

# 喜連瓜破橋大規模更新工事における

## 鋼製箱桁橋等の架設技術

阪神高速道路(株)管理本部大阪保全部保全事業第一課

渡辺 真介

阪神高速道路(株)保全交通部保全企画課

大池 岳人

独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構

前 阪神高速道路(株)管理本部大阪保全部改築・更新事業課

森 謙吾

### 要 旨

喜連瓜破橋大規模更新工事では、高速道路一部区間を約 2 年半にわたり通行止めにした上で、重交通交差点直上の橋梁架替えを実施した。3 径間連続有ヒンジラーメン PC 箱桁橋の桁部分を撤去し、新たに鋼製箱桁橋を架設している。また、橋脚上部を一部撤去した中間橋脚には、新たな鋼製梁を架設している。

架設作業は 3 種類の架設工法によって、3 径間の鋼製箱桁橋及び 2 基の鋼製梁の架設を延べ 4 夜間で完結させるとともに、現地での地組立てから通行止め区間の通行再開までを約 14 ヶ月で完了させている。

新たな鋼製箱桁橋の鋼床版には疲労耐久性の高い「高性能鋼床版」を採用し、鋼床版面上の添接用ボルトには舗装構造の耐久性向上に寄与する皿型高力トルシアボルトを採用している。さらに、重交通交差点上での維持管理性を考慮し、橋梁の裏面及び側面には常設足場を取り付け、100 年橋梁への更新が完了している。

**キーワード:** リニューアルプロジェクト、大規模更新、皿型高力トルシアボルト、高性能鋼床版、常設足場

### はじめに

14 号松原線に位置する 3 径間連続有ヒンジラーメン PC 箱桁橋（松 S464～松 S466）は、供用から数年後にヒンジ部で垂れ下がりが生じる等の損傷が顕在化し、これまでに多くの対策を講じてきたが抜本的な改善には至らなかった<sup>1)</sup>。そこで、長期耐久性の確保及び維持管理性の向上を図るため、橋梁を撤去した上で、3 径間連続鋼床版鋼製箱桁橋（以下、鋼製箱桁橋）等を新たに架設し、大規模な橋梁架替え工事を完了させている（写真-1）。

重交通交差点直上で架替えを行うにあたり、撤

去工事では交差点の交通を妨げない新たな撤去工法を採用し、周辺環境に配慮した施工を行った<sup>1)</sup>。

一方、架設工事では交差点の全面的な交通規制が伴う架設作業を延べ 4 夜間で完結させ、周辺の交通影響を最低限に留める計画とした。

本稿では、鋼製箱桁橋等の架設工事の内容と併せ、100 年橋梁を目指した鋼製箱桁橋の特徴を報



写真-1 架替え後の喜連瓜破橋

告するとともに、約2年半の高速道路一部区間通行止めを伴って実施した架替え工事を総括する。

## 1. 架設工事の概要

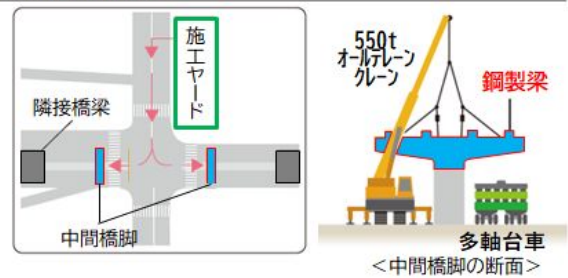
本工事での架設対象は鋼製箱桁と鋼製梁である(図-1)。鋼製箱桁は南北の側径間部と中央径間部に3分割している。施工ヤード等の都合上、中央径間部は交差点内で90°回転させる必要があり、交差点の大きさに応じて架設延長を39mと支間長の65mよりも短くし、その分両側の側径間部の架設延長を57mと支間長の44mよりも長くしている。また、ラーメン構造により、桁と橋脚が一体となっていた2基の中間橋脚(RC橋脚/松P465, 松P466)は柱部を残して上部を撤去しており、柱部の上に新たな鋼製梁を架設している。

全体の架設手順は、まず、図-2a)に示すように、中間橋脚上に鋼製梁をクレーン一括架設することで中間橋脚を再構築した。続いて、図-2b)に示すように、この新たな中間橋脚と端部橋脚を支点として、南北両側の側径間部を片側ずつ送り出し架設した。最後は、図-2c)に示すように、先に架設した側径間部に取り付けた吊上げ装置によって中央径間部を吊上げ架設した。

