

# 歴史的鋼橋の保存の目的と補修・補強技術に関する研究\*

## —東京都内の9橋を事例として—

A Study on the Purpose for the Preservation and techniques of repair and reinforcement of Historical Steel Bridges  
— A Case Study of Nine Bridges in Tokyo —

永田 礼子\*\* 佐々木 葉\*\*\*

By Reiko NAGATA, Yoh SASAKI

### Abstract

Methodology for preservation techniques of historical bridges is required in the current situation of increasing demands for preservation of civil engineering heritages. This paper aims to show a guide of techniques of repair and reinforcement of historical steel bridges. We investigated 9 historical steel bridges in Tokyo in the construction works to preserve them and their influence on appearances. The constructions are done for four aims, repair, reinforcement, and addition of new functions and improvement of appearance. General techniques are used in the most construction works for repair and reinforcement. Therefore we arranged the list of techniques of general bridge maintenance in order of aims and structure parts with the notice of using them for historical bridges. On the other hand the constructions for improvement appearances may largely change the impressions so that we also arranged the concepts and methods for them according to the preservation purpose.

### 1. 研究の目的

地域の歴史と文化に目を向け、その発展を支えてきた歴史的土木構造物を評価し、次世代に伝えていこうとする近代土木遺産保存の動きが各地でみられるようになってきた。それに伴い、保存・修復の方法論を確立することが課題となっている。

本研究は、近代土木遺産の中でも、比較的、歴史的な研究の蓄積のある鋼橋に焦点をあて、その維持・保存のために施されるべき補修・補強方法のあり方を探る。具体的には管理者の保存への意識や補修・補強技術の選定方法などに注目しながら、歴史的鋼橋の保存の目的に対応した手法について考察を行うことを本研究の目的とする。そのために東京都内の事例について保存に至った経緯、補修・補強工事の内容、外観の変化や特徴を調査する。それらの結果から、構造部材別補修・補強技術のメニューを提示するとともに目的に応じた補修・補強、修景の考え方と方法を整理する。

### 2. 近代土木遺産の保存・活用方法の概念整理

近代土木遺産はさまざまなかたちで保存・活用されている。はじめに、『建物の見方・しらべ方』<sup>1)</sup>を参考に表1のように保存・活用方法の概念を整理する。

歴史的鋼橋の保存の本來的なあり方は、原位置で建設当時の外観（形態、意匠など）、材料、技術などその文化的、歴史的価値を損なわないようにしつつ、かつ構造本

表1 保存・活用方法の概念

場所	原位置	竣工当時からの場所で保存・転用されているもの
	移築	竣工当時の場所と異なる場所で保存・転用されているもの
使用状況	現役	建造当初に想定された使途のまま使われ続けているもの
	転用	建造当初と全く異なる使われ方をしているもの
	使用停止	使われていないもの
保存状態	原形	建造当初の構造がほとんど変わっていないもの
	部分変更	部分的に補修、補強、改造が行われたもの
	大改造	外観にも大きな変化をきたすような改造が行われたもの
	復元	その建造当初の姿に修復、再現したもの

(文献1) を参考に著者作成)

来的機能を果たしつづけるべく対策を施すことであると考える。本研究では、この中の外観の変化という観点に着目し、補修・補強のあり方を考察する。

### 3. 補修・補強技術の事例調査

歴史的鋼橋の代表として『鉄の橋 100 選』<sup>2)</sup>の中から選定する。今回は東京と神奈川の15橋について管理者に問い合わせを行い、資料の得られた東京都内の9橋を対象橋梁とした。調査対象橋梁の概要を表2に示す。

まず対象事例に施されている補修・補強技術を調査する。補修履歴、補修図面、設計書、工事誌等の収集および管理者へのヒアリングによって、工事内容の整理・把握を行う。そして竣工時の図面や写真などと照らし合わせながら、どういった目的でどこをどのように補修・補強しているかを把握し、整理する。

\*Key Words : 保存技術、補修・補強、歴史的鋼橋、外観

\*\*学生会員 早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻 修士課程

\*\*\*正会員 工博 早稲田大学理工学部社会環境工学科 教授 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

表2 調査対象橋梁一覧

橋梁名	所在地	保存状態	橋長*幅員(m)	構造形式	開通年月日	記事
八幡橋	江東区	移設・転用 ・部分変更	15.76*2.0	ボーストリングトラス	旧橋 1878(M11) 移設 1929(S4)	・1977年国指定重要文化財に指定 ・1989年アメリカ土木学会賞受賞
南高橋	中央区	移設・現役 ・部分変更	63.10*11.00 (車道6+歩道2*2.5)	下路プラットトラス	旧橋 1904(M37) 移設 1932(S7)	・旧両国橋（1904年架設）の中央径間を移設 ・中央区民文化財に登録
長池見附橋 (旧四谷見附橋)	八王子市	移設・現役 ・復元	37.606*17.4	上路2ヒンジアーチ	旧橋 1913(T2) 架替 1991(H3) 移設 1993(H5)	・できるだけ旧橋の部材を再用し、移築・復元 ・高欄、橋灯などは新規作成で復元
永代橋	中央区-江東区	原位置・現役・ 原形	185.170*22.0 (車道16.60+歩道2*2.70)	下路バランストライダーアーチ	1926(T15)	・土木学会選奨土木遺産に指定
千住大橋	荒川区-足立区	原位置・現役・ 原形	91.676*19.350 (車道2*5.825+歩道 2*3.850)	下路プレースドライダーアーチ	1927(S2)	・有形文化財に登録
清洲橋	中央区-江東区	原位置・現役・ 原形	186.220*22.0 (車道16.60+歩道2*2.70)	自碇式補剛吊橋	1928(S3)	・土木学会選奨土木遺産に指定
御茶ノ水橋	千代田区-文京区	原位置・現役・ 原形	80.0*23.0 (車道16.6+歩道2*3.2)	π型ラーメン (側径間ヒンジ付き)	1931(S6)	
田端大橋	北区田端	原位置・転用・ 大改造	135.0*11.0	π型ラーメン (中央径間ヒンジ付き)	旧橋 1935(S10) 転用 1992(H4)	・当時世界的な長大全溶接橋 ・平成4年「田端ふれあい橋」と改名、歩道橋として保存
勝鬨橋	中央区	原位置・転用・ 部分変更	246.0*22.0 (車道16.60+歩道2*2.70)	バスキュール式跳開橋 (主径間) 下路式ソリッドリブライダーアーチ (側径間)	1940(S15)	・わが国最初の二葉の跳開橋 ・当時東洋一の規模を誇る ・現在は開かずの橋となり保存

その結果、以下に示す4つが補修・補強工事の主な目的となっていることがわかった。

- ① 腐食・老朽化に対する補修 … 経年と雨水の浸食などによる腐食・欠損と老朽化に対する補修
- ② 耐荷力保持のための補強 … 交通量の増大や設計基準の変化に伴う耐荷力不足に対する補強
- ③ 修景 … 橋面整備や付属物の新設、復元および周辺環境整備などの景観整備
- ④ 機能付加 … 新たな機能を橋梁に加える

次に、外観調査の結果から補修・補強工事が外観に及ぼした影響を調べ、採られた方法について考察する。外観調査は、補修・補強工事の図面と竣工当時の図面および昔の写真をもとに行い、現地の様子を確認しながら補修・補強が及ぼしている変化を調査した。今回は得られた資料との対応で現地の状況を調査し、その中から確認できる外観の変化についてのみ記述を行うこととする。

