

ジャケット式栈橋の施工にかかる課題への対応 ～国際海上コンテナターミナル整備事業（岸壁Y3）～

高橋 修磨¹・工藤 博幸

¹関東地方整備局 東京港湾事務所 保全課 (〒136-0082 東京都江東区新木場1-6-25)

東京港中央防波堤外側地区では、大型化するコンテナ船及び大規模地震時における物流機能の確保に対応するため、新たに岸壁Y3においてジャケット式栈橋の整備を進めている。

本稿では、2025年6月から7月にかけて実施されたジャケット4基の据付作業について、施工課題と対応をまとめたものである。航空法による東京国際空港の高さ制限への抵触の回避や、隣接する岸壁Y2における船舶の離着岸を妨げないこと、ならびに近接工事との輻輳といった厳しい制約下において実施した、高精度なジャケット製作および据付、鋼管杭打設の出来形管理等、安全性に配慮した施工について報告する。

キーワード ジャケット式栈橋, 施工制約, 出来形管理

1. はじめに

東京港は、1998年以降、全国1位の外国貿易コンテナ取扱個数を誇る国際戦略港湾である。現在進められている中央防波堤外側地区国際海上コンテナターミナルの整備は、外国貿易コンテナ貨物需要の増加とコンテナ船の大型化への対応を目的とした重要なインフラ整備事業である。既に供用している岸壁Y2に続けて、岸壁Y3の整備を進めており、これらの岸壁ではジャケット式栈橋という構造形式を採用している。岸壁位置図を図-1に示す。

岸壁Y3の整備区域においては、図-2に示すように航空法により東京国際空港にかかる高さ制限が設けられており、施工にあたってはその制限に抵触しないよう配慮が必要である。また、図-3に示すように隣接する岸壁Y2へのコンテナ船の離着岸の妨げにならないよう、施工位置や施工時間への配慮も必要である。加えて、岸壁の基礎築造工事や既設護岸の撤去工事などの近接工事との輻輳も生じている。そのため、岸壁Y3の整備

においては、これらの課題に対応するために緻密な施工計画や近接工事との施工調整が不可欠であった。さらに、大規模構造物であるジャケットの据付においては、鋼管杭の打設精度の確保や据付時には片側10cm以内ではめ合わせる高精度な施工管理が求められる。

