

既存構造物の再利用・改築施工 ～阪神高速 三宝ジャンクション～

技術委員会 架設小委員会

株式会社 横河ブリッジ 下田 晃伸

1. はじめに

大阪の高速道路網は阪神高速 1号環状線を中心に放射状に道路が構成されており、路線間の通行には大阪中心部を通過する必要があるため、交通集中による慢性的交通渋滞が問題となっている。そこで南北に走る整備済みの4号湾岸線と近畿自動車道に新たに建設する東西に走る淀川左岸線、大和川線を接続し、都市圏内への通過交通を減少させ渋滞を緩和させる「大阪都市再生環状道路」の整備が進められている¹⁾。

本稿では、既設路線(4号湾岸線)のインターチェンジを改築し、新設路線(6号大和川線)と接続する三宝ジャンクション(写真-1)の改築工事について述べる。

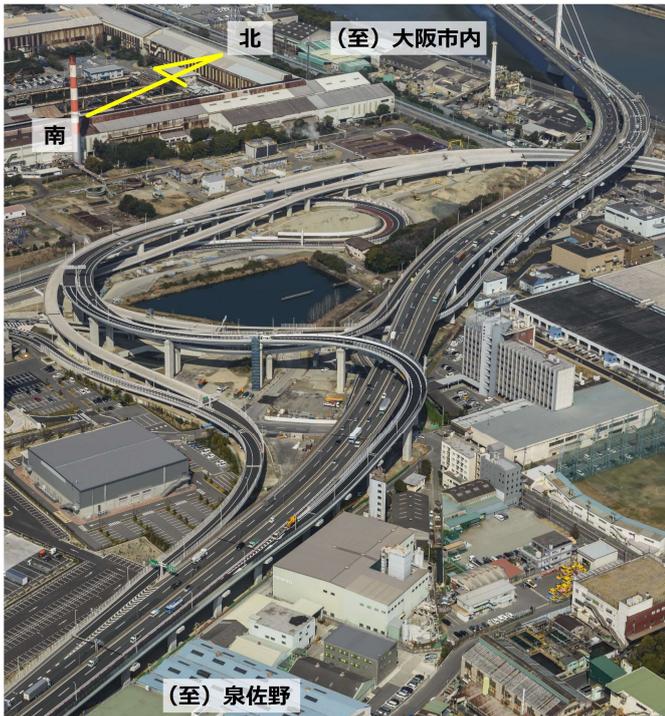


写真-1 三宝ジャンクション完成時 鳥瞰全景

2. 橋梁諸元および工事概要

阪神高速大和川線三宝ジャンクション(以下、ジャンクションはJCT)改築工事は、大阪府堺市の臨海部に位置し、昭和57年に供用開始した4号湾岸線の三宝出入路ランプの改築と、既設本線橋の拡幅、それに接続する新設ランプ桁の架設によりフルJCT化する工事

である(図-1)。既設桁と拡幅桁の一体化や、既設橋梁の改造、既設橋梁や街路構造物が近接し様々な制約のなかでの架設施工などの特徴がある。

さらに、撤去する既設部材の中で健全な部材は、資源の有効活用と環境負荷低減のため、再利用する計画であった。以下に工事概要を記す。

工事名：三宝第1工区鋼桁及び鋼製橋脚工事

施工者：横河・横河住金・瀧上JV

工期：平成22年4月8日～平成26年7月31日

(出入路開通：平成25年12月25日)

全体重量：総重量 5361 t (総延長 1734m)