以下順に各事例調査の結果と、上記4項目の目的ごとに補修・補強工事の内容をまとめた表を示す。

### (1) 八幡橋

八幡橋は、日本で最初の鉄の橋である長崎のくろがね橋から10年後の1878（明治11）年に製作、架設された国産の鉄の橋である弾正橋を改造、移設したもので現存するものとしては国産最古の鉄橋である（図1）。弾正橋の全幅員は9mで主構の外側に歩道が設置されていた。それを移設の際に幅員2mの歩行者専用橋として転用し、死荷重を大幅に低減させることでWhippleの特異な構造をうまく保存している。

保存に至る経緯は次のようである<sup>3)</sup>。1913（大正2）年の市区改正事業によって数十メートル上流に新しい弾正橋が完成したが、旧橋は元弾正橋と呼ばれそのまま残っていた。その後帝都復興事業の区画整理により元弾正橋は廢橋となり、弾正橋も道路拡幅のため1929（昭和4）年に新橋に架け替えられた。この時に撤去された元弾正橋は、東京最古の鉄橋であることを記念して現在位置に移設して保存することになった。またこの際に、隣接する富岡八幡宮にちなんで八幡橋と改名した。

昭和4年の移設以降に行われた補修・補強工事の目的と方法を表3にまとめる。大きな補強は床版の改造のみで腐食に対する補修として今まで6～7回の塗装が行われているとみられる<sup>4)</sup>。

昭和4年の移設時に、床組は原橋と同様の木製で全面的に改造されているが、さらに昭和39年頃、床版が鋼床版に改造されていることが下の図面（図2、3）を比べるとわかる。

戦後、八幡橋が架けられていた堀川は埋められ、橋の下は草が生い茂り人は歩けない状態だったが平成2年に遊歩道に整備された。遊歩道から桁裏の様子を眺めることができるが、その構造部材は塗装も行われたばかりであることもあり、新しい橋のような印象を受ける。しかし、床版・床組に若干の部材取換えが行われたものの取付け方法は変わっておらず、正面や側面方向から弾正橋の面影を眺めることができる。

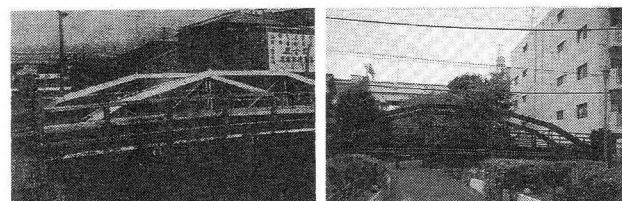


図1 弾正橋<sup>5)</sup>（左）と移設された八幡橋（右）

撮影：著者，2003.11

表3 八幡橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に 対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和4年 移設工事		幅員の大幅縮小・歩道橋化	
昭和38年 塗装工事	塗装		
昭和39年 補修工事		床版の改造（鋼床板） 橋台の補修	
昭和45, 50, 55年塗装工事	塗装		
昭和62年 補修工事	手すりの補修		階段部のタイル舗装
平成元年 塗装工事	塗装		
平成2年 景観工事			橋下を遊歩道に整備

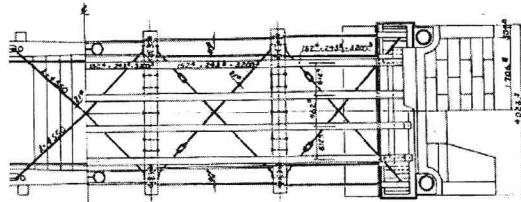


図2 昭和3年移設竣工平面図で見る床版の様子<sup>6)</sup>

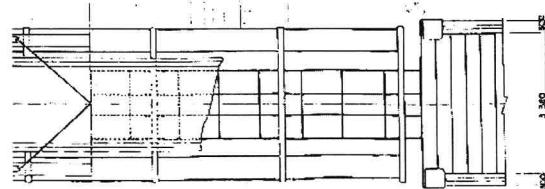


図3 昭和39年補修工事平面図で見る床版の様子<sup>6)</sup>

文献4)から過去の八幡橋は赤錆色であり、昭和40年以後、現在の赤色になっていることがわかる。過去の写真と見比べても、大分鮮やかな色に変わっており雰囲気も変化しているように感じる。なぜ上塗りの色相を変えたのか、その理由は不明である。塗装の内容によっては外観の印象に大きな変化を与えることが伺える。

## (2) 南高橋

南高橋は旧両国橋（明治37年竣工）を震災後に架け替える際に、トラス3径間のうち中央径間を改造して移設したものである（図4）。構造上の特徴として、トラス部材に今では珍しいアイバーが用いられており貴重な橋である。

南高橋は、当初の区画整理計画が途中で設計変更されたために架設された橋であり、東京市では区画整理の設計変更を既定の予算内で収めようとしたし、両国橋の中央径間を再利用することとした<sup>7)</sup>。このことが道路橋として都内で最古の鉄橋の保存へつながったのである。

昭和7年の移設以降、約70年の間に行われた補修・補強工事の目的と方法を表4にまとめた。床版歩道部は樹脂注入で維持補修し、車道部はグレーティング床版に打換え補修されている。平成の美化工事では橋門周りや歩道タイルなどの修景を目的とした整備を行っている<sup>7)</sup>。

グレーティング床版とは図5に示すように主鉄筋の代わりにI型鋼を用い、配力鉄筋をウェブに設けた穴などをを利用して配置した工場製作ユニットを並べ現場打ちコンクリートを打設する方法である。

同じ耐力を有するRC床版よりも版厚を薄くできるので床版取換えによる死荷重の増加はあまり問題にならない。RC床版への打換えよりも工期を短縮でき、大幅な

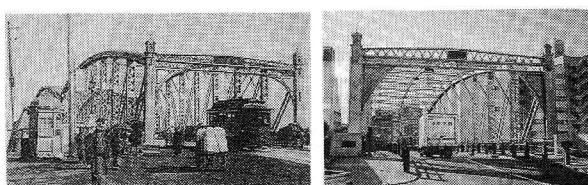


図4 旧両国橋<sup>8)</sup>（左）と南高橋（右）  
撮影：著者，2003.12

表4 南高橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に 対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和51年 床版補修工事	床版の補修 歩道部分のマンホール付近に多く発生している腐食・ひび割れに対し樹脂注入補修を行う	橋台拡幅（支承部前面） 床組の補強対策として行う	
昭和57年 床版工事		床版の打換え 補強対策として、車道のみグレーティング床版に打換え、床版下面を鋼板で覆う。	
平成元年 美化工事	伸縮装置の塗装		歩道のタイル舗装 橋体の塗装 シルバーペイント 橋門装飾の復元 ライトアップ灯具設置

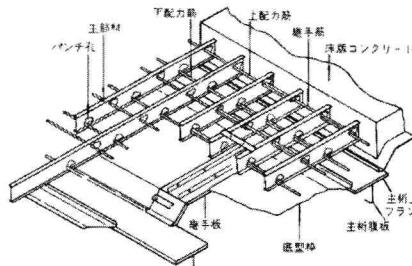


図5 グレーティング(鋼格子)床版<sup>9)</sup>

交通規制を要さないことが利点である<sup>9)</sup>。床版の打換え部分は、外からはわからないが旧車道床版と歩道部の打継ぎ目に樹脂注入を行い補修した様子は確認できる。車道部の床版下面是鋼板で覆われているが桁裏は人目につかず、この床版打ち換えによる外観への影響は少ないと思われる。

