

木橋計画の妥当性

Proper design of wooden bridges

軽部正彦* 宮武敦** 渡辺浩***

KARUBE Masahiko, MIYATAKE Atsushi and WATANABE Hiroshi

ABSTRACT There are some benefits of bridge made by wood. That is also the wood is one of the material which was given from natural resources, so the impact for the nature is sufficiently low. In the other hand, wooden bridges were designed in the same ways of design philosophy for other materials in recent years. The wood has different property from other materials and it has own history of utilization. There should be another proper design of wooden bridges from the point of these views.

Keywords: 計画、設計条件、耐久性、維持管理、説明責任

Planning, Design criteria, Durability, Maintenances, Accountability

1. はじめに

木橋の歴史は人類の歴史よりも長い。産業革命以後、それまで長尺材料の代表であった木材は、近代文明の産物である鉄とコンクリートによって置換されて行った。構造物の軸材料といえば自然由来の木材であったその昔に比べ、それら人工的な材料を用いた構造物は設計の自由度が高く、強く自由な長さの部材を高い接合効率で組立てることが出来た。そしてその構造はそれまでとはまったく違った形態を実現してきた。木材の様々な特性を再認識してきた近代木橋の時代は、鉄やコンクリートで実現してきたその構造を木材で置換していくことであったように思える。その中で木材に求められた特性は、他材料と同じく、強度保証された、均質な、強度設計しやすい材料、換言すれば設計者が自由な形を実現しやすい特性であった。このような要求の中で木材供給側の努力は、強度的裏付けを確保することと、力づくで行う防腐耐久性付与であったと思われる。一部ではそれ以外にも耐久性確保のための設計的配慮が行われていたが、残る多くの木橋の計画行為では設計施工主導の下、省みられることは少なかったように思える。

本来、木橋に求められる仕様と性能を省みると、現在の強度設計主体の計画手法と違ったところにより高い設計点があるように思える。それは近年の環境意識の高まりでもあり、永久構造物神話の崩壊でもある。本論文では、この現在とは違う設計点は何処にあるかを木材の特性を基に検討を試みる。

2. 言葉の定義

構造物について設計条件を満足することが妥当な設計を行うことであるとすれば、妥当な計画行為とは「要求される構造物について、その要求の本質を的確に設計条件等に反映させ、実際の構造物を過不足無く提供すること」と定義されよう。

* 森林総合研究所構造利用研究領域材料接合研究室(〒305-8687 茨城県稲敷郡笠崎町松の里 1)

** 森林総合研究所複合材料研究領域積層接着研究室(〒305-8687 茨城県稲敷郡笠崎町松の里 1)

*** 熊本大学大学院自然科学研究科環境共生科学専攻(〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1)

3. 木材の特性

コンクリートや鉄を材料とした永久橋・永久構造物神話が崩れ、供用期間を全うする橋が増えてきて、橋は架ける時代から架けたものを維持して行く時代へ変わってきたことを痛感する昨今である。そのような中、1999年9月に近代木橋としては初の落橋下事故が起きた¹⁾²⁾³⁾。この橋は欧州での供用実績を基に国内にそのまま持ち込んだ構造形式が、日本の気候環境では期待する耐久性を全うすることが出来なかった事に他ならない。日本文化は木と紙の文化であると揶揄されることが多いが、その木と紙からできた伝統的建築物の歴史よりも近代材料である鉄とコンクリートの歴史は短く、落下した木橋はそれよりもずっと短い歴史しか持ち得なかったのである。

また一方で落下事故は、今後頻発してくるかもしれないこの種の問題を先取りしているとも考えられる。図1は、国内の木橋の数を架橋年度毎及びその累積としてまとめたもの⁴⁾である。図中に書き加えた落下した木橋の供用期間を見ると、今後、問題を生じて来るであろう木橋の数の多さに驚く。同じ樹種・同じ形式の木橋は勿論、事故調査で明らかになった国内の気候環境での耐久性と構造上不具合は、他の橋に共通している問題も多い。このような背景を持つ木橋を、幾つか調査していくと、当初の設計計画時に思い描いた耐久性付与対策、メンテナンスフリーに対する考え方が正しかったか否か、その効果について検証できる状況にあると言える。

