

近代木車道橋（神の森大橋）の振動特性に関する研究

金沢工業大学大学院 学生員 ○小川史彦 正会員 本田秀行
愛媛県広田村 大森利雄

まえがき 神の森大橋は、平成 6 年 5 月、愛媛県広田村に架設された 2 ヒンジ下路式アーチの木橋である。本橋は近代木橋としては、車が通れる我国最初の本格的な一等橋であり、箱型断面のアーチが特徴的である。その一般図と設計概要を図 - 1 と表 - 1 に示す。平成 11 年 7 月に本橋の静的および動的実験を行い、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、剛性評価、振動特性、設計係数の検証などの検討を行った。本橋では特に振動特性を中心に報告する。

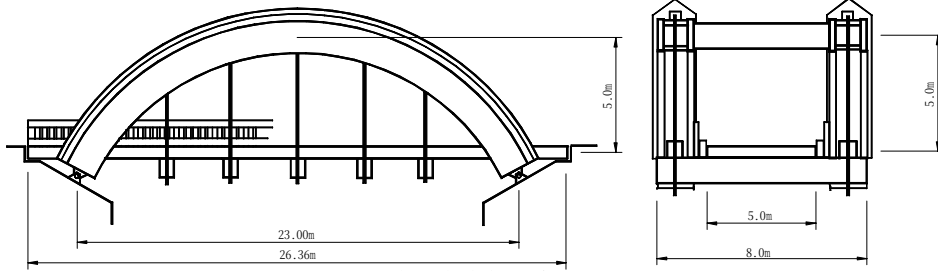


図-1 神の森大橋一般図

表-1 設計概要

橋種	車道橋
橋格	一等木道橋 TL-20
形式	2ヒンジ集成材アーチ橋
橋長	26.36 m
支間長	23 m
アーチ支間長	23 m
幅員	全幅員 5m(橋幅 8m)
設計活荷重	20 tf
衝撃係数	0.25
使用階材	地場産スギ集成材
防錆処理	主要構造部(DDAC加圧注入) 床桁・捕剛材・床版(クレオソート加圧注入)
舗装	弾性舗装

1. 実験概要 図-2 に各測定点を示す。図-2 の▲は静たわみ、●はサーボ型速度計による鉛直方向の速度・加速度、また、■は振動変位計の測定点である。表-2 に実験項目を示す。砂袋衝撃落下試験では、30kg の砂袋を約 1 m の高さから落下させることにより、本橋に衝撃を加えた。静的載荷実験では試験車約 20 tf のダンブ車を用いて、試験車の偏心、中央載荷を行い、オートレベル計で測定した。試験車両走行試験では、試験車両一台による、センターライン走行 (30km/h) を行った。

表-2 実験項目

静的試験	①試験車両載荷試験
	②常時微動測定試験
動的試験	③砂袋落下衝撃試験
	④試験車両走行試験

3. 実験結果 (1) 静的特性 表-3 に静的載荷試験の試験結果を示し、図-3 に実験結果と解析結果を図化した一例を示す。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、実験値と解析とがよく一致し、図-3 の様なアーチ構造の特性を示す挙動がよく確認できた。また、表-3 から確認できるように、床版の剛性が均等に分布していることもわかった。

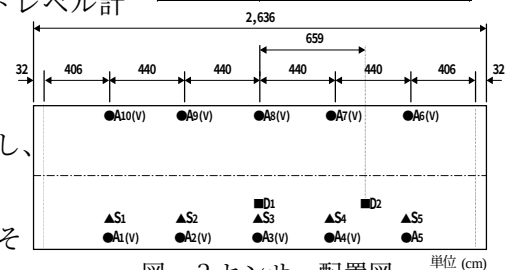


図-2 センサー配置図

表-3 試験車両載荷試験

試験ケース	測定点				
	S1	S2	S3	S4	S5
ST.type1-1	実験値(mm) 2.8	4.9	1.8	-0.8	-0.9
	解析値(mm) 1.8	5.0	4.0	-1.7	-1.4
ST.type1-2	実験値(mm) 0.7	4.2	5.0	1.5	-0.3
	解析値(mm) 1.0	4.2	6.2	1.2	-0.5
ST.type1-3	実験値(mm) -0.9	-1.0	1.6	5.3	2.7
	解析値(mm) -1.0	-1.2	2.3	5.6	3.9
ST.type2-1	実験値(mm) 2.6	3.8	1.2	-0.8	-0.7
	解析値(mm) 3.0	3.7	1.7	-1.8	-1.1
ST.type2-2	実験値(mm) 0.6	3.5	4.2	1.3	-0.2
	解析値(mm) 0.0	3.7	4.2	1.3	-0.2
ST.type2-3	実験値(mm) -0.7	-0.8	1.0	3.9	2.4
	解析値(mm) -1.9	-2.2	0.8	4.1	3.3