近年行われているライトアップは控えめなオレンジ系で、床面から上に向かって当たられる光は橋全体のシルエットを浮かび上がらせ綺麗である。灯具は橋体と同じシルバーペイントで塗られ、垂直材の中に埋込まれており外観への影響を最小限に抑える工夫が見られる。コードも同系色で収まりもよく目立たない。

## (3) 長池見附橋(旧四谷見附橋)

四谷見附橋は東京市区改正事業の一環で架けられ、近くにある赤坂離宮と調和するネオ・バロック調のデザインを探っている。架橋以来約50年、都市の発展に伴う拡幅整備により橋の架け替えが決まり、撤去された橋体は多摩ニュータウンに移設し復元保存されている（図6）。橋の架替え計画を知った住民から、橋は景観的に優れているので保存してほしいとの請願が出され、東京都は四谷見附橋の周辺環境と住民の橋への意識調査を踏まえた改築選定調査を行った。結局すべて取り換えこととなつたが、全体のイメージ保存として本体にはアーチ形状を模した方杖ラーメン形式が選ばれ、高欄や照明灯にはできるだけ旧来のものを用いるように配慮された。そして橋梁本体は関係者の努力によって多摩ニュータウンに移築保存されることとなつた。

四谷見附橋を移設、復元した際の補修・補強工事<sup>11)</sup>の目的と方法を表5にまとめた。移設の際、アーチリブ2本分の幅員が縮小された。主な損傷は経年と雨水による腐食、欠食であり、これに対して補強板の添接や溶接、

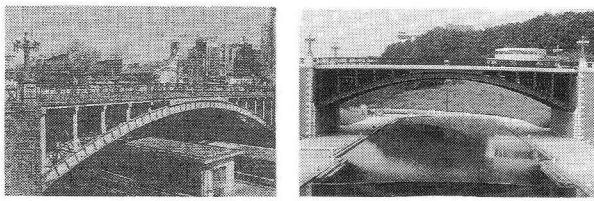


図 6 旧四谷見附橋<sup>10)</sup> (左) と長池見附橋 (右)  
撮影：著者，2003.9

表 5 長池見附橋に見られる補修・補強技術

目的 工事	腐食・老朽化に 対する補修	旧橋撤去時の損傷に 対する補修*	修景
平成 3 年 移築復元 工事	バックルプレートの補修・補強 <ul style="list-style-type: none"> <li>・非使用部材の転用</li> <li>・補強板の添接</li> <li>・水抜き孔部分には当て版補強</li> <li>継桁の新規取替え 溶接による新規集成部材を使用する。</li> <li>継桁支材の取替え 非使用部材の転用もしくは新規部材との交換を行う。</li> <li>横桁の補修 ・非使用部材の転用</li> <li>・新規集成部材との交換</li> <li>・補強板の添接</li> <li>垂直材 ・腐食部の肉盛溶接</li> <li>・腐食部の切り取り、鋼板の溶接</li> <li>・新規プレートと交換</li> <li>・肉盛溶接とグラインダー仕上げを使用</li> <li>アーチリブ ・新規製作</li> <li>・肉盛溶接補修</li> </ul>	部材の曲がりおよびねじれの補修 局部的な変形は加熱矯正によって補修する。  リベット孔周りの損傷の補修 ・高力ボルト締めする箇所の孔周りは肉盛溶接による孔埋、再穿孔を行う。 ・軽微な損傷にはリーマ通しを行い孔周りを整形する。	高欄、橋灯の新規製作 旧橋のイメージを保存するため、デザインを復元する。

\* 移設・復元工事に限って見られる目的

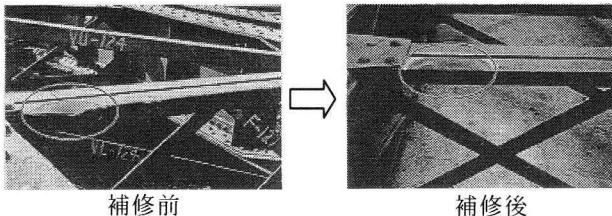


図 7 アーチリブ横構の補修<sup>11)</sup>

新規取替えなどが行われている。図 7 はアーチリブ横構の肉盛溶接補修の様子である。部材の新規取替えを極力避け、幅員縮小の結果余った非使用部材のうち、各種試験を行った結果耐荷力を有する部材に補修を施し、再利用している。交換の必要な部材も非使用部材の転用や集成部材を用いることで新しい部材の添加を避けている。本体のリベット接合部もリベット打ち職人を函館の造船所から呼び寄せ、そのまま再現している。また修景において、高欄や照明灯などはオリジナルのデザイン、サイズに忠実に復元し、橋台はコンクリート造だが表面を本物のレンガで覆い外観を復元している。外観の変化は少なく、旧橋の面影をよく伝えている保存例である。

#### (4) 永代橋

永代橋は、1926（大正 15 年）、震災復興橋梁として隅田川に最初に架けられた橋である。わが国ではじめてスパン 100m をこえた橋であり、しかも現存最古のタイド・アーチ橋である。

都では「著名橋の整備」の一環として永代橋や清洲橋、

勝鬨橋などの景観整備を行っている。整備の基本方針は次の三点である<sup>12)</sup>。

①橋の持つ歴史的・文化的価値を重視し、橋の位置づけを再評価する。

②土木史的に価値のある橋について、デザインの組立にいたる一貫性を整備に反映する。

③魅力ある都市景観の形成という観点から、橋を現在の東京の景観の中に積極的に位置づけていく。

整備は、橋の色・橋灯・高欄・歩道部分の離柵・歩道舗装・橋台敷を対象に進められた。

この景観整備で行われた補修工事の目的と方法を表 6 にまとめる。床版・主桁の補修や歩道の整備、橋面舗装など、広く全般にわたって維持・補修工事が行われていることがわかる。昭和 61 年の床版補修工事では車道部床版のバックルプレート 1440 枚のうち、断面減少をきたしている約 3 割を取り替えた<sup>13)</sup>。歩道整備では、歩道部の RC 床版を打替えている。どちらも橋面には大きな変化は与えておらず、桁下も人目に付かないため影響は少ない。照明灯は当時のデザインに変えられたが灯の数は 2 個から 6 個に増え、灯の高さも低くなっている（図 8）。

ライトアップはブルー系で鮮やかではあるが幻想的な雰囲気を醸しだしている。アーチリブの上縁に新規部材のライトカバーを設置し、中に蛍光灯を取付けている（図 9）。アーチのラインは崩れておらず昼間もあまり目につかない。リブ上面に設置されたコードを収めるポックスは遠目には認識されないが、コードの色が黒いため歩行時には目に留まる。南高橋のようにコードも橋体と同じ色にする配慮がほしい。

表 6 永代橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化 に対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和 61 年 補修工事		床版補修 車道部床版のバックルプレート取替え	照明灯取替え
昭和 62 年 整備工事	桁防食工事 塗装	歩道整備 RC 床版の打換え	
平成 2 年 照明設備工事			ライトアップ灯具取付け
平成 7 年 維持工事		主桁補修	歩道の舗装打替え 橋面舗装 ライトアップ灯具取替え
平成 10 年 補強工事		落橋防止工設置	

