

歴史的鋼橋の保存技術に関する研究

1G00J0583 永田 礼子*

nagata reiko

地域の歴史と文化に価値が見出され、近代土木遺産保存の動きが各地に広まりつつある中で、保存・補修の技術的な方法論の確立が急がれている。本研究の目的は、近代土木遺産の延命方法を保存技術の面から考察することである。歴史的鋼橋を維持・保存するための補修・補強方法のあり方を探るため、東京都内の鋼橋 6 橋を対象に、補修・補強工事の際に施された技術を整理、分析し、目的に応じた構造部材別の補修・補強メニューを提示する。

Key Words : 保存技術、補修・補強、歴史的鋼橋

1. 序論

1.1 研究の背景と目的

画一的なものづくりが主流だった高度経済成長期の反省をもとに、21 世紀はそれぞれの地域に根ざした魅力ある景観の創造を目指す時代である。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・修復の方法論確立が課題となっている。

こうした時代の流れから、近代土木遺産としての歴史的橋梁保存の技術的研究は重要な課題である。

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る。東京都内の 6 橋の補修・補強事例に関して、橋梁の健全度調査履歴と内容、補修履歴、補修・補強工事の目的と内容をまとめる。これをもとに、構造部材別に損傷の特徴とそれに対する補修・補強方法の対応表を作成する。

歴史的な鋼橋の維持・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ため、過去の補修・補強事例の整理、分析から、目的に応じた構造部材別補修・補強技術のメニューを提示することが本研究の目指すところである。

1.2 研究の位置付け

鋼橋の保存技術に関する研究は近年、数多く見受けられ、大きく分けて橋梁の損傷診断と点検方法、補修・補強技術、塗装・コーティングのメンテナンスにおける各段階について行われている。

これらの既存研究は、今後、大量に発生すると予測される老朽化した橋梁をより安く、より簡単に延命するための保存技術を考察している。しかし、歴史的橋梁の保存はその歴史的・文化的価値を損なわないこと

が大切であり、これらの技術をそのまま用いることはできないであろう。

そこで本研究では、歴史的鋼橋の補修・補強工事に関して、その目的と採られた方法を分析し、さらにこれが外観にどう影響しているか調査を行いながら歴史的橋梁に施す補修・補強技術のあり方を探る。

その際本研究では、橋の持つ歴史性、文化性をよく映し出し、後世に伝えるものとして外観に着目する。外観の変化を評価軸に、変化が少ないほどよい補修であるとして補強・補修方法を考察するところに特徴がある。

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」¹⁾を参考に表 1 のように保存・活用方法の概念を整理する。

表 1 保存・活用方法の概念

場所	原位置	竣工当時から場所で保存・転用されているもの
	移築	竣工当時の場所と異なった場所で保存・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用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った使われ方をしているもの
状況	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
状態	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

歴史的鋼橋の保存の本来のあり方は、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、かつ構造本来の機能を果たしつつなるべく対策を施すことである²⁾。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・補強事例の技術的分析

歴史的鋼橋の代表として「鉄の橋 100 選」³⁾の中から選定する。現地調査が容易であるとして、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、補修履歴や補修図面など、資料の得られた東京都内の 6 橋を対象橋梁とした。調査対象橋梁の概要を以下にまとめる。

また構造部材別の補修・補強技術を考察するため、補修図面から分析し、作成した対象橋梁の補修・補強工事の目的と採られた方法の対応表を表 2~7 に示す。

(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 年後の明治 11 年 (1878) に製作、架設された国産の鉄の橋である弾正橋 (図 1) を改造、移設したものである。幅員は狭められ、歩行者専用橋として転用されている。

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 2 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現在まで 6~7 回の塗装が行われているとみられる⁴⁾。



図 1 弾正橋⁵⁾ (左) と移設された八幡橋 (右)

表 2 八幡橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食に対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和 4 年 移設工事		床版の全面打換え	
昭和 38 年 塗装工事	塗装		
昭和 39 年 補修工事		床版の改造 (鋼床版) 橋台の補修	
昭和 45、50、 55 年	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

(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 2)。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。

昭和 7 年の移設以降、約 100 年の間に行われた補

修・補強工事の目的と方法を表 3 にまとめる。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強されている。平成の美装化工事では橋門周りが高欄、歩道タイルなどの修景を目的とした環境整備を行っている⁶⁾。

