

プレストレス木床版橋の初期建設コストについて

Initial Construction Cost of Stress-Laminated Timber Deck Bridge

中嶋学夫* ○今野勇人** 堀江 保***
NAKAJIMA Manabu , KONNO Yuto , HORIE Yasushi

* (社) 秋田県建設技術センター(〒010-0941 秋田市川尻町字大川反170-177)

**多摩大学 経営情報学部(〒206-0022 東京都多摩市聖ヶ丘4-1-1)

***博士(工学) 秋田工業高等専門学校(〒011-8511 秋田市飯島文京町1-1)

ABSTRACT We compared the cost of construction of the PC(Pretension) Deck Bridge by the standard design and the Stress-Laminated Timber Deck Bridge by the trial design and described a cost problem of the timber bridge in the 4th symposium. When the highway (motor way) bridge of normal size is estimated by the market price of the Laminated Lumber, the Stress-Laminated Timber Deck Bridge is uneconomical compared with the PC Deck Bridge. This time, we limit the range of the trial design in the Stress-Laminated Timber Deck Bridge to the pedestrian bridge from 4.0 to 6.0m, and reexamine the initial construction cost. In conclusion, the Sawn Lumber in the pedestrian bridge could compete with the RC bridge for light load for the initial construction cost.

Keywords: プレストレス木床版、工事費、設計方法
stress-laminated timber deck, construction cost, design procedure

1. 研究の目的(はじめに)

本研究の目的は、「木橋の普及」である。近代木橋のはしりといわれる「坊川林道二号橋」¹⁾が架設されて18年が経過したが、木橋が一般に普及したとはいえない状況にある。しかし、鋼とコンクリートの代替え材料として橋梁に木材を用いることは、価値ある選択肢であることと確信するものである。

鋼橋、コンクリート橋の代替えとして木橋を選択してもらうには、鋼、コンクリートに比較して木材がコスト的にも有利であることが望ましい。無論、コストもライフサイクルで評価される必要があるが、まずは初期建設コストに着目した。また、多くの木橋を普及させるには、もっとも一般的に普及している床版橋形式とし、プレストレス木床版橋を対象とした。

2. 歩道橋を対象とする理由

今回、初期建設コストの検討対象を「歩道橋」とした。その理由を以下に説明する。

2.1 車道橋の検討

昨年、第4回木橋技術に関するシンポジウムにおいて、プレテンション方式コンクリート床版橋の標準設計と試設計によるプレストレス木床版橋の建設コストを比較した。²⁾このとき試設計した木床版橋を図-1に、コストの比較結果を図-2に示す。集成材を床版材として使用するような条件(床版厚さが45cm以上)では、材料費だけでコンクリート床版橋の全コストを上回る結果となった。L≤20m程度の道路橋規模は、プレストレス木床版橋にとってコスト的にもっとも不利な条件といえた。また、死荷重軽減効果が下部工に与える影響や将来想定される環境税を考慮してみてもプレストレス木床版橋がコンクリート床版橋より価格的に有利となることはなかった。コンクリート床版橋の普及している規模では、上部工の工事費だけでコスト比較をするしかないことがわかった。

2.2 木床版に有利な規模

では、プレストレス木床版橋にとってコスト的に有利な橋梁規模とは？

昨年検討から、材料費を削減しなければならないことは明らかである。

①木材の体積を減らす。

②安価な木材を利用する。

この二つの方策が考えられるが、とにかく床版厚さを薄くしなければならない。その上で安価な製材を用いることが有効である。

一方、プレストレス木床版の設計方法は直交異方性板の設計に準じており、細長い平面形状が有利である。橋梁の幅員は、対象交通により、ある程度決められてしまうため、細長い形状とするには、