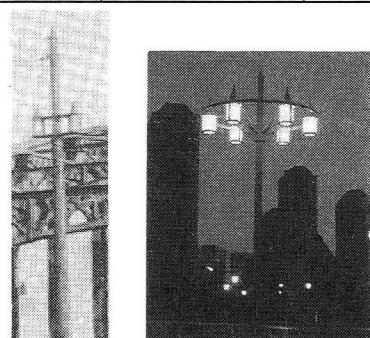


図 8 創建当時<sup>14)</sup> (左) と現在 (右) の照明灯

撮影：著者，2004.9



図9 永代橋のライトアップ(左)  
と灯具取付部(右)  
撮影:著者, 2003.9

### (5) 千住大橋

千住大橋は、新旧2橋が並列していて、下り線が1927(昭和2)年完成のプレースドリブタイトードアーチである。

昭和50年代以降の工事<sup>15),16)</sup>に関して、目的と方法を表7にまとめる。耐荷力低下から床組の補強とグレーティング床版への床版打換え補強が行われている。床組の補強策として横桁と伸縮装置の間に縦桁を新設する桁端縦桁補強が施されている(図10)。新設された桁端縦桁(図11)は歩道部からはもちろん、橋の周辺からもほとんど見えなくなっている。これらの外観に及ぼす影響は小さいと思われる。床組の補強策としてこのような桁端縦桁を設置した例は少なく、管理者へのヒアリング調査によると伸縮装置と横桁の距離や地形条件によって採用が限られる補強方法であることがわかった。

その他に床組の補強策として、従来の縦桁の間に横桁に乗るかたちでウェブ高さ1/2ほどの縦桁を新設している(図12)。桁下から覗いても新設された縦桁部分は影になっており、目立った変化は与えていないことが確認できる。

表7 千住大橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に 対する補修	耐荷力保持のための補強
昭和59年 補強工事	伸縮装置補修 定期的な取替えを行なう位置、構造形状は変化していない。	桁端縦桁補強 横桁と伸縮装置の間に縦桁を新設し、床組を補強する(図10,11)。 橋台軽補強 バラベットの欠落部分を中心に橋台の一部を鉄筋ごと削り、新設する新しい鉄筋を差込み、樹脂を注入して固定させている。
昭和60年 床版工事	排水装置修理 雨水による腐食に対する定期的な補修	床版の打換え 車道のみグレーティング床版に打換える。 縦桁補強 床版の補強策として、従来の縦桁の間に補強縦桁を新設する(図12)。 高欄補修 設計基準の改正により90cmから110cmに嵩上げ

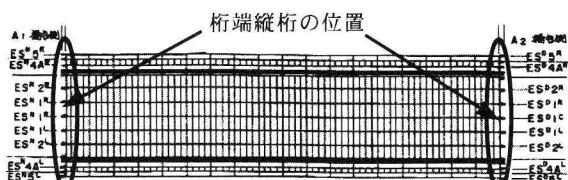


図10 桁端縦桁の配置図 (文献15)に著者加筆)



図11 桁端縦桁の様子  
撮影:著者, 2003.11



図12 補強縦桁の様子  
撮影:著者, 2003.11

### (6) 清洲橋

清洲橋は、1928(昭和3)年に帝都復興事業で架けられた新設の橋梁である。近代橋梁技術の粋をあつめてつくられた震災復興橋梁群の中心的存在であるとして、前述の永代橋と並んで土木学会「第一回選奨土木遺産」に選定されている。

永代橋と同様に「著名橋の整備」事業で行われた補修工事の目的と方法について表8にまとめる。昭和62年の床版補修<sup>17)</sup>では、車道部床版のバックルプレートを補修し(図13,14)，歩道部床版をグレーティング床版に打換えている。また、歩道橋面に御影石を用いた石張舗装を施し修景している。

ライトアップはケーブル側面に取付けられたピンクのライトがライン状に点々と並び、控えめだが温もりの感じられる景観を演出している。昼間人目につくことを意識してか灯具は丸形状(図15)になっている。コードは上面を通してはいるが永代橋と同じく黒色で目立っている。

表8 清洲橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に 対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和62年 補修工事	塗装 排水施設補修	床版補修 車道部床版のバックルプレートを 補修、歩道部床版をグレーティング 床版に打換え	歩道部石張舗装
平成2年 整備工事			区画線の引き直し
平成3年 整備工事	塗装		ライトアップ灯具取 付け 舗装補修
平成7年 補修工事	橋台敷補修		
平成8年 維持工事	塗装		ライトアップ灯具取 替え

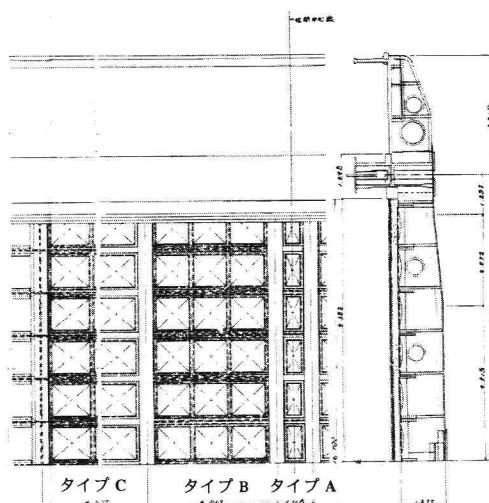
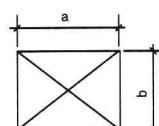


図13 バックルプレートの配置図<sup>17)</sup>



タイプ	a(mm)	b(mm)	数量(ヶ)
A	1143	940	12
B	1143	1067	72
C	1372	1067	1392

バックルプレートの形状

図14 バックルプレートの新規製作  
(文献17)を基に著者作図)

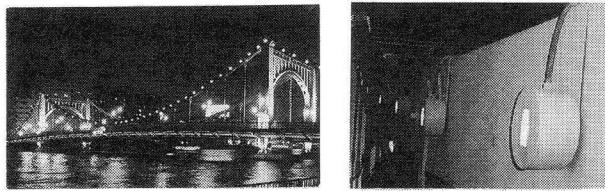


図 15 清洲橋のライトアップ(左)と灯具取付部(右)  
撮影：著者，2004.9

#### (7) 御茶ノ水橋

先代の御茶ノ水橋は橋床が木製であったため、関東大震災で炎上し大きな被害を生じた。現在の橋は震災復興事業によって架けられた。ラーメン橋は震災後に急速に広まつたが、御茶ノ水橋は支間長も最大で、端正でまとまつた鋼ラーメン橋として復興期を代表している（図16）。

最近行われた大きな補修工事は昭和56年もので、この目的と方法について表9にまとめる。床版補強対策として横桁を増設している<sup>18)</sup>。図17で見ると横桁増設材が斜材と交差する点線部分にタイプ(b)，それ以外の太線部分にタイプ(a)の2タイプを配置している。なお、横桁の増設は車道部のみで、歩道部には施されていない。この事例のように桁裏がほとんど人目につかない場合には外観に与える影響も少なく、有効な方法であると思われる。



図 16 創建当時<sup>19)</sup> (左) と現在(右)の御茶ノ水橋  
撮影：著者，2003.11

表 9 御茶ノ水橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に対する補修	耐荷力保持のための 補強	修景
昭和56年 補強工事	伸縮装置補修 橋台とゲルバー部の伸縮 装置を突合せ踏掛石からゴム系の伸縮装置に交換する。 側溝改修 漏水対策として、従来のみ かけ石を撤去しゴム製のもの を新設する。	横桁増設 耐荷力が低下している 横桁現断面(型)にフレー トを溶接して断面補強 を行う(図17)。 橋台壁補修 伸縮装置およびバラベ ットの取り付け部にアス ファルト舗装を施す。	防護柵設置の検討 橋上からの眺め を阻害するとして、 景観面を重視し設置 案は取りやめになっ ている。

