

13 年で架け替えられた木橋の経緯と履歴

The Sequence of Events and Circumstances of Wooden Bridges served in 13 years

藤田和彦^{*1} 軽部正彦^{*2} 宮武敦^{*3} 渡辺浩^{*4}

FUJITA Kazuhiko, KARUBE Masahiko, MIYATAKE Atsushi and WATANABE Hiroshi

*1 広島県立林業技術センター資源利用部 (〒728-0015 広島県三次市十日市町 168-1)

*2 博(工学)(独)森林総合研究所構造利用研究領域 (〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1)

*3 農修(独)森林総合研究所複合材料研究領域 (〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1)

*4 博(工学) 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1)

ABSTRACT A wooden warren truss bridge which was named ‘Kappa-Bashi’, built in May 1990 in Yamanokyou prefectural natural park of Hiroshima. The bridge was replaced with a steel truss bridge in March 2004 in same shapes at a glance. The bridge was planned with some physical circumstances, public administrative considerations and commercial trends of wooden structures. Here we report from two different situations, administrative officer and/or researcher, the sequence of events and circumstances of the wooden bridge served in 13 years and renewed steel truss bridges.

Keywords: 木造トラス橋、鋼橋、評価手法、架け替え

Wooden truss bridge, Steel bridge, Evaluation, Replacement

1. はじめに

日本には古くから数多くの木橋が存在していた。しかしながらこれら木橋は、高度成長期以降に次々と姿を消していったことは事実である。豪雨による流失復旧や、腐朽等の不具合補修や点検の労力が大きいことのほか、通過交通の重量化や河川管理上の長スパン要求など、木橋の構造的限界と耐久性が問題とされたことがその理由として挙げられよう¹⁾。橋梁の管理者である行政においては、社会基盤施設の安全性確保の一方で、維持管理費削減方針による永久橋化が求められてきたことも事実である²⁾。これらを背景として、鋼材やコンクリートが社会基盤施設の材料としての確固たる地位を確立する一方、1987年の建築基準法改正や大断面集成材のJAS(日本農林規格)化などを受け、強度保証された木質材料を使用した構造設計が可能となった。それらと相前後して矢ヶ崎大橋や坊川林道2号橋が建設された同年はまた、近代木橋の幕開けの年でもあった。環境にやさしい材料であることと、柔らかさや温かみなどの木材の特性や質感を前面に打ち出すことで、現在までに1000橋を超える木橋が建設されたと言われている³⁾。

本報告で取り扱う「かっぱ橋」は、近代木橋の幕開けから3年後の1990年に、広島県福山市山野町の県立自然公園山野峡キャンプ場に架けられた、日本最大級の木造下路式単純トラス橋である。当時の社会情勢、行政的配慮、技術的進歩等から、集成材を使った木造と決定された橋は、竣工後13年経過した2004年に、鋼製の下路式単純トラス橋に架け替えられてしまった。時代が木材の特性を認知し重要視し始めたにもかかわらず、鋼橋が選択理由はなぜなのか。その理由を明らかにするため、「かっ



写真1 木造「かっぱ橋」上流からの遠景



写真2 左岸側橋詰

「かっぱ橋」の架設当時担当行政官として関わった著者の一人 藤田を中心に 13 年前の事実を遡って木橋選択に至った経緯を振り返る。また、架橋後の点検調査結果や補修検討記録と併せて、旧木橋の問題点と管理者側での実務の実際、新鋼橋選択などについて総括し、客観的な事実として報告したい。

2. 「かっぱ橋」概要

写真1、写真2に旧木橋の外観を示す。上部工は下路式単純トラス橋で、上下弦材や斜材等は集成材ベイマツ1級に天然系防腐塗料を塗布したものであった。また格点は、コの字断面のSS400鋼板で集成材を包み、外からボルト締めした二面せん断ボルト接合であった。橋長は第1径間36.3m、第2径間18.3m、有効幅員は2.3m、主構高さは約2.7mで、橋両岸に別れたキャンプ場を結ぶアクセス路としての歩道橋を用途とし、昭和55年版道路橋示方書・同解説に準じた群集荷重 350kgf/m^2 、死荷重 800kgf/m^3 を設計条件として計画された。橋本体の工事期間は1989年12月から1990年3月までであったが、竣工は周辺工事を含めて1990年5月となった。所在地は、左岸が福山市山野町、右岸が三和町時安であり、同じ県立自然公園内のキャンプ場であるものの、橋が跨ぐ1級河川高梁川水系小田川を市町界としている。なお橋の名称は、左岸橋台付近にある淵の名前に由来したものである。

