

論文・報告

数久田 IC オンランプ橋の架設

～多軸式特殊台車による長距離運搬と大ブロッカー一括架設～

Construction of SUKUTA IC On-Ramp Bridge

杉田 俊介^{*1}
SUGITA Syunsuke福嶋 貴生^{*2}
FUKUSHIMA Takao興津 光^{*3}
OKITSU Hikaru甲木 里沙^{*4}
KATSUKI Risa鴛田 拓実^{*5}
OSHIDA Takumi大栄 祐太郎^{*6}
OOE Yutaro

数久田 IC オンランプ橋は、2021年7月に開通した国道58号名護東道路の一端を担うランプ橋である。沖縄県の沿岸部という架橋地特有の厳しい環境条件に対応するため、塩害対策と耐風対策に配慮した特徴的な逆台形型の断面箱桁構造を採用している。架設にあたっては、大規模な通行止め規制をとまなう多軸式特殊台車による長距離運搬、大ブロッカー一括架設（モーメント連結）が計画された。限られた規制時間の中で、難易度の高い架設作業を確実に完遂させるため、①ターンテーブルの使用による走行性能の向上と運搬時間の短縮、②セッティングビームによる規制開放遅延リスクの排除、③3次元ジャッキの複数台使用による架設作業時間の短縮、④CIMによる桁運搬・架設シミュレーションなど様々な工夫を行ったので、ここに報告する。

キーワード：鋼床版箱桁橋、大ブロッカー一括架設、多軸式特殊台車、モーメント連結、CIM

1. はじめに

国道58号名護東道路は、沖縄県名護市伊差川～名護市数久田の延長6.8kmの自動車専用道路である。沖縄自動車道と北部地域の中心都市である名護市を結び、那覇空港や那覇港などの広域交流拠点とのネットワーク化によって北部地域の活性化を支援するとともに、名護市街地における交通混雑緩和を目的として整備された。

数久田 IC オンランプ橋はその一端となるランプ橋で、2021年7月に完成・開通を迎えている。本稿では、本橋

の特徴、各種制約条件のもと実施した国内最大級の多軸式特殊台車による大ブロッカー一括架設について報告する。

2. 工事概要

発注者：内閣府沖縄総合事務局 北部国道事務所
工事名：平成31年度数久田 IC オンランプ橋
鋼上下部工事

施工場所：沖縄県名護市字数久田地内
構造形式：（上部工）鋼4径間連続鋼床版箱桁橋
（P1,P3橋脚）L型鋼製橋脚
（P2橋脚）門型鋼製橋脚

橋長：350.0 m
支間長：72.550 + 95.000 + 110.000 + 69.550 m
幅員：全幅員 7.860 m, 有効幅員 6.750 m
施工：川田工業・日本鉄塔工業・仲本工業 JV
工期：2019年7月～2021年7月

3. 上部工形式と防錆仕様

本橋は沖縄県沿岸部に位置しており、地形の影響で海側からの風が大きな傾斜角を持つ吹上風となること、交差条件から支間長が長く（最大支間長 $l_{max} = 110$ m）断面辺長比（桁幅 B / 桁高 d ）の小さな橋梁を計画しなければならなかったことから、供用中の風作用による有害な振動現象の発生が懸念された。そのため、詳細設計に



図1 橋梁位置図

*1 川田工業(株)橋梁事業部工務部大阪工務部大阪工務課 工事長
*2 川田工業(株)橋梁事業部工務部大阪工務部大阪工務課 工事長
*3 川田工業(株)橋梁事業部工務部大阪工務部大阪工務課

*4 川田工業(株)橋梁事業部技術部大阪技術部大阪技術課
*5 川田工業(株)橋梁事業部工務部大阪工務部大阪工務課
*6 川田工業(株)橋梁事業部工務部大阪工務課