橋梁形式：鋼橋15連(鋼床版桁、RC床版桁)、鋼製

橋脚改築2基、複合橋脚7基

場所：大阪府堺市堺区松屋大和川通4丁

～築港八幡町付近

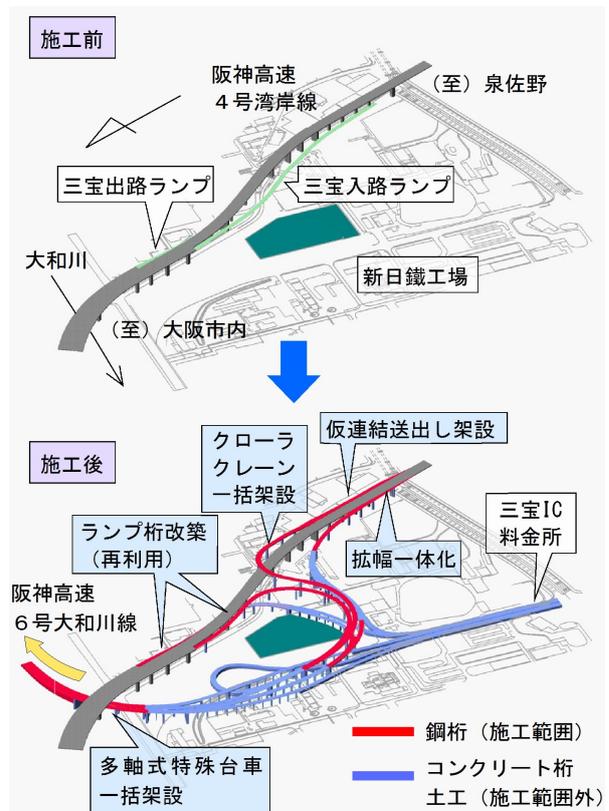


図-1 全体配置図(施工前→施工後)

本工事の特徴を以下にまとめる。

【詳細設計】

① 既設橋梁への接続のため実測値からの線形修正

- ② 周辺環境との調和をコンセプトにした景観設計の実施（鋼桁とコンクリート桁の連続性考慮²⁾）
- ③ 維持管理に配慮したダイヤフラム開口検討³⁾
- ④ 上下部工同時詳細設計による最適設計

【施工】

- ⑤ 既設ランプ桁ブロックの再利用(写真-3)
- ⑥ 既設鋼製橋脚横梁の再構築(写真-3)
- ⑦ 複合橋脚の施工（既設コンクリート橋脚横梁に鋼製橋脚横梁を連結）
- ⑧ 狭隘空間での仮連結送出し架設
- ⑨ 多軸式特殊台車を用いた大ブロック架設
- ⑩ 大型クローラクレーンによる大ブロック架設

本稿では、施工に着目してそれぞれの項目について詳述する。

3. 既設鋼桁の再利用

一般に、既存橋梁の線形が改良される場合には、橋梁単位で撤去、再構築が検討されるが、本工事では、線形計画上問題ないと判断される既存の桁部材ブロックを再利用し新規に製作した桁と接合させた(写真-3)。特に、再利用する既設入路ランプ橋は、供用から30年以上経過した耐候性橋梁(写真-2)であり、耐候性橋梁の再利用には前例がなく、解体、工場仮組、再架設には、傷や汚れが付かないように最善の注意を払った。

3. 1 橋梁概要

対象橋梁は、鋼3径間連続鋼床版1室箱桁橋である。使用されている耐候性鋼材は、建設当時（1980年）にはJIS規格が制定されていなかったため、阪神高速道路公団にて独自に定めた鋼材規格（H-SMA材⁴⁾）であり、機械的性質はJIS規格と同じ、化学成分はJIS規格より厳しい規格であった。外面は無塗装であり、鋼道路橋防食便覧⁵⁾に経年変化の良い事例として記載されているように良好な保護性さびが発生している。

3. 2 既設鋼桁の健全性調査

再利用の可否判断のため、鋼道路橋防食便覧を参考に付着塩分量測定、さび厚測定、セロテープ試験を行った。その結果、海岸線に近いものの風通しが良いため、全般的に良好な状態であった。しかし、近接目視点検において、鋼桁端部および支承部では、鋼材のうろこ状さびや、層状剥離さびが発生していた。

