

株式会社名村造船所

六角川大橋（渡河部）の架設計画

大島 格文*

Oshima Noribumi

藤村 敏之**

Fujimura Toshiyuki



本橋は福岡県大牟田市から佐賀県鹿島市を結ぶ有明海沿岸道路のうち、一級河川六角川下流域を横断する位置に架橋された箱桁橋である。有明海に注ぐ六角川の河口付近は約6mもの干満差を有する広大な干潟が広がり、生産量日本一の佐賀のりの養殖場やそこに生息する地域固有の魚介類（ムツゴロウやワラスボなど）の漁も盛んで、多くの漁業関係船舶が本橋下を航路として利用している。

構造形式は4径間連続鋼床版箱桁橋で、支承形式は両端支点のみが可動の多点固定となっている。最大支間長は中央径間で190m、桁高は最大で6.6mもあり1箱桁の断面を6つに分割して製作した大規模橋梁となる。

このような条件のもと、中央径間の架設は海苔養殖と台風の時期を回避した期間に限定し、短期間で架設が可能な全旋回式クレーン船を用いたブロック単位での張出し架設工法を採用した。なお地組ブロックの大きさはクレーン船の能力から200t程度としている。空力対策試験（風洞実験）では完成形に加え、閉合前の架設形でも耐風安定性を検証している。本稿では、当初の架設工法に関する検証から実施計画の決定に至るまでの検討内容について紹介する。

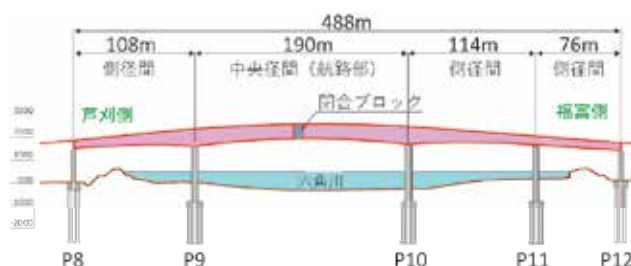
1. 緒言

発注時の架設計画は桁上に設置したクローラクレーンによる張出し架設工法であった。この場合、一連の工種が全てクリティカルとなって架設期間が長期に渡ってしまい、航行船舶の安全確保や河川の水質汚濁（例えば油漏れなど）等に対するリスクが高いという懸念事項があった。また中央径間の架設においては、台風時期における閉合前の耐風安定性に問題があったことから施工時期にも配慮しなければならないという課題もあった。

そこで、中央径間の架設は海苔養殖の時期（10月～4月中旬）と台風の時期（7月～9月）を外した期間に設定し、クレーン船によるブロック架設にて期間短縮を図っている。また地組立ブロックは事前に工場（伊万里事業所）で組立・塗装までを行って海上輸送することで中央径間の連続架設を可能にしている。

