

鋼・集成材ハイブリッド木橋の実大集成材床桁の載荷試験

Loading test of full-scale laminated timber cross-beam of hybrid timber bridge

○佐々木貴信* キッシュ・ラヨシュ* 小山田忠夫** 薄木征三***
SASAKI Takano, KISS Lajos, OYAMADA Tadao and USUKI Seizo

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

**工修 北川ヒューテック (株) (〒352-0016 埼玉県新座市馬場 4 丁目 1-2)

***工博 秋田大学工学資源学部土木環境工学科 (〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1)

ABSTRACT The use of glulam floor beams in hybrid timber bridges, having steel deck, increases the amount of applied wood in comparison to traditional hybrid timber bridges. This way bridge woodiness improves. In order to apply glulam floor beams, verification of effective width of deck, examination of bearing stress due to main beams and investigation of load transfer mechanism between main and floor beams is necessary. This paper presents experimental results from a full-scale glulam floor beam loading test, where the floor beam is made of Japanese cedar and Douglas fir mixed glulam. Experimental and analytical investigation of composite action between deck and floor beam is also presented.

Keywords: 木橋、ハイブリッド構造、異樹種集成材、支圧応力、合成作用
timber bridge, hybrid structure, mixed glulam, bearing stress, composite action

1. はじめに

近年、コンクリート床版や鋼床版を用いたハイブリッド木橋に関する研究が進み^{1), 2)}、こうした技術も含めた近代木橋の建設が盛んになることが期待されている。2001年1月、秋田県藤里町に完成した坊中橋(写真1)はスギ集成材桁と鋼床版によるハイブリッド木橋であり、橋長55mとわが国最大級の規模である³⁾。鋼床版・集成材ハイブリッド木橋の特徴は、集成材主桁に対して鋼床版が屋根の機能を果たし、従来の木橋よりも長期の耐久性を期待できることである。同時に、鋼床版が集成材桁の曲げ剛性を補うという力学的な効果によって、プレートガーダー橋に匹敵する桁高/スパン比を可能としている。筆者らは、鋼・集成材合成桁橋梁を、より標準的な支間長の林道橋や農道橋などを対象に、試設計を行い1/3スケールの模型実験による耐荷力の評価を行っている⁴⁾。このとき、床桁(横リブ)を従来の鋼材から集成材に置き換えて性能を評価している。これは、木材使用量の大幅な増加による地場産材の有効利用や木質感の向上などを目的としたものであるが、鋼床版重量の軽量化も期待される。

本研究では、この床桁集成材を対象に、フルスケールの試験体を作製し、デッキプレートとの合成効果や、支圧に対する性能を実験的に検討した。

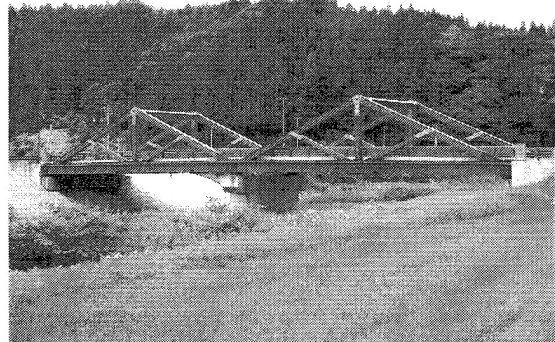


写真1 坊中橋(秋田県藤里町)

2. 対象橋梁の試設計

図1は橋長15m、幅員5mの単純桁橋の試設計の結果得られた一般図である。主桁は2本のスギ集成材によるダブルビーム(double beam)が基本構造で、自動車荷重を直接支える床版は鋼床版

となっている。

板厚12mmのデッキプレート(SMA400)にはUリブ(縦リブ)が溶接されており橋軸に直角な軸回りの曲げ剛性を高めている。床桁(横リブ)にはスギとベイマツの異樹種集成材を採用し、橋軸方向へ2.5m間隔に配置され、デッキプレートの橋軸回りの曲げ(横曲げ)剛性を高めるとともに、自動車荷重や死荷重による力(反力)を主桁上面へ支圧力として伝達する。床桁(横リブ)にスギとベイマツの異樹種集成材を採用したのは、床桁端部に作用する反力による支圧応力(めり込み)に対して、スギよりも支圧強度の高いベイマツで抵抗させるためである。

