

かりこぼうず大橋における動態観測

Dynamic observation of Karikobouzu Bridge

○木場和義*, 上米良重光**, 飯村 豊***

KOBA Kazuyoshi, KAMIMERA Shigemitsu, IIMURA Yutaka

*工修 駒井鉄工(株) 技術研究室 (〒555-0041 大阪市西淀川区中島 2-5-1)
** 西米良村役場 建設課 (〒881-1411 児湯郡西米良村大字村所 15)
***農博 宮崎県木材利用技術センター (〒885-0037 都城市花繰町 21-2)

ABSTRACT Karikobouzu Bridge is the greatest king-post truss timber bridge in Japan, and its maximum span length is 48.2m. A scheduled inspection is important for maintenance of a timber bridge. And an evaluation of internal degradation is also important. On this bridge, a long-term dynamic observation system is attached and recorded for maintenance of the bridge. In this paper, we introduce the outline and observation results of the observation system.

Keywords : 木橋, キングポストトラス, 動態観測, 固有振動数
timber bridge, king-post truss, dynamic observation, natural frequency

1. まえがき

「かりこぼうず大橋」は、宮崎県の西米良村に建設された橋長 140m、最大支間長 48.2m、幅員 7m の国内最大の木造車道橋である(写真-1)。木橋の主要材料である木材は、材料的には鋼と同等以上の耐久性を有しているが、雨水等の浸入により腐朽が進行し強度が低下するという弱点を有しており、適切な維持管理が必要不可欠である。また、杉構造用集成材のクリープ現象の評価や動的荷重の作用による動的影響の評価(疲労性)については、車道橋木橋における実績が少ない。これまで建設された車道橋木橋においては、実橋を対象とした構造的実験データおよび主要部材の応力状態に対する気象条件の影響と時間的変化に着目したデータが収集されている¹⁾。これらによると、気象条件および時間的変化に対する各部材の挙動はほぼ予測された範囲内であり、比較的短期な実績からは、定期的な点検が実施されれば予測外の挙動が発生することは少ないと考えられる。

以上から、本橋では維持管理を目的とした定期的な点検が計画されており、大規模トラス木橋の構造特性を確認する現地実験も実施されている²⁾。さらに、定期的な点検を補足して構造の安全性を確保することを目的として、供用中の橋梁の状態を連続的に観測する

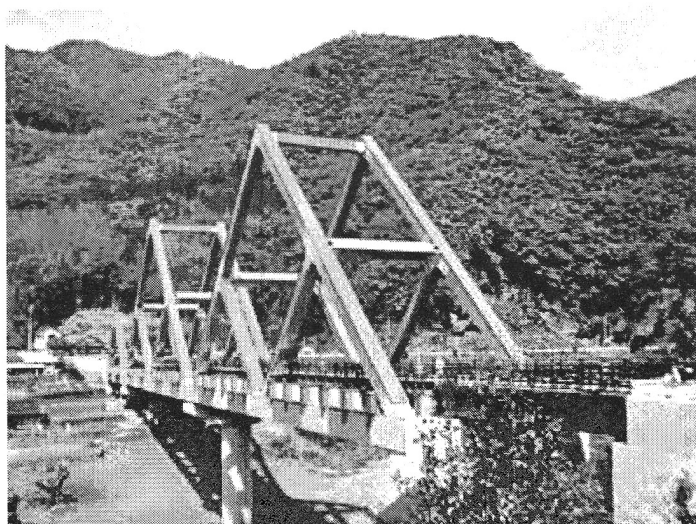


写真-1 かりこぼうず大橋

動態観測を実施している。本文では、「かりこぼうず大橋」で実施している動態観測について、その観測システムの特徴および現状について報告する。

2. かりこぼうず大橋の概要

「かりこぼうず大橋」の概要を表-1に、一般図を図-1に示す。

本橋は、橋長15mの単純桁、50mのキングポストトラス2連、25mのキングポストトラス1連で構成される大規模木橋である。本橋の特徴は、地元の主要産業でもある杉材を使用した集成材を主部材に採用していること、周囲の山並みの景観を配慮してキングポストトラス形式を採用したこと、下弦材を集成材とPC鋼棒の合成構造としたことなどがある³⁾。