2. 橋梁概要

六角川大橋（渡河部）の橋梁概要を第1図に示す。



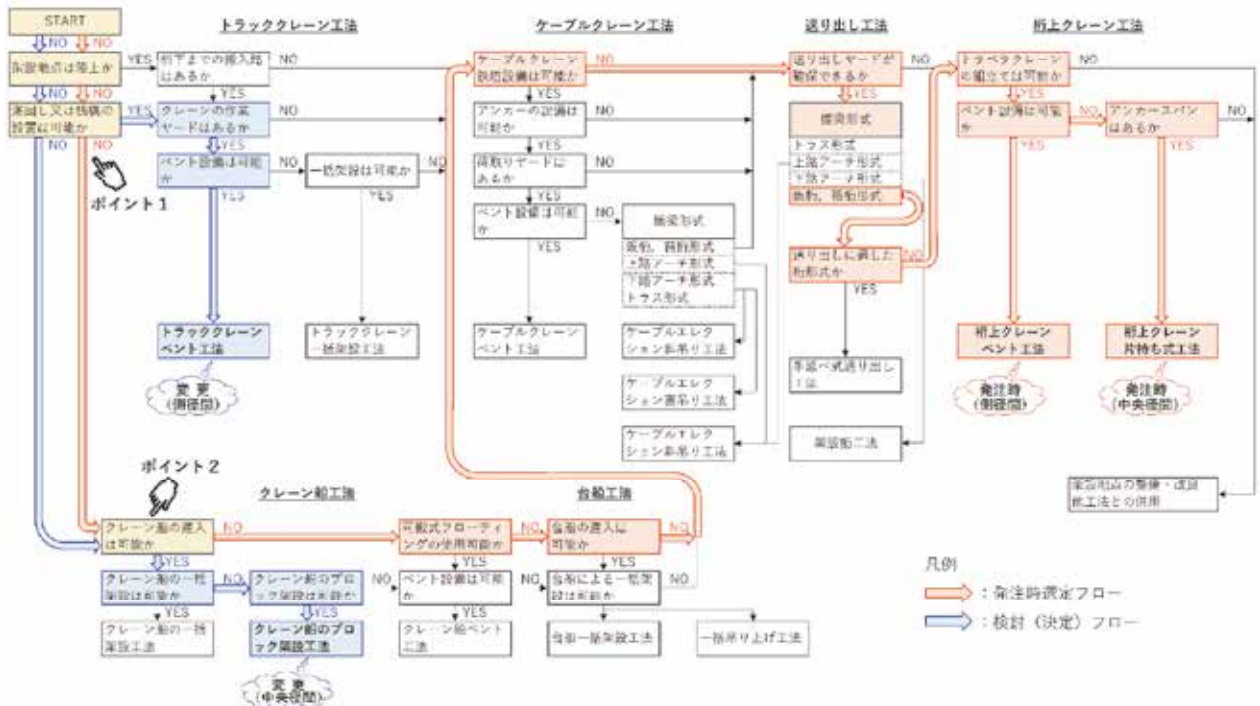
第1図 橋梁一般図

- ・橋梁形式：4径間連続鋼床版箱桁橋
- ・橋 長：488.000m
- ・径 間 長：108.000m+190.000m+114.000m+76.000m
- ・全 幅 員：10.200m（暫定2車線）
- ・有効幅員：9.500m（暫定2車線）
- ・鋼 重：2,916t

原稿受理日：July 31, 2019

*株式会社名村造船所 鉄構事業部 工事部 工事課

**株式会社名村造船所 鉄構事業部 工事部



第2図 架設工法選定フロー



第3図 発注時と変更計画の比較工程表

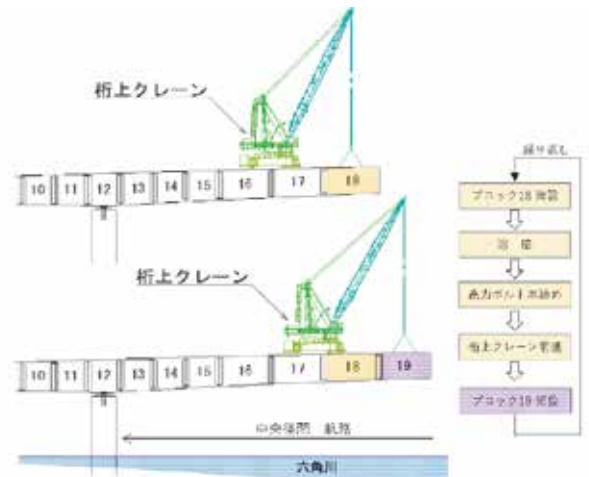
3. 架設工法の計画

3. 1 発注時架設工法の問題点

発注時の架設工法の選定フローを第2図に示す。ポイント1では仮橋は中央径間架設時の迂回航路確保の妨げとなるため設置不可、ポイント2では「海苔養殖期間中はクレーン船が進入不可」「干満差が大きく一定時間の必要水深確保が困難」であるためにクレーン船工法は不可となり、結果、河川に影響の少ない桁上クレーンによる片持ち式工法が採用されている。

