

気仙沼湾横断橋の施工報告

一 気仙沼湾横断橋における海上架設 一

架設小委員会 架設部会

戎 克行, 寺本 剛士

1. はじめに

三陸沿岸道路は、東日本大震災からの復興に向けたリーディングプロジェクトとして、国土交通省東北地方整備局により整備が進められ、令和3年12月18日に仙台から八戸間の全線が開通した。気仙沼湾横断橋は、三陸沿岸道路総延長359kmのうち、海上を横断する唯一の橋梁であり、東北地方最大の斜張橋である(図-1)。



図-1 位置図

気仙沼湾横断橋(斜張橋部)では、起点側半分(P10～斜張橋中間部:朝日地区上部工工事)をJFE・IHI・日ファブJVで、終点側半分(斜張橋中間部～A2:小々汐地区上部工工事)をMMB・宮地・川田JVでそれぞれ施工し、主桁閉合ブロックの架設及び閉合作業は、小々汐地区上部工工事で担当した(図-2)。

架設位置が主に海上である小々汐地区上部工工事で、主塔や主塔近傍の主桁の架設には大型起重機船を用いた大ブロック架設工法が、中央径間及び側径間の主桁の架設には直下吊設備を用いたバランス工法がそれぞれ採用された。

また、架橋地点は日本有数の水揚げ量を誇る気仙沼漁港につながる航路上であるため、施工に際しては漁船等の一般航行船舶に対して十分な配慮が必要であった。

以上より本稿では、気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事における、主塔架設～主桁架設～仮設備解体までの一連の施工方法、一般航行船舶等の海域利用者に対する安全対策について報告する。

2. 工事概要

工事名: 国道45号 気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事

工事場所: 宮城県気仙沼市小々汐地内

工期: 平成29年7月28日～令和3年2月26日

橋長: 680m (小々汐地区: 347m)

支間長: 160m+360m+160m

構造形式: 鋼3径間連続斜張橋(ケーブル一面吊)

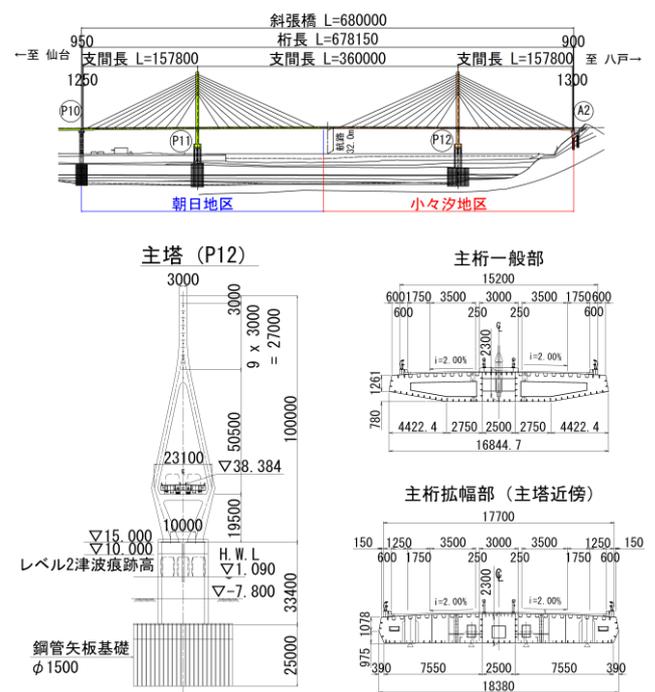


図-2 構造一般図

3. 主塔の架設

P12主塔は海上に位置するため、主塔基部ブロックを500t吊起重機船で架設した後、高さ65mの主塔下段ブロック(鋼重:890t)と高さ32mの上段ブロック(鋼重:280t)をそれぞれ3,000t吊起重機船で架設した。なお、主塔下段ブロック及び主塔上段ブロックは、製作工場にて地組した後、それぞれ12,000t積台船と3,000t積台船に積み込み、気仙沼湾まで海上運搬した。

