

I-364 海田大橋の実橋振動実験

広島県海田大橋架橋事業所 正会員 檜垣 忠良
広島県海田大橋架橋事業所 正会員 平木 茂
三菱重工業株式会社 ○正会員 佐々木伸幸

1. まえがき

海田大橋は、広島市東部の海田航路をまたぐ海上橋梁であり、橋長550m、中央径間250mの我国最大規模の3径間連続鋼床版箱桁橋である。本橋の舗装工事を終え、構造的にほぼ完成状態になった平成2年2月に実橋を起振機で加振し、本橋の耐風安定性など動的設計の基礎となる固有振動特性(特に減衰特性)を実測し、設計計画値の検証を行なった。

2. 実験方法

起振機は建設省土木研究所の大型起振機2台を用いたが、ねじり振動など2Hz以上の高周波域の加振用に油圧起振機をも併用した。表1に諸元を示す。起振機は先ず中央径間ℓ/2点で加振し、その後ℓ/4点に移設し加振した。加振方向は鉛直方向のみである。計測は桁の主要箇所および橋脚天端にサーボ型加速度計を19台、また杓の回転およびすべり量を検出するための変位計を6台、合計25成分を同時計測した。起振機、計測器の配置を図1に示す。

3. 実験結果と考察

(1) 固有振動数

主要なモードの共振曲線の代表例として1次モードの共振曲線を図2に示す。共振曲線は、上段が振幅曲線而下段が位相曲線を示している。また、この振幅と位相を極座標表示したモーダル円を図3に示す。これらの結果から、共振曲線(又はモーダル円)はピークを正確にとらえていることが判る。

表1 使用起振機の主要諸元

起振機種類	土研起振機	油圧式起振機
方式	不平衡重錘型	油圧・電気サーボ式
型式	EX-7500BL	MHI-1000
台数	2	1
加振可能方向	鉛直、水平	鉛直、水平
最大加振力	12ton(以下1台当たり)	3ton
不平衡モーメント	750kgf・m	1000kgf・m
振動数範囲	0.1~2.0Hz	0~50Hz
本体寸法	4560×2350×2210H	2300×1350×2800H
本体重量	12ton	6ton

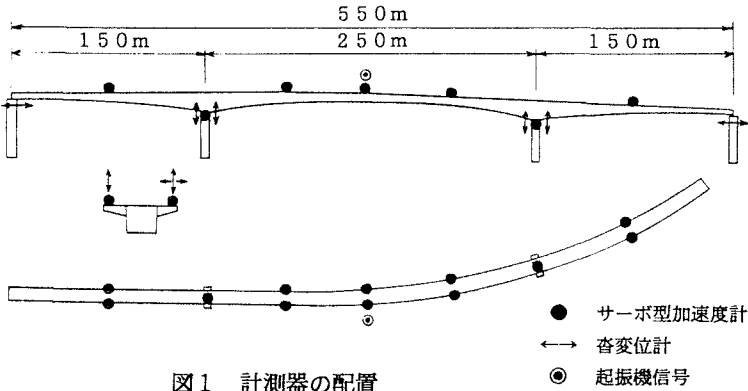
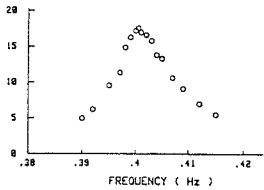


図1 計測器の配置

(a) 振幅応答曲線



(b) 位相曲線

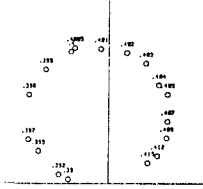
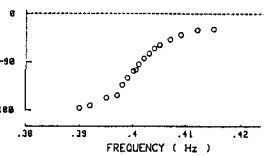


図3 モーダル円

図2 共振曲線

固有振動数の実測値と計算値の比較を表2にまとめて示す。表中、計算値は本橋の最終諸元に基づき桁、ピアの立体振動解析により求めたものである。実測値を範囲で示しているのは、同じモードの共振曲線を日時を変えて繰り返し実験した場合、少しデータが異なる場合があったものである。計算値と実測値を比較すると、誤差は最大10%程度で実用上十分な精度で対応していると言える。なお、振り振動など高周波域で両者の対応が悪くなる傾向が見られる。