架設手順は、第4図に示すように1ブロックずつ「架設→溶接→高力ボルト本締め」のサイクルを行って完成断面を構築してから次のブロック架設に進まなければならない。そのため、各工種が全て直列に並ぶクリティカルパスとなり、長い施工期間（第3図）と各工種の手持ち時間が発生する。また、中央径間は架設が完了するま

で台風に対する耐風安定性が担保されないことから、台風時期の作業休止（台風時期の後に架設開始）が発生し、更に施工期間が長期化するという状況であった。



第4図 桁上クレーン架設サイクル

3. 2 架設方法の変更と解決すべき課題

地域特性や台風時期を踏まえて短期間で施工可能な架設方法への変更を検討した。側径間は下部工施工時に使用した仮栈橋を転用し、その仮栈橋上からのクローラークレーンベント工法を選定、中央径間は全旋回式クレーン船を用いた河川からの架設とし、地組立ブロック単位の張出し架設工法を選定した。第8図に選定した架設計画図を示す。

但し、選定した架設工法の条件として、側径間は第2図に示すポイント1に対する第5図の課題、中央径間は第2図に示すポイント2に対する第6図の課題を検討して解決する必要があった。



第5図 側径間架設の課題



第6図 中央径間架設の課題

3. 3 側径間架設の課題とその対策

下部工施工時に使用した仮栈橋の転用は、製作工程と架設時期を調整することで解決できる。仮栈橋の耐力は既往の設計条件から 200t 吊クローラークレーンの荷重が想定されていた。上部工架設時も同じクレーン能力で問題はないが、吊り荷重の違いで荷重分布が異なるため、負荷率の高いケースと負荷なしのケースで再検討を行い問題ないことを確認した。

主桁は隣接工区の作業ヤードで地組立し(写真3)、仮栈橋まで自走台車で運搬(写真1)して架設(写真2)を行うことで各工種の手待ちが発生しないように計画した。



写真1 自走台車で仮栈橋まで運搬



写真2 仮栈橋から側径間を架設



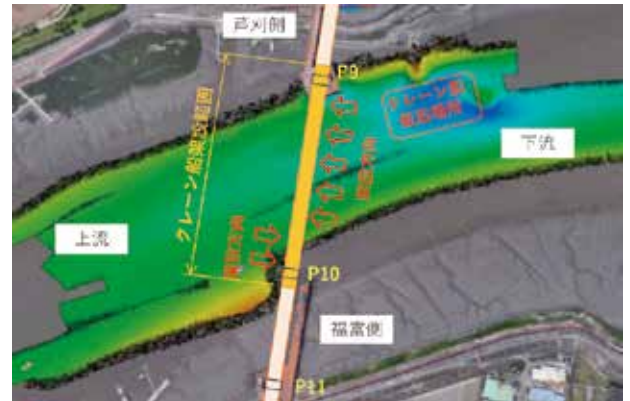
写真3 隣接工区の作業ヤードで地組立

3. 4 中央径間架設の課題とその対策

クレーン船による架設は河川を一定期間使用することになるため、仮橋の転用も含めて漁業協同組合や航路利用者の同意が必要になる。よって、関係先への施工内容の説明や漁業協同組合との定期的な打ち合わせを行いながら河川使用に向けての施工計画を検討した。

河川の使用は、海苔養殖の時期を外した期間（4月中旬～6月末）（第3図）とし、クレーン船による架設期間中も船舶の航行に支障がないこと（一定の航路幅を確保する）を前提に同意を得ることができた。

