# 合成桁橋における車両走行時の振動特性

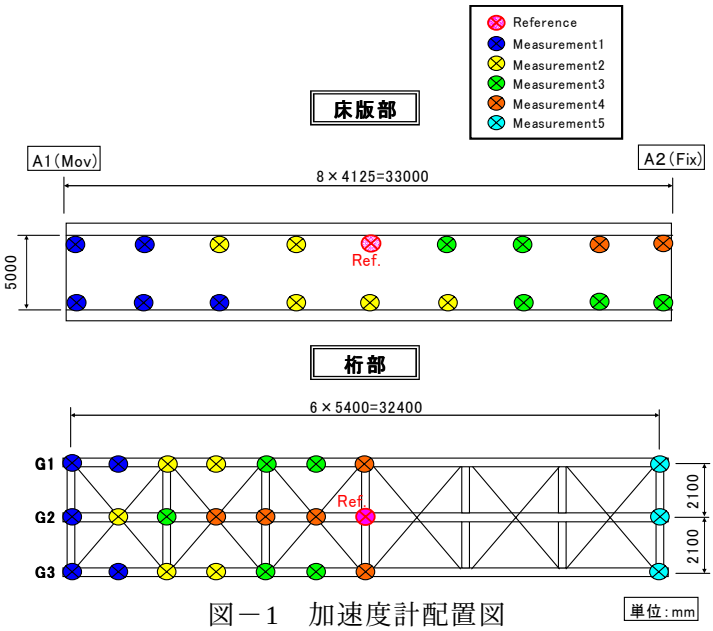
日本大学工学部　学生員　○近藤　正伸　　太田　敬済
岩手大学工学部　正会員　　岩崎　正二　　出戸　秀明
日本大学工学部　正会員　　五郎丸　英博

## 1. はじめに

橋梁の振動特性を把握する手法の一つとしてモード解析がある。最も一般的なモード特性同定法は加振力(入力)と振動応答(出力)による周波数応答関数の測定に基づいたものである。しかし、この手法は橋梁のような大型構造物に対しては容易に加振することや加振力をコントロールし測定することが困難なため実用的とは言えない。そこで、加振力(入力)を必要としない振動応答(出力)のみによるモード解析の手法がある。この手法は、測定時に交通を規制する必要がなく、加振装置も不要なのでテスト時間が短縮でき、測定された応答が構造物の実際の稼動状態における振動特性を表現しているという利点がある。そのため、この振動応答(出力)のみによるモード解析は実稼動モード解析や周囲応答解析と呼ばれる。著者らは、先に合成桁橋において、車両走行時の振動特性を把握するために床版部測定における実稼動モード解析を行い、FEM モード解析結果との比較検討から車両走行による固有振動特性を明らかにした。[1]そこで、本報告では桁部測定における実稼動モード解析を行い、床版部測定の実稼動モード解析結果と比較検討し、床版部と桁部の振動特性を明らかにしたものである。

## 2. 橋梁概要および実験概要

対象橋梁は、支間長 32.4m、幅員 5.0m、床版厚 190mm、桁高 1.7m の両支点にゴム支承を有する単純合成鋼鈑桁橋である。実験は床版部測定と桁部測定に分けて行った。図－1 に床版部測定と桁部測定の加速度計配置図を示す。両測定ともに 3 軸加速度計 1 個を参照点とするため支間中央部に固定し、他の 5 個を各測定点に移動し計測した。床版部は加速度計を舗装面に設置し、桁部は下フランジに設置した。実稼動モード解析では分析対象最低周波数の周期の 300～500 倍の時間データが必要である。そこで本橋では、最低周波数を 0.7Hz とし、その周期の 500 倍の時間データを収集した。よって、データセット 1 つの収集時間は約 714s　12 分である。床版部はデータセット 4 つなので合計収集時間 48 分、桁部はデータセット 5 つなので合計収集時間 60 分である。各データセットにおいて普通乗用車 1 台(1.8t)と RV 車 1 台(1.6t)を使用し、ランダムに 1 台走行、2 台縦列走行を 12 分間行った。




図－1　加速度計配置図

## 3. 実稼動モード解析概要

解析は周波数領域分解法を用いて行った。実験で測定した応答信号を FFT し、パワースペクトル密度を算出した。そして、このパワースペクトル密度の特異値分解を周波数ごとに適用し、得られた特異値のピークにおいて 1 自由度系の同定を行い、モーダルパラメータを推定した。モード減衰比(Damping Ratio) は同定された 1 自由度応答スペクトルの逆 FFT した時間関数より推定した。桁部測定の場合、足場設置の関係上全ての測定点で計測することが不可能だったため、モードシェイプについては FEM モード解析のモードシェイプを参考に補填した。

Keyword　合成桁橋　ゴム支承　実稼動モード解析
連絡先　〒963-8642　福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地　日本大学工学部　Tel 024-956-8714

## 4. 解析結果

表－1 に実稼動モード解析で得られた固有振動数とモード減衰比(減衰定数)を示す。モード減衰比については各測点におけるモード減衰比にばらつきがあるので標準偏差も示す。

