

I-373 菅原城北大橋の実橋振動実験

大 阪 市 建 設 局 正会員○亀井正博
 大 阪 市 建 設 局 正会員 井下泰具
 日立・松尾・三菱・横河JV 正会員 井上幸一

1. まえがき

菅原城北大橋は、長柄橋と豊里大橋のほぼ中間点で淀川に架かり、両端をPCラーメン橋に支持された3径間連続鋼斜張橋である。供用開始直前の平成元年5月、耐震・耐風設計の基本となる振動特性の検証を目的として実橋振動実験を実施したので、その概要を以下に述べる。

2. 実験方法

使用加振装置は実橋加振用に開発された大型起振機で、その主要諸元を表-1に示す。起振機の設置箇所は中央径間 $l/4$ 点および $l/2$ 点、加振方向はいずれにおいても鉛直方向と水平（橋軸直角）方向の2方向とした。また、試験は起振機の加振周波数を細かく刻み変化させて周波数応答曲線を求める正弦波応答試験と各振動モードの定常共振状態において起振機を急停止して自由減衰波形を求める自由減衰試験の2種類実施した。計測は桁、塔の主要な点にサーボ型加速度計を配置し、ケーブルについても代表点に回転抵抗型のケーブル変位計を取り付けて行った。その他、端及び中間支点の変位や代表ケーブルの張力なども併せて計測した。これら計測データは高性能データ処理装置により橋上にてオンライン処理し、試験中にも主要情報を図形表示するなどのモニターを行って実験を進めた。実験の概要を図-1に示す。

3. 解析

斜張橋の特徴である桁とケーブルの連成効果が考慮できるよう、各ケーブルを質量と剛性（張力）をもつ弦要素としてモデル化し、また、両端を支持する隣接PCラーメン橋も含めたモデルとした。このモデルは本橋耐震検討においてケーブル振動を考慮した地震応答解析に使用したものと基本的に同じである。

4. 実験結果および考察

共振曲線の代表例（ $l/2$ 点加振、 $l/2$ 点鉛直たわみ対称1次）を図-2に示す。図中aは振幅応答曲線、bは起振力に対する橋体応答の位相曲線を表し、cはaとbを合わせて極座標表示したモーダル円である。図-2の位相関係から共振時の周波数および最大振幅が高精度にとらえられていることがわかる。他のモードも同様の結果である。

表-1 起振機の主要諸元

型 式	電気・油圧サーボ式
加振方向	鉛直、水平
最大加振力	3 tonf
最大ストローク	± 200 mm
加振周波数	0～10 Hz
加振波形	正弦波（任意波形可能）
ウエイト	5 tonf

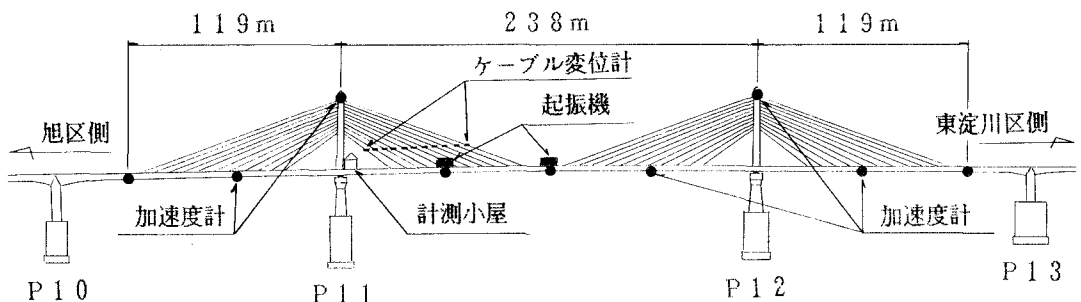


図-1 実験概要

次に、固有値解析結果との対比を示す。表-2に示す振動数についてみると、全体的に良い一致を示しているが、若干実測値の方が高めで、差は最大約10%程度である。既往の振動実験においても同様の結果となっていることが多く、解析値と実測値との差は高欄や舗装の剛性への寄与や支承部の摩擦などが原因として考えられるが、実用上問題のない程度のものである。また、図-3のモード形状についてみても一部高次モードで側径間の対応が若干悪くなるが、全体的に解析値と実測値とは良い一致を示しており、本橋地震応答解析におけるモデル化の妥当性が検証できた。各モードの対数減衰率を表-2に示す。これは起振機急停止後の自由減衰波形から求めたもので、その代表例を図-4に示す。鉛直たわみ振動では各次ともほぼ同じであるが、その他のモードではかなりばらついている。また、従来より言われているように、塔の減衰は桁よりも低めであった。しかし、いずれも耐風設計想定値（桁 $\delta=0.02$ 、塔 $\delta=0.01$ ）を上回っており、本橋の耐風設計の安全性が確認できた。