③長スパンの橋とする。

④歩道橋を対象とする。

といった対策となる。③を選択すると桁橋、アーチ、トラスなど床版橋以外の形式が対象となるだろう。必然的に短スパンの歩道橋を検討対象とするに至った。

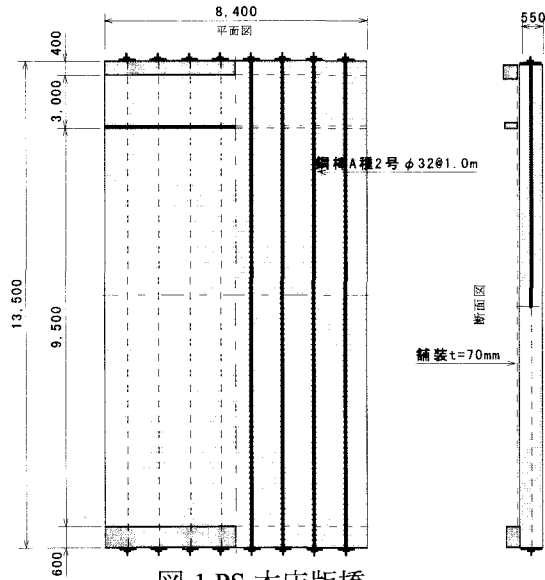


図-1 PS 木床版橋

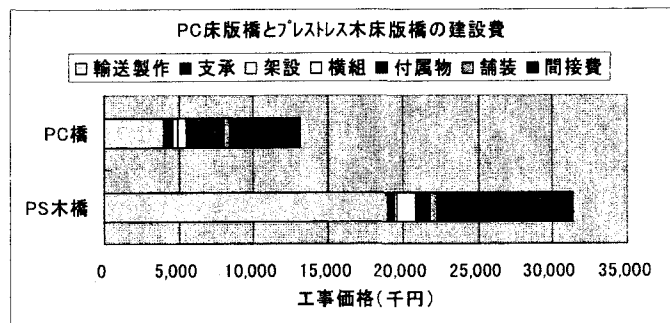
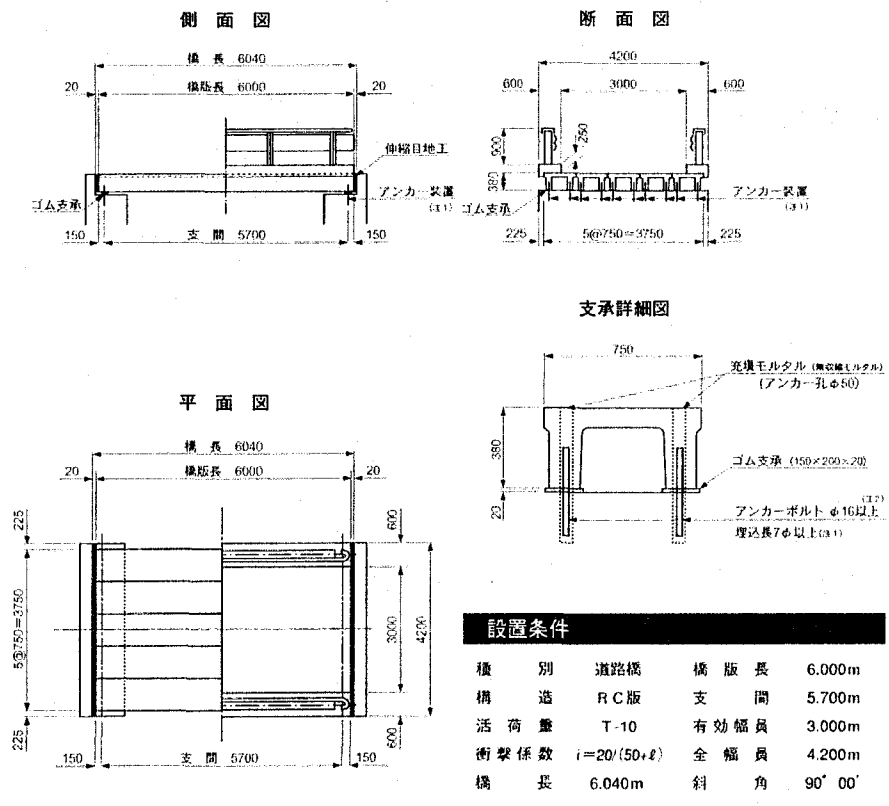


図-2 標準設計 PC 橋と PS 木床版橋のコスト比較

3. 初期建設コストの比較対象選定

歩道橋を検討対象とすることとしたが、プレストレス木床版と比較対象となるコンクリート床版を選定する必要がある。一概に歩道橋といっても様々な規模が考えられるが、幅員を道路構造令³⁾およびバリアフリー条例⁴⁾に基づき、有効幅員3.0mとする。

比較するコンクリート床版橋としてLS桁 (JIS A5373軽荷重スラブ橋げた)、各種コンクリート二次製品が考えられる。LS桁の製品長は5.3~13.5mであり、5m以下の製品を探し



設置条件			
種別	道路橋	橋版長	6,000m
構造	RC版	支間	5,700m
活荷重	T-10	有効幅員	3,000m
衝撃係数	$i=20/(50+l)$	全幅員	4,200m
橋長	6,040m	斜角	90° 00'

