

歴史的鋼橋の保存の目的と補修・補強に関する研究*

A Study on the Preservation of Historical Steel Bridges through Repair and Reinforcement Techniques and Design

永田 礼子**

By Reiko NAGATA

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 concepts and techniques of repair and reinforcement in the reservation of historical steel bridges. The author investigated 33 historical steel bridges in Japan 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 except rivets joints required from the view points of authenticity. The author clarify mind on the purpose for the repair and reinforcement of the constructors and the managers of bridges, and arranged the view of techniques of repair and reinforcement for them according to the preservation purpose.

*Key Words : 保存手法, 補修・補強, 歴史的鋼橋, 外観

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。1991年に近代化遺産が重要文化財の範疇に入り、土木構造物が文化財の仲間入りを果たしたこと、さらに1996年に施行された登録文化財制度による土木文化財の幅が広がったことが背景にある。これに伴い、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ものである。具体的には全国各地の事例について保存に至った経緯、補修・補強工事の内容、外観の変化を調査するとともに、管理者の保存への意識や補修・補強技術の選定方法などを明らかにする。さらに、施工者へのヒアリング調査から歴史的鋼橋の補修・補強工事を実際に行う上での問題点や制約等を明らかにし、文化的・歴史的観点からだけでなく、社会的観点から保存の意義について考察を行うこととする。

それぞれの橋の管理者側と施工者側の補修・補強における目的意識を明らかにし、最終的には目的に応じた補修・補強の手法を体系化し、歴史的鋼橋の保存に対する考え方を整理し、コンセプトを検討する際の知見を得ることを本研究の目的とする。

2. 研究の概要

2.1 研究の方法

研究の方法を以下に示す。

(1) 保存橋梁の事例調査

全国の歴史的鋼橋に対しアンケート調査を行い、補修・補強状況と管理者の意識の実態を明らかにする。また、その結果をもとに対象橋梁を選定し、文献調査および現地調査および管理者へのヒアリング調査を行う。

(2) 補修・補強工事関係者へのヒアリング調査

個々の事例について補修・補強に関する調査、設計および施工関係者へのヒアリング調査を行い、歴史的鋼橋の補修・補強の考え方や問題点について明らかにする。

(3) 保存の目的と補修・補強技術の整理

事例調査の結果をもとに、それぞれの橋について補修・補強の目的と設計のコンセプト、用いられた補修・補強技術、および外観の変化をまとめる。

(4) 補修関連業務会社へのアンケート調査

補修関連業務を行っている企業を対象に、鋼橋に対する補修業務の内容とその中で行われた歴史的鋼橋の補修について、アンケートにより明らかにする。

(5) 歴史的鋼橋の保存に対する考え方の整理と考察

(2), (3), (4)の結果をもとに歴史的鋼橋の保存の考え方および補修・補強の考え方を整理する。また調査で明らかになった歴史的鋼橋の補修・補強工事が抱える問題点と事例に見られた工夫の整理から、今後の歴史的鋼橋の保存を考える上での知見を抽出する。

2.2 論文の構成

本論文は全6章により構成されており、以下に各章の概要を示す。

第1章で研究の背景、目的、方法を述べる。第2章では、近代土木遺産の保存の現状について述べ、歴史的鋼橋の管理者を対象に行った補修・補強に関するアンケート調査の結果から補修・補強の実態を整理、分析する。第3章では、アンケートに回答のあったものの中から資料や関係者が確認できた33橋を対象に行った事例調査の結果をまとめる。第4章では、歴史的鋼橋の補修・補強の目的とそれに応じた手法について、事例調査の結果から考察を行う。第5章では、補修関連業務会社を対象に行った補修・補強事業に関するアンケート調査の結果をもとに、補修・補強事業を取り巻く環境とそこでの歴

**早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻佐々木研究室 修士課程2年

史的鋼橋の補修の扱いについて明らかにし、さらに補修・補強事業が抱える問題点と今後の課題について言及する。第6章では、以上の結果から得られた知見を整理し、結論とするとともに今後の課題を挙げる。

2.3 近代土木遺産の保存・活用の概念整理

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。文献1)を参考に、保存・活用方法の概念を表1のように整理する。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あげるべく対策を施すことであるとする。本研究では、この中の外観の変化という観点に特に着目し、補修・補強のあり方を考察する。

