

甌大明神橋（PC斜張橋）の振動特性

金沢大学工学部 学生員 深田 幸史
 金沢大学工学部 正会員 梶川 康男
 オリエンタル建設（株） 正会員 角本 周

1. まえがき

甌大明神橋は、鹿児島県甌島列島内の上甌島と中島間のヘタの串海峡に架設された、橋長170mの2径間連続PC斜張橋である。本橋のように、比較的短スパン（100m未満）のPC斜張橋では、活荷重に対して死荷重が小さく、設計の面から考えても、交通荷重による衝撃や振動も無視することができない。そこで、本橋において行われた走行車両による静的および動的載荷実験の結果を用いて、このPC斜張橋の振動特性を求め、さらに有限要素法を用いた解析で実験結果と比較することにより、PC斜張橋における動特性を明らかにしたので

以下に報告する。なお、甌大明神橋の概要図を図-1に示す。

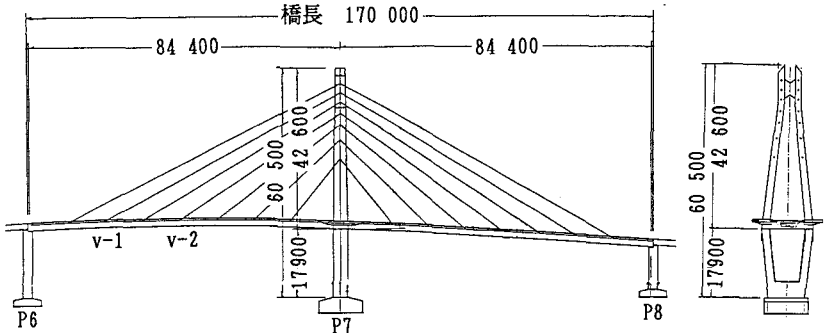


図-1 甌大明神橋の一般図

2. 実験結果

このPC斜張橋において、走行車両による振動性状の把握を目的として静的および動的載荷実験を行った。

また、本橋ではケーブルのレインパイプレーション対策として粘性せん断型ダンパーを上5段（実験時4段）のケーブルに設置しているが、PC斜張橋におけるシステムダンピングの効果を検討するために、振動実験の測定はダンパー設置前後において実施した。図-2は、ダンパー設置後において25トン車が40km/hで走行したときの測点V-2（図-1参照）における速度波形とそのスペクトルを示している。図-3は、ダンパー設置前後において車両が橋上から退去した後に生じる主桁（測点V-2）の速度減衰波形にFFTによるバンド処理を施した波形である。なお、点線はダンパー設置後25トン車が、実線はダンパー設置前に20トン車がそれぞれ走行したときの波形である。設置前後の減衰定数を求めたところ設置前では、 $h=0.015$ であったものが設置後では、 $h=0.018$ となっていた。走行車両1台だけの振動であるので、一概には言えないが、多少の減衰の変化が見られたことから、ケーブルの振動対策用のダンパーでも橋桁の振動にも影響していると言えよう。

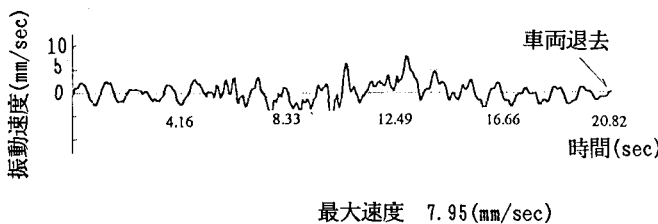


図-2 (a) 実験による速度波形（測点V-2）

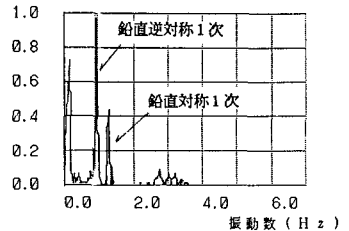


図-2 (b) 実験によるスペクトル

3. 固有振動解析

本橋を節点数91、要素数119の棒部材からなる3次元骨組み構造にモデル化し、有限要素法を用いて固有振動解析を行った。その際のP₆、P₇橋脚部における上部工との境界条件は、可動支承、P₇橋脚部とは剛結形式となっている。なお、本解析は橋本体の振動を対象としているのでケーブルには中間節点を設けていない。また、解析ではケーブルの曲げ剛性を無視し、張力による剛性のみを考慮することとした。表-1に解析により求められた固有振動数を示す。また図-4には、実験時に顕著に卓越していた振動の解析における振動モードを示す。

