供用下にある歴史的土木構造物に関する調査 ～世界遺産、重要文化財の事例を対象に～

五十畑 弘¹

¹フェロー会員 日本大学教授 生産工学部環境安全工学科 (〒 275-8575 習志野市泉町 1-2-1)
E-mail: isohata.hiroshi@nihon-u.ac.jp

産業遺産や現在も供用下にある歴史的土木構造物に対する関心が高まりを見せている。これらの資産をまちづくりや地域活性化の視点から活用する動きもある。社会資本の老朽化に伴う長寿命化や耐震化対策の中で、構造物として求められる本来の機能を維持とともに、歴史的、文化的価値を継承するための保全は、供用下にある歴史的土木構造物に対して、大きな課題となりつつある。

本文では、世界遺産および重要文化財に指定された供用下にある土木構造物を対象として、歴史的土木構造物の評価と保全に関する調査を行った。得られた調査結果を相互に比較・分析をすることによって、供用下にある歴史的土木構造物の価値および保全について考察を行った。

Key Words: world heritage, cultural property, engineering heritage, evaluation, conservation

1. 背景と目的

文化財（建造物）の分野において、近代化遺産を中心とする土木構造物や産業関連施設に対する関心が高まりを見せている。まちづくりや地域活性化の視点から、歴史的まちなみや、歴史的土木構造物、産業遺産を保存・活用する動きも見られる。この傾向は、世界遺産（本文では「世界遺産」と記すが主に文化遺産を対象とする）においても見られ、土木構造物を含む文化財や産業関連施設が登録されている^[1]。

歴史的土木構造物や産業遺産の保全の面では、早くからインフラ整備が開始されてストック全体の高齢化率の高い欧米諸国、特にイギリスでは、歴史的土木構造物の評価・顕彰にとどまらず、保全への制度的な取り組みが進んでいる^[2]。また、国際規格 ISO においても既存構造物の保全の要件として耐久性、安全性に加え、文化財としての価値が追加された^[3]。

土木構造物は、利便性、快適性、安全性といった社会からの要請に応える性能をもつように計画、設計、施工され、長期間にわたってその性能を継続するように保全が行なわれる。社会から期待される役割を果たすことで土木構造物は、人々の営み、社会と深く関わりをもち、その過程で刻まれたその時々を記憶を想起させるものが土木構造物に文化財価値を付加する。

この点、文化財（建造物）の中心をなす神社仏閣、民家等の建築物と異なり、供用下にある土木構造物の保全においては、構造物本体やそれを含むシステム全体の本来の機能維持を高い優先度で考慮すべき特性がある。

近代以降に建設された構造物が中心を占める土木構造物は、構造形式や材料が多様で従来の自然材料を主体とした文化財建造物の保護の考え方や方法をそのまま適用することが困難な場合も多い。保全における既存材料や施工法の継承でも、リベットや粗石コンクリートのように再現が容易ではないものもある。

インフラストックの拡大を背景に、供用下にある歴史的土木構造物が、これまで主流であった神社仏閣や近代建築などの文化財に加わることによって、文化財（建造物）の価値概念に対する議論の必要性が出てきている。

道路橋の分野では、全国レベルで実施されてきた阪神淡路大震災以降の耐震補強とともに、長寿命化修繕計画の策定やそれに基づく保全において、点検、補修・補強の設計、施工の各段階で、安全性、耐久性に加えて、歴史的・文化的価値の視点による保全に対する判断が求められる場面が増えている。

歴史的土木構造物の維持管理の増加傾向に対して、これまで歴史的・文化的価値の継続のための保全技術の基礎的な調査や、鋼橋の補修・補強に関する研究などが行われてきた^[4]。

一方では、供用下にある土木構造物の本来の機能維持の保全と真正性、完全性といった文化財価値の継承を両立するために、保全の実務レベルでは、困難を経験していることも事実である。

力学を主体とする機能維持のための補修、補強では、標準化された工法を採用することで、品質が確保されてきた。しかし、歴史的土木構造物においては、文化

財保護の条件が加わり、通常の補修・補強を越えた多様な条件の下で最適な工法を見出すことが求められる。それだけに供用下にある歴史的土木構造物の保全においては、構造物本来の機能と文化財としての価値の双方を満たすための判断の基となる文化財の価値評価に対する認識の幅^[5]を狭めることが重要となる。

本研究では、世界遺産および、重要文化財に登録された土木構造物に着目してその評価と保全について調査を行い考察を加える。

調査対象の事例相互の比較を通じて、価値と保全の関係、文化財価値の条件とされる真正性（オーセンティシティ）と構造物本来の機能性の関係、さらにこれらを受けた保全の方向性など、供用下にある歴史的土木構造物の価値と保全について考察を行う。

2. 調査方法

(1) 調査方法

世界遺産および重要文化財に登録された歴史的土木構造物に対して、登録にあたりどのような評価がされたか、評価基準の適用のための解釈、および評価対象の範囲および、構造物の劣化などの現況と保全状況、当初機能の継続性などについて調査を行う。

調査対象相互の文化財価値の比較には、公表された登録基準にもとづいた評価結果（登録理由）を採用する。構造物の保全の状況、改変状況、周囲との景観の一体性などは、関連事例を含めすべての調査対象について現地における確認をする。

(2) 調査対象の選定

調査対象の選定にあたり、海外事例では世界的に共通な基準、国内事例では全国的に共通な基準によって登録、指定された事例とする。また、歴史的土木構造物の多くが近代化遺産が占めることから、国内外とも、近代以降に建設された供用下のものとする。供用下とは、本文では、創建当時から作用外力の強度、頻度は異なっても荷重作用下にあるか、施設として同様の効果（作用）を継続しているものとする。

海外の調査対象としては、世界的に共通な基準で登録された世界遺産の中で、供用下にある近代以降の土木構造物を含む事例とする。

ただ、世界遺産分野別の区分には、土木構造物という表現はないため、調査対象の選定には、ICOMOS の分類^[6]を参考とした。

この分類で、2015 年までに登録された土木構造物に該当するものの中から、橋梁 2 件、水路橋 1 件、運搬橋 1 件、運河 1 件の合計 5 件の調査対象（表-1）を選定した。登録年代は、アイアンブリッジ（1986）を除き、い

表-1 調査対象（世界遺産）

種類	名 称 (所在国)	構造種別	竣工年	登録年	関連調査
世界遺産	アイアンブリッジ渓谷 (イギリス)	歩道橋（道路橋）製鉄遺産	1779	1986	コールポート橋
	ビスカヤ橋 (ポルトガル)	運搬橋	1893	2006	
	リドー運河 (カナダ)	運河、閘門、ダム	1832	2007	
	ポンテカサステ水路橋と運河 (イギリス)	水路橋、運河、堰	1805	2009	ロングドン水路橋ビーストン閘門
	フォース鉄道橋 (イギリス)	鉄道橋	1889	2015	図面、施工機械など

（注：構造種別の括弧内は創建時または過去を示す）

表-2 調査対象（重要文化財）

種類	名 称	構造種別	竣工年	指定年	関連調査
重要文化財	美濃橋	歩道橋（道路橋）	1916 (大正 5)	2003	
	清洲橋	道路橋	1928 (昭和 3)	2007	
	永代橋	道路橋	1926 (大正 15)	2007	
	勝鬨橋	道路橋	1940 (昭和 15)	2007	
	旧揖斐川橋梁	歩道橋（鉄道橋）	1886 (明治 19)	2008	
	長浜大橋	道路橋	1935 (昭和 10)	2014	
	横利根閘門	閘門	1921 (大正 10)	2000	
	三角旧港（三角西港）施設埠頭	港湾	1887 (明治 20)	2002	排水路、石造橋
	布引水源地道施設（五本松堰堤）	ダム	1900 (明治 33)	2006	
	白岩堰堤砂防施設本堰堤	砂防堰堤	1939 (昭和 14)	2009	本宮堰堤
	牛伏川本流水路（牛伏川階段工）	砂防堰堤	1917 (大正 6)	2012	

（注：構造種別の括弧内は創建時または過去を示す）

ずれも 2000 年以降である^[7]。

なお、世界遺産に登録された土木遺産は、構造物本体とともにそれが置かれた場所全体が評価されており、構造以外の側面が評価に含まれる可能性がある。

国内の調査対象としては、国内で重要文化財の指定を受け、供用下にある土木構造物とする。建設された時期や構造の種別等は、一定の評価を受けた歴史的土木構造物のうち供用下にあるグループ全体を代表するように構造種別、年代をバランスさせて、土木構造物関連の重要文化財から 11 件を調査対象として選定した^[8]。

形式別では、橋梁 6、堰堤 2、ダム、港湾、閘門各 1 で、建設時期は、明治 3 件、大正、昭和前期は各 4 件である。

なお、指定年代は、すべて 2000 年以降である(表-2)。三角旧港、白岩堰堤砂防施設本堰堤については、関連事例についても調査を行う。

3. 評価・登録基準と評価

(1) 評価・登録基準

世界遺産の登録基準は 10 項目あり、このうち建造物に適用されるものは 6 項目である(表-3)。世界遺産の登録には、このいずれかの基準項目^[9]に適合すると認められることが条件となる。同時に、真正性(オーセンティシティ; authenticity)、および完全性(インテグリティ; integrity)の条件を満たすことが必要とされている。

真正性は資産全体の価値が、対象の形状、意匠、材料、材質、用途、場所などの各面においてどの程度の信用性、真実性をもっているかによって判断される^[10]。

完全性は、対象が顕著な普遍的価値を支える要素が含まれているか、あるいは対象の特徴を示すに足る規模や量があるかなどによる。

一方、重要文化財の指定基準¹⁾は 5 項目あり、解釈の幅が世界遺産よりも広い(表-4)。

(2) 登録・評価

世界遺産の登録における評価は、UNESCO 世界遺産センターのウェブサイトで公表されている(原文英語)。登録年代によって多少記述方法は異なるが、登録に際して ICOMOS の調査報告を受けて UNESCO において審議を行った評価結果である。

調査対象のうちフォース鉄道橋については、登録直後(2015.8 時点)でウェブサイトにも掲載であり、申請時の推薦書²⁾における記載内容をもって評価に代えることとする。

