

鋼・集成材ハイブリット木橋の載荷実験とモニタリング

Field Tests and Monitoring System of a Hybrid Timber-Steel Deck Roadway Bridge

○佐々木貴信* 薄木 征三** 寺田 寿***
SASAKI Takanobu, USUKI Seizo and Terada Hisashi

ABSTRACT The construction of a new type of hybrid timber bridge made of glulam beams and truss and steel deck was completed in the beginning of the new millennium in the Akita Prefecture, Japan. The bridge site, along the forest roadway, is located at an entrance into the Shirakami Mountains, a World Heritage site. Field experiments were conducted on the bridge after completion of the construction in order to verify the adequacy of the design values and to collect initial data for bridge maintenance purposes. Present paper highlights the structure of the bridge, a long-term monitoring system and field experiment results of the bridge.

Keywords: 集成材、鋼床版、ハイブリット木橋、モニタリングシステム
glued laminated timber, steel deck, hybrid timber bridge, monitoring system

1. はじめに

平成12年12月に秋田県藤里町の広域基幹林道米代線に完成した木橋「坊中橋」は、鋼床版と集成材の合成桁構造を採用したわが国では初めてのハイブリット型木橋である。坊中橋は秋田スギ集成材を用いた設計荷重 A 活荷重 (25tf) の木橋であり、橋梁形式は2径間連続補剛トラス木桁橋である。

木橋の床版にコンクリート床版を用いた事例¹⁾は幾つかあるが、鋼床版を木橋に採用した例は殆どなく、このような新形式の木橋においては、実橋を対象とした実験データの収集と構造特性評価が不可欠である。坊中橋ではモニタリングシステムの導入と架設後の維持管理方法について計画時から検討されているが、本論文では同橋に導入したモニタリングシステムの概要と測定データの評価、完成直後に行った載荷実験の結果について報告する。

2. 対象橋梁の概要

図-1に対象橋梁の一般図を示す。本橋は集成材を主要構造部材に用いた道路木橋であり、橋長55m、支間27mの2径間連続補剛トラス木桁橋である。主桁、トラス部材には地元産材のスギを用いた大断面集成材が使用されている。トラス部はキングポストトラス形式であり、背後に位置する世界自然遺産白神山地をイメージしている。図-2に正面図を示す。車道幅員7.0m、片側歩道幅員2.0mを含む全幅は12.3mとなっている。本橋の設計にあたっては、主桁の桁高を低く抑えるために鋼と集成材のハイブリット構造を採用することになった。この構造は図-3に示すように、集成材主桁の上下面に設けたスリットにサンドブラスト処理した鋼板を粗入接着するもので、高剛性・高強度の性能が得られる²⁾。また、床版に鋼床版(t=12mm)を採用することで橋全体の軽量化と、集成材主桁の耐久性向上を図っている。主桁は350mm×1000mmの集成材を並列においてダブルビームの構造で、トラス部材との連結部には集成材ブロックが配置されている(図-3)。全長54.8mの主桁および鋼床版は分割して現場に運ばれ、橋軸方向に対して図-1に示す

* 秋田県立大学木材高度加工研究所 (〒016-0864 能代市海詠坂11-1)