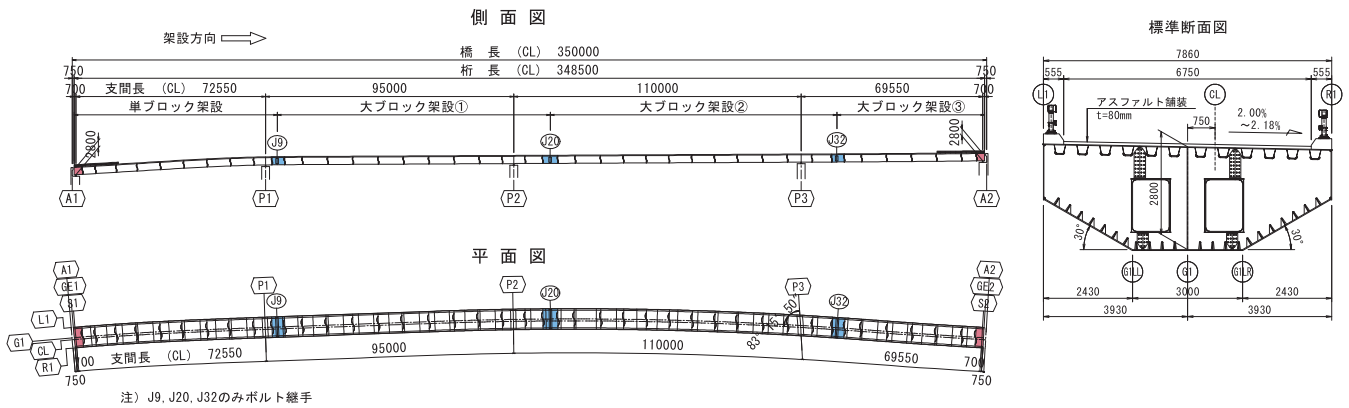


図2 上部工構造一般図

て耐風安定性の確保と塩害対策による LCC 縮減を目的として、上部工の標準断面には逆台形型の閉断面箱桁構造が選定された。防錆仕様には、高塩害地域の厳しい環境条件に対応するため、Al-Mg 合金溶射の上層にふっ素樹脂塗料の中塗と上塗を施す仕様を選定されており、急速施工のボルト継手部以外はすべて現場溶接継手、急速施工となるボルト継手 (J9,J20,J32, 図2: 青色ハッチング部) には頭部溶射ボルトが採用された。

本工事受注後の設計照査において、さらなる耐久性の向上を目的として次のような改良を実施した。

(1) 現場塗装部における上塗り塗装の厚膜化

本橋は海岸線沿いに位置するため、下塗りに Al-Mg 合金溶射を施すものの、紫外線の影響や飛来塩分の付着・滞留によって、外面塗装が早期に劣化することが懸念された。そのため、塗膜劣化にともなう腐食因子の塗膜内への浸透防止対策として、本工事では上塗り塗装の塗膜厚を標準値 25 μm から 50 μm に厚膜化することで、現場塗装部の耐久性向上を図った。

(2) 桁端部縦継手の省略

本橋は防錆上の理由から、急速施工となる大ブロックのボルト継手部以外は全断面溶接継手が採用されているうえに、輸送条件から全長に縦継手を有するブロック割であった。一方で、桁端部は防錆上の弱点となり易いため、耐久性の向上を目的として、端部には縦継手のない輪切りブロック (図2: 赤色ハッチング部) を設けた。鋼床版エンドプレートのボルト継手や端支点ダイヤフラムの現場溶接継手を省略することで、工程短縮にもつながった。

(3) 足場設置用孔の防食

当初計画における点検用足場の設置方法は、足場孔からの飛来塩分や雨水などの浸入を防止するため、図3に示すように常時ボルトで蓋をした状態としておき、このボルトを使用して足場設置時に桁外側からアイナットを取り付けて足場を設置する計画であった。ボルトを常設することでボルトからの発錆が懸念されたため、シリコン製のキャップに変更した。

