

## 木橋計画の妥当性

軽部正彦(森林総合研究所)  
宮武敦(森林総合研究所)  
渡辺浩(熊本大学)



## おはなしの組立

- いままでの背景
- 木材の特性
- 落橋事故から学ぶべきこと、省みるべきこと
- 建築分野での取組み
- 自然循環材料を使った設計行為とは？
- POSITIVE THINKING
- これからの方向
- まとめ



## 構造材料のあゆみ

- 長尺材料の代表は、木材から鉄とRCへ
- 人工的な材料を用いた構造物は
  1. 設計の自由度が高く
  2. 強く自由な長さの部材を
  3. 高い接合効率で組立てることが出来た
- それまでとは違った形態を実現してきた



## 近代木橋の時代

木材の様々な特性を再認識  
でも  
鉄やコンクリートを木材で置換？



## 木材に求められた特性

他材料と同じく、

1. 強度保証された、
2. 均質な、
3. 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。



## 木材供給側の取組み

1. 強度的裏付けを確保すること
  2. カづくで行う防腐耐久性付与
- ◇ 一部では設計的配慮が行われていた。  
でも多くの木橋では省みられることは少なかった？



## 木材の特性

- 自然分解特性を持つ材料。
  - 構造物の供用期間を見通した製品設計が重要。
- 建設分野の一般的な考え方では短所？



## エコマテリアルとしての木材

- 環境に優しい材料「エコマテリアル」
  - 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
  - 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！



## かづくの技術

- 現在の耐久性付与技術水準
  - 木材に非常に腐り難い機能を付与できる
  - 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？
  - 廃棄処分時は困難？

環境負荷が高い

人にやさしい・  
人に近い材料としての特性  
を捨てる？

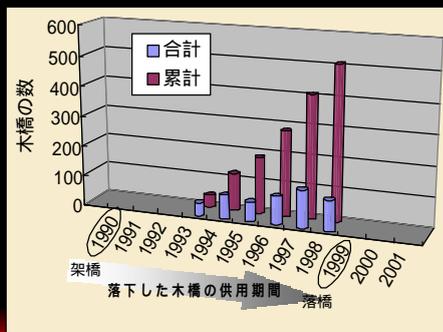


## 落橋事故のポイント

- 1999年9月、近代木橋初の落橋事故が起きた。
  - 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。
  - 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。
- 今後頻発してくるかもしれないこの種の問題を先取り？



## 木橋の架橋実績



## 学ぶべきこと

- 他の橋に共通している問題は何か
  - 同じ樹種、あるいは同じ構造形式では当然
  - 国内の気候環境での木材の耐久性は低くなる可能性
  - 接合ディテールに起因する不具合は重要



## 省みるべきこと

- 当初の設計計画時に思い描いた考え方が正しかったか否か？
  - 材料選択
  - 耐久性付与対策
  - メンテナンスフリー
- その効果を検証できる時期に来ている



## 永久材料は存在しない

- コンクリートや鉄でも永久構造物神話が崩壊
- 供用期間を全うする橋梁が確実に増えている
- 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



## 建築分野での取組み

- 住宅に代表される木造建築物は、耐久性が向上
  - 各種建築材料や施工法の進歩
  - 木材処理法の進歩
- 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**
  - 設計情報不足、思慮不足、施工不良や管理不足等々に起因



## 耐久設計の基本方針

- 建築学会 木質構造設計基準（改定案）
- 劣化と陳腐化
  - 目標の設定
  - 全ライフサイクルを通じての耐久性の重視
  - 維持保全計画の策定周知



## 防腐工法

- 建築学会 木質構造設計基準（改定案）
- 構造法
  - 木材が湿潤しないための水や結露を避ける
  - 湿潤した場合にも水分が速やかに排除される
  - 乾燥しやすい使用環境
- 防腐剤処理法
  - 構造法による所要性能が充足できない場合に限り、必要最低限
  - 廃棄時に環境に負荷をかけない配慮



