

架橋後 13 年経過した木橋の調査概要と移設実験

Study and Transfer Demonstration on Wooden Bridges served in 13 years

軽部正彦^{*1} 藤田和彦^{*2} 宮武敦^{*3} 原田真樹^{*4} 平松靖^{*3} 渡辺浩^{*5}

KARUBE Masahiko, FUJITA Kazuhiko, MIYATAKE Atsushi,

HARADA Masaki, HIRAMATSU Yasushi and WATANABE Hiroshi

- ^{*1} 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)
^{*2} 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)
^{*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(農学) (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)
^{*5} 博(工学) 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1)

ABSTRACT In the recent project of replacement from wooden bridge to steel one, we planned a series of investigation to the disposing wooden bridge structures. The name of wooden bridge was ‘Kappa-Bashi’, which was located in Hiroshima Prefectural Wildlife Park. In this report, we subscribe the whole program of investigation and our way of thinking at this rare opportunity of bridge replacement. Especially, the transfer experiment was executed for the best use of wooden bridges ‘Lightness’. This experiment was a try for improve the workability for maintenance and for cut-down of maintenance cost.

Keywords: 木造トラス橋、維持管理、耐久性、調査、移設実験

Wooden truss bridge, Maintenances, Durability, Inspection, Transfer experiment

1. はじめに

橋梁は、社会基盤構造物として安全性と信頼性が要求されるが、それを造る構造用材料は経年あるいは環境により変化し、その間隔に長短はあるにせよ、維持管理が不可欠である¹⁾。特に木橋は、風雨日射等の自然現象や周辺環境によって性能が大きく変化し、設計時に机上で想定される性能変化以外の部分について、個々の対象橋に応じた調査・診断・検討が望まれる^{2) 3)}。現在、木橋の維持管理についてマニュアル化されたものがいくつかある^{4) 5) 6)}が、現実の、個々の橋梁現場に即した技術は、担当者の選択判断に委ねるところが多いのが現状である。

広島県立自然公園内の「かっぱ橋」⁷⁾が木橋から鋼橋へ架け替える事に当たり、今回機会を得て、除却されてしまう木橋に対して各種調査・実験を企画実施することが出来た。調査・実験は、現在もなお進行中であるが、希少な機会である除却木橋の調査に対して、どのような考え方で調査・実験の全体を企画整理したかを紹介し、その概要を報告する。現実の管理担当者等が、橋梁個々の特性を加味して、その使用性や安全性を検討するための基礎資料となれば幸いである。

また今回は特に、木橋の特性である「軽さ」生かして、維持管理補修時の作業性や仮設費用を減じる試みとして、移設実験を実施した。調査のために仮設する足場のコストは、主要構造材料の種類に関わらず、維持管理費用の中で大きな比重を占めている現実を考え、この費用を圧縮して保守点検が簡便に実施できる可能性について併せて報告する。



写真1 対象橋梁の全景(2003/11/06 撮影・4枚を合成)

2. 対象橋の概要

本報告の対象橋梁は、広島県立山野峡自然公園内に位置する下路式木造単純トラス橋「かっぱ橋」である。平成2年(1990年)5月に竣工し、13年後の昨年平成15年(2003年)末に除却、現在は同じ下路式鋼製単純トラス(角型鋼管に木装樹脂塗装仕上げ)に置き換わっている⁸⁾。設置位置の都合から、橋は「くの字」に配置された2径間からなる。第1径間は3m×12ユニットの36.3m、第2径間は3m×6ユニットの18.3m、両径間とも有効幅員2.3m、主構高さ2.7mである。(写真1参照)

設計は道路橋示方書・同解説(昭和55年)に準拠し、群集荷重 350kgf/m^2 、死荷重 800kgf/m^3 で設計されたものである。主架構であるトラス部材はベイマツ一級集成材に天然系防腐塗料仕上げ、トラス格点接合部はSS400で作られた「コの字」型金物とボルトによる鋼板添え板二面せん断ボルト接合である。なお著者のうち、藤田は架橋当時、当該木橋の管理担当部局に所属していた。

