

上路式アーチ木車道橋（杉の木橋）の振動特性に関する研究

金沢工業大学大学院 学生員 ○北城 章 金沢工業大学 正会員 本田 秀行
山佐木材㈱ 佐々木幸久

1. まえがき 杉の木橋は、宮崎県小林市の県ひなもり台県民の森隣接地にあるオートキャンプ場へのアクセス道路の一部として、平成9年に架設された上路式アーチ木車道橋である。その一般図と設計概要を図-1と表-1に示す。平成11年7月に宮崎県林務部の協力を得て、本橋に対して静的および動的実験を行い、その実験データを分析するとともに3次元静的解析、固有値解析との比較から設計係数の検証、剛性評価、振動特性の検討等を行った。本橋では特に振動特性を中心に報告する。

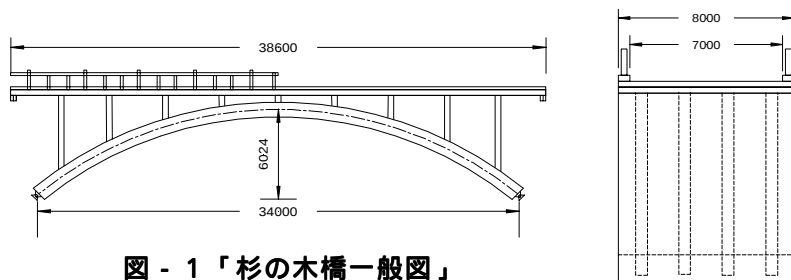


図-1「杉の木橋一般図」

2. 実験概要 図-2に各測定点を示す。図中の▲は静たわみ、●はサーボ型速度計による速度と加速度の測定点でVは鉛直、Hは水平方向である。また、■は振動変位計の測定点である。実験項目を示したのが表-2である。砂袋落下衝撃試験では30kgの砂袋を約1mの高さから落下させることにより、本橋に衝撃力を与えた。衝撃加振点としては、スパン1/4、1/2、3/4点の幅員中央と偏心の計6ヶ所で行った。試験車は約23tf、19tfのダンプ車2台を用いた。静的載荷試験では試験車1台単独載荷(偏心、幅員中央載荷)と2台並列載荷を、試験車両走行試験では1台単独走行、2台連行走行、2台並列走行を実施した。走行速度はそれぞれ30km/h、10km/h、徐行である。

3. 実験結果 (1) 静的特性 図-3に静的載荷試験の一例として、スパン1/2点(下り車線)に試験車1台偏心載荷時の実験値と解析値を示す。静的載荷試験は、本橋の有する剛性および解析モデルの剛性を確認するために行った。その結果、実験値と解析値がよく一致し、アーチ構造の特性を示す挙動がよく確認できた。また、この解析モデルに本橋の設計計算で用いられた同じ強度の活荷重を端部のアーチ部材上の床版に載荷した。その結果、アーチ部材中央において最大たわみ4.2mmを得た。本橋の設計活荷重によるたわみ値は7.0mmである。両者の値を比較すると、本橋は設計値より1.6倍程度、実際の鉛直曲げ剛性が大きいと判断され、鉛直曲げ剛性から本橋の静的強度と安全性に問題はないと考えられる。

表-1 設計諸元

橋種	上路式集成材アーチ橋、アーチリブ4組
橋格	2車線(道路構造令3種4級相当)、一等木造車道(林道)橋
形式	2ヒンジ集成材アーチ橋、プレストレス木床版
橋長	38.6m
支間長	38.0m
7-7支間長	34.0m
幅員	総幅員8.24m(車道部7.00m、路肩部1.24m)
設計活荷重	T荷重、L荷重(25トンA活荷重)
設計速度	30km/h
地震荷重	水平震度 $k_h = 0.14$
衝撃係数	0.25
主要部材	構造用集成材(約243m ³)を使用