これは、伸縮装置に漏水跡が確認された(写真-4)ことから、伸縮装置からの漏水が乾燥しにくい環境の中で

滞水し発生したものと考えられる。以上の健全度調査の結果より、桁端部とその近傍を除けば良好な保護性さびが形成されており、再利用できると判断した。



写真-2 【施工前】入路ランプ橋



写真-3 【施工後】再利用されたランプ橋

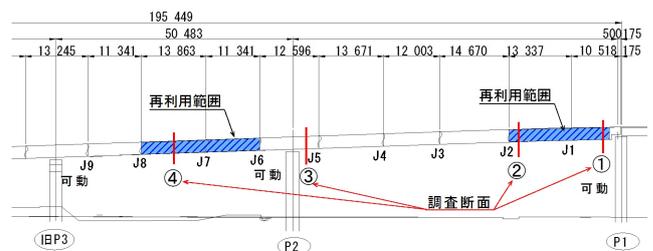


図-2 既設桁の健全度調査位置と再利用部位



写真-4 伸縮装置からの漏水と桁端の腐食状況

3.3 既設鋼桁の再利用設計

再利用にあたっては、平面線形や縦断線形、横断勾配を考慮し、再利用可能部位を選定した(図-2)。なお、桁端部は、撤去桁は直線橋であったが、新しく計画する橋梁は、曲線橋であることから支点部に新たにアウトリガーを設ける必要が生じた。桁端部で既設部材が錯綜する箇所新たにアウトリガーを設置することは困難であったこと、前述のとおり桁端部のみ耐候性鋼材の健全度に問題があったことから桁端部は新設することとした。

また、再利用桁は、1980年の道路橋示方書等に基づいて設計されているため、再利用にあたっては、現行基準を満足させる必要がある。設計において既設桁建設当時との大きな差がある項目として、活荷重の増大、巨大地震を想定した耐震設計、疲労設計の導入がある。

活荷重は、現行基準のB活荷重に増大しているが、改築後は支間割りに変更になっており、再利用部材は必要断面を確保することができた。

耐震設計により決定される桁端の支点補強材や支承、落橋防止システムは、新規製作する範囲であり、現行基準を適用することができた。

疲労設計について、鋼道路橋の疲労設計指針⁶⁾に基づき照査した結果、すべての部位で疲労限以下の応力範囲ではあった。しかしバルブリップ鋼床版であることから、既設鋼床版の疲労損傷事例⁷⁾を踏まえ、輪荷重直下範囲に、山形鋼によるあて板補強を行った(図-3)。

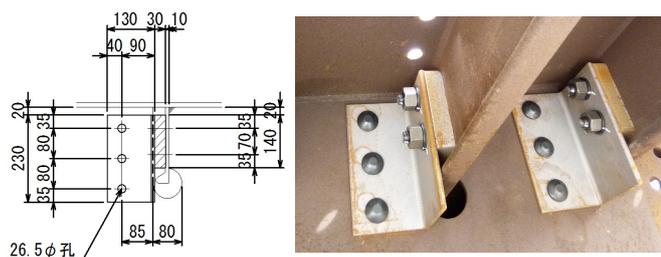


図-3 鋼床版縦リブと横リブ交差部の補強詳細

3.4 再利用桁の解体

再利用する既設桁は、市道直上に位置しているため、解体、架設作業のほとんどが夜間作業であった。解体時に主桁を支えるベントも市道上となるため、門型ベントを設置して、昼間の市道の通行を確保した。

施工手順は、まず桁ブロック解体準備として、遮音壁パネルおよびアスファルト舗装を撤去した(写真-5)。壁高欄コンクリート撤去は、切断に時間がかかること、

街路への排水が生じることから、鋼桁の継手部付近のみを乾式ウォールソーを用いて切断撤去し、桁ブロックを下ろしてから、現場ヤードにて、レベルソーを用いて残りの壁高欄を全量撤去した(写真-5)。再利用桁の鋼部材部には養生を行っていたが、壁高欄切断時に発生するモルタル水の鋼材表面への付着は避けられなかった。部材を工場に搬送した後、高圧水による洗浄を行ったが保護性さび内に侵入したモルタル粉を完全に除去することが出来なかったため、側縦桁ウェブ面には、新設ブロックと同様のさび安定化処理剤を塗布することとした。



写真-5 舗装撤去・壁高欄コンクリート撤去

夜間作業時間の短縮のため、桁ブロック解体(写真-6)の前に昼間に移動式足場を用いて、主桁のボルトを死荷重負担分を残して撤去した。



写真-6 既設入路ランプ橋の解体

3.5 再利用桁の補修、改造

箱桁内面塗装のタールエポキシ樹脂塗装は、局所的な損傷はあるものの塗膜としては良好な状態であったため、塗り重ね性を確認して、変性エポキシ樹脂塗装による部分的な補修塗装を施した。