本稿では、岸壁Y3のジャケット式栈橋の施工における様々な課題への対応について報告する。



図-1 岸壁Y3整備位置



図-2 東京国際空港高さ制限

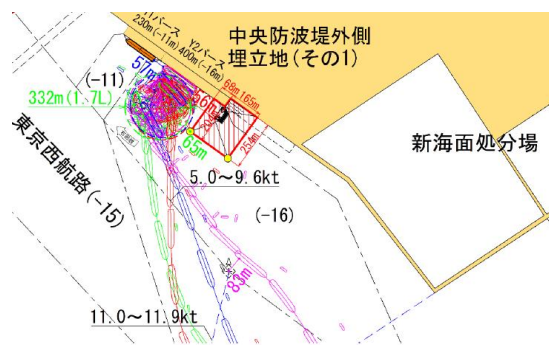


図-3 Y2バース離岸出港操船シミュレーション

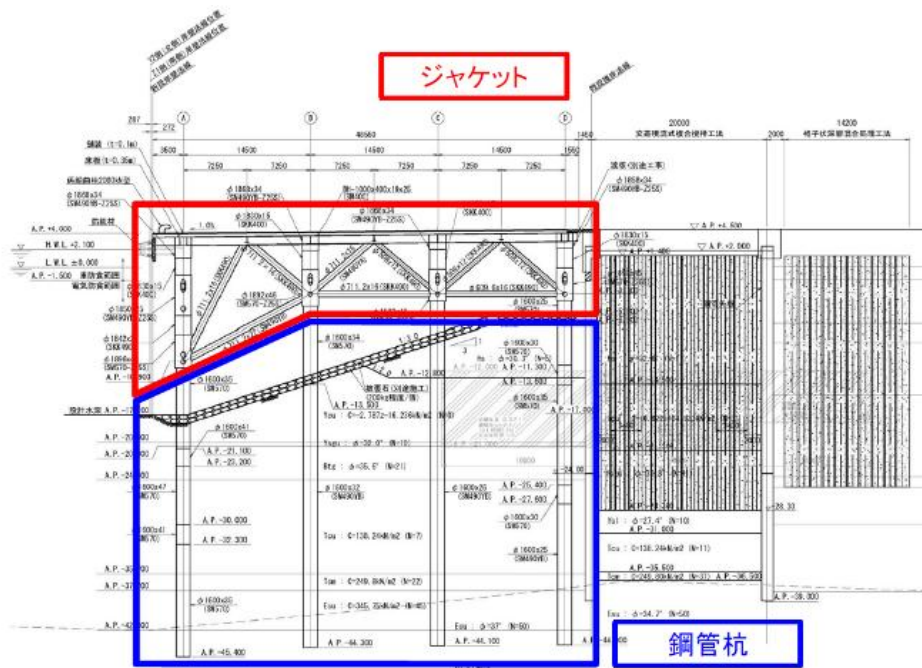


図-4 標準断面

2. ジャケット式栈橋の概要

(1) ジャケットの据付方法

ジャケット式栈橋のジャケットとは、鋼製の大型基礎構造物であり、鋼管で組み立てた脚（レグ）とブレース材（斜材）で構成されたトラス構造体で、製作は工場で行っている。ちなみに、ジャケットの名称の由来は、鋼管杭に鋼構造を羽織らせるという例えである。ジャケット1基当たりの規格は、幅約15m、長さ約50m、高さ約15mで、重量は約330トンに達する。ジャケットを支持する杭は長さ50～51m程度で、AP-45.4mまで打設する。ジャケット式栈橋の全体構造を図-4に示す。ジャケットは、計8本の鋼管杭により支持されるが、あらかじめ打設した4本の鋼管杭（先行杭）にジャケットをはめ込み、その後さらに4本の鋼管杭（後行杭）を打設し、鋼管杭とレグ間をグラウト充填により一体化させて、ジャケット式栈橋が構築される。工程を図-5から図-7に示す。ジャケット式栈橋の構築においては、ジャケットを高精度に製作すること、また、鋼管杭の高精度な打設が必須であることはもちろんのこと、1,600tの吊能力を有する大型の旋回式起重機船を用いたジャケット据付において繊細かつ慎重な作業が求められる。なお、今回の工事では、32本の鋼管杭打設と4基のジャケットの据付を実施している。

(2) ジャケット製作を高精度で行うための配慮

ジャケット製作は、三重県津市にあるJFEエンジニア

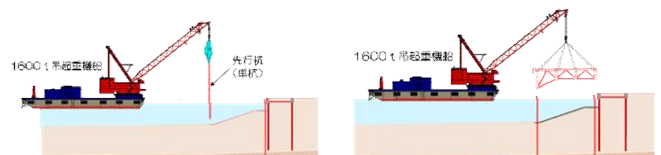


図-5 先行杭打設

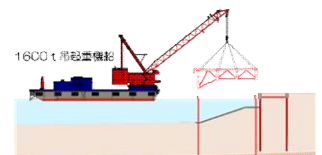


図-6 ジャケット据付

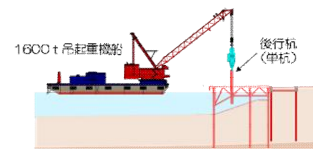


図-7 後行杭打設

リングの工場で行った。1基当たりの製作期間は約10ヶ月となる。製作手順は大きく分けて5工程であり、製作の工程を図-8、図-9に示す。

ジャケットを鋼管杭に確実に据付けるためには、ジャケットを高精度で製作することが大変重要となる。このための工夫として、材料の切断に自動切断機を用い、溶接を行う開先加工製作においては、ガス切断・グラインダー及び切削機械を用いた成形を行い、その製作管理値を±1.5mm以内とした。

また、加工した部材の組み立てや、その後のパネル平面組立（ジャケット1基を4分割にした状態になるように組立てる作業）は、主に半自動溶接で行われるが、一部に自動溶接を採用することにより、製作精度の確保と作業効率の向上を図った。

このパネルを組み合わせ、ジャケット半分の大きさの立体ブロックとして組み立て、最後に2つの立体ブ

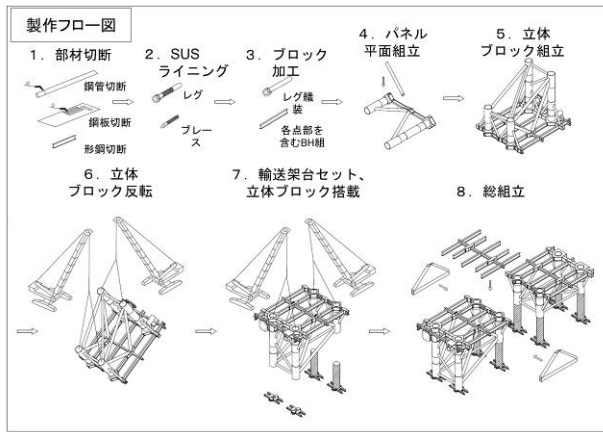


図-8 ジャケット製作手順(1)