3-1 主塔基部の架設

主塔基部ブロックの架設では、完成系において地震などの横力作用時に主塔基部に浮き上がりが生じないように、主塔下段ブロックの架設に先立ち、主塔基部のアンカーボルトにプレストレスを導入した。導入プレストレ

スの決定に際しては、道路橋示方書を基にした「乾燥収縮率」を設定し、実工程に合せた「クリープ係数」を設定して導入プレストレスの設計値を決定した。また、ボルトネジ部の許容力を考慮した導入プレストレス管理目標値を設定して施工を行った（表-1）。

表-1 主塔アンカーボルト導入軸力と管理値

アンカーボルト導入軸力 算出	アンカーボルト軸力	備考
①設計プレストレス量	1800kN	横力作用時の浮き上がり防止に必要なボルト軸力
②100年後 乾燥収縮・クリープ	616kN	
③100年後 ボルトのリラクゼーション	13kN	
100年後 プレストレスロスを考慮した必要プレストレス量	2429kN	①+②+③
導入プレストレス量	2460kN	
プレストレス上限値	2494kN	ボルトネジ部許容引張力によるプレストレス導入可能量

↓

「主塔アンカーボルト導入軸力 管理値」

PS管理項目	導入PS	備考
上限値	2490kN	ボルトネジ部の許容応力度より
管理目標値	2460kN	上限値と下限値の中間値
下限値	2430kN	100年後プレストレスロスを考慮した補正值

3-2 主塔下段ブロックの架設

主塔下段ブロックの架設では、塔柱と先行架設した主塔基部ブロックを連結するため、基部ブロックの据付位置座標や吊上げ状態を再現した FEM 解析による塔柱変形量を確認した上で、架設時には間隔調整装置による左右塔柱間隔の調整を行った（写真-1、図-3、写真-2）。

3-3 主塔上段ブロックの架設

主塔上段ブロックは、海面（H.W.L）から115mの高さでの架設となることから、国内最長のジブを有する3,000t 吊起重機船「富士」においても、クレーンの巻代がほとんどない状態での架設であった。このため、船の喫水を少しでも浅くし、クレーンの巻代を確保すべく、船内に貯蔵されている生活用水（約400t）を必要最小限にして主塔上段ブロックの架設を行った（写真-3）。