表-1 かりこぼうず大橋の概要

上部工形式	単純桁橋+キングポストトラス橋3連
下部工形式	逆T式橋台、円形柱張出し式橋脚
道路規格	第3種 第4級
設計活荷重	A活荷重
橋長	140m (15m+50m×2+25m)
支間長	14.3m+48.2m+48.2m+23.2m
有効幅員	(車道) 7.0m
スギ構造用集成材	日本農林規格強度等級 E75-F240
鋼部材	SM490Y, SM400, SS400
PC鋼棒	SBPR φ23, φ32
木材使用体積	1330m ³
鋼重	305ton

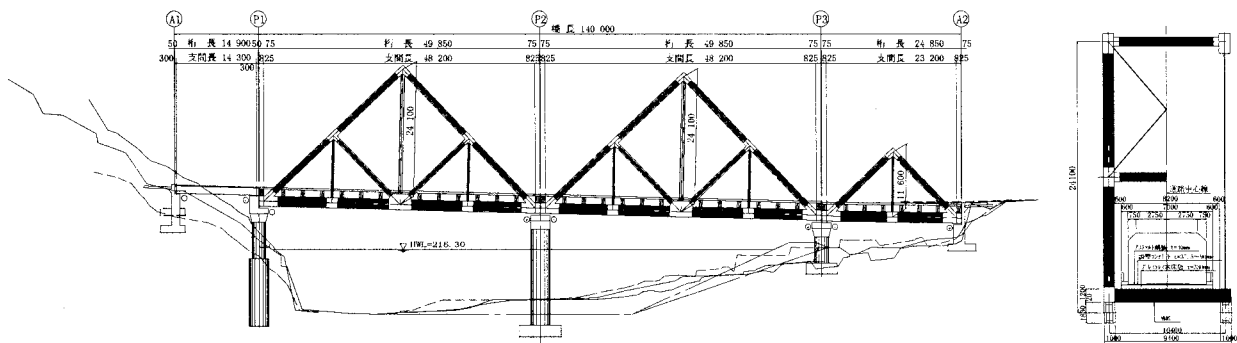


図-1 全体一般図

3. 動態観測システム

木橋の維持管理においては、部材外面の損傷や劣化の早期発見および補修が重要であるが、それ以上に内部劣化の把握・評価も重要である。本橋においても損傷・劣化の早期発見と補修を目的として、定期的な点検が計画され実施されているが、目視を主体とした点検だけでは内部劣化を早期の段階で把握することは難しい。

構造的に重要な格点部や木部材の内部劣化は、構造の剛性低下につながると考えられることから、形状の変形や固有振動数の変化を検出することは内部劣化を評価する有効な方法と考えられる。以上から本橋では、形状の変形と固有振動数に着目した動態観測を実施することとした。

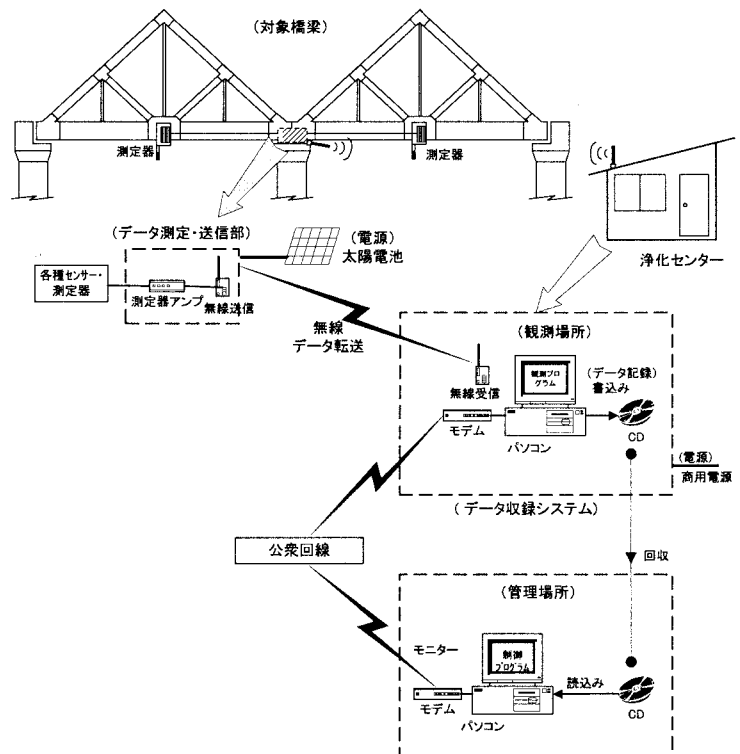


図-2 動態観測システムの概要

3.1 観測システムの特徴

動態観測システムの概要を図-2に示す。観測システムの構成においては、次の観測条件を考慮して共和電業製の無線データ集録装置を使用したシステムを構築した。

(観測条件)