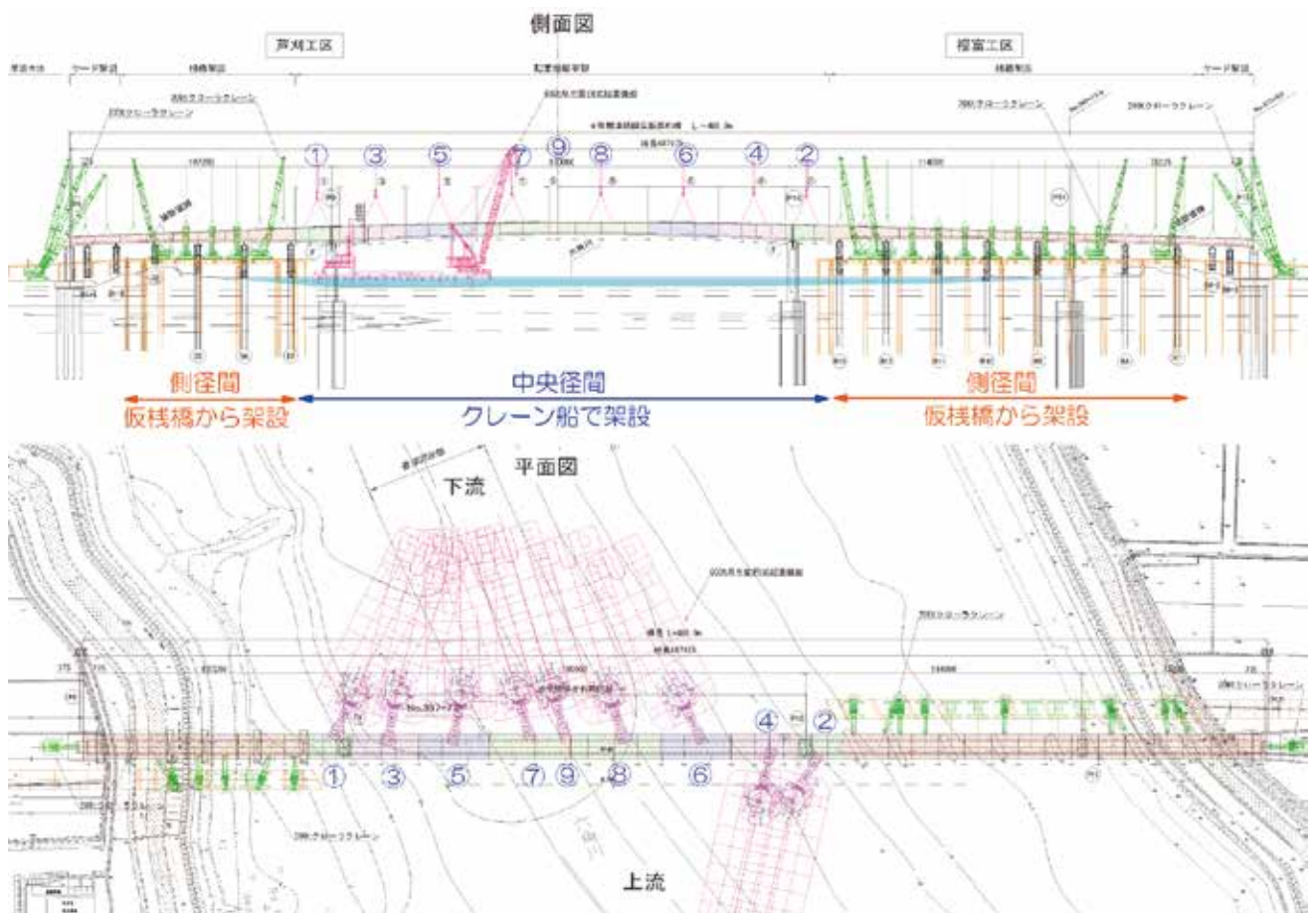
六角川は架設地点から河口まで遠浅で日本一の干満差を誇る。満潮時でも浅い場所があるため、クレーン船の規格、係留位置、架設時タイムスケジュール、航路、仮泊場所等を検討するために2素子音響測深機による深浅測量を実施した。深浅測量の結果（第7図）から河川幅は広いものの干潮になると殆ど干潟になり、満潮時でも喫水を確保しながら作業航行する範囲は限定されることが分かった。それを踏まえて架設時のクレーン船の配置は、福富側では上流側に、芦刈側では下流側に、仮泊場所は干潮時でも喫水を確保できる芦刈側の下流域に計画した。