重要文化財については、文化庁が運営するポータルサイトである文化遺産オンラインで公表されている。

これらの公表されている登録・評価の記述をもとに、調査対象の登録・評価を整理した(表-5、表-6)。これによれば、世界遺産、および重要文化財において、評価基準の適用に共通性が見られる。

世界遺産では、基準(i)は、調査対象の 5 つの事例すべてに対してが適用されている。基準(ii)も、リドー運河を除く 4 つの事例に適用されている。さらに、基準(iv)も、ビスカヤ橋を除いた 4 つの事例に適用されている。また、基準(iii)、および基準(v)については、5 つの事例いずれにも適用がされていない。ただ、基準(vi)

表-3 世界遺産の基準(文化遺産)

項目	基準内容
i	人間の創造的才能を表す傑作である
ii	建築、科学技術、記念碑、都市計画、景観設計の発展に重要な影響を与えた、ある期間にわたる価値感の交流又はある文化圏内での価値観の交流を示すものである
iii	現存するか消滅しているかにかかわらず、ある文化的伝統又は文明の存在を伝承する物証として無二の存在(少なくとも希有な存在)である
iv	歴史上の重要な段階を物語る建築物、その集合体、科学技術の集合体、あるいは景観を代表する顕著な見本である
v	あるひとつの文化(または複数の文化)を特徴づけるような伝統的居住形態若しくは陸上・海上の土地利用形態を代表する顕著な見本である。又は、人類と環境とのふれあいを代表する顕著な見本である(特に不可逆的な変化によりその存続が危ぶまれているもの)
vi	顕著な普遍的価値(OUV)を有する出来事(行事)、生きた伝統、思想、信仰、芸術的作品、あるいは文学的作品と直接または実質的関連がある

表-4 重要文化財の指定基準

項目	内 容
1	意匠的に優秀なもの
2	技術的に優秀なもの
3	歴史的価値の高いもの
4	学術的価値の高いもの
5	流派的又は地方的特色において顕著なもの

の適用は、アイアンブリッジのみである。

重要文化財では、5 つの基準のうち、適用されたのは、基準(1)、(2)、および(3)のみで、(4)、(5)の適用はない。基準(2)が旧揖斐川橋梁を除く 10 の事例に適用されている。また、基準(3)も 11 事例のうち、8 事例に適用されている。基準(1)の適用は 2 事例のみである。

4. 現況および保全の状況

(1) アイアンブリッジ渓谷

a) アイアンブリッジ

アイアンブリッジ渓谷は、世界遺産の中で、比較的初期(1986)に登録された土木遺産である。指定範囲は、アイアンブリッジ(写真-1)を含み延長 5 km の石炭、石灰等の鉱物資源を産するセバーン渓谷および、2 つの支川の渓谷も含む一帯である。

アイアンブリッジはスパン 30.63 m (100 ft 6 in) で、トーマス・ブリチャード(1723-1777)によって設計され、製鉄業者エイブラハム・ダービー III (1750-1789)によって施工された。当初は鉄や石炭・石灰石を川の対岸へ輸送するために使用されていた。現在は歩行者の通行用に利用されている。

アイアンブリッジを含む世界遺産の管理は、アイア

表-5 世界遺産の適用基準と評価

世界遺産名称	適用基準	登録の評価
アイアンブリッジ渓谷	基準 (i)	コールブルックデールの高炉はアブラハム・ダービー I が 1709 年に木炭の代りにコークスを用いて鉄の生産法を発見した創造的努力を伝える。これは世界初の全金属製のアイアンブリッジと同様に、人類の創造的才能による傑作である。アイアンブリッジは 1779 年に建築家のファーノルズ・ブリチャードの設計に基づいてアブラハム・ダービー III によって建設された。
	基準 (ii)	コールブルックデールの高炉とアイアンブリッジは技術の発展と建築に大きな影響を与えた。
	基準 (iv)	アイアンブリッジ渓谷は、近代における工業地域の発展を要約的に示す魅力的な場所である。
	基準 (vi)	年間 60 万人以上の訪問者を受け入れているアイアンブリッジ渓谷は 18 世紀の産業革命の世界的に有名なシンボルである。
ポンテカサステ水路橋と運河	基準 (i)	ポンテカサステ水路橋は非常に革新的で重要な土木構造物で石造のスレンダーなハイピアで支持された鋳鉄アーチ構造を採用している。土木技術者のトマス・テルフォードの最初の重要な傑作でありその後の国際的な評価のきっかけとなった。当時の極めて優れたイギリス鉄鋼業の生産能力を示す証拠である。
	基準 (ii)	18 世紀後半以降集中的に建設された運河や、特に地形的な困難さを克服して建設されたポンテカサステ運河は人工水路の設計と建設において相当な技術の交流と決定的な進歩があったことを示す証拠である。
	基準 (iv)	ポンテカサステ運河とその土木構造物は、重量貨物輸送の発展において重要な役割を果たし産業革命を促進させたことを示している。それらは新しい技術と記念碑的可能性の傑出した例証である。
フォース鉄道橋	基準 (i)	フォース鉄道橋は装飾性を省いたが確実に優美さを達成した景観の勝利である。鋼製のカンチレバー構造は、かつて実現できなかった自然の障害を克服した新しい人類の創造的傑作を示している。
	基準 (ii)	フォース鉄道橋には新しい設計方法や施工法の土木技術が集積されている。フォース鉄道橋は当時、世界で最も多くの視察者を集め、最良の情報を提供する注目のプロジェクトであった。このため世界中に土木の実践技術の大きな影響を与え技術者の注目の的であった。
	基準 (iv)	フォース鉄道橋は人類の歴史において重要な段階、すなわち交通とコミュニケーションの革命を象徴する。フォース鉄道橋が大きな関わりをもつ鉄道時代は、産業革命のスピードと連携を助長した。橋の技術や製鉄技術の発展の中でユニークなマイルストーンであるフォース鉄道橋は、その設計、コンセプト、材料、並外れた規模の面で革新的である。フォース鉄道橋は、橋梁建設に限らず強い影響を与え続けた技術に対する科学の適用においてランドマーク的な出来事である。
ビスカヤ橋	基準 (i)	ビスカヤ橋は、河口部に新たに建設された人造物として、印象的で景観的にも優れた構造物である。機能と造形の間に完全に満足のいく関係が反映された秀でた技術的創造物の表現である。
	基準 (ii)	ビスカヤ橋は、ゴンドラを吊り下げる輸送メカニズムの開発や、鋼撚線ケーブルを生み出した鉄鋼技術と橋梁技術の融合を通じて、建設後 30 年に亘って世界中の橋梁技術に影響を与え、フランスやスペインの技術の輸出を進める新たな橋梁建設の形を創り出した。
リドー運河		リドー運河は軍事目的で建設された大規模な運河であり、イギリスの植民地であったカナダをアメリカから守る上で重要な役割を果たした。その後、政治的にも文化的にも大きく異なる 2 つの国家が北米大陸に誕生することになったため、この運河の建設は人類史上極めて重要な出来事であった。
	基準 (i)	リドー運河は北米のスラック・ウォーターによる運河として最も保存状態がよい例で、ヨーロッパの運河技術を大々的に使用している。19 世紀はじめに北米で運河建設が急速に進められた時代に建設され、その構造をほぼ完璧に残したまま現在も使われている唯一の運河である。
	基準 (iv)	リドー運河はよく維持保全がされた大規模な運河で、人類史上重要な時代（アメリカ北部支配の戦い）に関わる軍事目的で使用された重要な事例である。

写真-1 アイアンブリッジ (左岸上流側より) (撮影: 2014.11)

ンブリッジ渓谷博物館、2つの地元行政機関の他、土地、施設所有者と多岐にわたる、実質的な管理の運営

グループが設置されてマネジメント計画^[11]に沿って維持管理、利活用運営がされている。

この計画では、アイアンブリッジの構造よりも一般者が接する産業遺産が点在する周囲のまち並みにかかわる部分が主体を占め、アイアンブリッジの構造本体の維持保全は、特殊な専門的な部分として扱われている。

これまでのアイアンブリッジ本体の保全については、1784年に最初のクラックが報告されて以来、大規模な補修を含めた保全が継続的に行われている(表-7)。

アイアンブリッジのある渓谷一帯は、石炭層の不安定な地盤で、最初の対策は、1783年7月に橋の下流左岸側に長さ30mの護岸を新設して北岸の滑り込みを防止するものであった。これ以後200年以上にわたり変状の発生とそれに対する保全が延々と行われてきた。現状のアイアンブリッジに残る数々の補修、補強、変状から過去の保全の状況が克明に読み取ることが可能で