表1 保存・活用方法の概念整理

場所	原位置	竣工当時の場所で保存・転用されているもの
	移築	竣工当時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
	展示	構造物としての機能を果たしておらず、文字通りディスプレイされているもの
保存状態	原形	建設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	外観に大きな変化をきたすような改造が行われたもの
	復元	建造当初の姿に修復、再現したもの
	形態	外見上は構造物として機能しているように見えるが、実際には機能を果たしていないもの
一部残存	橋の一部を切り取って現地に残したり、公園等に移築してモニュメントとしているもの	

3. 補修・補強技術の事例調査

3.1 事例調査の方法

本研究では文献2)を参考に下記のいずれかに該当するものを保存橋梁と定義し、調査の対象とする。

- a) 歴史的、文化的に貴重であり国や地方自治体の文化財に指定、登録、または土木学会に選奨されているもの。
- b) 隣接して新しい橋梁が建設されたり、廃線、廃橋になったにも関わらず、その地域の要望や振興のために旧橋が撤去されずに利用されているもの、あるいはその計画中であるもの。

以上に該当する鋼橋を全国から46橋選出し、補修・補強に関するアンケート調査を行った。調査の結果、歴史性を意識した保存事業だけでなくインフラとしての機能維持を目的とする通常の維持管理においても、多くの場合で外観の保持やイメージの継承といった歴史的・文化的価値が重視され、これらを損なわないように配慮されていることが伺えた。

ここでアンケートに回答のあったものの中から、資料や関係者が確認できた33橋を対象とし、それらに施されている補修・補強技術を調査する。対象橋梁の概要を表2,3に示す。補修履歴、補修図面、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現地調査を行い、どういった目的でどこをどの

ように補修・補強しているかを考察する。さらに補修・補強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。

3.2 調査結果例

調査結果例を以下に挙げる。

1) 原位置・現役事例 山線鉄橋(旧湖畔橋) [No.10]

a) 保存に至る経緯

1951(昭和26)年に王子軽便鉄道(=山線)が廃止され、その後市道として使われてきた山線鉄橋は老朽化から新橋設置が検討されたが、支忽湖住民から保存の要望があった。1967(昭和42)年、王子製紙(株)より千歳市へ寄贈された後、1970(昭和45)年頃まで木床版により車両が通行し、1980(昭和55)年頃に鋼床板の歩廊が設置され供用されていたが、1992(平成4)年頃から市では橋梁保全の検討を各種団体と行い、1995(平成7)~1997(平成9)年度に千歳市建設部において解体修復工事を実施した。

b) 管理者へのヒアリング調査

1995(平成7)~1997(平成9)年度の復元改修工事について、当時、千歳市建設部道路管理課に在籍、工事担当者であった小尾氏のヒアリングから明らかになった事柄をまとめる。

• 保存事業決定のプロセス

1991(H3)年に地元住民に対し、橋の取扱いに関するアンケート調査(自治振興会中心)を行ったところ、約60%の「原形を残してほしい」または「このまま保存してほしい」という意見が結果として得られた。湖畔橋整備について各関係者との打ち合わせの結果、得られた意見や要望を取りまとめ、整備方法として想定されるケースとして、架替え・部分利用・移設など全6ケースに分類し、検討に至った。これを表4に示す。

担当課の間で検討の結果、1994(H5)年、ケース1-3の「現橋を工場へ搬送・補修をして、再度元の位置に戻す」案を採用することで意見がまとまった。この理由としては次の3点が挙げられる。

