

I-354 S字形曲線斜張橋の実橋振動実験

首都高速道路公団 正員 吉川 博
 首都高速道路公団 正員 桜井 順
 首都高速道路公団 正員 東原 辰哉
 川重・櫻田・東骨共同企業体 正員 入部 孝夫

1. まえがき

本橋は平面線形に反向クロソイドを持つS字形曲線斜張橋で、その構造的特性から常に3次元的な複雑な挙動を示すことが予想されたため、動的諸問題については設計時点において各種の検討及び実験を実施し、耐風制振装置の設置や地震時設計断面力の補正等を行った。本文ではこれらの検討結果を確認するための実橋振動実験内容とその結果の一部について報告する。

2. 振動実験

a. 実験の目的

固有振動数・固有振動モード・対数減衰率・振動振幅などの振動特性を実測することによって、耐風・耐震設計上の基礎となる風洞実験における相似性や地震応答解析における諸物理定数、解析モデルの妥当性を検証することを目的として実験を実施した。

b. 実験方法

実験は起振機・クレーンを用いた強制振動実験と常時微動の測定を行った。

i) 起振方法

本橋の振動特性は、鉛直たわみ振動・水平たわみ振動・ねじれ振動・塔の面外振動等がほとんどのモードにおいて連成したり、固有振動数が近接しており、複雑な性状を呈している。本実験においてはこれらを各次数ごとに可能なかぎり明確に区分するため、各起振振動数と定常応答値を把握できる起振機による強制振動法を主として採用し、さらに鉛直起振機の加振力が小さいこと及び広範囲の振幅に対する減衰を測定するためクレーン加振法も併用した。起振機は建設省土木研究所所有の15 ton 2連式起振機（鉛直方向起振）と20 ton水平起振機（橋軸方向及び橋軸直角方向起振）を使用した。またクレーンは45 ton吊油圧クレーン2台（重錘2.6 ton）を使用した。

鉛直起振機及びクレーンの設置位置は、鉛直振動モードを考慮して中央径間スパンセンター付近で起振するケースと閉合点付近で起振するケースの2ケースとした。水平起振機は、水平振動モードがP37コンクリート脚をほぼ固定点とする反曲したモードになることから桁の両端部（P35、P39）にて起振する2ケースとした。

ii) 振動センサーの配置

振動センサーは、桁・塔・ケーブル・脚・支承の各主要点に配置した。方向は主として起振方向の応答を計測するように配置したが、立体的な挙動を把握するためできるだけ3次元的に配置した。振動の計測は主として加速度と変位について行っており、サーボ型加速度計（32ヶ所）とサーボ型振動変位計（6ヶ所）及び変位計（16ヶ所）とロードセル（1ヶ所）を図-1に示す位置に設置した。

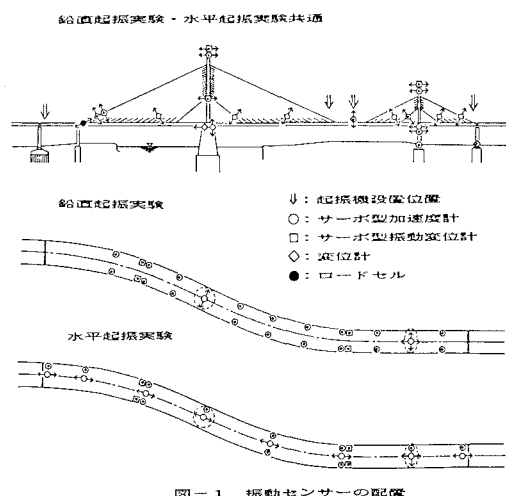


図-1 振動センサーの配置

3. 実験結果

強制振動実験から得られた共振曲線の一例を図-2, 3, 4に示す。計算値は対数減衰率を0.06と仮定した周波数応答解析によって求めたものである。

下部構造の影響を受けにくい鉛直振動の固有値は計算値と良く対応しており、実測された固有振動数は全体的に計算値より大きくなっている。

これに対して、水平振動（橋軸直角方向）では、桁等の影響を受けにくい親塔及び子塔のみの部分的な面

外振動についてはほぼ計算値と一致するものの、桁については計算値との間にかなりの差異を生じており複雑な様相を呈している。

水平振動における本橋の特徴は、P37コンクリート橋脚以外は剛性の小さい鋼製橋脚で構成されており、上部構造の全体質量が橋脚の質量よりかなり大きい場合、橋脚からの拘束があっても水平方向に変形しやすいことがあげられる。

