

V脚ラーメン橋の実橋振動実験

ー本州四国連絡道路 灘川橋ー

東京鐵骨橋梁 正会員 入部孝夫
本州四国連絡橋公団 正会員 大川宗男
本州四国連絡橋公団 正会員 弓山茂樹

1. まえがき

灘川橋は本州四国連絡道路／神戸淡路鳴門自動車道の淡路島内に位置する橋梁で、そのV脚の高さは45.7mと、V脚高さにおいて国内最大のラーメン橋である。平成9年6月に架設が完了した段階で、本橋の振動特性を明らかにするために実橋振動実験を実施した。

2. 実験目的

本橋は高橋脚で、なおかつ2基のV橋脚の高さが異なっているため動的性状が複雑となる。また、設計時の固有振動解析では、橋軸1次の固有周期が2.7秒、橋軸直角1次が1.4秒で、通常の同規模の支間長を有する連続桁と比較して非常に長い。したがって、その固有周期と振動モードを確認する必要がある。また、本橋の耐震設計では、橋軸直角方向地震時の動的応答解析結果で橋脚断面が決定されている。したがって、設計時の地震時動的応答解析の妥当性を確認するため、解析入力諸元の検証を行う必要がある。さらに走行車両による動的特性を把握し、V脚ラーメン橋の設計時の活荷重衝撃係数について検証する。

3. 実験内容

本実験の一覧を表-1に示す。実験は橋長の長い下り線の桁で実施した。センサー配置を図-1に示す。振動加速度および振動変位は低域微振動計で、端支承の橋軸方向変位およびV橋脚の回転変位は歪み式変位計で測定した。主桁の絶対変位は上り線からレーザーレベルで視準し、下り線にレーザーの変位を記録するためのCCDカメラをセットして測定した。

4. 実験結果と考察

4-1 固有振動数と固有モード

固有振動数と振動モードを解析値との比較で表-2に示す。解析では、橋軸および鉛直方向には、床版と主桁を合成断面としたモデルを、橋軸直角方向には床版を横構部材に置き換えたモデルを用いた。測定結果の橋軸方向の固有振動数では、解析値の橋軸1次固有振動数(0.37 Hz)が常時微動およびジャッキ加振時の各測定で検出されなかった。橋軸直角方向については、解析値と実測値が比較的良く一致した。これは橋軸直角方向の解析において、床版を横構部材に置き換え

表-1 振動実験一覧

目 的	調査項目	実験方法	加振方向	測定方向
V脚ラーメン橋の振動特性	固有振動数	常時微動測定	常時ランダム	鉛直・橋軸
動的解析の入力諸元の検証	固有振動モード	実験	振動	橋軸直角
	減衰定数	急速解放ジャッキによる自由振動実験	急速解放ジャッキ	橋軸・鉛直
衝撃係数の検証	減衰定数	車両踏台落下実験	車両落下	橋軸・鉛直
動的増幅率	動的増幅率	車両走行実験	車両走行	鉛直・橋軸
振動加速度	振動加速度	車両走行実験	車両走行	V脚回転変位
減衰定数	減衰定数	車両走行実験	車両走行	支保部変位
静的変位	静的変位	車両静的載荷実験	車両静的載荷	主桁鉛直変位

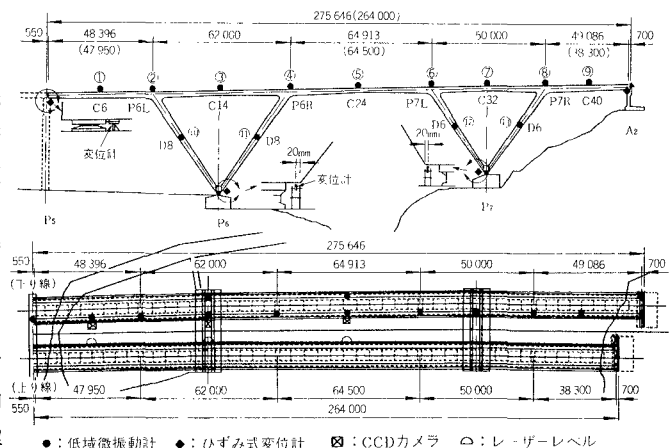


図-1 センサー配置図

キーワード：V脚ラーメン橋、振動実験、固有振動数、減衰特性、動的増幅率

連絡先：〒108-0023 東京都港区芝浦 4-18-32 TEL 03-3451-1144 FAX 03-5232-3335

たモデルとすることにより、実橋の振動性状を精度良くモデル化できたと考えられる。鉛直一次の固有振動数は、実測値の方が解析値に対して約25%大きい値となった。この理由は床版に加えて、縦桁、壁高欄、地覆などの剛性が寄与したものと考えられる。

