

ハイブリッド型木桁車道橋の構造性能

金沢工業大学大学院 学生員 ○大澤 雄司 金沢工業大学 フェロー 本田 秀行  
 ピーシー橋梁（株） 正会員 渡辺 浩志 （株）長野技研 正会員 久保田 努

**1. まえがき** 本研究で対象とした丸山沢橋は、構造形式が単純桁木車道橋であり、4本のPC鋼線を挿入したハイブリッド型集成材主桁とRC床版との合成構造になっており、世界で初の構造形式である。本研究では、単純桁木車道橋の耐荷性能、構造性能、耐久性能などを検討する目的から、平成16年7月に本橋に対して静的試験及び動的試験の実橋実験を実施し、実験結果と3次元解析結果の両面から本橋の構造特性を検討する。本橋の一般図を図-1、図-2に、設計概要を表-1に示す。

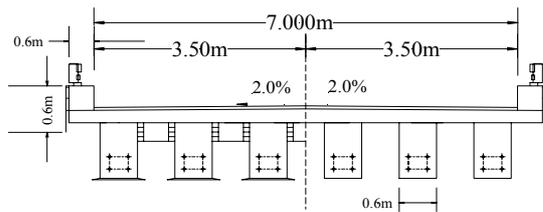


図-1 断面図

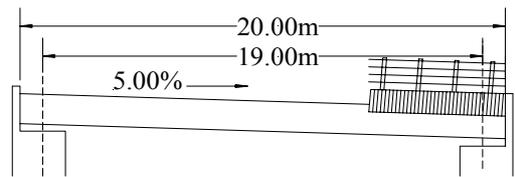


図-2 側面図

**2. 実験概要** 実験項目を表-2に示す。静的載荷試験では試験車を1台もしくは2台を載荷させ、鉛直のたわみを0.1mm以下の精度で測定した。動的試験におけるセンサーの設置位置を図-3に示す。砂袋落下衝撃試験では、30kgの砂袋を1mの高さから落下させることにより、本橋に鉛直・ねじれの加振を与え、応答速度を測定した。試験車両走行試験では、試験車両を1台もしくは2台走行させた時の応答速度、応答加速度、応答変位を測定した。試験車両の走行速度は10km/h・30km/h・50km/hである（2台走行時は30km/hが最大）。

表-1 設計概要

形式	活荷重合成単純桁橋
橋長	20.000m
支間長	19.000m
幅員構成	車道7.000m
使用部材	集成材 信州からまつ
舗装	アスファルト舗装
床板	鉄筋コンクリート舗装
横断勾配	-5.00%

表-2 実験項目

静的試験	静的載荷試験
	常時微動試験
動的試験	砂袋落下衝撃試験
	試験車両走行試験

**3. 実験結果 (1) 静的特性** 図-4、5に、一例として上流側中央一台載荷時の実験たわみ値と解析値を示す。この図から、実験値と解析値がほぼ一致していることがわかる。また、上流側にたわみが見られ、下流側にたわみが生じていないのは、荷重分配横桁や対傾溝が設置されていないために、水平方向の荷重分配がされていないためと考えられる。

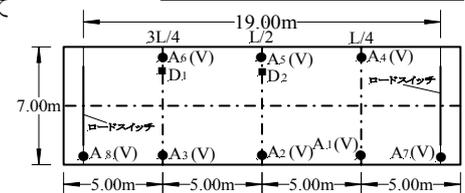


図-3 センサー配置図

**(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。図-6にMSC/NASTRANを用いて3次元構造解析モデルを作成し、固有値解析をした結果の振動モードを示す。実験から得られた固有振動モードは、鉛直対称1次、ねじれ対称1次の2つである。実験値と解析値を比較すると、振動特性が、

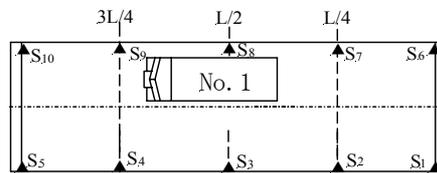


図-4 測定点と載荷位置

両方ともに比較的一致し、解析モデルの妥当性が検証された。

**(3) 減衰特性** 表-3に減衰定数を示す。図-7に減衰自由振動の一例を示す。減衰自由振動波形から得られた減衰定数は、鉛直対称1次の0.016が得られた。またハーフパワー法からは、0.019と若干大きな値が求めた。一般的なコンクリート橋で得られている減衰定数の概算式を用いて算