3. 経緯・履歴

表1 「かっぱ橋」架設から架け替えまでの経緯

木造「かっぱ橋」の架設前から架け替えに至るまでの経緯を、表1に示す。

西暦	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04
経緯・履歴	架橋計画立案・予算要求	基本設計・河川協議	木造「かっぱ橋」架設	日常点検	日常点検	日常点検	日常点検	日常点検	第一回調査	日常点検	日常点検	日常点検	第二回調査	補修予算要求	補修工事・第三回調査	架け替え予算要求	鋼橋架設

3.1 架設

(1) 社会的環境

1967年に山野峡が県立公園に指定されてから、架橋地点付近はキャンプ場として整備が進められた。

横切る河川の増水時に、迂回路を持たない対岸に利用者が取り残され、消防の救出を受けたことが何度あり、管理上の問題から避難路が施工された。しかしこの避難路は、対岸から戻る下流の橋に至るまでの道程が長く、利便性が悪かった。1988年に本格的な架設計画が立案され架橋に至ったが、時代はまさに内需主導型の景気拡大（いわゆるバブル経済）が始まった頃であった。

当時は、内需拡大策により住宅建設が促進されたことから木材や林産業の業況が回復し、また物の豊かさから心の豊かさを求める消費者嗜好の変化から潤いのある環境造りの素材として木材が再認識されていた⁴⁾時でもある。このような中、公共施設や公共工事に、JASにより強度の保証された構造用大断面集成材が、大量に使用され始めた（図1参照）。

広島県においても、当時自然公園の整備・管理を担当していた林務部が、行政的施策として、自然公園の環境造りに木材の積極的利活用を進めていた。当時はまた、その後の1994年の第12回アジア

競技大会、1995 年の第 46 回全国植樹祭、1996 年の第 51 回広島国体に向けて、広島空港周辺の中央森林公園他を整備中でもあり、木材を使用した施設工事が積極的に進められて行った。その中で 1992 年には、世界最大級の木造斜長橋「用倉大橋」が完成している。図 2 は、当時から現在に至る整備・管理実績額の推移である。図中の管理費のほとんどは、管理委託費である。整備額の多い年と 1988 年から 1992 年にかけてのバブル経済期が重なっていることが良く判る。

(2) 技術的検討及び判断

架橋現地には、現地に至る資材搬入路は幅員 3m 程でカーブが多い、左岸側が右岸側より標高が 2m 高い、流域の集水面積が大きくかつ架橋位置は河川の屈曲部であり計画高水位が高い、利用者の便宜や管理面を考慮しキャンプ場の標高と橋路面高さを同じにしたい、という条件があった。これらの条件の下、1988 年の計画立案時には、上部工構造形式として桁橋・吊橋・トラス橋を、また橋梁用材料として鋼材・コンクリート・集成材を相互に比較検討している。集成材の使用については、河川法 24 条(占用) 26 条(新築) の申請のためにも構造設計の根拠が必要とされたが、当時国内に数橋の架設実績があったことから、設計上可能であると判断した。

比較検討の概要を表 2 に示す。経済性については、設計次第である程度の積算額は調整可能であった。施工性においては、第 1 径間が 36m のため、桁橋では部材搬入に難点があった。吊橋は、控え索を固定する場所がなかった。景観性においては、自然公園にあるキャンプ場という観点から最も重視され、構造形式として吊橋かトラス橋、それも木材使用が有利であった。メンテナンス性については、当時、コンクリート橋は不要、鋼橋は 5 年に 1 度の再塗装、木材も 5 年に 1 度の防腐塗料の再塗装と考えていた。ただし、木材を としたのは、当時、木橋の点検マニュアル⁵⁾のような維持管理マニュアルはまだ無く、その手法が不明確であったからである。以上の項目の評価を点数化し、総合評価を行った結果、集成材を使った木造トラス橋を選択した。実際の構造設計においては、基準強度の与えられた集成材を、鉄やコンクリートと同様に計算した。メンテナンスについては、当面再塗装で耐久性の付与が可能と判断して、設計を進めた。橋の寿命については、30 年程度を希望的に予測していたが、その判断基準は木橋として良く知られる錦帯橋を基準とした憶測であり、防腐塗料の効果や集成材の曝露による経年変化等、研究情報を精査することは無かった。振り返ってみると当時は、新しい木質材料である集成材には鉄やコンクリートに近い耐久性がある、と無意識のうちに誤認していたと言っても過言ではなからう。

