

錦帯橋の3次元構造解析モデル化と構造特性

金沢工業大学大学院 学生員 ○佐成屋 孝之
 金沢工業大学大学院 学生員 原 弘行
 金沢工業大学 フェロー 本田 秀行

1. まえがき 本研究の対象橋梁である錦帯橋は、日本の歴史的木橋の中で甲斐の猿橋、越中の愛本橋と合わせて三大奇橋と呼ばれている。三大奇橋の1つの構造形式であり、工学上や地域文化の面で非常に貴重な橋梁である。現在、本橋は架け替え工事をされており、今後の実験等の支援ができるように本橋の忠実な3次元構造解析モデルの作成を行い、MSC/NASTRAN を用いて静的解析や固有値解析を行った。

2. 対象橋梁 対象橋梁は山口県において川幅 200m と県下最大の錦川に架かっている 5 連の錦帯橋である。本橋の一般図を図-1 に示す。1673 年に岩国 3 代藩主吉川広嘉によって、10 余年の準備を経て 6 月 28 日に鉄初めを行い 9 月 30 日に完成した。しかし、1674 年 5 月の洪水により流失した。同年 6 月に再建に着手し、10 月には 2 代目錦帯橋を完成した。その後、昭和 25 年のキジア台風まで流出することはなかったが、腐朽による部分的な修理や架け替えは行われていた。現在の錦帯橋は 1950 年に架け替えを行ったものであり、現在、約 50 年ぶりに架け替えが行われている。構造として、錦帯橋第 3 橋は、独特の景観を表現しており、径間 36.98m、そり高 5.018m、幅員 4.180m の肘木橋である。また、高欄の高さは 1.393m となっている。錦帯橋の各部材名称及び材質として、敷梁(樺)・桁(松、樺)・助木(松)・鞍木(松)・楔(樺)・後詰木(樺)・平均木(檜)・梁(松)・敷板(檜)・高欄(檜)となっている。

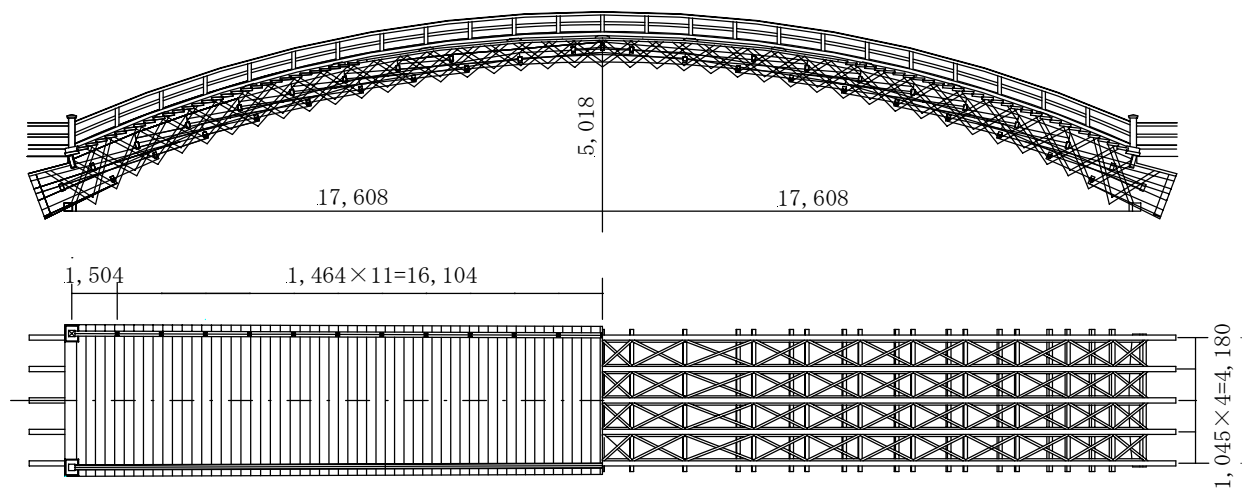


図-1 一般図

3. 構造解析 本橋の解析には MSC/NASTRAN を用いて 3 次元構造解析モデルを作成し、静的解析や固有値解析を行った。本橋の 3 次元構造解析モデルを図-2 に示す。設計図面から各部材の座標点を読み取り、桁・楔・平均木は版要素を用い、鞍木・対傾構・高欄は梁要素を用いた。また、梁は版要素と梁要素を用いて作成した。その結果、節点数 10958、要素数 11342(版要素 9096・梁要素 2246)となった。

