

## 木橋改修の功と罪

Merit and guilt of wooden bridge repair

○軽部正彦\* 宮武敦\*\* 渡辺浩\*\*\* 佐々木貴信\*\*\*\*

KARUBE Masahiko, MIYATAKE Atsushi, WATANABE Hiroshi and SASAKI Takanobu

- \* 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)
- \*\* 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)
- \*\*\* 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)
- \*\*\*\* 博(工学) 秋田県立大学木材高度加工研究所 (〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1)

**ABSTRACT** A lot of wooden bridges are repaired while very few information were published and given. The investment of repairing will lead to prolong of the wooden bridge, but not to be a guarantee of the next wooden bridge. While it was needed to use wood for the infrastructure which is the natural circulation type resource, the management method of basing the characteristic is abandoned and there is a reality by which the permanent bridge making has been advanced. Here we want to arrange the problem which these wooden bridge repairs have, and find a direction which should be hereafter advanced.

**Keywords:** 維持管理、修繕、補修、補強、寿命  
*Maintenance, Repair, Recovery, Improvement, Service life*

### 1 はじめに

日本における近代木橋の時代は、昭和から平成へ年号が変わる頃、所謂バブル経済と共に訪れた<sup>1)</sup>。近代木橋の時代と時期を同じくして進められたモデル木橋事業<sup>2)</sup>では、信頼性の高い木橋の実現と技術基準作りを目指し、その成果は三つの橋と「木歩道橋設計・施工に関する技術資料」となった<sup>3)</sup>。しかしながら、当時架けられた木橋の中には架橋後 10 年を迎えられずに落下してしまったもの<sup>4)</sup>や、問題が表面化しないうちに架け替えられてしまったもの<sup>1)</sup>もあった。一方で、長く・大きく・人目に着きやすい木橋は、投資対効果の面で延命を余儀なくされているものも少なくないと思われる。

供用途中の安全点検は、言うまでも無く重要なことであるが、点検結果に表れた不具合を解消することも等しく重要な問題である。不具合には、時間経過による性能低下と、要求水準の上昇による性能不足があるが、これらに対しては補修または補強によって供用を続けるか、あるいは使用停止や除却、更新するかの選択肢がある<sup>5)</sup>。先の例の中には、不幸にもこれら選択肢から外れて落下事故となってしまったものがあるが、供用開始から 10 年 15 年を超える多くの近代木橋では、多かれ少なかれ何らかの不具合が発生し、その解消の取り組みがなされていると思われる<sup>6)</sup>。

本論文では、これら供用期間中の軌道修正とも言える補修と補強の効果について、いくつかの事例をもとに功の部分と罪の部分を整理・考察し、木材特性を見誤った安易な取り組みに警鐘を鳴らしたい。

### 2 改修の功と罪

以下に改修事案を例示し、その長所と短所を書き連ね、考察を試みる。

#### 2.1 再塗装

一般的な鋼橋の管理事項として、塗装は基本である。古い塗装を掻き落とし、塗装下地を調整して、造膜型の塗料を塗り重ねて仕上げるのが、よく行われていることであろう。この際に注意されることは、新し

い塗膜を基材にしっかりと結び付け、膜全体を均一にかつ弱点無く再構成することである。

基材を保護する目的のこの処理は、密実な基材では完全な保護層と成り得るが、気孔質の木材では違った側面を持つ。

木材用の塗料には造膜型と含浸型があり、前者は外界との遮断を目的とし、後者は基材の改質を目的とする。造膜型の再塗装は、鋼橋と同じく塗膜の除去と再構成が基本であるが、含浸型は経年暴露で失われた改質成分を補給することである。暴露によって劣化した部分を残すか除去するかはその時々判断となろうが、基材体積の変化を伴うので被塗装部材の強度にとっては大きな違いがある。また、再塗装でこの塗料の種類を変えることは、根本的な耐久計画の変更に当たるものの、多くの木橋でよく見られることであり十分な検討の基に行われているかは定かではない。含水率変化等による木材表面の割れや部材変形、接合部での口開きなど、供用中の変形は不可避の現象として知られるところである。しかしこの変化は、造膜型塗料では膜の破壊、含浸型塗料では非改質部分の暴露に直結するが、これに対して塗装としての有効的な対策は再塗装以外に見当たらない。

気孔質材料の特性として注目すべきことには、劣化の深部への進展が挙げられる。内部までの通気性は、汚染物質や菌などを材料の深部まで容易に運び、そこでの劣化を進行させる。ごく表層の劣化は除去や薬剤処理などの処置が十分に可能だが、深部までの劣化は手の施し様に困るばかりでなく、強度安全上の深刻な問題となりやすい。特に木材では、気孔質材料が溜め込む水分が劣化の進行を助長してしまうので、表面上は十分に性能回復できたように見えても、再塗装面下の基材で相変わらず劣化が進む状態が考えられるのである。