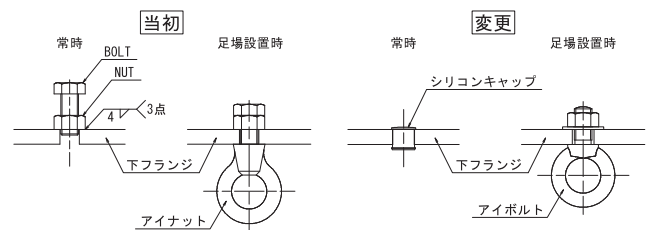


図3 足場設置用孔の概要

(4) 付属物の防錆仕様

上部工は Al-Mg 合金溶射 + ふっ素樹脂塗料による塗装、検査路や防護柵にはアルミ製品など、高耐久な仕様選定がなされていたことから、排水管支持金具や防護柵の取付け部材など鋼桁外側に設置される付属物の防錆仕様には、通常の溶融亜鉛めっきに比べて防錆力の優れる亜鉛アルミ合金めっきを選定した。

また、上部工排水装置は鋼床版上に鋼製排水溝を敷設するため、鋼製排水溝上部の隙間から浸水した場合に鋼床版デッキプレートを発錆させる可能性があった。対策として、鋼製排水溝が設置される範囲のデッキプレート上面には Al-Mg 合金溶射による防錆処理を施した。

4. 架設条件

本橋は日常的に交通混雑が生じる国道 58 号上に位置しており、両側を海と山に挟まれた立地から、用地使用や作業時間に厳しい制約を受けた。制約条件から、A1 ~ P1 径間はトラッククレーンベントによる単ブロック架設、P1 ~ A2 間の 3 径間は多軸式特殊台車による大ブロック一括架設が選定された。3 径間分の地組立を行うために南北 2 箇所の作業ヤードを割り当てられたが、架橋地点に近い南ヤードは本工事を含む複数の関連工事で同時に使用するため、1 径間分の地組立しか確保できなかった。そのため、残りの 2 径間は架橋地点から 700 m 離れた北ヤードで地組立を行う計画となった。作業ヤードと架橋地点の位置関係を、図4に示す。

本工事における大ブロック一括架設は、架設桁の最大ブロック長 110 m、重量は 600 ton に及ぶ大規模なもので、1 径間ずつ全 3 回の夜間通行止めにより実施する計

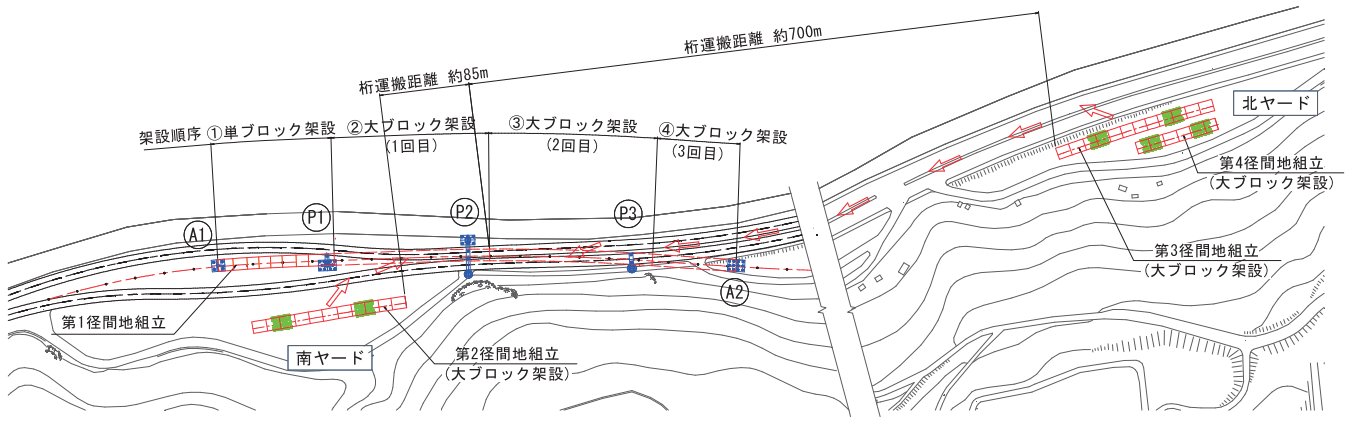


図4 地組立・運搬計画図(平面図)