** 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)

*** (株)日本製鋼所室蘭製作所 (〒051-8505 室蘭市茶津町4)

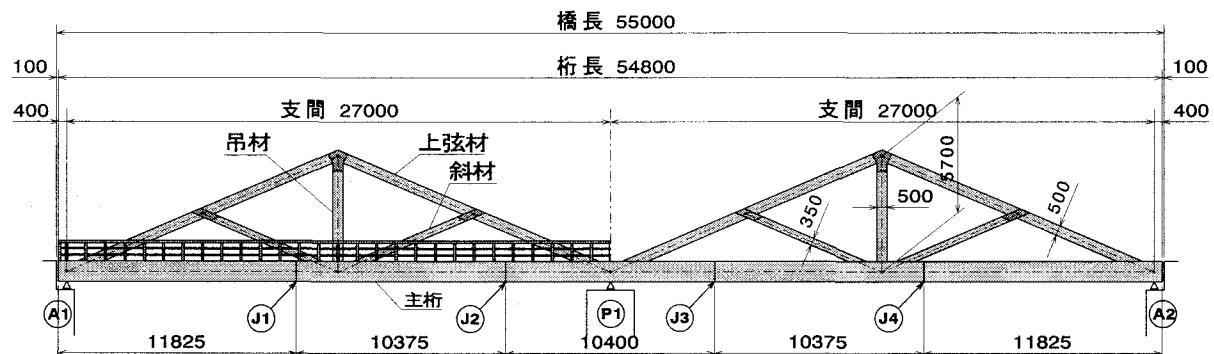


図-1 「坊中橋」一般図

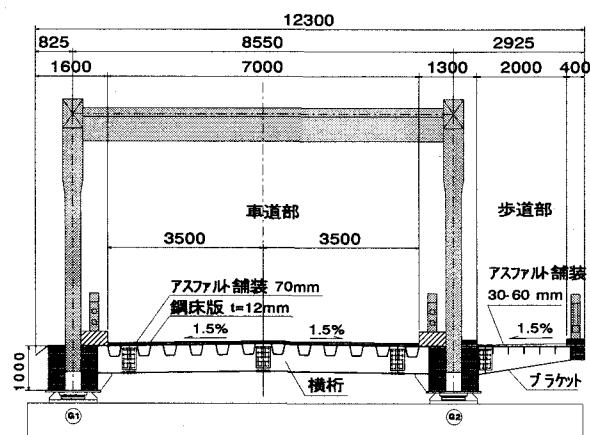


図-2 正面図

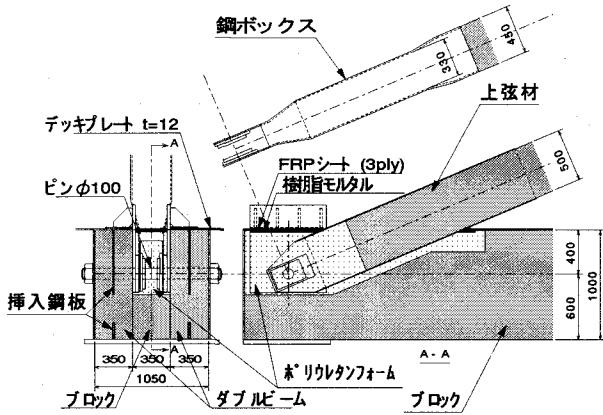


図-3 トラス-主桁の格点部

⑪～⑯の位置、幅員方向に対して、図-2に示す横桁およびブラケットの連結位置において、それぞれ現場溶接によって接合されている。横桁および歩道部ブラケットは橋軸方向に2.075mの間隔で配置されている。

3. モニタリングシステム

本橋ではハイブリット構造の構造特性、および屋外使用環境下における同構造の長期性能や集成材の耐久性を評価することを目的として、モニタリングシステムを導入している。木材と鋼材のような異種材料を接着接合した構造では、線膨張係数の違いによる温度応力や長期供用間における含水率変動などが接着部に影響を与えることが懸念される。本橋に用いたハイブリット部材については、温湿度変動下での接着強度試験、疲労試験、あるいは温度解析等の結果から、各種の条件において十分な接着強度を有することが確認されている。しかしながら、このような新形式の木橋においては、実橋を対象とした実験データの収集と構造

表-1 モニタリングシステム

測定量	設置位置	測定点数	記号（図-4）
ひずみ	鋼床版および下側插入鋼板（支間中央）	8点 (4箇所)	SBM11~SBM22 SDM11~SDM22
	鋼床版および集成材側面（端支点部）	16点 (8箇所)	SD11~SD22 SB11~SB22
	トラス插入鋼板（1支間）	4点 (4箇所)	SSS1~SSS2 SVS1
	トラス集成材（1支間）	4点 (4箇所)	SSW1~SSW2 SVW1
温 度	鋼床版	8点 (4箇所)	TD11~TD22
	集成材	4点 (2箇所)	TB12~TB22
含水率	主桁（端支点部）	6点 (2箇所)	MC12~MC22
温湿度	橋台上	1セット	TRH

特性評価が不可欠である。本橋では、これらの影響を定量的に評価するため、表1に示す各種センサを主桁、鋼床版、トラス部材の主要構造部材に設置し、毎時自動計測している。主桁端部のセンサは温度変動による影響を評価することを目的としており、トラス部と支間中央位置での主桁および鋼床版のひずみは、それぞれ載荷時の構造特性評価を目的としたものである。これらの各センサの測定データは電話回線を通じて遠隔操作およびデータの回収が可能になっている。また、温度変動による影響については暴露試験地に設置した1/2モデルの試験体を対象に、実橋と同様の測定を行うことで実橋のデータと併せて評価を行っている。

