

著名な歴史的鋼道路橋の補修・補強
～最新の技術と細心の工夫により、歴史的な価値を守りながら鋼橋を後世に繋ぐ～

Retrofit Work for Famous Historic Steel Road Bridges

谷口好信*, 道下誠司*, 本間順*, 稲田育朗*

Yoshinobu Taniguchi, Seiji Michishita, Jyun Honma and Ikuro Inada

ABSTRACT Many steel bridges with high historical value are still in service in Japan. It is the mission of steel bridge engineers to preserve these historical steel bridges for future generations. This paper introduces case studies of famous historical steel bridges that was repaired and reinforced using the latest technology and meticulous ingenuity without impairing its value.

KEYWORDS: 歴史的鋼橋, 改良工事, 伝承

historic steel bridge, retrofit work, tradition

1. まえがき

我が国で初めての鋼橋、東海道線天竜川橋梁が1888年に建設されて以来、数多くの鋼橋が全国各地に架設され、供用されている¹⁾。鋼は疲労や腐食による損傷を適切に防止することが出来れば、材料自体の劣化はないことから、適切な維持管理により100年以上の長期にわたり供用することが可能であり、隅田川の復興橋梁群に代表されるような歴史的に価値の高い鋼橋が今も現役として数多く現存している。最初の鋼橋である天竜川橋梁においても、1917年に箱根登山鉄道に移設され、現在でも早川橋梁として供用されており¹⁾、鋼橋が適切な維持管理のもと、長期にわたり存続し得ることを示してくれている。これらの著名な価値の高い鋼橋を後世に繋いでいくことは、我々、鋼橋にかかわる技術者の使命である。

一方で、著名な歴史的鋼橋の中には、経年による部材の損傷や、機能性、耐荷性、耐震性の問題を抱えている橋梁もある。それらの鋼橋に対しては、歴史的な価値を損なわないまま、現在、要求される性能を満足させることが求められる。本稿では、町の歴史や文化を象徴するように存在し、市民に愛されている著名な鋼橋を対象として、長寿橋梁ならではの特徴を踏まえ、最新の技術と細心の工夫により、その価値を損なわずに後世へと残すことができるように補修・補強工事を行った事例を紹介する。

2. 著名な歴史的鋼橋の補強・補修事例

2. 1 永代橋の補強工事²⁾

(1) 橋梁概要

隅田川にかかる永代橋は、1923年9月の関東大震災後の帝都復興事業の一環として、清洲橋などと共に架けられた橋長184.7m、幅員25.6mの3径間カンチレバー式タイドアーチ鋼橋である(図-1)。下部構造は、国内で最初期のニューマチックケソン工法を用いて建設された鉄筋コンクリート造で、側面と頂部を花崗岩の石貼りとした橋脚、橋台である。上部構造は、支間長100.6mのタイドアーチと、その両側に配された長さ14.5mの突桁及び長さ26.7mの吊桁より構成されている。建設当時、我が国で最大支間を誇った鋼アーチ橋であり、清洲橋、勝鬨橋と共に、2007年に国の重要文化財に指定された。

* (一社) 日本橋梁建設協会 保全委員会 (〒105-0003 東京都港区西新橋1-6-11)

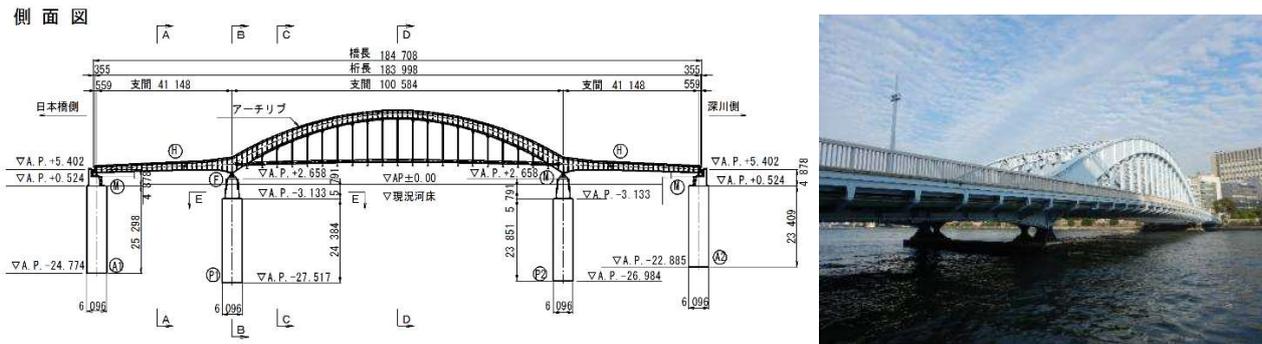


図-1 永代橋

(2) 補修補強工事の経緯と計画・設計

永代橋は、建設後、複数回に渡る塗替え塗装，床版補修，桁の支承のペトログラム防食，側径間の落橋防止対策，照明の改築やライトアップ工事などが実施されてきたが，2008年から2019年の間には，当時の技術基準（2002年道路橋示方書）への適合を目指す長寿命化工事として，耐震補強，橋面防水，照明改良工事などが行われた．事業実施に際しては「長寿命化検討委員会」が設置され，取り組み方針が策定された．照査の結果，健全度，耐荷性，耐疲労性については問題ないことが確認されたものの，レベル2地震動に対する耐震性が不足しており，耐震補強が必要と判断された．