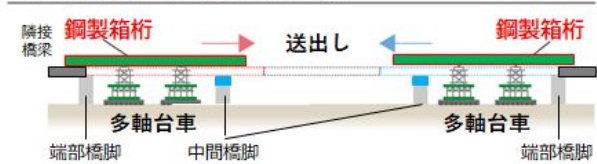
架設工事における施工ヤード(写真-2)は撤去工事と同様、瓜破交差点南西角の大阪市用地(約2,200m<sup>2</sup>)を利用し、各架設作業にて使用する多軸台車やクレーン車等の組立ての他、鋼製梁や中

央径間部の鋼製箱桁の地組立てを行った。なお、側径間部の鋼製箱桁の地組立ては、架設区間に隣接する橋梁上面を組立てヤードとした。

### a) 鋼製梁の架設



### b) 側径間部の鋼製箱桁の架設



### c) 中央径間部の鋼製箱桁の架設



図-2 架設手順 a), b), c)



写真-2 瓜破交差点と施工ヤード

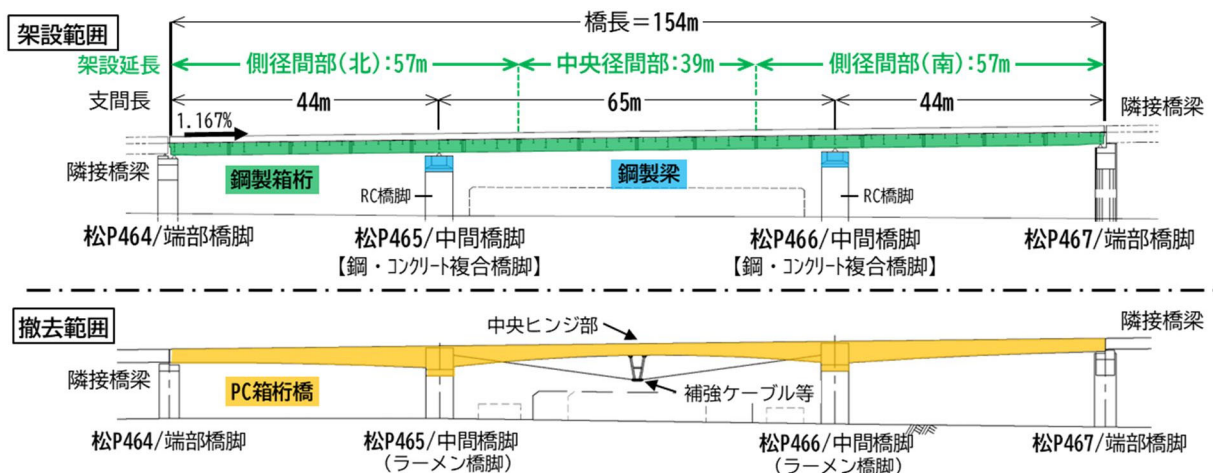


図-1 喜連瓜破橋の架設範囲(上)と撤去範囲(下)

## 2. 鋼製梁の架設

### 2-1 地組立て

鋼製梁は1基あたり重量約85t、橋軸直角方向の長さ17mである。中央部分は高さ2.5m、梁幅はRC橋脚に合わせて4.5m、両端部にかけて高さ1.5m、梁幅2.5mと擦り付け形状としている。中央部分は幅方向に2分割したものを現場溶接し、中央部分と両端梁部分はボルト添接により組立てている。組立て完了後に1基ずつ多軸台車（5軸×2台の並列連結）に搭載した。

また、鋼製梁の架設に使用する2台の550t吊オールテレーンクレーン車（以下AC車）は、施工ヤード内にて、2台の60t吊ラフタークレーンによる相吊りで組立てた。

### 2-2 クレーン一括架設

2基の鋼製梁の架設を1夜間のうちに完了させるため、2台の550t吊AC車を使用した。550t吊AC車は施工ヤードから交差点内まで自走し、架設のために必要となる約130tのカウンターウ

ェイトは多軸台車で施工ヤードから運搬し、交差点内にてクレーンで550t吊AC車自身に搭載した。

2基の鋼製梁も多軸台車で施工ヤードからそれぞれのクレーン車の横まで運搬し、2基の中間橋脚（RC橋脚）天端上への架設を行った（写真-3、4）。橋脚天端には鋼製架台（写真-5）を設置しており、調整ジャッキで位置を調整しながら架設し、高力ボルトにより鋼製梁と鋼製架台を仮固定することで架設当日の作業を完了した（写真-6）。