## 自然循環材料を構造材料として利用する設計行為

- 自然界では、
  - 循環体系の中で形質が変化する。
- 木材として利用する段階では、
  - 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。
- その維持や確認を行っていく上で、メンテナンスの役割と重要性は高い。



## 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」



## 今、求められていること

- 本来、木橋に求められる仕様と性能
    - 強度設計主体の計画手法だけ？
  - より高い設計点、
    - 環境負荷低減、環境調和？
    - 永久構造物神話の崩壊？
- ◇現在とは違う設計点は何処にあるか？  
◇木材の特性に見合った設計行為とはなにか？



## 今までの設計行為

- 計画と設計の部分に位置付けられるもの
  - 発案から竣工まで
- 構造物の全寿命の内、ごく初期の部分

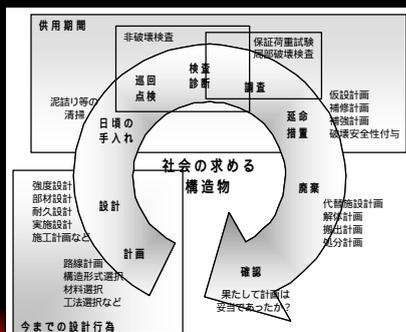


## 忘れがちなこと

- 供用期間中やその後の問題を予測検討する。
  - 構造形式選択や材料・工法の選択に、架橋後の問題回避の鍵が存在する。
- 技術的蓄積が進まない悪循環。
  - 振り返って反省？



## 木橋の計画設計行為



## POSITIVE THINKING

- 木材は一般的屋外環境での寿命が他構造材料より短い。
  - 製品サイクルが短い。
  - 設計施工の問題点について見直す機会が多い。
  - 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。
- ◇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。



## 調査診断の基本的な考え

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



## 調査診断の方法

- 木質材料の健全度を診断・調査する方法は、技術確立がまだ不十分である。
- 一つの手法で決断できることではなく、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。



## 日本の伝統から学ぶべきこと

- 古代木造建築物や現存する古い木橋では、
  - 定期的な修理が繰返し行われた。
  - 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。



## メンテナンス性の高い構造物

- 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。
- 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。
- 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。



## 今までの資金投入の計画

- インニシャルコストのみで長期間供用を求める発想が破綻
  - 永久構造物と言われて来たコンクリートにもメンテナンスが必要
- 補助金依存？
  - 技術的障害克服のための資金
  - 木橋は高額でも良い、儲かる事業？
- 木橋には性能に見合った妥当性が不可欠



## 一般に公共的な構造物

補助金で補填可能なインニシャルコストの確保は容易、  
自前調達となるランニングコストの捻出が難しい。

材料特性を反映したメンテナンスを含めた計画。  
コスト増分をインニシャルコストに転嫁できる  
永久橋のアプローチ。

永久橋は無く、架け替えは必ずやって来る。



## これからの資金投入の計画

- イニシャルコストを抑える。
- メンテナンス費用を抑える構造形式。
  - 点検しやすい。
  - 部材交換しやすい。
  - 一般的な材料と技術。
- 廃棄処分費用を抑える。
  - カづくの耐久性付与以外の方向性。



## まとめ

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。
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。



## つまり

- カづくでない賢い耐久性付与（構造的配慮）
- 他の材料の先駆となる維持管理の仕組み
  - 橋自体を常に見守り続ける仕組み
- 多重の、他段階の抵抗過程
  - 容易に交換可能な部材と接合形式
- お金のかけ方
  - 一般的な技術と材料

これらを考えて行う



## 結論

「木橋を架ける時代から架け続ける時代へ」  
その視点を変える必要がある

**妥当な**設計計画行為が重要



## ホームページ

独立行政法人 森林総合研究所  
構造利用研究領域 材料接合研究室

URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/etj/>

