

両津港で初となるジャケット式栈橋の 施工における技術的工夫について

永野 亮¹・後藤 翔矢¹・久保 慧¹

¹新潟港湾・空港整備事務所 両津港出張所（〒952-0011 新潟県佐渡市両津夷3-1 夷本町ハギタビル3階）

両津港湊地区の南埠頭4号岸壁は、本土と佐渡島を結ぶ離島航路のカーフェリーが離着岸する岸壁であるが、供用から約50年が経過し、栈橋下の鋼管杭の腐食など老朽化が顕著である。

また、佐渡島は離島であるためカーフェリーによる海上輸送が極めて重要であり、大規模地震後も生活航路の維持や幹線貨物・緊急物資の輸送機能の確保が必要であるため、令和3年度に老朽化対策と併せて災害時に支援物資の受入等でも活用できる耐震強化岸壁の整備を開始した。

本稿では、北陸地方整備局で初のジャケット式栈橋の施工において、カーフェリーの運航に影響を与えず、狭隘な施工箇所で行工を実施するために講じた技術的工夫を報告する。

キーワード ジャケット式栈橋 耐震強化岸壁 カーフェリー 両津港 離島

1. はじめに

両津港は新潟港との間にカーフェリー及びジェットフォイルが就航しており、年間約123万人(令和7年)が利用する佐渡島民の重要な人流・物流の拠点となっている。また、令和6年7月には「佐渡島の金山」が世界遺産に登録され、観光の玄関口としても重要な役割を果たしている。

このような中、湊地区にある南埠頭は供用開始から約50年が経過しており、施設の老朽化や社会情勢の変化に対応した埠頭再編が課題となっている。

そのため両津港南埠頭再編整備事業を令和3年度より実施しており、岸壁の老朽化対策と併せた耐震強化岸壁への改良及び埠頭用地の拡張を北陸地方整備局及び新潟県が一体となって進めている(図-1)。

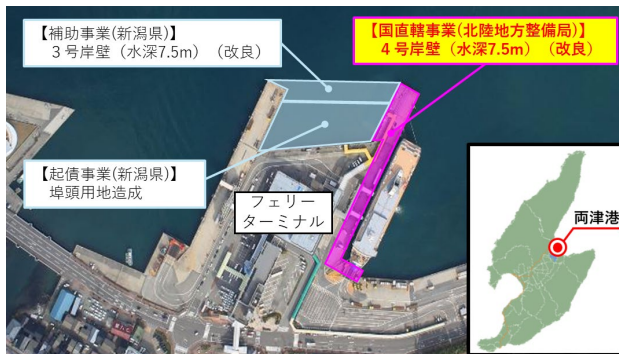


図-1 事業実施箇所

このうち北陸地方整備局が施工するのはカーフェリーが離着岸する4号岸壁(図-2)であり、老朽化(図-3)した既設のRC栈橋の撤去、ジャケット式栈橋及びケーソンの新設である。離島である佐渡島においては海上輸送がきわめて重要な輸送手段であり大規模地震後も幹線貨物や緊急物資の輸送機能を確保するため、耐震強化岸壁を整備している。

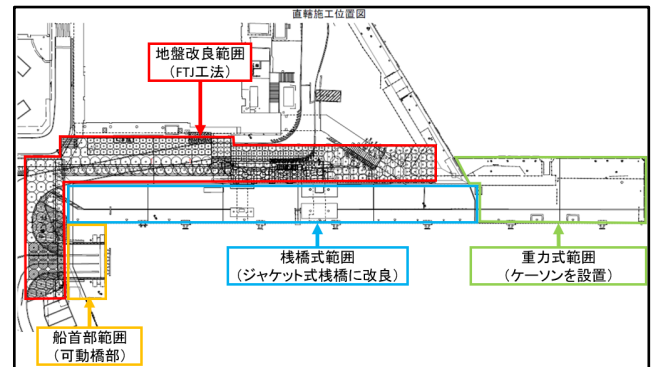


図-2 4号岸壁における国直轄工事の施工概要



図-3 老朽化(鋼管杭の腐食)の状況

2. 令和7年度における4号岸壁改良工事の概要

(1) 工事の概要

令和7年度においては岸壁本体部分の第1期工事として基部(L=46.0m)を施工した(図-4)。老朽化した既設RC栈橋の上部工及び鋼管杭を撤去したのち、新たに工場で製作したジャケット式栈橋(図-5)を設置し、付属物(防舷材・係船柱)の取付及び舗装を行い、仕上げるものである。なおジャケット式栈橋の施工は北陸地方整備局として初の事例である。