- ① 位置関係：橋梁側の観測点から観測場所まで直線距離で200～300mあり、無線によるデータ集録が望ましい。
- ② 観測項目：動的データである振動加速度を観測対象とすることから、高速なサンプリングが必要。
- ③ 橋梁側の電源：設備設置と管理の点から、橋梁側の観測機器用に商用電源設備を設置するのは難しい。

以上から、本観測システムは次の特徴を有する。

- ① 観測点からのデータ転送には、無線(2.4GHz帯スペクトラム拡散方式)を利用する。
- ② 橋梁側の観測機器用の電源として、太陽電池とバッテリーを使用する。
- ③ 動的データの観測を目的として、サンプリング間隔を100Hzとする。
- ④ 観測場所から離れた管理場所で、観測システムの状況をモニタリングできる。

3.2 観測項目と内容

観測項目と内容を表-2に、観測点の位置を図-3にそれぞれ示す。

観測項目は、構造の安全性を評価する目的から、橋梁のたわみ変形と固有振動数としている。これらは、通行車両や気象環境の影響を受けることが予測される。このため、観測時間帯の設定や気象データの考慮、また初期の観測結果に基づいた季節的・時間的変化の特徴等を考慮した評価によって、供用後年数が経過した時点で初期値からの実質的な変化量を推定することで、構造の安全性を判定できるものと考えている。

表-2 観測項目と内容

観測項目	内容	観測位置
たわみ変形	・桁または下弦材の変位を観測 ・温度差が少ない早朝に観測実施	各橋の支間中央：観測点①～④ 観測点①：G6桁(床版中心) 観測点②～④：上流側下弦材
固有振動数	・車両による橋梁の振動を観測 ・車両通行がある日中に観測実施	

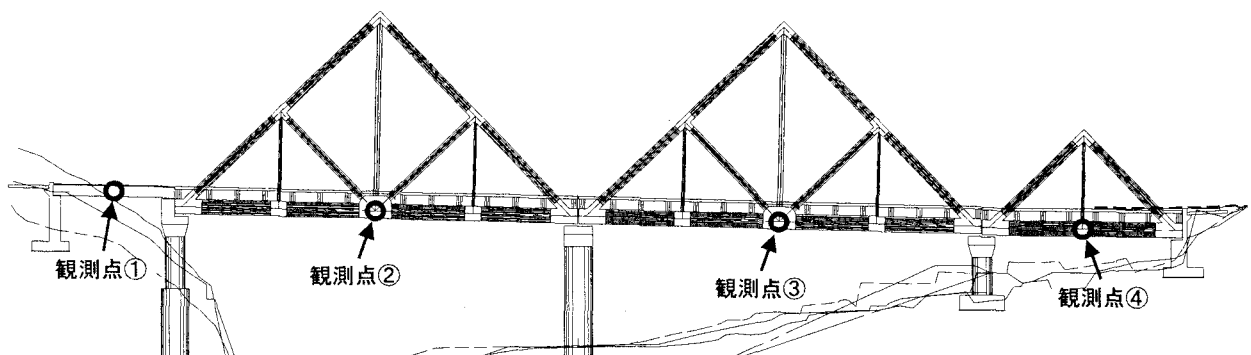


図-3 観測点の配置

3.3 観測方法と評価

動態観測では、上記の観測項目を測定する計測機器と、観測を自動的に実施してデータを記録するパソコンおよび観測用とモニタリング用プログラムを組合せた動態観測システムを導入している。

観測は、設定した時間帯に自動的に実施して、現場付近の浄化センター内に設置したパソコンに無線でデータを伝送して記録する。記録されたデータは、必要に応じてパソコン上で計算処理し、この処理結果も記録する。また、観測現場から離れた管理者の要求に応じて、観測システムの稼動状態と観測結果を送信できる。パソコン上に記録した観測データは、一定期間ごとに実施するシステムの保守作業時に回収するものとしている。観測システムの設置状況を写真-2に示す。

表-3 観測方法と評価方法

観測項目	観測方法	評価方法
たわみ変位	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚天端間に糸を張り渡し、これにターゲットを取付けて橋梁側に固定したレーザー式変位計で相対変位を観測 ・最大 30mm までの下向きたわみ変形を観測できる ・ターゲットの振動があるので、平均値で評価する 	<ul style="list-style-type: none"> ・剛性 20%低下時の変形量を基準とする ・季節的な変動を考慮 ・急激な変動を監視
固有振動数	<ul style="list-style-type: none"> ・加速度計で鉛直方向の振動を観測 ・± 5 G の加速度を観測できる ・たわみ 1 次モードを対象として、固有振動数の変化を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> ・剛性 20%低下時の変化量を基準とする ・季節的な変動を考慮 ・急激な変動を監視