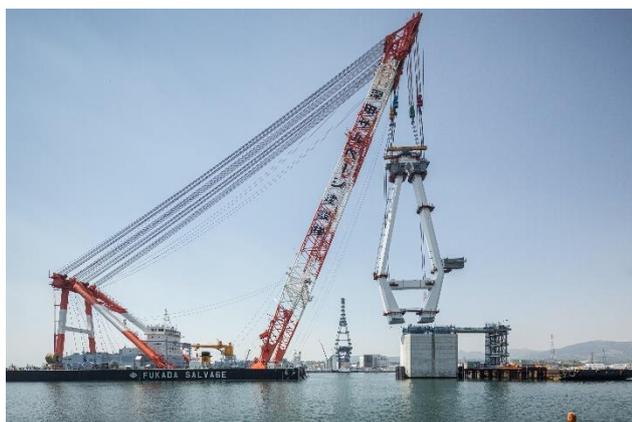


写真-1 主塔下段ブロック架設状況

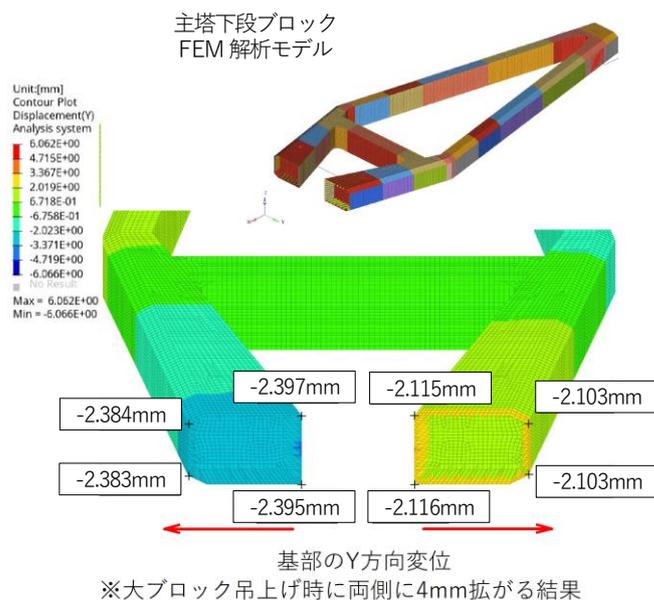


図-3 主塔下段ブロック吊上げ状態 FEM 解析



写真-2 主塔基部・下段ブロック接合状況



写真-3 主塔上段ブロック架設状況

4. 主桁の架設

主塔近傍の主桁の架設では、600t 吊起重機船を用いて大ブロック架設を行った。中央径間及び側径間の主桁の架設では、直下吊設備を用いて主桁ブロックを吊上げ、斜材ケーブルで支持しながら張出架設を行った。また、側径間の陸上部においては、750t 吊クローラクレーンを用いて架設を行った。なお、航路直上に位置する閉合

ブロックの架設は夜間にて行い、仕口調整により所定断面力を導入して連結した。主桁の架設に際しては、ケーブル張力を含めた形状管理を架設ステップごとに実施した (図-4)。

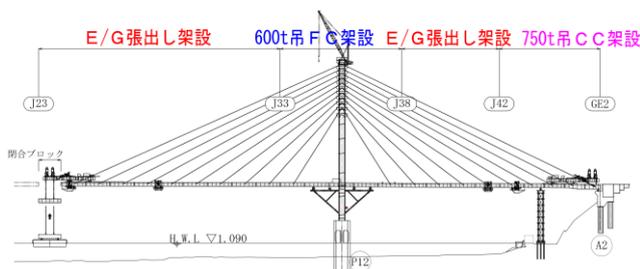


図-4 主桁架設要領

4-1 主塔近傍の主桁の架設

主塔近傍の主桁の架設では、左右の塔柱間に主桁を差し込んで架設するため、架設時に起重機船のジブと主塔との接触が懸念された。このため、架設ブロック上にカウンタウェイト (80t) を搭載し、架設ブロックの重心を主塔から離れた位置に移動させることで、起重機船のジブと主塔とのクリアランスを確保した (写真-4)。



写真-4 主桁大ブロック架設状況

4-2 中央径間及び側径間の主桁の架設

中央径間及び側径間の主桁架設では、台船に積込んだ主桁ブロックを、直下吊設備を用いて主桁位置まで吊り上げて架設した。直下吊設備は、エレクションガーダーと吊上げ装置で構成されており、吊上げ装置にはダブルツインジャッキを使用した。ダブルツインジャッキは、エレクションガーダー上に4機配置され、4組 (8本) のPC鋼より線 (φ28.6) で最大150tの主桁ブロックを4点で吊り上げた。吊上げ中は、各PC鋼より線の張力、吊上げ距離、速度をモニターに表示して、主桁ブロックの吊上げ姿勢や各吊点の張力バランスを一元管理した。なお、主桁ブロックの所定位置 (高さ: 30m~35m) までの吊上げには、約1時間を要した (図-5、写真-5)。

