

歴史的鋼橋の補修工事

長浜大橋の補修工事の紹介

池田 一郎

長浜大橋は、愛媛県西部を流れる肱川に、昭和10年に架橋された橋梁であり、日本で現存する最古の道路開閉橋である。平成10年に「国の登録有形文化財」（文化庁）に登録、平成21年に「近代化産業遺産」（経済産業省）に認定、更に平成26年に「国の重要文化財」（文部科学省）に指定され、文化財としての価値も高い橋梁である。この橋梁における補修方針、工事の概要について報告する。

キーワード：歴史的鋼橋、リベット接合、補修工事、文化財、開閉橋

1. はじめに

長浜大橋は、愛媛県西部を流れる一級河川「肱川」の河口に昭和10年に架橋された橋梁で、日本で現存する最古の道路開閉橋である（写真—1）。

橋全体が赤く塗られていることから、地元では「赤橋」の愛称で親しまれており、架橋付近には、秋から冬にかけて自然現象「肱川あらし」が見られることで有名な観光名所であり、県内外から観光客が訪れている。平成10年に「国の登録有形文化財」（文化庁）に登録、平成21年に「近代化産業遺産」（経済産業省）に認定、更に平成26年には「国の重要文化財」（文部科学省）に指定され文化財としての価値も高い橋梁である。

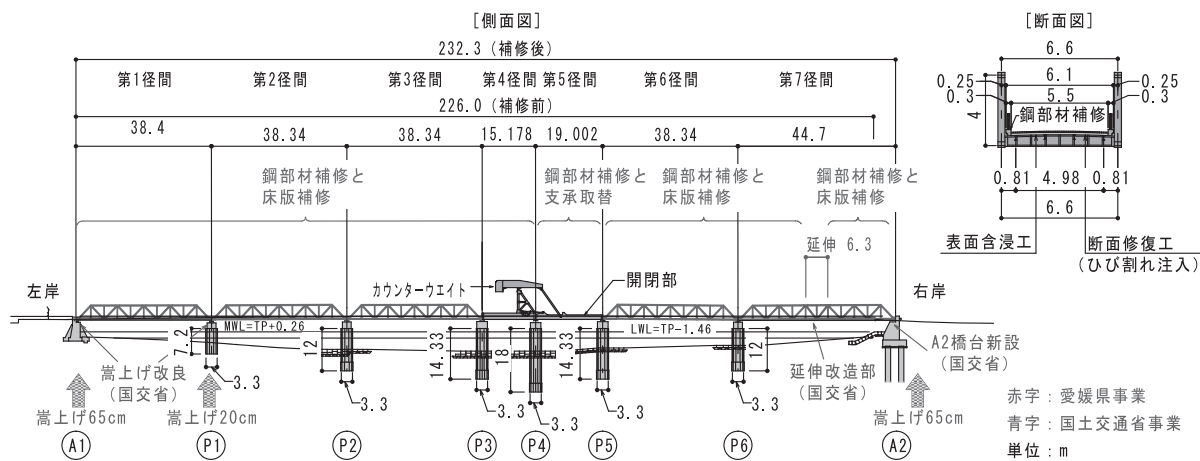
長浜大橋では、国土交通省による肱川水系河川整備計画に基づく堤防改修計画に伴い、橋梁延伸改造工事が予定されていたため、それに併せて道路管理者であ

る愛媛県により、補修工事が同時期に実施された（図—1）。

本稿は、愛媛県事業で実施した補修工事について報告するもので、歴史的評価を受けた鋼橋の文化的、歴史的価値を保持することを重視して実施した補修計画および補修工事について、歴史的象徴であるリベット接合でのボルト取替を中心に、補修方針や実施内容に



写真—1 長浜大橋開閉状況



図—1 補修一般図



写真一2 肱川あらし

についての概要について報告する。

肱川あらし：肱川上流の大洲盆地で冷やされた空気が肱川沿いに標高の低い河口に流れ込み、伊予灘の海水との温度差が原因で発生する帯状の霧のことで早朝など放射冷却の強い時に発生する（写真一2）。

