

歴史的価値を有する鋼橋の補修・補強に関する調査

日大生産工 〇五十畑 弘 横河ブリッジ 堀井 滋則
川鉄橋梁鉄構 神田 恭太郎 首都大学東京大学院 中村 一史

1. まえがき

近年、国土整備の施策において、歴史的建築物や歴史的街並みなどととも、土木構造物に対する歴史的側面が着目される傾向にある。全国に分布する鋼橋は、ストックの増加と老朽化にともない歴史的評価を受けた鋼橋の保全に対するニーズが高まることが予測される。土木学会では、鋼構造委員会の中に、「歴史的鋼橋の補修・補強に関する調査小委員会」（委員長：五十畑弘）を設置し、歴史的鋼橋の補修・補強について、国内外の歴史的鋼橋を中心とする土木構造物の補修・補強の事例に関する調査を実施してきた。本文ではこの調査結果の概要について述べる。

2. 歴史的鋼橋のストックと現状

鋼橋ストックの中で、特に 1960 年代から始まった急激な橋梁建設量の増加により、建設後 50 年以上経過した橋の比率は 2010 年代以降急速に押し上げられ、維持管理が大きな課題となる。道路橋全体では 2001 年に 6%であったこの比率は、2011 年には約 12%、2031 年には約 50%を占めると予測されている（図 1）。この中には歴史的価値をもつ鉄・鋼橋も含まれ、その補修・補強はブリッジマネジメント上の重要な課題となる。

鋼橋全体のストックは、道路橋で、橋長 2m 以上で 67 万 1 千橋、15m を超えるものでは、13 万 9 千 2 百橋（2000 年時点）あり、そのうち鉄・鋼橋は約 40%を占めている。鉄道橋では、1m 以上の鉄・鋼橋は、JR および民鉄の合計で、4 万 1 千 700 箇所（橋）で、延長 840km に上る（2002 年時点）。

歴史的鋼橋については全体的な統計データは存在しないが、全国規模の調査としては、土木学会が 1999 年に実施した土木遺産の全国調査がある。調査結果は、「日本の近代土木遺産-現存する重要な土木構造物 2000 選-」¹⁾として 2001 年に、改訂版の「同 2800 選」が 2005 年に発刊された。これらの調査は必ずしも網羅的ではないが 2000 選では、対象 8718 件のうち橋梁は 4018 件で 45%を占める。これらのうち歴史的価値が評価された 2368 件のうち 40%の 950 件が橋梁であった（表 1）。

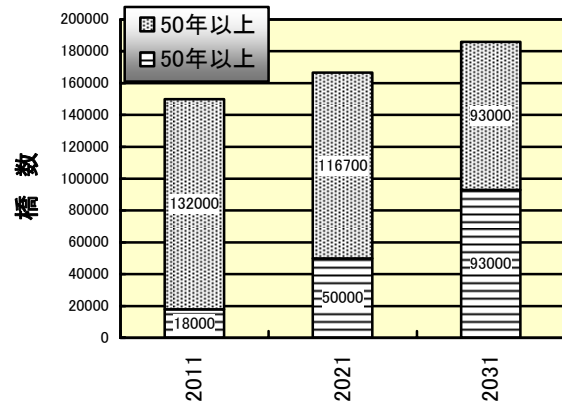


図 1 橋齢 50 年を超える道路橋の比率（予測）

3. 補修・補強に関する標準的ルールと手順確立の必要性

実交通の供用下にある歴史的鋼橋は、建設時に期待された役割、および、それ以後の社会の変化によって追加された交通増加による車線幅や、歩行者の安全確保のための歩道部設置、照明灯、交通標識の設置・追加などの機能の整備は当然期待される橋梁管理の範囲である。これと同時に社会的ニーズとしての歴史的価値を有する歴史的鋼橋にあつては、基本的機能に加えて、歴史的・文化的機能も橋梁の機能維持の対象として認識しなければならない。公的な判断によって歴史的価値が認められた鋼橋にあつては、歴史性もまた社会から要請される構造物の機能である。このためには歴史的価値基準を確立するとともに、歴史的鋼橋の補修・補強に対する一定のルールと手順が橋梁工学の専門的な見地から示されることが必要である。これに

表 1 土木遺産全国調査（2000 選）結果

グレード	橋	合 計
A	160 (17%)	432 (18%)
B	293 (31%)	773 (33%)
C	497 (52%)	1,163 (49%)
合 計	950 (100%)	2,368 (100%)