表-6 重要文化財の適用基準と評価

重要文化財名称	適用基準	登録の評価
清洲橋	基準 (1), (2)	清洲橋は内務省復興局が探求した力学的合理性に基づく近代的橋梁美を実現。材料、構造形式及び工法に当時の最先端技術を駆使しており、昭和初期を代表する吊橋として重要。
永代橋	基準 (1), (2)	永代橋は放物線状の大規模ソリッドリブアーチを中心とする荘重な造形により、近代的橋梁美を実現。建設当時、我が国で最大支間実現した鋼アーチ橋であり、大規模構造物建設の技術的達成度を示す遺構として重要。
白岩堰堤砂防施設 本堰堤	基準 (2), (3)	白岩砂防施設は、わが国有数の急流荒廃河川である常願寺川の基幹砂防施設の一つとして建設され、今なお富山平野を土砂災害から守り続ける国土保全施設として歴史的に価値が高い。大型機械を駆使した大規模構造物群からなる複合的砂防施設であり、近代砂防施設の一つの技術的到達点を示すものとして重要。
牛伏川本流水路 (牛伏川階段工)	基準 (2), (3)	牛伏川本流水路は、周辺の地形に応じて選択された独特な階段状の形式を、熟練した石積技術を用いて実現し、技術的に高い価値を有する。緑化による治山を実現した牛伏川砂防施設の基幹となる施設で歴史的に価値が高い。
美濃橋	基準 (2), (3)	美濃橋はわが国に現存する最古の近代吊橋として、橋梁建設史上、高い価値がある。近代吊橋の要素を構造躯体全体に備え、建設当時わが国で最大級の支間を実現し、大正期を代表する吊橋として重要。
布引水源地水道施設 (五本松堰堤)	基準 (2), (3)	布引水源地水道施設は、神戸の創設水道施設で、建設当時、最大規模を誇り、明治期を代表する水源地水道施設の一つとして重要。五本松堰堤は、我が国における重力式コンクリート造堰堤の嚆矢で、近代堰堤の一つの規範を示す構造物として、土木技術史上、高い価値がある。
旧揖斐川橋梁	基準 (3)	橋長 325.1m、下路式の錬鉄製五連トラス桁橋で、わが国で最初に完成した幹線鉄道である東海道線において、最も高度な技術を駆使して建設され、かつ唯一原位置に残る遺構として貴重。わが国の近代最初期に導入されたイギリス鉄道技術の特色を顕著に表し、明治期に全国で建設された大規模鉄道橋梁の一つの規範を示すものとして、鉄道技術史上、高い価値がある。
長浜大橋	基準 (2), (3)	長浜大橋は、現存最古の道路可動橋で、かつ建設当初から開閉機能を保持し続けている。米国で習得した設計技術を駆使して可動橋を数多く手掛けた増田淳が設計し、先端的な工法を用いて架設された大規模な単葉式跳開橋であり、橋梁技術史上、価値が高い。
勝関橋	基準 (2)	勝関橋は海運と陸運の共栄を意図した特殊な構造形式で、国内唯一のシカゴ型二葉式跳開橋として貴重。国内最大の可動支間を有する大規模かつ技術的完成度の高い構造物で、近代可動橋の一つの技術的到達点を示す。
三角旧港 (三角西港) 施設	基準 (2), (3)	わが国最初期の本格的近代港湾施設で、港湾背後の土地利用計画の骨格をなす道路及び排水施設が、オランダ人による近代的手法を駆使して一体的に整備された都市基盤施設で、歴史的に価値が高い。西欧式の設計に基づき、熊本で伝統的に培われた高度な石造技術が遺憾なく発揮された大規模土木構造物として土木技術史上重要。
横利根閘門	基準 (2), (3)	横利根閘門は、利根川改修工事における、代表的土木構造物の一つ。設計及び施工の水準が高く、我が国で最大級の規模を持つ煉瓦造、両端を内開きと外開きの二重の門扉とした複閘式閘門。土木技術史上、煉瓦造閘門の一つの到達点を示す遺構として重要。

写真-2 右岸側アプローチスパンのアーチ部材継目のズレ (撮影: 2014.11)。橋台の河川側への移動により発生したずれた継手をそのまま添接補強している

写真-3 左岸側アーチ部材の支点付近の部材表面 (撮影: 2014.11)。腐食で激しく変形している。長年にわたるアーチ支点付近の水捌け不良が部材浸食を助長してきたと推測される

ある。

アイアンブリッジ本体の保全については、鋳鉄部材を中心に変形、腐食、破断といった明白な劣化の傾向が見られる (写真-2～写真-4)。

b) 関連事例 (コールポート橋)

コールポート橋はアイアンブリッジから 3 km ほど下流のセバーン川に架かる。アイアンブリッジが歩行者

写真-4 左岸下流側クラウン付近の外縦桁のクラック（撮影：2015.6）。クラック内の腐食がみられ最近発生したものではなくかなり時間が経過している。同種のクラックは複数ある

表-7 アイアンブリッジの変状と保全の履歴

年月	変状, 保全の履歴
1783 年 7 月	下流左岸側に長さ 30m の護岸を新設
1784 年 12 月	右岸側の橋台にクラックが発生
1787 年～88 年	高欄の塗装塗り替え
1791～92 年	アーチリブに横梁を追加して補強
1792 年 12 月	右岸側橋台の補強
1795 年 2 月	洪水で水没（他の橋は流失）
1801 年	橋台移動でアーチの放射部材が破断
1803 年	橋台の背後の壁と背面土を撤去され木製トレスルで支持に変更
1823 年	木製トレスルを鋳鉄アーチに架け替え
1845 年	アプローチのアーチの補修
1879 年	アプローチのアーチの補修
1843 年	ガス管を添架（左岸側から右岸側へ供給）
1900 年代	橋台間の移動による歪対策として鋳鉄プレート材の追加, 補強
1911 年	アプローチのアーチの補修
1934 年	国の記念物に指定され車両の通行止め
1950 年	サロップ郡に移管 橋台の移動継続
1969 年	コンサルタントの詳細点検実施, 補修工法を提示
1972 年～75 年	橋台軽量化, 橋台間地中梁, 橋台内 RC 隔壁新設
1980 年	全面足場による塗装工事
1986 年	世界遺産指定
1999 年	詳細調査（補修, 塗装計画および考古学的調査）

（文献 3）, 文献 4）より作表）

に限定されているのに対し、コールポート橋は、荷重制限がされているとはいえ、現在も自動車交通に供用されている世界最古の鋳鉄道路橋である。この橋は、1799 年に 3 本のアーチリブで建設されたが、18 年後に中央のリブが破損したことから 1818 年にアーチリブ本数を 5

写真-5 鋼板接着によるリブの断面補強（2004）（出所：Borough of Telford & Wrekin & Shropshire County Council）

本に増加する補修および補強がされた。スパンは、アイアンブリッジとほぼ同じ 31 m である。アイアンブリッジ同様に、石炭製鉄の産業化を示す重要なシンボルである。

この事例で特筆されるのは、2005 年 3 月に行われたグレードアップの補強工事である。2 トン荷重で 1 台の車両のみの通行制限がされていたが、地域の交通需要から、3 トン荷重で車両台数の制限なしのグレードアップがされた。補修、補強工事の箇所は現橋で確認できる。

アーチリブの断面補強は、橋体を支保工で支持して無応力の状態で 16 mm 厚の鋼板が両面からサンドイッチ状に接着されたほか、支柱の追加、縦桁の補強がされ、床版は軽量コンクリートに変更された（写真-5）。

コールポート橋はアイアンブリッジよりわずか 30 年後に建設されたが、鋳鉄部材の劣化はアイアンブリッジよりはるかに少なく良好な保全状態にある。

(2) ポンテカサステ水路橋と運河

a) ポンテカサステ水路橋

1805 年に開通したポンテカサステ水路橋と運河は、2014 年時点では、年間 1 万艘の観光用のボートが航行し、25,000 人の歩行者が運河の側道を渡る供用下にある土木施設である（写真-6）。世界遺産の指定範囲は、全長 18 km の運河と水路橋である。設計はトーマス・テルフォード（1757-1834）による。

水路橋は、運河が渓谷を越えるために建設されたもので、両側の 2 基の橋台と 18 基の石造橋脚がスパン 15.81 m の 19 連のアーチを支え、その上に幅 3.4 m、高さ 1.6 m のトラフ型の水路が載った構造（図-1）で全長 307 m である。アーチ、トラフとも鋳鉄のパネルのセグメントで構成され、楔、ボルトで連結されている。1 スパン分あたりのトラフは、11 個のセグメントが連結されている。上げ越しをしてパネルをボルト、楔で

写真-6 ポンテカサステ水路橋 (撮影: 2015.6)。石積橋脚で支持されたアーチに水路トラフが載る

図-1 ポンテ・カサステ水路橋の-span (出所: 文献 16), p. 17, Fig. 3)。アーチリブは3分割, その上の水路のトラフは11分割のセグメントで構成される

結合して組み立て、桁の自重、水の重量によってセグメント相互を圧着する石造アーチの技術を応用した工夫がされている。

ポンテカサステ水路橋の大規模補修は、1975年に発見された鑄鉄アーチの破断の補修である。補修方法は、鑄鉄アーチ全体を新規の鋼アーチへの取替えであった⁵⁾。これ以外の箇所では、水路の脇を通る幅1.2mのトウパス(歩道)を除いてアーチ、トラフおよび手摺までも含めほとんどが建設当初のものが使われている。

1999年から2000年にかけて、1-span分を対象に、一部のトラフの解体が試みられ、継手のシール材、ボルトなどの調査とともに、ブラスト処理、機械ケレンで下地処理の後、再塗装された⁶⁾。200周年前の2003年から2004年には全面的な改修工事が行われた。小規模の補修については、水路トラフの上フランジ、継手部など多くの箇所で見視確認できる(写真-7)。

b) 関連事例1 (ロングドン・オン・ターン水路橋)

ロングドン水路橋は、ポンテカサステ水路橋に先立って1896年にトーマス・テルフォードによって建設され

写真-7 トラフの上端部の破損の当て板補修 (撮影: 2015.6)。同様な鑄鉄部材の欠損、補修は多くの箇所で見られる

写真-8 ロングドン水路橋のトラフ (撮影: 2015.6)

た世界で最初の鑄鉄による水路橋である。アイアンブリッジから15km、ポンテカサステ水路橋からは50kmほどに位置する。1944年に運河は閉鎖されたが、水路橋本体は上下部工とも原位置に残されている。鑄鉄によるトラフ形の水路は、幅2.7m、高さ0.9mとポンテカサステ水路橋よりも小規模であるが、鑄鉄製のパネルで組み立てる手法は同じである(写真-8)。この事例は供用下ではないが、ポンテカサステ水路橋の構造に関わる例外事例として取り上げた。

c) 関連事例2 (ビーストン鉄製閘門)

イギリスのチェスター南西のシュロップシャー・ユニオン運河の閘門で、閘室が鉄製で、ロングドン・オン・ターン水路橋、ポンテカサステ水路橋のトラフと同様に、フランジ付のパネルをボルトで結合して壁面を構成している(写真-9)。1787年の地盤不安定による崩壊で休止していたものを1827年に運河の線形を一部変更して新設された閘門で、トーマス・テルフォードの設計である。

閘室の側壁はフランジ継手部とは異なる場所に、縦

写真-9 ビーストン鉄製閘門 (撮影: 2015.6)。閘室の側壁は鋳鉄製のパネルで構成されている

写真-11 塔部の塗装下地処理作業 (撮影: 2005.6)。シールしてブラスト処理中の塔柱間の水平材と斜部材

写真-10 フォース鉄道橋全景 (北岸より)。保全プロジェクト開始前 (撮影: 1993)

写真-12 ビスカヤ橋全景 (右岸下流側) (撮影: 2015.6)