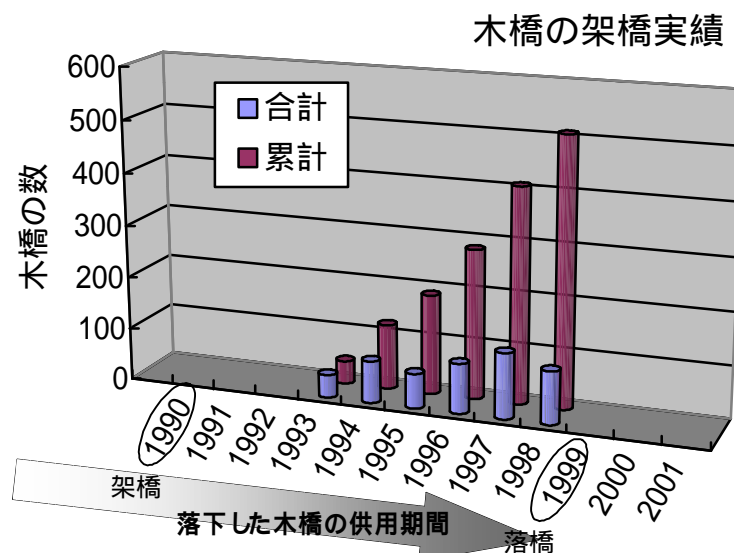


図1 木橋の架橋実績

住宅に代表される木造建築物は、近年の各種建築材料や施工法、木材処理法の進歩により耐久性が向上したと言われている。だが、設計情報不足、思慮不足、施工不良や管理不足等々に起因する耐久性上の不具合箇所を、定期的なメンテナンスで早期発見することが確実な耐久性確保の上で重要であると指摘⁵⁾されている。

木橋は本来的に自然分解特性を持つ材料であるので構造物の供用期間を見通した製品設計がされるべきである。木材の腐朽・分解するという自然分解特性は、建設分野の一般的な考え方からすれば今まで短所としてしか見られて来なかった。しかし、製造物について材料調達から廃棄までを考慮してその製品設計に反映することが求められる現在、この特性は供用後の廃棄処理段階で投入エネルギーが殆んど必要ないと言う長所として捉えられていくべきであろう。

自然循環材料を構造材料として利用する設計行為について考えてみると、自然界に在っては循環体系の中で変化することが重要である。しかし木材として利用する段階にあっては、人知を尽くしてこの自然分解特性を停止・あるいは遅延させることが非常に大切である。その維持や確認を行っていく上で、メンテナンスの役割の重要性が高いことは言うまでもない。

4. 木橋計画と設計条件

計画設計にかかわる行為全てを全寿命に渡り整理したのが図2である。今までの設計行為は、図中の計画と設計の部分に位置付けられるものであり、構造物の全寿命の内、ごく初期の部分と言える。供用期間中やその後の問題について、予め計画設計行為の中で検討される場合は少なく、その過程で行われる構造形式選択や材料・工法の選択がそれらに大きく影響を及ぼすことについて認識されることは少ない。しかし、構造物の寿命と密接に関係し重要な選択・判断であるこの行為は、認識が極めて低いままに行われている事実のため、技術的蓄積が進まない悪循環に陥っている。