出典：日本の近代土木遺産-現存する重要な土木構造物 2,000 選-
（土木学会，2001.3）

えるものが、歴史的鋼橋の補修・補強に関するマニュアルである。

4. 補修・補強の基本的考え方

歴史的鋼橋の補修・補強にあたっては、土木構造物である橋梁本来の基本的機能を満足することが求められることは言うまでもない。基本的機能とは、橋梁構造物の計画・建設時に意図された役割と、それ以後、社会、環境の変化によって追加することが求められた役割、例えば歩行者の安全確保のための歩道部設置、交通量増加による車線拡幅、設計荷重の改訂に伴う補強など当該橋梁に対して求められる役割である。歴史的鋼橋の多くは経年によって老朽化が進んでいる場合が多く、一般的にはこれらの橋梁に対して基本的機能を満足させるためには、比較的大きな外観の変化を伴う補修・補強が必要となる場合が多い。

大規模な補修・補強は外観の改変を伴うことになり構造物の持つ文化、風土、伝統といった側面に大きな影響を与えることになる。採用する補修・補強の方法によっては、歴史的価値、文化的価値を損なう可能性があることは、過去の事例が示している。また、橋齢をもって補修・補強が検討の対象とはされずに、撤去、架け替えが前提とされることも多かった。このことは基本的機能を満足させるために講じた補修・補強、あるいは架け替えが、社会的資産である歴史的、文化的価値の喪失をまねいて、結果として公共の利益に反してしまうことを意味する。

歴史的鋼橋の補修・補強の基本的な考え方は、歴史的、文化的価値を、構造物本来の基本的機能と同様に、構造物の具備する機能ととらえて、これらを与条件とする中で合理的な選択をすることである。理想的には、現位置のままで当該橋梁に対して求められる歴史的、文化的価値を保持しつつ、同時に安全上、機能上の機能を問題なく果たして供用が継続されることである。したがって美術工芸品のように何も改変せずに製作当初の状態を維持する保存形態は、歴史的鋼橋を含む土木遺産には適合するものではない。歴史的、文化的価値の保持と構造物本来の役割は、一般には技術的、経済的にも相反する関係にあるが、この双方を果たすための手段として歴史的鋼橋の補修・補強がある。

歴史的鋼橋そのものの補修・補強ではないが、車線追加、歩道設置のために現橋に隣接して橋梁を設置する場合なども、周辺景観を含めて外観が大きく変化する。このような場合も、現橋の補修・補強と同様に考えて、追加される隣接部が現橋の歴史的、文化的価値に与える影響の具体的な内容と歴史的価値の関係について、個々の条件に基づいた慎重な検討が必要である。

大幅な改変を伴う補修・補強を施しても安全性、使用性に関わる基本的機能の問題を解消できず、現橋の架替え以外の選択肢を取り得ないと総合的に判断される場合には、転用、部材再利用などにより歴史的、文化的価値の一部を



写真1 清洲橋(1928)

(チェーンの材料に高張力デューコール鋼が使用された)

表2 補修・補強計画設計のステップ

	計画のステップ	目的
1	歴史的価値の明確化	技術、意匠、系譜から価値を明確化して保全すべきポイントを設定
2	適用保全方針の検討	保全ポイントより適用保全方針を検討
3	詳細調査計画作成・実施	保全方針に応じた詳細点検項目、施工条件などの計画策定・実施
4	補修・補強詳細計画	補修補強詳細計画・設計

記録として残す方法が考えられる。

5. 計画、設計の手順

5.1 全般

補修・補強の計画は、継続する歴史的価値の内容がどのようなものであるか具体的に明らかにするための調査・点検から開始される。当該橋梁のどの部分が、どのような歴史的評価を有するものとされているかを明確にすることによって、適用する保全方針が決定され、それ以降の設計、施工の詳細計画の方向付けがなされる。

保全方針とは、当該構造物の歴史的価値に応じて、どの程度のレベルで種類の補修・補強をするかということを決定的ことであり、補修・補強の基本的な方針となる。この方針に基づいて、歴史的価値が評価されている構造部位、箇所、それらの仕様に対する影響、施工法などを考慮して詳細な点検を実施して補修・補強の計画、設計を行う。

5.2 手順

歴史的鋼橋の補修・補強の計画は、個々の対象橋梁の条件に応じてその手順は異なるが、一般的には以下のステップで進める(表2)。

1) 歴史的価値の明確化(ステップ1)