表-2 実験項目

静的実験	試験車両載荷試験
	常時微動測定試験
動の実験	砂袋落下衝撃試験
	試験車両走行試験

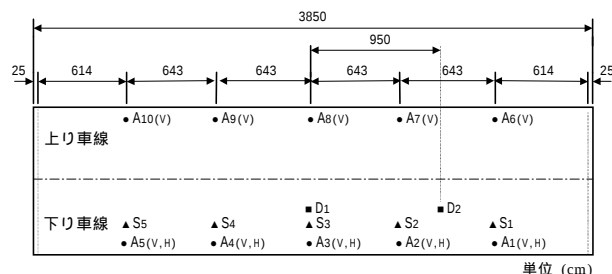


図-2 測点配置図

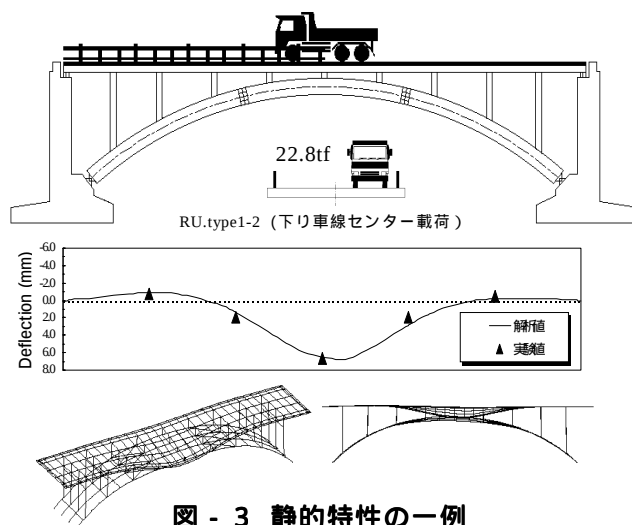


図-3 静的特性の一例

(2) 固有振動特性 表 - 3 に、本橋の固有振動数の実験値と解析値を示す。これらの内、鉛直曲げ逆対称 1 次、水平曲げ対称 1 次、鉛直曲げ対称 1 次、ねじれ対称 1 次、ねじれ逆対称 1 次の固有振動数が実橋で特に卓越している。図 - 4 に固有値解析での振動モードを示す。水平曲げ逆対称 1 次は実験から検出できなかったが、それ以外の対象とした全モードにおいて固有振動数、振動モードが実験値と解析値でよく一致し、解析モデルの妥当性が検証された。

(3) 減衰特性 図 - 5 に減衰自由波形の一例を示す。また、表 - 3 に対象モードのモード減衰を示す。各振動モードの減衰定数を比較すると、ねじれ対称 1 次モードがその他の振動モードの減衰定数に比べて小さい値となっているが、全体的に鋼橋やコンクリート系橋梁と比較して減衰定数が大きい値を示しており、近代木橋の減衰性能が高いとの指摘が本実験値からも確認された。

(4) 動的増幅率(衝撃係数) 図 - 6 に試験車両走行試験における動的応答変位の一部を示す。動的増幅率はこの波形の動的変位から静的変位を引き、その値を静的変位で除して算出した。試験車走行ケースの内、本橋の架設位置や構造条件から日常的に起こりうる走行ケースは試験車 1 台単独の 30km/h 走行であると考えられる。この試験車 1 台単独の走行ケースでは最大 0.206 の動的増幅率を得た。この動的増幅率に対しては、本橋の設計で用いた衝撃係数 0.25 との厳密な比較は困難である。しかし、短支間橋梁であり衝撃係数を一つの応答係数と考えた場合、クリティカルな走行状態で得られた実験値であることから、設計衝撃係数の 0.25 より低い値を示しているものと評価される。

(5) 振動使用性 図 - 7 に試験車両 1 台 30km/h 下り車線走行時の各速度計の応答速度(平均値)を示す。また、この図には橋梁振動による歩行者が歩行時に受ける振動感覚で橋梁に対する一つの使用性を評価するため、歩行者が歩行時に受ける振動感覚の一般的な分類も示している。A2 ~ A4 において「少し歩きにくい」との反応を示しているが、これは試験車両と測定点 A1 ~ A5 の間隔が 50cm 程度しかなかったための影響と考えられる。大型車両の日常的な走行状態においては「振動を明確に感じる」程度と考えられ、本橋の使用性に関しては特に問題がないものと思われる。