図-3 組立橋の架設例

たところ、簡易組立橋としてM社の組立橋⁵⁾が該当した (図-3)。

この製品は2~6mまでがRC版であり、6mを越えるとPC版となる。3.0m以下では、ボックスカルバートの採用が現実的なので、検討のターゲットとして製品長を4.0m,5.0m,6.0mに絞り込んだ。(図-3では活荷重T-10を条件としているが、以下、T-6の製品を検討対象としている。)

4. プレストレス木床版歩道橋の試設計

表-1 設計条件

(1)設計条件

構造形式	プレストレス木床版橋
桁長	4.0m,5.0m,6.0m の3種類
支間	3.6m,4.6m,5.6m
全幅員	3.8m
活荷重	群衆荷重および除雪車
使用材	スギ 構造用製材
舗装厚	30mm

(2)許容応力度

縦圧縮	5.9N/mm ²
縦引張	4.5N/mm ²
曲げ	7.4N/mm ²
めり込み	2.0N/mm ²
せん断	0.6N/mm ²
曲げヤング係数	7.0kN/mm ²

4.1 試設計の条件

設計条件と許容応力度を(表-1)に示す。許容応力度は木歩道橋設計・施工に関する技術資料⁶⁾に示される数値を用いた。設計計算は、M.Ritter(USDA/Forest Service)"Timber Bridges"⁷⁾に準拠した。ただし、衝撃係数は、木橋技術の手引き 2005⁸⁾より $i=0.4$ を採用している。秋田県で発注可能な橋梁として雪荷重を考慮し、歩道除雪車 (日本除雪機製作所 HTR143 W=6.9tf) を載荷している。

4.2 試設計の結果

試設計した木床版歩道橋の諸元を表-2と図-4に示す。

表-2 試設計結果

桁長(m) (支間)	4.0 (3.6)	5.0 (4.6)	6.0 (5.6)
床版厚(mm)	220	260	300
鋼棒	φ17×4	φ17×5	φ17×6
支圧板 (mm)	220×430 ×25	260×430 ×25	300×430 ×25
アンカプレート (mm)	102×178 ×25	102×178 ×25	102×178 ×25

5. 初期建設コストの検討結果

以上、試設計した木床版橋とRC組立橋の工事費を比較した結果をグラフ(図-5,6)に示す。問題となる木床版の材料費は表-3のとおり、厚さによって製材単価を変えている。積算単価は建設物価⁹⁾により市場価格を計上し、積算は秋田県で使用している自治体版土木工事積算システムを用いている。

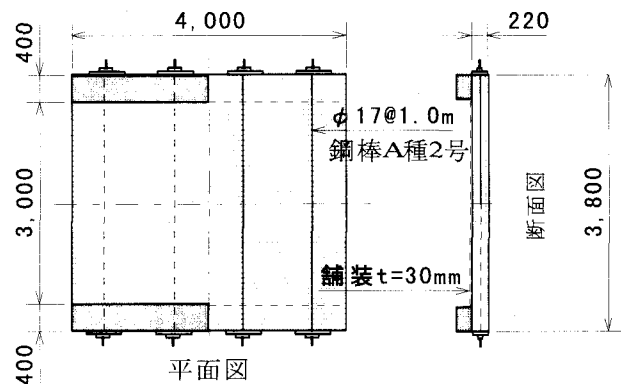


図-4 PS 木床版歩道橋 (桁長 4.0m の場合)