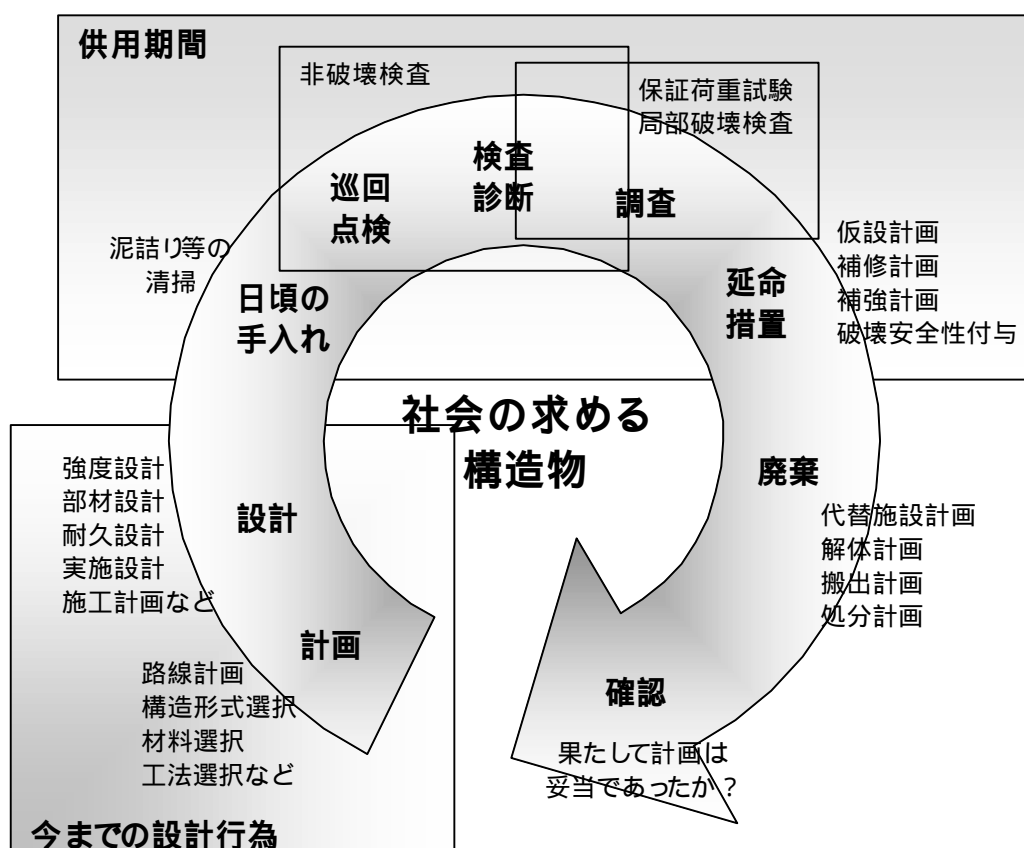


図2 木橋の計画設計行為

メンテナンス性の高い構造物とは、供用期間中の健全度診断等においてその検証が容易に出来る構造物であり、また不具合部材の交換容易性等、維持管理時の利便性を考慮した設計が為されていることである。古代木造建築物や現存する古い木橋を例に見ると、定期的な修理が繰返し行われ、その内容も屋根材や外壁材の交換レベルのものから、解体修理まで幾つもの段階に分かれている。構造計画や材料特性を加味したこれらのメンテナンス性の高い構造物に関する技術蓄積は近代木橋に関して非常に少ないと言わざるを得ない。

木材は一般的屋外環境での寿命が他材料より短いことは周知の事実であり、これは製品サイクルが短いことを意味している。これは逆に、設計施工の問題点について見直す機会が多いことであり、材料特性と環境特性を高い次元でマッチさせるソフトウェアが整備される速度が速いとも理解できる。この性質を前向きに捉えて、他の構造材料の先駆となるソフトウェアの整備を急ぎたいところである。

木材について健全度を診断・調査する時に用いられる非破壊検査法(Non-Destructive Test)は、技術確立が不十分であることを否めない。現時点では、一つのNDTで決断することではなく、複数手法を組み合わせ、あるいは総合して診断することが重要である。生物系材料の維持にとっ