- 地元住民は支笏湖のシンボルである湖畔橋に数々の思い出があり、工事費用にも優る価値がこの橋には存在するといっている。この価値を十分尊重し、橋

表4 山線鉄橋整備の検討案

出典：千歳市建設部提供データを基に著者作成

想定されるケース		特記事項	概算工事費
保存	1-1	地上にて保存する	ストックヤードを確保し、現橋を解体・搬出を行い、別な場所で保存する。(代替施設考慮せず) 計
	1-2	原位置に現状のまま保存する	通行止めを行い、保存する。(今まで歩道橋として活用されているので、代替施設設置が必要となるが、考慮しない。)
	1-3	現橋を工場へ搬送・補修をして、再度元の位置に戻す。また、下部工も新たに設置する。	現在のように歩道橋として利用する。但し、緊急時には条件付で車両通行が可能となる。
復元	現橋と同じ形状・寸法のトラス橋を新設する(コピー橋架設)。	現橋と同様のダブルワーレントラス橋を新材にて新設する。	316,200千円
新設 保存 併用	現橋を最低限補修し塗装を行う。下部についても表面部のみ補修する。現橋の上流側に隣接して新橋を架設する。	現橋は原則通行止めとする。最低限の補修なので、その後の維持・管理を確実に実施する必要がある。	上部工補修 10,000千円 上部工塗装 23,800千円 上部工補修 5,000千円 ランガー橋新設 292,300千円 計
新設		現橋に固守することなく、別なタイプの橋を新設する。	331,100千円
		別なタイプの一例 ・ランガー橋 ・ローゼ橋 ・吊橋等	ランガー橋新設 292,300千円 ローゼ橋新設 295,600千円 吊橋新設 計
			394,100千円

を補修・保存してほしいと要望されたこと。

- ・湖畔橋は歴史的・学術的に貴重で、このような特徴ある橋は現在全国ベースでもそれほど現存していない。また鋼橋として考えた場合、湖畔橋は北海道で最も古い鋼橋となること。
- ・北海道が開拓されて約 120 年経過するが、他の都道府県さらには他の国々に比べると歴史は非常に浅いこととなる。開拓と共に歩んできた湖畔橋はやはり後世に残し、伝えるべき遺産であると思われる。

管理者の考える山線鉄橋の保存の意味や価値も上記の 3 点に集約されていると考えられる。すなわち山線鉄橋の保存は橋の歴史的価値に注目したものである。管理者のスタンスにもこれは反映されており、復元改修工事の基本思想は「現地で原形保存、生涯現役」となっている。歴史的保存の意味を深めるよう、極力使用できる部材は使用する手法を採るように決めている。

● 施工会社の選定方法

工事設計は全て市が担当し、施工会社の選定方法は競争指名入札に依った。株式会社横河メンテック（現・横河工事株式会社）が請け負ったが、これは補修工事の前の現橋調査を同社が実施しており、最安値の提案を行うことができたことも一因であるだろう。

● 工事で苦勞したこと、問題となったこと

実際の工事で苦勞したこと、問題となったことは次の 2 点であった。

- ・国立公園としての制約

国立公園の保持の立場からの規制が厳しく、またこの地域の所有が複数であるため調整が複雑であった。景観への配慮から工事中は橋全体を囲い、観光客に見えないよう工夫し、通行止めは認められなかったため、1 年間、仮橋で人を通すこととした。

- ・資金面での苦勞

国の補助事業は事業費の 1/2 を国が補助し、1/4 を県が補助することになるが、残りの 1/4 は市の資金で請け負わねばならず、これを確保することがまず問題となった。さらに補助事業の審査は厳しく、山線鉄橋の場合、橋梁単独ではまず無理だと思われるので公園の周りも含めた歩道整備として申請し、その一環としてトラス橋の移築工事を行うという工夫をした。この結果、橋梁自体は補助対象外であるが、仮橋や前後の取付道路は補助工事として実施することができた。現在では費用対効果 B/C が 1.5 以上でない補助事業として認められないため、もう少し時期が遅ければ事業実施は不可能だったろうと思われる。修繕費といった維持補修を目的とした事業に対する補助金はないため、小さな市町村では塗装工事の資金さえ絞り出せないのが現状である。修景も補助金がつかないため、なるべく安価に済ませたいというのが実情である。山線鉄橋の高欄、照明灯の設置は市の単独事業として行った。修景のコンセプトは古い橋にマッチするようにレトロな雰囲気

をつくり出すこととし、高欄の色は渋めの緑色、照明はナトリウム照明にし、オレンジ系の光で暖かみを演出した（図 1）。

c) 施工者へのヒアリング調査

当時、復元工事を担当した株式会社横河メンテック（現・横河工事株式会社）の高間氏と妹尾氏のヒアリングを基にまとめる。

● 補修の基本思想と工法の選定

受注時にはまず、保存ありきの話だった。歴史的価値の高い橋を復元する工事という、はっきりとしたコンセプトがあった。復元工事は「現地で永久保存、リベットで復元、現役で使用」を基本思想とした。

当初、補修方法として撤去して工場で修理するか、現場で修理するかが問題となったが、結果的には損傷が激しかったため、工場に持ち込み、解体し、使用部材・非使用部材を分けることが必要と判断された。部材を再利用することが前提であったので、部材の切断は行わず、全てリベットを抜き取って解体することを基本とした。解体後、全部材を工場に運び、部材の分解と再組立を行った。工場で再度腐食の詳細調査を行い、最終的な使用の可否を決定した。

