

I-297 ゴム支承を用いた5径間連続鋼箱桁橋の振動特性について

茨城県 正員 坂入 健 正員 富 永 幸一
横河橋梁製作所 正員 清田 鍊次 正員 佐々木 保隆

1. まえがき

千代橋は、茨城県道笠間常陸太田線に架かる5径間連続鋼箱桁橋（橋長326.5m，支間5@65m）である。本橋において特筆すべきことは、支承形式として半固定条件の多点ゴム支承を用いることにより、地震時の衝撃的な力を各橋脚に均等に分散させ、橋脚形状の同一化を計っていることである。しかし、鋼橋におけるこの種の多点ゴム支承の事例は少ない。したがって、その効果については十分に検証されているとは言いがたく、このような支承形式を有する鋼橋の振動特性についても不明な点が多い。

そこで、本橋の完成にともない振動実験を実施し、基本的な振動性状を把握するとともに、多点半固定ゴム支承の水平力分散効果、上下部工の振動伝達特性について検証し、今後この種の支承形式を有する鋼橋の計画・設計に対する有効な資料を得ることを目的とする。

2. 実験方法

橋上に設置した建設省土木研究所所有の水平方向起振機による強制加振実験、桁端部に設置した日本道路公団所有の急速開放弁を有する油圧ジャッキによる自由振動実験を行い、上下部工の振動応答をサーボ型加速度計および変位計を用いて計測し、その振動特性を検証した。さらに、トラック走行実験を行ない実動荷重下での振動性状を確認した。

3. 実験結果

図-1に強制加振実験により得られた橋軸1次モードの共振曲線を示す。共振周波数は1.854Hzである。一方、ゴム支承の剪断バネ定数に設計値を用いた同モードの固有値解析結果は、0.993Hzで実験値の約50%と低い値を示している。図-2にジャッキ試験時の荷重-支承変位関係から各橋脚上のゴム支承の剪断バネ定数を算出した結果を示す。算出に際しては、各支承に等しい力が作用しているものとした。求めた剪断バネ定数には、振幅依存性がみられ、ゴム支承は非線形的な挙動を示している。微小振幅域における剪断バネ定数は、設計値に比べかなり大きい。橋軸1次振動モード共振時の振幅は0.4mmと小さく、この振幅域におけるゴム支承剪断バネ定数が設計値より大きかったために共振周波数と固有値解析結果に差が生じたものと思われる。図-3に共振時の変位モードを示す。桁の変位振幅はほぼ一定であり、橋脚の変位は土被り高の違いにより、P1，P4橋脚では小さく、P2，P3橋脚では大きく現われている。ゴム支承が下部工の剛性

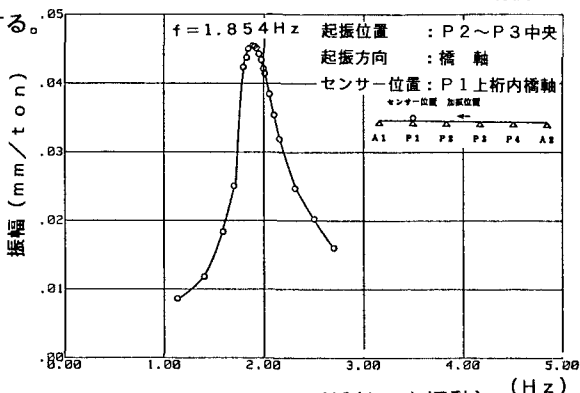


図-1 共振曲線（橋軸1次振動）

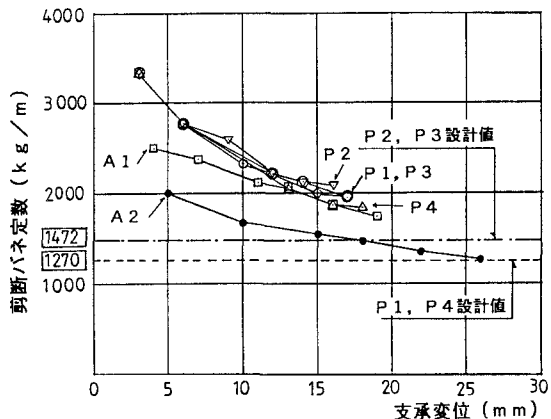


図-2 支承変位と剪断バネ定数の関係

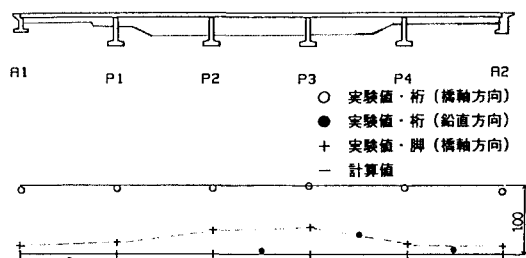


図-3 橋軸1次振動モード図

に応じた変形をし、下部工に作用する水平力が分散されている。今後、河川改修により下部工の剛性が等しくなれば、ゴム支承の剪断変形も橋脚に作用する水平力も均一化される。