作業内容	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
規制						全面通行止の規制					
準備	作業打合せ	車両待機	システムカディ撤去				システムカディ復旧①復旧②			点検	規制解除
重機			桁運搬(700m, 160分)							回送(90分)	
架設						台車位置調整(60分)					
						ジャッキ調整(60分)					
							受替準備(30分)				
							解放(30分)				
									HTB総付(120分)		
									添接板セット(20分)		
足場											足場組立(170分)
板張り防護											

図5 タイムスケジュール(2回目の例)

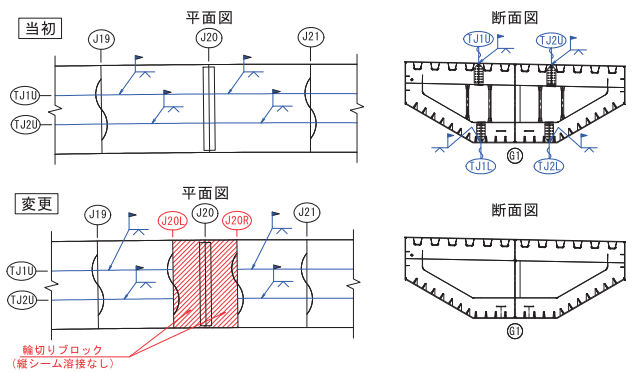


図6 輪切りブロックへの構造変更

画であった。交通規制の日程は週末夜間に限定され、架設当日に何らかのトラブルが発生してしまった場合には1週間単位でのスケジュール調整が必要となるため、本工事の工期への影響だけでなく、開通時期が遅延するリスクがあった。さらに、通行止め区間は4.4 kmと長距離にわたり、迂回路には沖縄本島の反対側である東海岸を通るルートを設定せざるを得なかった。工事期間中の周辺環境への配慮はもとより、大ブロック架設時の大規模な交通規制にともなう地元住民や観光客への影響を最小限にするべく『確実な交通開放』が本工事の最重要課題であった。

大ブロック一括架設にあたり、規制時間内に実施する主な作業は、次のように大別できる。

- ①仮設防護柵(システムカディ)の路肩側への移動
- ②多軸式特殊台車による桁運搬
- ③桁架設(モーメント連結)
- ④多軸式特殊台車の解放・回送
- ⑤仮設防護柵の復旧
- ⑥足場工(足場組立・板張り防護)

それぞれの所要時間を精査し、図5に示すタイムスケジュールを計画した。

5. モーメント連結への対応

大ブロック一括架設の連結条件は、詳細設計にてモーメント連結が採用されていたため、限られた規制時間の

中で、多軸式特殊台車で運搬した鋼桁と架設済みの鋼桁の仕口断面を迅速かつ確実に合わせて、ボルト連結までの作業を完了させる必要があった。モーメント連結を円滑に進めるための対策として、以下の架設計画を立案し実施工にあたった。

(1) 輪切りブロックの追加

前述したように、本橋は全長に縦継手を有するブロック割であった。鋼床版デッキプレートは現場溶接継手であり、大ブロックの端部まで縦シーム溶接があると、現場溶接収縮にともない仕口断面に出入り差が生じてしまうため、規制時間内にボルトの孔位置を合わせることができない恐れがあった。そこで、図6のようにブロック割を変更し、大ブロック継手の両側には縦シーム溶接のない輪切りブロックを設けることとした。

