

木製中路式アーチ車道橋の縦桁が構造性能に及ぼす影響

金沢工業大学大学院 学生員 ○中田 雄太

金沢工業大学 フェロー 本田 秀行

1. まえがき 本研究で対象とした橋原橋は、縦桁と横桁を有する床組構造であり、従来のアーチ橋で主に採用されてきた横桁のみで木製床版を吊っている構造と異なり、橋軸と橋軸直角方向の荷重分配を考慮した本格的な中路式アーチ車道橋である。そこで、本橋に対して、静的実験および動の実験を実施し、実験で得たデータ分析の結果と3次元構造解析の両面から本橋の静的および動的な構造特性を把握することを目的に検討する。また、研究内容を拡張し、新たに縦桁の配置、縦桁断面を解析的に変化させた構造解析モデルを用いて、走行車両による本橋の3次元動的応答解析を実施し、動的応答性状から簡易的な縦桁を有する本橋の荷重分配に対する影響を定量的に検討する。本橋の設計概要を表-1、側面図を図-1、平面図を図-2に示す。

2. 解析方法 最初に床版を SHELL 要素、アーチ部材を含めたそれ以外の部材を BAR 要素で構成した3次元構造モデルを作製する。次に縦桁断面のみを実橋モデルの2倍、1/2倍に変更したそれぞれの構造解析モデルを作製する。さらに、図-2より7本ある縦桁に①～⑦の番号を付けて縦桁の配置を4本(①, ③, ⑤, ⑦), 3本(②, ④, ⑥), 0本(縦桁無し)にした構造解析モデルを作製する。作製したそれぞれの構造解析モデルを用いて、固有値解析および走行車両による3次元動的応答解析を行う。なお、縦桁の断面を変更するに合わせて断面2次モーメント、ねじれ定数もそれぞれ変更されている。

3. 固有値解析 解析方法で示したそれぞれの構造解析モデルで固有値解析を行った結果を表-2に示す。本橋を代表する振動モードである鉛直曲げ逆対称1次振動モードで解析結果を比較してみると、縦桁の断面を大きくした場合は固有振動数の変化が見られるが、小さくした場合には若干の変化しか見られないことが確認できる。このことから、縦桁の断面の設計値の妥当性が検証されたと同時に、縦桁の大きさが鉛直曲げ剛性を高めることに起因していることが考えられる。また、縦桁の配置を変更した構造解析モデルでは、実橋モデルの解析値よりも配置を変更した解析値の方が小さくなっていることから、縦桁断面と同様に縦桁の配置が妥当性であることが考えられる。

表-2 固有値解析結果

振動次数	振動モード	固有振動数 f_i (Hz)								減衰定数 h_i	
		実験値			解析値						
		常時	砂袋	走行	実橋モデル	2倍	1/2倍	0本	3本		4本
1	アーチ水平対称1次	1.25	-	-	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	0.0133
2	鉛直曲げ逆対称1次	4.83	4.79	4.88	4.72	8.41	4.23	4.24	4.48	4.56	0.0062
3	鉛直曲げ対称1次	5.28	5.30	5.30	5.61	-	5.76	5.88	5.71	5.76	0.0016
4	ねじれ逆対称1次	7.98	7.71	7.71	8.03	10.50	5.59	5.56	5.63	5.71	0.0038

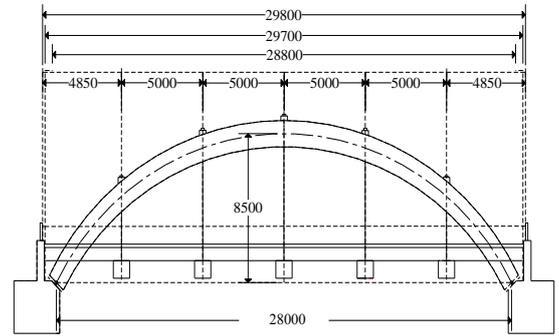


図-1 側面図

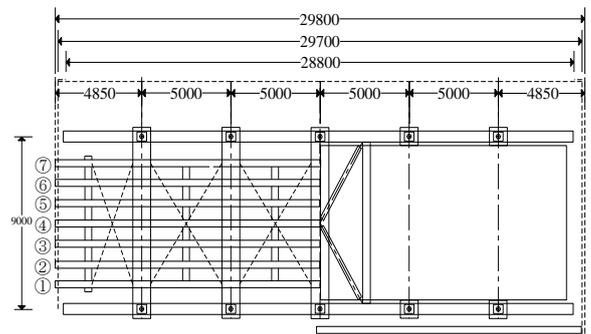


図-2 平面図

表-1 設計概要

架設年	2007年4月
橋種	車道橋
形式	中路式アーチ橋
橋長	29.8m
アーチ支間長	28.0m
幅員	車道 5.0m 歩道 2.0m
設計活荷重	A活荷重
使用部材	主要部材：スギ集成材 吊材：構造用ストランドロープ ストラット：鋼管 横構：鋼管 床版：木床版
縦桁の断面	400×600 (mm)
支承部	ゴム支承(2.2cm)使用
アーチ部	クラウン部1箇所継手