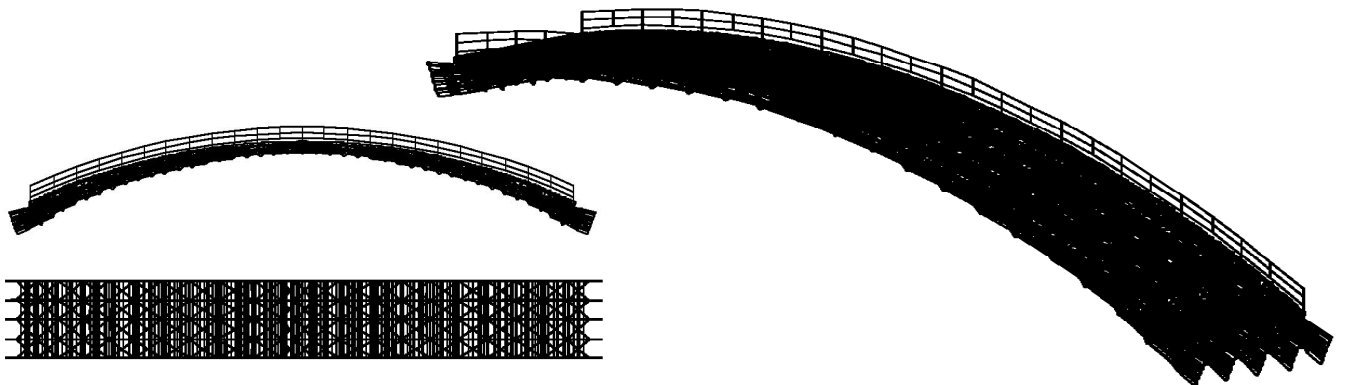


図-2 3次元構造解析モデル

木橋、歴史的木橋、肘木橋、3次元構造解析モデル

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 Tel.076-248-9609 Fax.076-294-6713

4. 固有値解析 前述した3次元構造解析モデルを用いて固有値解析を行い、各振動モードにおける固有振動数を求めた。図-3 に解析による振動モードを示す。解析値は鉛直曲げ対称1次振動3.62Hz、水平曲げ対称1次4.46Hz、鉛直曲げ対称1次5.28Hz、ねじれ対称1次6.96Hz、鉛直曲げ対称2次7.12Hz、ねじれ逆対称1次7.61Hzである。この解析値と実験値¹⁾の整合性を検討した。固有振動数の実験値は鉛直曲げ逆対称1次振動は3.6Hz、鉛直曲げ対称1次振動5.3Hzであった。固有振動数の実験値と解析値を表-1 に示す。鉛直曲げ逆対称1次振動と鉛直曲げ対称1次振動は、固有振動数がほとんど同じ値を示した。水平曲げ対称1次振動、ねじれ対称1次振動、鉛直曲げ対称2次振動、ねじれ逆対称1次振動は、実験値の測定結果が得られてなかったので同定することが困難であった。

5. 静解析 静解析から得られた結果と、静的載荷実験での実験値¹⁾を、変位と変形形状から検討した。等分布荷重として総荷重30tfを作用させた場合の静たわみ形状の一例を図-4 に示す。実験値は5番桁(岩国側)は7.17mm、中央14.13mm、5番桁(横山側)3.86mmである。同ケースにおける解析結果は同様に4.90mm、10.71mm、4.97mmとなった。なお、図中の基準値とは荷重が載荷されてない状態での床板の位置である。また、60tf載荷時の静たわみ形状の一例を図-5 に示す。実験値は岩国側の5番桁から9.82mm、27.39mm、12.60mmとなっており、解析値は同様に9.79mm、21.39mm、9.95mmとなった。いずれの場合も支間中央では比較的一致しているが、実験における5番桁部での測定点が不明であることから解析値と実験値には差異が見られた。解析値は弾性解析のため、荷重を30tfから60tfに変化させ、荷重が2倍になると変位も2倍になるが、実験値は2倍にならず、非線形性状を示した。本研究において解析値と実験値との差異については、実験値は架設されて約50年を経た旧橋で測定された値であり、解析値は新設橋を対象にしていることに起因していると考えられる。

