

プレストレス木床版材料としてのLVLの適合性

Application of LVL to Stress-Laminated Timber Deck Material

○米谷 裕* 佐々木 貴信** 堀江 保*
YONEYA Hiroshi, SASAKI Takanobu, HORIE Yasushi,

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

**秋田県立大学 木材高度加工研究所 (〒016-0876 能代市字海詠坂 11-1)

ABSTRACT The construction cost of stress-laminated timber deck bridge was expensive compared to precast concrete slab in short-span vehicular bridge. One of the cause of high cost was too expense of deck construction with specially orderd glulam. Using laminated veneer lumber(LVL) is the comparative low cost of construction. In this study, the stress change of a stress-laminated timber deck constructed of LVL are compared to same deck constructed of sawn lumber using a small scale deck model.

Keywords : プレストレス木床版、LVL

stress-laminated timber deck, laminated veneer lumber

1. はじめに

日本の森林資源蓄積量は人工林の分で増加傾向にあり、現状では蓄積量の増加分が総需要量にほぼ等しいと言われている。それは日本国内で必要な木材を国産材で供給しても蓄積量は減少しないことを意味している。しかし、木材生産コストの上昇と素材価格の低迷により、生産可能な資源量の1/3以下しか利用されていないと言われている¹⁾。このままの状態を放置すれば、発展途上国とは別の理由で日本の森林は荒廃してしまう恐れがある。森林は大気中の二酸化炭素を吸収する役目を果たすが、それは、適度の間伐と成長した樹木の伐採という正常な状態が前提となる。環境問題が重要視されている今日、日本では正常な森林の整備が緊急の課題と考えられる。

森林の整備が進めば結果として木材が供給され、したがってその有効利用を考えなければならない。土木分野においては、木材の有効利用の観点より木橋が脚光を浴びているが、コスト的に現状のコンクリート橋には及ばず、積極的に普及するには至っていない。木橋は、厳しい自然環境下での使用を考慮して架設されるので、その設計指針が確立されれば、他の屋外構造物への応用が可能と思われる。道路橋を含めて小スパン橋として木橋の普及を目指しているが、それはコンクリート橋に代わるものとして考えているわけではない。将来的な木材の安定供給を前提とし、木材でも可能な橋を作れる態勢を整えておく必要があると思われる。鋼材およびコンクリート等の材料は、それをいなければできない構造物に限定し、木材でも代替可能な構造物は、木材を用いることにより他の材料も含めた資源の有効利用が可能と考えられる。正常に森林を整備することにより環境問題に対応し、また、木材構造物が増えることにより環境に優しい社会の形成に多少なりとも貢献できると考えられる。

本論文では、昨年度の木橋シンポで発表した一般的に用いられているプレキャスト PC コンクリートスラブ橋と、プレストレス木床版橋とのコスト比較より²⁾、材料費の低減を目的に LVL

に注目し、それが床版材料として適しているか実験的に確認した。LVL は集成材に比べ歩留まりが良く、その製作費が1/3程度であるが、プレストレス床版では緊張力のかなりの低下、温度、湿度等の周囲環境の影響が大きいことが予想される。実験は、同一寸法の製材と LVL からなるプレストレス床版模型を実験室内および恒温恒湿室内に設置し、その緊張力変化を測定した。それより LVL の特性を整理し、使用の可能性および使用する際の問題点を整理した。プレストレス LVL 床版に関する研究は、これまでも行われているが^{3)~5)}、本論文では、より長期間の緊張力変化について、製材との比較により LVL のプレストレス床版としての適合性を検討した。

2. 木橋のコスト比較

昨年の木橋シンポにおいて、最も使用実績の多いコンクリートスラブ橋を対象に、同様の機能を持つプレストレス木床版橋を試設計し、コスト比較を行ってみた²⁾。自治体で施工する道路橋では、橋長 5m ~ 10m が最も多く、その約6割がコンクリート橋である。秋田県では橋長 10m 程度のプレテンション方式のスラブ橋が一般的で、スパン 8m、幅員 13.5m の橋で比較した。