4.まとめ 各試験より「杉の木橋」の振動特性を明らかにすることにより、設計係数、解析条件の妥当性を検証することができ、また近代木橋の構造特性を同定する方法として、これらの実験が有効であることが確認された。

最後に、本研究の一部は平成 11 年度文部省科研費(No.11650497)の助成を受けて行った。記して感謝の意を表します。

表 - 3 本橋の振動特性

振動 次数	振動モード	固有振動数 (Hz)		減衰定数	
		実験値		解析値	減衰自由 振動
		常時微動	砂袋落下		
1	鉛直曲げ逆対称 1 次	4.02	4.10	4.00	0.040
2	水平曲げ対称 1 次	4.22	—	4.23	—
3	鉛直曲げ対称 1 次	5.80	5.76	5.86	0.036
4	ねじれ対称 1 次	6.42	6.35	6.61	0.024
5	ねじれ逆対称 1 次	6.69	6.54	6.90	0.029
6	水平曲げ逆対称 1 次	—	—	8.86	—
7	鉛直曲げ対称 2 次	9.57	9.47	9.51	0.034
8	ねじれ対称 2 次	10.02	10.16	10.49	0.034

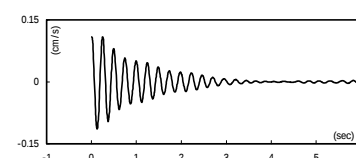
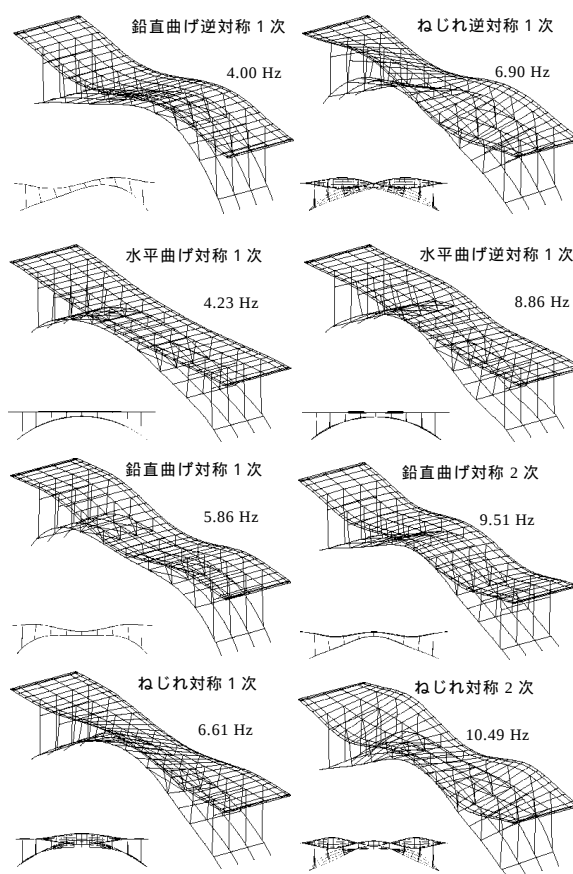


図 - 5 減衰自由波形の一例
(鉛直曲げ逆対称 1 次)

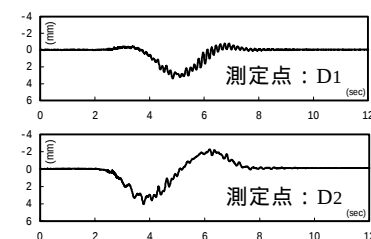


図 - 6 動的応答変位の一部
(試験車 1 台下り車線 30km/h)

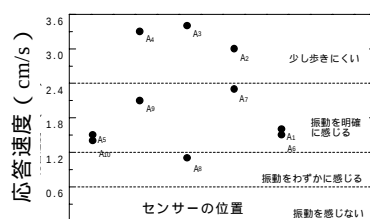


図 - 7 振動感覚の限度度