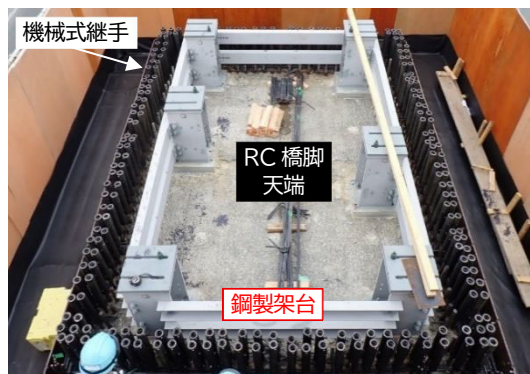


写真-5 RC橋脚天端の鋼製架台（架設前）

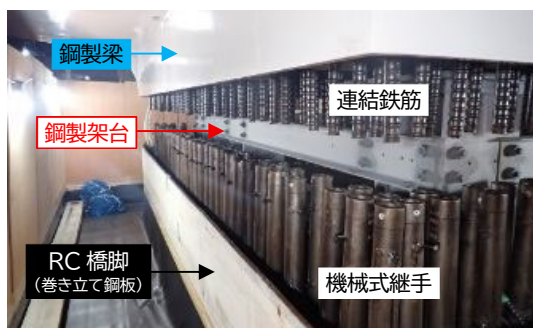


写真-6 鋼製梁とRC橋脚の接合部（架設後仮固定状態）



写真-3 鋼製梁の運搬



写真-4 鋼製梁のクレーン一括架設

## 2-3 鋼・コンクリート複合橋脚

中間橋脚は PC 箱桁部を撤去して残った RC 橋脚の柱部と新たな鋼製梁を剛結することで鋼・コンクリート複合橋脚としている (図-3)。

接合部は、RC 橋脚天端部のコンクリートからウォータージェットにより研り出した主鉄筋 (写真-7) を機械式継手で延長し、鋼製梁の内部まで差し込んで剛結コンクリートに定着させる構造としている。機械式継手により延長する合計 236 本/基の連結鉄筋は、鋼製梁の地組立て後、架設前に鋼製梁側に取り付けた状態で架設し、架設後に柱部の主鉄筋と機械式継手 (写真-8) により接続している。また、鋼製梁内側腹板には孔あき鋼板ジベル (PBL) を配置 (写真-9) し、鋼製梁から剛結コンクリート、柱断面へと確実に応力伝達できる構造としている。

鋼・コンクリート複合橋脚の設計は「鋼・コンクリート複合橋脚設計手引き 平成 20 年 6 月 阪神高速道路 (株)」及び「RC 柱-鋼製梁複合橋脚の設計・施工要領 (案) 平成 7 年 5 月 阪神高速道路公団」に準拠した。

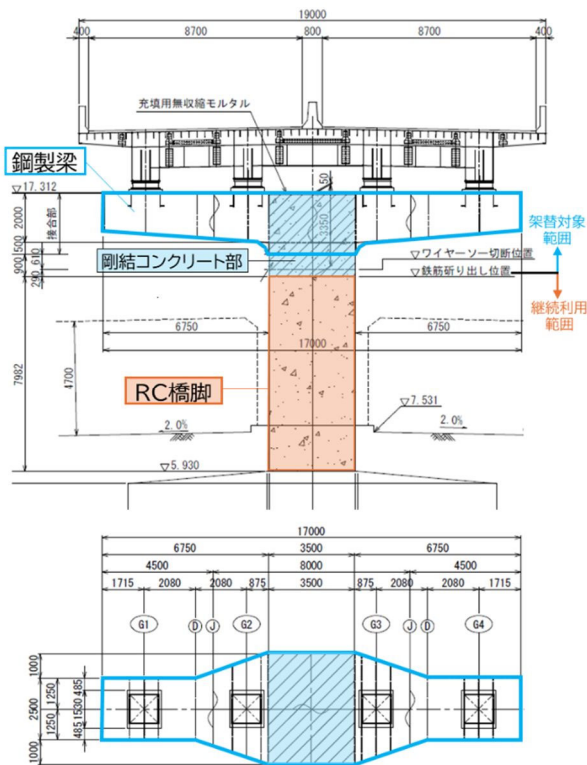


図-3 鋼・コンクリート複合橋脚/中間橋脚  
(上:正面図, 下:平面図)