図-4 令和7年度施工箇所

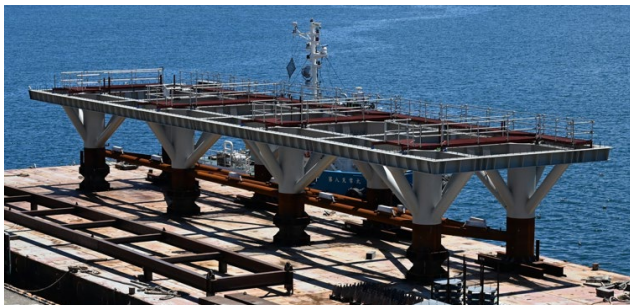


図-5 ジャケット外観 (長さ44.4m×幅11.1m、重量145.4t)

(2) 各工種の施工内容

a) 撤去工

既設岸壁の上部コンクリート及び防舷材をワイヤーソーイング工法にて取り外し、海上に落下させないようにクレーン付台船で吊り上げながら撤去した。

その後、陽極を撤去し、既設鋼管杭を海底面付近で水中切断し、被覆石・基礎石を撤去した。

b) 鋼管杭打設

既設岸壁を全て撤去後、鋼管杭の打込みを振動工法(バイブロハンマー)と打撃工法(油圧ハンマー)を併用して行った(図-6)。



図-6 鋼管杭打設

c) ジャケット据付

打設した鋼管杭に、鋼管で組み立てた立体トラス構造のジャケット(長さ44.4m×幅11.1m、重量145.4t)を、起重機船を用いて据え付けた。ジャケットは工場製作物であり、本工事では福岡県北九州市の工場で製作し、台船で両津港まで輸送した。

据付作業後、グラウトをジャケットの脚部(レグ材)と鋼管の間に注入し一体化を行った(図-7)。

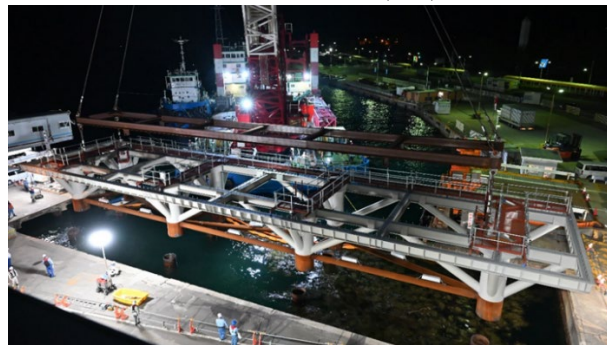


図-7 ジャケット据付

d) 上部工

上部工の施工において、ジャケット式栈橋では一般的にプレキャスト床版での施工とされており、本工事でも採用した。両津港内の野積場を作業ヤードとして製作を行い、現場にてクレーンを用いて夜間に据付作業を行った。

e) 渡版工

既設護岸とジャケットは地震時の応力が伝達しないよう縁切りを行い、スライドプレートを用いた可動継手構造としており、荷役車両や作業員が行き来できるよう、渡版を設置した。既設護岸を切断・撤去して表面整形を行い、アンカーボルトを打ち込み、ベースプレート及びスライドプレートを設置した。

f) 舗装工・付属工

舗装を行い、係留に必要な防舷材・係船柱を取付け、船舶の係留が可能な状態とした。

3. 現場条件の制約

施工箇所はカーフェリーが離着岸する岸壁であることから、工事に際して制約となる事項があり、特筆すべき事項として下記の2点があった。

(1) 狭隘な施工箇所での作業

岸壁の直背後にはフェリーターミナルの建屋があり、背後地が狭いため限られたスペースで資機材を配置し作業することとなった。特に周囲にはカーフェリーの渡船

橋(旅客乗降用)及び可動橋(車両乗降用)もあり、重機が接触しないよう留意して施工することが求められた。

また、施工箇所の近傍には航送車両用の通行路があり、一般利用者に対しての安全対策を講じる必要が生じた。



図-8 4号岸壁：施工箇所の写真

(2) 作業期間の制約

工事期間中は4号岸壁にカーフェリーが離着岸できなくなるため、代替として2号岸壁の利用となるが、冬の強風により2号岸壁も使用困難となることが増える(図-9)。よってカーフェリーの運行に影響を与えないよう、冬期は4号岸壁を確実に使用できるようにするため、工事期間を4月の既設岸壁撤去からジャケット据付・舗装工までを8ヶ月で行い、11月末までに供用させる工程とする必要が生じた。