耐震補強工事には，永代橋が歴史的に重要な建造物であることから，以下の方針で行うこととなった．

- レベル2地震動に対して耐震性能2を満足させる．
- 貴重な文化遺産を次世代に継承するため，外観の変化を最小限にとどめるとともに，将来の技術発展を見据え，改変する場合においても可逆的な措置を施す．

耐震性について，補強前の構造ではP1橋脚のみ固定支承であり，橋軸方向地震力による上部構造慣性力がP1に集中することが問題となった．耐震補強方針としては，免震支承への取り替えによる方法やゲルバーヒンジ部の連続化も候補として考えられたが，外観の一部をなす造形的に秀逸なアーチ支承の保存や，本橋特有の構造の変化を最小限とすることを原則としたことから，P1，P2両支点を固定化するとともに，現支承の内側に水平反力分担支承を追加する案が採用された（図-2）．

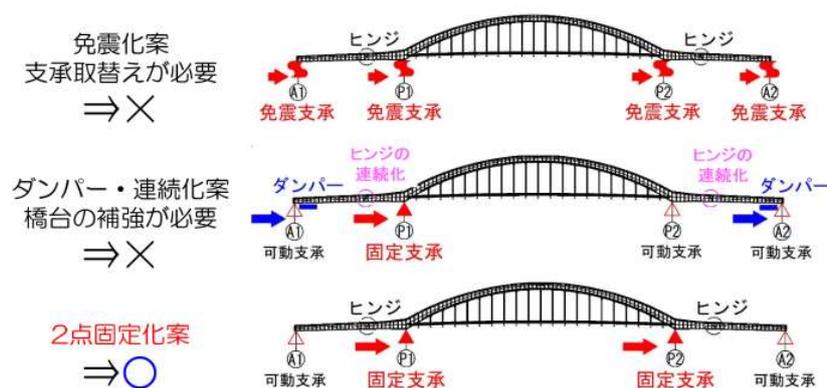


図-2 永代橋の補強方針の決定

新設の水平反力分担支承のデザインにおいては，文化財の価値を保持するとともに，将来の文化的価値を高めることを目的として，「桁下空間の広がり」，「既設支承との構造的な区分化」，「既設支承の支障にならない」，「応力伝達が明確」の観点から検討が行われ，重厚な既設支承を引き立たせるスレンダーなデザインが採用された（図-3）．

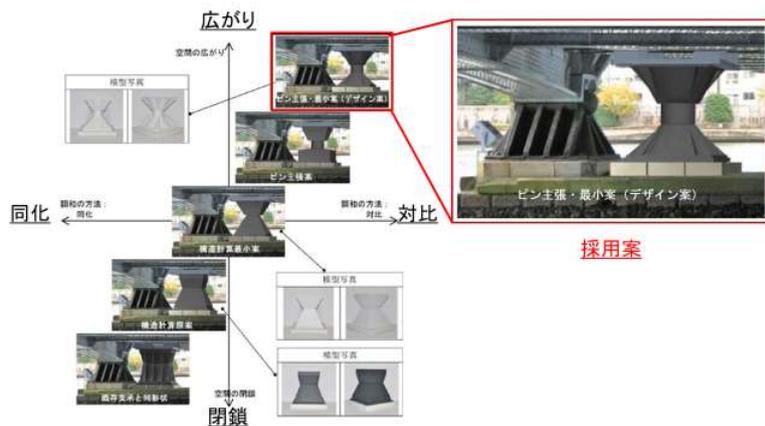


図-3 新設の水平力分担支承のデザイン検討

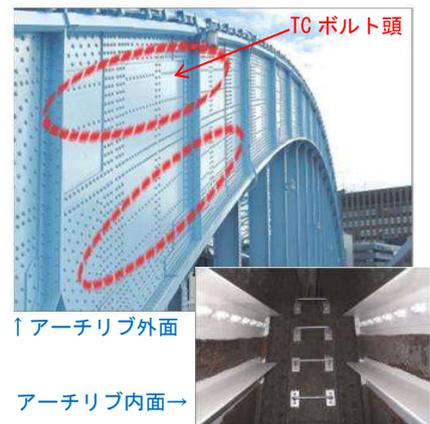


写真-1 アーチリブの補強³⁾

その他、落橋防止装置や変位制限装置は両桁端部に目立たないように最小限の配置とする、アーチリブのパラメータ改善のための追加補剛材はアーチリブの内側からトルシア形高力ボルトで取り付ける（ボルト頭を外側）など、外観の改変を最小限とする工夫を施した他（写真-1）、1985年の修景事業で改変された道路照明はオリジナルの価値を尊重するという観点から建設当時の形状、配置に復元された（写真-2）。形状、配置は建設当時のものであるが、維持管理や環境に配慮して照明はLEDが採用されている³⁾。



1) 建設時 2) 1985年改修時 3) 現在

写真-2 照明設備の改修³⁾



写真-3 支承部のデジタルカメラ計測

(3) 水平力分担支承の据え付け

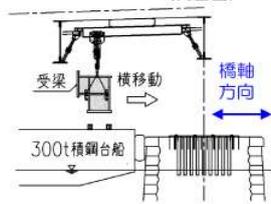
水平力分担支承の設置にあたっては、クリアランス確保のために既存部材の改変を行う案も考えられたが、歴史的建造物の部材改変を避けるため、製作・架設の双方での精度管理を高める工夫を行った。具体的には、デジタルカメラを用いた3次元計測により既設建造物の3次元形状を精度良く求め（写真-3）、部材の製作や施工計画に反映するとともに、ソールプレートの製作精度、支承ベースプレートの据え付け精度などを1/1000以下の高精度で管理した。