## 2-4 剛結コンクリート

鋼製梁と RC 橋脚を一体化する剛結コンクリートは、機械式継手を含む鋼製梁と RC 橋脚の接合部 (高さ約 1.45 m) には高流動コンクリートを、鋼製梁の内部空間 (約 1.9 m) には中流動コンクリートと、2 回に分けて打設している。型枠が必要となる鋼製梁と RC 橋脚の接合部にはアクリル製の透明型枠を使用し、間隙の少ない機械式継手部の充填性を確認した (写真-10)。



写真-7 RC 橋脚の主鉄筋



写真-8 機械式継手 (モルタル充填継手)



写真-9 鋼製梁内部の孔あき鋼板ジベル  
(剛結コンクリート打設中)



写真-10 透明型枠部 (左:打設前 右:打設中)

### 3. 側径間部の鋼製箱桁の架設

#### 3-1 地組立て

交差点を挟んで南北に架設する側径間部の鋼製箱桁は、いずれも重量約 500 t、長さ約 57 m、幅 19 m、桁高 2 m の 4 主細幅箱桁橋である。桁本体や組立作業による載荷荷重の影響を勘案した上で、220 t 吊 AC 車を使用して架設区間に隣接する既設橋梁上にて地組立てを行った（写真-11）。断面で 12 分割（図-4）、橋軸方向に 6 分割した桁部材を仮設バント柱で受けながら、全てボルト添接により組立てた。既設橋梁上で鋼製箱桁を送り出すためのエンドレスローラーは既設橋脚の直上付近に合計 3 支線分据え付けた。また、送り出し時の鋼製箱桁の滑動・逸走防止のためのおしめ設備も既設橋梁上に設置している（図-5、写真-12）。



写真-11 既設橋梁上での地組立て  
（上:組立て中, 下:組立て完了）

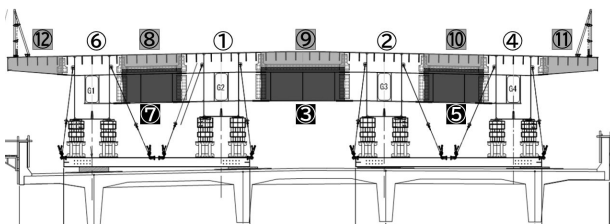


図-4 鋼製箱桁の断面割付（番号は組立順序）

#### 3-2 多軸台車

側径間部の送り出し架設はエンドレスローラーと合計 4 基の多軸台車を併用した。多軸台車は 1 基あたり軸方向に計 10 軸の編成を横に 2 列並列にした大規模な構成で、これを施工ヤード内で組立てた。

高さ方向の構成は、多軸台車の上に 2 段の受梁、2 段のテーブルリフト、さらに 1 段の受梁と箱桁支持点を積み重ねている。鋼製箱桁の受替え、降下を行うため、テーブルリフトは 2 段積みにして、最大 4.2 m の伸縮に対応している。支持点はサンドルで組み上げ箱桁下フランジを受ける形としている（図-6）。