図-9 2号岸壁位置図

4. 各工種における技術的な工夫

先述の制約により施工中以下のような諸課題が生じ、技術的な観点から対策を講じた。

(1) 栈橋本体工（ジャケット据付）：夜間での据付

a) 課題

ジャケットの設置箇所と航送車の通行路が輻輳していることから、安全性確保のためジャケットの据付作業はカーフェリーの運航時間以外での施工が求められた。そのため夜間に起重機船を用いて据付作業を行うこととな

るが、先述の通り渡船橋等の構造物があることから、クレーン作業において接触等の事故を引き起こさぬよう安全対策が必要となった。

b) 対応策

施工に先立ちBIM/CIMを活用してシミュレーションを行い、事故につながる可能性のある要因をあらかじめ確認するとともに、資機材の配置検討に役立てた。

ジャケットの吊上および据付作業では、VR技術を用いて作業の事前シミュレーションを実施した。特に夜間の据付作業は事例が少ないため、起重機船のクレーンオペレーターの視点に立ち、視認性や作業時の位置関係を重点的に確認した(図-10)。

また、現場内の照度を確保するため、現場環境及び灯光器のモデル化を実施した。照明環境を再現したところ、作業時の照明の死角が明確になり、照明設備の配置見直しに役立てた(図-11)。

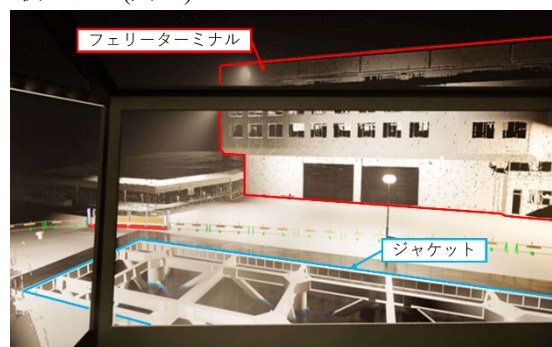


図-10 VRによるクレーンオペレーターからの視点確認

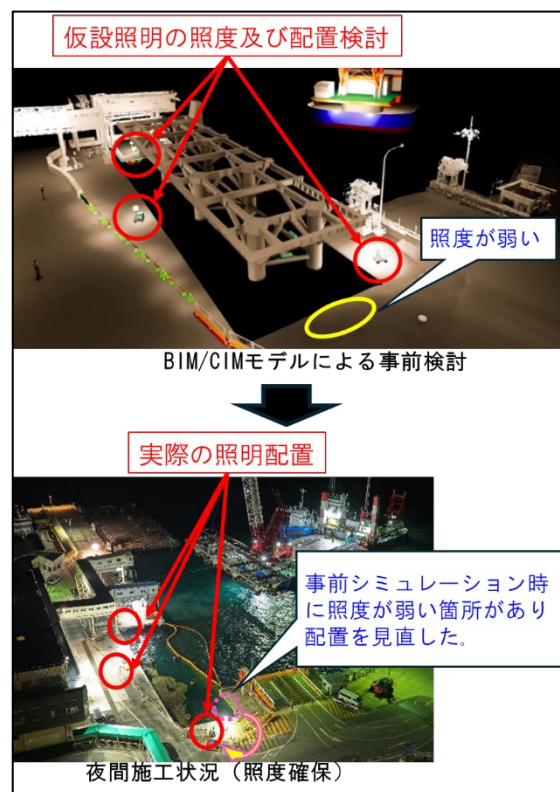


図-11 3Dモデルによる照明配置の確認

c) 結果

事前にシミュレーションを行ったことで、当日の作業をスムーズに行うことができ、予定よりも早く据付作業が完了した。また渡船橋などの周辺構造物と接触することなく、安全に施工を完了できたほか、事前の検討結果を踏まえて照明配置の見直しを行い、作業エリアの視認性向上にも貢献した。