なお、特徴的な断面形状、縦継手を有するブロック割であることに加えて、下フランジは1枚の鋼板の両側を曲げ上げて加工する精度確保が難しい構造であった。さらに、本工事では製作工場が3工場に分かれていたことから、それぞれの製作工場で仮組立を実施した後、取り合い部材については工場間を転送して重複仮組立を行うことで当該ボルト連結部の再現性を念入りに確認した。また、製作作業性の向上と輸送時の変形防止のため、形状保持材や輸送架台などを追加することで、製作精度の向上と品質確保に注力した。

(2) セッティングビームの計画

慎重な作業を要する架設桁の長距離運搬や、一括架設時の作業の遅れにともなう交通開放遅延リスクへの対策として、多軸式特殊台車を規制時間内に確実に解放・回送させるためにセッティングビームを計画した。

ただし、セッティングビームで仮受けして多軸式特殊台車を解放した場合、支持点の移動にともない架設済みの既設桁と架設桁の両者のたわみ量が変化することで、仕口角度が変化して継手断面が合致しなくなる。そこで、セッティングビームで架設桁を支持した状態での既設桁と架設桁の仕口角度を合わせるために、到達側の支点で必要となる上げ越し量をあらかじめ構造解析により算出しておき、橋脚上のサンドル設備に反映することとした。なお、多軸式特殊台車を解放・回送させた後の位置調整を可能とするため、セッティングビームの受点側には3次元ジャッキと引き込み設備を配置した。

セッティングビームを用いたモーメント連結の施工ステップを、図7に示す。なお、多軸式特殊台車による位置調整の目標値は、走行精度を考慮して橋軸方向・橋軸直角方向50 mm以内、鉛直方向および左右の出入り差20 mm以内に設定した。

(3) 3次元ジャッキの搭載

多軸式特殊台車のオペレーションのみで桁架設を行う場合、台車による前後左右への走行移動で鋼桁同士の仕

口断面や高力ボルト孔(拡大孔の余裕量+4 mm)を合わせることは困難かつ多大な時間を要してしまう。そこで、前後2台の台車上には各4基の3次元ジャッキを搭載し、これらのジャッキ操作によって架設桁の平面位置や高さ、仕口の出入り差、ねじれの解消など細やかな調整を実施できるようにした。台車の荷姿と3次元ジャッキの搭載状況を、写真1、写真2に示す。

6. 桁運搬計画

多軸式特殊台車の走行経路となる国道は緩やかな曲線の道路線形であり、道路幅員も狭かった。運搬経路上には撤去・移設ができない架空線や標識など施設構造物のほか、本工事で施工した鋼製橋脚があり、台車や運搬中の架設桁との衝突リスクがあった。支障物を回避しながら桁運搬を行うためには、台車の小回りが利かないこと、運搬桁の取り回しには前後2台の台車を細かく連携させる必要があることから、タイムスケジュールどおりに運搬作業が完了できないことが懸念された。そこで、桁運搬時の安全性の確保と時間短縮との両立を目的として、次の対応を行った。