2. 橋梁概要

(1) 橋梁諸元

長浜大橋の橋梁諸元について、以下に示す。

橋梁名：長浜大橋（通称：赤橋）

所在地：愛媛県大洲市長浜町（図一2）

橋 長：226.0 m

幅 員：5.5 m

橋 種：下路式トラス橋（主径間）

：バスキュール（跳ね上げ）式鉄鋼可動橋
（国内現役最古）

竣工年：昭和10年（1935年）

設計者：増田淳（吉野川橋も担当した橋梁技術者）

工事費：29万円（当時、現在の価格で約20億円）



図一2 長浜大橋の位置

(2) 長浜大橋に関するエピソード

1977年に下流側に現在の主要道路であるコンクリート製の「新長浜大橋」が架橋された際には、撤去すべきとの議論も出たが、旧長浜町が管理者である愛媛県に対して陳情書を提出するなど、地元の強い熱意ある行動により残すこととなり、現在でも生活道路として利用されている。

また、夏場はイルミネーションや地元の花火大会が実施されるなど地元の愛着が深い橋である。歴史的な評価としては、太平洋戦争での米軍戦闘機の銃撃による弾痕が、トラス桁の斜材部などに数十箇所も残っており、歴史的価値が高い橋である（写真一3参照）。



写真一3 太平洋戦争での銃撃痕

毎週日曜日13時には、点検作業も兼ねて開閉部を可動させているため、開閉状況が見られ、それを目当てに訪れる観光客も多い。

3. 歴史的鋼橋の補修・補強計画における留意事項

(1) 歴史的鋼橋のストックと現状

近年は全国的に既設橋梁の老朽化に伴う補修・補強工事が行われている状況である。高度経済成長期に整備された多くの社会資本が既に建設後30～50年程度経過しており、今後20年ほどで全ストックの半分以上が建設後50年以上を迎える時代に入る。

これらの橋梁の中には、歴史的な評価を受ける鋼橋（以下、歴史的鋼橋とする）も多く含まれており、社会的ニーズとして歴史的鋼橋の保全に対する補修・補強工事も増加していくことが予測される。

今後の歴史的鋼橋の維持管理計画においては、土木構造物本来の役割である安全性・耐久性等の確保といった基本性能に加え、次世代へ継承すべき歴史的

評価を受けた鋼橋の文化的、歴史的価値を保持することまでも考慮した補修・補強工法を選定することが求められてくる時代になっている。

(2) 歴史的鋼橋と文化財の位置付け

歴史的鋼橋とは、土木学会が定めた土木遺産であり、歴史的評価を受けた鋼橋の総称で、橋の持つ歴史性・文化性を映し出し、次世代へ継承すべき鋼橋を指す。これらについては、土木学会が公開している歴史的鋼橋集覧で歴史的鋼橋調査台帳が閲覧可能である。

具体的には、1960年までの約90年間に製作・架設された橋であり、1960年という区切りは、新幹線や高速道路をはじめとする大量生産時代前におけるリベット橋の最終期までを意味している。これらの中には、国の重要文化財や登録有形文化財などに指定、登録された橋梁も含まれている。下記に、文化財・土木遺産について示す。

I. 登録有形文化財（文化庁）

建築・土木構造物その他工作物で原則、建設後50年経過し、次の各号の一つに該当するもの

①国の歴史的景観 ②造詣の模範 ③再現の困難性

II. 近代化産業遺産（経済産業省）

建築・土木構造物その他工作物で歴史的であり、地域活性化に優れるもの

※文化財の歴史的価値を保全していく上で、既存の材料や工法を用いるなど全体的に及ぶような変更は避け、外観を損なわない補修・補強を検討していくことが大前提として重要であるが、届け出において、①文化財の保護に対する努力をした上で他に選択肢が無い場合、②莫大なコストが発生する場合においては、協議等での申請確認を行った上で構造変更も可能である。