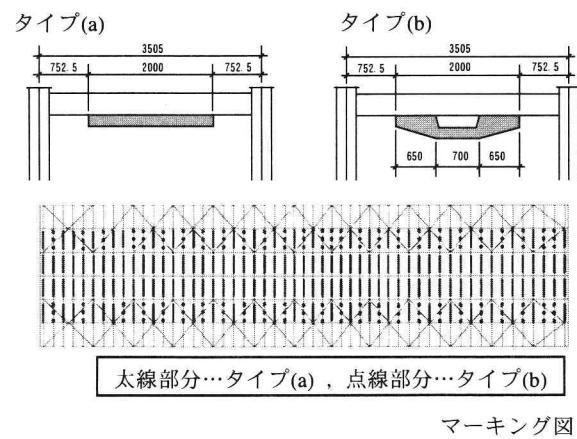


図 17 横桁増設の様子 (文献 18) を基に著者作図)

#### (8) 田端大橋

田端大橋は、1935(昭和10)年に開通した、当時世界的な長大全溶接橋である。以来50余年、経年と増加する交通量に対する考慮から、橋の管理者である東京都は新田端大橋への架け替えを決めた。しかし橋の保存に対する住民たちの強い要望から北区が都と協議し、歩行者専用の橋として整備することとした(図18)。

歩道橋への改築、整備工事についてその方法を表10にまとめる。旧橋部材の箱桁上に受梁と支柱を新設し、床版を新設している(図19)。主桁はすっぽりと覆われ、側面も大きくパネルで覆われてしまい旧橋の構造はその桁裏と脚しか見られない。橋桁をそのまま利用するとなれば、主桁が邪魔となり歩道幅員は最大7mしかとれないが、田端駅の駅前広場が狭いという事情から住民は、橋面をなるべく広くしてもらうことを望んでいた。そして最終的に旧橋の床版を撤去し、新しい床版を主桁の上に新設して13.8mの幅員をいっぱいに使った橋面整備を行つた<sup>20)</sup>。橋面は装飾物の新設とタイル舗装で整備されている。道路橋から歩道橋への転用なので特に旧橋の部材に補強は行われていない。

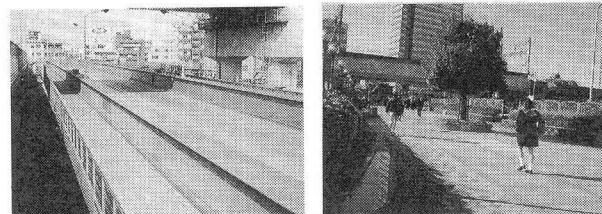


図 18 改修前<sup>20)</sup> (左) と改修後(右) の田端大橋  
撮影：著者，2003.12

表 10 田端大橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	耐荷力保持のため の補強	修景	機能付加
平成2年 橋梁上部 改築工事	落橋防止工設置 上部工と下部工を チエーンで留める。	床版のタイル舗装 橋の外側に化粧板を設置。	床版の新設 デッキフレート併用 のRC床版を新設する。 受梁の新設 既設構造物の箱桁にH 型鋼を載せ、ボルトで固定する。 支柱の新設 既設の横桁にH型鋼 を立て、垂直にI型鋼、 山形鋼を配置して高力ボ ルトで固定する。
平成3年 橋面整備 工事		高欄の新設 タイル舗装 照明の新設	プランターボックス、 植栽の設置 花壇とベンチの設置 時計塔(カリヨン)の 設置 橋の中央に鐘の鳴る 時計塔を設置する。

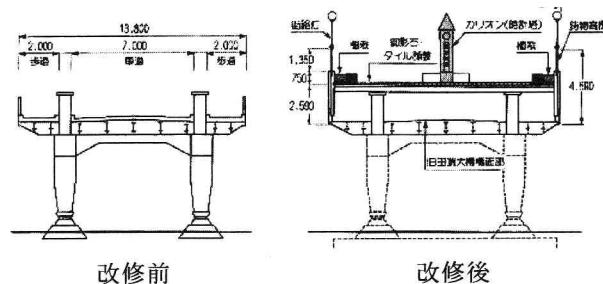


図 19 田端大橋の改修<sup>21)</sup>

## (9) 勝闘橋

勝闘橋は1940(昭和15)年、永代橋の下流に架けられたわが国最初のシカゴタイプの二葉の跳開橋で、東洋一の規模を誇った。橋が開くと交通渋滞が引き起こされるため、昭和43年を最後に「開かずの橋」となっている。

昭和50年代以降の補修工事の目的と方法について表11にまとめる。昭和53年の補修工事<sup>22)</sup>では、重交通の影響と経年の老朽化により中央径間に発生したシアーロックと車道部床版の損傷を補修している。シアーロックとは、両橋脚から突き出た突析の先端を閉橋時に連結するヒンジである(図20)。シアーロックのピンおよび軸受け部に支圧変形や摩耗が生じ、機能を喪失しているため、新しいものに取替えを行った。この際、可動部の構造系および開閉機能を維持するものとして補修を行っている。また車道部床版はT-グリッド床版と称する、グレーティング床版に類似した構造であったのを鋼床版に打換えた。床版重量が開橋能力を上回らないよう考慮し、軽量化を図れる点に着目して鋼床版を採用することとした。打換えの際、既存の縦横および横横を増設し、横リブも密に配置して補強している。ライトアップはブルーとグリーンの組み合わせが若干騒々しい印象を与える。ライトの色の選定にあたりデザインの専門家の意見を取り入れたそうだが、橋体の色や構造形式および歴史的な意匠との関係は感じられない。なお、灯具の設置方法はほとんど永代橋と同じである。

表11 勝闘橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食・老朽化に対する補修	耐荷力保持のための 補強	修景
昭和53年 補修工事	シアーロックの取替 伸縮装置の取替	床版の全面打換え 車道部のT-グリッド 床版および小横横を撤去し、 既存の縦横および横横を増設して鋼床版を設置する。	
平成3年 塗装工事 設備工事	塗装		橋面舗装 ライトアップ灯具取付け
平成5年 補修工事	伸縮装置取替 舗装打換え(防水層含む)		
平成6年 補修工事		桁断面補強 床版補修 車道舗装工 2径間のみ、床版カバーフレートを設置、リブ設置を行う。	
平成6年 維持工事	伸縮装置補修		橋面舗装
平成9年 維持工事	高欄補修		
平成12年 維持工事	塗装		

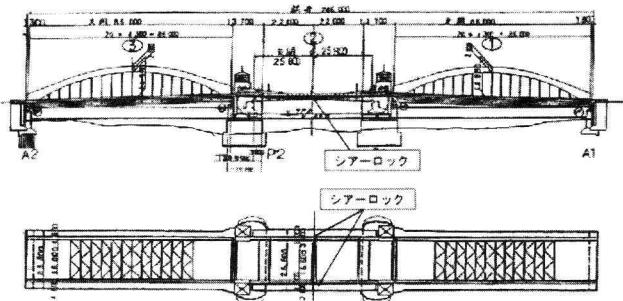


図20 シアーロックの位置 (文献23)に著者加筆)

