

安芸灘大橋の振動実験

広島県道路公社 ○正会員 西岡 直樹
 広島県道路公社 正会員 鳥海 隆一
 補剛桁(1工区)JV 岡 清志
 菱明技研株式会社 正会員 佐々木伸幸

1. まえがき

安芸灘大橋は広島県の川尻町（本州）と下蒲刈町（下蒲刈島）を結ぶ、橋長 1175m の 3 径間 2 ヒンジ箱桁吊橋である。本橋は長支間（255+750+170m）で、桁幅（16.0m）が狭いスレンダーな構造であることから、耐風安定性の確保が重要な設計課題であった。このため、橋体完成後に耐風設計条件の検証を主目的とした実橋振動実験を行った。実験では、大型起振機で桁を水平方向に加振し、従来の吊橋振動実験でほとんど実測データが得られていない、水平方向の大振幅加振時の振動特性を把握した。

2. 実験方法

使用起振機は表 1 に示す大型起振機 2 台を桁の中央径間 L/3.4 点に設置した。加振方向は橋軸直角の水平方向で、水平曲げ振動を励起した。水平加振の場合には、桁にねじりモーメントも作用するので、ねじり振動についても加振を行った。計測項目および計測点配置を図 1 に示す。桁、塔の主要個所にサーボ型加速度計を 18 台設置した。また、桁最外縁のフェアリングのボルト接合部におけるすべりが構造減衰に及ぼす影響を把握するための変位計を 7 台設置した。

表 1 起振機の主要諸元(1台あたり)

加振方向	水平方向
本体重量	367.5kN(37.5tonf)
ウェイト重量	225.4kN(23tonf)
ウェイトストローク	±100cm
同期制御	2 合同相または逆相同期
周波数きざみ	1/10,000Hz
駆動方式	AC サーボモータ(55kw×2 台)
急停止装置	ディスクブレーキによる急停止
電源	エンジン発電機(200kVA×2 台)

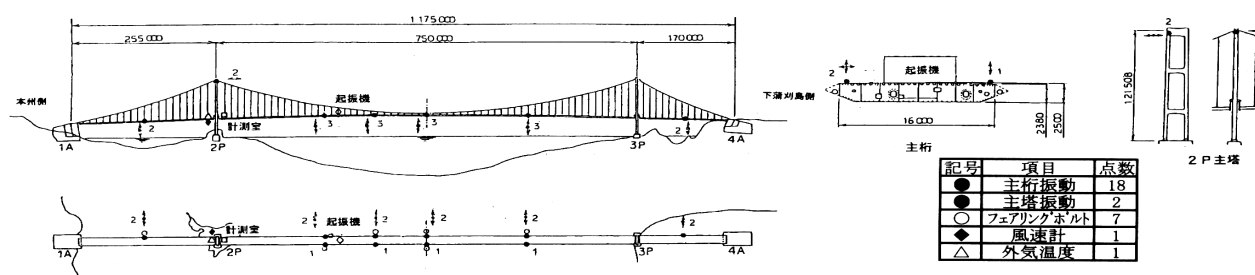


図 1 計測配置図

記号	項目	点数
●	主桁振動	18
●	主塔振動	2
○	フェアリングボルト	7
◆	風速計	1
△	外気温度	1

3. 実験結果および考察

3. 1 固有振動数およびモード

正弦波応答を図 2 に示す。加振を行った 0.05Hz ~ 1.0Hz の周波数範囲に、6 個の主要な低次モードが確認できた。振幅および位相曲線から求めた固有振動数の実測値と計算値を比較して表 2 に示す。計算値は 2 通りの解析モデルの結果を示している。設計モデルは設計剛性値を用いたモデルであり、修正モデルは桁剛性値にフェアリング剛性を+付加したモデルである。実測振動数は設計モデルに対し、5 ~ 10%程度高めであるが、修正モデルはほぼ一致する結果を示している。これは、今回の実験ではフェアリングのボルト接合部における滑りが少なかったためと考えられる。固有振動モードの実測値と計算値の対比を図 3 に示すが、両者は良く一致している。

キーワード：吊橋、振動実験、水平振動、構造減衰、固有振動数

連絡先：〒737-0051 広島県呉市中央 1-5-27 広島県道路公社 呉事務所 西岡直樹

3.1 対数減衰率

共振状態で起振機を急停止した後の自由減衰波形から、対数減衰率を求めた。自由減衰波形の例を図4に示す。各モードとも、ほぼ単調な減衰波形であり、比較的安定的な対数減衰率が得られた。各モードの対数減衰率を表2に示す。水平曲げ振動の δ は0.07~0.16の範囲で比較的大きい値である。ねじれ振動の δ は0.04~0.07であり、既往実験データと同程度である。また、主塔振動の δ は0.012であり、これは架設時の塔単独状態の $\delta=0.01$ とほぼ同じである。また、曲げ振動の大振幅時には一部のフェアリングボルトについて滑りが発生した。この状態を図4に示しているが、ボルト滑りが生じた前、後の対数減衰率はほとんど変化が見られず、フェアリングボルトの滑りが対数減衰率に及ぼす影響は小さいと考えられる。

