

宇品大橋の実橋振動実験

広島高速道路公社 ○正会員 宮脇 崇泰
 広島高速道路公社 正会員 田邊喜久夫
 広島高速道路公社 正会員 森原 隆浩
 三菱重工業株式会社 正会員 渡部 剛賢

1. まえがき

宇品大橋は、広島都市圏の東西方向の交通の軸となる広島高速 3 号線 (広島南道路) の一部区間を構成しており、広島市の海の玄関口である県営宇品桟橋に隣接した内港に架かる、全長 550 m、中央径間 270 m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋で、中央径間を単弦ローゼで補剛した道路橋としては非常に珍しい形式の日本最大支間長を有する鋼箱桁橋である。本橋の舗装工事が完了し、構造的にほぼ完成状態になった平成 11 年 11 月に実橋を起振機で加振し、本橋の耐風安定性など動的安定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った。

2. 実験方法

本実験では、宇品大橋の耐風性検討に必要な鉛直たわみ 4 モードを対象とし、長大橋加振用の大型起振機 (196 kN × 100 cm) ・ 1 台を側径間中央に配置し、正弦波加振を行った。計測項目は、固有振動数、固有振動モード、対数減衰率及び支承変位などで、これら計測器の配置及び起振機設置位置を図-1 に、また使用起振機の仕様を表-1 に示す。

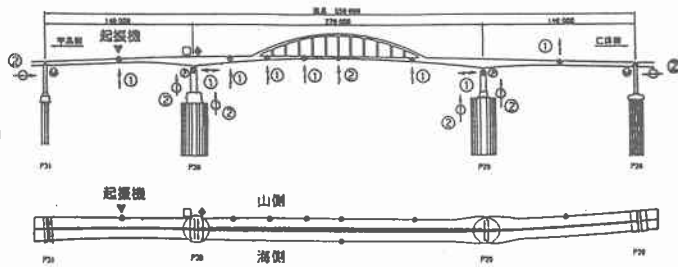


図-1 計測点図

3. 実験結果および考察

3.1 正弦波応答実験

実験対象とした 4 モードを含む全周波数範囲における正弦波応答データを図-2 に示す。図-2 (a) は単位加振力当たりの桁 (側径間 $L/2$) 点の振幅応答曲線であり、図-2 (b) は加振力波形に対する桁応答波形の位相差を示す位相曲線である。振幅応答曲線には 3 つのピークが現れている。0.4 ~ 0.5 Hz 付近の間の 2 つのピークはそれぞれ 1 次、2 次振動のピークである。

表-1 起振機的主要諸元

加振方向	鉛直方向
本体重量	約 362.8 kN (37 tonf)
ウエイト重量	196.1 kN (20 tonf)
ウエイトロー	±100 cm
同期制御	2 台同相同期および逆相同期運転
駆動方式	AC サーボモーター (55 kW)
急停止装置	ディスプレイによる急制動
電源	エンジン発電機 (200 kVA)

記号	計測項目	計測器	点数	感度
●	主桁振動	振動計	8	8
○	橋脚振動	振動計	2	2
△	支承変位	変位計	12	12
□	変位・変角	変位計	1	1
◇	外気温	温度計	1	1
▽	起振機変位	変位計	2	2
合 計			26	27

また、約 1.0 Hz 付近にもピークがあるが、これは 5 次 6 次の振動の固有振動数が極めて接近しているため、1 つのピークとなって現れたものと考えられる。次に各ピーク位置における振幅応答曲線の詳細と振幅と位相差を複素平面上に同時にプロットしてモーダル円表示した結果をたわみ 1 次を代表例として図-2 (c) に示す。モーダル円はほぼ良質な円形状であり、共振点を正確にとらえていることがわかる。

これら共振点における桁の計測点の振幅比率と位相関係から、モード形状を求め計算値モードと比較した結果を図-3 (a) ~ (c) に示す。1 次 2 次モードについては、実験値モードと計算値モードは良く一致している。しかし、5 次 6 次モードについては、いずれも異なっている。ここで計算値の 5 次 6 次モードを加算し、実験値と比較 (最下段) すると良く一致する結果となり、極めて近い固有振動数の固有値は重根の特性となり、2 つのモードの線形和もモード形状となり得ることを示していると考えられる。