## 2.2 付属部品交換

高欄や手摺などの付属部品の寿命は、木橋本体に比べて短く、それらが木材から構成されている場合は更に短い。意匠上の重要部品となるこれらは、架橋当初にも多くの資金を投入している場合が多く、木橋であることを誇張するために木材が選択されたり、特殊な形質を持たせたりしているものも多い。そして、人と接する機会が多いために、無毒あるいは低毒性の木材保存処理が選ばれて居るのも事実である。

付属部品は、使用上の安全部品としても重要な役割を担っており、その交換は維持管理上の経費として見込まれるべきものである。しかしながら、昨今の経済状態から、架橋当初の形質を変更して経費圧縮を図る場合も少なくない。また、既製品として木材以外の材料を使ったものが数多く準備されていることや、部品の長寿命化を期待している向きもあって、木材から他材料への代替は現実として行われている。

木製付属部品の代替にあたって注意したいのが、死荷重の増加である。特に歩道橋では、強度と剛性を同程度に確保しようとする、仕様にも依るが無視できない重量となって木橋の全体性能に影響を及ぼす場合が考えられる。また、木橋と手摺レールのたわみ剛性などの違いから、手摺レールや支柱の局部に変形が集中し、新たな不具合が発生する場合もあるので注意が必要である。

付属部品の取り付け接合部は、本来、交換を前提として構成されるべきであるが、そうはなっていない木橋も見受けられる。この場合、局部的な部品交換の筈が数多くの周辺部材の解体再組立となり、交換部品数が増えたり工事費用を押し上げたりする結果を生む。そのため、外観を大きく変えない範囲で、不具合の有る無しに関わらず、違った材質の部品への交換や仕様変更が促進されてしまう場合がある。

## 2.3 床版交換

付属部品と同じく、床版の寿命も木橋本体よりも短い。人の歩行や車両の走行によって摩滅してしまう他に、上路橋に代表されるように床版が主構造体の屋根代わりの機能を担っていることもあり、床版の交換は維持管理の中に見込まれるべきものである。

床版に木材を用いた木橋は多いが、ここでも経費圧縮を目指して形質を変更することがある。床版は、雨水を受け、人の靴底や車輪に付着した泥が溜まり、木材にとっても厳しい劣化環境になりがちである。維持管理を嫌って鋼製デッキプレートやコンクリート床版などに代替される場合があるが、床版仕様の変更に際し、死荷重の増加に注意する必要があることは言うまでもない。その他、床版強度のみで変更仕様を設定されると、結果として面外剛性が不足する場合があるので注意が必要である。面外剛性の不足は局部的なたわみの増大などを引き起こし、歩行感や車両走行性の変化となって表れる。またこの変形は、交換した部品の思わぬ破壊や防排水機構の障害となることもある。剛性不足を補うために部材を追加すると、余計な工事経費が掛かるばかりではなく、死荷重が更に増えて木橋の寿命に悪影響を及ぼす

可能性もある。

また、局部的な床版の傷みに対する応急処置として、踏面に合板や鉄板を敷く場合が散見されるが、強度的な安全面では十分な回復を遂げて使用性を回復するが、これが長期化すると腐朽菌等の温床となってより深刻な問題に発展する場合もあるので注意が必要である。

## 2.4 主構造体の変更

本来主構造体は、供用期間中の変更を想定しないものである。変更が必要となるのは、局部的な劣化などによって構造の安全性が脅かされる事態に陥ったか、目標とする性能が上昇した場合である。

木材は天然有機材料であり、かつ異方性材料であるため、現場溶接が出来る鉄鋼や現場配筋打設を基本とする鉄筋コンクリートと異なり、供用架橋現場での部材修繕は非常に難しい。特に引張り力を負担する部材や接合部を元の仕様で回復することは不可能といっても過言ではないだろう。このような場合に、接合部形式を変更したり追加部材を配置したりして、局部的あるいは全体的な構造体の変更を施すことになる。全体的な主構造体の変更は、各部材の現在の状況を精査しつつ追加部材を配置し、全体性能として再計画されるべきものである。

主構造体の局部的な変更においては、当初設計での存在応力などを元に局所的に検討され、結果的に過剰設計することで安全性の回復・向上を期待するケースが多いように思う。このとき、現在性能と全体性能を精査しないで局所的に過剰設計することには、十分な注意を要する。なぜならば不十分な検討による局所的な強度・剛性の増大が、全体構造の変形性状に変化や、主構造体変更部分近傍への変形集中を発生させるような思わぬ問題に発展する可能性があるからである。

そのほか、構造部材や接合部の破断落下事故防止のため、応急的に支保工を設ける場合があるが、措置後、修繕や架け替えの速やかな予算措置が出来ずに、構造体として無様な姿をさらし、その安全性に不安を持たれながらも供用を続けざるを得ない状況は不幸である。

## 3 残される問題

木橋の維持管理において重要な一部分を成す補修は、資源の有効利用や廃棄物抑制の面でも重要な役割を担っている。しかしながら、安全確保や投資対効果の点で残される問題も多い。