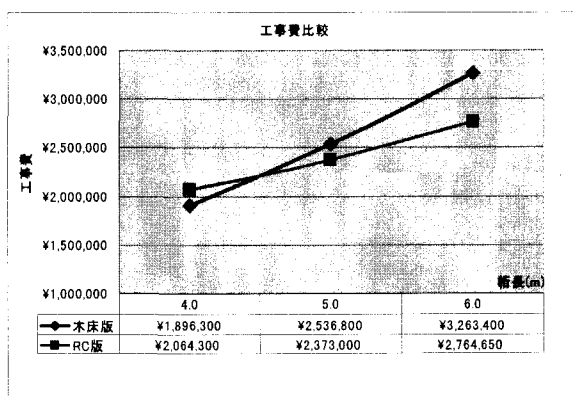


図-5 PS 木床版と RC 版の工事費比較

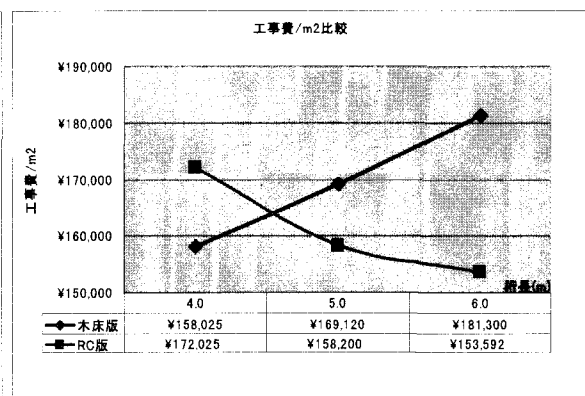


図-6 PS 木床版と RC 版の面積当たり単価比較

表-3 主材単価

杉製材単価	仕 様
¥67,000/m ³	長 4.0m×厚 2.4cm×幅 30cm 以下
¥58,000/m ³	長 4.0m×厚 2.4cm×幅 24cm 以下
RC 版単価	仕 様
¥50/kg	M 社聞き取り

この検討結果から、桁長4.0mの場合、プレストレス木床版による歩道橋は、鉄筋コンクリート製工場製品（プレキャスト）と初期建設コストで十分渡り合えることがわかった。桁長5.0m程度までならコスト差はわずかであり、今後の詳細な構造と材料費の検討次第で木床版歩道橋の実現性が高い。（ただし、ライフサイクルコストは今後の課題といえる。）なお、図-6によれば、RC版は桁長が長くなるにしたがい橋面積当たりの単価が安くなり、経済性が発揮されている。一方、木床版では、安価な製材単価（¥58,000）を採用できるのは、桁長4.0mのケースだけであり、5.0m、6.0mとも高い製材単価（¥67,000）を採用する必要があった。さらにプレキャストの組立橋の場合、6.0mを超えるとより効率的なPC版となるため、木床版との価格差はさらに広がるだろう。

結論として桁長4.0mのプレストレス木床版は、コンクリート版と比較して安価に建設できる可能性が非常に高いといえる。

6. 今後の課題（おわりに）

いままでの検討をふまえ、プレストレス木床版橋の普及については、以下の課題が残る。

- ①木床版橋の普及のためには、やはり歩道橋だけでなく、車道橋の経済性も追求する必要がある。集成材に代わる材料を探さなければならない。
- ②橋梁付属物（伸縮装置、支承、地覆、高欄、橋面舗装等）について木床版用に詳細構造を詰める必要がある。（現在のところ、コンクリート橋と同等価格で設計できると仮定している。）
- ③ライフサイクルコストの検討が必要である。

表-4 橋梁統計

2m～15m未満の橋梁は、532,521橋あるといわれる（道路統計年鑑-2001版 表-4）。このすべての橋梁を木床版橋に架け替えると、

$$12.5m^3 \times 532,521 \text{ 橋} \times 0.5t/m^3 \times 0.5t-c/t \approx 160 \text{ 万}t-c$$

の炭素を固定できることとなる。しかし、架け替えは20年に一度程度なので年間換算で $160 \text{ 万}t-c \div 20 \text{ 年} = 8 \text{ 万}t-c/\text{年}$ の炭素削減ということになる。最大でも国産住宅用製材1625万m³/年（365万t-c/年）¹⁰⁾ の1/45の効果大きいと考えるか小さいと考えるか？ 意見の分かれるところである。しかし、小規模であっても木橋を提案していくことは、あながち無駄なことではないように感じられた。

道路統計年鑑-2001年版より

項 目	箇所数	延長(km)	平均橋長(m)
(a) 2m以上の橋	671,193	10,953	16.3
(b) 15m以上の橋	138,672	8,180	59.0
(a)-(b) 2m～15mの橋	532,521	2,774	5.2

- 1) <http://www.civil.kumamoto-u.ac.jp/tbl/jsce-mokkyo02/act/05.pdf>
- 2) 第4回木橋技術に関するシンポジウム論文集、No.777, pp.1-9, 1998.
- 3) 道路構造令の解説と運用 平成16年2月 (社) 日本道路協会、p.227
- 4) http://www.pref.akita.jp/kaikaku/reiki_int/reiki_honbun/u6001077001.html
- 5) <http://www.maeta.co.jp/Products/index12.htm>
- 6) 社団法人 国土技術研究センター：木歩道橋設計・施工に関する技術資料 平成 15 年 10 月
- 7) Michael A Ritter : Timber Bridges Design, Construction, Inspection, and Maintenance (Structural Engineer United States Department of Agriculture Forest Service)
- 8) 木橋技術の手引き2005 (社) 土木学会鋼構造委員会, 木橋技術小委員会
- 9) 月刊 建設物価 (財) 建設物価調査会
- 10) 森とCO₂の経済学 三橋規宏 PHP研究所