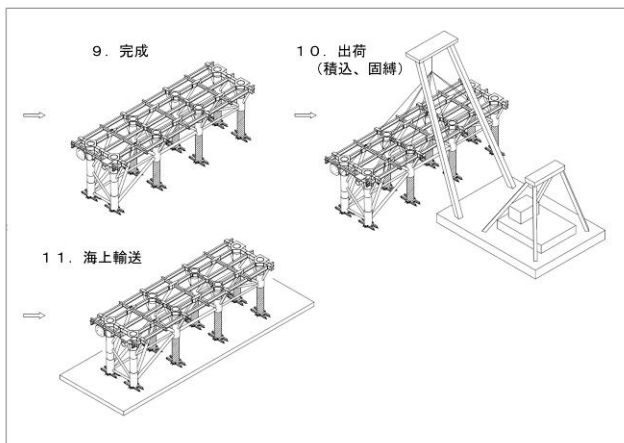


図-9 ジャケット製作手順(2)



図-10 ジャケット完成



図-11 ジャケット東京港入港

ックを合体させる大組立を行い、ジャケットが完成する。

なお、部材組立、パネル平面組立、立体組立、大組立の各工程において、出来形の計測を行った結果で3Dの組立シミュレーションを行い、組立誤差を次の工程に反映して、誤差の低減を図った。

完成したジャケットを図-10に示す。完成したジャケットは東京港まで安全に海上運搬するため、有義波高や波周期、風速、突風率及び輸送速度を計算し、台船へ輸送固縛を行った。東京港までは3日かけて輸送した。東京港へのジャケットの入港状況を図-11に示す。

3. 施工にかかる課題への対応

(1) 高さ制限への対応

1つ目の制約として、航空法により規定された、東京国際空港を利用する航空機を安全に離着陸させるための高さ制限がある。

今回の施工範囲における高さ制限を図-12に示す。施工箇所は東京国際空港B滑走路の延長進入表面や円錐表面に該当する。そのため、延長進入表面下はT.P.+69.50mから73.38m、円錐表面下はT.P.+102.4mを超過しないよう、鋼管杭打設及びジャケット据付に使用する1,600t吊起重機船のクレーンブームの位置や角度に細心の注意が必要となった。その対応として、作業中に高さ制限に抵触しないようクレーンブームトップにセンサーを取付け、定められた警戒範囲に近づくと警告音と警告灯によりオペレーターへ警告を行う装置を用いた。また、延長進入表面下における鋼管杭の打設は、鋼管杭長を2分割し、下杭の打設後に上杭を溶接する継杭構造とすることで対応した。なお、延長進入表面における継杭構造は、今回の施工範囲で32本中27本、継杭を必要としない円錐表面下での単杭は5本だけであった。継杭では単杭に比べ、打設に2~3倍の時間を要したが、高さ制限に抵触せずに無事に打設を行えることができた。

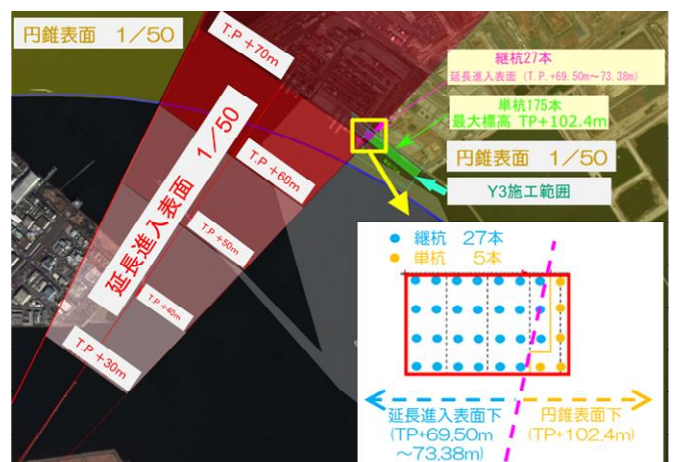


図-12 施工範囲における高さ制限

(2) 岸壁Y2へのコンテナ船の離着岸への対応

2つ目の制約として、隣接する岸壁Y2におけるコンテナ船の離着岸への対応がある。供用中である岸壁Y2には、ほぼ毎日コンテナ船が離着岸している。そのため、作業前日に岸壁利用者にコンテナ船の離着岸する時間を確認し、本工事の作業時間を調整する必要があった。