桁下空間がせまく、クレーンによる支承や補強材部材の搬入、設置は不可能であったことから、支承、補強部材は低潮位の時間帯に台船を用いて現地に搬入し、チェンブロックやトロリー、横移動装置を用いた荷揚げと部材移動を行った。また、支承を上下に分割して搬入するなどの工夫を行い、所定の位置に問題なく設置することができた。支承の据え付け手順を図-4に示す。

以上の工夫により、歴史的建造物である隅田川の復興橋梁群を代表する永代橋の長寿命化工事を、歴史的・文化財価値を損なうことなく、完了させることができた。

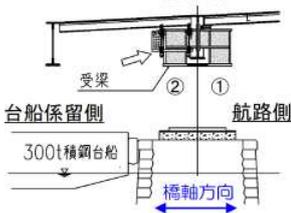
STEP-1：受梁の搬入

- ・台船で部材を搬入。
- ・チェーンブロックにて橋脚上に荷揚げ。（側面図）



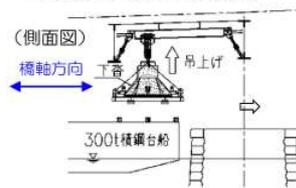
**STEP-2：受梁の設置
（支点上横桁部）**

- ・受梁は①航路側 ②台船係留側の順に架設。（側面図）



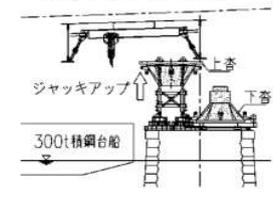
STEP-3：下沓の搬入

- ・桁下空間が低いため支承を上下に分割。
- ・支承の組立作業空間が確保できる橋脚の中央に下沓を搬入。



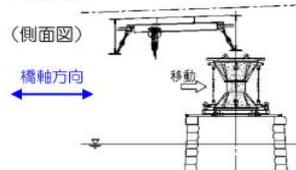
STEP-4：上沓の搬入

- ・下沓と同じ場所に上沓を搬入。
- ・下沓と組み合わせるために上沓をジャッキアップ。



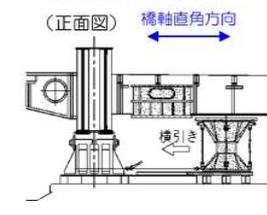
STEP-5：支承の組立・移動

- ・下沓を上沓の位置に移動してジャッキダウン。
- ・組立完了後、支承を支点上横桁の直下に移動。



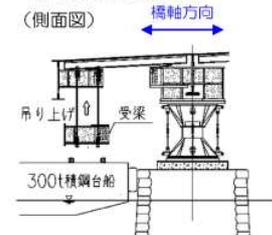
STEP-6：支承の移動

- ・先に設置した受梁位置へ支承を橋軸直角方向に移動。



**STEP-7：受梁の設置
（中間横桁部）**

- ・中間横桁の下フランジをかわしながら受梁を設置。



**STEP-8：受梁の設置
（落とし込み）**

- ・中間部の受梁を落とし込みで設置。

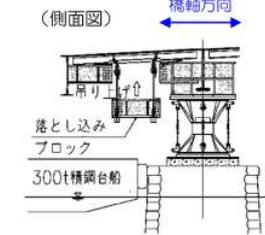


図-4 新設の水平力分担支承の据え付け手順

2. 2 淀川大橋の補強工事^{4), 5)}

(1) 淀川大橋の概要と補強工事に至る経緯

淀川大橋は、1926年に完成した淀川を渡河する一般国道2号の一部をなす橋梁であり、中央の鋼6径間単純上路式ワーレントラス橋、その両側の鋼12径間単純鉸桁橋で構成される橋長724m、30径間の鋼道路橋である（図-5）。建設時は路面電車と自動車の併用橋として建設されたが、1975年には軌道が撤去されて車道の4車線化が図られた。第2次世界大戦の大阪大空襲で一部が崩落したトラス橋部分（写真-5）の復旧工事、地盤沈下に対応する橋脚沓座のかさ上げ工事の他、床版の補修工事が繰り返されるなど、多くの改変がなされてきたが、鋼桁はほぼ建設当時のままの姿で供用され、空襲時の弾痕が残っている部位もあるなど（写真-6）、歴史を刻む貴重な橋梁として存在してきた。RC床版の劣化、鋼部材の腐食損傷が著しく、耐荷性能の低下が確認された他、下部構造の耐震性能についても懸念があったため、2017年から2020年にかけて大規模更新工事が行われた。



図-5 淀川大橋

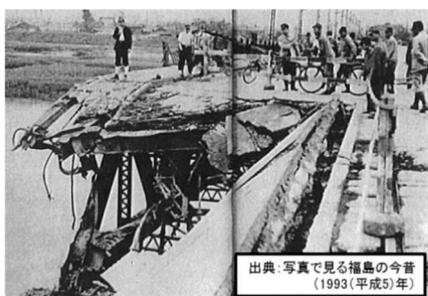


写真-5 空襲直後のトラス橋⁶⁾



写真-6 弾痕を補修した部位

(2) 大規模更新工事の概要

大規模更新工事の目的は、上部構造の劣化した部材の更新と、下部構造の耐震性の向上である。床版については、RC 床版の劣化が全橋に及んでいたことから、全数を鋼床版に取り替えた。鋼床版の疲労耐久性に配慮し、鈹桁部の鋼床版にはバルブリブ鋼床版を採用し、トラス部分の鋼床版には大断面リブ(440×330×9)を使用した合理化鋼床版(デッキプレート厚 18 mm)に加え、舗装の基層として SFRC 舗装(厚さ 50 mm)を採用した(写真-7, 8)。