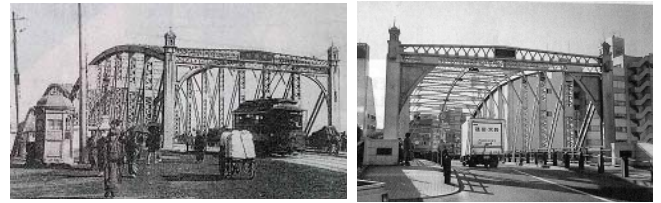


図 2 旧両国橋 (左) と南高橋 (右)⁶⁾

表 3 南高橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食に対する補修	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 ひび割れ・腐食に対し樹 脂注入補修を行なう	橋台拉幅 (支承部前面) 床組の補強対策として 行なう	
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	塗装 塩化ゴム系の塗り替え 塗装を行なう		歩道のタイル舗 装 橋体の塗装 橋門装飾の復元

グレーティング床版とは図 3 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、大幅な交通規制を要さないことが利点である⁷⁾。

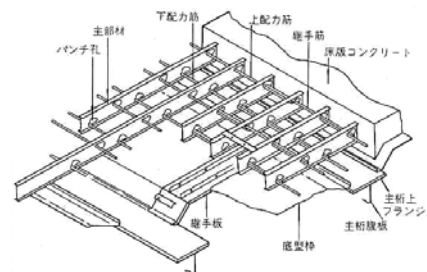


図 3 グレーティング (鋼格子) 床版⁷⁾

(3) 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として架けられた。ラーメン橋は震災後に急速に広まったが、御茶ノ水橋は支間長も最大で、

端正でまとまった鋼ラーメン橋として復興期を代表している。

最近行われた大きな補修工事は昭和 56 年で、これの目的と方法について表 4 にまとめる。

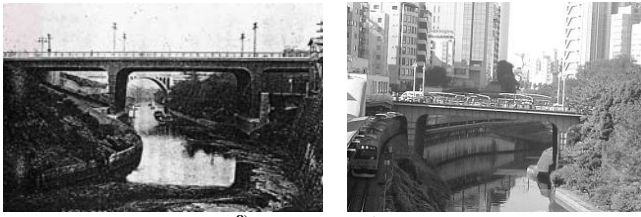


図 4 創建当時⁸⁾ (左) と現在 (右) の御茶ノ水橋

表 4 御茶ノ水橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食に対する補修	耐力力保持のための補強	修景
昭和 56 年 補修工事	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打換える 側溝改修 伸縮装置の打換えに伴う改修	横桁増設 耐力力が低下している現横桁断面 (I 型) にプレートを溶接し断面補強を行う 橋台壁補修 伸縮装置とパラベットの取付部にアスファルト舗装を施す	防護柵設置の検討 景観面を重視し設置案は取り止めになっている

床版補強対策として横桁を増設している⁹⁾。図 5 で見ると横桁増設材が斜材と交差する点線部分に (b) タイプ、それ以外の太線部分に (a) タイプの 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。

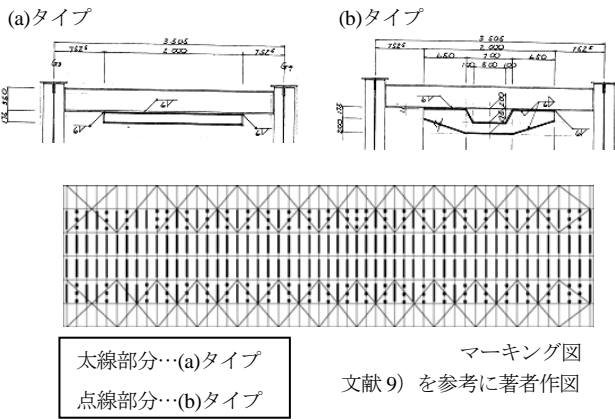


図 5 横桁増設の様子⁹⁾

(4) 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採っている。架橋以来数十年、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)。

四谷見附橋を移設、復元した際の補修・補強工事の目的と方法を表 5 にまとめる。主な損傷は経年と

雨水による腐食、欠食が起き、補強板の添接や溶接、新規取換えなどが行われている。

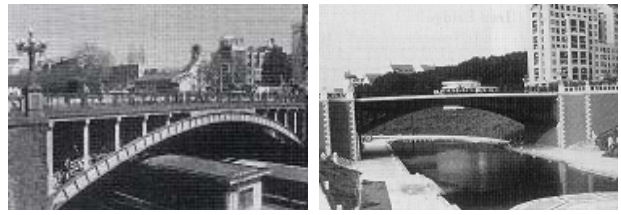


図 6 旧四谷見附橋 (左) と長池見附橋 (右)¹⁾

表 5 長池見附橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食に対する補修	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 ・非使用部材の転用 ・補強板の添接 ・水抜き孔部分に当て板補強 縦桁 ・溶接による新規集成部材に取替え ・帯鋼溶接 縦桁支材 ・非使用部材の転用 ・新規集成部材と取替 横桁 ・非使用部材の転用 ・新規集成部材と取替 ・補強板の添接 垂直材 ・腐食部の肉盛溶接 ・腐食部切り取り、鋼板の溶接 ・肉盛溶接とグラインダー仕上げ アーチリブ ・新規製作 ・肉盛溶接補修	部材の曲がりおよびねじれの補修 局所的な変形は加熱矯正による補修 リベット孔周りの損傷補修 ・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、再穿孔を行なう ・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 (デザイン復元)