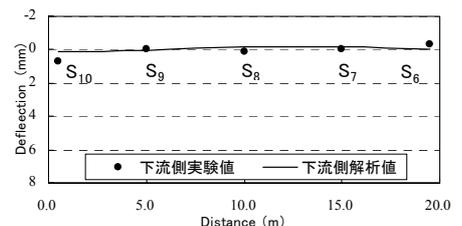
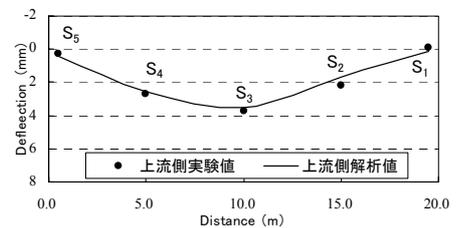


図-5 静的たわみの一例

ハイブリッド型木桁、構造性能

〒921-8811 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘 7-1 TEL 076-394-671

出すると、0.027である。この値と本橋減衰定数0.016を比較すると、本橋の減衰定数が小さい傾向を示している。これは一般に木橋の減衰性能が小さいこと、および、本橋の橋軸と橋軸直角方向の荷重分配効果などの構造上の特性に起因しているものと考えられる。

表-3 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	
		実験値		解析値	ハーフパワー法	減衰自由振動
		常時微動	砂袋落下			
1	鉛直対称1次	5.71	5.56	5.39	0.019	0.016
2	ねじれ対称1次	6.44	6.34	6.39	0.016	0.014
3	ねじれ逆対称1次	—	—	12.84	—	—
4	鉛直逆対称1次	—	—	14.16	—	—

(4) 動的増幅率 (衝撃係数) 表-4 に試験車両走行試験における動的増幅率  $i$  の例を示す。図-8 に動的応答変位の一例を示す。動的増幅率は、最大動的変位から最大静的変位を引き、その値を最大静的変位から除して算出した。いずれのケースも、設計衝撃係数 0.25 よりも小さい値が得られている。この値との単純な比較は難しいが、本橋は安全側に評価された設計値が用いられたものと考えられる。その他の走行ケースで、0.25 を超える値が得られたが、走行ラインとセンサーの設置箇所の関係で、上流側走行で得られた値が、動的影響の実態を示していると考えられる。

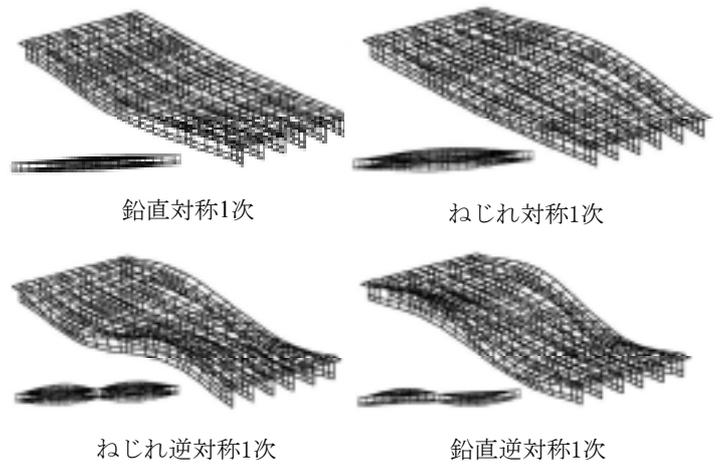


図-6 解析による振動モード

(5) 振動使用性 図-9 に日常的に起こりうる可能性がある一台単独(上流側、30km/h)で車両が走行したときの各応答速度(平均値)と振動の恕限度を示す。A<sub>1</sub>~A<sub>6</sub>の各センサーの設置箇所は、図-3 に示す。