再利用桁は、現行設計で標準仕様となっている箱桁下フランジの結露水排出のための導水板、および水抜きパイプが設けられていなかった。溶接による取付けでは外面の保護性さびを損傷させてしまうことから、強度部材ではないこと、箱桁内部での設置であり、万が一外れても落下等の安全性への影響がないことを鑑み、エポキシ樹脂接着剤による取付けを試みた⁸⁾。

3. 6 再利用桁の精度確保

再利用桁と新設桁との継手部の品質確保、桁全体形状の出来形精度確保のため、再利用桁は、工場に持ち帰り、新設桁と合わせて仮組立を行った。再利用桁は、撤去前に比べ、縦断線形が異なることや、路面の平面曲率の違いによる箱桁のねじれキャンバーが付加されていない等により、設計値に対して部材寸法に誤差を持っていた。このため、工場に持ち帰って継手部で誤差吸収し(図-4)、精度確認する必要があると判断した。

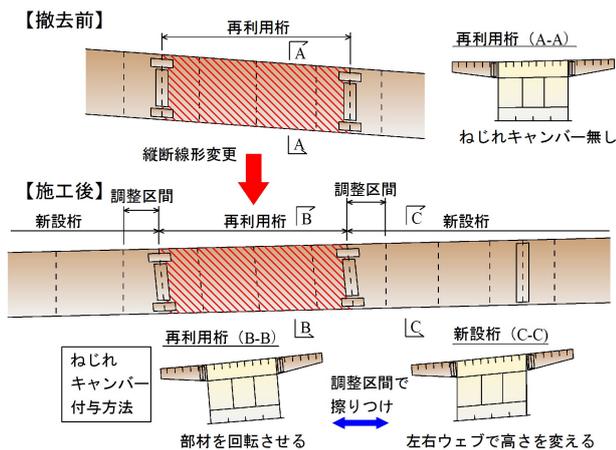


図-4 再利用桁の誤差吸収方針

工程上、本橋の原寸作業時点では、再利用桁の撤去が完了していなかったため詳細な実測寸法がなかった。そこで再利用桁範囲については、建設当時の図面から原寸3Dデータを再現し、縦断勾配の摺り付けシミュレーションを行い、この結果を設計値として、部材計測箇所や、継手部付近の調整代を付加する箇所を決定した。

その後、再利用桁を工場に搬入してから基本形状の確認と、取合部の継手部の断面形状、ボルト孔の配列、縦リブ間隔等を計測した。この計測結果をもとに隣り合う新設部材の部材長、形状の誤差吸収を行った。また、再利用桁のボルト孔配列は全箇所孔位置を計測し、新規製作する添接板に反映した。加工データへの反映が困難なデッキプレート重ね継手ボルト配置については、当てもみ等の現物合わせとした。

再利用桁と取り合う断面は、新設側ブロックの端部から500mm程度の区間のフランジとウェブの溶接を残しておき、再利用桁の断面形状の計測後に溶接することで両者の断面形状を合わせることができた。

以上の継手部の誤差吸収方法の実施と仮組立による全体形状の確認(写真-7)により、本橋の架設に関しては、新設桁と同様の精度で問題なく行うことができた。



写真-7 仮組立状況 (右側が再利用桁)

4. 複合橋脚の施工(既設鋼桁、既設橋脚への一体化)

既設4号湾岸線本線に対し、北方面対応の出入口は前述の既設の出入口ランプ桁の改築により本線の拡幅の必要はなかったが、南方面対応については湾岸線本線を拡幅する必要があった。