4. 静的載荷試験

本研究では、設計仮定値の妥当性の検証および維持管理のための初期値データの収集を目的として、完成直後の木橋について静的載荷試験を行った。試験車として車両総重量26.5tのラフタークレーンを1台および2台用い、各支間のたわみが最大になるような位置に停車させ載荷した。たわみの測定にはレベルを用い、橋面上での鉛直変位を測定した。

5. 結果および考察

(1) モニタリングデータ

図-5に示したのは、図-4中に斜線で示した歩道側主桁端部位置(A1 橋台上)における鋼床版裏面および集成材側面のひずみ測定位置である。鋼床版についてはひずみゲージの貼付位置において表面温度を同時に

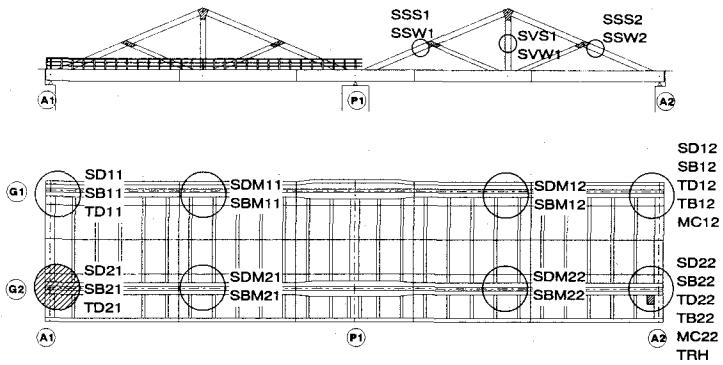


図-4 センサ設置位置

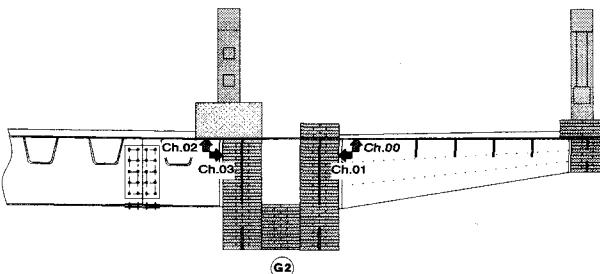
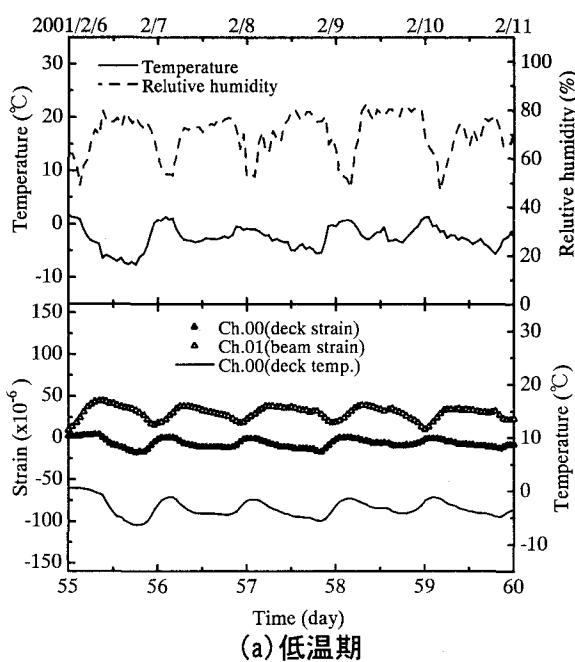
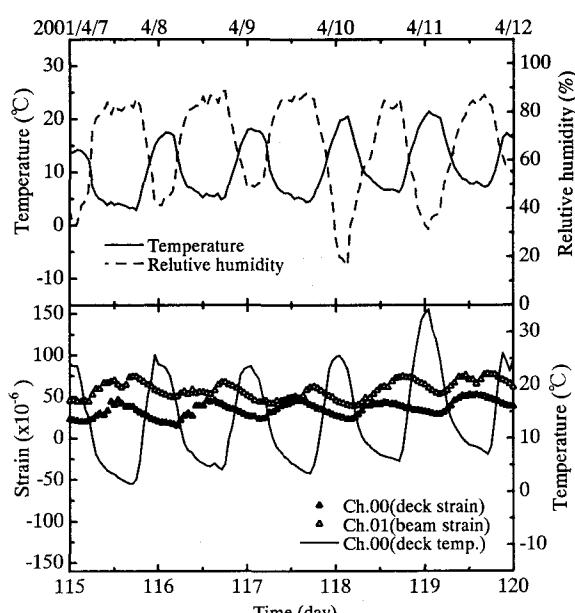