第7図 深浅測量結果

クレーン船の能力は同河川内で航行実績がある 500t 吊りを基本仕様として計画し、その能力から中央径間を9分割にして架設することに決定した。（第8図）

最終的には船型・喫水がほぼ同じで吊り能力が高い 600t 吊全旋回式クレーン船を使用した。係留はスパッド式であることから、アンカーロープ式に比べて船体の位置決めが短時間で架設に必要な時間をより多く確保することができた。またアンカーロープの展張による船舶との接触事故が回避できるという利点もあった。



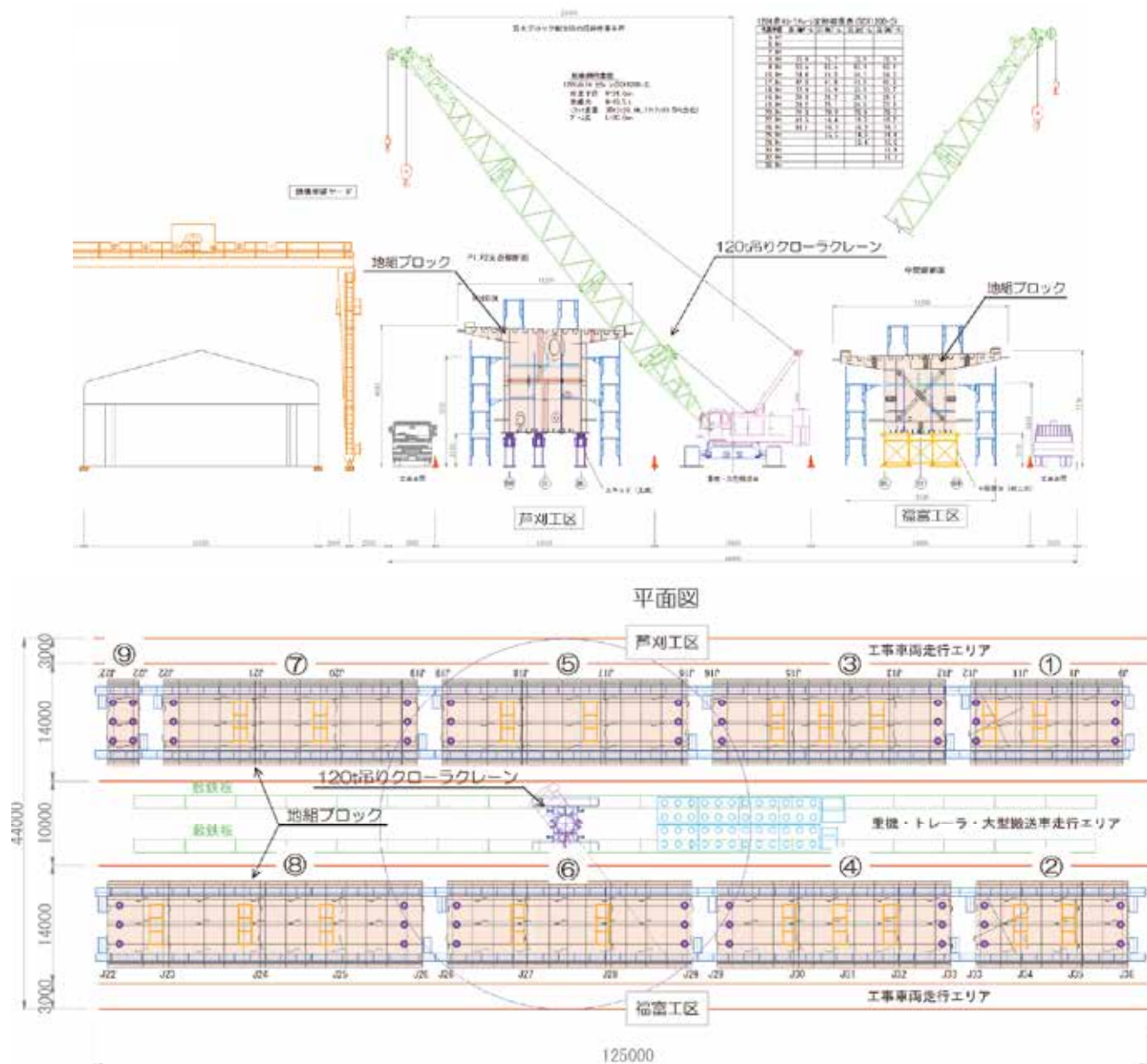
第8図 架設計画図

3. 5 中央径間の地組立

第9図に中央径間の地組立計画図を示す。地組立場所は当社工場の仮組立ヤードとし、芦刈工区と福富工区のブロックを並列に並べて、その間にクローラクレーンを配置して作業効率を高めた。大型化した地組立ブロックの輸送はヤードから1号岸壁までを多軸自走台車でを行い、台船にゴライアスクレーンで搭載した後、架設地点まで曳航にて海上輸送した。実施工程は中央径間の地組作業と現地での側径間架設が並行作業となったが、無事に中央径間の現地架設工程に間に合わせる事ができた。また、地組立作業の範囲を現場継手部の溶接と高力ボルト本締めおよび塗装作業までとしたことにより、中央径間架設時の足場の施工範囲を最小限にすることができた。