写真-7 鈹桁部の新設鋼床版 (バルブリブ) 写真-8 トラス部の新設鋼床版 (合理化鋼床版)

既設の RC 床版 (12,000ton) を軽量の鋼床版 (4,700ton) に取り替えることで、上部構造の重量が取り替え前の 65% まで大幅に低減される。これにより、橋脚や基礎の補強をすることなく、下部構造の耐震性能を大幅に向上させることが出来た。なお、本橋は床版劣化部からの漏水により対傾構に著しい腐食が見られたこと、トラス部の床組の上フランジが RC 床版に埋め込まれた形式であることから、既設対傾構は下弦材を除いて全数取り替えたほか、トラス部の床組みも床版取り替えと合わせて全数、取り替えた。その他、トラス部の 1 径間においては、主構の斜材および垂直材に銃弾による損傷箇所が多く見られたこと、過去の補強の溶接部を起点としたき裂が多く見られたことから、斜材および垂直材を全数、取り替えた。

(3) 大規模更新工事の施工

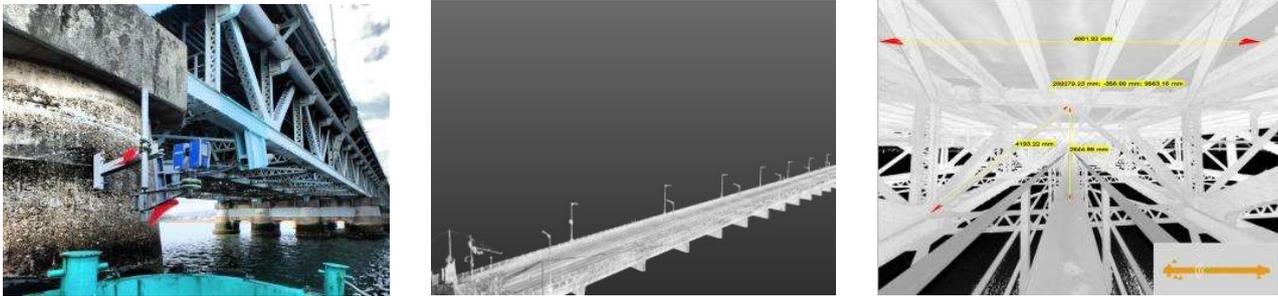
本橋は自動車約 35,000 台/日、歩行者約 7000 人/日の交通量を支える大阪と神戸を結ぶ大動脈の一部であることから、工事にあたっては常に片側 1 車線と歩道を確保することが求められた。また、桁下空間の制約から足場の設置が渇水期に限定されるという制約の多い工事となった。そのため、全長に渡り幅員を 3 分割して 3 期にわけて分割施工するとともに、全 30 径間を 8 工区に分割して同時に施工した(図-6)。



図-6 淀川大橋の床版取り替え施工のステップ図

本橋は建設年度が古く補修履歴が多い一方で、建設時の記録や補修履歴も詳細に残っていないことから、施工計画や新規部材の製作にあたっては既設桁の出来形を詳細に把握する必要がある。そこで、固定式レーザースキャナを用いた 3 次元計測と測量精度・信頼度の高いトータルステーション (TS) によるトラバース測量を組み合わせた測定を実施し、得られた点群データから幅員、主桁・横桁の通り、路面高や主桁下端高などの詳細情報を収集し、工場製作やキャンバー調整などの施工計画に反映した

(図-7). 橋長が約 725m とレーザースキャナの計測可能半径 330m を超えていたため、両河川敷からの全体スキャンに加え、橋脚側面に仮受けブラケットをアンカーで設置して 1 径間毎に路下からスキャンを実施した。また、既設とすり合わせる路面高の情報を得るために路面の歩道上からの 3 次元計測も実施した⁵⁾。



1) 橋脚へのスキャナの設置 2) 全橋の点群データ 3) スキャン結果のサンプル

図-7 レーザースキャナによる形状計測⁵⁾

床版取り替え工事は一般的な手順で行った。舗装撤去後、RC 床版をカッター切断機とワイヤソーマシンで切断したのち、油圧ジャッキを用いた床版剥離機により主桁から引きはがしてクレーンで撤去した。戦後に復旧されたトラス橋 1 径間以外はスラブアンカーやジベルがなく、比較的容易に床版を撤去することが出来た。床版撤去後、鋼部材の損傷状況を詳細に確認し、損傷個所の部材取り替えや当て板補強を実施したのち、新設の鋼床版を設置した。床版や床組み、対傾構の撤去時の主桁上フランジの固定間距離を考慮し、一時的に仮設横構や横繋ぎ材を設置した。RC 床版から鋼床版に取り替えることによるキャンバー変化については、既設桁と取合う鋼床版の縦桁高さを変化せることで吸収した。

以上により、大正時代に構築された歴史的な鋼橋である淀川大橋の長寿命化工事が完了した。供用から 97 年が経過した淀川大橋は、これから更に 100 年間使用することが見据えられており、今後も引き続き適切な維持管理が実施され、供用され続けることであろう。