「土木学会近代化土木遺産の評価基準」に示される技術、意匠、系譜の3つの側面(表3)を基として、保全項目リストから当該構造物で保全すべきポイントを設定する。

表3 歴史的価値の評価基準

分類	評価項目	事例, 評価点
技術	1)年代	現存最古の吊橋(美濃橋:岐阜)
	2)規模	戦前最大スパンの鉄道鋼トラス(澁川橋梁:京都)
	3)技術力	初の道路用溶接橋(今宿橋:神奈川)
	4)珍しさ	2例しかない3ヒンジアーチ橋(桜宮橋:大阪)
	5)典型性	増田淳設計の代表的な橋
意匠	1)様式との関わり	ネオ・ルネサンス, アール・デコ
	2)デザイン上特筆	デザイン上の成果
	3)周辺景観との調和	町並み, 自然の中で一定の存在感
	4)デザイン上の意識	設計当初のデザインに対する配慮, 意識の質の高さ
系譜	1)地域性	森林鉄道のトラス橋(地域への材料の供給)
	2)土木事業の一環	当該構造を含む土木事業全体の計画の内容
	3)故事来歴	小説, 絵画などでとり上げられ知名度の高いもの
	4)地元の愛着度	地元で好かれ大切にされていることを評価
	5)保存状態	建造当初の状況をどれほど強くしのばせてくれるか

注)土木学会「重要度の高い近代土木遺産の技術的・意匠的・系譜的評価」に基づく評価項目

このためには、あらかじめ基本調査が実施され、文献、現橋情報（1次点検、日常点検により得られる情報）の入手が前提となる。例えば、評価点の「技術」では、①規模の大きさ、②技術力の高さ、③珍しさ、④典型性の4点で構成されるが、②の技術力の高さでは、JR総武線隅田川橋梁が鉄道橋初のランガー桁であることや、清洲橋のチェーンにデュコール鋼が使用されたことが該当する（写真1）。2)適用保全方針の検討（ステップ2）

補修・補強は、ステップ1で設定された保全すべきポイントが継続されるように計画されることになる。ここでは、このために適用すべき保全方針の検討を行う。どの保全方針を適用するかが、歴史的鋼橋の補修・補強計画の基本方針となる。保全方針は基本的には、5つのカテゴリー（継続的維持、保守、再生、復元、保存）とする（表4）。

表4 保全方針

	保全方針	説明
1	継続的維持	現状機能を維持。部分的、警備な補修 Ex) 塗装の塗り替え
2	保守	小規模改修。床版補強, 床組補強, 主構部分の補強, 耐震補強, 高欄補強など
3	再生	外観変更をともなる大規模改修。歩道橋への転用, スパン短縮, 幅員拡張, 歩道設置など
4	復元	オリジナル機能を回復。旧橋の移設設置など
5	保存	現状形状維持。旧橋をそのまま残置。

また、これらの保全方針を取り得ない場合の対応として、転用、部材再利用等の検討する。

3) 詳細調査(2次点検)計画の作成、実施（ステップ3）

設定された保全方針に従って、補修・補強の詳細計画・設計の準備を行う。対象橋梁を詳細に調査するための詳細点検計画を作成する。点検項目は、詳細計画、設計に必要な情報が得られるように網羅されなければならない。作成された詳細調査計画に沿って調査を実施する。また、調査は、橋梁全体の通常の点検、調査の一環として実施することが望ましい。

4) 補修・補強詳細計画・設計の作成（ステップ4）

詳細調査によって得られた情報を基に、補修・補強詳細計画を立てて詳細設計を実施する。主要な成果図書は、「詳細計画書」、「詳細設計計算書」、「詳細設計図」、「材料表」、「施工計画書」である。

詳細計画・設計によって、オリジナルの材料はどこまで残さなければならないか、旧部材の再利用、取替え、形状の変更を許容する程度、色彩、リベットなどの使用材料等、すべての仕様が決定される。また、撤去を伴う場合や、部分のみの保存などの場合には、記録の取り方などもこのステップで定められる。

6. 補修・補強の計画における留意事項

歴史的鋼橋は、一般に老朽化が進んでいることから、現状機能を維持するために、部材取替えを含む補修・補強が必要となる。歴史的鋼橋の補修・補強においては、このケースが最も多いものと考えられる。補修・補強の計画にあたって、対象橋梁のオリジナリティーを尊重することは、歴史的鋼橋の価値を保全するために共通的なことである。塗装の他、腐食・破損部材の取替え、支承・伸縮継手の取替え、柵周りの補修など、すべての箇所においてこの原則