写真4 中央径間の地組立

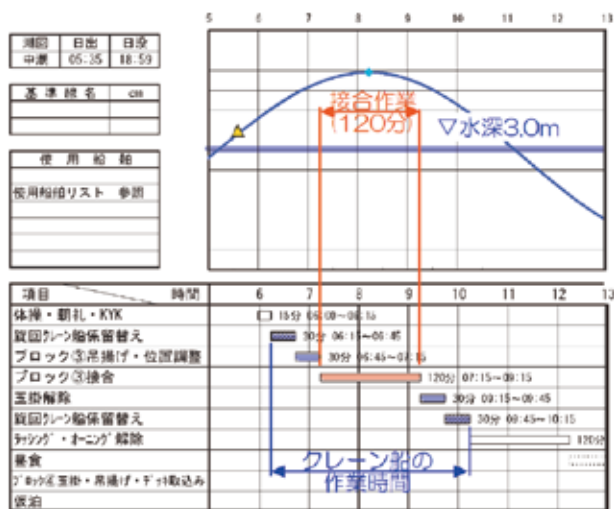


第9図 中央径間の地組立計画図

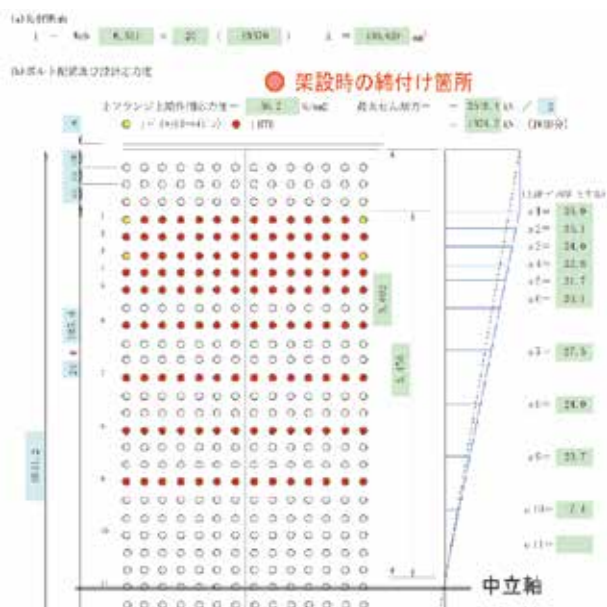
3. 6 中央径間の架設と接合作業

第10図に中央径間の架設タイムスケジュールを示す。クレーン船の必要な喫水と潮汐表から水深 3.0m 以上を作業可能な時間としてスケジュール管理を計画した。

全体の作業時間は約 4.0 時間、係留替え、吊り上げ、位置調整などの必要な作業時間を差し引くと接合作業は 2.0 時間程度と短い。接合作業に伴う高力ボルトの全数を締付ける時間はないため、架設時の作用応力から算出した必要本数のみを締付ける対策を講じた。第11図に上段引張側の高力ボルトの必要本数を示す。上から3段目までは摩擦接合用高力六角ボルトで締付け管理が異なるため、4段目以降のトルシア形高力ボルトを対象に必要な本数を検討している。また、主桁下端の圧縮側についても同じく実応力で必要本数を決定している。



第10図 中央径間の架設タイムスケジュール



第11図 高力ボルト必要本数の設計