(1) ターンテーブルの採用

運搬中の架設桁のハンドリングを容易にするため、台車上に2軸の回転機構を持つターンテーブル(写真3)を配置する計画とした。ターンテーブルを使用すること

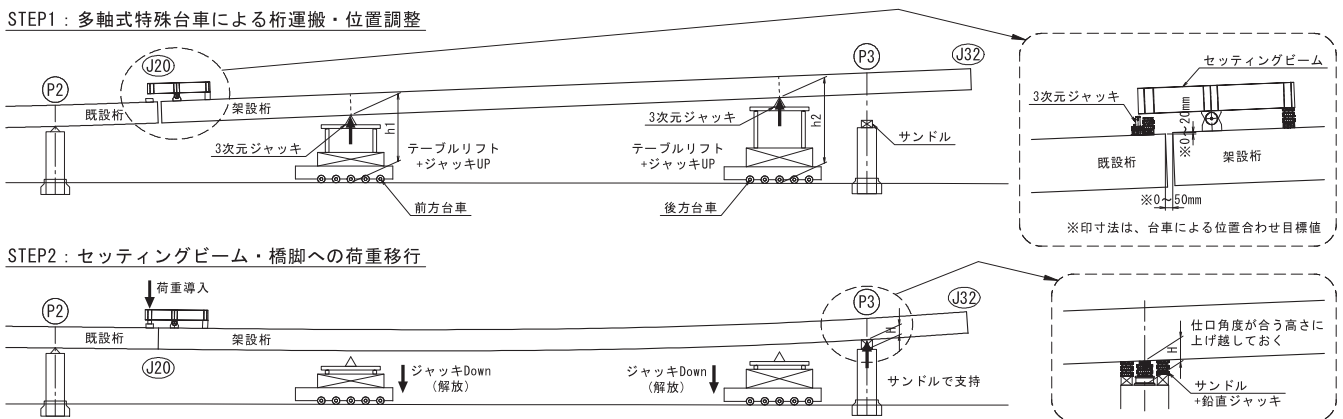


図7 セッティングビームを用いたモーメント連結



写真1 多軸式特殊台車の荷姿



写真2 3次元ジャッキ(台車上)

によって、片方の台車だけを走行させて方向転換する場合や前後台車に高低差を持たせる場合に、架設桁を面で支持した状態で台車の動きに自動追従できるようになり、取り回しに要する複雑なオペレーションを省略しながらも、安全性の向上と時間短縮を図ることができた。

(2) CIM による桁運搬の動線計画

本工事では、交通規制をとまなう施設構造物や路面状態の事前調査が実施できなかったため、レーザースキャナを搭載した計測車両 (MMS) を走行させて、運搬経路周辺の3次元データを取得した。取得した地形データに本工事で施工する鋼製橋脚、上部工および多軸式特殊台車の情報を重ね合わせ、CIM モデルを用いたシミュレーションにより、走行位置や方向転換を行う位置・手順など最適な運搬動線を決定した。桁運搬・架設シミュレーション動画 (図8) は、工事関係者への情報共有はもちろん、受発注者間の意思疎通にも大変有効であった。

その他桁運搬時の安全対策として、架設桁の両端にGPSと近接検知センサを設置することで、運搬中の走行位置が計画動線から逸脱していないかを確認するとともに、衝突リスクのある施設構造物への近接の有無を常時モニタリングできるようにした。

(3) 特大規制看板による規制予告

本工事の施工にあたり、沖縄本島の南部地域と北部地域を結ぶ大動脈である国道58号を通行止めとすることは、前例を見ない大規模規制であった。そこで、規制予告の広報活動においては、公共交通機関・警察・消防・地元住民へのチラシやポスターの配布、新聞広告、ラジオCM、一般的な規制予告看板や横断幕による広報に加えて、道路利用者への視認性を第一に考えた3.5 × 3.5 mの特大規制予告看板 (写真4 (a)) を複数個所に設置してドライバーへの周知を図った。規制当日の夜間には、写真4 (b) に示す高輝度シートでの迂回路案内に貼り替え、規制帯への誤進入車両の低減と迂回路への交通誘導の円滑化・交通事故防止に努めた。