(2) 固有モード

主要振動の固有モード全体形の実測値と計算値の対比を図4に示す。実測値と計算値の対応は良好である。また、杓部のモードの例を図5に示す。全体的に実測値がやや小さい傾向が見られる。これは、杓部の摩擦の影響などによると考えられる。

(3) 対数減衰率

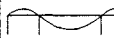
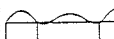
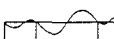
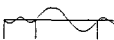
各モードの自由減衰波形の代表例を図6に示す。自由減衰波形は良好な波形であり、読み取り誤差の少ない対数減衰率が得られた。また、主要モードの対数減衰率をハーフパワー法により求め、自由減衰から求めたデータと対比した結果を表3に示す。両者は1割程度の誤差で一致しており、実測値の信頼性についてクロスチェックが出来たといえる。今回実験での対数減衰率は、計測誤差に関しては高精度の値が得られたが、上記の固有振動数でも見られたように少し時間を置いた後、同じデータを採取するとかなり異なった値になる現象が現われた。このため表2の対数減衰率データは変動幅で示している。この変動要因について、今後、振動振幅、温度などとの相関性を詳細検討したい。

4. まとめ

実験の結果、当初目的とした本橋の耐風性に関する固有振動特性値が全て良好な計測精度のもとに実測できた。固有振動特性値のうち、固有振動数、固有モードについて実測値と設計計算値の対比はほぼ良好であり、本橋の動的設計の妥当性が検証できたといえる。また、耐風安定性上最も重要な特性値である対数減衰率 δ の実測値はいずれも本橋の耐風安定性上必要な値 $\delta = 0.04^{1)}$ を上回る値であり、耐風安全性が検証できたといえる。なお、本実験に当っては、建設省土木研究所 構造研究室の横山功一室長、他の皆様に御指導頂きました。深く感謝いたします。

参考文献1) 檜垣忠良, 他 “海田大橋（上部工）の設計・施工”, 橋梁 1989.12

表2 主要モードの固有振動数、対数減衰率

	次数	振動モード	振動数 f (Hz)		対数減衰率 実測値 δ
			計算値	実測値	
鉛直曲げ振動	1		0.406	0.396 0.403	0.046 0.070
	2		0.710	0.727 0.748	0.072 0.088
	3		0.931	0.956 0.972	0.051 0.082
	4		1.430	1.446 1.477	0.051 0.058
振り振動	5		2.956	2.74 2.75	0.142 0.183
	6		6.002	5.391 5.481	0.097 0.107
水平振動	7		0.693	0.655	0.068 0.074

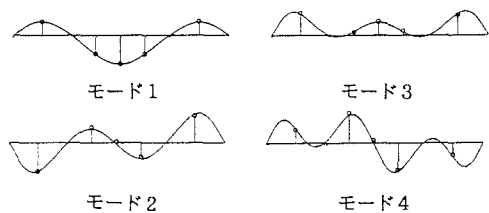


図4 固有モードの比較

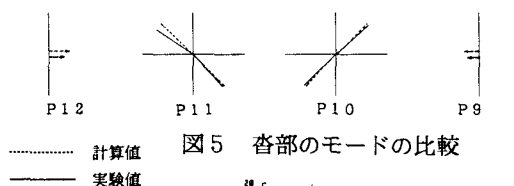


図5 杓部のモードの比較

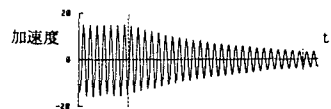


図6 自由減衰波形

表3 対数減衰率 δ の比較

	次数	対数減衰率 δ	
		自由減衰	ハーフパワー法
鉛直曲げ振動	1	0.064	0.068
	2	0.083	0.085
	3	0.069	0.068
	4	0.054	0.048
振り振動	5	0.145	0.157
	6	0.103	0.094
水平振動	7	0.071	0.084