岸壁Y2に離着岸するコンテナ船の長さが200m以上、またはコンテナ船と作業船の離隔が100m以下、または夜間作業のいずれかの条件に合致する場合は、本工事の作業船は作業を行わずに指定場所に退避することが原則となっている。そのため、作業船を用いた海上作業については約6時間の施工時間を標準としていたが、コンテナ船離着岸の制約により、平均すると約3.5時間の作業時間となった。しかし、日々の工程管理や岸壁利用者との綿密な調整に努め、効率的に施工を進めることができた。また、全く施工できなかった日もあったが、その際には休日への作業日の振替も行った。このような施工への制約を想定して、当初から余裕工期を長めに設定していたことも幸いしたが、厳しい制約の中で大きく遅れることも無く作業を実施し、適切に工程管理を行うことができた。

(3) 近接工事との調整

3つ目の制約は、近接工事との調整である。本工事では、港湾管理者が実施する岸壁本体構造の基礎部分の床掘や基礎マウンド築造などの海上工事と輻輳が生じた。具体的には、1) 床掘工事の浚渫船と本工事の起重機船の相互配置や、2) 基礎マウンド築造における潜水作業と本工事での鋼管杭打設の近接に対する安全の確保について、調整が必要となった。1)について、1,600t吊起重機船と浚渫船の作業が競合した場合、当初は横向きで配置する予定だった起重機船を縦向きの配置に変更して互いの離隔を確保したり、1,600t吊起重機船の日々の移動の際には浚渫船を大回りして避けながら、通常は1.5時間の移動を2時間を要して移動したりすることで安全を確保した。また、2)については、高さ制限や岸壁Y2へのコンテナ船の離着岸の制約がある鋼管杭の打設の工程を優先することとし、潜水作業は鋼管杭打設を行わない日時に実施するなど、相互の調整や協力により、お互い支障の無いよう安全に工事を実施した。

(4) 高精度な施工管理

ジャケットの据付においては、高精度な施工管理が求められるが、大前提として先行して打設する鋼管杭の打設精度に大きく影響される。鋼管杭の打設精度については、杭頭中心位置から5cm以下、傾斜角は 0.2° 以下に設定している。この打設精度を確保するために、光波測距儀による二方向からの誘導に加え、CCD (Charge Coupled Devices) カメラ映像により鋼管杭の法線誘

導管理を採用している。鋼管杭打設を行う際は、オペレータはシステムモニタの確認とトランシットによる二方向からの誘導をもとに打設位置を調整しながら鋼管杭打設を行う。

ジャケットの据付は、前述の通り先行杭にレグをはめ込む形で行うが、ジャケット式岸壁の出来形管理としては、天端高 $\pm 2\text{cm}$ 、法線に対する出入り $\pm 5\text{cm}$ と厳しい設定であった。ここで、先行杭の径 ($\phi 1600$) とジャケットのレグとの径 ($\phi 1800$) のクリアランスは、片側10cmに設定している。このため、長さ約50mのジャケットを起重機船により据付けるためには、非常に繊細で慎重な作業を行うことが求められた。これに対応するため、鋼管杭打設出来形とジャケット製出来形を3Dで再現し、各々の誤差を考慮した据付座標を新たに設定する方法を採用した。ジャケット据付時は、ジャケット位置を常時追跡しながら打設済みの鋼管杭とともにシステムを画面に表示し、オペレーターが据付座標との位置関係を逐次確認しながら据付を行った。起重機船による台船からのジャケット吊り上げから鋼管杭へのはめ込みまで1時間程度で完了し、4基全て順調な据付が行えた。ジャケット据付状況を図-13に示す。



図-13 ジャケット据付状況

4. おわりに

様々な制約条件の下で施工を行った本工事は、高精度な施工管理とそれを可能とする技術を用いることや港湾管理者や近接施設の利用者との調整を行うことなどで、鋼管杭打設やジャケットの据付を無事に実施することが出来た。

本工事では、様々な課題への対応が必要であったが、それらを克服するために得られた知見や経験は、今後も続く同様の工事において活かしていきたい。岸壁Y3が整備されることで、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、首都東京とその背後圏の経済活動を強く支える港になることを期待している。