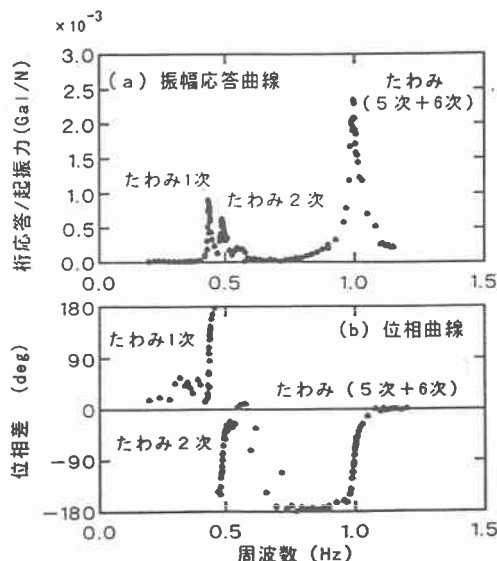


図-2 共振曲線

3. 2 自由減衰実験

図-4に代表例としてたわみ1次の自由減衰波形を示す。自由減衰波形は良好な波形であり、高精度の対数減衰率データが得られていると判断できる。また、自由減衰時の支承のすべり状況を検討したが、本橋の支承は、滑らかにすべっており、摩擦係数が極めて小さいことが判った。

4. 減衰特性の詳細

今回実験で得られた対数減衰率に対し、橋体各部を次のように分割し、エネルギー的手法により減衰エネルギーを求めた。①アーチ部②桁部③コンクリート高欄部④中央分離帯部⑤橋脚部⑥支承部、

エネルギー理論を用いた減衰解析は、まず、橋体各部の減衰エネルギーを求める。このとき、減衰エネルギーは各構成部材について各部材の減衰特性を示す損失係数ロスファクターを定めそれに各モードのひずみエネルギーを乗じることにより求めた。その結果として、本橋の対数減衰率が既往橋に比べて比較的大きいことの要因として橋脚部の寄与が大きいと推測された。また、多数回の実測データから対数減衰率の振幅依存性及び風速、温度による影響は比較的小さく、本橋の構造特性は安定的であると云える結果が得られた。

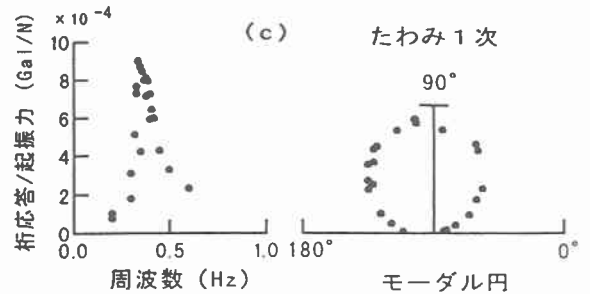
5. まとめ

実験結果をまとめて表-2に示す。

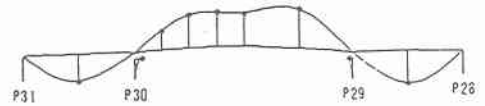
実験の結果、当初目的とした本橋の耐風性に関する固有振動特性値が良好な精度で実測確認できた。固有振動特性値のうち、耐風安定性上最も重要な特性値である対数減衰率 δ の実測値はいずれも本橋の渦励振抑止条件 $\delta = 0.06$ を上回る値であり、耐風安定性が検証できたと言える。また、本実験で得られた固有振動特性実測データは、今後のこの種形式橋梁の耐風設計データとして貴重な設計資料となると考えている。なお、本実験に当たって、建設省土木研究所構造研究室佐藤弘史室長、他の皆様にご指導頂きました。深く感謝いたします。

表 - 2 実験結果一覧表

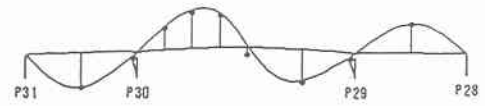
振動モード	固有振動数 (Hz)	対数減衰率 δ		最大振幅 (cm)
		計算値	実測値	
たわみ1次		0.416	0.434	4.3
たわみ2次		0.473	0.488	1.7
たわみ5次		0.997	0.998	0.4
たわみ6次		1.002		



(a) モード：たわみ1次



(b) モード：たわみ2次



モード：たわみ5次



モード：たわみ6次



(c) 計算値モード：5次モード+6次モード



図-3 実測値と計算値のモード比較

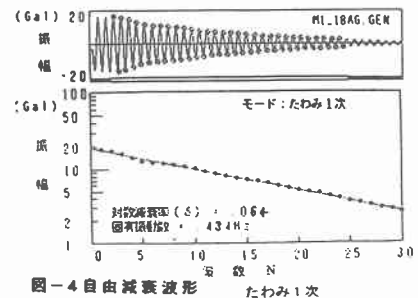


図-4 自由減衰波形 たわみ1次

- 参考文献 1) 栗原広行、他 “宇品大橋（仮称）における耐風安定性の検討” 橋梁と基礎 1999. 12
 2) 栗原広行、他 “宇品大橋上部工の施工” 橋梁と基礎 2000. 2
 3) 山本信哉、他 “宇品大橋の耐風性検討” 土木学会発表概要集 1999. 9
 4) 山口宏樹、他 “斜張橋振動減衰のエネルギー評価法と鶴見つばさ橋への適用” 土木学会論文集 NO. 543/I-36.217-227, 1996. 7