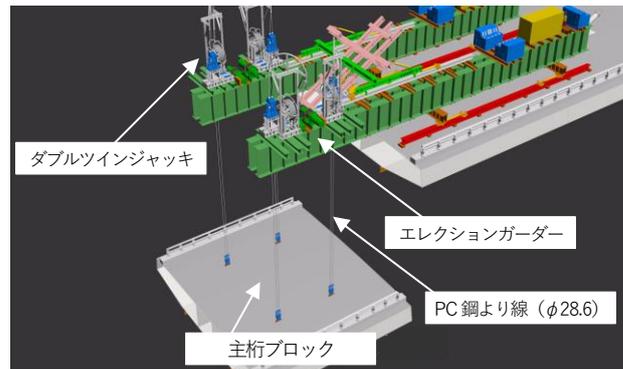


図-5 直下吊設備図



写真-5 主桁ブロック吊上げ架設状況

4-3 斜材ケーブルの架設

吊上げ架設した主桁ブロックごとに、主桁連結 (溶接・高力ボルト) 作業が完了した後、斜材ケーブルを架設した。斜材ケーブルの一方のソケットを、クライミングクレーンを用いて主塔に定着した後、他方のソケットを、ジャッキを用いて斜材ケーブルに張力を導入しながら主桁に定着した。本橋は一面ケーブル構造であるため、主桁へのケーブルソケット定着には、主桁上からの押込み方式を採用した。ケーブルの押込みには600tのセンターホールジャッキ2基を搭載した押込み装置を使用し、合計1200tの張力導入を行える設備とした。架設時の導入張力は最大800t程度であり、1.5倍の安全率を有する設備とした (図-6、写真-6、写真-7、写真-8)。

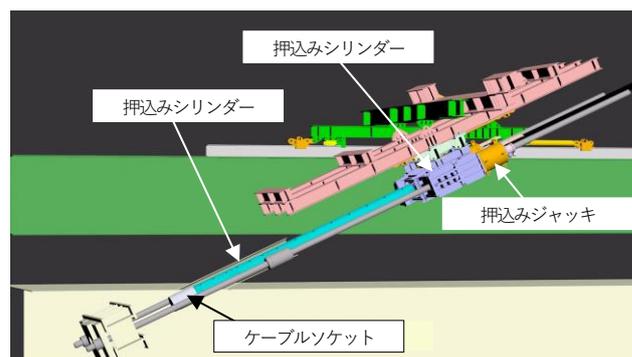


図-6 ケーブル押込み設備図



写真-6 ケーブル架設状況



写真-7 ケーブル架設状況



写真-8 ケーブルソケット定着（桁側）

4-4 形状管理

ケーブル張力には、「設計死荷重張力に対し±5%以内」という規格値が設定されていたため、架設ステップごとの厳密なケーブル張力と主桁形状の管理が必要であった。このため、架設ステップごとに、機材位置や重量、支点拘束条件を解析に反映させて、ケーブル張力や主桁形状の管理値を算出し、この管理値に基づいたケーブル張力及び主桁形状の管理を行った。

4-5 側径間陸上部主桁の架設

側径間陸上部の架設では、主桁ブロックを公共岸壁から対岸の小々汐地区まで海上運搬し、750 t吊クローラ

クレーンを用いて水切り・架設した。架設に先立ちクレーン据付位置及びベント設置位置の地盤改良を行い、地盤耐力を確保して架設作業に着手した（写真-9）。



写真-9 陸上部主桁ブロック架設状況

4-6 主桁閉合

主桁閉合ブロックの架設が完了した後、最終連結位置（J23）での仕口調整（せん断力・モーメント導入）を行った。モーメント導入で必要となる引込み力は7000kNを超え、大規模な引込み設備の設置に伴い、仕口の「たわみ」や「転び」が大きくなり、主桁閉合に多くの時間を要する懸念があった。このため、主桁の仕口調整には、通常のセッティングビームと引込み設備に加え、斜材ケーブルを使用した。具体的には、小々汐地区の中央径間側と側径間側の最上段ケーブルに追加張力を導入して、主桁仕口の高さと転びを調整した。続いて、主桁上に設置したセッティングビームを用いて主桁高さの微調整を行った上で、主桁内に設置した引込み設備による引込みと、最上段ケーブルの張力再導入を行って連結した。なお、ケーブルの追加張力の導入には、ケーブルの安全率が架設時の安全率「2.0（ $=2.5/1.25$ ）」を下回らないように上限を設定し、最上段ケーブルの張力管理を行った（写真-10、図-7、写真-11、写真-12）。