横に帯状の鋼板が取り付けられており、後年の補強である。側壁は鋳鉄のため表面は安定錆で覆われ腐食の進展は見られない。土圧や、変化のある水圧による水平力を受けてはいるが、側壁の通りの変形も見られない。

(3) フォース鉄道橋

a) 鉄道橋上部工

フォース鉄道橋は、全長 2,528.7 m でカンチレバートラスのスパンは 521.3 m で、建設当時世界最長であった。1880 年代は錬鉄から鋼への移行期で、機械、造船などの他の構造分野に対して保守的であった橋梁分野で最初に本格的に鋼を使用したのがこのフォース鉄道橋であった (写真-10)。鋼材は 51,000 t、リベットは 650 万本が使用された。

管理者のネットワークレイル (Network Rail Co.) が 1999 年から開始した保全プロジェクトでは、供用下にある橋梁の安全性維持するための維持管理が文化財としての価値を意識して進められてきた⁷⁾。創建後に取り付けられた塗装作業用の金物類の一部は撤去され元に

戻された。ブレースの綾材などで腐食の進んだアングル等の小断面の部材やリベットも変状のあるものは撤去され新規の丸頭のボルト、キャップ付きのボルト等に交換された。塗装については、ブラスト処理 (Sa2 1/2) の上、ジンクリッチプライマー、エポキシ、ウレタン塗料に塗り替えが実施された^[12] (写真-11)。

b) 関連事例 (フォース鉄道橋関連資料など)

フォース鉄道橋は、建設時の工事記録、写真、試験結果、図面、施工機械などの橋梁本体以外の関連資料が多く残されている。図面については、イギリス土木学会アーカイブスが、オリジナルの製作図面や、架設図面を保管しており、現場施工で使用されたリベッターなどが、エジンバラのヘリオット・ワット大学で保管されている。

(4) ビスカヤ橋

ビスカヤ橋は、スペイン北西部のビスカヤの西部で、ネルビオン川がビスケー湾に注ぐ河口に位置する。供用下にある運搬橋では世界最古である (写真-12)。

写真-13 ビスカヤ橋 塔のストラット部材 (撮影：2015.6).
ウェブ表面の塗膜の影で腐食による減厚がわかる

本橋の形式は、架橋位置が河口部であり、上流側にある工場などからの航行船舶のための桁下空間の確保からアプローチが不要となる吊橋形式の運搬橋が考案された。桁長は 164 m で桁下空間は水面からの高さが 45 m ある。

世界遺産の指定の範囲は、アンカレッジまでの橋の構造部分と、橋の上下流の河川沿い、および右岸側のかつて左岸側の工場に通った労働者の住居地域の一部を含む。両岸の塔の頂部のサドルで支持された鋼縫り線のケーブルが左岸側の斜面の途中に、右岸側は地上でアンカーされている。ゴンドラの渡河に要する時間は 2 分程度で、一度に 6 台の車と 300 人の歩行者を運べる。

1937 年のスペイン内戦によって右岸側アンカレッジが爆破され桁が落下したが、4 年後の 1941 年に再建された。従って、塔のみが 1893 年のオリジナルで桁、ケーブル等は再建時に鋼によって更新されている⁸⁾。

全体的に部材各部の板厚が薄く、塔のブレース材は、1 継手にリベットが 1 本である。鍛鉄ではあるが河口部に近く海塩の影響で、腐食による部材の減厚が進行している (写真-13)。

ゴンドラからの輪荷重は桁で支持されるレールに伝わり、レールから桁の定着を経てハンガーから主ケーブルへと流れる。このゴンドラの輪荷重を直接受ける部分は供用下の構造物として荷重の変動も大きく機能維持の管理上重要な部分である。ハンガーケーブルの定着部のほとんどの部材はボルトで取り付けられており、新規な部材に取り換えられていることが識別できる (写真-14)。

(5) リドー運河

a) 運河全般

リドー運河は、カナダのオタワとオンタリオ湖畔のキングストンを途中リドー川や、湖を経由して結ぶ全

写真-14 ビスカヤ橋 ハンガーの定着部 (撮影：2015.6).
ハンガーのロッド端部をねじ切りしてサドルを介して補剛トラスを支持する。近年、新規の材料に取り換えられている

写真-15 国会議事堂協のリドー運河の閘門 (撮影：2015.8).
オタワ川からの入口部に 8 基の閘門が連なる

長 202 km の運河である。1832 年の開通以来、現在でも観光用として使われ、北米で生きた水路として機能を継続する唯一の運河である。

規模はヨーロッパの運河よりも大きく、蒸気船の通行を目的として建設された世界で最初の運河のひとつで、幅 7.9 m の船まで航行できる (写真-15)。

リドー運河は、米英戦争 (1812-1814) の後、アメリカからの軍事的な脅威に備えるために、植民地経営の大動脈であった国境のセントローレンス川をバイパスするルートとして、1826 年から 8 か年かけて建設された。運河は、国指定の史跡と歴史と自然の保護区となっており、カナダ公園管理局 (パークス・カナダ) により運営、管理がされている。

リドー運河の両端のオンタリオ湖とオタワ川は標高差 23 m であるが、その経路は丘陵地帯であるために、キングストンからオタワまでの運河縦断線形は、一旦 50 m 上昇し、その後 73 m 下降する。この標高差のために、27 か所にロックステーションが設置され、全部で

写真-16 スラック・ウォーター工法のためのアーチダム (Johns Falls, 撮影: 2015.8)

写真-17 補修された閘門のゲート (Johns Falls, 撮影: 2015.8). 両翼は石積からコンクリート構造に変更

49 基 (内 2 基後年追加) の閘門が設置されている。

1826 年に監督に指名されたロイヤル・エンジニアのジョン・バイ中佐 (John By, 1779-1836) は、作成済みの計画を変更し、水路開削を最小限とするために、スラック・ウォーター (Slack water) 運河工法を採用した。この工法で建設されたことも、リドー運河の規模の大きさとともに、ヨーロッパの運河と異なる点となっている。

この工法は、急流のある箇所は、ダムを築くことでその一帯の水位を上げて静水面を確保する方法である。この方法によれば、急傾斜や低地を避けてルート迂回せず水路を確保できる。一帯の川沿いはダム湖で水没することになるので、村落がある場合は難しいが、リドー運河沿いは建設当時未開地であったのでこれを可能とした。リドー運河は自然の湖や人造湖を辿ることで、全長約 202 km のうち、新たな水路の開削は 19 km 程度で済んでいる。全ルートの最高標高点付近では、長さ 1.6 km に及ぶ落差 16 m の急流の溪流箇所に高さ 19 m の石積アーチダム (写真-16) が築かれて、4 つの閘門 (写真-17) で落差 9.5 m 分を克服している。

b) 保全状況

運河の維持管理については、供用下にある水路として管理者のパークス・カナダがゲートの開閉などの運営とともに施設全体の維持管理にあたっている。ゲートなどの設備の補修には、直営の工場が運河ルートの中間地点 (Smiths Falls) にあり交換の部材などが作成されている。1831 年建設の 47 か所の閘門の木造ゲートは、すでにオリジナルのものではないが、鋼製に変更された 1 か所を除き建設当時と同じ木造で定期的に交換されている。ゲートの開閉は、3 か所については油圧に変更されているが、その他はすべて人力によっている。閘門の石材については、閘室の側壁の石材接合面や、ゲートの軸を受ける部分でクラックの修復がされ

ているほか、石積を全面的にコンクリートで取り替えた箇所 (写真-17) や、ゲートを受ける位置を変更したものもある。閘室壁面の石材は劣化が見られるのに対し、アーチダムの石材は変状が見られない。オリジナルの形状を変更したものとしては、3 基連続する建設当時の閘門を廃止し、すぐ脇に運河のバイパス化を図り、ここに 3 つの落差を 1 つの閘門で統合し、開閉も油圧式を採用した箇所がある (運河中間地点付近の Smiths Falls)。

(6) 清洲橋

清洲橋は 1928 (昭和 3) 年に建設され、2007 に重要文化財に指定された。指定範囲は、全長 186.2 m の吊橋上部工、東南袖高欄附属、RC 橋脚 2 基で、附 (つきたり) はない。

隅田川には、関東大震災の帝都復興事業の一環として、大正 15 年から昭和 6 年頃までに新しい橋が次々と建設されたが、すべてが異なった構造形式であった。清洲橋のチェーンには、当時海軍が艦船建造用としてイギリスと共同で開発していた強度の高い高張力マンガン鋼が使われて、チェーンを細くする工夫がされた。

劣化の中心は鋼材の腐食である。特に塔基部、杓回り、床組の一部に腐食の進行が見られるものの、全体的にはコントロールされた良好な保全状況にある。

塔基部の構造は極めて複雑で補剛桁を受ける杓が塔支点のすぐ上に設置されカバープレートで覆われている。補修に先立ってカバープレートを撤去して目視で点検した内部の状況は、腐食による鋼板の膨張が確認された。耐震性能の向上については、2014 年に L2 荷重に対応するために支承の制限移動や制振ダンパーを追加して補強が施された。桁を受ける塔の位置の杓と橋台の杓は、部材を追加して変位を制限を加えることで橋軸直角方向の支持力を増強した。橋軸方向につい

写真-18 清洲橋の橋台位置に追加されたダンパー（撮影：2015.7）。減衰力は 12,000 kN/橋台で、8 本使用

図-2 水平支承を既設の杓の内側に追加（モンタージュ）（出所：文献 10）

ては、橋台の位置にダンパーを追加設置することで中間支点に集中する水平反力を軽減する補強が行われた⁹⁾（写真-18）。

(7) 永代橋

永代橋は、清洲橋とともに関東大震災後の復興橋梁として 1926（大正 15）年に建設された。2007 年に指定された重要文化財の指定範囲は、タイドアーチ橋、RC 橋脚 2 基、RC 橋台 1 基で附はない。橋長 184.7 m、幅員 25.6 m で、構造形式は、3 径間カンチレバー式タイドアーチ橋である。中央径間は、100.6 m で、側径間は突桁及び吊桁により構成される。

下部工のニューマチックケーソン基礎の橋脚と橋台の躯体は、清洲橋と同じく鉄筋コンクリート造である。

腐食の進展している場所も見られるが、全体的には良好な保全状況にある。耐震性については、清洲橋と同様に L2 対応で補強が必要であるとされ¹¹⁾、橋軸方向には、中間橋脚の一方の可動杓を固定化することで、補剛リブを追加した剛性の高いアーチリブで全体として