● 工事で苦勞したこと、問題となったこと

橋梁の撤去の際、格点のピンを抜くのに苦勞したことを覚えている。錆がひどく、簡単に抜けない箇所は治具を利用して引張抜いた。ピンやアイバーを使用部材・非使用部材に分けるなど手間のかかる作業が多かったことも印象的だった。他に苦勞した点はリベット接合の復元が挙げられる。新規製作もリベットで復元が基本思想であったが、リベットは昭和 44,45 年を最後に、使用されていなかったため、リベットを打つ道具（釜、鉄砲、下おさえ）と職人の確保に問題が生じた。リベットと道具をどうにか入手し、職人は約 30 年のブランクがあるものの 60 歳代の経験者を確保した。しかし、製作時期が 2、3 月の北海道という条件から零度前後の気温でのリベット打ちとなり、大変苦勞した。リベット接合の復元には、騒音対策と体力ある技術者の確保が必要となる。施工に関しては四谷見附橋復元工事の工場施工の実績を参考に、諸条件を決定した。

最終的に橋体全重量 166t に対し鋼材重量 77t を再利用し、全体の 46% を再利用することに成功した。塗色の選定は市が行ったが、ヒアリング調査により地元住民の記憶により赤系を選定した。また当時の橋歴板が存在していなかったため、同種、同世代の揖斐川橋梁と六郷川鉄橋を調査して、新規製作し復元した（図 2）。



図 1 修景後の橋面の様子
撮影：著者，2005.10



図 2 復元された橋歴板
撮影：著者，2005.10

● 一般の補修工事とのプロセスや意識の差異

普通の工事とはプロセスも意識も全く異なっていた。手間がかかる上にコストもかかる工事であり、熱意がないとできないのではないと思う。しかし会社としても、社会的な時流の上でも、Historical なものをいじる意義に仕事としての価値があったと思っている。親会社が橋梁会社（株式会社横河ブリッジ）であるため、設計・施工を同時に手がけられるというグループ会社としての強みを発揮できたことが工事に大きく貢献していると思われる。しかし今では当時のリベット工ももう歳をとっており、リベットを打てる人間がまづいないため、このような工事はできないだろう。

2) 原位置・展示事例 遠登志橋 [No.12]

a) 保存に至る経緯

別子銅山閉山後、維持管理がなされなかったためレーシング材（補助構）の多くが腐食・落下し、安全性に重大な問題が生じた遠登志橋は、将来的に撤去して架け替えるか、残して何等かの安全対策をとるか二者択一が迫られることになった。当初は撤去する予定であったが、当時建設省から新居浜市に向向していた川崎技術監が現場調査に行ったところ、全国的に見ても歴史の古いアーチ橋ではないかという見解を持ち、1991（平成3）年調査したところ、日本有数の歴史を有するアーチ橋であることが判明した。そこで、この橋はできる限り原形を留めた保存をし、その下流側に新たな橋梁を架設する計画をたてたが、河川管理者から近距離での2つの橋梁の河川占用は認められないとの見解から認められなかった。そこで旧橋の真上に比重がかからない新たな吊橋を架設する計画に変更したところ、許可が出て工事に着手した。旧橋の補修及び新橋（吊橋）の建設は1993（平成5）年に完成し、現在に至っている。

b) 管理者へのヒアリング結果

旧橋の補修及び新橋の新設工事について、新居浜市経済部商工観光課の高橋氏のヒアリングから得られた事柄をまとめる。

● 保存事業決定のプロセス

事業決定のプロセスにおいて実施した架替え案との比較・検討の内容を次にまとめる。橋梁型式の比較検討は、既設橋梁を保存し、その上に新橋を架設する条件で行った。表5のように下路式トラス橋、下路式ランガー桁橋、吊床版橋、ワイヤロープ吊橋の4型式を比較検討し、新居浜市役所内で協議した結果、維持管理費、施工性、美観性からワイヤロープ吊橋（図3）に決定した。