2. 3 堂島大橋の改良工事^{7), 8)}

(1) 橋梁概要と改良工事に至る経緯

堂島大橋は、1927 年に建設されたイタリアンロマネスク様式の RC ラーメン橋台を有する鋼下路式 2 ヒンジソリッドリブアーチ橋である。大阪の都市空間を構成する重要な要素の一つと位置付けられた歴史的な鋼橋であり、意匠に配慮された建設当時からの構造美が、現在に至るまでおおむね保存されている。RC 床版の劣化、一部鋼材の腐食、地下水の汲み上げに起因した不等沈下に伴う支点移動によるアーチリブ付加応力の発生、耐震性能の不足、桁下空間が狭いことによる船舶航行への支障などが問題となったことから、大規模改良工事が実施されることとなった(図-8)。

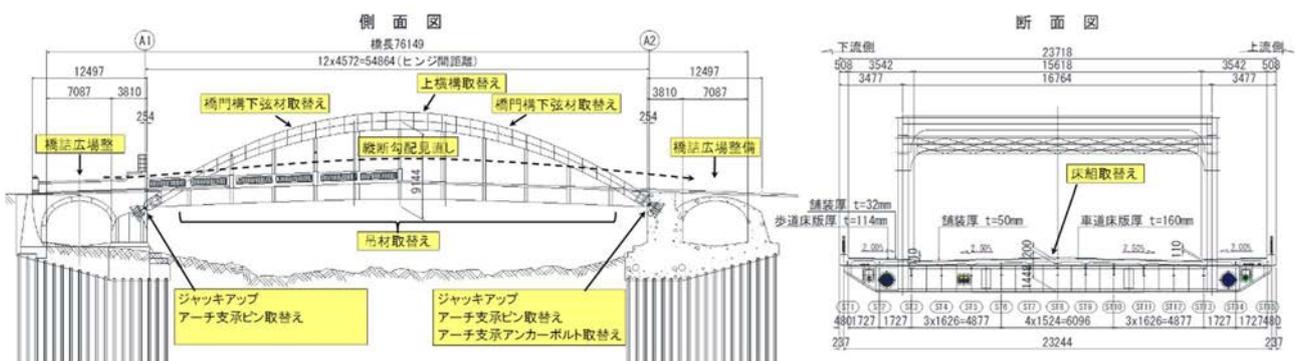


図-8 堂島大橋の一般図(改良前)と工事概要

(2) 大規模改良工事の概要

大規模改良工事の内容は、①アーチ形状の復元によるアーチリブ応力の改善、②RC 床版から鋼床版への取り替えによる桁下空間の確保、③吊材の取り替えによる吊材の応力改善、である。

①について、建設時の資料と現地の形状測定結果を比較検討したところ、アーチ支点が 1.8～1.95m 程度沈下していること、アーチ支間が 152～193 mm 広がっていること、アーチクラウンが 172～206 mm 下がっていることが確認された。この変状による付加応力により、床版を RC 床版から鋼床版に変えたとしても許容値を満足しないことが確認されたため、アーチリブ形状を復元することとなった。具体的には、アーチ支承の上承から上をアーチ軸方向にジャッキアップして正規の位置に戻したのち、既存のピンを撤去して新たに小判形のピンを設置することで、アーチ形状を正規の位置で固定した。

②については、床版取り替え前は構造高（橋面～床組下面）が 1448 mm であったものを、床組みごと構造高 637 mm の鋼床版に取り替えることと、橋の中央部で縦断勾配を 3.33% から 5.0% に変更することで、船舶航行に支障のない桁下空間を確保した。また、耐震性向上のため、アーチ地際部でアーチリブと鋼床版を高力ボルト接合で剛結する構造を採用した。

③について、取り替え前の吊材はリベットで繋がれたラチス構造であったが、取り替え前後における外観の変化を最小限とすることを目的として、取り替え後の新設部材は吊材のウェブをラチス状に打ち抜いた構造とした。

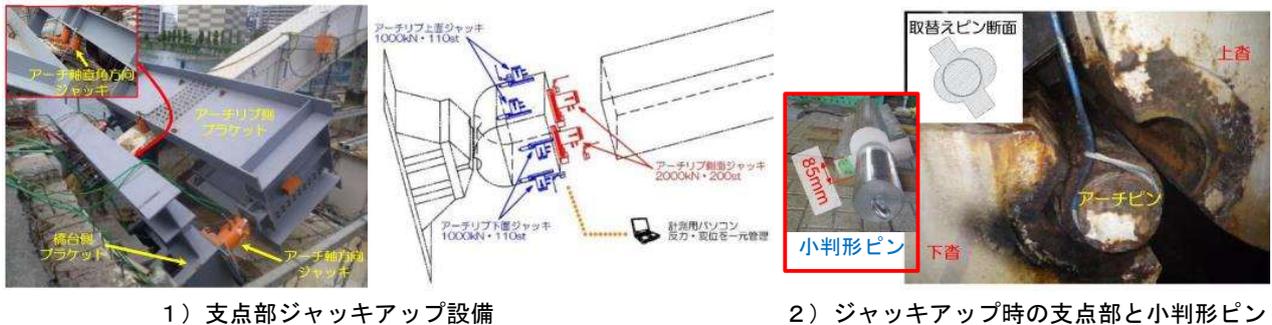


図-9 アーチリブのジャッキアップ

(3) 大規模補強工事の施工

アーチリブ支点部のジャッキアップは、各支点到ジャッキアップ設備を設置して実施した。1 支点当たり、アーチ軸方向に 2000kN ジャッキ 2 台、アーチ軸直角方向（上下方向）に 1000kN ジャッキ 4 台を設置した。ジャッキアップによる支点移動量は各支点とも 85 mm とし、所定の位置までジャッキアップしたのち、支承のピンを既存の円形のものから小判形のピンに取り替え、ジャッキダウンしてアーチリブの位置を復元した。ジャッキアップ時の安全性を確保するため、上下支承リブ間に横ずれ防止のためのガイド金具を設置するとともに、反力、変位量を一元管理するシステムを採用した（図-9）。支承部は堂島川の干満の影響を大きく受けることから、支承部の塗装塗替えでは素地調整としてブラスト工法を採用したのち、水中でも硬化する重防食エポキシ樹脂塗料を採用した。