木橋に関しては、M.Ritter の Timber Briges⁶⁾ に従い試設計を行い、自治体版工事積算システムで積算を行った。コスト比較した結果は図-1 である。図より木橋の建設費はコンクリートスラブ橋の2倍強となり、その原因は輸送製作費であった。特に、木橋の床版厚が 55cm となったため、特注品の集成材を使用せざるを得ず、既製品の集成材の5割り増しの 24 万円/m³ となり、床版製作費だけでコンクリート橋の全建設費を上回ってしまった。

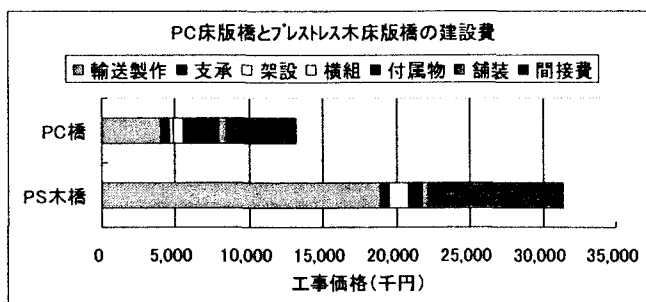


図-1 コスト比較

今回のコスト比較は、最も使用実績が多い、すなわち、最も安価に製作できるコンクリートスラブ橋を対象にし、荷重も厳しい条件を用い、歩道付の積雪寒冷地用の除雪帯を含む広い幅員を有する橋とした。したがって、これ以上価格差が広がることはなく、プレストレス木床版を工夫することにより、また、荷重制限を設ける、幅員幅を減少させる等により差は縮まると考えられる。特に、床版製作費を削減できればコスト削減の効果が大きく、1/4程度に納められればコンクリート橋とほぼ同程度のコストになると推測できる。そこで、集成材に比べコスト面で有利と考えられる LVL を床版として用いることを検討した。LVL は、材料費が安価に抑えられる半面、クリープおよび温・湿度による変形が大きいことが予想されプレストレス床版として用いる場合、緊張力変化特性の把握が必要となる。以下において、室内実験による緊張力変化特性について検討した結果を述べる。

3. LVL の室内実験

LVL は木材を数ミリの薄版にした後繊維方向をそろえ接着剤で重ねたのものである。そのため圧縮力を加えればかなり収縮すると予想される。また、水分の吸湿も製材、集成材に比べ大きいことが考えられる。LVL のプレストレス床版としての適合性を確かめるために、実験室内および恒温恒湿室内に床版模型を設置し、緊張力変化を測定した。床版寸法は、長さ約 2m、幅 80cm、厚さ 8cm で4本の鋼棒で締め付けた。また、同時に温湿度センサーを用いて6時間ごとに温度および湿度も測定した。緊張力は導入直後は測定間隔を細かくとり、徐々に間隔を広げ、3日後からは1日1回の測定とした。比較のために同じ寸法の製材の模型も製作し、同一環境下におくために上下に2段重ねとした。材質はスギ材である。実験室内に設置した床版模型および実験状況を写真-1に示す。恒温恒湿室内にも同様の状態で床版模型を設置した。

図-2に実験室内に設置した製材と LVL 床版の緊張力変化を示す。緊張力変化は、4本の鋼

棒の平均値を用い、初期緊張力に対する比で表示した。また、温度と湿度は昨年のも木橋シンボで発表した水蒸気圧で評価した⁷⁾。水蒸気圧は実橋の緊張力変化を説明するとき都合がよく、これにより1つのパラメータで緊張力変化を評価できる。実橋より厳しくはない環境の実験室内ではその評価はより妥当なものと考えられる。実験は1ヶ月間実施した。図よりLVLの緊張力は製材に比べてプレストレス導入後1日目で急激に減少するが、その後は、そのときに生じた差が、そのままの状態でも推移していく状況が確かめられた。また、水蒸気圧との関係も緊張力を1日1回の測定としたので、細かい変化には対応していないが、数日単位の変化には対応している。LVLの環境変化に対する変化もほぼ製材と同様であった。