湾岸線本線の鋼3径間連続鋼床版箱桁と鋼3径間連続RC床版鉄桁に桁を増設して拡幅し、新設するランプ橋と接続する計画である。

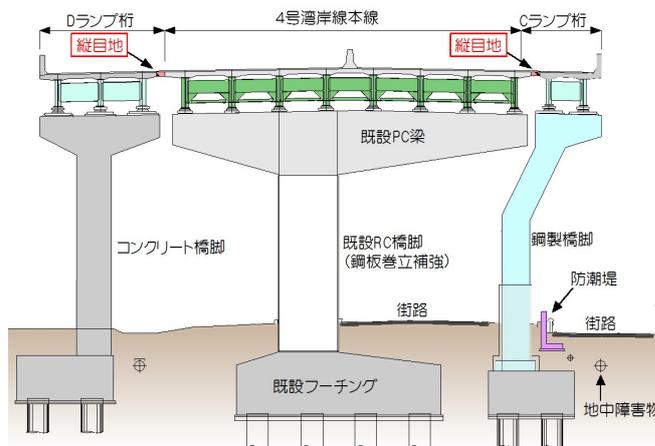


図-5 基本設計時の拡幅計画

4. 1 拡幅一体化の設計

基本設計では、拡幅桁は既設桁と接続せず、分離した橋梁で、床版のみを縦目地で連結する構造としていた(図-5)。しかし近年、縦目地部の車両通行時の騒音や活荷重によるたわみ差による走行性の悪化や、それに伴う劣化損傷が顕在化しており、縦目地構造は、維持管理上の問題となっていた。この問題を解決すべく検討した結果、詳細設計では、縦目地を設けることなく、既設橋脚と新設橋脚のフーチング、横梁を剛結し、上部工鋼桁では、既設桁と新設桁を連結横桁、床版で剛に接続する大幅な構造変更を行った(図-6)。

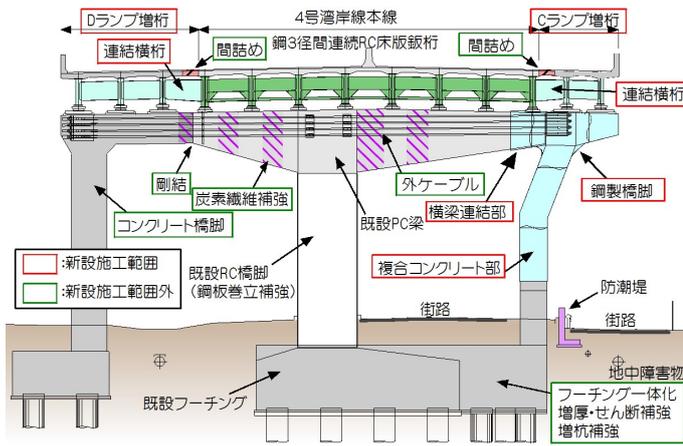


図-6 詳細設計時（実施工）の拡幅計画

4. 2 鋼製橋脚の設計

増設するCランプ側の橋脚は、街路および防潮堤との干渉を回避するため柱がくの字に屈曲した鋼製橋脚とした。柱基部は、アンカーフレームを無くした合理化設計であるRC橋脚との複合橋脚とし、既設橋脚横梁との連結には、他工事⁹⁾で実績のある鋼殻梁接合方式を採用した。この鋼殻梁には、コンクリート梁との接続部であるとともにDランプ側に増設するコンクリート橋脚横梁との接続のために必要な外ケーブル定着部が設置されていること、柱と梁が交差する隅角部に位置しせん断遅れの影響があることにより、複雑な応力性状を示すと考えられた。このため、この部位に着目した3次元FEM解析を実施し外ケーブル定着部および鋼製橋脚隅角部に発生する応力性状を確認し、部材配置および寸法の妥当性を確認した(図-7)。

解析モデルは、橋軸方向橋脚中心位置に対象条件を設定した1/2モデルとし、鋼製部材は、シェル要素、コンクリート部はソリッド要素でモデル化した。また、梁連結部の支圧面接合部には、接触要素を配置した。

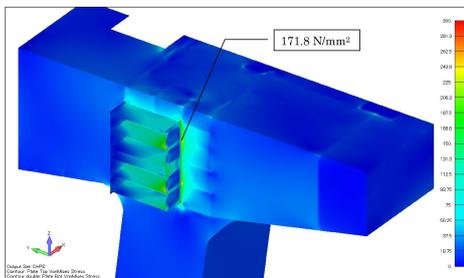


図-7 鋼製橋脚横梁部の3次元FEM解析

4. 3 鋼製橋脚の架設

複合橋脚の架設は、架設位置が4号湾岸線の路下となり、既設湾岸線の床版や既設橋脚横梁が架設地点の直上にあること、街路の幅員が狭くクレーンのアウト

リガーを最大張出しにできなかったことから、120t吊クレーンの相吊りで行った。民有地が近接することから狭い空間での相吊りによる横梁ブロックの旋回や既設橋脚横梁への差し込み施工は、難易度の高い架設となった(写真-8)。