写真-19 白岩堰堤右岸岩盤のトンネル内部（撮影：2015.7）。トンネル壁面から合計 900 本のアンカー、ケーブルボルトが岩盤の安定化のために施工された

抵抗することとした。橋軸直角方向については、支点部の水平抵抗を増すために、橋脚上に水平支承を既設の杓のすぐ横に追加設置することとした（図-2）。

(8) 白岩堰堤砂防施設 本堰堤

白岩堰堤は、1939（昭和 14）年に竣工し、2009 年に重要文化財に指定された。重要文化財の範囲は、重力式コンクリート造堰堤、上流護岸、導水堤で、附はない。

右岸側の部分が本堰堤と副堰堤で、緑に覆われた左岸側は方格柵による護岸、盛土工で、全体としては複合構造の堰堤である。堰堤高さは 63 m で、副堤まで含めた全体の落差は 100 m を越えて砂防堰堤としては国内有数の大規模堰堤である。

白岩堰堤は、1939（昭和 14）年の竣工以来、数多くの保全の手が加えられてきた。竣工 12 年目の 1951 年には、本堤の水通部の天端石の取替えが行われ、第 2 副堤の補強とともに第 3、第 5 副堤が追加され、さらに左岸側の盛土部の導流堤が新たに追加されている。この後もたびたび発生した洪水による転石や土石流で損傷によって、石材の取替えや護岸補修、擁壁の嵩上げ、水叩きの補強などの手が加えられてきた¹²⁾。

近年の補強としては、堤体本体ではないが、本堤付近の岩盤の安定化工事がある。白岩堰堤の右岸側は大規模土石流が衝突してできた若い岩盤である。この岩盤で表層の一部に崩壊が発生したことから、1999 年から 6 年間にわたり安定化のための工事が行われた。岩盤内側に掘削した 2 本のトンネル内部から合計 900 本のアンカーとケーブルボルトが岩盤斜面の表面近くまで施工され、不安定な岩盤を抑え込んでいる（写真-19、図-3）。

立山砂防全体で白岩堰堤が源頭部で土砂生産抑止の役割を持つのに対して、中流域で流下土砂を貯留する

図-3 ケーブルによる岩盤斜面安定化のイメージ（トンネル内掲示の説明をもとに作図）

写真-20 本宮堰堤の本堤、第一副堤（撮影：2013.10）。当初の第1副堤は転石で破壊され、少し下流側に新設

役割をもつのが登録文化財の本宮堰堤である。

本宮堰堤は源頭部の白岩堰堤に対し下流側に位置する。堰堤は川のくびれた場所に位置し、上流側は幅が500mもあり貯砂量は日本最大の500万 m^3 である（写真-20）。堰堤は、長さ107m、高さ22mで、石積みされた外壁の中にコンクリートを打設した粗石コンクリート構造の重力式である。1935（昭和10）年に着工され、ケーブルクレーンのコンクリート打設設備等の機械化施工によってわずか2年の工期で昭和12年に完工した。

本宮堰堤も度重なる洪水、転石による修復の連続で、当初の本堤に近接した第一副堤は破壊され、少し下流側に再建されているほか、補修が継続されている。

(9) 牛伏川本流水路（牛伏川階段工）

1917（大正6）年に竣工した牛伏川階段工は、2012（平成24）年に、白岩堰堤に続いて砂防堰堤として2件目の国重要文化財の指定を受けた。重要文化財の範囲は、石造及びコンクリート造で延長141.2m、旧堰堤取付工及び護岸石積も含まれる（写真-21）。

松本市の南東部を流れる牛伏川は、信濃川水系の1

写真-21 牛伏川本流水路（牛伏川階段工）（撮影：2014.8）

級河川で延長はわずか9kmである。流域一帯は氾濫によって形成された扇状地地形で、江戸中期までは鬱蒼とした樹木で覆われていた。しかし、山火事や樹木の乱伐によって明治初期までには、周囲の山々は禿山となり、土石流が頻発した。流出した大量の土砂は、犀川を経て信濃川へと流下し流域に水害を引き起こすとともに、河口にある新潟港の閉塞の一因とも言われた。災害を防ぐには、荒廃した源流域からの土砂の供給を断つことが必要との考えから開始された事業が牛伏川砂防事業であった。

階段工とは、急な流れに段差を設けることで緩やかにして土砂の流出を抑える施設である。

牛伏川階段工の場所は、水路長141m、落差23mあるが、この間側面および川床の3面が空石で固められ、19か所で階段状となっている^[13]。

緻密に敷き詰められた側面と川床の張石は、今日でも流水による河床の掘り下げや、側面の浸食を効果的に抑制している。階段工は、周囲の山腹法面とともに、過去10年以上にわたり、安定した状況にある。

(10) 美濃橋

美濃橋は、1916（大正5）年に竣工した日本最古の近代吊橋である。かつて自動車交通にも開放されていたが、現在は歩行者用である（写真-22）。

指定の範囲は、補剛吊橋、コンクリート造アンカーレイジ2基で、これ以外の附指定はない。支間長は116.0m、幅員3.1mの単径間補剛吊橋で、補剛桁は鋼トラスである。床組は鋼製の床桁の上に木製の縦桁が敷き並べた構造で、2010年に舗装板、縦桁は全面取替えが行われている。

ケーブルは片側7本の鋼繰り線ストランドで、スウェーデンからの輸入鋼線を国内でストランド成形された。ハンガーは1975年に取り替えられ、主ケーブルとの結合方式をシーリングからグリップに変更された。門形の

写真-22 美濃橋 (撮影：2013.6)

塔は、アンカレッジとともに、粗石コンクリートである。現況は、オリジナルのケーブルの表面の腐食が見られ、とくに地面から近い右岸側アンカレッジ付近で進展が見られ補修の計画である。補剛桁トラス、横桁、ニーブレースの腐食もかなりの進展が見られる。

補剛桁の腐食箇所は、部分的な当て板、部分的な部材交換を行い全体的に再塗装を行い、アンカレッジ付近のケーブルの腐食箇所については、部分的に新たなケーブルを追加してケーブル張力をバイパスさせる補修対策が計画されている。粗石コンクリート塔については、塔柱の下半分に繊維補強材を貼つけることで、耐震補強を図る計画である¹³⁾。

(11) 布引水源地水道施設 (五本松堰堤)

布引水源地水道施設は1900(明治33)年に竣工したわが国で最初の重力式コンクリート堰堤で、堤長110.3m、堤高33.3mで高欄が付いている。現在も供用中の施設であり2006年に重要文化財に指定された。

原設計はイギリス人技術者のバルトンであるが、実施設計は佐野藤次郎が原設計に変更が加え、粗石コンクリートダム構造として建設した。阪神淡路大震災で一部に損傷を受けたが、2001年にダムの水を完全に抜いて全面的な補修、耐震補強工事が行われた。

耐震補強は、設計水平震度0.15で堤体上流の端部で引張応力が発生することから補強コンクリートが施工された。補強コンクリートの表面には白御影石が貼られている(写真-23)。

軽便鉄道のレールを再利用されていた左岸側の管理橋は腐食が進展していることから鋳鉄換材を塗布して再生された¹⁴⁾。

(12) 旧揖斐川橋梁

旧揖斐川橋梁は1886(明治19)年に竣工し、2008年に重要文化財に指定された。指定範囲は、鉄製トラス

写真-23 布引ダム (撮影：2006.8)。堤体の内側をコンクリートにより補強されている

桁橋5連、橋台2基、橋脚4基で、附はない。

揖斐川橋梁は明治20(1886)年1月に開業した東海道線の大垣・岐阜区間で、揖斐川を渡る場所に、鉄道トラスとして架設された。

この後、明治41年に複線化工事が行われ、新しい複線トラスがすぐ下流側に並んで架設された。このため、もとの単線仕様の旧揖斐川橋梁は、東海道線の橋としての役割は終わったが、撤去されずにそのまま現位置にとどまり、現在歩道橋(バイク含む)として利用されている。

旧揖斐川橋梁は、鍛鉄製ダブルワーレントラスで、これ以前には100フィートであった鉄道トラスのスパンを木曽川、長良川向けとともに200フィートに倍増して、お雇い外国人のポーナルが設計を行った。

旧揖斐川橋梁の200フィートトラス5連は、イギリスのバーミンガム近郊にあったパテント・シャフトで1983年から84年にかけて製作された。旧揖斐川橋梁は、開通4年後に発生した濃尾地震によって、下部工の一部に損傷を受けた。震災後にレンガ製の円形ウェルの橋台とレンガ製の橋脚は補修され、その後も橋脚天端付近にコンクリート巻の補強が加えられた(写真-24)。

上部工は下弦材の格点部の一部に腐食の進展している箇所が見られるほか、部材の変形もある。左岸側の桁下に道路が走るスパンの下弦材は、自動車の衝突による損傷を受け補修がされている。斜材の一部は、鍛鉄特有の板厚方向の剥離と腐食が複数箇所で見られる。補修は腐食の激しい箇所を部分的に取換えを含めて、全体の防錆処理、再塗装が計画されている¹⁵⁾。

(13) 長浜大橋

長浜大橋は愛媛県西部の肱川の河口部に架かるバスキュール式鉄鋼可動橋と左右の五連の鋼製ポニーワーレントラス桁で全長232mの鋼橋である。長浜大橋は、

写真-24 旧揖斐川橋梁（撮影：2012.7）．腐食の進む上部工とコンクリート巻された橋脚

写真-25 長浜大橋（撮影：2015.1）．右岸側トラス桁の一部延長，嵩上げの補修工事後の状況

航路部にあたる河川中央のスペンが、跳ね上がる方式である。増田淳事務所の設計によるもので2012年に重要文化財に指定された。戦前の可動橋では、勝関橋が有名であるが、すでに開閉しなくなってから久しい。長浜大橋は、この勝関橋より5年前の昭和10（1935）年8月に完成し、今でも開閉する現役で、自動車交通に供用される現存する唯一の道路可動橋である。