図3 遠登志橋の竣工時（アーチ橋）⁴⁾と現在（吊橋）
撮影：著者、2005.10

表5 遠登志橋概略設計比較表

出典；住友コンサルタント株式会社提供データ³⁾を基に著者作成

形式	側面図	断面図	工費(千円)	特性
① 下路式トラス橋			上部工 (38) 42,000 下部工 10,000 既設橋整備 10,000 諸経費 10,000 総工費 72,000	・維持管理 7年から10年に1回塗壁 ・施工性 塗装費150万円必要 ・美観性 仮設の斜吊ワイヤー必要だが各部材が軽量であり、コンクリート打設量が少なく現場作業が短い ・美観性 鉄道橋のイメージ
② 下路式ランガー桁橋			上部工 (40) 46,000 下部工 10,000 既設橋整備 10,000 諸経費 10,000 総工費 76,000	・維持管理 同上 ・施工性 同上 ・美観性 同上
③ 吊床版橋			上部工 37,000 下部工 26,000 既設橋整備 10,000 諸経費 10,000 取付道路が階段になる 総工費 83,000	・維持管理 高橋の塗装程度で維持管理必要なし ・施工性 コンクリート打設量が多く現場作業が長い ・美観性 既設橋との間隔が両端で大きくなる橋体はスマートである
④ ワイヤロープ吊橋			上部工 30,000 下部工 15,000 既設橋整備 10,000 諸経費 10,000 総工費 65,000	・維持管理 7年から10年に1回塗壁 ・施工性 塗装費100万円必要 ・美観性 各部材が軽量とコンクリート打設量が少なく、現場作業が短い ・美観性 橋れ止めワイヤーが目につく

● 補修の基本思想と工法の選定

旧遠登志橋は調査設計業務の段階で支柱等の腐食がかなり進行していたことから、塗装を含めた補修を行い、美観を維持し、河川への構造物落下を防ぐこととした。外観を元に戻すため、腐食・落下部材を新材で補填溶接して形を整え、全体を当初からの色とされている赤で塗装した。施工会社は競争指名入札により選定した。遠登志橋の補修工事は保存が前提であったため、架替えの場合のコストの算出、比較はしていない。旧橋のアーチ部材の補修は一般鋼橋の補修工法であり、一般鋼橋の補修工事との差別化は特に行わなかったと認識している。しかし事業実施前に遠登志橋を全国の著名な橋梁と比較し、残すべき貴重な橋であることを認識したことは幸いであった。

● 工事で苦労したこと、問題となったこと

工事の問題点として次のようなことがあった。旧遠登志橋には坑水路が併設されていたことは前述したが、坑水路の向きを変える赤レンガ造りの会所と呼ばれる遺構が橋を渡ったところにもあった。その会所の遺構が、ワイヤロープ吊橋のアンカーを打つ場所と重なってしまったことから、会所を設置した住友金属鉱山(株)別子事業所に相談の上、撤去させてもらった。しかし、それも今注目されている別子銅山の近代化産業遺産であったことから、別子銅山記念館の当時の館長にひどくお叱りを受けたことがあったのを覚えている。キーパーソンとしては前述の建設省から出向で当時の都市整備部（現・建設部）にきていた川崎技監が挙げられる。事業開始にあたって旧遠登志橋の歴史

的、構造的意義を調べ、遠登志橋関係の工事の指導をしていた。補修の意味や価値について、工事実施当時、全国に残る明治期の橋などの資料が乏しかったことから、旧遠登志橋の価値については未知のところが多く、後に国の登録有形文化財に指定（2005（平成17）年指定）されるとは予想していなかったというのが正直なところで、出切る限り型式を変えず、美しいアーチ型を維持していこうという認識しかなかった。

● 今後の保存の方針

これまで遠登志橋は、溪谷遊歩道の一部として観光橋の位置付けであったが、国の登録有形文化財となったことから、管理者としてはこれから文化財担当の教育委員会サイドとの連携を強化し、遠登志橋の保存に努めていきたいと考えている。