3. 調査計画

全ての調査及び計画に先んじて、2003/11/06に管理者である広島県福山地域事務所に赴き、現在の状況・架け替え事業計画などについてヒアリングを行い、架橋当時の設計図書・現場施工管理記録他の資料の供覧を受けた。意見交換の結果、現地での調査には管理者である地域事務所の他、広島県立林業技術センターの全面的な協力が得られることになった。また、架橋現地での調査は、架け替え事業のうちの旧木橋の除却に先立ち、2004/12/06-10期間で実施することになった。

3.1 注目すべき情報

今回の調査計画に先立ち収集した情報を表1に示す。調査計画上、対象橋梁には注目すべき点が二つあった。一つは調査対象が直後に除却予定であること、もう一つは同じユニットモジュールを使っていることであった。

一般的な調査は、供用期間中のある時期に調査時点以降の使用性や安全性を確認する目的で行われるものであり、供用を続けることを前提とした非破壊調査とならざるを得ない。木橋の調査手法や技術は、このような供用継続を前提として適用されることが望まれるわけだが、各種検討され提案される調査・評価・判断の技術に対して、多くの実務家及び研究者が、その技術の検証を望んでいることは事実である。また調査対象は、同じモジュールを使ったトラス橋で、長さがちょうど二倍となる、二つの橋であった。部材はもちろん、接合部詳細もほとんど同じ形状寸法であり、実験計画の自由度が高いと言えよう。

表 1 収集した情報

既存橋管理者・河川管理者・橋梁更新担当者の意向と協力	
現場の現況、河川の状況、降雨時の水位予測	
既存木橋の架設記録	設計図書、資材搬入計画、架設配置計画、現場記録、写真
既存木橋の橋暦	管理管轄形態、通行利用量・頻度・荷重状況、通常管理状況・方法・記録、維持補修状況・方法・記録
新設鋼橋の情報	橋梁形式、設計図書、橋梁更新スケジュール、入札時期、入札条件、資材搬入計画、架設配置計画、既設橋撤去計画、廃棄物処分方法、架橋手順、工程計画
技術面での協力者の確保	研究者、施工業者、メーカー
現地外に搬送出来る大きさの限度	
確保できる搬入保管場所の条件と広さ	
結果の扱い	

3.2 基本的な考え方

除却廃棄される橋の調査計画に当たって動かし難い制約条件は、「調査に伴って不可逆的变化を伴うものは、影響を与えないあるいは可逆的变化を及ぼす調査に先んじてはいけない。」ということである。過去幾つかの木橋調査の経験を元に、調査手法の適用を評価する評価軸として、時間的拘束条件(Time)、場所的空間的制約条件(Place)、対象単位的・実験内容的制約条件(Object)の三つの条件を定義した(表 2 参照)。

表 2 調査手法の適用を評価する評価軸

Time (時間的拘束条件)	ア	今しか出来ないもの
	イ	何時でもかまわないもの
Place (場所的空間的制約条件)	1	現場でしか出来ないもの
	2	現場以外でも出来るもの
	3	実験室でしか出来ないもの
Object (対象単位的・実験内容的制約条件)	A	そのままの形でしか出来ないもの
	B	大きな構造ブロックでしか出来ないもの
	C	小さい構造ブロックにしてからでも出来るもの
	D	局部的な確保、部材材料だけで出来るもの

時間的拘束条件は、時間経過によって変化する性能を調査する上で、大切な条件であることは言うまでもない。構造物の調査は、竣工直後から徐々に変化していく性能を、過程の一時点を固定してその状態を記録するものである。例えば木材の含水率などは、置かれている環境はもとより、空気中の水分や雨水などによって緩やかに変化していくものなので、原位置での測定か、あるいは直後の出来るだけ早い時期の測定が必要である。また解体など、前後の作業の影響を大きく受ける調査項目は、調査をどの時点で織り込むのか、作業工程の中で注意する必要がある。

場所的空間的制約条件は、周辺に必要な空地や特殊な作業機械・測定器など、実験・測定を行うために必要な作業が地理的位置や機器の物理的大きさなどの制約を受けたり、調査の実現方法として資金や準備期間から受けたりする条件のことである。

対象単位的・実験内容的制約条件は、調査項目が必要とする対象の大きさや、調査結果に影響を及ぼす調査対象の大きさのことであり、適切な調査結果を得るために不可欠なことである。