表5 歴史的鋼橋の補修・補強計画上の主な留意事例

項 目	内 容
旧部材の活用	損傷部材の取替えよりも可能な限り旧部材を利用した修復を検討。
リベットの使用	リベットは歴史的特徴の重要なポイント。可能であればリベットによる修復が望まし。ボルトとする場合もTS高力ボルト、ボルトキャップの併用を検討する。
軽量床版への取替え	床版の取替え・改変は比較的外観への影響が少なく、床版構造の選択により死荷重低減の手段ともなる有効な方法である。
ケーブル補強	ケーブルなどを追加してプレストを導入する工法は、補強部材をコンパクトにまとめられ、外観への影響少なくする有効な補修工法となる場合がある。
部分残置	技術上の特徴として、例えばバックルプレート構造などの場合、部分的に残す方法も、歴史的価値の継承としてありうる。
沓周り	沓本体は、取替える場合には同じ構造の再現が好ましい。耐震性向上の場合は、既存の支承の残置に加えて機能追加方式(機能分散)を検討する。落橋防止装置、耐震ダンパーなどを追加する場合、全体の外観の改変となる場合、オリジナルの部分との識別可能なように塗装色の工夫も必要である。
使用性機能の追加、構造改変	標識板、信号、橋灯、ライトアップ照明、配線、避雷針、添架物、防音壁、ガードレール道路設備などを追加の場合特に下路橋では個別に検討が必要である。
構造改変、拡幅、歩道追加、幅員変更等	いずれも外観、歴史性に与える影響が大きい。補修・補強方法の採用と詳細の決定に当たっては慎重な検討が必要。ただし追加は既設部を引き立てる、あるいは想起させる場合は許容される。

がまず適用されなければならない。オリジナリティーの尊重とは、近代化土木遺産の評価基準の中で、技術、意匠の面で評価された構造上の特徴への影響をできるだけ少なくすることであり、この部分の補修・補強の対応に関して留意することを意味する。また、オリジナリティーの尊重は、対象橋梁の歴史的あるいは文化的な価値となっている部位と、そうでない部位では、当然メリハリがつけられるべきと考えられる。主な具体的留意事項の事例を表5に示す。

7. 今後の調査・研究の予定

本研究の成果は、今後2つの方向がある。ひとつは本調

査の結果に基づく歴史的鋼橋の保全への適用を重ねつつ、実務的観点からの改訂と便覧レベルのより実務的事項の策定を行うことである。もうひとつは、本調査の研究結果を、土木構造物全体にその対象を拡大し、歴史的価値を考慮した補修・補強の調査・研究に活かしてゆくことである。

後者については、一専門分野にとどまらないことから土木学会において、コンクリート、水工学、構造工学、鋼構造、地盤工学、土木計画学、土木史研究、景観デザインの8委員会の連合による小委員会(「歴史的構造物保全技術連合小委員会(委員長:五十畑弘, 2006.7 発足)」を組織し、研究に着手したところである。

8. あとがき

本調査は、平成15年度に土木学会鋼構造委員会に設置された「歴史的鋼橋の補修・補強に関する調査小委員会」の活動によるものである。最終成果は2006年11月に土木学会鋼構造シリーズの「歴史的鋼橋補修・補強マニュアル」として土木学会から発刊の予定である。なお、本調査の一部は(財)国土技術研究センターの研究開発助成によって実施した。

参考文献

- 1) 日本の近代土木遺産-現存する重要な土木構造物2000選-, 土木学会, 2001.3.
- 2) 日本の近代土木遺産-現存する重要な土木構造物2800選-, 改訂版, 土木学会, 2005.12.
- 3) 榛澤芳雄, 重要度の高い近代土木遺産の技術的・意匠的・系譜的評価, 2000.3.
- 4) 歴史的鋼橋集覧 1873-1960, 土木学会図書館ホームページ, <http://www.jsce.or.jp/library/page/report.html>
- 5) 新版日本の橋, 日本橋梁建設協会, 朝倉書店, 2003.3.
- 6) H.Isohata, A study on Repair and Strengthening of Historical Steel Bridges, Proceedings of 4th International Conference on Bridge design, construction and maintenance, Institution of Civil Engineers, 2005.10.
- 7) 五十畑弘, 堀井滋則, 神田恭太郎, 歴史的鋼橋の補修・補強, 鋼構造と橋に関するシンポジウム Vol.9 土木学会
- 8) 五十畑弘, 歴史的鋼橋の補修・補強に関する調査, 土木学会平成18年度全国大会研究討論会資料, 研17, 2006.9.
- 9) H.Isohata, A Study on Rehabilitation of Steel Bridges with Historical Value, Proceedings of 12th REAAA Conference, 2006.11.