c) 施工者へのヒアリング結果

補修工事の施工を実際に担当した住鋳コンサルタント株式会社の真木氏のヒアリングから得られた事柄をまとめる。

● 保存の方針と意識

同社では1989（平成元）～1991（平成3）年に、遠登志橋の近傍に位置する別子銅山鉱山鉄道に架かる打除鉄橋の補修工事を施工している。この後、遠登志橋の保存が決定したが、新居浜市の意識としては別子銅山の産業遺産を残していこうという1つの流れの中、この2つの事業は行われたのではないと思われる。補修設計の方針は、補修して旧橋の景観を残すことと安全に人を通すこと、であった。市役所では検討委員会を設置し、補修方法を検討しており、新居浜市道路課から求められたことは、旧橋を壊さずに残してほしいということだった。元の橋を生かした型式のもので、旧橋を残した上で取付けで周りに影響しないものを選定基準とし、表5の4型式の比較検討が行われた。会社としては吊床版橋が現状の外観を大きく変えずに好ましいと考えたが、吊床版は垂れが大きくクリアランスが大きくなるため地形的な制約から施工が難しいとされた。個人的な意見としては吊床版橋架設は不可能な工事ではなく、当時の市の担当者方には別な意味での景観を目指す考えがあったのではないかとも思う。すなわち、旧橋を保存すると同時にシンボリックなものを新たに生み出そうとする考えがあったのではないかと思われる。打除鉄橋の補修工事では現状の景観を損なわないよう、橋梁の外観を変えないような補修工法が選定された。こちらは設計者の意図が反映されたケースであり、この2つの保存事業を比較すると、それぞれ趣向が異なるものであると感じる。

● 工事で苦労したこと、問題となったこと

工事で苦労した点は2点ある。1点は遠登志橋に関する資料がないことであった。建設当時の図面がなく、採寸により図面を作る作業から始めねばならなかった。2点目は今の設計基準に換算して、安全性を推測判断しなければならなかったことで、施工に入ってか

らはスムーズに工事は進んだ。

採寸による図面の新規作成や設計基準の換算による耐力力の設定と判断などは、他の事例でも行われており、遠登志橋特有の問題点ではない。施工で特に問題となったこともない様子で、特別な注意や技術を要する工事ではないことがわかる。

3.3 補修・補強の目的と用いられた技術

33事例の調査の結果、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 耐力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力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ための改修

33事例について用いられた補修・補強技術を見ると、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。歴史性を強く意識して行われた補修・補強において用いられる技術も、リベット接合を除いて一般的なものがほとんどであった。また腐食・老朽化に対する補修と耐力力保持のための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ることがわかった。

このことから気を付ければ一般の鋼橋の補修・補強技術で外観を保持できることがわかる。但し修景においては外観に及ぼす影響の大きさを認識し、コンセプトを明確にして整備の方法を決定する必要があるだろう。

4. 歴史的鋼橋の補修・補強の目的と手法

以上の文献調査と現地調査および管理者へのヒアリングの結果をもとに、歴史的鋼橋の補修・補強の目的と手法を整理する。補修・補強の目的は保存場所と使用状況によってそれぞれ変化すると考えられる。ここでは対象橋梁を表1に挙げる保存場所、使用状況別に分類し、補修設計のコンセプト、補修・補強の目的と手法および外観の変化を表6にまとめる。表6をもとに目的に応じた補修・補強の考え方について考察を行い、これを表7にまとめる。

5. 補修・補強工事の実態調査

5.1 補修関連業務会社へのアンケート調査概要

補修工事全般の中での歴史的鋼橋の補修の扱いについて、技術やコストおよび意識の差異を明らかにするため、補修に関する調査・設計・施工業務に関するアンケート調査を行った。日本橋梁建設協会会員66社と日経コンストラクション⁵⁾に記載されている補修関連部署設置会社63社の計129社を対象とした。この調査は個々の事