3.3 現地調査項目の検討

時間的制約を伴う架橋現地での調査は、T は(ア)に限定して考えた。P と O については、組合せ

て整理した。現地作業日程や作業ヤード、部材搬出経路などを考え、(23)かつ(AB)は不可能と整理した。Oのうち(D)は、現場外へ搬出後に調査実験しても問題ないものであるので現地調査からは省いた。(C)に相当する接合部については、現在、問題は孕んでいるにせよ構造物全体として成立していることから、構造体としての実験を優先することとし、現場での接合状況は記録することに留め、再組立ての影響などについては、今回は問題としないこととした。また、一般の木橋で実施できる調査が(ア)かつ(1)かつ(A)である点を考え、(2)かつ(CD)に分類される調査であっても構造体の全ての部位を隈なく調査することが物理的に叶わない場合の結果の取り扱いについて検討することが望ましい。

以上により、現地の調査項目として、(ア)かつ(1)かつ(AB)に属する調査内容とし、可逆的な研究対象ではないことに留意しながら、調査項目とその順番を決定した。具体的には現地調査の項目として、現位置の局所気候、木部含水率、部材固有振動数(接合状態)、全体振動性状簡易測定、全体形状測定、載荷実験、移設実験を行うことにした。

4. 現地調査の実際

全ての作業に先立ち、部材番号・構造部位名・方角など、解体後の部品が全体構造のどの部分を担っているか追跡できるように、直接部材部品に番号をつけた。それと併せて、実際の部材状況・寸法と符合するように、実態図面を作成した。加工が容易な木材は、計画設計図書と施工実態が符合しないことも多く、場合によっては一般図に示されたものとは異なる仕様で多くの部分を竣工しているものもある。ここで重要視すべきことは、設計図書との乖離を問題視することではなく、現実に存在する橋の実態を正しく理解し、現実の性能について評価検討することであることを忘れてはいけない。

現地調査の詳細とその結果は他報告に譲ることとし、本報告では載荷実験と移設実験のみ、その概要を記述する。

4.1 載荷実験

載荷実験は、人員及びコンクリートブロックを積載荷重として約 1.6t までの中央漸増繰返し載荷と橋軸方向及び幅員方向の偏荷重載荷を行った。橋全体としての耐荷性能の確認と、非対称な変形状や残留変形などから不具合箇所を探索する目的で行ったものであるが、短い第 2 径間では適用した荷重範囲では変形量が少なかったために、現時点で有効な結果は得られなかった。第 1 径間では検討可能な変形量を得たが、極端な変形を生じる箇所はなかった。上下弦材に通直材を持つ立体トラス構造であるために、各測定点の変形は複雑に関連しているので結果を簡単に論じることは出来ない。この結果は、今後予定される再組立て時の性能検証値として用いる予定である。

4.2 移設実験

移設実験は、架橋時の施工条件によって選択される一括架設⁸⁾と同様に、供用中の橋を橋台から切り離し、移動式クレーンなどによって架橋位置から河川内あるいは周辺に移動するものである。橋梁の調査は、形状を保ったままの(AB)に相当するもの以外に、(CD)など局部的な部材調査など主構造体を始めとする部材に接近して調査するものが多い。平地に移動した橋は、足元を気にする事無く部材調査点検が可能になる。主要道路橋などのように供用を中断することができないものを除いて、クレーンによる吊上げ移動が可能な中小の橋梁は、短期的な通行止めを容認することで、調査や補修に伴う架設足場の費用を飛躍的に減じる可能性を持っていると思われる。このことは、調査作業員の安全確保の面に留まらず、調査結果の安定や調査時間の短縮などのほか、作業に伴う周辺環境保全方法の簡略化にも効果をもたらすと考える。

かっぱ橋の実際の架橋工事は、短い第2径間について一括架設した記録があり、主構造体だけではあったが吊り上げの実績があった。そこで吊上げ実績のある第2径間のみを、実際に架橋現位置と移動先の間を1.5往復させた。

当初、第2径間全体をそのまま吊上げようと試みたが、クレーンの吊り上げ能力を超えていた。設計図書を基に推定していたが、付属する雑工作物(手摺、造作用金物・接合具、部材小屋根など)の重量が嵩み、加えて床板自体に含まれる含水