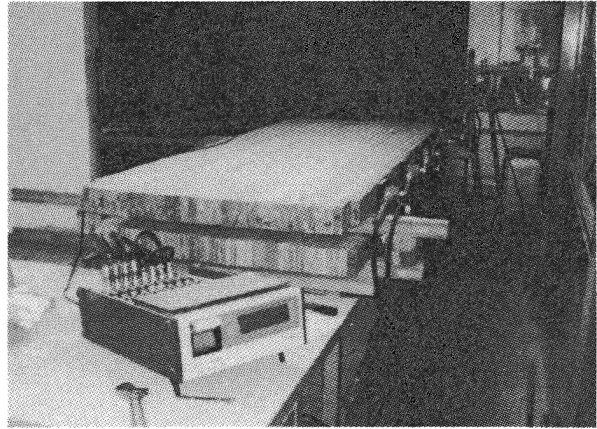


写真-1 室内実験状況

緊張力導入初期のLVLの緊張力減少が急激であったので、再プレストレスを与え、その後の変化特性を製材と比較してみた。図-3に緊張力導入後3日目および30日目に再プレストレスを与えた計測結果を示す。その後、実験は継続中で図には150日目までの結果を示した。緊張力導入後LVLの緊張力は急激に低下し、3日目に再プレストレス導入後も製材に比べ緊張力が低下している。しかし30日目に2度目の再プレストレス導入後は製材とほぼ同じ緊張力変化を示している。そして、120日目以降は、水蒸気圧が日々の変化とともに徐々に上昇する傾向となり、それに伴い緊張力も増加しているのがわかる。その上昇割合はLVLよりも製材の方が高くなっている。これよりLVLは緊張力導入直後は急激に低下するが、再プレストレス導入後は、製材とほぼ同じ変化傾向を示し、さらに、大気中の水分変化の影響は逆に製材よりも受けにくいといえる。すなわち、初めは緊張力により圧縮されやすいが、いったん圧縮されると、その後の変形はむしろ抑えられるといえる。

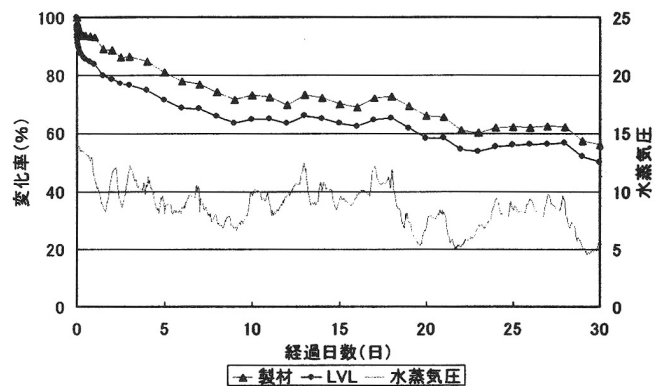


図-2 緊張力変化特性

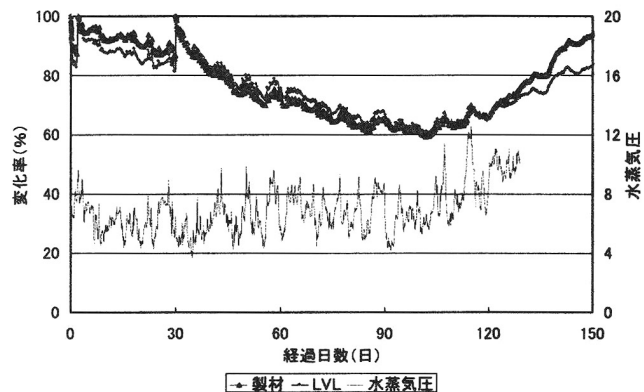


図-3 再プレストレス後の緊張力

図-4には恒温恒湿室に設置した、製材とLVL床版模型の緊張力変化を示す。温度は20℃一定とし、湿度を60%から90%、さらに60%へと変化させてみた。さらに、再プレストレスを与え60%一定で緊張力変化がどの程度の期間でほぼ治まるか実験を継続中である。緊張力導入後、湿度60%で14日間継続した結果、LVLは急激に緊張力が低下し、14日目で製材に比べ約20%低い値となった。湿度を90%に増加させ7日間継続したところ、LVLはほぼ緊張力増加が治ま