鋼床版デッキ部は現場溶接による接合のため、エレクトロニクスによるボルト接合で架設を行い、溶接完了後に撤去する計画とした。（写真5）



写真5 鋼床版デッキ上のエレクトロニクス

3. 7 中央径間の架設状況

写真6に台船からクレーン船に地組立ブロックを積み替える状況を、写真7にクレーン船による架設状況を示す。



写真6 地組立ブロックの積み替え作業



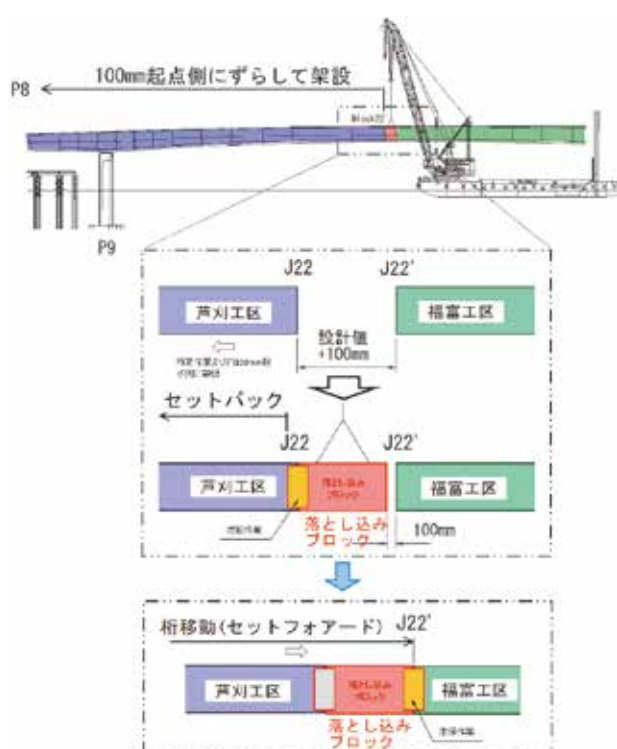
写真7 クレーン船による地組立ブロックの張出し架設

3. 8 落とし込み架設時の桁調整

地組立ブロック⑨（第8図）を確実に落とし込み、ボルト孔を合わせて接合するための調整方法を検討した。

3. 8. 1 橋軸および直角方向の調整

確実に落とし込むためには、設計値に加えた余裕量と主桁温度応力による伸縮量、さらに架設時の誤差等を考慮して芦刈工区側を起点側（P8側）に100mm程度セットバックする計画とした。また、J22を添接した後は、各橋脚上に設置した桁調整装置（油圧ジャッキ）で芦刈工区側をセットフォワードすると同時にJ22'継手の隙間調整を行って接合する計画とした。（第12図、写真8）