(2) 固有振動特性 表-4 に本橋の固有振動数の実験値と解析値を示す。これらの振動モードうち、実橋では特に鉛直曲げ逆対称 1 次、鉛直曲げ対称 1 次、ねじれ逆対称 1 次、鉛直曲げ対称 2 次、ねじれ対称 1 次の固有振動数が卓越している。水平曲げや、アーチ部材のみの固有値は、解析値のみとする。実験値と解析値を比較すると、ほぼ同等な値が出ているため、解析モデルの妥当性が検証された。また、一般の鋼アーチ橋に用いられる固有振動数と支間長から基本振動数を求める関係式¹⁾ $f = 154.8 \times L^{-1.057}$ (Hz) (L は支間長)より支間長 23m の鋼アーチ橋の基本振動数は 5.6Hz と仮定すると、本橋は一般の鋼アーチ橋とほぼ同等の固有振動数であることが言える。

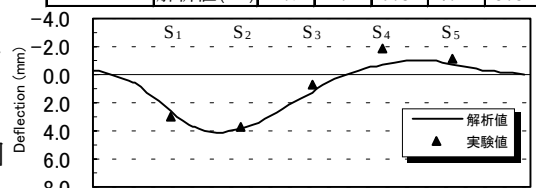


図-3 ST.type2-1 の静たわみの実験値と解析値

近代木車道橋、下路式アーチ橋、集成材、実験、振動特性

(3) 減衰特性 表-4 に減衰定数を示す。減衰自由振動から検出された減衰定数よりも、ハーフパワー法から検出された結果の方が若干程度大きい値が検出された。しかし、一般に後者の値は大きくなる¹⁾ ことの方が多く、減衰自由振動から算出された基本減衰である鉛直曲げ1次の減衰定数である 0.022 が適切であると思われる。各振動モードの減衰定数から、減衰定数が非常に小さいことが分かる。しかし、本橋のような短スパンのアーチ形式橋梁の減衰定数に大小のばらつきがあることが確認されている。そこで、過去のデータより求められた支間長と減衰定数の関係式²⁾ $h=0.12/\sqrt{L}$ (L は支間長) から判断すると、支間長 23m での減衰定数は 0.025 であり、本橋の減衰定数はほぼ妥当な値と言える。しかしながら、若干ではあるが小さい値が得られたのは、本橋の構造において一般の鋼アーチ橋に見られるような縦桁がなく床桁のみということが原因と考えられる。

(4) 動的増幅率(衝撃係数) 表-5 に車両走行試験における動的応答変位および動的増幅率を示す。本橋の試験では、試験車両一台センターライン 30km/h 走行を行った。その結果、最大 0.198 の動的増幅率を得た。この値と衝撃係数を比較するのは困難であるが、架設条件からは車両走行試験の様な走行ケースは無理があり、最も過酷な条件の中で、設計衝撃係数の 0.25 より小さい値を示したことから安全側の値が本橋の設計で用いられているものと考えられる。

(5) 振動使用性 図-5 に振動感覚の恕限度を示す。図-5 では橋梁振動により、歩行者が歩行時に受ける振動感覚から、橋梁に対する一つの使用性を評価するため、振動感覚の一般的な分類も示している。

本試験では、センターライン走行のため、応答速度は鉛直曲げ対称1次の形で測定された。また、1/4 点 3/4 点で大きい値が測定されたのもアーチ橋の特性が出た結果である。振動感覚においては、すべてのセンサーの位置で「少し歩きにくい」、または「歩きにくい」という反応の値が測定された。これは、本橋床版に縦桁が無く床桁のみであること、弾性舗装が極端な不陸路面になっていることなどが原因と考えられるが、架設地点の状況を考えると、日常の交通量の使用性としては特に問題がないと思われる。