長浜大橋は、この希少性に加え、技術史的な意義として、ブロック架設工法の初期の例であることがある。

当時、架設地点は船舶の往来が多く、河口部は港の様相を呈していた。このため架設工法の選定では、河川交通への影響を少なくするブロック工法が採用された。1970年代後半以降、本州四国連絡橋や、アクアラインなどの多くの海上橋の架設で、海上輸送して一気に架設する工法の先駆けのひとつがこの長浜大橋である。

2012年には、長浜大橋の桁下高、径間長が河川管理施設等構造令の基準に照らし既存不適格であることから、長浜地区（右岸）、沖浦地区（左岸）の堤防整備と合わせてリベット工法による右岸側の桁お一部延長、および嵩上げを行い、同時に、橋体の補修工事が実施された¹⁶⁾（写真-25）。

現況は補修されたことで、目立つ劣化はないが、補修前からの腐食箇所錆のケレンが出来ないまま腐食が進展している箇所や、部材の変形も一部見られる。

(14) 勝関橋

勝関橋は1940（昭和15）年に竣工し、2007年に重要文化財に指定された（写真-26）。指定範囲は、跳開橋、石造高欄付、袖高欄附属、鉸桁2基（門構4基を含む）、鋼製タイドアーチ2基（門構2基）、RC橋脚2基（橋脚塔4棟を含む）、RC橋台2基、跳開装置一式と橋梁本体と跳開のための装置一式で、附はない。

勝関橋は、戦前最後の大規模橋梁建設事業であった。

写真-26 勝関橋（撮影：2007.12）

勝関橋は、清洲橋や永代橋と同様に、当初より路面電車の軌道が敷設されていたが、実際に使用されたのは、戦後の1947年から1968年までの約20年間であった。中央部の跳開は、1970年に完全に休止されて、以後固定化されている。

保全状況は全体として良好であるが、清洲橋、永代橋と同様に、L2対応の耐震補強が必要であるとされている¹⁷⁾。将来的に中央跳開部を再稼働させることになれば、構造本体や跳開桁、床版、関連設備などを中心に大規模な改造が必要となる。

(15) 三角旧港（三角西港）施設

三角西（旧）港は、熊本県の宇土半島の先端に位置する。3ヵ年の建設工事をへて1887（明治20）年に開港した（写真-27）。国の特別輸出港の指定を受けたが、港湾施設としてその役割を果たしたのはわずか10年足らずであった。このため港湾施設は、その後あまり手を加えられることなしに今日まで残されることとなった。

三角西（旧）港は、港の背後の山を切り開き、その前面の海を埋め立てて建設された。延長760mの埠頭、

写真-27 三角西（旧）港の石積の埠頭（撮影：2015.6）

写真-28 横利根閘門（撮影：2011.7）

後背地の道路、区画路、山沿いの環濠と埠頭に直交する排水路、その上に架かる石橋などが主な施設である。

三角西（旧）港の築港工事の主要部分は、港湾地区の埋立て造成とともに、岸壁などの施設の石積み・石張り工事であった。お雇い外国人のオランダ人技術者のムルデルによる近代技術によって設計された港湾施設に、熊本の伝統的な石工の技術が使われた。

埠頭の張石や岸壁突端の縁石、排水路、橋の材料は、対岸から切り出された安山岩が使われた。岸壁の石張りには長さ 60cm、重さ 400kg 程度の石材が使われたが、岸壁突堤の縁石には長さが 1.8m、重さ 2 トンを超えるものもある。

三角西（旧）港の特徴は石造施設であるが全体的に劣化は少ない。ただ、埠頭に直交する排水路の側壁の一部に、隣接する樹木の成長ではらみだしがみられ、石の脱落箇所も認められる。

3 か所あったとされる木製のポンツーンは、係留の跡が認められるが本体は現存しない。

(16) 横利根閘門

横利根閘門は、霞ヶ浦と利根川をつなぐ横利根運河が千葉県佐原付近で利根川に注ぐ場所に大正 10 年に建設された（写真-28）。霞ヶ浦や北浦などから利根川への水運ルートを確保する横利根運河が開削されると、水運の利便性は向上したが、利根川の水位が増すと霞ヶ浦へ逆流が発生して付近一帯に洪水の被害をもたらした。水運の利便性を確保しつつ、同時に逆流を防ぐために設けられたのが横利根閘門である。複式閘門と呼ばれる横利根閘門は、鋼製の門扉が利根川側からの水压を受ける大門扉と、その逆に横利根川側の水压を受ける小門扉が別々となっている。大門扉は、幅 6m、高さ 8m の扉戸で、観音開きのゲートである。1994 年に大規模な修復工事が行われ、特に腐食の大きな水面下の部分の部材を中心に、建設した時と同じリベット工

法で取り換えられた。取り替えた旧門扉部分は、閘門の横に展示された。同年に指定された重要文化財の範囲は、横利根閘門の構成は、閘室（兩岸防舷材を含む）、閘頭部（門扉 4 枚、ラック棒 4 本、給排水扉 2 枚、給排水扉開閉装置 1 基）2 か所、閘門外擁壁 4 か所よりなる。附としては修復で取り外した旧門扉部分 2 点、旧排水扉巻揚機械 2 基がある。

大規模修復の後、2011 年の東日本大震災では、左岸側の地盤が沈下した。これによって横利根川側の閘扉室の左岸側壁（煉瓦壁井筒）に亀裂が発生し、2014 年に補修が実施された¹⁸⁾。

5. 考察 1 歴史的土木構造物の評価

(1) 世界遺産の土木構造物

a) 傑出した技術の存在

基準 (i) の人類の創造的才能を示す傑作は、世界遺産の 5 件の事例すべてに適用されている。

初の鉄橋であるアイアンブリッジは石炭製鉄が産業的に成功した製鉄技術、建設技術の具現化であり、その後続く鉄鋼橋の源流となった。ポンテカサステ水路橋も水路橋に鉄の利用技術の最初期の大規模な事例である。フォース鉄道橋は、鋼を大量に用いた最初の大規模カンチレバートラスである。鍊鉄構造のビスカヤ橋は、運搬橋として最初のものである。リドー運河はヨーロッパの技術によるが、スラック・ウォーター工法によりヨーロッパにはない蒸気船の航行可能な大規模運河として建設された。

土木構造物の計画、設計、施工とその後の維持の質を支配するのは技術であり、その技術のレベル（傑出さ）が、歴史的土木構造物の重要な評価点であると解釈できる。

b) 技術の発展への影響

技術の発展の特徴のひとつは、段階的であることにある。先行実績を踏まえてその延長上で新たな技術要素を加えるという知識と経験の交流のなかで発展が実現する。

基準(ii)の「技術の発展に重要な影響、価値観の交流」は、この発展のプロセスを示すものであり、リドー運河を除いて適用された。

アイアンブリッジ、ポンテカサステ水路橋は、伝統的な木工技術、石橋技術に新材料である鉄を適用することで生み出された。新たな素材を従来技術の上に展開し、鉄を土木構造物に導入することで後の鉄構造物に大きな影響を与えた。ポンテカサステ水路橋は、先行事例のロングドン水路橋からの明確な技術の流れが現存する構造物から確認できる。フォース鉄道橋も後に鋼橋の最初の事例として発達の流れの中でのエポックである。

ビスカヤ橋も数は多くはないが、運搬橋全体の先駆けとなった。リドー運河は、鉄道への移行前の運河時代最後期の事例で後続事例がないが故に、影響が読み取りにくく基準(ii)の適用がされなかった。

技術の発展に対する影響の程度は、歴史的土木構造物の重要な評価点であると解釈できる。

c) 歴史上の重要性、構造景観の影響

公共施設である土木構造物はその建設がその時代の歴史的な背景とかかわりをもつ。また、主に規模の大きさから、構造物が創りだす構造景観は、その構造物が置かれた場に影響を与える。これは基準(iv)の「土木構造物の歴史的意義、その構造景観が地域社会に与えた影響」で問われており、ビスカヤ橋を除く4事例はその影響度合いの強さから適用された。

鑄鉄の半円弧状アーチの構造景観をもつアイアンブリッジは、橋の存在する場所が産業革命発祥の地であり、近代における産業発祥の場を示す強いメッセージである。

ポンテカサステ運河、水路橋、堰などの土木構造物は、産業革命にともなう重量物輸送の面で重要な役割を果たした典型例である。水路橋はその構造景観をもって、鉄道時代前夜の産業革命下での輸送のシンボルであることを示し、同時に鉄を材料とする構造物の時代のはじまりを示している。

フォース鉄道橋は、交通手段としての鉄道が延伸する重要な段階において、湾という大きな障害物を越えることを実現した。また、錬鉄から鋼への移行の時期における最初の大規模鋼橋としてマイルストーンでもある。規模の大きさとユニークな構造形状から他に類のない独特の土木景観を作り出している。

ビスカヤ橋は、地域の輸送手段としての役割を果た

してきたがその後の同形式の実績が少数であり、影響の普遍性の面から、基準(iv)の適用がされていない。

以上から、普遍性のある歴史上の意義、存在を示す構造景観の影響の程度は、歴史的土木技術の重要な評価点であるといえる。

(2) 重要文化財の土木構造物

a) 優れた技術の存在

重要文化財の12事例のうち、旧揖斐川橋梁を除いたすべてで基準(2)の技術的に優れたものが適用されている。

清洲橋は、その後普及する高張力鋼を初めて導入し、地盤条件から自定式吊橋を採用するなど当時の先端技術を駆使している。

同じ震災復興橋梁であるソリッドリブアーチの永代橋も、高張力鋼を導入して当時、国内最大スパンを実現した。いずれもわが国の近代橋梁技術の確立期にあって、ひとつの技術到達点を示す証拠となっており優れた技術の存在を示す。

白岩堰堤は、大型機械を駆使して建設された世界最大規模の複合構造の砂防堰堤であり、牛伏川本流水路は、緻密な石積技術によって建設され、山腹工とあいまって今なお安定的な堰堤を維持していることが、優れた技術の存在を示している。

明治、大正期における最初の重力式コンクリートダムである布引水源地水道施設の五本松堰堤や、最大級の支間を実現した近代吊橋の美濃橋は、優れた技術の存在を示す証拠となっている。