床版取り替えについては、RC 床版撤去後の既設横桁の撤去方法が課題となった。横桁撤去中においても橋面上に仮歩道が必要であったことから、横桁は橋軸直角方向に 2 分割して撤去する必要があったが、既設の横桁は 2 本のアーチリブから吊材で単純支持されている構造であることから、半分撤去してしまうと残った半分は自立できない構造であった。この課題を解決するため、工事桁（H900×300）を両橋台間に受け渡し、撤去する横桁の前後格点に反力を取って既設横桁の中央側を吊り支持することで、撤去中の構造を成立させた（写真-9）。吊り支持した反対側の既設横桁を撤去後、新設横桁を架設し、新設横桁間に鋼床版を落とし込む作業を繰り返して片側の鋼床版架設を完了させた（写真-10）。その後、工事桁を橋軸直角方向に盛り替えて逆側の既設横桁を撤去、新設鋼床版を架設した。

鋼床版架設完了後、吊り材の取り替えを実施した。吊り材の取り替えは 1 か所ずつ順番に行い、鋼床版架設時に用いた工事桁を用いて前後の吊り材との反力のバランスを見ながら、張力調整を行った。

本橋においては、アーチリブの改変は極力避けることで下路式アーチ橋という歴史的な価値を継承し

ながら、床組みはスレンダーな鋼床版に取り替えることで、対比的にアーチ主構部を強調する方針で補強工事が進められた。アーチ本体の補強工事の他、橋詰空間や歩道高欄・舗装・照明などの整備も行われ、2020年2月1日に新しい堂島大橋は供用を開始した（写真-11）。



写真-9 工事桁配置状況



写真-10 鋼床版架設状況



写真-11 完成状況

2. 4 豊海橋の改良工事⁹⁾

(1) 橋梁概要と改良工事に至る経緯

豊海橋は、1927年2月に完成した橋長46.74mの我が国初のフィーレンデル形式の橋梁である（図-10）。日本橋川の第一橋梁であり、当時、隅田川の第一橋梁であった隣接する永代橋と見分けられるようにすること、アーチ橋である永代橋に見劣りしない外観とすることを目的として、この形式が採用された。本橋は、1984年にRC床版から鋼床版への取り替え工事、1991年には歩道の新設工事、2006年には落橋防止装置の設置工事が行われたが、その後、鋼材の腐食や桁遊間の不足などの不具合が確認されたこと、桁下空間が狭く船舶航行に支障があったことから、大規模な改良工事が計画された。

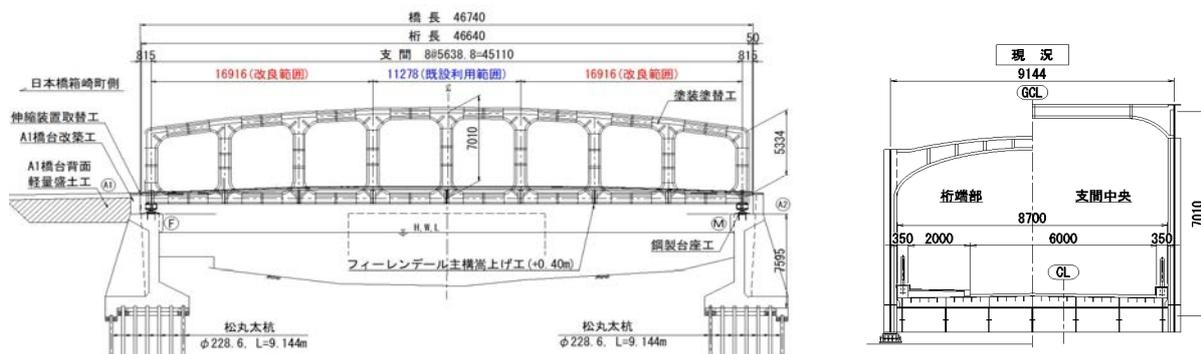


図-10 豊海橋の一般図と改良工事の内容

(2) 改良工事の概要

本工事の目的は、本橋特有のフィーレンデル橋の側面からのシルエットを継承しつつ、治水安全性の確保と船舶航行への支障排除のため、一定の桁下空間を確保することである。この目的を達成するため、①日本橋川の上流にある橋梁と同じ桁下空間（4.6m）を確保するため橋梁を0.4mかさ上げする、②桁端部の鋼床版を部分的に取り替えることで取り付け道路と路面高さを擦り付ける、③建設時から供用されている貴重な既存支承を活用するため、鋼製台座を既設支承と上部構造の間に挿入して高さを調整する、措置がとられた。

(3) 改良工事の施工

橋梁の0.4mの嵩上げにより、接続道路と40cmの段差が出来ることになるが、これを解消するため、中央の約11mの部分を残し、両側の鋼床版を取り替えて接続道路と路面を擦り付けた（図-11）。床版を全数、取り替えて平たんにすることも可能であったが、高欄や床組みを含んだフィーレンデル橋の側面からのシルエットの変化を最小限とすること、オリジナルの縦桁や横桁を極力保存することを重視し、このような改良方法が選択された。鋼床版の設置の際にはストラットと上横構が支障となり、移動式ク