写真-8 鋼製橋脚横梁の架設状況

架設完了後に柱の現場溶接を行い、既設橋脚横梁との連結を行った。次に既設との定着は、ケミカルアンカーを既設橋脚コンクリート横梁に定着し、鋼殻との隙間に樹脂モルタルを注入することで行った。鋼殻のケミカルアンカー孔は拡大孔とし、極厚ワッシャーを鋼殻と溶接することで誤差吸収しつつ、せん断力に抵抗できる構造としている。このワッシャーの溶接は、Dランプ側コンクリート橋脚との接合のためのPCケーブル緊張後に溶接することにより、過大なせん断力が作用しないように配慮した(図-8)(写真-9)。

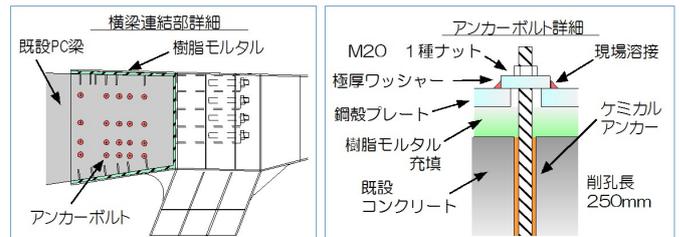


図-8 横梁連結部詳細



写真-9 既設橋脚横梁との連結（PCケーブル緊張）

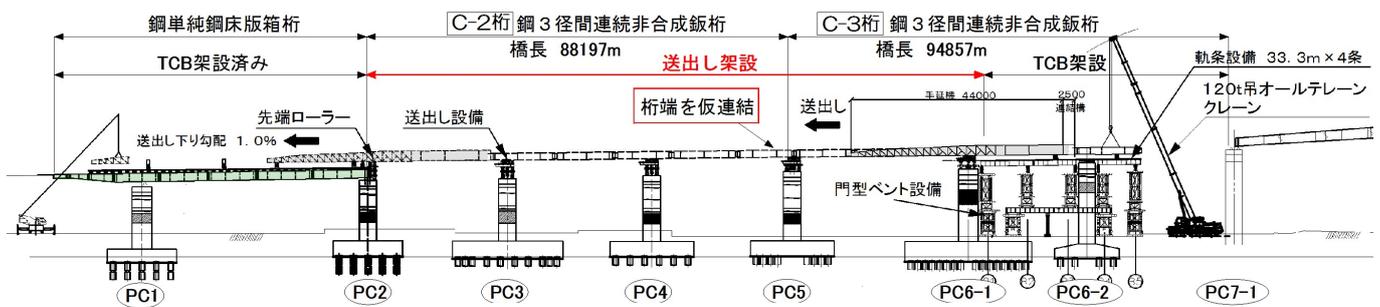


図-9 送出し架設要領図

4.4 拡幅桁の仮連結送り出し架設

近接する民有地に配慮して狭いスペースでの桁架設を可能とするため、鋼桁2連を仮連結して送出し架設する方法を採用した(図-9)。仮連結は、鋼桁2連の掛け違い部のPC5橋脚の主桁端部を延長して製作し、現場溶接接合にて仮連結した(写真-10)。これにより、軌条の盛替えを無くし、工程短縮、工費削減を図ることができた。この仮連結部は、送出し架設後、主桁降下する前にガス切断した。