長浜大橋は、アメリカの可動橋設計技術により、大ブロック工法を採用して施工された大規模な単葉式跳開橋で、昭和初期の橋梁技術のレベルを示す。同じく可動橋として建設された勝鬨橋も、国内唯一のシカゴ型の跳開橋で、国内最大の可動支間をもつことで優れた技術の存在を示している。

三角旧港は、本格的近代港湾施設として国内で最も初期の例で、背後の道路、排水路を含めた一体的整備を伝統的な石造技術を使つて建設されていることに優れた技術が示されている。横利根閘門は、国内で最大級の規模のレンガ造で観音開きの二重のゲートの複閘式閘門で、設計、施工の優れた技術の存在を示す例である。

以上の各事例より、優れた技術の存在は、歴史的土木構造物の評価として重要な部分を占めることを示していると解釈できる。

b) 歴史的な価値

11件の事例のうち、基準(3)の歴史的価値の高さが評価されたものは、8件である。

砂防堰堤の白岩堰堤、牛伏川本流水路は、わが国の

近代砂防施設として明治から昭和にかけての治山治水による河川整備による防災の要請に込えている。

布引水源地水道施設は、わが国の近代水道建設の初期を代表する事例である。旧揖斐川橋梁は、東海道全通を急ぐ鉄道建設期において、難関であった木曾3川のひとつを渡河するものであった。長浜大橋は、増田淳がアメリカで実地に修得した鋼橋建設の技術を国内の橋梁建設の需要に応じて展開したものである。三角旧港は、国内重要港湾として石炭などの輸出港として外貨獲得の国策によって建設された近代港湾であった。横利根閘門も、首都圏における水運による物流の増加が背景にある。

土木構造物の歴史上の意義の程度の大きさは、歴史的土木構造物を特徴づける価値である。

c) 意匠

重要文化財の基準(1)の意匠的に優れたものは、11件の事例のうち、清洲橋、永代橋の2事例のみに適用されている。意匠の適用が、いずれも橋梁に対する事例に限られたことと、全体的には建築物に比べると多くはない点が、土木構造物評価の特徴である。

(3) 評価のまとめ

世界遺産、重要文化財の事例から、歴史的土木構造物の評価のポイントとしては、技術的な評価、および歴史的な意味の2つが大きな部分を占めているといえる。

技術的な評価には、歴史的土木構造物の建設に使われた技術の高さ、ユニークさとともに、技術の発展過程において、対象の歴史的構造物が果たした役割、与えた影響の普遍性と程度がある。

ここで確認した技術的な評価、および歴史的な意味はいずれも従来からの文化財評価の認識に変更を加えるものではない。ただ、近年、世界遺産の評価において、特に産業遺産の分野を中心に、建造物や施設そのものから、それが生み出す地域社会の活動、社会生活まで、評価対象の拡張というソフト化傾向が見られるが、今回確認した土木構造物の評価の範囲にはこのような拡張部分は含まれない。供用下にある歴史的土木構造物の評価では、対象の土木構造物そのものの技術的価値と、それが果たした役割、与えた影響の普遍性と程度という歴史的意味に限られている。

6. 考察2 歴史的土木構造物の保全

(1) 価値と保全の関係

土木構造物は本来機能の継続のために構造部分の改変を伴うことがあり得るが、今回の調査対象では、例外なく各時代において大きな補修、補強、改変の手が加えられていることが確認された。これは、文化財で

あっても寿命は有限であり、特に供用下の歴史的土木構造物では時間とともに劣化があることを前提とした保全が必要であることを示している。このことは、植物性材料である木造構造のように、無機材料に対して劣化サイクルの早い場合にも共通する。伝統的文化財である絵画、工芸品、仏像などにあつては、修復、復原などはあっても、時間とともに使用によって劣化をするという積極的な時間軸の概念は存在しない。しかし、調査事例では、時間の経過によって発生した劣化が数多く確認され、それぞれ補修や補強が施されている。

アイアンブリッジでは地中梁が追加される他、アプローチの石積アーチの中込土の軽量化や破損部材の補強が随所に行われている。さらに、現状のアイアンブリッジは劣化が進行しており、マネジメント計画での構造物本体に対する保全への回帰が必要と考えられる。

ポンテカサステ水路橋では、19スパンのうち1スパンは鋼アーチに新規取替えがされている。ビスカヤ橋では、当初の錬鉄製の桁および、ケーブル全体が建設後48年目の1941年の再建で取り換えられている。また、再建以後も、直接輪荷重を受けるハンガケーブルの定着部近傍は相当数が新規材料に交換されている。

(2) 真正性と構造機能性の関係

フォース鉄道橋では大規模な交換は多くはないがブレース部材やリベットなどの交換がされている。リドー運河では47基の当初からの閘門のゲートはすべて後年取替え、改造がおこなわれている。

このように本来機能継続のために、調査対象の世界遺産では部材の取替えが選択されているが、いずれもオーセンティシティの要件は満たしていると評価されている。これは国内の事例である重要文化財においても同様である。

旧揖斐川橋梁では、レンガ積橋脚がコンクリートで補強をされ、上部工の腐食や損傷箇所はそれぞれ補強がされており、今後も補修が計画されている。美濃橋、長浜大橋、清洲橋、永代橋、勝関橋などの供用下にある橋梁でも機能継続の補修補強がされている。防災に直結する白岩堰堤では、劣化や損傷に対する補修の連続である。

以上のように世界遺産、および重要文化財の今回の調査対象の供用下にある歴史的土木構造物では、例外なく建設後のそれぞれの時代において補修や補強の手が加えられた結果として現存する。

土木構造物は、建設後の保全が、現存することを支えていることを考えれば、評価の対象は、建設時の構造物そのものに加えて、その後の補修、補強の行為が含まれると考えることもできる。建設後の保全の手が付加されて、有形文化財の形を継続しているという意

味で、文化財の価値に繋がっているという解釈である。

例えば、歴史的土木構造物の中でも吊橋などの引張力が卓越した構造物では、200年を超えて存続するものは皆無である^[14]のに対し、圧縮力を受ける石造アーチでは、2000年を超えて自動車交通に供用されているものもある。構造や材料の特性と時間の経過による劣化を考慮した保全の手を加えることで文化財の長寿命化、すなわち価値の継承は可能となるはずである。

木造建築においては、「多様な文化」の存在を認めることでオーセンティシティの解釈の拡張がおこなわれてきた。これと同様な文脈で、「多様な構造物」として文化財の価値の整理が必要となる可能性があると考えられる。ただ、歴史的土木構造物の無制限な改変に拡大解釈がされないための方策も十分固めておく必要がある。

(3) 保全の方向性

歴史的土木構造物全体に対して、その保全について共通的・一般的に表現することは、単に考え方を示すのみとなって実務的な有効性を欠くことになる。ここでは、調査対象で確認されたことをもとに、主として補修、補強に関する事項をやや具体性をもって述べることで歴史的土木構造物の保全の方向性を示す。

- a) 土木構造物はそれが機能することより損傷、損耗が発生することを前提として維持管理が行われている。供用下にある歴史的土木構造物は、時間とともに劣化をするという認識のもとに、予防保全の考えを入れた保全計画とする必要がある。
- b) 主要部材の補修、補強では、鉄、鋼構造においては、腐食、リベット脱落などは、傷んだ箇所を部分的に、最小範囲で一体的に取り換えることを基本とする。部材を構成するフランジやウェブの腐食箇所のみの交換をパッチワーク、サンドイッチ板当て継ぎなどの工法である。1818年建設のコールポート橋はこの工法をもって、地域交通の要請から通行荷重を引き上げたことは極めて貴重な供用下にある歴史的土木構造物の保全事例である。
- c) 傷んだ箇所のみを部分的に取り換えるという原則を常に採用することは、実務的には難しい。力学挙動が支配する部位では、新旧部材間での応力分担の信頼性が不明確である場合もある。傷んだ箇所の取替えに加え、新たに部材や装置などを追加する構造系の変更でオリジナル部材の負担を軽減させる方法も許容する。アイアンブリッジのアーチ両支点部をつなぐ地中梁の追加や、清洲橋のダンパーの追加はこの例である。
- d) 構造物の中で荷重変動を受ける部分や、特に時間とともに材質上の劣化条件が厳しい箇所について

は、ビスカヤ橋の軌道付近の部材やリドー運河の閘門のゲートが常時交換されているように、既存部材の修理を基本としつつも、構造物の安全確保、機能継続のために同じ設計の代替品の適用を許容する。

- e) 劣化部分はそれ以上の劣化の進行速度を遅らせることに留め、部材を追加することで、オリジナル部材の負担を軽減して追加部材との協働で、全体として構造機能を継続する方法もあり得る。これは清洲橋や永代橋のL2耐震補強の方法の同じ考え方であるが、個々の構造特性に応じて部材を追加することで応用ができる補強、補修方法である。
- f) 劣化部分は荷重の作用下では、相応に応力を負担しており、この部分を単純に取り換えることは、常時荷重の作用下にある主部材では困難であり、残る健全部分の負担軽減になりにくい。このため部材を追加して、これに作用力をバイパスさせ、健全部の負担を軽減し、全体として耐力を維持を図る。美濃橋のケーブル補強方法で反映されている方法であるが、これも応用可能な補強、補修方法として保全の一つの方向性を示す。

謝辞: 今回の海外の事例の調査にあたり、イギリス土木学会、ヒストリック・スコットランド、ヘリオット・ワット大学、ブリティッシュ・ウォーターウェイ、およびカナダ公園管理局の便宜を受けた。ここに謝意を表する。(本文に関する調査は平成27年度科研費研究の一環として実施した。)

註釈

- [1] 世界遺産における土木構造物や産業遺産の事例は必ずしも多くはないが、2000年以降増加の傾向にある。近年では、例えば2015年に登録された「明治日本の産業革命遺産」やイギリスの「フォース鉄道橋」がある。背景には、世界遺産登録の偏りをなくすために文化遺産の範囲を拡大する動きがある。1994年12月にタイで開催された第18回世界遺産委員会において世界遺産一覧表における不均衡の是正及び代表性、信頼性の確保のためのグローバルストラテジーがこれである。国際記念物遺跡会議(ICOMOS)と国際産業遺産保存委員会(TICCIH)でも、共同原則(産業ヘリテージを継承する場所、構造物、地域および景観の保全に関するICOMOS-TICCIH共同原則、最終版)で、産業遺産の評価対象の範囲の拡張が示されている。
- [2] イギリス土木学会(ICE)では、「橋とインフラストラクチャー賞(Bridge and Infrastructure Award)」が1999年に創設され、優れた保全事例の表彰が行われている。
- [3] 既存構造物の評価(ISO 13822: 2010, Bases for design of structures - Assessment of existing structures)で「追補I; 歴史的建造物(Annex I; Heritage Structure)」が付属書で加えられた。
- [4] 例えば、土木学会では、2007年に「鋼構造委員会歴史的鋼橋の補修・補強に関する小委員会」が「鋼構造シリーズ14 歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル」を発行し、2009年には「歴史的土木構造物の保全技術に関する連合小委