図-5 桁端部ひずみ測定位置



(a) 低温期



(b) 中温期

図-6 モニタリングデータ（5日間）

測定している。一例として同位置におけるひずみと温湿度変動の5日間のデータ ((a)低温期、(b)中温期)を取り上げ、図-6に示す。ただし、ひずみ値は計測開始時（2000.12）の値を初期値としてこれに対する相対値として表している。同図から、鋼床版のひずみおよび表面温度（Ch.00）は外気温の変動と同じ傾向を示していることが確認できる。一方、集成材のひずみ（Ch.01）の変動は相対湿度の変動と良く対応していることが認められる。これは温度変動すなわち木材中の含水率変動によって膨潤・収縮の変形が生じる木材特有の性質であり、mechanical-sorptive変形と呼ばれる挙動である³⁾。

図-6(a): 2/6~2/11、(b): 4/7~4/12に示したデータから、低温期、中温期の温湿度条件下では、集成材主桁および鋼床版に生じているひずみは実用上問題にならないレベルであり、接着層に作用する応力も十分小さいものと判断される。しかしながら、鋼床版の表面温度は外気温以上に上昇することは図-6(a)からも明らかであり、夏期の高温期におけるひずみ量についても引き続き観察していく必要がある。

(2) 静的載荷試験

図5に一例として重量 26.495tf の試験車（前輪軸重：13.250tf、後輪軸重:13.245tf）2台を並列載荷したときの主桁のたわみ図を示す。図中のプロット（○：G1、△：G2）はレベルによる測定値であり、実線および破線はそれぞれ G1 桁、G2 桁の解析値である。ここで解析値は、鋼床版の有効幅を考慮した合成桁とトラスを含んだ構造について行った平面解析から求めた。得られた最大たわみの実験値は10mmであり、このときの計算値は7mmであった。この誤差の要因としては、測定における誤差や、接合部および構造全体の初期不整などが考えられるが、さらに詳細な解析が必要である。

6. おわりに

本試験時には橋面の舗装施工前の段階で取付け道路も未完成の状態であったが、取付け道路完成後には再度試験車を用いた静的試験や車両走行試験を行う計画であり、精度の良い測定を行うことで、本試験結果も含めたさらに詳しい構造特性評価を行っていく計画である。

謝 辞

載荷実験を行うに当たり秋田県山本総合農林事務所諸氏の協力を得たことを記し謝意を表する。本研究は平成12年度日本学術振興会基盤研究(C)(1)（課題番号 12650469）の補助のもとに行われたものである。

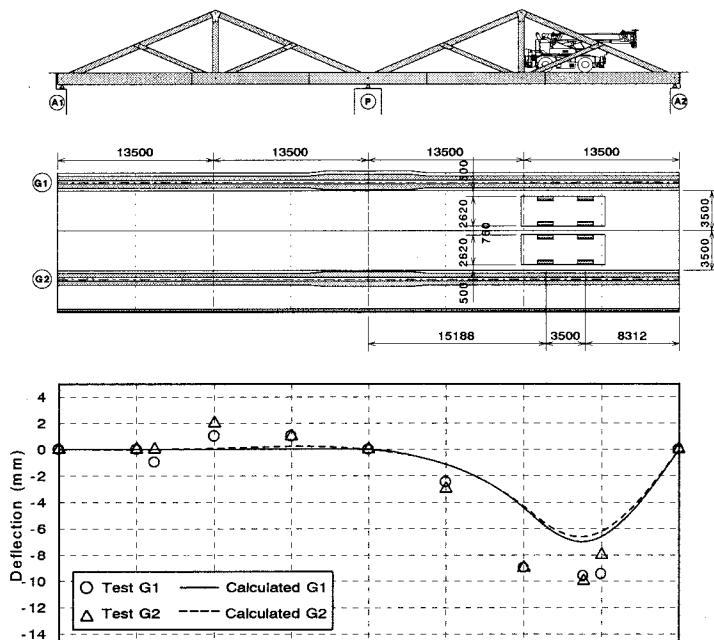


図-7 載荷試験結果（並列載荷時たわみ）

参考文献

- 1) Baidar Bakht, Ray Krisciunas: Testing Prototype Steel-Wood Composite Bridge, SEI, IABSE, Vol.7, No.1, 1997.
- 2) 佐々木貴信、薄木征三ほか：1／2 モデル鋼補剛木桁（SW 桁）の載荷実験、土木学会第 54 回年次学術講演会概要集、I-A324, 1999.9
- 3) 佐々木貴信、薄木征三、長谷部薰、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, 1999.3