5. まとめ

本実験の結果、菅原城北大橋の耐震・耐風設計の妥当性が検証できた。これらの結果が今後の斜張橋の動的設計の一参考資料となれば幸いである。最後に、本実験に際し貴重な御助言を頂いた大阪市橋梁技術委員会委員の諸氏に深く感謝いたします。

表-2 実験結果のまとめ

振動モード		振動数 (Hz)		対数減衰率 δ
		解析値	実測値	
鉛直 たわみ 振動	対称1次	0.364	0.393	0.047
	逆対称1次	0.539	0.603	0.046
水平 たわみ 振動	対称1次	0.879	0.923	0.042
	逆対称1次	0.753	0.838	0.064
ねじり 振動	対称1次	2.069	2.014	0.227
	逆対称1次	1.066	1.137	0.056
塔	対称1次	2.113	2.058	0.113
	P 1 1	0.947	0.903	0.028
	P 1 2	1.034	0.908	0.022

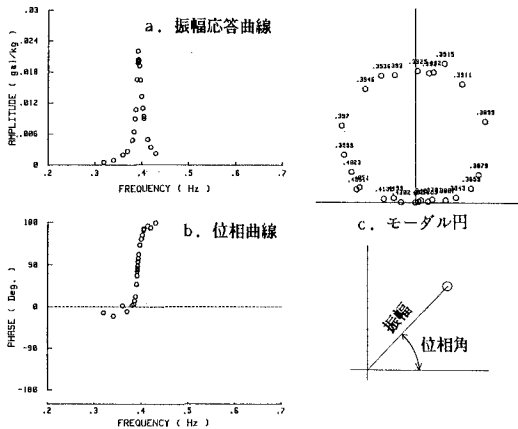


図-2 鉛直たわみ対称1次振動共振曲線

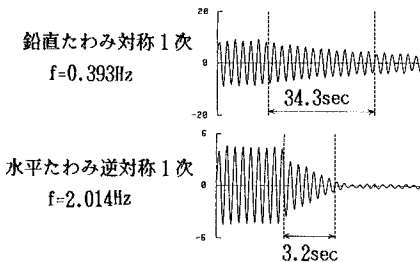


図-4 自由減衰波形例

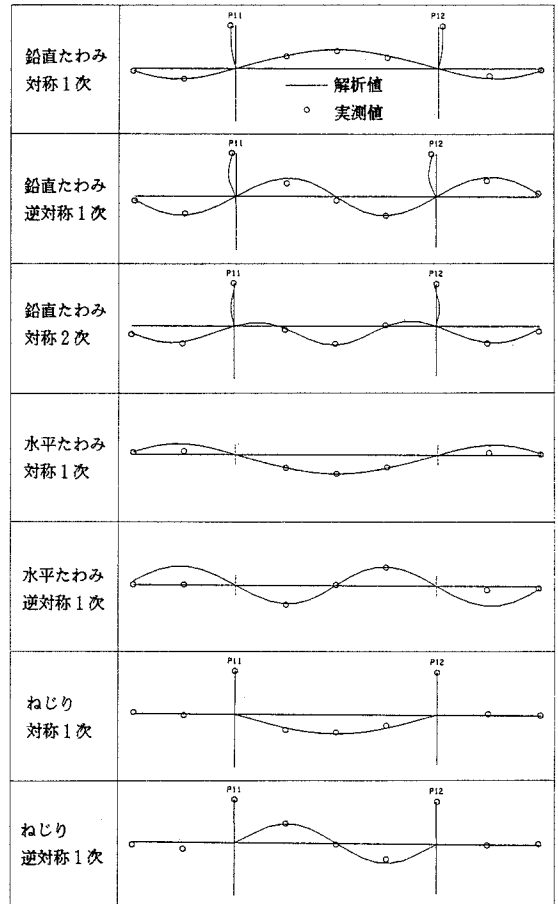


図-3 振動モード