本報告では、この集成材床桁(横リブ)とこれに合成される鋼床版を対象にした部分試験体について行った載荷試験の結果について考察する。

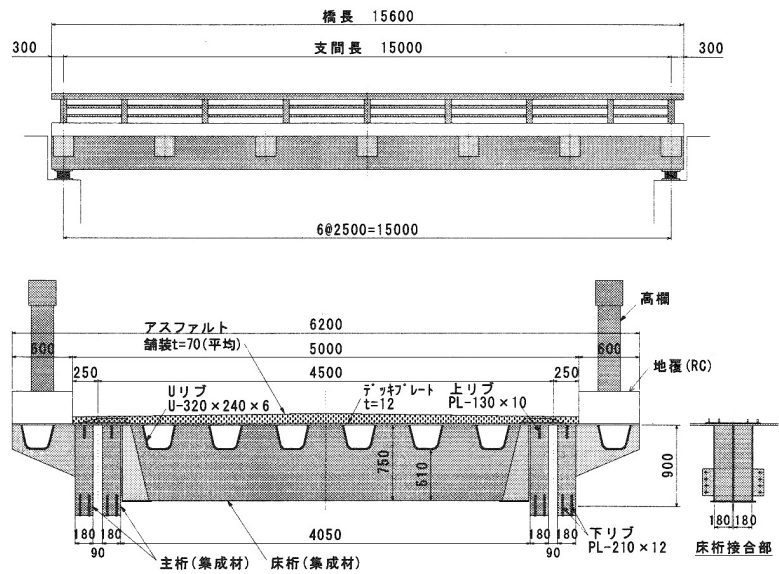


図1 鋼床版集成材桁橋

3. 試験体および試験方法

図2に集成材床桁の試験体を示す。集成材断面は180×750mm²を上述の主桁構造と同じダブルビームとし、集成材上層2/3(500mm)のラミナをスギ材、下層1/3(250mm)のラミナをベイマツ材とした異樹種複合集成材を用いている。鋼床版は、板厚12mmのデッキプレート(SMA400)にUリブ(縦リブ)を溶接し、橋軸方向の幅は床桁間隔と等しい2.5mとしている。集成材の切り欠きのない位置において、ラグスクリュー(φ16×300mm)30本により鋼床版と集成材を接合した。なお、集成材上部にはあらかじめUリブ位置に逆台形型の切り欠きを設けている。

載荷方法は図2に示すように、床桁支間中央において、集中荷重を $P=20\text{tf}$ まで載荷させ、各荷重レベルにおける集成材床桁および鋼床版のそれぞれの変位とひずみを測定した。写真2に載荷試験の状況を示す。

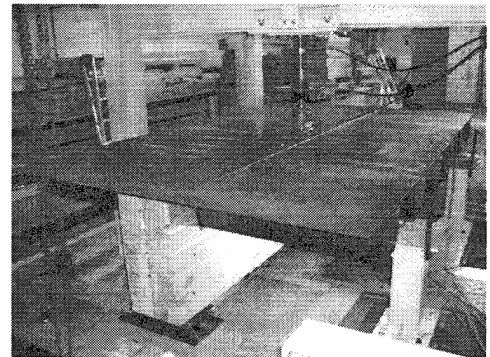


写真2 載荷試験

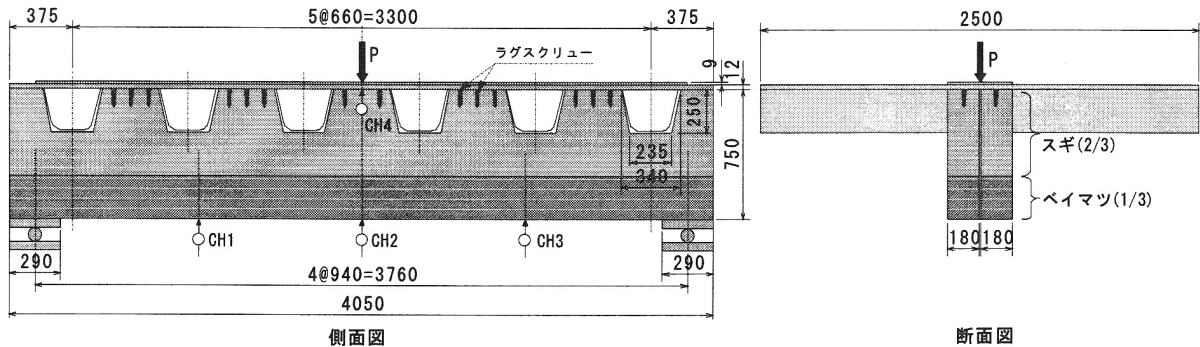


図2 集成材床桁(横リブ)試験体

4. 実験結果

(1) たわみ

図3 にL/2点 (CH2, CH4)、L/4点 (CH1) における荷重-たわみ曲線の実験値および計算値を示す。また、図4に示したのは、各荷重レベルにおける集成材床桁のたわみ分布の実験値と計算値の比較図である。これらのたわみの計算値 δ_w は次式により計算した値であるが、実験値と良く一致している。除荷後にわずかな残留変位が認められるが、これは支点部におけるめり込み等が要因であると考えられる。

$$\delta_w = \frac{Pl^3}{48(1+\lambda)E_w I_w} \left\{ 3\frac{x}{l} - 4\left(\frac{x}{l}\right)^3 \right\} + \frac{P}{2(1+\mu)k_w A_w G_w} x$$