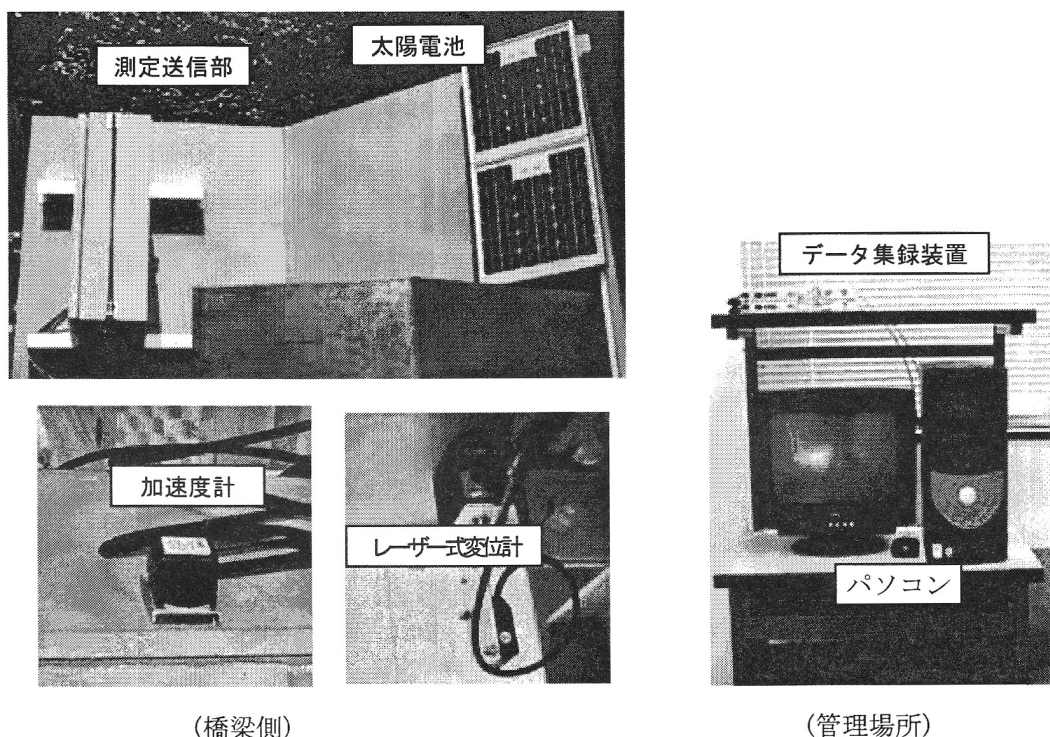


写真-2 観測システムの設置状況

4. 観測結果

動態観測の観測結果の例を図-4に示す。

この観測例は、2003年7月8日に実施した車両走行実験時に観測された橋桁の振動加速度の記録である。車両がA1側から本橋に進入し、4連の橋がA1側から順に振動しているのが分かる。

この観測データから、各観測データを対象としてFFTによるパワースペクトル求め、各橋梁の固有振動数を推定した。求められたパワースペクトルの例として、大支間トラス橋(P1-P2)と小支間トラス橋(P3-A2)を対象とした結果を図-5に、また各橋梁の固有振動数の推定結果を表-4にそれぞれ示す。

図-5から、この観測データでは走行車両が大型であり、観測された振動加速度の大きさが十分にあることから、パワースペクトルは比較的明確なピークを有している。小支間トラス橋では、4.13Hzにもスペクトルのピークを有しているが、ねじれ振動モードの固有振動数である可能性がある。

表-4では、このようにして推定した各橋梁の固有振動数を解析値および完成時に実施した載荷実験結果と比較している。観測結果は、載荷実験結果と一致しており、本観測システムが十分な観測精度を有していること、また供用後半年間の構造的な変化は特に認められないことが確認できた。