## 4. 歴史的鋼橋の保存の目的と手法

以上の資料調査と現場調査およびヒアリング調査の結果をもとに、それぞれの橋について保存の目的を明らかにし、工事の内容および外観からみた評価とともに表12にまとめる。表12より歴史的鋼橋の保存において、外観の変化は保存の目的と大きく関わっていることがわかる。

そこで歴史的鋼橋の保存の目的と手法についての考察として、表12で分類した4つの保存の目的について、管理者の意識や補修・補強技術の選定方法などに注目し、目的に応じた補修・補強と修景の考え方を以下に整理する。

### (i) 文化財的な価値を重視した保存

長池見附橋の移設・復元ではオーセンティシティーを追求し、できる限りオリジナルの材料・技術・工法を残す手法が採られている。今では見られることが少なくなったリベット接合も職人を呼び寄せるまでして、当時の技術をそのまま再現した。工費や技術の面で制約が生じることもあり難しいが、文化財的な価値を重視し保存を行う場合にはこのように橋梁本体を物理的に保存することが肝要である。また修景においても外観保持に価値を置いてオリジナルの材料・デザインを厳密に継承するという考え方方が理想的である。長池見附橋の装飾物復元はこの考えに基づき行われている。

### (ii) 歴史性の保持による付加価値の向上

歴史的価値を重視した保存においては、外観やイメージの変化を避ける手法が望ましい。八幡橋と南高橋では補修・補強に特殊と思われる技術は用いられていないが、補修・補強の方針や古い資料の管理などに気を配り、外観をほとんど変化させず保持している。修景においても歴史性を重視し、オリジナルの外観を保持する考え方が望ましい。南高橋では昔の意匠を取り戻すため装飾物の復元が行われたが、実際に復元されたエンド・ポスト・キャップは墨田区の復興記念館に保存されている実物より小さく、写真で比べると橋門構の形や橋門装飾のコーナー部の曲率半径も旧両国橋と違っていることがわかる(図21)。明治期のトラスは橋門に意匠を凝らしたものが多く南高橋もその一つである。資料が残っていることを考えると原物に忠実な復元が行われなかったのは残念である。歴史性は付属物などの装飾的要素によく現れるため細部にまで十分に気を配った修景が望まれる。またここでは外観の変化を伴う機能付加はなるべく避けたい。

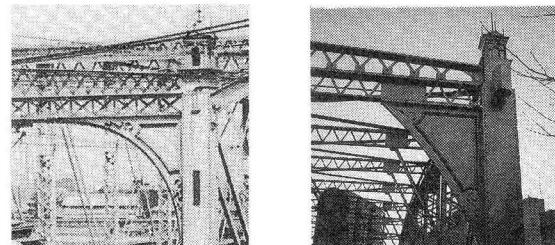


図21 両国橋の橋門<sup>24)</sup>(左)と復元された橋門(右)  
撮影:著者, 2003.12

表 12 保存の目的と補修・補強技術

分類	事例	保存の目的と 管理者の意識	工事の内容				外観からみた評価
			腐食・老朽化に 対する補修	耐荷力保持のため の補強	機能付加	修景	
(i)	長池見附橋	・橋の文化財的な価値を重視。 ・歴史性に対する意識が強い。 ・旧橋と架替えに関する資料も 保管する。 ・オリジナルの材料・デザイン・ 技術を厳密に残す方針。	可能な限りオリジナルの材料・技術・ 工法を用いる。	—	—	・高欄や照明灯はオリジナルのデザイン、サイズを忠実に再現。 ・橋台は外観保存。	・外観の変化はほとんどない。 ・オーセンティシティーをまもり旧橋の面影をよく伝える。
(ii)	八幡橋	・歴史性の継承とそれにより生 まれた付加価値の保存。 ・保存の意識は高い。 ・竣工時の資料なども保管する。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・橋の周辺を遊歩道に整備。	・外観の変化はほとんどない。 ・塗装の色により若干印象が変わっている。
	南高橋	・歴史性の継承とそれにより生 まれた付加価値の保存。 ・保存の意識は高い。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・昔の意匠を取り戻すための橋門装飾復元。 ・新しい魅力の付加を目指したライトアップの試み。	・外観の変化はほとんどない。 ・橋面装飾はオリジナルのサイズ・形状と若干異なっており厳密に復元されていない。 ・ライトアップは新しい景観を演出。
(iii)	永代橋	・現役の機能を維持しながら歴 史性を継承する。 ・補修・補強技術の選定にも気 を配り保存の意識が明快。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・照明灯をオリジナルのデザインに 取替え。 ・新しい魅力の付加を目指したライ トアップの試み。	・数と高さは異なるがデザインを 真似た照明灯が旧橋の雰囲気を 伝えている。 ・ライトアップは新しい景観を 演出しているが、灯具のコード が目に付く。
	清洲橋	・現役の機能を維持しながら歴 史性を継承する。 ・補修・補強技術の選定にも気 を配り保存の意識が明快。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・新しい魅力の付加を目指した新 しいデザインの付属物設置。 ・ライトアップ。	・付属物の添加により外観は変 化している。 ・新しいデザインの添加は昔の 意匠を大きく損ねていない。 ・ライトアップは新しい景観を 演出しているが、灯具のコード が目に付く。
	勝闘橋	・現役の機能を維持しながら歴 史性を継承する。 ・補修・補強技術の選定にも気 を配り保存の意識が明快。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・新しい魅力の付加を目指した新 しいデザインの付属物設置。 ・ライトアップ	・ライトアップは色が旧橋の雰 囲気にあっていない。 ・灯具のコードが目に付く。
	千住大橋	・現役の機能を維持しながら歴 史性を継承する。 ・保存の意識は明快でない。 ・古い資料は失われている。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法 に工夫を加え、採用。	—	—	・桁裏を覗いてもほとんど変化 は確認できない。 ・外観の変化はほとんどない。
(iv)	御茶ノ水橋	・現役の機能を維持しながら歴 史性を継承する。 ・保存の意識は明快でない。 ・古い資料は失われている。	一般的な補修方法。	一般的な補強方法。	—	・景観的配慮による 防護柵設置の取り止め。	・人目につかない桁裏などに若 干変化がある。 ・外観の変化はほとんどない。
	田端大橋	・橋の利活用・転用。 ・転用前の古い資料や改造にあ たっての方針・技術の選定方 法などは不明。	—	一般的な耐震補強 方法。	植栽やベンチおよ び時計塔の設置 し、橋に公園として の機能を付加。	・新しいデザインの 高欄・照明灯等の 設置。	・旧橋と全く別のものがつくり 出されている。 ・修景に関しては新しい橋として の認識。 ・旧橋のイメージに対する配慮 は感じられない。

### (iii) 歴史性の継承と現役の機能保持

歴史性を意識して補修・補強を行っていると判断される永代橋、清洲橋、および勝闘橋には特殊と思われる技術は用いられていない。千住大橋と御茶ノ水橋の補修・補強では、一般的な補修・補強方法の中から施工のしやすさ（交通制限の有無）や工費などを考慮して技術が選定されており、歴史的鋼橋の保存という意識はあまり高くない印象を受けるが結果的に外観を大きく変えることなく残している。これは既存の床組の内側に新規部材を入れたり（千住大橋）、人目につかない桁裏に横桟を増設したり（御茶ノ水橋）というように人目につく部分の変化を極力抑える工夫が図られているためであろう。橋の歴史的な価値を認め、継承しようとする保存において大きな外観の変化は避けられるべきであるが、人目につく部分で注意を払えば一般的の補修・補強技術で外観を守った保存が十分可能であると考えられる。