写真3 ターンテーブル



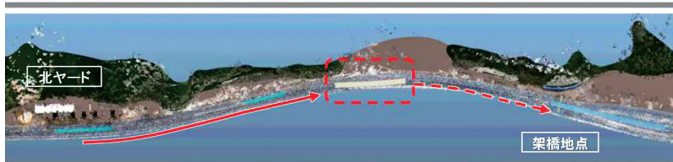
(a) 予告看板



(b) 高輝度シート迂回路案内

写真4 3.5 × 3.5 m 特大規制看板

STEP-4 海側2車線を道なりに走行



STEP-8 多軸式特殊台車 旋回

P3橋脚・電柱との離隔距離を確保しつつ前進する。P3橋脚を越えた後、前方台車固定のまま後方台車横行旋回。

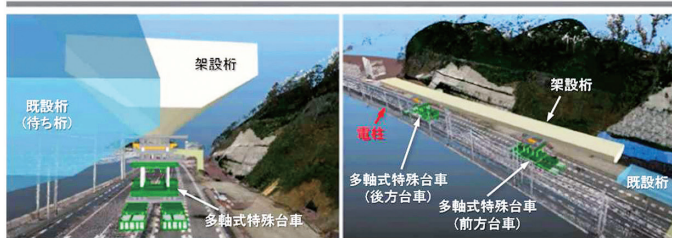
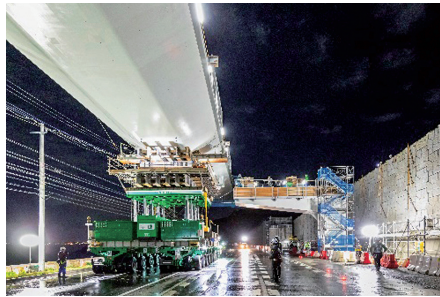


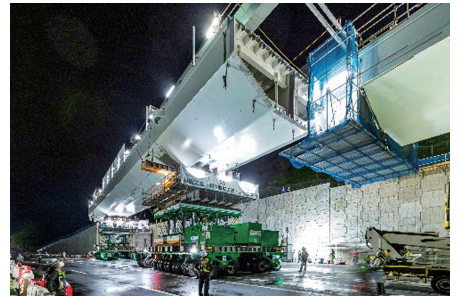
図8 桁運搬・架設シミュレーション動画 (抜粋)



(a) システムカディ退避



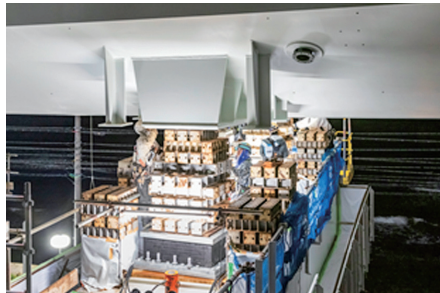
(b) 桁運搬



(c) 平面位置調整



(d) セッティングビーム仮受



(e) サンドル設備



(f) 高力ボルト締付

写真5 大ブロッカー一括架設状況

以上に紹介した綿密な施工計画の実施により、予定した全3回の夜間通行止め日程の中で、遅延なく架設を完了させることができた。夜間架設における各工程の施工状況を**写真5**に示す。なお、1回目と2回目の大ブロッカー一括架設はセッティングビームで桁を仮受けしながら仕口調整を行ったが、3回目にはセッティングビームを用いることなく、多軸式特殊台車周辺のオペレーションのみでモーメント連結を完遂できた。各種入念な施工計画のもと、架設を完了させた結果、主桁のそりの出来形精度は管理規格値の50%以内に収めることができた。

7. おわりに

本稿では、700 mに及ぶ長距離運搬をともなう多軸式特殊台車による大ブロッカー一括架設について報告した。厳しい時間的制約と施工条件の中で、多軸式特殊台車を用いたモーメント連結という特殊な架設工法を実現すべく各種対策を実施した結果、制限時間内に精度よく架設を終えることができた。本報告が今後計画される類似工事の参考となれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導・ご助言をいただきました内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所の担当職員、現場技術員の皆様、そして工事関係者に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 杉田, 興津, 小川, 金城, 津崎, 木原: 一般国道 58 号名護東道路 数久田 IC オンランプ橋の設計・施工, 橋梁と基礎 Vol.56, pp.7-12, 2022.6



写真6 完成写真