(3) 歴史的鋼橋の補修設計時の留意点

歴史的鋼橋を補修する場合の留意点について、長浜大橋で考慮した点を下記に示す。

(a) 材質

この時代の橋梁は鋳鉄・鍛鉄が多く、鋼材であっても年代によっては、鋼材の溶接性や強度が劣るため試験による確認が必要である。1925年の鋼材規格は、溶接性能が乏しいため溶接割れの可能性があり、あて板補修する場合は、特に注意を要する。

→長浜大橋では、『国土交通省の第7径間延伸工事』にて材料試験を実施し、現在のSM400相当の性能が確保されていることを確認している。

(b) リベット接合

リベット接合とは、1100℃程度に熱したリベットをボルト孔に挿入し、リベットハンマーで頭部をかしめて緊張する工法である。高力ボルト使用以前の一般的な継手構造であったが、高力ボルトの方が扱いやすく接合構造としての信頼性が高いこともあり、昭和40年以降ほとんど使用されていない。

→長浜大橋では、愛媛県の歴史的価値を保持していく方針に基づき、リベット取替を行うことに決定した。

リベット接合は、歴史的鋼橋における代表的な特徴であり、補修を行う場合は、下記の点に留意する。

①リベット頭が腐食している場合

リベット頭が腐食している場合でも、緩んでいなければ継手機能はほとんど低下しない。取り替えることで逆に隙間から水が進入し、腐食する事例も多いため、取り替えよりシール材等の止水を目的とした腐食対策を実施する。

②取り替える場合

HTBに取り替える場合、リベット接合面は、塗膜厚の厚い鉛丹塗料が塗布されている。また、リベット周辺の母材変形影響により、すべり摩擦係数0.4が確保できない場合が多いため、接合面の入念な処理やHTBのサイズアップの検討を行う。

→長浜大橋では、頭部のみが腐食しているボルトは取り替えを実施していない。また、HTBボルトへの取り替えも実施していない。

(4) リベット工事の現況

リベット接合は、1970年代以降、高力ボルトや溶接に取って代わられた。現在では、現場打ちによるリベット施工が可能な業者は極めて少ない。また、施工技術を持っているリベット職人も高齢化しており、その技術の伝承についても施工件数が少ないため、現場経験が積めない等の問題がある。

しかし、近年では施工技術も併せて保存していくという目的も踏まえて、歴史的な橋や建築物を建築当時の施工技術を用いて復元しようとする動向がある。

例えば、筑後川昇開橋（福岡県、2010年に国の重要文化財に指定）や若戸大橋（北九州市）などについてもリベットによる補修工事が実施されている。

(5) リベット接合の歴史

リベット接合は、昭和30年代前半までは鋼構造における接合方法の主流であり、歴史的鋼橋のほとんどに用いられてきた。工場においては、昭和20年代末

頃から導入された溶接工法の台頭により、リベット接合が昭和 30 年頃から次第に姿を消し始めるが、現場継手の施工においては昭和 40 年代前半までほとんどでリベット接合が用いられている。

しかし、昭和 30 年代後半からは、高力ボルト摩擦接合法が開発されると、昭和 40 年頃から現場継手では、次第に高力ボルト継手が普及し始め、昭和 50 年代初期では、ほとんどの現場接合で高力ボルトが使われている。

なお、道路橋示方書からリベットの規定が消えたのが平成 2 年の改訂であり、昭和 55 年の示方書が最後である。巧みに施工されたリベットは、リベット孔を完全に充填し、冷却に伴って収縮するため、比較的大きな初期張力が導入され、これにより接合材間に適度な材間摩擦力が生じる。このことから、リベット接合は剛性の高い信頼性のある接合法であるといえる。

また、リベット接合は施工が現場合わせ的な要素があり、多少の孔寸法の間違いや位置の食い違いなどの加工誤差を吸収できるため、技術的に加工精度を高めることが困難であった古い時代には特に有用であった。