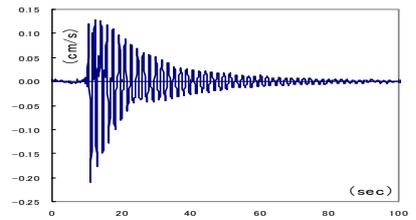


図-7 減衰波形の一例

恕限度では、橋梁振動により歩行者が歩行する時に受ける振動感覚から橋梁に対する一つの振動使用性を評価するため、振動感覚の一般的な分類をしている。評価基準として、実効値による計算によって算出した値を振動感覚の度合と考え評価する。

表-4 動的増幅率

試験ケース	測定点	Y <sub>st,max</sub>	Y <sub>dy,max</sub>	i
RU.type1-1	D <sub>1</sub>	10.422	11.378	0.092
	D <sub>2</sub>	7.400	8.145	0.101
RU.type2-1	D <sub>1</sub>	10.558	11.728	0.111
	D <sub>2</sub>	7.464	8.249	0.105
RU.type3-1	D <sub>1</sub>	11.471	12.435	0.084
	D <sub>2</sub>	8.073	8.420	0.043
RU.type4-1	D <sub>1</sub>	12.161	14.067	0.157
	D <sub>2</sub>	8.657	9.929	0.147
RU.type5-1	D <sub>1</sub>	4.873	5.220	0.071
	D <sub>2</sub>	3.431	3.676	0.072
RU.type6-1	D <sub>1</sub>	4.836	5.729	0.185
	D <sub>2</sub>	3.367	4.013	0.192
RU.type7-1	D <sub>1</sub>	1.183	1.872	0.583
	D <sub>2</sub>	0.799	1.280	0.601
RU.type8-1	D <sub>1</sub>	1.275	2.073	0.626
	D <sub>2</sub>	0.868	1.442	0.662
RU.type9-1	D <sub>1</sub>	1.243	1.835	0.477
	D <sub>2</sub>	0.855	1.300	0.520

各 A<sub>1</sub>~A<sub>6</sub>の恕限度は、全てにおいて、「ほとんど振動を感じない」に属されているのがわかる。これにより、本橋での振動感覚が「歩きにくい」となることは、考え難いと判断でき、本橋の架設地点での日常交通量を考えると本橋の振動使用性として、特に問題が無いと思われる。

4. まとめ 本研究では、実橋実験と解析から構造特性を検証した結果、実験値と解析値との整合性のある結果が得られた。静たわみや振動特性から、本橋の鉛直曲げ剛性が比較的高いことが認められ、また本橋のような集成材主桁に PC 鋼線を挿入したハイブリッド型木桁橋が今後増加される傾向にある中で、本研究で提示した知見が何らかの参考になれば幸いである。

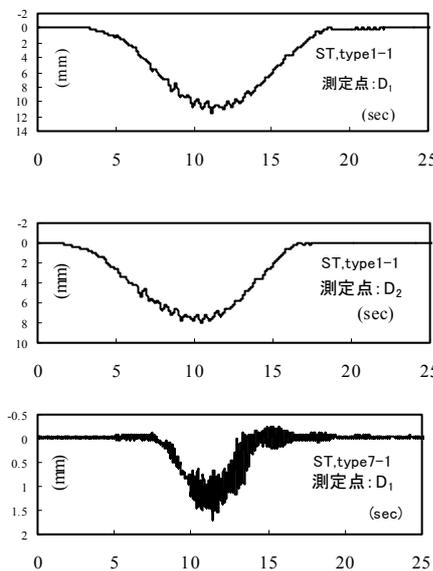


図-8 動的応答変位の一例

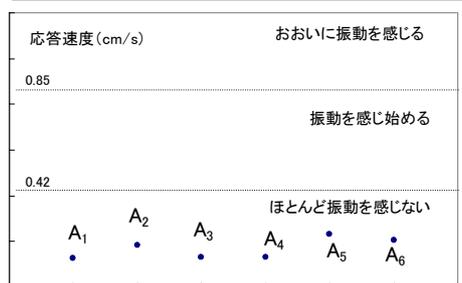


図-9 振動感覚の恕限度