(2) 上部工：プレキャスト版輸送費のコストダウン

a) 課題

上部工のプレキャスト版について、現場から直線距離で約800m離れた作業ヤードで製作し、運搬・据付する。

当初は海上運搬にてクレーン付き台船を用いた施工を想定していた。これは陸上運搬の場合、搬入路である航送車両通行路の幅が4mしか確保できずトレーラやクレーンの通行が不可であり、またプレキャスト床版の最大幅(5.9m)が車両制限令の制限値(3.0m)を超過することから、海上運搬としたためである。

一方で、今回設置する床版は全数で22枚しかなく、最大重量も約27t枚しかないため、1枚あたりの運搬・設置費用が陸上運搬と比較して高くなってしまう。加えて、クレーン付台船の回航費も要することとなる。

よって、コスト削減の観点から陸上運搬を実施できないか検討した。



図-12 運搬ルート周辺図

b) 対応策

陸上輸送をする上で、「搬入路における通行幅の確保」と「公道走行が不可」の2つが大きな課題となるため、以下の様に対策を講じた。

「搬入路における通行幅の確保」においては、ネックとなっている幅が4mしか確保できない箇所の拡幅を講じることとした。当該箇所はフェリーターミナル利用者の歩行者用通路及びバス停留所が設置されている。陸上運搬の際に使用するクローラクレーンを通行させるには当該通路を移設する必要があるが、設置者及びバス運行会社と調整した結果、移設を行うとバスが通行できなく

なる等、運行に支障を来すため移設は不可と回答を受けた(図-13)。

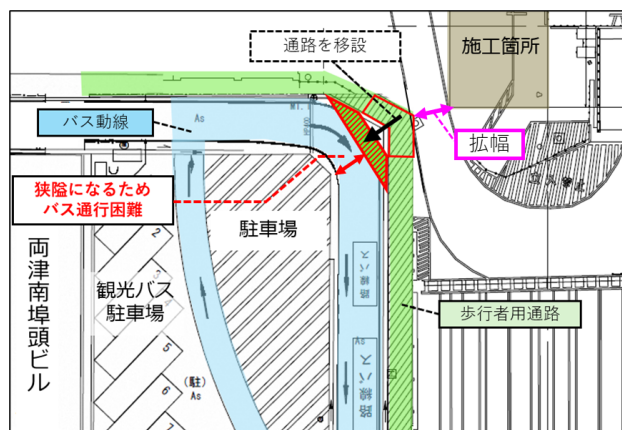


図-13 通路を移設した場合のイメージ図

そのため移設を要しない施工方法を検討し、車体幅が狭い130t型トラッククレーンであれば、既設通路の一部を切断するだけで搬入が可能となった。よって島外よりトラッククレーンを調達し、通路の移設を行わずに床版の設置作業を行うこととした(図-14)。

「公道走行が不可」な点については、岸壁利用者と調整し、作業ヤードから施工場所までふ頭用地内の港内道路のみを通るルートにした。これにより公道を一切通らないルートを確認でき据付場所までの車両運搬が可能となった。

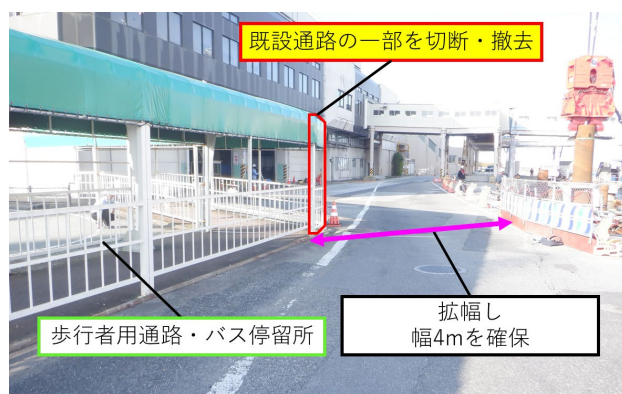


図-14 既設通路の撤去イメージ図

c) 結果

海上運搬が約1380万円かかるのに対し、陸上運搬では約940万円と約440万円の費用を縮減した。

また、今回通路の撤去を行ったことで、次スパン以降も同様に陸上施工が可能となったため今後の費用縮減も見込まれる。

(3) 舗装工：コンクリート仕様の変更

a) 課題

打設機械を配置するスペースが航送車両の通行路と重複するため、カーフェリー最終便出航後の22時30分から始発便出航前の4時までの夜間で打設作業を行う必要があった。

夜間の場合、佐渡島内にある生コンクリートプラントでは、全社で人員不足により出荷可能日に制限があると判明し、工期内で施工完了ができない課題が生じた。

b) 対応策

出荷日が制限されることで打設可能な日数も制限されることから、当初想定していたホッパーでの打設では施工速度が遅く工期に間に合わないため、施工速度が大きいポンプ車での打設に切り替えることとした(図-15)。