現役の機能を維持することを目的とする保存ではオリジナルのものを生かしつつ、さらに新しい魅力を付加する修景が望まれる。永代橋、清洲橋では歩道部にタイル

舗装を施し、永代橋や清洲橋、勝闘橋では新しいまたは若干異なったデザインの照明を取付けている。近年、ライトアップという橋の新しい魅力を付加する試みも見られる。南高橋や永代橋、清洲橋および勝闘橋で行われているが、日中人目につく灯具やコードの収まり、ライトの色の選定などに注意が必要である。拡幅などの外観に変化を生じる機能付加もこの場合には有効である。

### (iv) 利活用・転用

旧橋を大改造して違うものをつくりだした田端大橋の整備は橋の歴史的価値に注目しつつも、利用形態の方をより重視した転用例である。歴史的価値を重視し、当時の設計思想を受け継いだ保存を行おうとする他の橋とは違う考え方であるが、このように新たな機能を付加したり、外観を大きく変えて延命や転用することも保存のひとつと考えられる。こうした考え方による創造的な保存も、今後積極的に検討する必要があろう。その際用いられる技術は改造の仕方によって多様で特殊なものとなり、田端大橋に用いられた技術も一般化できるものではない。海外には多くの転用の事例があり日本でみられない施工

13 構造部材別補修・補強メニュ一（上部工）

構造部位		腐食に対する補修		耐荷力のための補強		外観の影響		施工に伴う交通規制	
R C 床 板	床板	樹脂注入補修（樹脂橋） モルタル吹付け 防水工・舗装工（勝岡橋） サイベックス（結晶増強剤）工法	床板取替え工法（全面・部分） ex) ゲレーティング（鋼格子）床板（樹脂橋、清洲橋）	FIP（繊維入りプラスチック）接着工法 柱増強工法 上面増厚工法 下面増厚工法 炭素繊維補強工法 アンダーデッキ工法 外ケープル補強	B C B C B C B	A A A A A A A	A A A A A A A	一時必要 一時必要 一時必要 一時必要 一時必要 一時必要 一時必要	不要 不要 不要 不要 不要 不要 不要
鋼 床 板	床板	パックルプレート補修 デッキプレート補修 防水工・塗装工	床板打換え（全面・部分） 床板取替え工法（全面・部分） ex) T-ゲリット床版→鋼床版（勝岡橋）	A A A	A A A	A A A	A A A	要 要 要	要 要 要
上 部 工	床 組 構 件	非樹脂部材の転用（長池見附橋） 新規部材と取替（長池見附橋） 集成部材と取替（長池見附橋） 補強板の添接（長池見附橋） 溶接補修工（長池見附橋） トップホルト工・形状改良工 塗装工・防水工（水代橋、勝岡橋）	床板打換え（全面・部分） 床板取替え工法（全面・部分） ex) T-ゲリット床版→鋼床版（勝岡橋）	A A A A A A	A B B A A A	A B B A A A	A B B A A A	要 要 要 要 要 要	要 要 要 要 要 要
主析 ・ 主構	斜材貫通部の床版の箱抜き	溶接（八幡橋、水代橋、 清洲橋、勝岡橋）	亀裂部の溶接補修・当て板補修	B B	B B	B B	B B	不要	-時要

注) \* : 外観の変化から見る評価

A：大寺が影響郷を与えざる有効たましの

**B:** 人目につく部分などでの採用の際、注意が必要なもの

卷之三

## \* \* : 施工に伴う交通規制

要；一日以上の交通遮断を要するもの

**不要**：交通規制を伴わないもの

表 14 構造部材別補修・補強メニュー（下部工、付属物、その他）

構造部位	耐荷力のための補修		外観の影響	施工に伴う交通規制
	橋台	橋台		
下部工	橋台	橋台整備修（清洲橋）	橋台底面（支承部前面）(南高橋) 橋台壁補修（御茶ノ水橋）	B B
		取替え (御茶ノ水橋、千住大橋、勝鬨橋) 非排水化 ・弾性シール材充填 ・バッケージアーバンド充填 ・乾式止水栓充填 フェースプレート接着工法 側溝改修（御茶ノ水橋）	…部撤去、新設（八幡橋） 橋台壁補強（千住大橋）	B B
	伸縮装置		隔離段差の補修 リブ内モルタル注入 歯力ボルト接着工法 フェースプレートの溶接 密接改修部の補強リブ當て板補強	A A B B
		取替え 塗装工・防食工 突起部設置 合掌板幅	取替え (水代橋、田端大橋) 取替え アンカーパー設置 PCケーブル設置 PC鋼棒設置	A B B B
	構造止工		取替（全体・一部） 重防食外套 垂盆密射 滑り面の研磨とモリブデングリスの 塗布（ローラ支承） ローラの抜き出し、堆積土砂の取り 除き（ローラ支承）	取替（全体・一部） A A A A
付属物その他	支承		取替（全体・一部） 掘え直し 移設（全体・底板など） アンカーボルトの交換（固定支承）	B A A A
	排水装置	1.砂つまりなど堆積物の清掃 取替え（清洲橋） 排水孔の増設		A A B
	その他	シアーロック取替		B

\* \* : 施工に伴う交通規制

要；一日以上の交通遮断を要するもの

**不要**：交通規制を伴わないもの

法も含んでいる<sup>25),26),27)</sup>。こうした事例を参考にそれぞれに適した多様な保存を行い、そのあり方を成熟させることが必要と思われる。

またこの場合は新しい魅力を付加する修景や機能付加が行われやすい。田端大橋の例では広い橋面の整備や従来と全く異なったデザインの付属物の設置が行われ、旧橋の面影はほとんど残っていない。原則的にはオリジナルのものを活かしながら新しい魅力を付加することが望ましいが、全く関係のないデザインを取り入れる際にも橋の持つ雰囲気と調和するものを選ぶように注意すべきである。橋の歴史性、文化性を良く伝えるものとして外観を捉え、保存の目的に応じて修景の方針と内容を十分検討する必要がある。

## 5. 歴史的鋼橋の補修・補強技術

事例調査の結果をもとに歴史的鋼橋の補修・補強技術について考察する。9事例の補修・補強技術を見ると、腐食・老朽化に対する補修と耐荷力保持のための補強技術が、長池見附橋の復元を除いていずれも一般的な鋼橋の補修・補強技術であることがわかる。また補修・補強が外観に及ぼす変化は、構造部材の増設の様子が桁裏などに若干見られる程度でほとんど目立った変化は認められない。これに対して、機能付加や修景目的による補修・補強が外観に大きな影響を与えていたことがわかった。

今回の9事例の分析では歴史的鋼橋に特有と思われる補修・補強技術は見られず、気を付ければ一般的な鋼橋の補修・補強技術で外観を保持できることがわかる。そこで、外観の保持を目指した保存における補修・補強工法選定の参考として、外観の変化に着目した評価を加えた一般的な鋼橋の補修・補強技術のメニュー（表13,14）を作成した。この表の作成にはまず、一般的な鋼橋の補修・補強事例を集めた文献<sup>28),29)</sup>から各事例で用いられている補修・補強技術を特定し、その技術の特徴や施工上の留意点などに関する記述を整理した。さらに写真などから外観に与える変化の大きさを調査し、自ら評価を行った。そしてこれに9事例の分析結果を付加し、全体を整理した。