レーンの使用が困難であったことから、ストラットを利用してレールとプレートローラーを設置し、鋼床版の運搬、設置を行った。レールの設置によりフィーレンデル主構が損傷しないように、レールは繊維スリングを用いてストラットから吊り下げる構造を採用した（写真-12）。

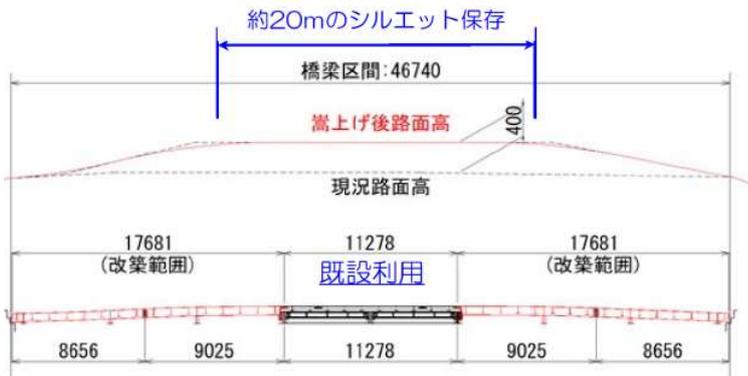


図-11 鋼床版の取り替え範囲



写真-12 運搬設備と鋼床版の架設状況

主構の嵩上げ時のジャッキアップについては、①橋台前面にブラケットを設置する案、②既設の支点上横桁でジャッキアップする案、③架設桁やベントを用いてジャッキアップする案、④新設の支点上横桁を設置してジャッキアップする案、が考えられたが、橋台が建設当時のままで小規模であったこと、既設の横桁がジャッキアップに耐えられるような構造ではなかったこと、中小河川の河川阻害率の制約や狭隘な現地状況からベントや架設桁の設置は困難であったこと、から、④が採用された。鋼床版の取り替え工事が完了した後、支点上にジャッキアップ設備を設け、所定の高さまでジャッキアップしたのち（写真-13）、既設のソールプレートと支承の間に高さ 400 mm の鋼製台座を差し込み、嵩上げを完了させた（写真-14）。この構造を採用することで、橋台に対しては上部構造の慣性力の作用位置が同じになるので、橋台への地震時の影響が変わらないという利点もあった。

本橋においては、わが国でも稀少なフィーレンデル橋特有の側面からのオリジナルのシルエットを後世に継承することにこだわり、改良構造が決定された。なお、1991年改修時に鉛直材の中央にライトアップ設備が取り付けられていたが、今回の改良工事において移設され^{3, 9)}、オリジナルのシルエットが復元されている（写真-15）。



写真-13 ジャッキアップ完了



写真-14 鋼製台座設置完了



写真-15 完成状況

2. 5 賀茂大橋の補強工事

(1) 橋梁概要と補修・補強工事に至る経緯

賀茂大橋は、1931年に完成した鴨川を渡河する橋梁の中では最大橋長を誇る4径間ゲルバー鉸桁橋と単純鉸桁4連で構成される鋼橋である（図-12）。前述の4橋のような特殊な形式ではなく、一般的な鉸桁形式であるが、「関西建築界の父」とも呼ばれる近代日本を代表する建築家である武田五一により設計されたデザイン的に優れた橋であり¹⁰⁾、京都の観光名所に存在する歴史的な鋼橋である。供用開始から2000年までの間には補修・補強された形跡がなかったが、耐荷性能、耐震性能の不足が指摘されたことから、長寿命化対策工事が行われることとなった。2000年7月に設立された学識経験者を含む「明日

の鴨川を考える会」においてデザイン検討会が開催され、補強工事にあたっては賀茂大橋の個性を尊重すること、周辺環境と調和させること、歩行者にとっての快適な空間の創出を目指すことが決定した。

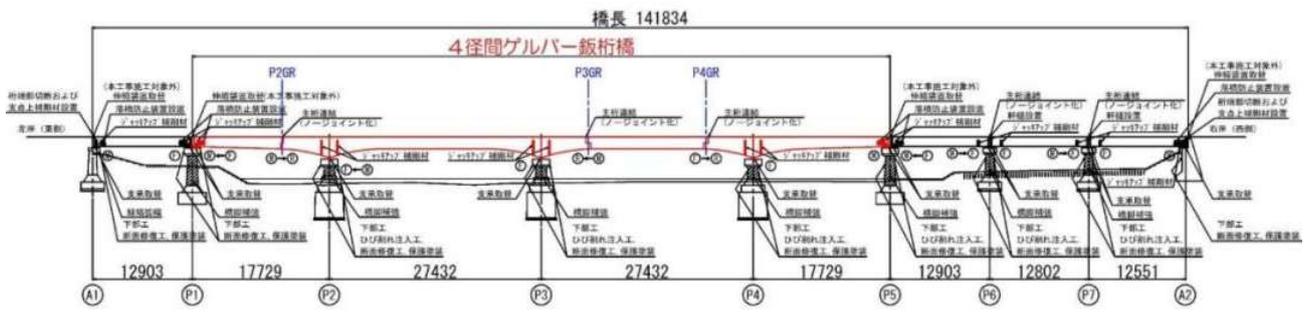


図-12 賀茂大橋一般図と補修補強工事の概要

(2) 補修補強工事の概要

補修補強工事は、2002年道路橋示方書に適合すること、および供用性・耐久性の向上を目的として実施され、機能性と耐久性向上、漏水対策としてゲルバーヒンジ部の連続化、耐震性能向上方策として支承取り替え・落橋防止装置の設置、RC橋脚の耐震補強、老朽化の修繕対策として鋼部材の部分取り替え、床版のひび割れ補修・断面修復および部分打ち替えが実施された。