て定期的かつ継続的調査結果の蓄積は、事故に繋がる構造物の変調を、事前に捉えるために重要である。

5. 資金投入の計画

イニシャルコストのみで長期間供用を求める発想が破綻をきたしていることは永久橋・永久構造物と言われて来たコンクリート構造物にもメンテナンスが必要なことが顕在化してきたことから自明である。実際はどう在れ、近代木橋の架橋実現には多額の補助金投入があったと思えてならない。補助金が本来目的としたであろう技術的障害克服のための資金として果たした役割は大きいと思われるが、木橋は高額でも良い、儲かる事業であるといった業界の思惑があったと言う観測も捨て切れないのが事実である。木橋が他の構造材料と肩を並べる一般性を持つためには、性能に見合った妥当性を持つことは不可欠である。

一般に公共的な構造物は、補助金で補填可能なイニシャルコストの確保に比べて自前調達主体となるランニングコストの捻出が難しいと言われ、材料特性を反映したメンテナンスを含めた計画よりも、コスト増分をイニシャルコストに転嫁できる永久橋的アプローチが選択されてきたように思える。その一方、ここで指摘するメンテナンスを見据えた計画は、西川⁶⁾がまとめた道路橋に対する考えと共通した部分が多く興味深い。しかし誘導される結論としては異なっており、ここでは「永久橋は無く、架け替えは必ずやって来る。」と結論付けたい。今までの力づくで行う耐久性付与技術では木材に非常に腐り難い機能を付与できるが、そのような技術は使用環境での薬剤溶脱による汚染や人体に対する安全性、廃棄処分時の困難さなど、環境負荷が高い場合が多い。このような木材は高い耐久性を得る代償として、人にやさしい・人に近い材料としての特性を捨てていることであり、費用の面でも日本での一般的な木材選択理由としても合致しない。

以上を整理してみると、木橋はイニシャルコストを抑えることは勿論、供用期間中に掛かるメンテナンスとしての部材交換等のコストを抑える設計が求められる。

6. まとめ

木橋計画の妥当性についてまとめると以下の通りである。

- 1) 従来の設計行為は強度設計偏重であった。
- 2) 耐久性付与は構造でもメンテナンスでもなく、材料に頼って行われてきた。
- 3) 計画妥当性の是非は計画開始から竣工までの間ではなく、供用期間や廃棄過程を含めた環境負荷と、構造物に要求される性能の充足度で判断されるものであろう。
- 4) 最終的な木橋計画の妥当性評価は、供用期間が終了した時に、再架橋されることは勿論、全く同じ形式・同じ手法を用いて次なる橋が計画施工されることであろう。
「木橋を架ける時代から架け続ける時代へ」⁷⁾その視点を変える必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木憲太郎, 軽部正彦, 宮武敦, 加藤英雄 : ポ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.
- 2) 軽部正彦, 宮武敦 : ポンゴシ橋の落橋事故について, 土木学会, 平成 12 年度全国大会第 55 回年次学術講演会 講演要旨集(CD-ROM) I-A227, 2000/09.
- 3) 軽部正彦, 宮武敦, 鈴木憲太郎, 加藤英雄 : ポンゴシ材を用いた公園用木橋の落下調査報告, 日本建築学会, 技術報告集 No. 12, pp. 89-92, 2001/01.
- 4) 林野庁業務資料, 1998/10.
- 5) 疋田洋子 : 住宅の劣化とメンテナンス, 日本木材加工技術協会, 木材工業 Vol.56, No.5, pp. 204-208, 2001/05.
- 6) 西川和廣 : 道路橋の寿命と維持管理, 土木学会論文集, No. 501/ -29, pp. 1-10, 1994/10.
- 7) 軽部正彦 : 木橋を架ける時代から架け続ける時代へ, 木質構造研究会, Journal of Timber Engineering, No. 42, pp. 12-17, 2000/09.
- 8) 森林総合研究所 材料接合研究室 URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/etj/index-j.html>