4. 動的応答解析

固有振動解析により求めた固有値と固有ベクトルを用いて動的応答解析を行った。減衰定数は、実験値から $h=0.015$ を代入して解析した。図-5は、実験により求めた速度波形と速度スペクトル（図-2）と同じ荷重条件（25トン車1台が走行したとき）で解析した結果である。まず波形を比較してみると、速度の最大振幅はほぼ一致しているといえる。またスペクトルにおいてもよく類似しているが、2~3Hzの振動が励起されており、実験時と多少異なる傾向にある。

表-1 固有振動数 (Hz)

次数	解析値	モード
1次	0.740	鉛直逆対称1次
2次	1.145	鉛直対称1次
3次	1.627	塔の面外
4次	1.672	塔の面内
5次	1.890	水平逆対称1次
6次	2.016	水平対称1次
7次	2.385	鉛直逆対称2次
8次	2.403	鉛直対称2次
9次	3.458	桁と塔の連成
10次	4.349	ねじれ1次

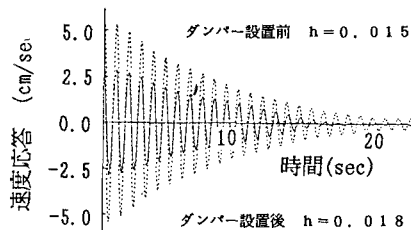


図-3 ダンパー設置後における減衰自由振動波形

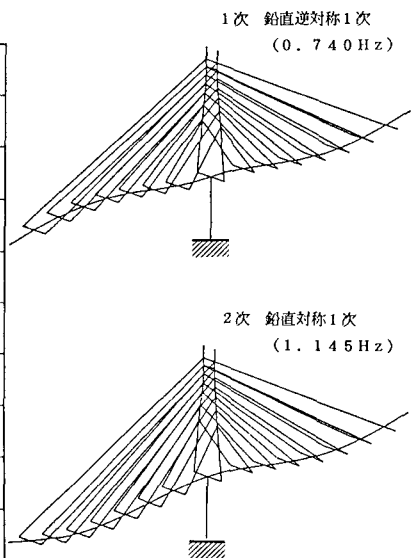
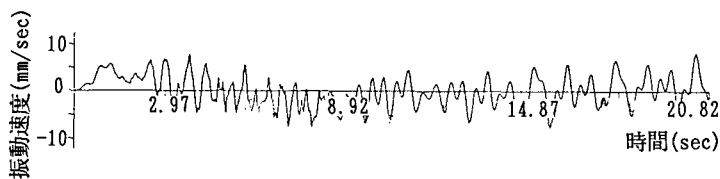


図-4 解析による固有振動モード



最大速度 8.19(mm/sec)

図-5 (a) 解析による速度波形 (測点V-2)

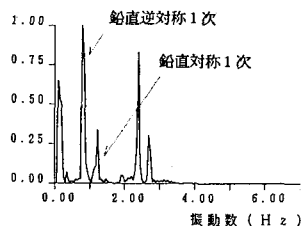


図-5 (b) 解析によるスペクトル

5. あとがき

これらにより、まだ明らかにされていないPC斜張橋の衝撃係数における問題点や今後の本橋における設計上の問題などを考えることができる。また、他のPC斜張橋についても今後の解析対象としたいと考えている。

参考文献 1) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版 2) 中国・船迫・山口・村岡・烏野・北川・堤：吹上浜サンセット橋（PC斜張橋）の振動特性，第48回年次学術講演会講演概要集，1-303, 1993