図-4に油圧ジャッキを急速開放することにより得られた自由振動原波形を示す。波形には数種類のモード成分が重畳しており、原波形から直接減衰率を求めることは困難なため、バンドパスフィルターを用いて卓越する振動モードを抽出し、その波形から対数減衰率を求めた。図-5にフィルター処理後の橋軸1次振動波形を示す。自由振動における周波数は振幅の減少とともに共振周波数に近づいている。これらの現象は、ゴム支査の剪断バネ定数の振幅依存性によるものと思われる。低次モードの対数減衰率を表-1にまとめて示す。桁および橋脚の橋軸方向振動モードは自由振動から、その他のモードは共振応答から構造減衰を求めている。桁では、ねじれモードの減衰率が最も小さく、橋軸モードの減衰率が最も大きい値を示した。また、振幅依存性については明らかでないが、高次モードになるにつれ減衰率は小さくなる傾向を示した。橋脚においては、土被りの少ない高橋脚の方が減衰率は小さかった。

図-6にトラック走行実験時に桁とその直下の橋脚上で発生した鉛直方向加速度波形を示す。ゴム支査を介することにより、桁の振動は橋脚上でかなりのレベル低減が認められる。特に高周波に対する効果が著しい。

図-7に温度変化（ $\Delta T = 9.3^\circ\text{C}$ ）に対する支査の移動量の実測結果を示す。支査の移動量がA1、A2橋台で若干異なったが、移動量が最大となったA1橋台で計算値の90%の値を示した。

4. まとめ

5径間連続箱桁橋にゴム支承を用いた千代橋の固有振動特性およびその応答を検証した。振動モードは変わらないが、固有周波数は振幅に依存する傾向を示した。構造減衰率はねじれモードで小さく、橋軸方向モードではかなり大きいことが確認された。また、ゴム支承の水平力分散効果、温度変化に対する応答、および車両走行による桁振動に対する緩衝効果が確認された。一方、耐震設計など動的解析に際してはゴム支承の非線形性を考慮する必要があるものと思われる。

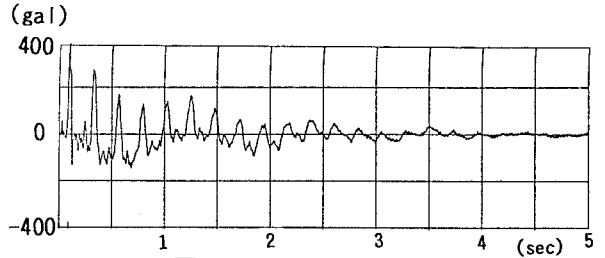


図-4 自由振動原波形

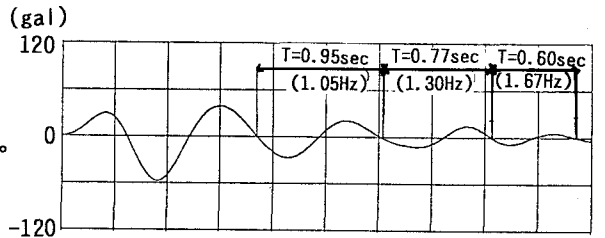


図-5 フィルター処理後の波形（ $0 \leq \text{B.P.F} \leq 2 \text{ Hz}$ ）

表-1 対数減衰率

振動モード		対数減衰率
橋 桁	橋 軸	0.10~0.80
	鉛 直	0.06~0.14
	橋軸直角	0.08~0.28
	ね じ れ	0.04
橋 脚	P1, P4	0.10~0.20
	P2, P3	0.05~0.10

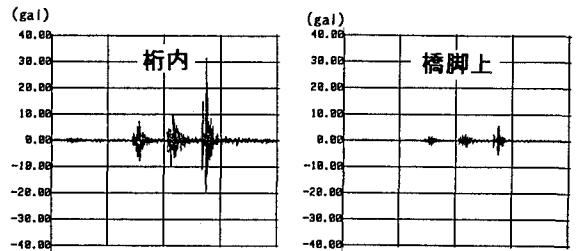


図-6 走行実験時加速度波形

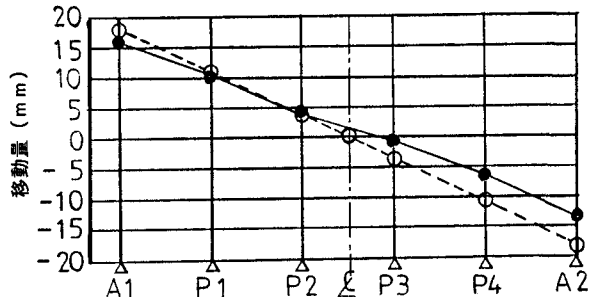


図-7 温度変化による支承移動量