表 7 目的に応じた補修・補強の考え方

使用状況	特徴	補修の目的	考え方
現役	15 事例中、山線鉄橋を除く 14 事例が関東大震災より後に竣工したもので、ほとんどが通常の維持管理のもと現在に至っている。今後、橋体本体の耐荷力不足などが問題となった場合、架け替えの議論が起こることも予想される。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	補修・補強の目的は現役の機能維持である。補修工法は経済性や施工性が優先され、歴史性の保存という意識は高くない印象である。改造も保存手法の一つだが、現橋との調和に注意し、改造方法の検討が必要。
		修景・機能付加	オリジナルのものを生かした修景が望まれる。橋の新しい魅力を付加する試みとしてライトアップの実施が見られるが、日中人目につく灯具やコードの取り、ライトの色の選定などに注意が必要。
転用	5 事例中、田端ふれあい橋を除く 4 事例が大震災以前に竣工したもので、いずれも竣工当時の場所で歩道橋としての新しい役割を付与されている。文化財的価値を重視した神子畑鉄橋から、地域の歴史を語る観光資源としての港橋梁、利用形態を重視した田端大橋の再利用まで保存の目的は様々である。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	文化財的価値を重視する保存では、原形保持を原則とし可能な限りオリジナルの材料・技術・工法を用いることとする。観光資源としての役割を付加した歴史的資産の活用や橋の利用形態の側面をより重視した再利用では一部改造も手法の一つである。
		修景・機能付加	新し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。竣工場所の持つ意味と歩道橋転用の際の設計コンセプトに応じて、修景の方針と内容を検討する必要がある。
展示	荷重を旧橋の上や下に新設した新橋に分担させ、構造体として機能していないが一体化して見せる保存手法や一部切取り、モニメントとして保存する手法がある。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	外観を守るための簡単な補修に留め、部材の添加や構造体に関わる補修はしない。
		修景・機能付加	美観の維持を目的とし、腐食箇所などの修復に留める。
現役	南高橋と長池見附橋の 2 事例が該当するが、再利用の意識のもと一部改造を伴って移築された前者と、文化財的価値から厳密に復元された後者は、補修・補強の手法や修景の考え方も違いが見られる。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	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。再利用目的の場合、一部改造も手法の一つである。
		修景・機能付加	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。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。
転用	ほとんどが明治期に竣工したもので、保存橋梁の中でも古いものが多い。いずれも物理的要因により撤去を余儀なくされ、別の場所へ歩道橋としての新しい役割を付与されている。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	補修・補強の目的は歴史性の継承と歩道橋としての修景である。いずれの事例も幅員の縮小や死荷重の軽減のため床版を新設し、新しいデザインの高欄や照明灯が新設されている。歴史的なものの保存としての意識は強く、初期のトラスに見られるピン結合やリベット接合に価値が見出され、忠実に再現された事例もある。
		修景・機能付加	転用先の場所性やそこで求められる新たな役割をふまえ、旧橋のイメージを継承するものとして橋のどこに価値を置くかを決めて、補修設計する必要がある。地域の歴史を伝えるものとして転用を考える際には、移築場所の選定も重要となる。
展示	荷重を旧橋の上や下に新設した新橋に分担させ、構造体として機能していないが一体化して見せる保存手法や一部切取り、モニメントとして保存する手法がある。	腐食・耐荷力に対する補修・補強	外観を守るための簡単な補修に留め、部材の添加や構造体に関わる補修はしない。
		修景・機能付加	美観の維持を目的とし、腐食箇所などの修復に留める。

例に行うヒアリング調査に対し、補修事業全般の実態を把握する補完調査としても位置づけている。46 件の回答が得られ、回収率は約 36%となっている。

5.2 アンケート調査結果

調査の結果、補修・補強業務に関して技術上問題となることとして、既存構造物の資料が失われている現状が挙げられた。設計量や設計図の無い物が多く、復元設計が必要であり手間のかかる仕事となることに加え、これに基づき補強する場合の信頼性をどう判断するかが問題となっている。さらにデータが少ないため、補修・補強を行う際に当初の想定と実構造物の相違が発見されることも多いのが現状だという。関係資料の適切な保管、整理のルールが必要だと思われる。

補修・補強業務を遂行する上での制約として、周辺環境条件と交通規制条件とコストの問題が挙げられた。新設工事と異なり、施工時間や作業空間等の施工条件による制約が多いのが補修工事の特徴である。補修事業が抱える問題点にもコストの問題が挙げられている。現在、補修工事は手間暇がかかる上に工事規模が小さいため、新設工事より工事費が割高になり、利益率が低い仕事となっている。補修工事では新設よりも高度な技術力が要

求されるにも関わらず、新設と同様の施工歩掛で発注されることが多いため、技術力に見合った対価が得られないとして、発注者の認識や予算計画に問題があるとする意見が多く聞かれた。適正利潤が出るような補修独自の、工事積算・発注方式を作ることが今後の課題となっている。

6. 歴史的鋼橋の保存のコンセプトに関わる知見

● 関係資料および関係者のデータの保管状況

調査事例の多くで、オリジナルの図面が失われており、採寸による図面の作成から補修の業務がスタートしている。また、役所では通常 2~3 年で部署異動が行われるため、当時のことを知る人間が部署に残っていないという事が多々ある中で、今回紹介した山線鉄橋や遠登志橋の例は当時の担当者が運良く見つかり、詳しい話を伺うことができた。今後、歴史的土木構造物の保存の議論に際して、こうした過去の工事担当者や関係資料のデータをどう整理、保管するかは大きな課題であろう。