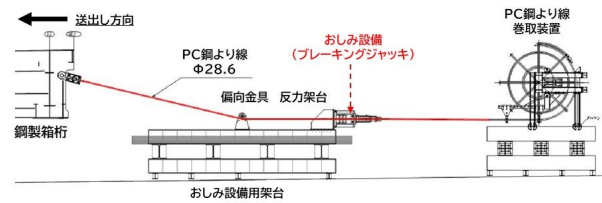


図-5 おしめ設備の概要



写真-12 おしめ設備

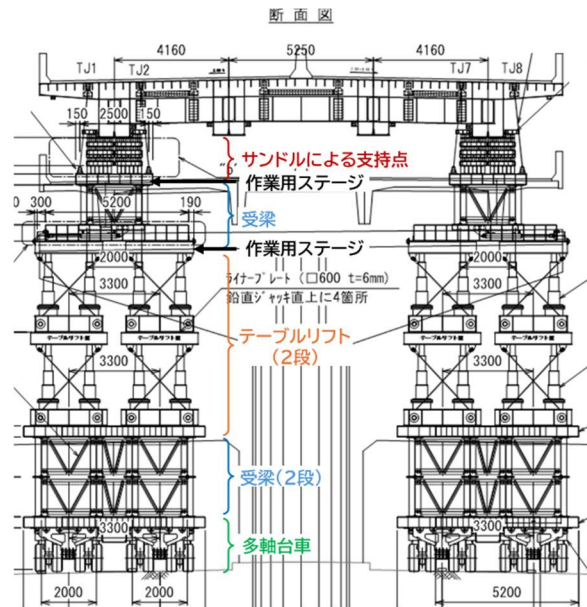


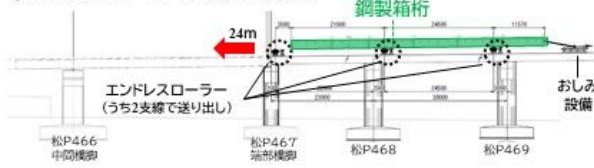
図-6 送り出し架設用の多軸台車構成

### 3-3 送り出し架設

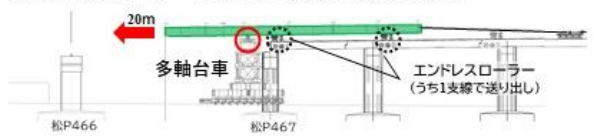
側径間部の送り出し架設の架設手順（図-7）は3段階の送り出しと降下に分かれ、この手順を1夜間で完結させている（写真-13）。南北ともに同じ要領であるが、桁下高さの違い等により多軸台車の組替えが必要となることから、南側の架設の2週間後に北側の架設を行った。

①鋼製箱桁を既設橋梁上の仮設ベントからエンドレスローラー（写真-14）に受替え、エンドレスローラーの駆動力によって鋼製箱桁を前方に

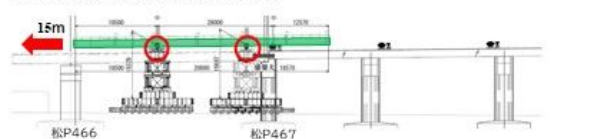
① エンドレスローラーによる送り出し



② エンドレスローラー+多軸台車(2台)による送り出し



③ 多軸台車(4台)による送り出し



④ 降下/テーブルリフトのジャッキダウン

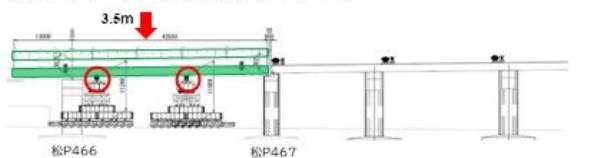


図-7 送り出し架設手順

送り出す。3支線のエンドレスローラーのうち、盛替えながら常に2支線で支持し、既設橋梁から24mほど前方に送り出した。この間、4基の多軸台車は受替えに備え、施工ヤードから側径間付近に移動させている。

②片持ち状態で張り出した鋼製箱桁の前方を2基の多軸台車で受替えた。そして、前方の多軸台車と後方のエンドレスローラー（1支線）を併用する形で約20m送り出した。

③最後は、鋼製箱桁の後方も多軸台車で受替え、4基の多軸台車で支持した状態で、約15mの送り出しを多軸台車にて行った。

④所定の位置まで送り出しが完了した後、テーブルリフトによって鋼製箱桁を約3.5m降下させ、中間橋脚と端部橋脚上の仮受設備で仮受けした。仮受け後はジャッキによる鉛直・水平方向の調整とサンドルによる盛替えを繰り返し、中間橋脚側は支承せん断キーにセットし、端部橋脚側は架設する側径間端部に取付けていた支承をベースプレートに預けた。



写真-14 エンドレスローラー（駆動式）



写真-13 側径間部の鋼製箱桁の送り出し架設の流れ

いずれの橋脚上も支承固定用の金具を利用し、ライナー材の設置等によって鋼製箱桁を仮固定して、中央径間部架設までの約3ヵ月間、レベル2地震動に対する耐震性を確保した。

なお、南側の側径間部は中央径間部の架設に備え、所定位置から端部橋脚側に40mm後退させた位置で降下させている。

#### 4. 中央径間部の鋼製箱桁の架設

##### 4-1 地組立て

中央径間部の鋼製箱桁は重量約350t、長さ39m、幅19mである。側径間部と同様に断面で12分割、橋軸方向は4分割して施工ヤードに搬入した。組立て後に鋼製箱桁を運搬する4基の多軸台車（前方2基：4軸×2台、後方2基：5軸×2台）を組立用架台の一部として利用しながら、130t吊AC車を使用して施工ヤード内で組立てた（写真-15）。