6. あとがき 本研究で作成した錦帯橋の忠実なる3次元構造解析モデルは、現時点で3次元構造解析と実験値との整合性から一応の成果を得ることができた。しかし、木材間の摩擦など詳細部分の構造モデル化には改善の余地も残されている。将来、平成架橋として新設された錦帯橋に対する実験が行われた場合、構造解析の支援などの面から、その実験値と整合性のある精度の高い構造モデルを作成していく方針である。

【参考文献】1)東京大学大学院坂本功研究室：錦帯橋実験報告, pp.6-8, 2002年5月。

最後に金沢工業大学・平成14年度本田研究室の尾畑充彦君、木ノ本昌之君、宮澤雄貴君に感謝の意を表します。

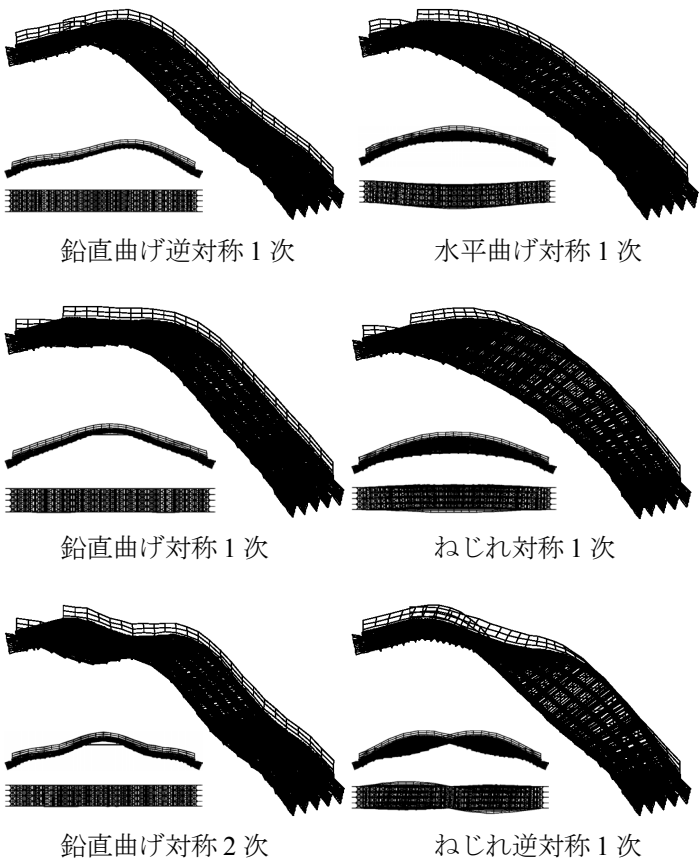


図-3 解析による振動モード

表-1 錦帯橋の固有振動数

振動次数	振動モード	固有振動数(Hz)	
		実験値 常時微動	解析値
1	鉛直曲げ逆対称1次	3.6	3.62
2	水平曲げ対称1次	-	4.46
3	鉛直曲げ対称1次	5.3	5.28
4	ねじれ対称1次	-	6.96
5	鉛直曲げ対称2次	-	7.12
6	ねじれ逆対称1次	-	7.61

表-2 等分布荷重における荷重とたわみ値

	30tf		60tf	
	実験値(mm)	解析値(mm)	実験値(mm)	解析値(mm)
5番桁(岩国側)	7.17	4.90	9.82	9.79
支間中央	14.13	10.71	27.39	21.39
5番桁(横山側)	3.86	4.97	12.60	9.95

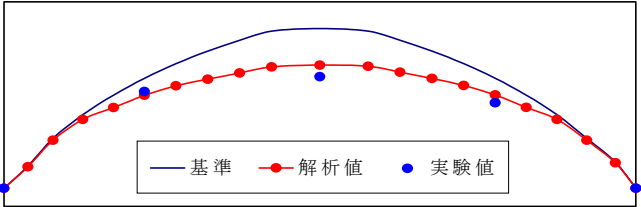


図-4 30tf 載荷時の静たわみ形状

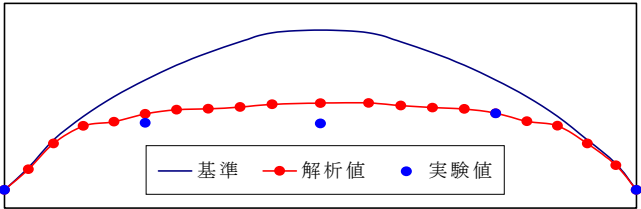


図-5 60tf 載荷時の静たわみ形状