(3) 補修補強工事の施工

ゲルバーヒンジ部は腐食による損傷が著しかったため、既設の上下フランジ、およびウェブを支承ごとガス切断で撤去し、新たな部材を高力ボルトで取り付けることで連続化を実現させた(写真-16~18)。既設部材と新設部材を連結するためのボルト孔はリベット孔を再利用したが、現橋のリベット位置は3Dレーザースキャナで計測し、補強部材の製作に反映させた。ボルトはトルシア形高力ボルトとし、ナットを桁内側から締め付け、外側にボルト頭を出すことで、建設時の外観を阻害しないように配慮した。主桁連結工事に先立ち、ヒンジ上のRC床版と伸縮継手を撤去し、主桁連結完了後、部分的に床版コンクリートを打設することで床版の一体化も実現している。



写真-16 主桁ウェブのガス切断

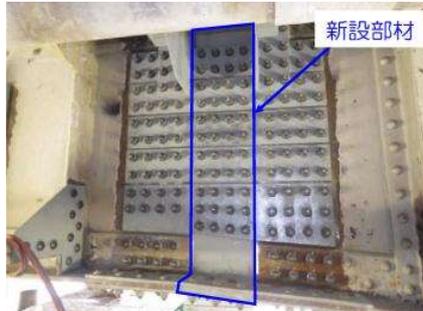


写真-17 主桁連結部材の設置



写真-18 主桁連結完了



写真-19 既設ピン支承の撤去



写真-20 新設ピン支承の設置



写真-21 桁間に落橋防止装置

耐震性向上のため、端支点部の線支承をゴム支承に交換するとともに、中間支承のピン支承も交換し

た。外観の改変をさけるため、新設の中間支承は交換前と同じ形式であるピン支承とした（写真-19～20）。落橋防止構造についても、目立たないように桁の外側ではなく、桁間に設置した（写真-21）。その他、腐食の激しい部位については一部、切断の上、新規部材を高力ボルトで取り替えた。

以上の補強工事により、建設当時の外観を損なうことなく、歴史的な鋼橋を現行基準に適合した構造に改変することができた（写真-22, 23）。



写真-22 工事前の賀茂大橋



写真-23 工事完了後の賀茂大橋

3. まとめ

本稿では、歴史的な価値の高い著名な鋼橋 5 橋について、その価値を損なうことなく後世に継承するため、最新の技術と細心の工夫により、耐荷性能、耐震性能を向上させる、もしくは構造改良した事例を紹介した。いずれもオリジナルの外観や部材を最大限尊重し、最新の技術も用いながら長寿命化工事・耐震補強工事・改良工事が行われた事例である。それぞれの工事には特有の思想があり、例えば桁をスレンダーにすることでオリジナルのアーチを強調した堂島大橋と、フィーレンデールの側面からのオリジナルのシルエットにこだわった豊海橋の対比は興味深い。本稿が、数多く現存する歴史的鋼橋を後世に継承するための参考となることを期待したい。なお、本稿は日本橋梁建設協会の令和 4 年度の橋梁技術発表会「著名橋の補修・補強事例」の発表資料に加筆、修正の上、再構成したものである。

参考文献

- 1) 五十畑弘他：100 年橋梁～100 年を生き続けた橋の歴史と物語，公益社団法人土木学会，2014. 9
- 2) 本間信之，漆谷昌祥，山室正人，関川利雄，中川治士，本山潤一郎：永代橋の機能分離構造を用いた耐震補強対策，橋梁と基礎，Vol. 50, No. 5, pp. 15-22, 2016. 5
- 3) 土木学会鋼構造委員会：鋼橋の維持管理性・景観を向上させる技術，鋼構造シリーズ 38, 2023. 6
- 4) 牟田口拓泉，伊藤安男，畠中俊季，仲村篤，高橋啓輔：大正時代に構築された淀川大橋の大規模更新，橋梁と基礎，Vol. 54, No. 12, pp. 7-14, 2020. 12
- 5) 伊藤安男：淀川大橋における 3D 計測を活用した鋼床版取替事例報告，公益社団法人土木学会鋼構造委員会，第 23 回橋に関するシンポジウム論文報告集，pp. 21-29, 2020. 9
- 6) 大阪市産業大観，1973
- 7) 山内誉史，藤澤悟，入谷琢哉，寺田昌広，日高健，金野拓朗：堂島大橋における長寿命化対策工事について（設計編），橋梁と基礎，Vol. 54, No. 3, pp. 43-50, 2020. 3
- 8) 草村啓治，小山昌毅，松元丈臣，入谷琢哉，日高健，魚住学：堂島大橋における長寿命化対策工事について（施工編），橋梁と基礎，Vol. 54, No. 4, pp. 7-13, 2020. 4
- 9) 高田基樹，高柳克彦，安部宏介，葛野敦，羽根航，滝澤幸一郎：わが国初のフィーレンデール橋豊海橋の改良工事，橋梁と基礎，Vol. 53, No. 10, pp. 7-12, 2019. 10
- 10) 石田潤一郎，藤山雷太郎：生き続ける建築－3 武田五一，INAX REPORT No. 169, pp. 4-14, 2007. 1