重量、利用者の靴底に付着して持ち込まれる土砂などの想定外の重量の追加があった。そこで急遽床板を取外すことにし、重量を減じた橋を移設することが可能になった。

実際の移設実験は2003/12/10午後に行い、1回目往路が15:57開始16:08終了(所要時間12分)、1回目復路が16:13開始16:18終了(所要時間6分)、2回目往路が16:21開始16:25終了であった。

玉掛け、縁切り、支承取外し等の作業を除くと実際の移動に掛かる時間は僅かであった。計画当初から吊上げ移設を簡便に出来る構造であれば、木橋の軽い特性を生かした方法として、維持管理費用を下げる可能性を持つと思われる。

4.3 解体

現地調査終了後は、架け替え事業に応札した施工業者が、解体に着手した。施工業者との調整により、床板・根太を取り外した後、第1径間はベントを仮設後に上下弦材のブロック単位で地上に移設し解体した。第2径間は、移設実験終了後、そのままの位置で解体された。建築業界では既設建築物の解体に伴う廃棄物削減の取り組みとして分別解体が義務付けられている。移設実験のように作業足場の良い位置まで移動後に解体することは、作業性だけでなく作業安全性の観点からも望ましいものであり、副次的効果として、その効用に注目するべきであると考えられる。

4.4 後利用計画

関係者の好意により、除却廃棄される旧木橋の部材全てを、広島県立林業技術センターへ譲り受け、調査・実験を継続することができた。現地以外で行う調査・実験については現在進行中である。現時点までに解体回収された部材に対して、構造部位の特定、部材形状・重量・含水率測定、PUNDIT(超音波伝播時間測定)、縦振動ヤング率測定、たわみ振動ヤング率測定などの非破壊調査項目が終了している。腐朽箇所が見られた一部部材については、PILODYNやResistographを適用している。

部材調査後の計画としては、実際の構造体としての性能を確認検証するためにも、再組立て後の載荷実験、破壊載荷、暴露試験、部材・接合部破壊加力実験などを計画中である。特に残存性能や余寿命評価に関する取り組みとして、実大橋梁に対する破壊載荷実験を実現したいと考えている。



写真3 1回目往路
移動終了後
16:08:42



写真4 2回目往路
架橋原位置から吊上げ
16:22:02

5. まとめ

調査計画の考え方を実際の具体的対象橋梁を元に整理報告した。個々の橋毎に橋梁形式・形状寸法・接合部仕様・設置環境・管理状態・現況状態などが異なることは事実であり、個々の橋の維持補修管理、あるいは調査計画は、個々の橋に合わせて、その状況に応じて変える必要がある。本報告が、現実に管理担当する方々の基礎資料となれば幸いである。

また移設実験は、木橋の特性である「軽さ」を生かして、維持管理補修時の作業性や仮設費用を減じる試みとして実施したが、当初期待した以上の可能性を持つことがわかった。

おわりに、本調査実験の実施にあたり、広島県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、広島県立林業技術センター各位、広島県東部工業技術センター 江越航氏、山佐木材 原田浩司氏、愛媛県林業技術センター 藤田誠氏、銘建工業(株) 中島拓之氏、同 孕石剛志氏、架け替え工事関係者各位、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) 軽部正彦・宮武敦・渡辺浩：木橋計画の妥当性、土木学会木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 79-82, 2001/07.
- 2) 軽部正彦・宮武 敦・渡辺 浩・佐々木貴信：木橋耐久計画の方向性、土木学会第2回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 81-84, 2003/07/29.
- 3) 複合材料研究領域・構造利用研究領域：木橋を安全に長く使い続けるために、森林総合研究所研究の"森"から、No. 93, 2001/04.
- 4) 長野県林道木橋技術検討委員会：長野県林道木橋メンテナンスマニュアル(案)、長野県林務部、2001/03.
- 5) 木橋技術基準検討委員会：木歩道橋設計・施工に関する技術資料、国土技術センター、2003/10.
- 6) 木橋技術協会：木橋の点検マニュアル(第1版)、木橋技術協会、1996/06.
- 7) 土木学会木橋技術小委員会：木橋事例集、木橋技術に関する講習会・テキスト・シンポジウム論文報告集、pp. 304-307, 2001/07.
- 8) 藤田和彦：さようなら かつば橋、木材工業、Vol.59, No.5, pp. 229-232, 2004/05.
- 9) 飯村豊：新しい木橋の事例、木材工業、Vol.54, No.9, pp. 432-435, 1999/09.