(5) 田端大橋

田端大橋は、昭和 10 年 (1935) 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架け替えの議がおこったが、橋の保存に対する住民たちの強い要望から歩道橋として再用されている。

歩道橋への改築、整備工事についてその方法を表 6 にまとめる。旧橋部材の上に受梁と支柱を新設し、床版を新設している (図 7)。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脚しか見られない。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。

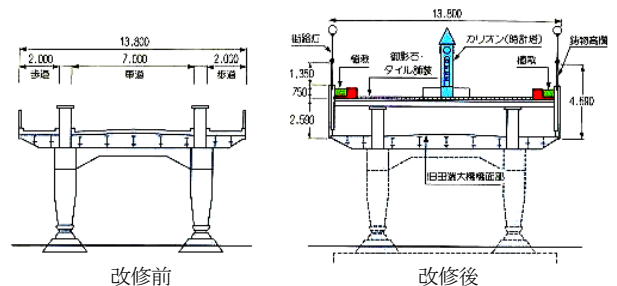


図 7 田端大橋の改修¹⁰⁾

表 6 田端大橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	耐荷力に対する 補強	修景	機能付加
平成 2 年 橋梁上部改築 工事		床版の新設 デッキプレート併用の 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 支柱受を設置し支柱 を立てる。橋の外側面は 化粧版を当てる 床版のタイル舗装	落橋防止工 上部工と下部工を チェーンで留める
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 スロープの設置

(6) 千住大橋

千住大橋は、新旧 2 橋が並列していて、下り線が昭和 2 年 (1927) 完成のブレースドリブタイドアーチである。橋の歴史は古く、隅田川に初めて架けられた本格的な橋とされている。

昭和 50 年代以降の工事に関して、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¹⁾。

表 7 千住大橋に見られる補修・補強技術

目的 工事名	腐食に対する補修	耐荷力保持のための補強	修景
昭和 59 年 補強工事		桁端縦桁補強 横桁と伸縮装置の間に縦桁を新設し、床組の補強を行う 伸縮装置補修 定期的な取替えを行う 橋台壁補強 パラペットの欠落部分を中心に橋台の一部を鉄筋ごと切削し新設する	
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 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	高欄補修 設計基準の改正より 90cm から 110cm に高上げ

目的別に採られた補修・補強技術を分析する。以上の 6 事例において、腐食に対する補修と耐荷力保持のための補強に見られる技術は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。歴史性を意識した特別な技術と思われるものは見当たらない。修景や機能付加を目的とした補修では方法はケース・バイ・ケースで、長池見附橋や南高橋の装飾復元など歴史性を意識したものも見る事ができる。

次に、外観調査の結果から補修・補強技術を評価する。構造部材の補修・補強は桁裏などに若干変化が見られるものの目立った変化は認められず、一方で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ることがわかる。

4. 保存技術の分析

4.1 構造部材別補修・補強技術のメニュー

3 章の分析結果をふまえ、今回は一般の鋼橋に見られる補修・補強技術のメニューに 6 事例の分析結果を組み合わせ、さらに外観の変化に着目した評価を加えたメニュー表 8,9 を提示する。ここで表 2~7 に目的として挙げた修景と機能付加は景観整備などを目的としたもので、基本的な補修・補強とは異なるためメニューから除くこととする。

4.2 歴史的鋼橋の修景の考え方

修景目的による補修・補強が外観の変化に対して強い影響力を持つことが明らかになった。ここで、歴史的鋼橋の修景の考え方について事例調査の結果をもとに考察を行う。

橋梁本体の材料・デザイン・技術の三事象に着目し、デザインコンセプトを以下の三つに大別する。

- ① オリジナルの材料・デザイン・技術を厳密に残そうとするもの
- ② オリジナルのデザインを若干変えたもの、違った材料・技術を施したもの
- ③ 全く違うデザインにしたもの