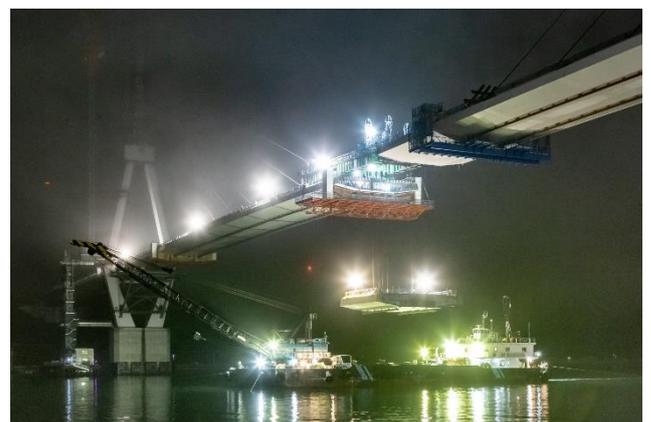


写真-10 主桁閉合ブロック架設状況

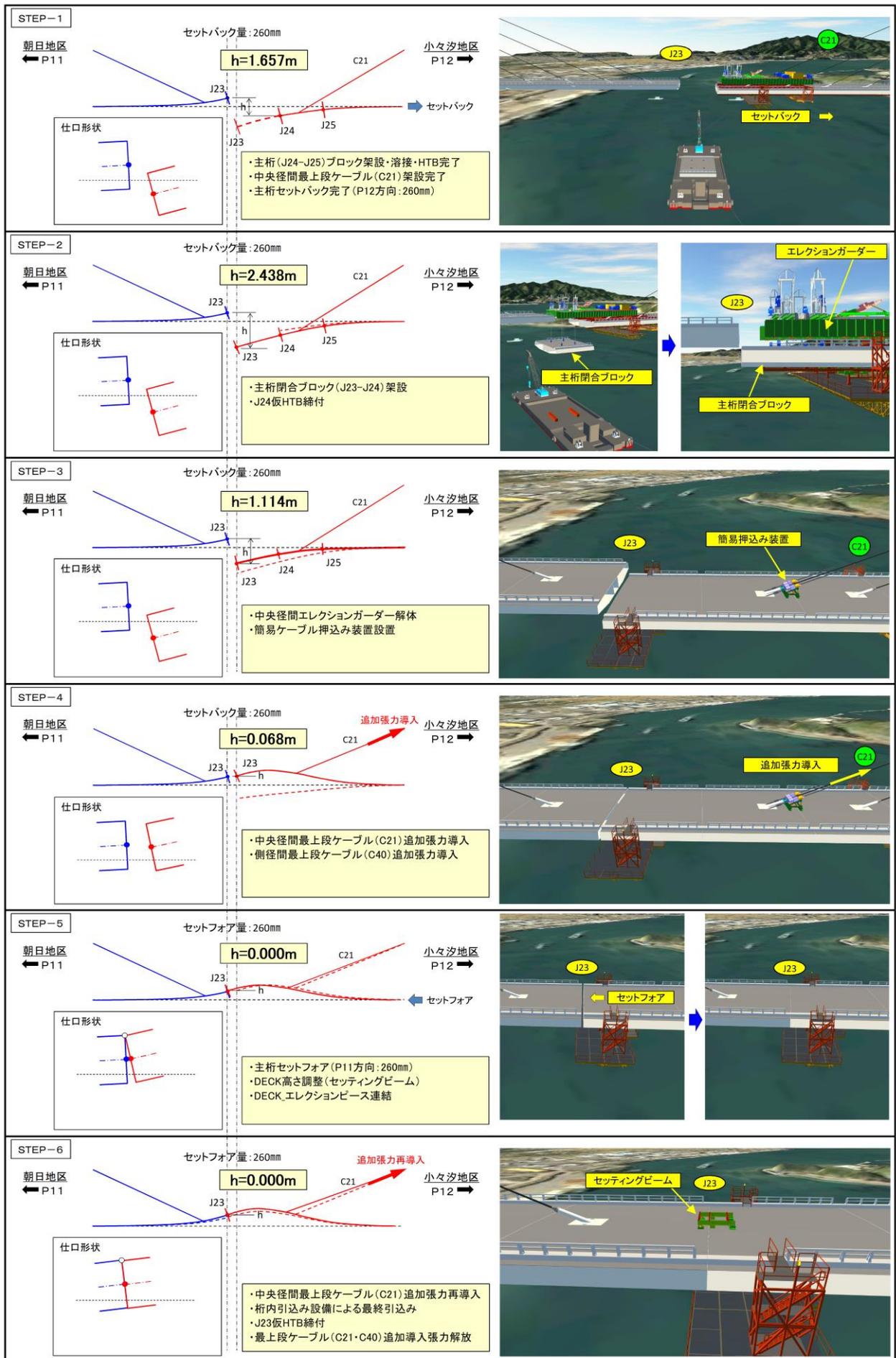


図-7 閉合要領



写真-11 主桁閉合ブロック架設完了



写真-12 主桁閉合完了

5. 仮設備

本橋の主な仮設備として、前述した直下吊設備やケーブル押込み装置に加え、クライミングクレーン、斜ベント、移動防護工を使用した。これらの仮設備の設置・撤去は、全て海上にて行った。

5-1 クライミングクレーン

クライミングクレーンは、資機材の水切りや斜材ケーブルの架設に使用した。公共岸壁で組立てたクライミングクレーンを海上運搬した後、600t 吊起重機船を用いて一括設置した。また、解体は500t 吊全旋回型起重機船を用いて、部材ごとに行った（写真-13、写真-14）。



写真-13 クライミングクレーン設置状況



写真-14 クライミングクレーン解体状況

5-2 斜ベント

主塔近傍の主桁を支持するため、主塔の中央径間側及び側径間側には斜ベントを設置した。公共岸壁にて地組した斜ベントを台船で海上運搬した後、600t 吊起重機船を用いて主塔の中央径間側及び側径間側にそれぞれ一括して設置した。また、斜ベントの解体は、斜ベント上空が主桁で覆われているため、主桁吊上装置として使用したダブルツインジャッキを転用して、斜ベントを一括して吊り下した。なお、この斜ベントは、直下に係留した台船に積み込み、公共岸壁まで海上運搬した（写真-15、写真-16）。