しかし佐渡島では骨材に碎石を使用しており、粗骨材の最大寸法が40mmの場合、スランプの小さい舗装コンクリートだとポンプ圧送が不可であると判明した。

そこで品質を確保しつつ、ポンプ圧送を可能とさせるため、通常使用する舗装コンクリート（曲げ 4.5-6.5-40）から標準配合（40-15-20N（高性能 AE 減水剤使用））に切り替えることとした。

切り替えに際して、品質・施工性の両方について問題が無いか検討を行った。

品質に関しては、当初仕様の舗装コンクリートで規定していた曲げ強度 4.5N/mm² と同等以上の強度が確保できるように圧縮強度を設定する必要がある。ここで、舗装設計施工指針によると、曲げ強度と圧縮強度の相互関係について、既往の研究成果より次式(1a)の通りであるとされている。

$$f_c = (f_b/0.42)^{1.5} \quad (1a)$$

f_c は圧縮強度、 f_b は曲げ強度を示す。

式(1a)に $f_b=4.5\text{N/mm}^2$ を代入すると、 $f_c=35.07\text{N/mm}^2$ となることから、圧縮強度が 35.07N/mm² 以上であれば、計算上は曲げ 4.5N/mm² が確保できることとなる。よって、標準配合で採用する圧縮強度は 40N/mm² とした。また、骨材の最大寸法についても、ポンプ圧送可能な 20mm へと併せて変更した。

施工性においては、施工時における留意点を確認した。今回使用する標準配合のコンクリートは、水及びセメントの量が多いことから水和反応量が大きくなる特徴がある。そのためひび割れが起こるリスクが大きいため、打設後に行う目地切りを通常よりも早めに行うこと、散水養生を頻繁に行い急激な乾燥を避けて施工することに留意して施工することとした。

以上より、ひび割れに留意すれば、品質・施工性どちらにも問題が無いため、標準配合のコンクリートで施工した。



図-15 ポンプ車による舗装コンクリート打設・人力均し

c) 結果

標準配合に切り替えて施工しても品質に問題はなかった。実際に使用した標準配合のコンクリートについて、曲げ強度試験も実施し、結果は 5.86N/mm² と所定の呼び強度を満足したことから、品質上問題が無いことを確認した。養生についても通常より留意して行ったほか、水分逸散を抑えることを目的に養生剤も使用したため、ひび割れも発生することはなかった。

打設日数も 6 日から 2 日に短縮できたことで、11 月末の供用に間にあうよう施工できた。

5. まとめ

両津港での整備事業は令和3年度から実施中であるが、栈橋本体部分の施工は今回が初めてであった。制約がある中での施工となり、現場での調整や施工の工夫を多く求められた。

事前検討や施工方法の工夫のほか、現地特有の施設配置を活用した施工計画を立てたことで、無事に事故なく工期内に工事を竣工できた。

佐渡の物流・人流の大動脈を担う両津港の整備は佐渡島民の安心・安全に直結するほか、観光客の受入や災害時の支援でも重要な役割を果たす。今後も同様の工事を予定していることから、今回で得た知見を活用し、工夫を重ね安全に施工していく。

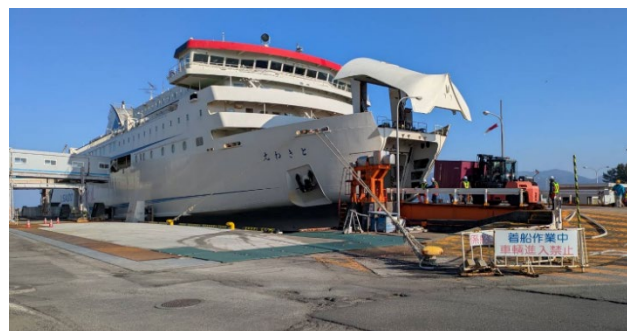


図-16 工事後に4号岸壁にて着岸するカーフェリー

参考文献

- 1) 藤井武・八木一樹・宗村大成：佐渡の玄関口である
両津港の定期航路安定を目指した耐震改良設計，北
陸地方整備局事業研究発表会，2023
- 2) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針，2006