写真-15 組立て完了後の中央径間部

##### 4-2 吊上げ設備

吊上げ設備（図-8）は側径間部架設後、南北両側の側径間部上で合計8台設置した。吊上げ設備を取り付ける4主箱桁上の床版部は裏面側にリブ補強を施し、表面側に取付け金具を設置している。

吊上げ時に架設桁を前方にスライドさせ、架設桁先端に取り付くダブルツイングジャッキによってPC鋼より線を介して鋼製箱桁を吊上げていく。全てのダブルツイングジャッキは集中制御盤により集約して操作可能である。

##### 4-3 吊上げ架設

中央径間部の架設（写真-16）では、まず、鋼製箱桁を施工ヤードから交差点まで、対面6車線の街路全幅を使って多軸台車で運搬した。続いて、開けた交差点内にて鋼製箱桁を90°旋回させ、調整しながら吊上げ位置に設置し、吊上げ設備のPC鋼より線と鋼製箱桁を連結した。

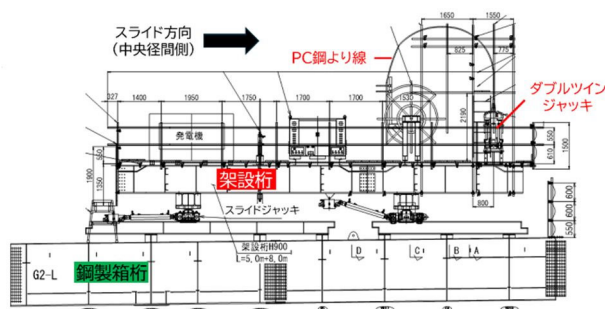


図-8 吊上げ設備の概要



写真-16 中央径間部の鋼製箱桁の吊上げ架設の流れ

ダブルツイングジャッキによって PC 鋼より線を巻き上げ、多軸台車から 100 mm 程度の地切りをしながら縦断勾配 (1.167%) なり高さを調整し、中央径間部と側径間部の仕口部を平行にした状態で鋼製箱桁を吊上げた。

吊上げ時の中央径間部と側径間部の隙間は 80 mm である。吊上げ後、あらかじめ後退させていた南側の側径間部を 40 mm 前進させることで隙間を 40 mm (片側 20 mm ずつ) に縮め、架設当日の添接を行った。時間工程上、架設当日は高所作業車で必要本数のボルト添接により仮締めを行い、後日、残りの添接作業を足場内で行って鋼製箱桁の連結を完了した。

#### 4-4 仕口調整

吊上げ架設では、片持ち状態となっている両方の側径間部の先端から中央径間部を吊上げる。この際、たわみの影響で中央径間部と側径間部の仕口角度が合わなくなるため、中間橋脚上でそれぞれの支承部をジャッキアップすることで側径間部を持ち上げ、仕口角度の調整を行った (図-9)。

側径間部架設後に仮固定していた中間橋脚上の支承 (合計 8 箇所) をあらかじめ 156~175 mm ジャッキアップしておき、架設当日の桁の吊上げ、後日の添接部の本締めを行った上で、ジャッキダウンしている。

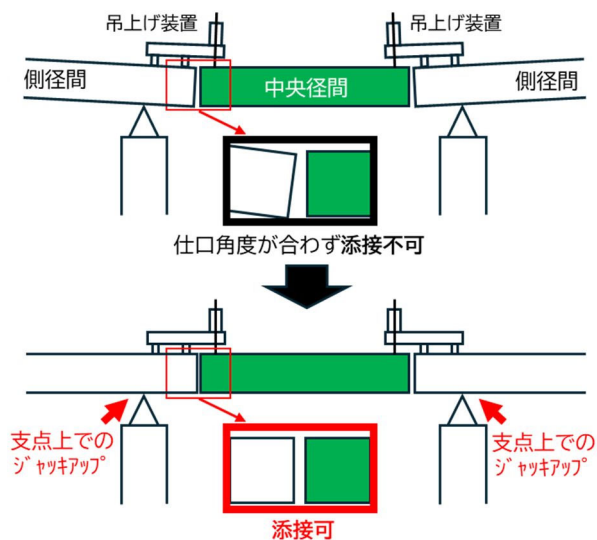


図-9 仕口調整の概要

## 5. 鋼製箱桁橋の特徴等

### 5-1 高性能鋼床版

本工事での架替え対象となる上部工には、そのまま継続利用する下部工への負担軽減や耐震性の観点からの軽量化、さらに、100 年橋梁を満足するための高耐久性が求められた。これらの要求性を満たすために橋梁形式は鋼床版 4 主細幅箱桁橋とし、鋼床版には高性能鋼床版<sup>2)</sup>を採用している。その特徴は縦リブに平リブを用い、縦横のリブ交差部の横リブにスリットを設け、縦リブと横リブをすみ肉溶接により全周溶接し接合していることで疲労耐久性を高めている (写真-17)。