- 員会」が「歴史的土木構造物の保全」を発行した。
- [5] 構造物本来の機能が継続する供用下にある歴史的土木構造物では、維持管理の立場にある管理者やその構造物の便益を直接的に受ける地元市民と、歴史的価値の保全の立場にある文化財関係者や当該構造物を文化財と捉えて訪問する外来の市民の間では、本来機能と文化財価値の受け取り方に違いがあることが一般的である。
- [6] 前掲[1]の「グローバルストラテジー」の一環で実施した登録リストの分析である「The World Heritage List: Filling the Gaps - an Action Plan for the Future, An Analysis by ICOMOS, Feb. 2004」の15頁に示される表(Part A: Typological framework based on categories)には、地域、時代とともにテーマ別に「歴史的建築」、「宗教関連資産」、「軍事遺産」など14のテーマ別のカテゴリーに区分されている。土木構造物はこの中で「農業、産業、技術資産」の類型区分に含まれる。2004年時点で登録されている世界文化遺産全体1,459件のうち、この類型に属するものは69件(5%)ある。「農業、産業、技術資産」は、内容別に、(1)「記念物(工場、橋、水管理システム(ダム、灌漑など))」、(2)「建築物群(農業集落、工業地域)」および(3)「遺跡(農地システム、ぶどう畑、農業景観、水管理システム(ダム、灌漑など))、鉱山、鉱山景観、運河、鉄道など」の3つのカテゴリーに分けられるが、半数以上が農業と産業に関するものが占めており、土木構造物は残りの半数以下で、鉄道、港湾、橋、水路橋、運河((1), (3)の一部)が該当する。
- [7] ICOMOSの分類による土木構造物を含む世界遺産は、2015年登録分までで、合計で29件である。これらの内容を具体的に示すと、「オランダのスホランドとその周辺」、「アムステルダムの防塞線」、「青城山と都江堰水理システム」(中国)、「グラン・プレの景観」(カナダ)他のダム、堰、干拓、灌漑、堤防などの治水関連施設が10件、「アンデスの道路網カパック・ニャン」(アルゼンチン他)が1件、「インドの山岳鉄道群」など鉄道が3件、「リバプール海商都市」(イギリス)など港湾が2件、「アイアンブリッジ」(イギリス)、「ビスカヤ橋」(スペイン)、「フォース橋」(イギリス)など橋梁が4件、「ボンデュガール」(フランス)、「ポンテカサステ水路橋」など水路橋が4件、「ミディ運河」(フランス)、「リドー運河」(カナダ)、「大運河」(中国)など運河・閘門が5件である。29件の中で1/3を干拓、灌漑、堤防、堰などの治水関連の施設が占める。調査対象の選定では、機能維持において土木文化財の保全の要求条件としてトレードオフの関係になることの多い力学的挙動の支配を受ける事例を含むものとして施設よりも構造体が主体をなす事例とした。このため治水・治水関連施設を除いた19件(道路3、鉄道3、港湾2、橋梁4、水路橋4、運河5)の中で、件数の多い橋梁(運搬橋含む)から3件、水路橋から1件、運河から1件の合計5件を調査対象として選定した。また、調査対象の補足として、当該土木遺産の成立に密接に関連する事例も調査を行った。なお、母集団の総数が少数であることから、含まれる個々の遺産の特質が遺産群全体へ与える影響が大きくなる傾向がある。19件の母集団に対し5件の調査対象の選定とサンプル抽出割合は高いが、導出される考察結果は、必ずしも遺産群全体の包括的説明にはなりにくい可能性は残る。
- [8] 土木学会(JSCE)の評価する歴史的土木構造物(現存する重要な歴史的構造物2800選)に、国指定重要文化財、登録文化財(2014年時点)の土木施設、構造物を加えると合計で3,481件となる。本論文ではこれを一定の評価をされた国内の歴史的土木構造物の全体と考える。橋梁は1,293件で40%を占め、次いで土木施設639件(20%)、隧道、307件(10%)、河川、海岸構造物、182件(6%)、水門、123件(4%)の分布である。建設時期は、明治、大

正、昭和前期がほとんどを占めるが、年あたりの建設数は時代を下るに従い増加する傾向がある。調査対象は、この遺産群の中から、筆者が保全計画に関与したものを含め、もっとも多数(40%)を占める1,293件の橋梁から6件、残りは、河川、海岸構造物と水門(10%)から5件とそれぞれの構造形式において代表的な事例を選定した。この11件の調査数は、総数3,481件の国内の土木構造物の遺産群全体を包括的に説明するためのサンプルとしては必ずしも十分とはいえず、導出される考察には、偏りが含まれることはありうる。ただ、他の事例との比較対象として土木遺産の保全の考察に有益な情報を提供する。

- [9] 世界遺産の登録基準(公益社団法人日本ユネスコ協会連盟ホームページ; <http://www.unesco.or.jp/isan/decides/>)
- [10] オーセティシティに関する奈良会議(1994年)では、「文化遺産をすべての形態や時代区分に応じた保存は、遺産がもつ価値に根ざしている」と、文化遺産の多様性が確認され奈良文書として採択された。
- [11] 世界遺産登録の公共領域での不適切な建設行為や材料を減らし、修正することや多数の関係機関との調整を支援するためのガイドで地元自治体、イングリッシュヘリテッジにより2011年8月に作成された。世界遺産指定範囲内の、舗装、階段、手摺の素材、標識、各種施設などの整備に対して地場の材料を使用するなど具体的な事柄が規定されている(Public Realm Design Guide, Colin Davis Associates, August 2011)。
- [12] 最小限の損傷部材の取替え、竣工後の追加物の撤去、とともに塗装については、耐久性と特徴のある色彩(フォース橋レッド)を目指した(ヒストリック・スコットランドの担当者からのヒアリング(2014.11))。
- [13] 階段状に配置する方法は、内務省技師の池田圓男がフランスで実例のある方法を参考に提案したものであった。このためフランス式階段流路とも呼ばれている。
- [14] 1820年建設の現存世界最古の道路吊橋のイギリスのユニオン吊橋は、1900年にケーブルの追加など多くの保全がされてきたが、劣化が進み、イングリッシュヘリテッジの存続の危機にある遺産に指定された(五十畑弘: 存続の危機にあるユニオン吊橋(イギリス)、橋梁と基礎, Vol. 49, pp. 58-61, 2015.3)。

参考文献

- 文化庁: 国宝及び重要文化財(建造物)指定基準, 1996.
- Nomination Document, The Forth Bridge Nomination for Inclusion in the World Heritage List, Historic Scotland for the Forth Bridge Forum, pp. 70-71, 2014.
- ネイル・コッソン, バリ・トリンダー著, 五十畑弘訳: アイアンブリッジ, 建設図書, pp. 66-73, 177-186, 1989.
- Cossons, N. and Trinder, B.: *The Iron Bridge*, 2nd edition, pp. 52-56, 2002.
- Duquemin, M.: Preservation of Pont Cysyllte Aqueduct - Supreme Structural Achievement of the Canal Age, *Proceedings of Thomas Telford 250th Anniversary*, p. 17, Royal Society of Edinburgh, 2007.
- 前掲文献 5) p. 17
- 前掲文献 2) p. 18
- Trimino, A.: Vizcaya Bridge, Transbordador de Vizcaya, pp. 98-119, 2011.
- 国指定重要文化財橋梁の長寿命化検討委員会報告書, 東京都建設局, pp. 170-97, 2014.
- 前掲文献 9) p. 135
- 前掲文献 9) pp. 63-66
- 白岩砂防えん堤保存管理計画検討業務委託報告書, (財)砂防フロンティア整備推進機構, 2009.
- 崔静妍, 赤澤泰, 齋藤哲郎, 菅野晃生, 寺田武志, 市原義

- 則：重要文化財美濃橋の耐震診断を含む修理検討事例報告，土木史研究講演会，土木学会，Vol. 34, pp. 119-128, 2014.
- 14) 土木学会：歴史的土木構造物の保全，鹿島出版会，pp. 235-236, 2010.
- 15) 小坂潔彦，小坂井実：重要文化財旧揖斐川橋梁の現状と課題（修理・活用計画経過報告）修理計画検討委員会資料，土木史研究講演会，土木学会，Vol. 34, pp. 105-110, 2014.
- 16) 近藤博貴，谷本宏行，浅川雅司，西尾宏昭，池田一郎，佐伯龍司：歴史的鋼橋（長浜大橋）の補修工事について，橋梁と基礎，Vol. 47, No. 6, pp. 24-28, 2013.
- 17) 国指定重要文化財橋梁（勝鬨橋）の長寿命化検討委員会資料（平成 27 年 5 月），東京都建設局道路管理部保全課/東京都第一建設事務所，2015.
- 18) 中村徹立，松田貞則，岩間靖：重要文化財横利根閘門の保全対策について（東日本大震災を受けた被災等に対する修理），土木史研究講演会，土木学会，Vol. 34, pp. 129-36, 2014.
- (2015. 8. 31 受付)

RESEARCH ON HISTORICAL CIVIL ENGINEERING STRUCTURES
STILL IN SERVICE
—IN CASE OF WORLD HERITAGE AND IMPORTANT CULTURAL PROPERTY—

Hiroshi ISOHATA

In recent years, the interest of modern civil engineering structures holding historical value has been increasing. Applications of engineering heritages are also increasing for revitalization of local areas. According as the increase of infrastructure stocks, conservations of civil engineering structures holding historical value have been an important issue.

In this paper, historical civil engineering works registered as a world heritage site and an important cultural property are researched to examine their cultural value and conservation technology.