写真-15 斜ベント設置状況



写真-16 斜ベント解体状況

5-3 移動防護工

主桁の直下吊架設においては、主桁の中央径間及び側径間にそれぞれ2機（架設用・塗装用）ずつ設置した移動防護工を用いて、主桁ブロックの架設作業や溶接・塗装作業を行った。公共岸壁にて組立てた4機の移動防護工を、台船で海上運搬した後、600t吊起重機船を用いて中央径間及び側径間の主桁にそれぞれ一括して設置した。移動防護工の解体は、橋面上に配置した60t吊ラフテレーンクレーンの相吊により吊り下した。なお、この移動防護工は、直下に係留した台船に積み込み、公共岸壁まで海上運搬した（写真-17、写真-18）。



写真-17 移動防護工設置状況



写真-18 移動防護工解体状況

6. 海域利用者に対する安全対策

架設地点は気仙沼漁港につながる航路上であることに加え、気仙沼湾内では防潮堤等の復興関連工事も周辺海域で行われていたことから、漁業関係者や海上輸送関係者、周辺工事関係者等海域利用者に対する安全対策が必要であった。

6-1 安全対策情報の収集・提供・周知

関係機関、海事関係者、海域利用者出席のもと、発注者（国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所）主催による「気仙沼湾横断橋（仮称）建設工事安全協議

連絡会」を2ヵ月に1回開催し、工事の進捗状況、工事予定、航路規制予定、周辺海域における工事予定等、施工中における航行船舶の安全対策として必要とされる情報の収集・提供・周知を一元的に実施した。