### 5-2 皿型高力トルシアボルト

当社設計基準では、デッキプレートの接合部は溶接継手が原則とされている。本工事では、工程短縮の観点から鋼製箱桁の組立ては全てボルト接合とし、組立て期間数カ月の短縮に寄与した。

鋼床版面上のボルト添接部は、高力ボルト頭部が突出することで十分な舗装厚が確保できない等、維持管理上の課題<sup>3)</sup>が懸念されていたが、鋼床版面上の添接部 (写真-18) のボルトは全て皿型高力トルシアボルト (CS10T M22) (約 37,000 本) とし、ボルト頭部突出をなくしている。

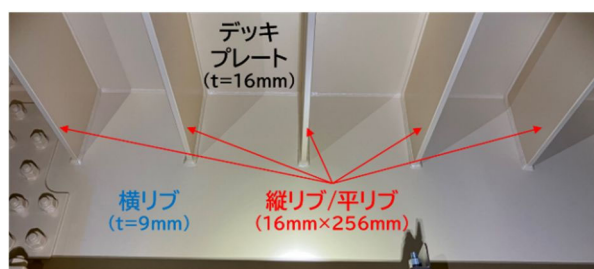


写真-17 高性能鋼床版の縦横リブ交差部



写真-18 鋼床版面上の添接部

### 5-3 常設足場

本工事で架設した橋梁には、重交通交差点直上の規制困難箇所であることも踏まえ、全長にわたって常設足場（NS カバープレート／外皮材：カラスステンレス）を設置している（写真-19, 19）。常設足場によって橋梁全体が覆われることで外部からの劣化要因を遮断し、断熱機能によって結露も抑制されることから、常設足場の取り付けられない端部を除き、鋼製箱桁橋の塗装は内面用塗装系（C-2 塗装系）としている。

吊上げ架設とした中央径間部は、運搬上の支点箇所を除いてはあらかじめ常設足場を設置した状態で架設した。側径間部は送り出し架設の支障となるため、架設後に設置しており、中央径間部の未設置箇所とともに、高所作業車により路下規制下で設置した。

設置面積は裏面約 2,500 m<sup>2</sup>、側面約 900 m<sup>2</sup>、裏面は吸音パネル仕様としている。

### 5-4 支承

上部工の架替えに伴い、中間橋脚では支承の新設、端部橋脚では支承の取替えを行った。各橋脚上 1 支承線につき 4 箇所、4 主箱桁直下に設置している。

中間橋脚は免震支承（鉛プラグ入高減衰積層ゴム支承：SPR-S）とし、剛結コンクリート打設後に鋼製梁上で仮設置を行った。端部橋脚は鋼製支承（BP-B）へと取替えるため、橋梁撤去後に旧支承を撤去した。新たな鋼製支承は架設前の側径間部の端部に取り付けており、側径間部の架設後に橋脚上で仮設置した（写真-20）。