①はオリジナルをそのまま、または外観をできる限り変えないように行った復元などの修景を指し、長池見附橋の復元がこれに当てはまる。②にはオリジナルのデザインと異なる付属物が設置された例や細部に従来と違った材料・技術を施した例などがある。南高橋の美装工事で行なわれた橋門装飾の復元がこれに該当する。③は従来と全く異なったデザインの付属物の設置や大規模な橋面や周辺環境の整備などを施した例を指す。田端大橋の改修の例がこれにあたる。

修景のコンセプトはその橋の歴史的価値を伝えるためにどこをどのように残していくかを一番に考え、決定されるべきである。橋の持つ歴史性、文化性を伝えるものは外観であるとして新しいデザインや技術、または機能を付加する場合でも橋全体のイメージをできるだけ保つようなコンセプトが望ましい。

5. 歴史的鋼橋の保存の現状

本研究の調査の過程で明らかとなった問題点を挙げ、日本における歴史的鋼橋の保存問題のおかれている現状を考察する。

一つ目に補修・補強に関する資料が適切に保管されていない問題がある。資料がある場合も整理され

表8 構造部材別補修・補強メニュー（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**	
下部工	橋台	橋台拡幅（支承部前面）（南高橋）		B	一時要	
		橋台壁補修（御茶ノ水橋）		B	一時要	
付属物その他	伸縮装置		一部撤去、新設（八幡橋） 橋台壁補強（千住大橋）	B B	一時要 一時要	
		取替え 非排水化 ・弾性シーラ材充填 ・バックアップサンド充填 ・乾式止水材充填 フェースプレート接着工法 側溝改修（御茶ノ水橋）		B A A A B B	一時要 不要 不要 不要 一時要 一時要	
	落橋防止工		取替え（千住大橋） 据え直し補修 舗装段差の補修 Uリブ内モルタル注入 高力ボルト接着工法 フェースプレート窗の溶接 溶接部の破断部の補強リブ当て板補強		B A B A A A B	要 要 要 不要 一時要 要 要
			取替え 塗装工・防食工 突起の設置 沓座拡幅		B A B B	不要 不要 不要 不要
			新設（田端大橋） 取替え アンカーバー設置 PC ケーブル設置 PC 鋼棒設置		B B A A A B	不要 不要 不要 不要 不要 不要
	支承		取替え（全体・一部） 重防食塗装 亜鉛溶射 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）		B A A A A	一時要 一時要 一時要 一時要 一時要
			取替え（全体・一部） 据え直し 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 A	一時要 一時要 一時要 一時要 一時要
	排水装置	土砂つまりなど堆積物の清掃 取替え 排水柵の増設		A A B	不要 不要 一時要	

表9 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		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**		
上部工	RC床版	樹脂注入補修（南高橋） モルタル吹付け 防水工・舗装工 ザイベックス（結晶増殖剤）工法		A A A A	一時要 不要 要 不要		
			鋼板接着工法 FRP（繊維入りプラスチック）接着工法 縦桁増設工法（千住大橋） 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 桁端縦桁補強（千住大橋） 外ケーブル補強		B C B C B B C A B	一時要 一時要 一時要 要 一時要 一時要 一時要 一時要 一時要	
			床版打換え・取替え工法（全面・部分） ex) グレーディング（鋼格子）床版（南高橋、千住大橋）		A	要	
			バックルプレート補修 デッキプレート補修 防水工・塗装工		A A A	要 要 要	
	鋼床版		床版打換え・取替え工法（全面・部分）	A	要		
	縦桁・横桁		非使用部材の転用（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） ストップホール工・形状改良工 塗装工・防水工		A B A B A A A A	要 要 要 一時要 一時要 一時要 一時要 要	
				亀裂部の溶接補修・当て板補修 部材の全体交換 部材の部分交換 補強板の添接 外ケーブル補強 桁連続化補強 断面増厚補強（御茶ノ水橋） 端対傾構の補強 ねじれ部の加熱矯正補修（長池見附橋） ボルトのゆるみ締直し・交換		B B B B B A A A B	一時要 要 一時要 一時要 一時要 要 一時要 一時要 一時要 一時要
		主桁・主構		塗装（八幡橋、南高橋） 斜材貫通部の床版の箱抜き		B B	不要 一時要
					主桁増設 フランジ断面の補強（増加） 垂直材に鋼板添接（南高橋） 斜材に連結版取付け		B C C B

