整しながら、先行杭打設を行っています。また、現場条件を考慮した導材を設置することで更なる精度向上の方法を実施しました。これにより、ジャケット4基を支障なく据付することが出来ました。

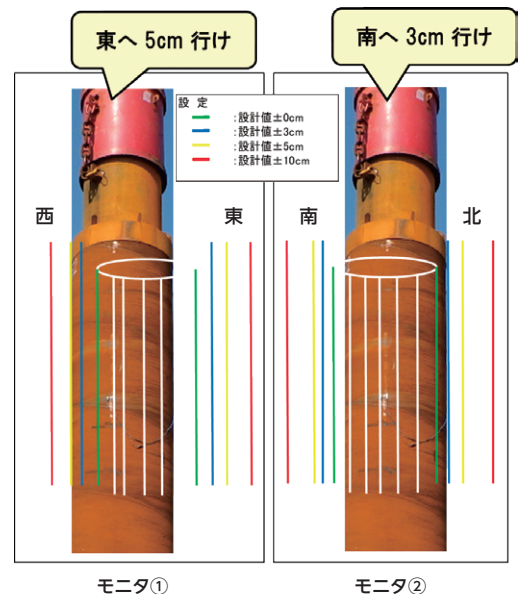
【図-9、図-10】



【図-9】鋼管杭・ジャケットレグ詳細図



【図-10】鋼管杭誘導概念図



オペレーターはカメラ映像内に投影された鋼管杭の設計鉛直ライン、 $\pm 25\text{mm}$ 、 $\pm 50\text{mm}$ の各ラインを見ながら、位置ズレや傾斜をリアルタイムに定量把握し、早期にズレを修正します。

● ジャケット据付の出来形確保

ジャケットの据付は先行杭打設とジャケット製作の出来形の影響を受けるため、製作出来形を基にした3Dモデルを作成し、ジャケット据付位置を事前に決定しました。据付時は自動追尾式トータルステーションで計測したジャケット位置を打設済みの鋼管杭と共に重畳表示し、据付までの位置関係を確認しながら作業を行いました。これにより最適な計画の立案と誘導を行うことでジャケット据付の出来形を確保しました。【図-11、図-12】



【図-11】ジャケット据付状況

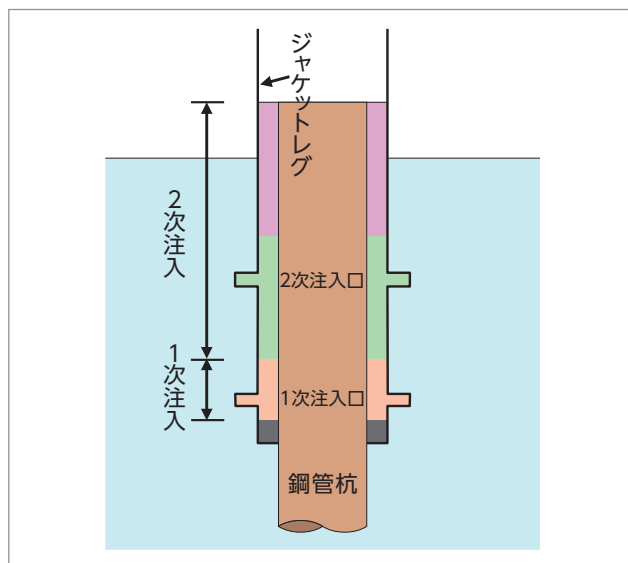


【図-12】ジャケット4基据付完了

● レグと鋼管杭を確実に一体化させる方法

ジャケット式栈橋は、鋼管杭とレグの間をグラウトで確実に固定して一体的な構造物とすることで、ジャケットに作用する荷重を鋼管杭へ伝達します。そのため、耐震強化岸壁の性能を確保するには、グラウト注入の確実な施工によるジャケット構造の品質管理が重要となります。グラウト注入は2回に分けて行い、1次グラウトは2次グラウト注入時におけるキャッピング機能を有します。ジャケット構造の品質を確保するためには、1次グラウトの所

定注入高さとし、所定強度の確保が重要なため、グラウトの漏出を防止するため、パッキンのずれがないか潜水土による点検を事前に行いました。1次グラウト注入は、1次注入口にホースを接続して行い、排水口からグラウトが出てくることで、充填完了を確認しました。2次注入は、2次注入口からグラウトを注入し、注入量とグラウトの上昇状況を確認することで、確実に充填しました。【図-13】



【図-13】グラウト注入概要図

5 おわりに

本工事は、令和7年3月から現場施工着手しており、現在ジャケット4基の据付が完了し、今後、後行杭打設、ジャケット一体化作業を進めていきます。引き続き隣接するY2ターミナルを運用しながら、Y3関連工事（陸上・海上他工事）との輻輳がないよう関係各所と調整が必須です。引き続き、海象・気象条件、一般航行船舶に留意して安全に作業を進めていく必要があります。

建設就業者数が減少し、生産性向上が求められている建設業の実態を踏まえて、本工事で実施した施工の効率化、品質確保方策の効果の検証、改善策を検討し、今後の海上工事の生産性向上に繋げていきたいと考えております。

国土交通省の指導の下、工事関係者間の密な連絡調整、周辺環境や安全への配慮、工程を円滑に進めるための工夫や努力が成果を上げ、工事は順調に進捗しています。今後も様々な制約条件のある厳しい現場環境ではありますが、後続工事のモデルとなるよう無事故かつ品質のよい構造物を納めるために取り組んでまいります。

7月30日に起きたカムチャツカ半島沖地震の影響により、本工事の現場見学会は中止となりました。