第12図 セットバック，セットフォワード略図



写真8 桁調整装置（油圧ジャッキ設備）

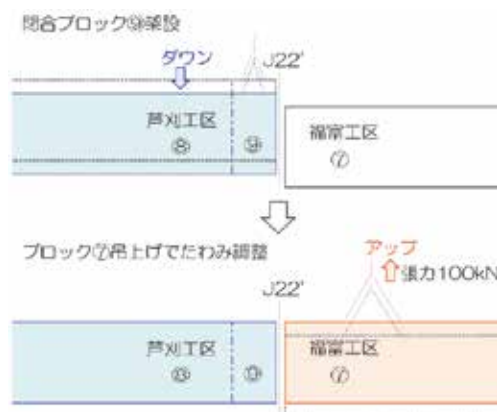
3. 8. 2 たわみ差の調整

設計段階で一度死荷重を清算して製作キャンバーに付加しているが、架設方法が変わったことで再度清算を行い閉合直前のたわみ差を算出した。芦刈工区のとわみが1,854mm，福富工区のとわみが1,956mmで、たわみ差が102mmとなった。（第13図）

落とし込みブロック架設後の鉛直たわみの調整方法を第14図に示す。計算結果によるたわみ差からブロック⑨の架設後に地組立ブロック⑦をクレーン船で吊り上げて調整する方法とした。写真9に落とし込み状況を示す。



第13図 閉合直前のたわみ計算結果



第14図 鉛直たわみの調整ステップ



写真9 閉合ブロック落とし込み状況

4. 空力対策試験¹⁾

本橋は完成形での耐風安定性を調査し、空力対策部材（水平プレート）を設置することで耐風安定性を確保している。架設形においては、中央径間を張り出した片持ち状態で不安定な形状になること、架設足場の設置で空力対策部材の効果が小さくなることから、実際の架設足場を再現して空力対策試験（風洞実験）を実施している。（写真 10）

架設足場の再現は、空力対策部材を極力阻害しない形状にするため、足場の範囲および安全ネットやシート張り防護範囲を変えながら繰り返し検証した。

その結果、シート張り範囲によって応答特性が変化することが判明したため、安全ネットを主体とした架設足場に決定した。中央径間の架設足場は、クレーン船架設時の継手部のみとして船舶航行に影響する作業を最小限にした。（写真 11）



写真 10 架設形の空力対策試験



写真 11 架設形断面の足場形状

5. 結言

本稿では架設方法の変更とその施工に至るまでのプロセスや施工計画の重要性について一部を紹介した。

架設方法は現場条件と周辺環境、地域特性や完成時期などを総合的に考慮して決定されている。必ずしも施工方法に絶対的な答えがあるとは限らないが、より安全で無駄のない架設計画を検討し、それを実行することが重要である。そのためには、これまで培ってきた技術・知識・経験に加えて、常に創造力を働かせることが肝要である。



写真 12 六角川大橋

謝辞

佐賀県並びに有明海沿岸道路整備事務所の皆様には、より良い架設方法の模索段階から積極的にご協力を頂き、また施工中においても適切にご指導を頂きながら施工を進めた結果、県内で類のない大規模橋梁工事を無事に完工することができましたこと厚く御礼申し上げます。

また、本橋の施工にご理解とご協力を頂きました佐賀県有明海漁業協同組合並びに組合員の皆様、河川利用者の皆様、近隣住民の皆様に心より感謝申し上げます。



写真 13 地組立ブロック接合を待ち受ける仲間たち

参考文献

- 1) 佐賀県有明海沿岸道路整備事務所、株式会社オリエンタルコンサルタンツ、道改 2A 第 111444-017 号 国道 444 号道路改良（国道）（2A）委託（橋梁耐風設計）第 1 編 耐風検討報告書 平成 29 年 10 月、pp. 19-40