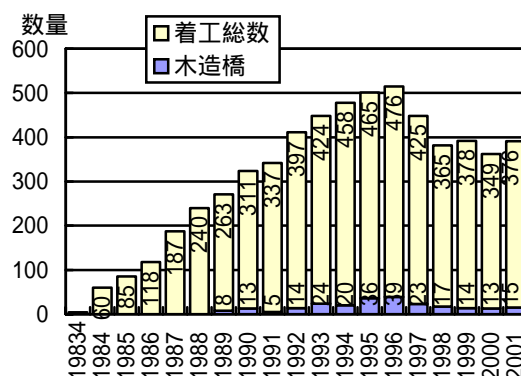


図 1 大断面集成材を使用した建築物等の数量 (日本集成材工業協同組合調べ)

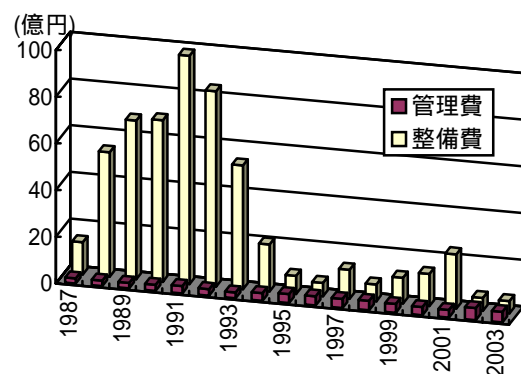


図 2 県内自然公園等の整備・管理費の推移 (広島県林務関係行政資料等)

表 2 比較検討の概要

評価項目	桁橋		吊橋	トラス橋	
	鋼	コンクリート	木材	鋼	集成材
経済性	2	2	2	2	2
施工性	1	2	1	2	2
景観性	1	2	3	2	3
メンテナンス性	2	3	1	2	1
総合評価	6	7	7	8	8

3.2 補修

(1) 調査

架設後 6 年目の 1996 年に、第 1 回目の調査を筆者らが行った。調査は目視を中心に行ったが、局部的変色や大きな干割れ、集成材の接着剥離は無く、一部に塗装の変色が見られた程度であった。それまでの期間は日常点検のみが行われ、補修や再塗装は行われていなかった。再塗装さえも行われていなかったのは、維持管理手法が確立されていなかったためであり、目視上問題がないと判断されると予算化されることが無くなってしまったからであると考えられる。

第 2 回目の調査は 2000 年に、筆者らと管轄する県地域事務所、上部工施工メーカーの共同で行われた。この時点でも再塗装はされていなかった。この年、調査に至った理由としては、前年に公園木橋の落橋事故⁶⁾があったこと、架設後 10 年が経過したこと、木橋の点検マニュアル⁵⁾が発表されたことなどからであった。調査は木橋の点検マニュアル⁵⁾に従って進められた。中央部のたわみ測定では、架設時より 90mm 降下していた。集成材部分の塗装劣化や、斜材などに発生した大きな干割れのほか、斜材や下弦材にヒメシロアミタケ（学名: *Antrodia albida* (Fr.) Donk）などの子実体の発生が見られた。また格点である下弦材と斜材の接合部は、上面が開放している空間であるため落ち葉等が溜まり、その底部に位置する斜材に腐朽が見受けられる箇所があった（写真 3 参照）。スギ材を使用した手摺は、破損または割れが激しく交換を必要とした。接合部の鋼板には軽微な錆の発生が見られた。