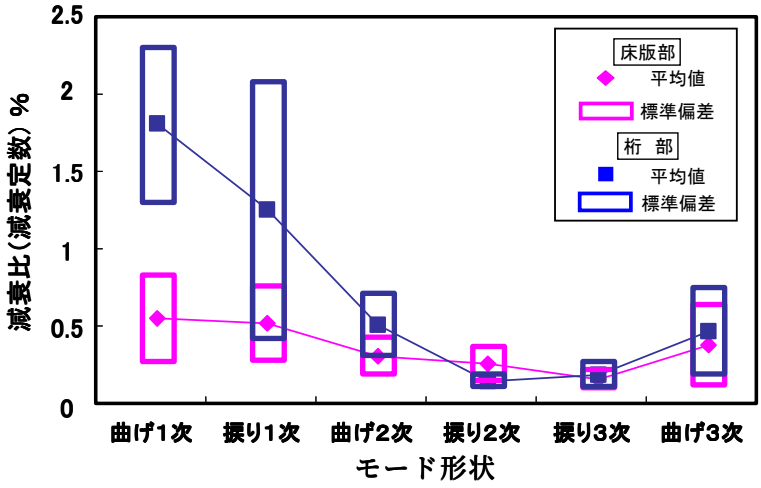
表－1　固有振動数とモード減衰比(減衰定数)

| モード形状 | 床版 Frequency [Hz] | 桁 Frequency [Hz] | 桁/床版 | 床版 Damping Ratio [%] | 桁 Damping Ratio [%] | 桁/床版 | 床版 Std. Damping Ratio [%] | 桁 Std. Damping Ratio [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 曲げ1次 | 3.9 | 3.6 | 0.93 | 0.55 | 1.80 | 3.3 | 0.28 | 0.50 |
| 捩り1次 | 5.7 | 5.6 | 0.98 | 0.52 | 1.25 | 2.4 | 0.24 | 0.83 |
| 曲げ2次 | 12.6 | 12.5 | 0.98 | 0.31 | 0.51 | 1.7 | 0.12 | 0.20 |
| 捩り2次 | 13.8 | 13.6 | 0.99 | 0.26 | 0.15 | 0.6 | 0.11 | 0.04 |
| 捩り3次 | 23.4 | 22.8 | 0.98 | 0.16 | 0.19 | 1.1 | 0.06 | 0.08 |
| 曲げ3次 | 24.2 | 24.1 | 1.00 | 0.38 | 0.47 | 1.2 | 0.26 | 0.28 |

〔Std.は標準偏差(Standard deviation)〕

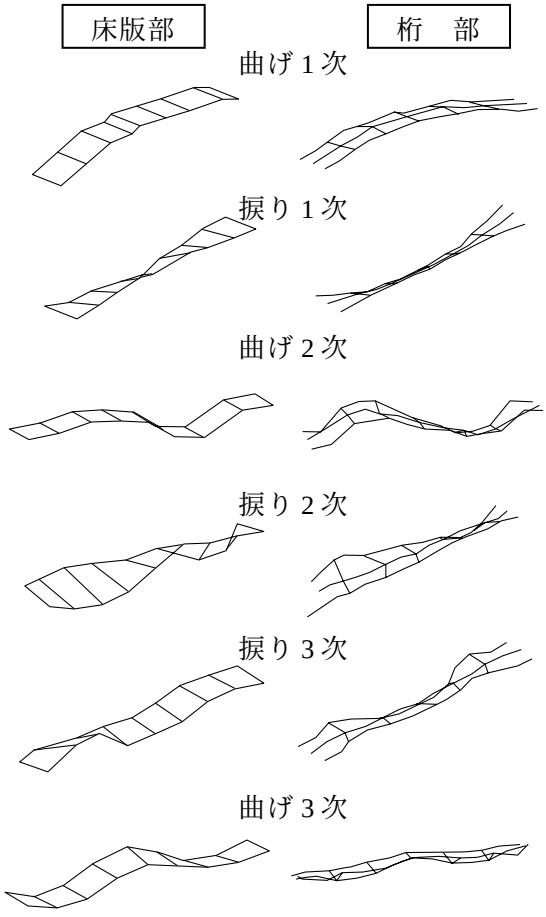
固有振動数について評価すると、全振動モードにおいて床版部と桁部はほぼ同じ値になった。その中で、曲げ 1 次振動モードについては床版部と桁部に他の振動モードに比べて差がみられた。FEM モード解析結果の曲げ 1 次振動モード(3.4Hz)と比較すると、床版部に比べて桁部の方が近似していた。

図－2 に床版部と桁部のモード形状と減衰比の関係を示す。モード形状と減衰比の関係では床版部と桁部で同様の傾向が見られた。振動数が高くなるにしたがって、床版部と桁部の減衰比の値が収束する傾向にあることが分かる。曲げ 3 次振動モードを除けば振動数が高くなるほど減衰が小さくなっており、各測点における減衰比のばらつきも少なくなる傾向となった。本橋の基本固有振動数である曲げ 1 次振動モード、捩り 1 次振動モードは他の振動モードに比べ、桁部の減衰が床版部と比較して大きくなっている。これは、桁の場合直接支承に接しているので床版に比べ支承部の摩擦によるエネルギーの消費、橋台基礎を通しての基礎地盤へ逸散するエネルギーが大きいためと考えられる。




図－2　モード形状と減衰比の関係

図－3 に床版部と桁部のモードシェイプを示す。全ての振動モードにおいて床版部と桁部は同様の形状となった。しかし、桁部の曲げ 3 次振動モードに関しては面内の上下振動よりも面外への水平振動の振幅が大きかった。




図－3　モードシェイプ

## 5. まとめ

実稼動モード解析により、車両走行時の床版部と桁部での振動特性を明らかにすることができた。固有振動数、モードシェイプについては床版部と桁部での相違はあまりみられなかったがモード減衰比に関しては床版部と桁部での差がみられた。今後は、減衰には振幅依存性があることや車両走行の有無による振動特性の把握のために常時微動での実稼動モード解析を行い車両走行時と比較検討を行う必要があると思われる。

## 参考文献

1)近藤正伸・箱崎雄治・太田敬済・岩崎正二・出戸秀明・五郎丸英博「合成桁橋の車両走行による振動特性」平成 14 年度東北支部技術研究発表会後援概要集Ⅰ－40