3. まとめ 本研究では実験と解析結果から神の森大橋の振動特性を明らかにすることにより、設計条件の妥当性や今後の維持管理等を検証することができ、近代木車道橋の構造特性や設計法に対する工学的に有用な基礎データを提示した。

最後に、本研究の一部は H11 年度文部省科研費・基盤研究 C (No. 11650497) の助成を受けて行った。記して感謝の意を表します。**参考文献** 1)橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析、技報堂出版、1993.10. 2)加藤雅史：橋梁の振動調査法とその適用に関する研究、pp69-74、1984 年 5 月

表 - 4 固有振動数と減衰定数

振動次数	振動モード	固有振動数(Hz)		減衰定数	
		解析値	実験値	ハーフパワー法	減衰自由振動
1	アーチ水平曲げ対称1次	—	2.44	—	—
2	鉛直曲げ逆対称1次	4.98	5.02	0.024	0.022
3	鉛直曲げ対称1次	6.64	5.36	0.018	0.012
4	ねじれ逆対称1次	7.42	8.02	0.019	0.012
5	水平曲げ対称1次	—	8.08	—	—
6	鉛直曲げ対称2次	9.67	9.43	0.023	0.016
7	ねじれ対称1次	12.11	11.62	0.012	0.01
8	ねじれ対称2次	18.07	18.09	0.013	—

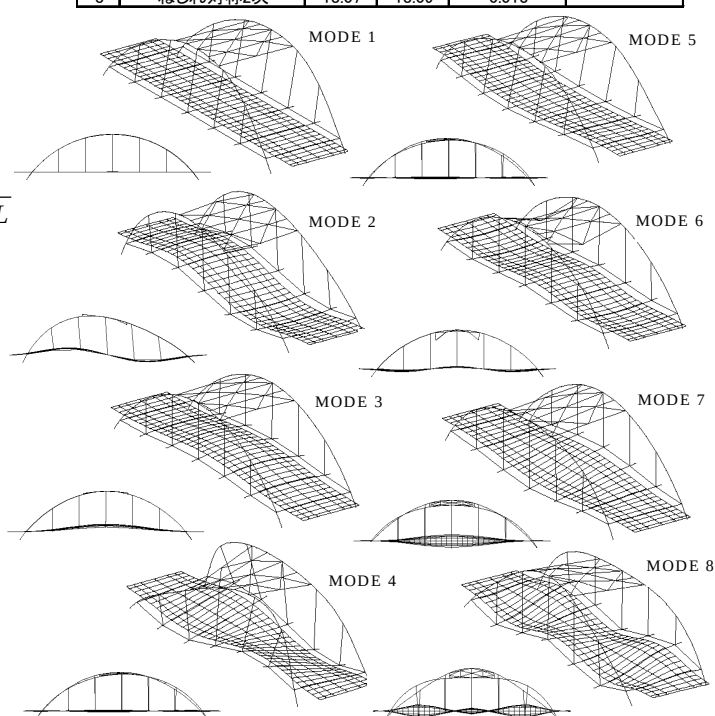


図-4 解析の振動モード

表 - 5 車両走行試験動的増幅

試験ケース	測定点	$Y_{dy,max}$	$Y_{st,max}$	I
RU.type1-1	D ₁	4.87	4.46	0.092
	D ₂	7.14	6.26	0.142
RU.type1-2	D ₁	4.62	4.34	0.066
	D ₂	7.02	5.86	0.198
RU.type1-3	D ₁	4.37	4.03	0.085
	D ₂	6.85	5.84	0.173

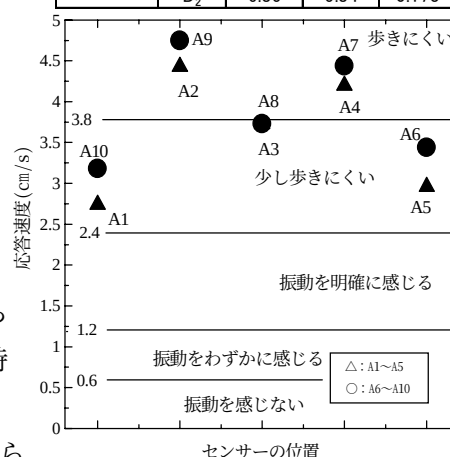


図-5 振動感覚の恕限度