ここで、

$$\lambda = \frac{E_s I_s}{E_w I_w}, \quad \mu = \frac{k_s A_s G_s}{k_w A_w G_w}$$

であり、

- E : 曲げヤング係数
- G : せん断弾性係数
- A : 有効断面積
- I : 有効断面二次モーメント
- k : せん断補正係数 ($k=6.5$)
- l : 支間
- P : 荷重

添え字の S 、 W はそれぞれ鋼材および集成材を表している。上式の第一項は曲げによるたわみ、第二項はせん断による付加たわみをそれぞれ表している。

(2) ひずみ

図5に示したのは、支間中央における集成材の軸方向ひずみ分布の実験値および計算値である。同図より、床桁のUリブ位置における切り欠き部を境にしてひずみが不連続となっていることが認められる。すなわち、床桁としての有効断面は切り欠き部以下の $180 \times 500 \text{mm}^2$ と評価することができる。

(1)のたわみの計算も含む本実験の解析においては、図6に示すように床桁の有効断面を集成材の切り欠き部以下 ($180 \times 500 \text{mm}^2$) と仮定して計算値を求めている。また、床版と床桁の合成効果については非合成構造と仮定している。実験値が計算値よりも小さい値を示したのは、この仮定のとおり完全な非合

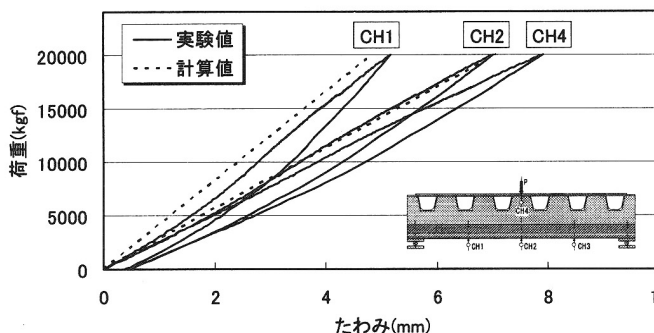


図3 荷重-たわみ図

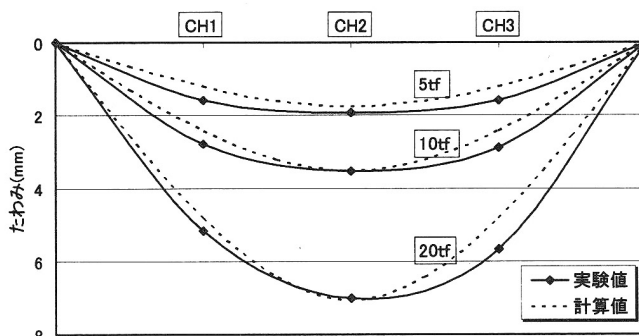


図4 集成材のたわみ分布図

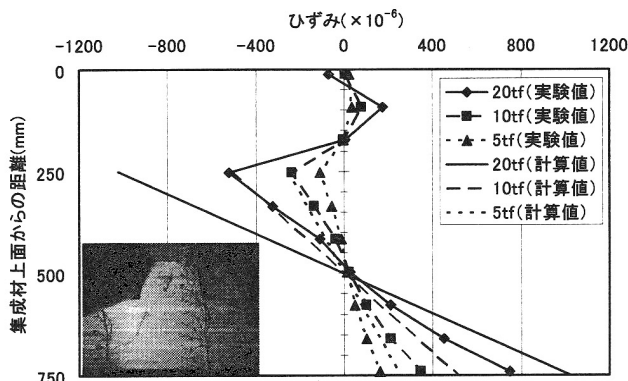


図5 集成材の軸方向ひずみ分布図

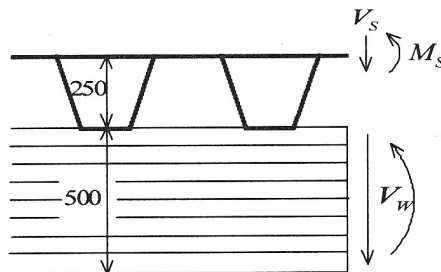


図6 集成材床桁の有効断面

成とはなっておらず、ラグスクリュー（ $\phi 16 \times 300\text{mm}$ ）30本により接合された鋼床版と集成材に多少の合成効果が働いているものと考察される。