● コストの問題

施工者のヒアリングにおいて、補修工事は手間がかかる反面儲けが少なく、保存に向けた熱意がなければできない仕事であるという感想が何度か聞かれた。山線鉄橋

の改修における千歳市の資金面での苦労話は特に印象的であり、費用対効果 (B/C) が 1.5 以上でない補助事業として認められないことから、現在ではまず事業実施は不可能だろうという。千歳市と同じような経済状況にある市町村に架かる歴史的鋼橋の今後の行く末が心配である。費用対効果 (B/C) で土木構造物の本質的な価値を図ることはできない。真に価値ある歴史的鋼橋を適切に保存していくためには、構造物の歴史的、景観的価値を図り、評価する指標の構築が望まれる。

● 入札制度と補修工事

施工会社の選定は基本的に競争指名入札制度によるが、竣工時の施工や以前の調査など何等かの形でその橋梁に関わったことのある会社が補修工事を請負っている事例が多く存在することが、調査からわかった。前述したように補修は割高な工事になるため、施工者側の熱意に依っている部分が多い。このため対象橋梁に思い入れの深い会社が補修工事を請負うことが多くなるのであろう。施工と補修を同一の会社が請負っている事例では、橋梁そのものの価値を認識し、高い意識を持って補修がなされている様子が見て取れ、同一会社施工の利点がよく生かされていると感じられた。

● オーセンティシティーの考え方

山線鉄橋の例の他に、播磨中央公園歩道橋や上ヶ池公園橋、浦舟水道橋および長池見附橋でリベット接合の再現が行われている。これらはいずれも当時の特徴的な技術であるリベットを使用することで、橋の歴史的価値を守り、技術を継承することをその補修設計のコンセプトとしている。逆にリベット接合部をボルトに変更して補修している事例に港一号、二号、三号橋梁や長浜大橋、旧舞鶴橋があるが、ボルト接合とした理由としてリベット工が見つからなかったと答えている。確かにそれも理由の1つだが、根本には「そこまでは必要はない(港一号、二号橋梁補修設計担当・大日本コンサルタント(株)天野氏)」という判断がある。リベット接合まで再現するか、しないかの判断はオーセンティシティーの保存をどう考えるかに依る。山線鉄橋では復元された橋歴板の取付け位置が間違っていることや、第一空知川橋梁の転用であるという証拠となった端柱の補修跡を補修してしまった点など、歴史性に重点をおいた保存として配慮が足りなかった点が指摘される箇所もある。こういった傷や刻印など部材そのものの履歴を示すものの扱いも、オーセンティシティーの考え方に依り、判断する必要がある。橋の価値や保存の意味をどう捉え、保存のコンセプトをどのように決定するかが補修・補強のあり方を考える上で最も重要である。

7. まとめ

本研究の成果は以下の5点である。

- ①33橋の事例調査を行い、それぞれの事例について保存に至る経緯、補修・補強工事の履歴と概要を明らかに

した。

- ②歴史性を強く意識して行われた補修・補強において用いられる技術は、リベット接合を除いて一般的な鋼橋の補修・補強技術がほとんどであることを明らかにした。
- ③33橋の事例調査から、歴史的鋼橋の補修・補強の目的と手法について整理、考察を行い、目的に応じた補修・補強、修景の考え方を整理した。
- ④補修工事関係者へのヒアリング調査を行い、補修を行うにあたって対象橋梁の価値や保存の意味をどう捉えていたかを探り、補修設計のコンセプトを明らかにするとともに、その結果どういった工法が選定されたかに着目し、考察を行った。さらに工事における工夫や問題点、諦めねばならなかったことなどを明らかにした。
- ⑤補修関連業者へのアンケート調査から、鋼橋の補修事業が抱える問題点とそこでの歴史的鋼橋の扱いについて明らかにした。

補修設計のコンセプトは管理者である行政が決定することがわかっているが、その意思決定のプロセスは不明な点が多い。最終的に補修・補強の工法選定に大きな影響を与えることから、これを明らかにする必要があると考え、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 文化庁歴史的建造物調査研究会編: 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.102-119, 1998
- 2) 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
- 3) 住鉄コンサルタント株式会社提供資料
- 4) 別子銅山記念館提供写真
- 5) 補修市場で勝つ技術力 組織・業績編、日経コンストラクション、pp.46-49, 2005-8