4-2 減衰特性

各減衰定数の比較を表-3に示す。動的応答解析の減衰定数とジャッキ加振時の減衰波形から算出した減衰定数を比較すると、橋軸直角および鉛直方向で良く一致しており、動的解析の入力諸元の妥当性が検証された。橋軸方向に着目した周波数別の減衰定数を図-2に示す。1波目から4波目での各減衰定数からは、振幅が小さいほど減衰定数が大きくなっており、減衰定数の振幅依存性が確認された。また、固有振動数が高くなるにつれて減衰定数が小さくなっており、減衰定数の周波数依存性が確認された。

4-3 動的増幅率と活荷重衝撃係数

本橋での設計時の活荷重衝撃係数と動的増幅率を比較すると、動的増幅率はほとんど衝撃係数以内であった。

本橋の詳細設計では、衝撃係数を算出する際、その支間長を5径間連続としている。V脚ラーメン橋ではこれまでにV脚中心間隔を支点とした3径間連続とする場合と本橋のように5径間連続とする場合などがある。ここでは、橋軸1次の振動モード形状、面内曲げモーメントと鉛直方向たわみの影響線形状より、疑似的に4径間連続とした場合の各衝撃係数を算出し、測定された動的増幅率とともに図-3に示す。振動モードおよび影響線形状より支間長を算出した方が、5径間連続とした場合の衝撃係数よりも動的増幅率に近似している。

5. まとめ

- 1) 固有振動数と固有モードの解析値と実測値の比較から、固有振動数の算出時の解析モデルとして、橋軸直角方向では床版を横構部材として置き換えることで精度のよい値が得られることが確認された。
- 2) 減衰定数では動的応答解析の入力諸元としての妥当性が確認された。また、減衰定数が振幅、周波数に依存することが確認された。
- 3) 設計時の衝撃係数についてはほぼ妥当な値といえる。また、設計時の衝撃係数を算出する場合の支間長を、振動モードおよび影響線形状から算出する案を考え、疑似4径間連続とすると実測値の動的増幅率に近くなることがわかった。

表-2 固有振動数と固有モード

振動方向		固有振動数(Hz)			モード図
		実測値(A)	計算値(B)	A/B	
橋軸直角	1次	0.7060	0.7077	0.9976	
	2次	1.2380	0.9306	1.3303	
	3次	1.7940	1.7088	1.0499	
鉛直	1次	1.7000	1.3560	1.2537	

表-3 減衰定数の比較

センサー方向 卓越周波数(Hz)	橋 軸		橋軸直角		鉛 直	
	0.700	1.705	0.706	1.238	1.700	2.250
常時微動 パワースペクトル	0.010	0.003	0.007	0.006	0.003	0.003
ジャッキ加振 パワースペクトル	0.053	0.022	0.054	0.029	0.022	0.019
ジャッキ加振 減衰波形	0.121	0.048	0.026	0.022	0.020*1 0.035*2	0.029
車両踏台落下 減衰波形	—	—	—	—	0.036	0.029
動的応答解析 時の減衰定数	0.020	—	0.023	0.023	0.021	0.021

注) *1:支間中央部の減衰定数

*2:脚との剛結部の減衰定数

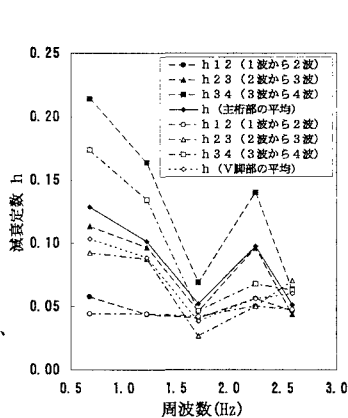


図-2 周波数別の減衰定数

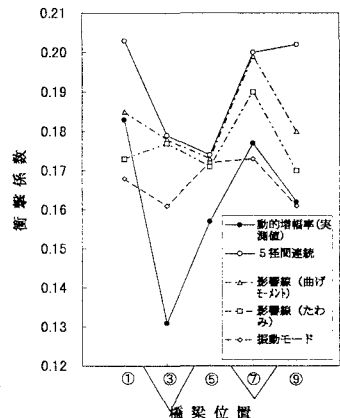


図-3 設計衝撃係数と動的増幅率