歴史的鋼橋の代表的な特徴はリベット接合であり、この継手の外観や形状は、歴史的価値と密接な関係を持つことも多い（写真—4）。



写真—4 現況のリベット

4. 長浜大橋における補修計画

(1) 損傷概要

(a) 鋼部材

前回の塗替塗装より 10 年が経過しており、塩害の影響もあって塗装劣化が著しく、鋼材の穴あきや断面欠損などの損傷が確認される（表—1 参照）。

表—1 損傷一覧表

	損傷状況	損傷写真
上弦材	レーシングプレート等の腐食や断面欠損が見られる	
下弦材	雨水やゴミの堆積による滞水の影響で腐食している	
鉛直材	腐食や穴あきが局部的にみられる	
縦桁・横桁	海面に近い影響より、腐食および断面欠損がみられる	
床板下面	施工済みのコンクリート保護工が剥がれ、剥離・鉄筋露出がみられる	
支番	全体的に腐食が進行している	

表—2 補修区分表

補修区分	損傷概要	補修方針
補修区分 A	断面欠損は無いが腐食箇所	ケレン塗装
補修区分 B	断面欠損の損傷が小さい箇所	あて板補修
補修区分 C	断面欠損の損傷が大きく、周辺に腐食が進行している箇所	ガス切断による腐食部材撤去 + 補強部材取付
補修区分 D	断面欠損の損傷が大きく部材全体に腐食している箇所	部材取替
補修区分 E	リベットの腐食	リベット取替

※リベット取替について

長浜大橋は、国の登録有形文化財の登録を受けているため、愛媛県の補修方針としては、この歴史的価値を保持していく方針でリベットの取替補修を行う。

(b) コンクリート部材

竣工より75年が経過しており、経年劣化及び中性化や塩害の影響による損傷が見られる。床版部はコンクリート保護工（塗装材被覆）が施工されているが、保護工の剥がれ、うきや剥離・鉄筋露出等が確認される。

(2) 補修計画

(a) 鋼部材

道路橋補修・補強事例集を参考に、表—2に示すように損傷程度により5つの補修区分を設定し、各区分の補修方針に従い、補修図・補修数量の算定を行う。

(b) コンクリート部材

本橋は、潮位の影響を受ける干満帯に位置しており、塩害対策として表面保護工（塗装材被覆）が施工されているが、平成2年の施工から約20年が経過し

ており、一般的な更新時期でもあるため、表面保護工（含浸材）の更新を行う。

また、うきや剥離・鉄筋露出等の損傷が確認されるため、損傷部については断面修復を行う。

(c) 支承

本橋は、景観に配慮した改造が重視されていることから歴史的鋼橋の象徴である鋼製ピン支承を踏襲するのが望ましく、塗替塗装や一部の部材取替などの部分的な補修をすることで機能的に問題ないと判断される場合は、現在の支承を流用する方針として計画を行う。