従って、水平方向の桁の振動には隣接工区の質量や境界条件が影響を与えているものと考えられる。

図-5に桁鉛直1次振動と親塔面外振動の減衰曲線を示している。グラフ接線勾配を振動数で除したものが対数減衰率を示す。

鉛直たわみ1次振動の対数減衰率は、振幅が小さい場合（起振機加振）に0.027となり、振幅が大きい場合（クレーン加振）は0.034が得られ減衰率は振幅と共に大きくなることが推測できる。

表-1は構造各部位の対数減衰率をまとめた表である。

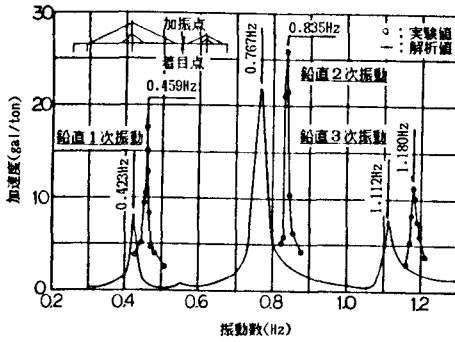


図-2. 1 桁の共振曲線（鉛直方向加振）

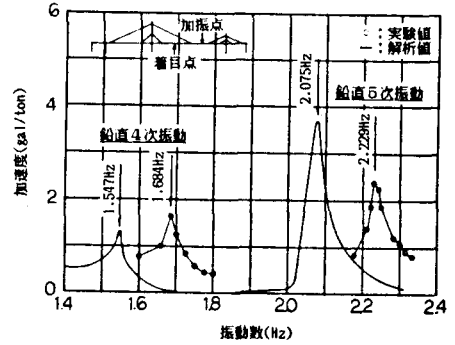


図-2. 2 桁の共振曲線（鉛直方向加振）

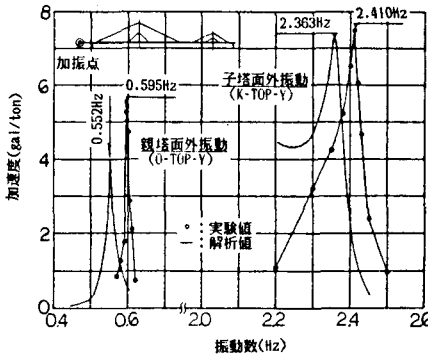


図-3 塔の共振曲線（橋軸直角方向加振）

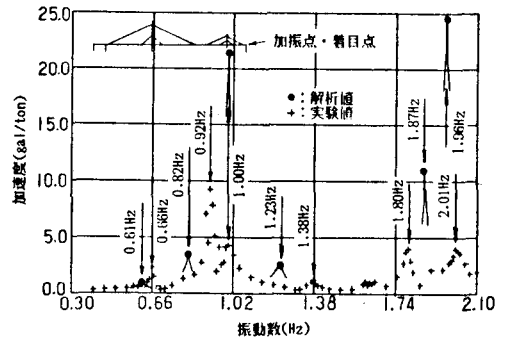


図-4 桁の共振曲線（橋軸直角方向加振）

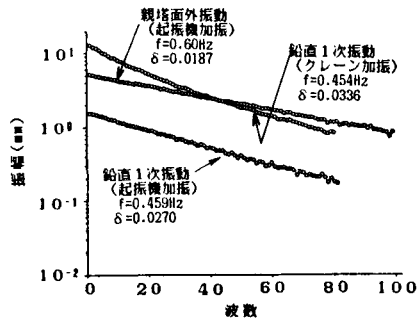


図-5 減衰曲線

表-1 対数減衰率

振動形態	対数減衰率
鉛直1次	0.0270 (0.0336)
鉛直2次	0.0277 (0.0430)
鉛直3次	0.0423
水平（橋軸）1次	0.1057
水平（橋軸）2次	0.0562
親塔面内	0.0410
親塔面外	0.0187
子塔面内	0.0392
子塔面外	0.1012
脚（P38）面内	0.0945
脚（P38）面外	0.0385
支承（P37）回転	0.0411

注）（ ）内はクレーン加振時の値