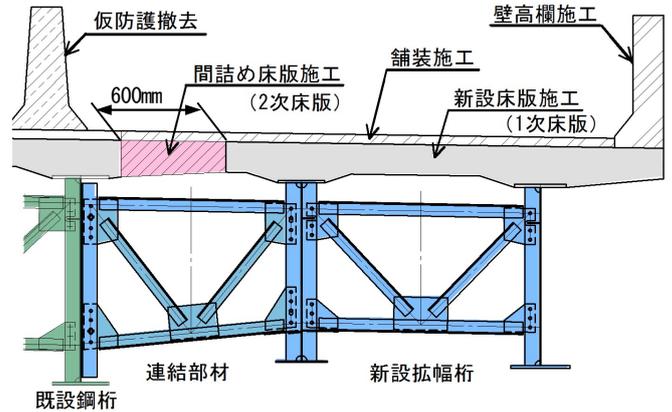


図-10 RC床版鋼桁 拡幅桁の連結詳細

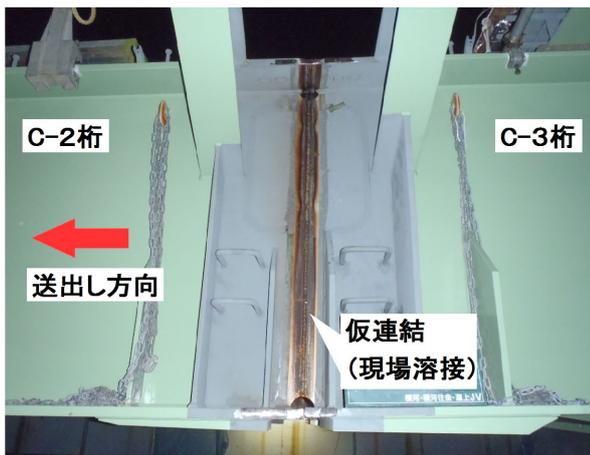


写真-10 送出し架設 仮連結部

4.5 既設桁と拡幅桁の連結 (RC床版桁)

新設の拡幅桁の送出し架設を完了した後、支点支持状態で、新設桁の床版コンクリート(1次床版)を打設してから、ほとんどの死荷重キャンバーが下がった後で既設桁と連結した。それは、新設桁の死荷重を極力既設桁で負担させないようにして、既設桁の接続部控え補強を低減するとともに、耐震設計上、既設橋脚への負担荷重増大を防ぐためである。

連結横桁は、ボルト差込み方向の誤差は、フィラープレートの追加設置で、ボルト孔配置の誤差はボルト孔の当てもみで誤差吸収して連結し、その後、幅600mmの間詰め床版コンクリート(2次床版)を打設した(図-10)。

4.6 既設桁と拡幅桁の連結 (鋼床版桁)

増桁拡幅を行う橋梁には、既設桁が鋼床版箱桁形式の箇所もあった。増設桁と既設桁の接続部間詰め部材は、新設桁を架設した後に、既設桁との遊間を実測して製作した。この間詰め部材は、既設と新設の鋼材同士の連結となることから、より精度の高い実測と、部材製作精度が求められた。実測は、街路からノンプリズムトータルステーションで既設桁の全体形状を把握し、足場設置後に既設桁の部材寸法を詳細計測して部材寸法に反映した。

既設桁との連結は、既設桁側が供用中であり、常時車両による振動が発生しているため、現場溶接接合とはせず、ボルトにて連結した(写真-11)。



写真-11 鋼床版桁拡幅部

5. 多軸式特殊台車を用いた大ブロック架設

4号湾岸線の直下に架設する橋梁では、クレーンが使用できないため、多軸式特殊台車（以下多軸台車）による架設を行った。鋼桁は、3径間連続鋼床版箱桁のうち4号湾岸線の直下となる中央径間を多軸台車架設し、残りの側径間は、トラッククレーンベント架設を行った。

5.1 架設概要

架設地点近傍の地組立ヤードで主桁の架設から塗装、足場の設置まで行った。架設位置までの区間で多軸台車の走行に対して障害となる道路構造物（ガードレール、中央分離帯）などは、夜間作業にてあらかじめ撤去を行った。ヤード車道への接続区間は、縦断勾配に折れ点が生じるが、多軸台車車輪のジャッキストローク（±150mm）で吸収できることを事前に確認した。

多軸台車架設では、ブロック長 57.3m、幅 10.0m、重量 212tf の桁ブロックを1晩で架設した。多軸台車の構成は、5軸台車1台と3軸2台を直列に接続し、これを橋軸方向に2組配置した。

多軸台車は、夜間規制が完了してから市道上への移動を開始した。橋脚に据え付ける際は、ジャッキストローク 2.2m のテーブルリフトを降下させて橋脚に仮据付した(写真-12)。