注) *：外観の変化から見る評価

- A：大きな影響を与えず有効なもの
- B：人目につく部分などでの採用の際、注意が必要なもの
- C：大きな影響を与える恐れあり、できるだけ避けたいもの

**：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
- 一時要：一日以下、または部分的な規制を要するもの
- 不要：交通規制を伴わないもの

ていないことが多く、補修・補強履歴、設計計算書、補修図面などすべて整っていることはごく稀であることが明らかになった。図面は工事を行ってから10年保管することが決められているがその後のきまりは特にないため、多くの図面が工事から数十年を経て捨てられてしまっている。個々の橋について損傷の様子と行われた補修・補強に関する記録はその後の補修・補強方法の選定の際重要な資料となるため、それらの適切な保管システムが必要であるといえる。

二つ目には計画・設計・施工の各業務がそれぞれ行政とコンサルタントおよび施工会社に分担されているため、情報とともに責任も分散している問題がある。日本の設計・施工別業務方式には歴史的・社会的背景が深く関わっているが、補修・補強工事ではあらゆる現場施工条件を設計書に盛り込むことが不可能なため設計・施工一括方式が適しており¹²⁾、一括方式の適用が検討されるべきである。

その他に、保存に対して管理者の意識の高さがまちまちであり、保存のあり方としての価値観が確立していないことが感じられた。これは補修・補強工事にあたって保存のコンセプトが明確でないことに起因していると考えられる。歴史的鋼橋の保存は橋の持つ歴史的な価値を理解し、コンセプトをたてた上で適した技術が検討され、行われるべきである。

ここで述べた問題はいずれも日本の社会システム上の問題といえる。なぜこのような問題が生まれるのか、歴史的鋼橋の補修・補強事例を数多く有するイギリスの現状をふまえ考察する。イギリスでは歴史的土木建造物の保存に関して補修・補強工事の専門コンサルタントが存在し、地方自治体と技術提案の内容や価格を競争している¹³⁾。こうした行政と企業の競争によって保存技術は発展している。さらに土木史研究委員会は1998年に歴史的鋼橋の保全に関する賞(Historical Bridge and Infrastructure Awards)を新設し、良質な歴史的鋼橋の補修・補強事例を表彰することで技術の普及、向上を図っている¹³⁾。

以上のような保存に対する積極的な姿勢の背景に高い社会的要望と人々の関心がある。日本では近代土木遺産保存の動きが広まりつつあるも未だ社会的認知は十分ではない。歴史的鋼橋の文化財的価値を社会にアピールし理解を促すことにより、人々の関心を得るような工夫をしていくことが課題である。欧米では独創的な魅力ある保存事例が多く存在し、人々の保存に対する印象を好意的なものにしている。日本でもそれらの事例を参考にそれぞれに適した多様な保存を行い、人々の意識を高めていくことが望まれる。

6. 結論

6.1 結論

本研究の成果は以下の三点である。

- ① 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。
- ② 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。そして保存事例の考察から、歴史的鋼橋の修景におけるデザインコンセプトのあり方について論じるに至った。
- ③ 資料収集やヒアリングなど事例調査において直面した歴史的鋼橋の保存が抱える問題点を明らかにし、そうした問題が日本の社会システム的な問題であるということを確認することができた。

6.2 今後の課題

今回の研究では調査対象地域をはじめに東京近県に絞ったことから、最終的に調査対象橋梁が6橋と少なくなってしまった。メニューの作成にあたり一般の鋼橋の補修・補強技術に対象事例の分析結果を反映させたため、もしかしたら他の歴史的鋼橋に見られた工夫のある保存技術を落としてしまった可能性もある。全国の歴史的鋼橋に調査対象を広げその事例から保存技術のメニューを作成することが、表の汎用性を上げるために必要であると思われる。

また、今回は外観の変化に着目して保存技術のメニューの提示を行ったが、評価軸の設定により変化すると考えられ、いくつかの評価軸に基づく結果を複合することによってより汎用性の高い表を作成することが可能となることが予想される。

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.104-114,146-147,159-161、1998
- 2) 五十畑弘：歴史的鋼橋のリニューアルに関する調査、2003
- 3) 土木学会土木史研究委員会監修：鉄の橋100選、pp.7、1997
- 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.43-44、1929
- 6) 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
- 7) 松貝勇：床版の補修・補強の概要、橋梁と基礎、pp.105-108、1994.8
- 8) 小池啓吉：お茶の水橋の改築に就て、土木建築工事画報、pp.4、S49.9
- 9) 昭和53年補修工事 補修図面、東京都千代田区、1978
- 10) 東京都北区：田端ふれあい橋、東京都北区建設部道路課
- 11) 佐田建設(株)：昭和59、60年補修工事・床版工事図面、建設省東京国道事務所、1984.1985
- 12) 五十畑弘、木田哲量：鋼橋の補修・補強工事に関する一考察、土木学会土木建設技術シンポジウム、2003
- 13) 五十畑弘、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、pp.138-140、2001-8