次に、図7に支点および荷重点近傍における、荷重と集成材の垂直方向ひずみの関係を示す。床桁に生じる反力は図8に示すように底板から側板を介して主桁上面へ支圧力として伝達するように設計されているが、 $P=20\text{tf}$ 時の反力による支圧応力 f_{\perp} は、底板の面積 $A=18 \times 29 \times 2 = 1044\text{cm}^2$ より、

$$f_{\perp} = \frac{P/2}{A} = \frac{20000/2}{1044} = 9.6\text{kgf/cm}^2$$

となる。一方、 $P=20\text{tf}$ 時の支点反力による圧縮ひずみ $\varepsilon = -3000 \times 10^{-6}$ （図7）から f_{\perp} を推定すると、繊維に直交方向のヤング係数 E_0 （ベイマツの場合 $E_0 = 105 \times 10^3\text{kgf/cm}^2$ ）と繊維方向のヤング係数 E_{90} の関係（ $E_{90} = E_0/25$ ）⁵⁾を用いて $f_{\perp} = E_{\perp} \times \varepsilon = 105 \times 10^3 \times (1/25) \times 3000 \times 10^{-6} = 12.6\text{kgf/cm}^2$

となるが、ベイマツラミナのヤング係数のばらつきを考慮すればひずみゲージの測定結果からの推定も妥当な値と言える。この結果から支圧応力はベイマツの許容めりこみ応力度⁵⁾ 24kgf/cm^2 以内に収まっており、異樹種集成材を採用した効果が認められる。

5. まとめ

本研究では、鋼床版・集成材ハイブリッド木橋の床桁（横リブ）に集成材を適用した場合の効果について、フルスケールの部分試験体を用いて実験的に検討した。その結果、活荷重によるせん断力に対して十分な耐荷力を有することが確認された。また、支圧強度の高いベイマツとの異樹種集成材を採用することで、めり込みに対しての防止効果が確認された。この床桁の反力の主桁上面への伝達性能の確認については今後の課題としたい。

本研究は文部科学省都市エリア産学官連携促進事業（米代川流域エリア）における可能性試験の補助のもとに行われたものである。

参考文献

- 1) 佐々木貴信, 薄木征三, 後藤文彦, 飯島泰男: "集成材・鋼床版ハイブリッド木橋の温度・ひずみ測定に関する考察", 構造工学論文集, Vol.49A, pp. 895-901, 2003
- 2) 渡辺浩志, 久保田努, 柴田直明: "集成材桁とコンクリート床版の合成効果確認試験", 第2回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp.107-112, 2003.
- 3) 土木学会木橋技術小委員会編: 木橋技術に関する講習会テキスト, pp.220-223, 2001.
- 4) Kiss, L., Usuki, S., Sasaki, T.: "Experimental and analytical study on steel deck-glulam beam hybrid bridge behavior", Journal of Structural Engineering, JSCE, Vol. 51A, pp. 1211-1218, 2005
- 5) 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説, 1995

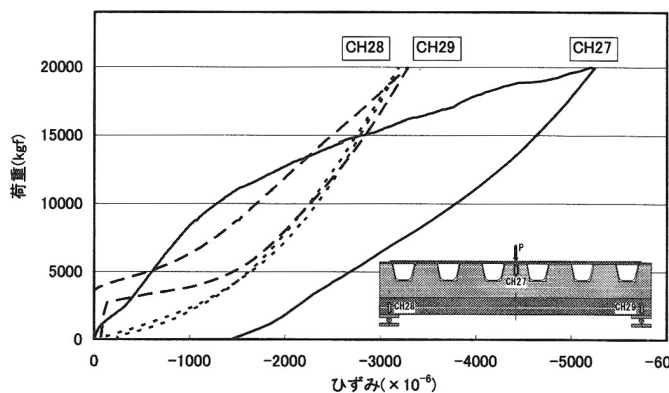


図7 荷重と垂直ひずみの関係

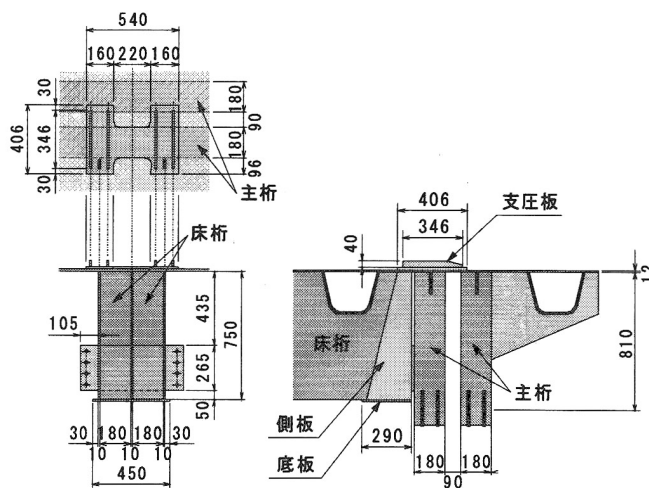


図8 床桁-主桁接合部