### 3.1 改修内容の検討

改修の内容は、不具合の範囲と程度、獲得できた予算などによって決定されるものであるが、木橋の全寿命における目的と位置付けを整理して臨む必要がある。

木橋の計画には、構造物を創り上げるまでの設計行為と、供用期間中の維持計画、廃棄・処分計画などが含まれる<sup>7)</sup>が、改修内容の検討については、当初計画の反省に立って、廃棄時の処置についても考慮する必要がある。解消しようとする不具合の内容についても、劣化モデル<sup>5)</sup>として直列のものか並列のものかを見極め、改修の範囲を設定する必要がある。また不具合は、破壊の前兆としての重要なサインである可能性を持っているので、単に排除するのではなく記録を留め、その原因を精査する必要がある。不具合の解消方針についても、美観や強度の回復、欠損部品の補充、安全性確保など、目的は種々挙げられようが、単なる長寿命化やメンテナンス・フリーを求めるか、原状回復か、別の方向を目指すかは重要な決定事項である。

改修は、現存する木橋の供用を継続するために実施するものであり、管理負担が大きい木橋があるとするれば、その負担を軽減できる機会である。が、その一方で突き詰めて考えてみると、除却・更新できる機会を失うこともある。

### 3.2 維持管理計画の改訂

改修に併せて維持管理計画は必ず改訂されるべきものである。改修内容と同様に当初の維持管理計画の検証と反省に立って、改訂を進めることになる。具体的には、架橋から改修までの維持管理の実績と改修内容に基づき、日常点検や定期点検の間隔・頻度・内容などについて、修正を行うことになる。

### 3.3 余寿命評価

改修後の余寿命評価は、それまでの実績と今後の維持管理計画によって推定されるものである。

改修した木橋が一体何年持つかの情報は、架け替えか改修かの判断のためだけでなく、予算獲得のためにも求められるが、一度不具合を生じた橋に対しての不信感は、なかなか拭えるものではない。また、

投入できる費用に応じて行われる改修内容は、個々の橋の形式と状態によってその効果も変わってくるが、維持管理計画以上に実績が乏しいものである。

### 3.4 改修費用の負担

瑕疵担保の観点から設定される架橋時の保証期間と、点検・改修に関わる費用の発生と負担はあまりリンクして考えられていない。架橋時の費用に関しては、事業主体が国や上位自治体であったり、予算補助や起債が出来たりするなどの手立てが準備されている。一方で、後年発生する維持管理費用については、委譲を受けた管理主体が負担せざるを得ない状況になっている。予算規模が小さい自治体で維持管理費用を計上することには限界があるため、メンテナンス・フリーや永久橋を望むことになっているが、木橋に限らず、永久構造物が有り得ないことが明白な現在、社会基盤構造物の管理者は深い苦悩の中にあると思われる。

## 4 まとめ

木材や木橋の特性を省みない改修は、「善意の処置が恨みを残す」結果になってしまう。現存する木橋の改修へ向けた投資は、現在の木橋の延命に繋がる筈ではあるが、その先の架け替え時に再び木橋が選択される保証には成っていない。

木材の低い耐久性は、炭素循環と廃棄物処理に重要な高い自然分解性の裏返しであり、自然に抗する方法以外にも自然と折り合いを付ける方法がある筈である<sup>5)</sup>。また、自然に炭素循環する木材を社会資本に活用することは、現代の必然であり、架けて終わりの木橋から、責任を持って架け続ける仕組みに変化していくことこそが、持続的かつ資源循環型の社会に適合する<sup>7)</sup>。

今日、木橋を社会基盤構造物として認知することと炭素循環の一部として認知することは同意義であり、木材の特性を踏まえた維持管理技術の蓄積が、より良い木橋の実現に繋がるものと確信する。

## 5 おわりに

本論文は、情報不足によって結果的に誤った改修結果となった関係者を責める意図で書いたものではない。それぞれの取り組みは、木橋を愛し、最善を尽くした結果として尊敬されるものである。ただ、覚悟と熱意<sup>3)</sup>を持って木橋に取り組んでいる仲間に対して事実を在りのままに積極的に発信し、多くの人の経験と合せて技術蓄積となって行くことを願っているのである。

木橋計画の妥当性は竣工までではなく除却・廃棄の時点を含めた全寿命を持って検証されるべきであり、妥当な木橋計画は同じ木橋での架け替えを実現する必須条件である<sup>7)</sup>。

## 参考文献

- 1) 藤田和彦・軽部正彦・宮武敦・渡辺浩:13年で架け替えられた木橋の経緯と履歴、第3回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 127-132, 2004.07
- 2) 飯村豊・鈴木基・植野芳彦・佐々木幸久・高木和芳・小林辰美:モデル木橋事例報告、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 19-22, 2001.07
- 3) 植野芳彦・大場敦史、鶴飼貴昭:「木歩道橋設計・施工に関する技術資料」報告、第3回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 33-38, 2004.07
- 4) 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、日本木材加工技術協会、木材工業 Vol.55, No.2, pp. 78-81, 2000/02.
- 5) 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、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
- 6) 事務連絡:木橋の適切な設計・施工・維持管理について、国土交通省道路局地方道・環境課、平成16年4月26日
- 7) 軽部正彦・宮武敦・渡辺浩:木橋計画の妥当性、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 79-82, 2001.07