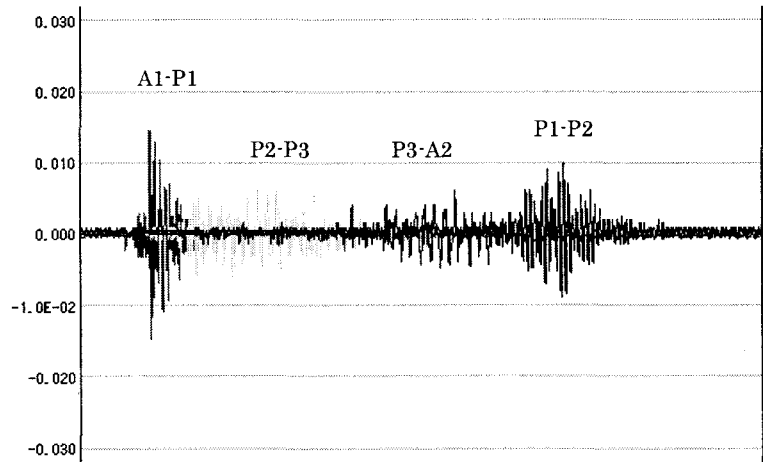


図-4 観測結果の例（振動加速度）

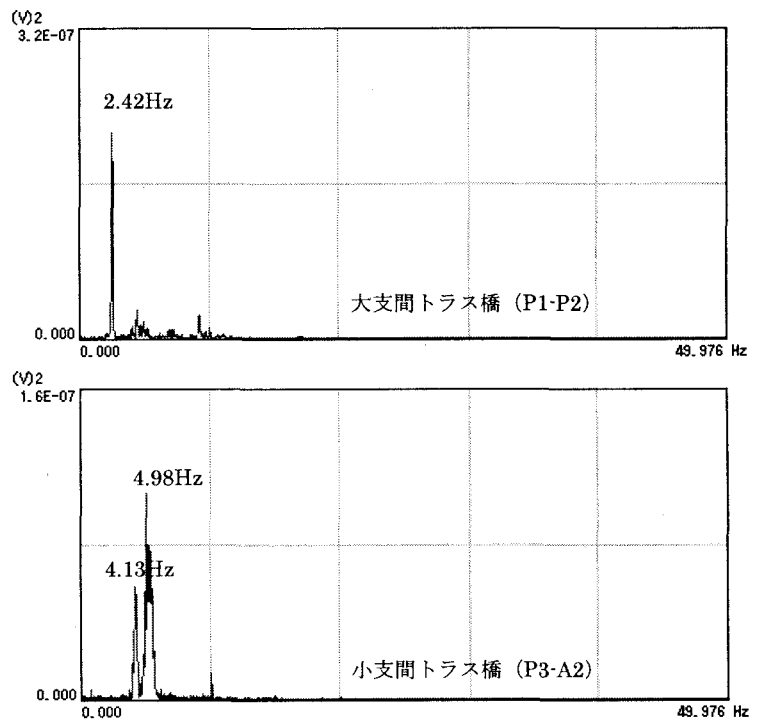


図-5 パワースペクトルの例

表-4 固有振動数の比較

	動態観測結果	解析値	完成時載荷実験
単純桁橋 A1-P1	4.22	—	—
大支間トラス橋 P1-P2	2.42	2.50	—
大支間トラス橋 P2-P3	2.44	2.50	2.44
小支間トラス橋 P3-A2	4.98	5.70	4.98

5. あとがき

本文で報告した「かりこぼうず大橋」における動態観測では、河川上の橋梁で動的な観測項目を長期にわたって観測することから、独立電源として太陽電池の使用や無線データ伝送装置の使用など、新しい試みも取り入れたシステムを導入した。このため、運用を始めてから当初想定していなかった課題が出てくることもあったが、管理者である西米良村をはじめとする関係者の協力で運用を行っている。今後、維持管理業務として、システムの運用や観測データの分析が行われていくと、さらにシステムの改良点や観測内容・評価方法の修正などが必要となることも予想される。将来的には、本観測システムをベースとして新しい技術を取り入れ、さらに本橋の維持管理に適したシステムを検討していくことが必要と考えている。

最後に、本橋の動態観測実施にあたり、ご指導いただいた宮崎大学の中澤隆雄教授、今井富士夫教授、ならびに宮崎県の方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 佐々木貴信・薄木征三・寺田寿：鋼・集成材ハイブリット木橋の載荷実験とモニタリング，木橋技術に関するシンポジウム論文報告集，第Ⅱ編，pp. 11-14，2001
- 2) 池田拓郎・今井富士夫・中澤隆雄・飯村豊他：かりこぼうず大橋の静的・動的性状，第2回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集，pp. 29-34，2003
- 3) 久留島卓郎：新村所大橋(仮称)の計画・設計，土木学会第58回年次学術講演会，pp. 1353-1354，2003