国土省の嵩上げ工事に伴い、A1・P1・P6・A2の支承については、オーバーホールや部材取替は行うが、基本的には現在の支承を流用する。

P2～P5の支承は、現在の支承を使用することにな

表—3 リベット接合とボルト接合比較表

分類	第1案		第2案	
	リベット接合		高力ボルト接合	
工法概要	リベット接合は、複数の鋼材に孔をあけ、1100℃程度に熱したリベットを挿入し、リベットハンマーで頭部をかきめて緊締する工法である。		高力ボルト接合は、鋼板をボルトで締付け、両者間に発生する摩擦力で作用力に抵抗する構造となっている。	
ボルト取替における一般的な考え方	①現況がリベットの場合 ・リベットの頭部が腐食等により断面欠損している場合でも、リベットの力の伝達機能には問題がないため、補修塗装を行い、腐食の進行を防止することにより対策することが可能である。 ・高力ボルトに交換する場合は、施工可能な場合は管理のしやすいトルシア型ボルトで交換が有利である。 ・リベット交換する場合、打ち込み式高力ボルトを用いる方法もある。 ②現況が高力ボルトの場合 ・高力ボルトを取り替える場合も原則としてトルシア型ボルトに交換する。 ・遅れせん断破壊を起こしたF11T、F13Tの材質の高力ボルトをS10TまたはF10Tに交換する場合は、締付け力が低下するため、継手部の耐力が低下する。			
既設リベットボルトの撤去方法	・リベットの撤去はガスでリベット頭部を除去後に、リベットを打抜いて撤去する。 ・ガスでリベット頭部を除去する場合、母材を傷つけないように留意する必要がある。 ※リベット頭部より小さい径で孔明けし、タガネでリベット頭を除去する方法もある。			
施工フロー	①リベット焼き (900～1100℃ 桃色ないし燈黄色) ↓ 可搬式リベット焼き炉で焼き ↓ 入れを行う。 ②リベット受け ↓ リベット焼きばさみで投げ上げ、リベット受けで受け取る。 ③差込み・押さえ ↓ リベット差し込み板ばさみで ↓ リベット孔に差込み、打撃面 ↓ の反対面から空気あて板で押さえる。 ④リベット締付け (空気圧6.5～8kgf/cm ²) リベットハンマーで打撃する。		ボルトの締付けは、基本的に「トルク法」により施工し、トルクレンチのスペースが確保できない場合は、「回転法（F8Tのみ）」により締付けを行う。締付けは二度締めとする。 ①予備締め (トルク制御式インパクトレンチ) ↓ ②マーキング ↓ ③本締め (締付専用機)	
作業性	作業人数	4～5人編成	作業人数	1人から可能
概算工事費(直工)	110万円(100本当たり)		5万円(100本当たり)	
総合評価	リベット接合の場合、一般的なボルト接合に比べコストアップとなるが、登録有形文化財の価値を重視し、リベット接合を採用する。			

るが、腐食が確認される程度で、支承本体の機能的には問題ないため、基本的にケレン塗装による補修を行う方針とする。

なお、P5 (P4 側) の支承は、可動橋開閉部に位置しているため、腐食に加えて開閉時の繰り返しの制動荷重により断面欠損に至っているため支承取替を行う。

5. リベット取替について

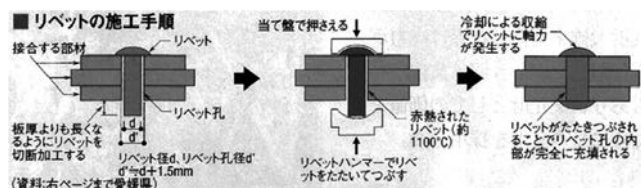
(1) リベット接合とボルト接合との比較

長浜大橋におけるリベット接合とボルト接合についての比較表を表一3に示す。

リベット接合を採用することで、概算工事費で約22倍程度のコストアップとなっている。

(2) リベット接合の施工手順

①リベット長さ調整→②リベット焼き (焼き鋲)→③リベット受け (受け鋲)→④差し込み (鋲差し)→⑤リベット締付け (撃鋲)→⑥完成 が一連の作業となる (図一3, 写真一5, 6)。



図一3 リベット接合の施工手順



写真一5 リベット締付け状況



①リベット長さ調整



②リベット焼き



③リベット受け



④差し込み



⑤リベット締付け



⑥完成

写真一6 リベット施工手順

6. おわりに

歴史的価値と構造物の安全性・耐久性・経済性とは、トレードオフの関係にあり、その両立については、非常に難しい問題である。

近年、各機関で長寿命化計画が策定され、対策工事が進めており、今後は歴史的鋼橋に対する歴史的、文化財的価値の継承を考慮した維持管理計画を実施していく必要性が増加していくものと予測される。

そのため、歴史的鋼橋などの文化遺産の補修工事にあたっては、安全性・耐久性・経済性といった評価に加え、文化的・歴史的評価も考え、技術や文化の継承を担う必要があると考える。また、文化遺産を活かした観光振興・地域活性化事業など地域社会の発展に繋がるようにその価値の正しい評価と保存を図っていくことも重要と考える。

JCMA

【筆者紹介】

池田 一郎 (いけだ いちろう)
 四国建設コンサルタント(株)
 愛媛支店 橋梁・構造部 設計課
 課長