6-2 リーフレット配布による航路規制情報の周知

本橋は、航路を横断して架橋されるため、架設ステップごとに航路幅員を変更し、工事海域を設定しながら作業を行う必要があった。このため、架設ステップごとに、施工日時、航路幅員変更情報、一般航行船舶の入出港規制情報等を記載したリーフレットを作成し、工事の1週間前までに、関係機関、海事関係者及び海域利用者にメールで送付して、具体的な工事情報や航路規制情報を周知した（図-8）。

令和2年（第10号） 令和2年5月14日

**気仙沼湾横断橋（仮称）工事に伴う
夜間可航幅員減少（入港のみ可）のお知らせ**

上幹主桁の夜間吊上げ架設に伴い、下記のとおり、可航幅員を減少（入港のみ可）して作業を行いますので、出港を差し控えていただくようお願いいたします。

令和2年5月23日（土） 20:00～翌04:00
〔予備日：令和2年5月30日（土）、6月6日（土）、6月13日（土）、6月20日（土）、6月27日（土）〕

関係者の皆様におかれましては、大変ご迷惑をお掛けいたしますが、ご理解、ご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。

<気仙沼湾全体図>

<工事区域詳細図>

1. 工事区域設置基本方針

- (1) 作業区域は付添欄により明示します。
- (2) 作業区域は明点灯浮標は同期点滅するものとします。（本体黄色、黄色灯、4秒1閃光）
- (3) 施工中は警戒船2隻と情報提供船2隻を配置します。

2. 作業日程及び工事区域

- (1) 作業日程
小笠原地区 第16回 5月23日 20:00～翌04:00
〔予備日：令和2年5月30日（土）、6月6日（土）、6月13日（土）、6月20日（土）、6月27日（土）〕
- (2) 第16回工事区域
工事区域は図-1及び表-1のイーロー・ハーニの4点により囲まれる区域

高名	経度（東経）	緯度（東緯）
上	N 38° 53'	E 141° 32'
下	N 38° 53'	E 141° 32'
左	N 38° 53'	E 141° 32'
右	N 38° 53'	E 141° 32'

雨天等の景気・気象条件により、作業期間が変更となる場合がございます。作業期間が変更となる場合は直ちにメール・FAX等でお知らせいたします。

《発注者》
国土交通省 東北地方整備局
仙台河川国道事務所 気仙沼分室
電話：0226-24-3212

《施工者》【工事に関する問い合わせ先】
気仙沼湾横断橋小笠原地区上部工事
MMB・宮地・川田特定建設工事共同企業体
電話：0226-48-5288
工事責任者： 我 克行

図-8 リーフレットの例

6-3 工船用船舶の運航基準の設定

本工事では、公共岸壁で積み込んだ部材や資機材を工事海域まで運搬するため、台船や起重機船が航路を横断する必要があった。このため、工船用船舶や警戒船、交通船に対し、航路横断手順や安全確認方法を定めた運航基準を設定し、教育・訓練を実施して、一般航行船舶に対する安全を確保した。

7. おわりに

本工事は、斜張橋という特殊性を有する構造の橋梁工事であり、かつ海上という厳しい条件下での施工であった。このため、構造条件や施工条件を踏まえた詳細な設計や架設検討を実施し、これに基づいた施工を行ったことにより、東日本大震災から10年となる令和2年3月6日に、気仙沼湾横断橋を含む宮城県内の三陸沿岸道路の開通に寄与することができた。本稿では、気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事における斜張橋架設工事を中心に報告したが、今後施工される同種の長大橋工事の参考になれば幸いである。

最後に、厳しい施工条件下において無事工事を完了することができたことにあたり、多大なるご指導とご助言を頂いた国土交通省 東北地方整備局 仙台河川工事事務所、ならびにご協力いただいた関係者の皆様に深く敬意と感謝の意を表します。



写真-19 全景

【参考文献】

- 1) 千田徹也, 戎克行, 能勢幸二, 今井健太郎, 迫田昌孝, 新地洋明: (仮称) 気仙沼湾横断橋 鋼斜張橋部小々汐地区の製作・施工, 橋梁と基礎 Vol. 54, No. 10, pp. 27-32, 2020. 10