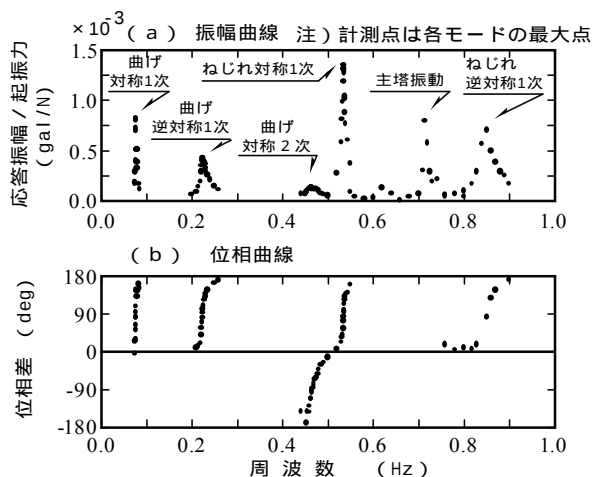


図2 正弦波応答

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		
		設計モデル	修正モデル			
曲げ	対称1次	0.0739	0.0770	0.0777	0.087	29.5
	逆対称1次	0.206	0.225	0.224	0.157	12.6
	対称2次	0.413	0.465	0.466	0.066	0.5
ねじれ	対称1次	0.527	0.527	0.536	0.040	7.1
	逆対称1次	0.847	0.835 0.855	0.845	0.074	0.4
主塔振動		0.754	0.756	0.715	0.012	0.7

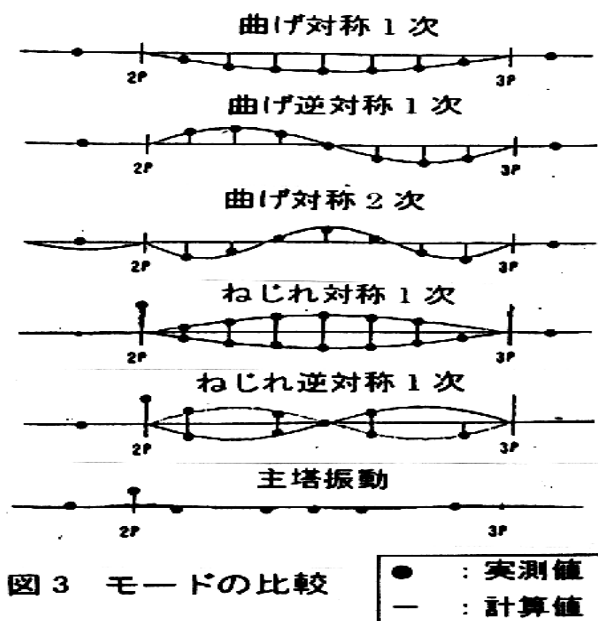


図3 モードの比較

● : 実測値
— : 計算値

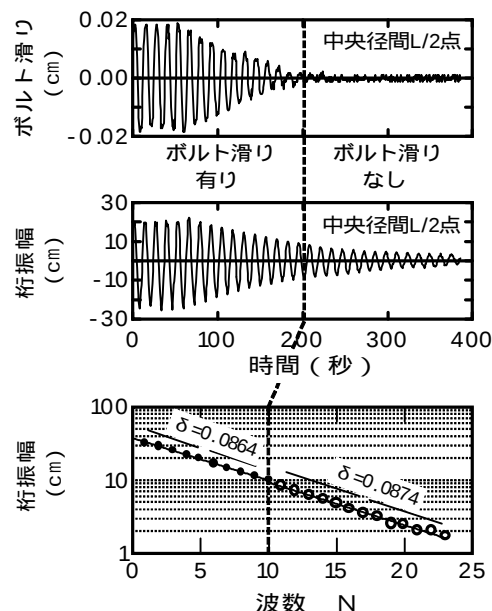


図4 桁自由減衰波形とボルトの滑り

4. まとめ

耐風設計の基礎となる振動特性が実測把握でき、実測対数減衰率はいずれも耐風設計基準値 ($\delta=0.02$) を上まわっており、耐風安定性が検証された。なお、水平曲げ振動の大振幅領域の減衰値、および完成系の主塔振動の減衰値は、従来の実験ではほとんど得られておらず、今後の長大吊橋の貴重な設計資料に役立つと考えられる。

参考文献 1) 名越優他, “安芸灘大橋上部工の設計・施工” 橋梁と基礎 2000.2

2) 真辺保仁他, “多々羅大橋の実橋振動実験” 橋梁と基礎 1999.5