写真 3 格点の内側上から見た斜材の腐朽

(2) 補修

第 2 回目の調査結果を受けて、予算申請のために補修内容が検討された。まず、たわみ変形については、渡橋時の揺れが架設直後から変化していないと主観的に判断し、各部の目視結果を含めて、各部材や接合部に大きな損傷はないと結論付けられた。ただし、格点接合部内の斜材の一部が腐朽しており、放置すると下弦材に重大な影響を与えると考えられるので、格点内の腐朽部分を取り除き、モルタルを充填の上、笠木で覆う処理が必要であると付記された。他にも、斜材 19 本の交換、天然系防腐塗料での再塗装、鋼板の再塗装、手摺の交換が必要であると付記された。以上の検討結果に基づき予算要求が行われた結果、損傷があるとの認識を得て、2002 年度に補修のための予算が認められた。しかしこの時に、予算要求した補修工事内容で寿命が何年延伸するかを説明することは出来なかった。

(3) 補強

2002 年度に実施した補修工事に併せて、第 3 回目の調査を前回と同じ体制で実施した。仮設された足場によって、すべての部材や接合部を詳細に調査することが出来たが、前回調査からは 2 年が経過していた。第 2 回調査で軽微な腐朽が見られた箇所、特に格点内部において、かなり腐朽が進行していた。さらに構造的に重要である下弦材に、局部的な変色が見受けられたため、上面から生長錐による抜き取り検査を行った。写真 4 にその状況を示すが、生長錐があまり抵抗なく入っていったため、腐朽の進行を危惧した。同位置において側面からも抜き取り検査をした結果、強度を発揮できる面積として全断面積の 40% が推定された。



写真 4 生長錐による抜き取り状況

この結果を受けて、下弦材が引張力のみを受けた場合を想定し、どのくらい腐朽したら破断するか、試算してみることにした。荷重条件は、死荷重としてトラス片側あたり 3.4kN/m を、活荷重としては橋全体に群集荷重が作用することが現地の使用状況からは考えにくいので 3m の長さの群集が橋を渡ることにして 3.9kN/m の部分荷重を作用させるとした。その

結果、中央部下弦材にかかる引張力が最大 247kN と算出された。集成材の引張強度を 31N/mm^2 と仮定すると、残存断面積として原断面積の 13%を下回ったときに破断するという結果になった。抜き取り検査から予想された断面積は 40%であったため、27%の余裕があると判断できるが、現状の健全な残存断面積はもとより、想定した群集荷重、仮定した引張強度と、何れもが仮定に基づく計算である。衝撃荷重も考慮していないため、強度的な余裕は推測でしかなかった。現存する構造物はどのような安全状態なのか、その答えを与えてくれる評価手法が確立されていないことに、研究者としての無念さを感じた。

不安ながらも、現存する木橋は現実的に使える状況にあり、継続的に使用したい要求も、直ぐに架け替えられる当ても無い。一見、矛盾するこの要求に応えるため、今後も進行する腐朽に対して安全策を検討した。人命の喪失につながるような急激な破壊現象を生じさせない対策として、下弦材を包む下部格点の接合部鋼板に注目し、この鋼板を相互にフラットバー（FB）により連結することを考えた（写真 5 参照）。我々が心配する下弦材の腐朽進展の結果、引き起こされるであろう部材の破断や構造体の変形を、その事前兆候として、FB の緊張度の変化として目視あるいは打音によって知ることが出来るのではないかと考えたのである。実際には、SS400 の降伏点耐力を 245N/mm^2 と仮定して、2 本の FB-t6 × 65 で接合部鋼板を相互緊結した結果、下弦材断面積に換算して 5%余裕ができた。また管理面では、当面の安全は確保できているとしながら、渡橋時の異常な揺れはもちろん、下弦材などから異音が生じたり、FB に緊張が生じたりした場合には、直ちに通行止めにするとして実際の工事を行った。しかしながら、この補強により橋本体の寿命が何年延伸できたのか、計算する方法はなかった。当面の危機は先延ばしすることが出来たが、この時から架け替えの検討が始まった。



写真 5 フラットバーの留め付け状況

3.3 架け替え

(1) 社会的環境

平成 15 年度年度経済財政報告⁷⁾によれば、バブル経済後に長く低迷していた日本の景気も、補修工事を行った 2002 年を境に回復局面に入った。しかし、県の公園整備予算規模は縮小し、図 2 のようにバブル期より実績額が 1 桁減少しており、新規公園整備事業は難しい状況にあった。一方、木材に関しては、平成 15 年度森林・林業白書⁸⁾によれば、新たな「木の時代」として特集を組まれるほど、重要な素材となった。木材は、環境素材（エコ・マテリアル）健康素材（ケア・マテリアル）優美素材（ファイン・マテリアル）風土素材（スロー・マテリアル）自己素材（マイ・マテリアル）であり、これらの特長は、現在の社会における様々な問題の解決における意義である、と記載されている。集成材の供給量は、バブル経済後の不景気の中でも順調に増加し、社会的な認知が得られた今、なおも増加傾向にある。社会環境においては、木材を活用すべき方向にあった。