4.3 次元動的応答解析 本研究においては、路面凹凸を考慮した車両-橋梁系の運動方程式を直接積分法による Newmark's β 法を用いて解析を行う。 $\beta=1/4$ 、計算時間間隔は $\Delta t=0.01\text{sec}$ である。減衰については Reyleigh 減衰を仮定し、係数については各対象橋梁における実橋実験より得られた固有振動数および減衰定数の実験値(前述の表-2)から決定している。なお、路面凹凸は実験時に測定した路面凹凸データを用い、車両モデルは 3次元 11 自由度系車両モデルを用いて解析を行っている。解析に使用した構造解析モデルは、固有値解析と同様の構造解析モデルで走行車両による本橋の 3次元動的応答解析を行った。一例として、196kN の大型車両が下流側を 10km で走行した場合の A_3 点の実験および解析での加速度波形を図-4 に示す。図-3 にセンサー配置図を示す。図中の●($A_1\sim A_6$)はサーボ型振動速度計であり、橋梁の振動を計測する測定点である。なお、解析点も同様の位置である。図-4 の実験波形と実橋モデルでの解析波形を比較してみると、よく一致していることが確認できる。このことから、構造解析モデルの妥当性が確認された。また、縦桁の大きさの違いによる解析波形の変化は、固有値解析での固有振動数の変化よりも 3次元動的応答解析の方が明確に表れていることがわかる。縦桁の配置による解析波形の変化は、縦桁の数が少なくなると最大値が大きくなる傾向が確認でき、縦桁が 0 本の場合は極端に最大値が大きいことから、動的挙動に対する縦桁の重要性が確認できる。以上の結果より、縦桁は動的な影響による橋軸方向の荷重分配の効果を期待するものであることが判断できる。

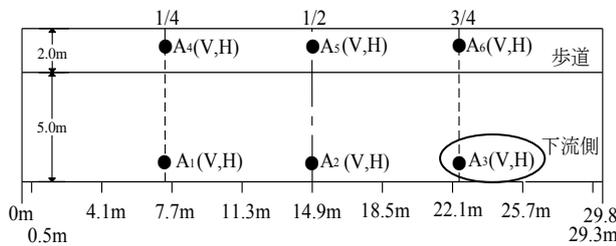


図-3 センサー配置図

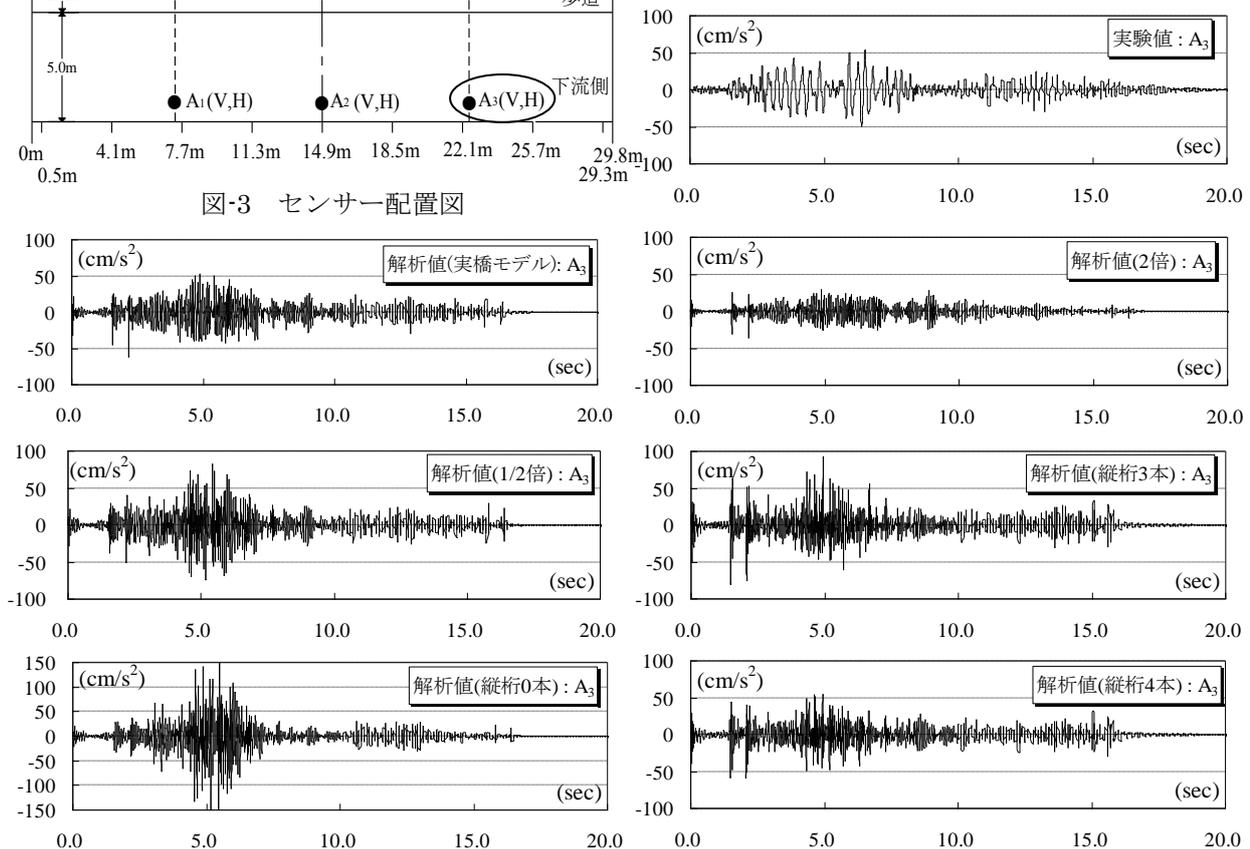


図-4 3次元動的応答解析結果

5. まとめ 固有値解析および走行車両による 3次元動的応答解析の結果より、縦桁には鉛直曲げ剛性および橋軸方向の荷重分配を高める効果があることが考えられる。今後も縦桁の配置法を含め、走行車両による 3次元動的応答解析の検討を進めたい。また、3次元動的応答解析による動的応答性状だけでなく、3次元静的解析を実施して静的性状からの縦桁の影響を検討していく所存である。本研究で得られた結果や知見が今後の近代木橋の縦桁を含めた主要部材断面の寸法や部材配置、設計衝撃係数および維持管理の基礎資料となれば幸いである。