ったが、製材の方はさらに増加傾向を示し、初期緊張力を超してしまった。これより水分増加による木材の膨張割合は、LVL より製材の方が大きいことがわかる。その後湿度を 60%に低下させると製材と LVL の緊張力は、ほぼ同じ割合で減少した。湿度を 60%から 90%に変化させてから 14 日目で LVL の緊張力は製材より約 25%低下し、その時点で再プレストレスを導入してみた。緊張力導入直後よりは差が小さいが、まだ LVL の方が緊張力低下が大きい。

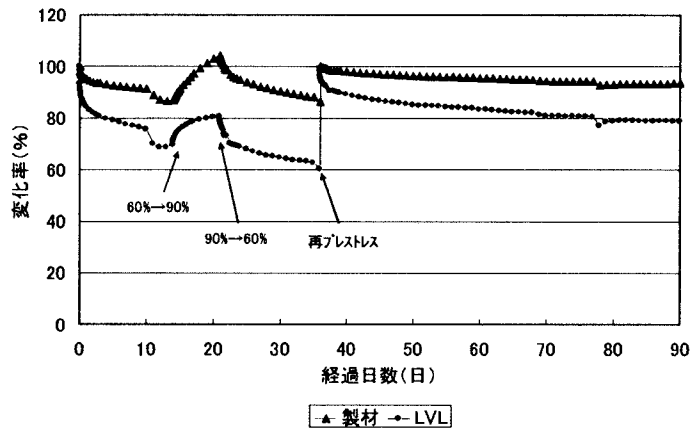


図-4 湿度変化の影響

この実験は、継続中でありどの程度の期間

で緊張力変化がほぼ治まるか確認し、その後再度、再プレストレスを導入するつもりである。再プレストレス導入後の製材と LVL の緊張力低下がほぼ同じになれば、その後、再び湿度変化を与え比較してみたい。

4. 今後の課題

LVL は、緊張力を与えることにより圧縮され急激に緊張力が低下するが、一度圧縮されると、その後の変化は抑えられると思われる。今回の恒温恒湿室実験では、湿度上昇および湿度減少による製材と LVL の緊張力特性を明確に比較するまでには至らなかったため、今後、設定条件を検討し実験データをそろえたい。また、LVL をプレストレス床版として使用するためには、その変形特性も検討する必要がある。製材のプレストレス床版と同様の载荷試験を行い⁸⁾ 比較してみる必要がある。さらに、実用的な観点より、室内環境より厳しい屋外での暴露試験を行い、緊張力変化特性を検討してみたい。

参考文献

- 1) 木材工業ハンドブック、森林総合研究所監修、p.7
- 2) 中嶋学夫, 今野岳, 堀江保: プレストレス木床版橋のコスト評価と試設計, 第4回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp.41-48, 2005
- 3) 薄木征三, 古村崇, 佐々木貴信, 長谷部薫: プレストレス LVL 床版橋の弾性およびクリープ挙動に関するモデル実験, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.1111-1120, 1997
- 4) 長谷部薫, 薄木征三: プレストレス LVL 床版の構造特性, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.1125-1131, 1998
- 5) 佐々木貴信, 薄木征三, 長谷部薫, 飯島泰男: 湿度変動下におけるプレストレス LVL 床版のクリープ挙動に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.1335-1342, 1999
- 6) Michael A Ritter: Timber Bridges Design, Construction, Inspection, and Maintenance, Chapter 9, Design of Longitudinal Stress-Laminated Deck Superstructures, Structural Engineer United States Department of Agriculture Forest Service
- 7) 米谷裕, 渋谷耕太, 佐々木貴信, 堀江保: プレストレス木床版の緊張力変化特性評価、第4回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp.35-40, 2005
- 8) 米谷裕, 堀江保: プレストレス木床版の変形特性に関する実験的研究, 第2回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp.119-124, 2003