仮設置した支承はいずれも、中央径間部の架設が完了し、仕口調整のジャッキダウンを行った後に、溶接固定によって本設置を行っている。

## 6. その他

### 6-1 空洞調査

重量物の組立て、運搬、架設等の実施に先立ち、地組立てを行う施工ヤード内、鋼製箱桁の運搬経

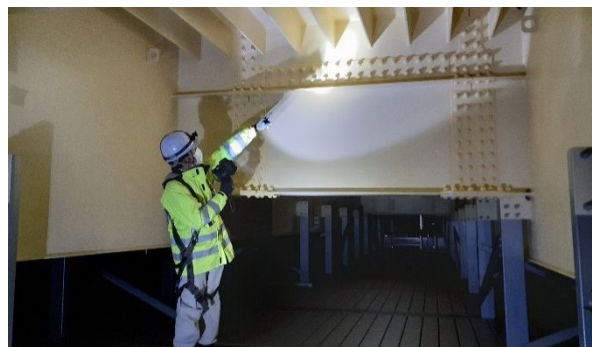


写真-19 常設足場内部



写真-20 免震支承（左）と鋼製支承（右）

路となる街路及び交差点内において電磁波レーダーによる道路下空洞調査を行った。道路の陥没、沈下等、架設作業に影響がないことを事前に確認している。

### 6-2 交差点の通行止め規制

いずれの架設も交差点内の占有が必要となるため、交差点の全面的通行止め規制を行った。橋梁撤去や橋梁架設の付帯工事のため、交差点付近で日常的に実施していた夜間の車線規制同様、架設作業の時間工程は 23 時～翌 6 時の時間帯で調整した。ただ、側径間部の架設は時間内の完了が厳しく、開始時間を前倒しし、21 時～翌 6 時の時間工程とした。実施日はいずれも交通量が少ないと見込まれる土曜日夜間（日曜日朝まで）とした。

施工ヤードから交差点までは移動距離にして約 100 m であり、この距離を十分に活かした時間工程とし、すべて 1 夜間のうちに計画どおり架設作業を完了させている。

## 7. 架替え工事の実績工程

架設工事は現地での地組立てから、鋼製梁・鋼製箱桁合計約 1,500 t の架設に加え、舗装や伸縮装置等、架設完了後の橋面工の実施によって高速道路の通行再開が可能な状態になるまで約 14 カ

月を要した。一方、撤去工事では合計約6,500tのコンクリート構造物の撤去に約21ヵ月を要したが、このうち約5ヵ月は撤去と架設の両工事を並行して実施できたため、架替の全体期間としては合計約2年半で完了を迎えることができた。架替工事にかかる実績工程を示す(表-1)。

## おわりに

都市部重交差点直上における橋長154mの橋梁架設工事を、限られた施工ヤードを有効に活用し、現地組立てから4夜間にわたる架設までを計画ど

おりに進捗させ、約1年で完了させた。

高速道路の一部区間を通行止めにして行ったこの橋梁架替工事は、撤去から架設、そして舗装等の橋面工完了までを約2年半のうちに終え、無事に高速道路の通行再開を果たすとともに、高性能鋼床版や皿型高力トルシアボルトといった新たな技術も積極的に採り入れ、100年先も安心して利用できる高速道路へと更新が完了している。

謝辞：本稿執筆に際し、喜連瓜破大規模更新工事の完遂に尽力いただいたエム・エムブリッジ(株)、大成建設(株)及び(株)富士ピー・エスの受注各社の関係者に厚く御礼申し上げます。

表-1 架替工事の実績工程



## 参考文献

- 1) 渡辺真介, 中田諒, 森謙吾: 喜連瓜破橋大規模更新工事におけるPC箱桁橋撤去技術, 技報第32号, 2024.
- 2) 三木千壽ら: 取替え用高性能鋼床版の開発, 土木学会第69回年次学術講演会, 2014.
- 3) 青木康素, 田畑晶子, 金治英貞: 皿型高力ボルトを用いた摩擦接合継手の鋼道路橋での適用, 技報第29号, 2018.

## INSTALLATION TECHNIQUES FOR STEEL BOX GIRDER BRIDGES IN THE KIRE-URIWARI BRIDGE LARGE-SCALE RENEWAL PROJECT

Shinsuke WATANABE, Taketo OIKE and Kengo MORI

The Kire-Uriwari Bridge Large-Scale Renewal Project involved closing a section of the expressway for two and a half years to replace the bridge over a busy traffic intersection. The girder section of the prestressed concrete (PC) three-span continuous hinged rigid frame box girder bridge was removed, and a new steel-deck steel box girder bridge was installed. Additionally, the upper portion of the intermediate piers was partially demolished, and new steel beams were installed.

The new steel box girder bridge incorporates new technologies to enhance fatigue durability and maintainability, being completed as a bridge to last another 100 years.

渡辺 真介



阪神高速道路株式会社  
管理本部 大阪保全部  
保全事業第一課

Shinsuke WATANABE

大池 岳人



阪神高速道路株式会社  
保全交通部 保全企画課

Taketo OIKE

森 謙吾



独立行政法人 日本高速道路保有・  
債務返済機構  
前 阪神高速道路株式会社 管理本部  
大阪保全部 改築・更新事業課  
Kengo MORI