写真-12 多軸式特殊台車による大ブロック架設

6. 大型クローラクレーンによる大ブロック架設

4号湾岸線を横断する4径間連続 RC 床版1室箱桁の架設は、ベント位置の制約が多く曲線ねじれの影響も大きいことから入念な施工計画のもと施工を行った。

4径間のうち、端部1径間を先行してベント架設し、次に4号湾岸線上の径間ブロック 129t（部材長 54m）

を架設してから残りの径間をベント架設する片押し架設施工手順とした。

6.1 架設準備

800t 吊クローラクレーンの据え付け位置と主桁の地組位置は、近接道路、防潮堤および高圧ガス管の埋設位置を考慮して決定した。クレーン据付位置は埋め立て地で軟弱地盤のため、地盤調査には、10m までの浅い地盤にスウェーデン式サウンディングを行い、10m 以上の深い地盤にはオートマチックラムサウンディングを用いた。800t 吊クローラクレーンのカウンターワゴンの反力より、 1125kN/m^2 以上の地耐力が必要であり、配合試験の結果、添加剤 130kg/m^3 深さ 1.0 m の地盤改良が必要であった。また、クローラクレーンを据え付ける場所には、板厚 22mm の敷鉄板を全面に敷設した。

6.2 架設時の負反力対策

大ブロック架設する部材は、平面曲率半径 50m と曲率が小さい橋梁であるため、施工途中の大ブロック架設完了後の状況では、完成後には発生しない仮受け橋脚の内側支承に負反力が生じる。そこで、主桁部材の支点上に仮設のアウトリガーを設置し、これを橋脚に近接設置したベントで支える構造にして負反力を打ち消した(写真-13)。



写真-13 仮設アウトリガーによる負反力対策

6.3 湾岸線上大ブロック架設

大ブロック架設は、1夜間に4号湾岸線とその直下の市道を夜間通行止めして行った(写真-14)。

主桁は規制完了と同時に、湾岸線の高さをかわす位置まで吊り上げ、架設位置まで湾岸線上空を旋回させた。その後、先行架設側から仕口を調整しながらセッティングビームで仮受けし、仮連結した。次に桁ブロ

ック反対側の中間橋脚上の支承に仮受けした。この時、前述の鋼桁に追加設置した桁転倒防止のための仮設アウトリガーを橋脚に近接設置したアウトリガー用ベントで支持した。また、据付直前にはラッシングワイヤー（レバーブロック）で桁調整を行い、桁調整完了後に先行架設側の添接板の高力ボルトを本締めした。最後に玉掛けワイヤを25t ラフテレーンクレーンを用いて取り外し、4号湾岸線上に異常がないかを確認して規制を解除した。



写真-14 800tf クローラクレーン大ブロック架設

7. おわりに

本工事は、フル JCT を構築するために、多くの施工工種があり、多くの検討事項があった。これらを一つずつ解決することにより工事を完了することができた。

高速道路などの道路インフラの整備が進められネットワークが完成に近づいていることから、新たな建設事業は今後少なくなると予想されるが、鋼橋の老朽化に伴う大規模更新や自動車専用道路のジャンクション改築などの既存構造物を更新・改築する事業が増加していくものと思われる。本稿が今後の類似工事の一助

となれば幸いである。

最後に工事の計画・施工にあたりご指導いただきました阪神高速道路株式会社の関係各署の方々、数多くのご協力をいただいた JV 構成員、工事に携わった皆様に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 塚本 学他：阪神高速大和川線と三宝ジャンクションの概要，橋梁と基礎，2015. 6. P18
- 2) 茂呂拓実他：鋼橋－コンクリート橋 掛け違い部の景観設計，土木学会第 66 回年次学術講演会 VI-130, pp. 259-260, 2011. 9.
- 3) 石井博典他：維持管理作業性に配慮した鋼箱桁ダイヤフラム開口形状の設計と解析的検証，鋼構造論文集，第 21 巻，第 83 号，2014. 9. P31
- 4) 阪神高速道路公団：耐候性橋梁の適用性に関する調査研究報告書，1996. 3.
- 5) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，写真－III. 2. 2, 平成 26 年 3 月
- 6) (社) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，丸善株式会社，平成 14 年 3 月
- 7) 阪神高速道路公団，(財) 阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路における鋼橋の疲労対策，平成 14 年 3 月
- 8) 茂呂拓実他：三宝ジャンクションの桁再利用および新旧橋脚一体構造，橋梁と基礎，2015. 6. P35
- 9) 熊谷芳幸他：名古屋高速道路都心環状線山王ジャンクション拡幅工事の設計・施工（上）－高速道路・平面街路供用下における曲線橋の車線拡幅－，橋梁と基礎，2008. 10. P19



写真-15 三宝ジャンクション全景（鋼桁とコンクリート桁の連続性を考慮した景観設計）