(2) 技術的検討及び判断

前述したように架け替え検討が始まった時点で、木質構造物に対する維持管理手法、健全度診断手法、余寿命評価手法は、行政側の要求に対応できる水準に無かった。つまり、架け替え対象の構造材料として選択肢の中に「木材」は無かった。比較検討において重要視された点は、架け替えの経費を抑えることであり、下部工をそのまま使用する前提で、桁橋やトラス橋が検討された。景観性も検討された。結果は、構造形式として旧木橋と同じ下路式トラス橋、主構造体は角型鋼管を溶接して造り上げ、表面には樹脂で木目を形作り塗装仕上げされる木装処理が施された。ただし、手摺と床板には、耐久性が高いと言われる輸入材のイペが採用された。検討の底流に流れていた「長期供用、かつ低維

持経費」の要求は、言わば維持管理予算の捻出に悩む行政側が「架け放し」を求めた苦渋の判断結果とも言えよう。

架け替えの予算要求は、健全度や余寿命など不明点が多く、安全対策上、早い時期の架け替えが必要との行政判断から認められ、2003年12月に旧木橋の解体工事が始まり、2004年3月に新鋼橋が完成した（写真6、写真7参照）。

4. まとめ

木造トラス橋が架設されてから鋼橋に架け替わるまでの経過をまとめてみると、次のようになる。

- (1) 1990年の架橋当時、活発な経済状況の下で木材の良さが認識され、強度保証された木材を鉄やコンクリートに置き換えて木造橋が完成した。メンテナンスも鉄と同様と誤認していた。
- (2) 維持管理手法が無かったため、目視上問題無いとの判断から、定期的な補修が出来なかった。
- (3) 健全度診断法が無かったため、部材の腐朽・構造体の劣化状況を客観的に報告出来なかった。
- (4) 余寿命評価手法が無かったため、補修の効果を示すことが出来なかった。
- (5) 耐久性設計法が確立されていなかったため、ランニングコストの計算が出来なかった。
- (6) したがって、社会的に木材が再認識されているにもかかわらず、行政における架け替え部材の選択肢に、木材は無かった。

以上のことから、木材の耐久性や各評価手法について、維持管理責任者から要求されるデータの全てを客観的に示すことが出来ない限り、木橋の時代は終焉に向かってしまうであろう。そうならないためには、我々研究者が更なる努力を続けるしか無いのである。

おわりに、本報告の作成にあたり、広島県環境生活部自然環境保全室主任 鶴田昌史氏、福山地域事務所農林局林務第一課 課長補佐(兼)自然保護係長 松浦秀実氏（現 広島地域事務所）、同主任技師 松田達也氏、上部工施工担当者、他関係各位に多大なる協力をいただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 渡辺浩・佐々木貴信：長期間使用された木橋の床版の強度性能に関する検討、土木学会、構造工学論文集、Vol.49A, pp903-908, 2003/03
- 2) 高木健、畔柳三郎、三浦宣雄：木橋の永久橋化促進に関する一考察、第4回日本道路会議論文集、第1部会 pp. 67-70, 1957/07
- 3) 渡辺浩・軽部正彦：架設後5年が経過したボンゴシ歩道橋の載荷試験、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp.23-28, 2001/07
- 4) (社)日本林業協会：林業白書、1987-1988
- 5) 木橋技術協会：木橋の点検マニュアル(第1版),1996/06
- 6) 鈴木憲太郎・軽部正彦・宮武敦・加藤英雄：ボンゴシ材を使った公園用木橋の落下について、木材工業、Vol.55, No.2, pp. 78-81, 2000/02.
- 7) 内閣府編：平成15年度年次経済財政報告、2003/10/24
- 8) 林野庁編：平成15年度森林・林業白書の要旨、2004/04/22



写真6 新木装鋼橋



写真7 表面処理支柱とイペ材横梁