ここで表13,14のメニューの使い方を表12で分類した保存の目的別に見ていく。まず分類(i)の補修・補強においては外観に与える影響が最も小さい評価Aの技術ができる限り用いていきたい。橋の歴史的、文化的価値を重視する保存において外観の保持は非常に重要であると考えられる。人目につく部分はもちろん、人目の届きにくい部分でも用いる技術の選定に慎重さが求められる。分類(ii)においても歴史性の継承に価値が置かれるため、評価Aの技術を優先的に用いられたい。評価Bは外観に若干の変化をきたすため、人目につかない部分での採用が薦められる。たとえば橋下が河川の場合や内部の構造部材で影になるなどの場合である。また腐食に対する補修としては塗装が多く行われているが、これは一般的な鋼橋も同じである。塗装は外観の印象に大きな変化を与え

ことがあるので色の選定については慎重にならなければならない。分類(iii)においてもやはり評価Aを優先的に用いたい。やむをえず評価Bを人目につく個所で採用の際は変化を抑えるよう工夫し、施工等に注意したい。現役の機能維持を目的とした補強として床版の打換えが多く行われているが、いずれも一般的な工法であった。中でもグレーティング床版が多く用いられている。この工法は外観に変化を生じにくく、施工も比較的容易であるので歴史的鋼橋の保存に有効であると思われる。評価Cは大きな変化をきたす恐れがあり(i),(ii),(iii)のいずれにおいても極力避けたいものである。なお(iv)については転用のコンセプトに合わせて補修・補強技術を選定することが望まれ、外観の評価からは一概に判断できない。田端大橋の事例では床版をはじめとする新たな構造部材を取付ける補修・補強が主であった。しかしこれは新しい魅力の付加を目指した保存を行おうとし、橋を大きく改造する上で用いられた補修・補強技術である。各事例によってその利活用や転用の仕方に合わせた技術の選定が必要である。その際に原橋部材を活かして保存を行う箇所があれば、外観の変化を極力抑えるよう評価AまたはBの技術の採用を薦めたい。

## 6. 結論

本研究の成果は以下の4点である。

- ① 歴史的鋼橋の保存技術の分析と現地調査の結果から、外観の変化に対し強い影響力を持つものは機能付加や修景目的による補修・補強であることが明らかになった。
- ② 歴史的鋼橋の保存の目的と手法について考察を行い、目的に応じた補修・補強、修景の考え方と方法を整理した。
- ③ 歴史性を意識して行われた補修・補強において用いられる技術は、一般的な鋼橋の補修・補強技術がほとんどであることが明らかになった。このことから、保存の目的に応じて補修・補強の方針を明確にし、資料管理に注意するなどすれば普通の技術で十分外観や意匠を残していく可能性が示唆できる。
- ④ 一般的な鋼橋の補修・補強事例をもとに構造部材別補修・補強技術のメニューを作成し、外観の変化に着目した評価を与えた。これは今後歴史的鋼橋の保存において外観を変えないような補修・補強方法を検討する際に有効であると思われる。

本研究では、外観の変化は得られた資料と現地調査の対応で確認できるものの記述に留まっている。しかし中には、現在に至るまでに資料に残されていない補修・補強が行われ、外観に変化をきたしているものもあると考えられる。補修・補強の影響を正確に把握するためにも関係資料の適切な管理が重要と思われる。今回の調査で補修・補強記録に残されていない構造部位について不明な点は多く、これらの部位の変化については現地をよく見て考察を行う必要があり、これを今後の課題と

する。

## 謝辞

事例調査では多くの行政担当者の方々にお世話になつた、東京都建設局、東京国道事務所、東京都千代田区、江東区、中央区、北区の道路課の方々に、厚く御礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) 文化庁歴史的建造物調査委員会編：『建物の見方・しらべ方－近代土木遺産の保存と活用－』、ぎょうせい、pp. 104-114, 1998
- 2) 土木学会土木史研究委員会監修：『鉄の橋 100 選』、1997
- 3) 鋼橋の技術史研究部会編：鋼橋の技術史研究部会報告書、鋼橋技術研究会、pp.6-15, 1996
- 4) 八幡橋塗装履歴調査報告書、東京都江東区、1999
- 5) 明治工業史土木篇、工学会、pp.43, 1929
- 6) 中央コンサルタント：橋梁景観設計委託報告書、東京都江東区、1990
- 7) 伊東孝：『東京の橋－水辺の都市景観』、鹿島出版会、pp.122-123, 1998
- 8) アール・アンド・ディーエンジニアズ：橋梁健全度調査委託報告書、東京都中央区、1997
- 9) 桧貝勇：床版の補修・補強の概要、橋梁と基礎、建設図書、pp.105-108, 1994.8
- 10) 前掲 1), pp.159
- 11) 東京都建設局、住宅・都市整備公団共編：よみがえる四谷見附橋－四谷見附橋移設復元工事誌、土木学会、pp.111-138, 1993
- 12) 前掲 1), pp.128
- 13) 鋼橋の技術史研究部会編：鋼橋の技術史研究部会最終報告書、鋼橋技術研究会、pp. 63, 2003
- 14) 戦前土木絵葉書ライブラリー  
[http://61.199.33.80/Image\\_DB/card/](http://61.199.33.80/Image_DB/card/) (作成元：土木学会)  
土木図書館所蔵
- 15) 佐田建設株式会社：昭和 59 年補強工事・床版工事図面、建設省東京国道事務所、1984
- 16) 佐田建設株式会社：昭和 60 年補強工事・床版工事図面、建設省東京国道事務所、1985
- 17) 八幡建設株式会社：清洲橋床版補修工事床版構造図、東京都建設局、1987
- 18) 御茶ノ水橋橋梁補修工事図面、東京都千代田区、1978
- 19) 小池啓吉：お茶の水橋の改築に就て、土木建築工事画報、pp4, 1974.9
- 20) 野中賢：土木の風景 田端ふれあい橋、日経コンストラクション、日経 BP 社、pp.94-99, 1992.6.26
- 21) 東京都北区：田端ふれあい橋、東京都北区建設部道路課、発行年未記載
- 22) 方波見毅：勝鬨橋の補修・補強、橋梁と基礎、建設図書、pp.40-45, 1983.8
- 23) 橋梁台帳 勝鬨橋、東京都中央区、発行年未記載
- 24) 日本橋梁建設協会編：『日本の橋(増訂版)』、朝倉書店、pp.47, 1994
- 25) 五十畠弘：鋼橋に関する維持・補強・補修管理について－海外の動向、ブリッジマネジメントを含めて－、先端技術研究 インフラのリニューアルとメンテナンス、NKK、2001
- 26) 五十畠弘、木田哲量：イギリスにおける橋梁維持保全の状況、橋梁と基礎、建設図書、pp.138-140, 2001-8
- 27) 山崎淳・成井信・松田浩：ライン河ローデンキルヘン橋の工事報告、土木施工、37巻 8 号、山海堂、pp.65-73, 1996
- 28) 日本橋梁建設協会：鋼橋の補修・補強事例集、pp.17-79, 2002
- 29) 日本橋梁建設協会：鋼橋の損傷と点検・診断、pp.62-174, 2002