

九州大学 工学部

九州工業大学

九州大学 工学部

鯛オリエンタルコンクリート

正員 小坪 清真、烏野 清

〃 高西 照彦

〃 園田 敏夫

〃 小深田信昭

1. まえがき

今回、北九州の豊後橋（2径間連続P C斜張橋）の起振機試験を行い、振動特性（固有振動数、変位モード、減衰定数）を求める機会を得たのでその結果を報告する。また、F.E.M.を用いて理論的分析を行なった。

2. 起振機試験結果

図-1に豊後橋の概要図を示す。ほぼ左右対称の構造となっており、右岸・左岸の支承は可動である。平面図の×印は起振機（早川機械製作所製、VE-3-7、最大起振力：28t²kg、fは加振振動数）設置位置を示す。Iは主塔から左岸側スパン長の1/4点であり、IIはスパン長の1/4点である。桁の対称モード、逆対称モードを励起するために、起振機設置位置I、IIを設けたが、今回の試験では、Iの位置における加振でも逆対称モードの振動を励起させることができたので、IIの位置での試験は行なわなかった。起振機位置Iでは面内振動（桁の上下方向変位と橋軸水平方向変位の連成振動）を励起するために、上下方向（z方向）と橋軸水平方向（x方向）にそれぞれ加振した。又、面外振動に対しては、橋軸直

角水平方向（y方向）に加振した。起振機位置IIIでは桁の振れ振動（橋軸まわりの回転）を求めるために、上下方向加振を行なった。図-2に全測点番号を示す。主塔の動きを知る為に主塔にも測点を設けた。測定はサーボ加速度計（明石製作所製、V401B、容量3G、周波数特性DC～400Hz）を使用した。起振機の加振周波数を1.0Hz～7.3Hzまで変化させ共振曲線を求めた。起振機の加振力は加振振動数の2乗で大きくなり、低振動数領域で加振力が小さくなるので、共振曲線の求め方としては、得られた加速度を起振力1ton（加振振動数約6Hzの時の起振力）に換算した時の換算加速度で求めた。共振曲線のピーク値より固有振動数を、又、その時の全測点の変位より変位モードを求めた。さらに、共振時近傍の変位共振曲線より $1/\sqrt{2}$ 法を用い減衰定数を求めた。起振機をIに設置し、橋軸水平方向及び上下方向に加振した時の面内振動の各次の固有振動数及び振動モードを図-3に示す（○印は実験値、実線は理論値）。1次、2次、4次、5次は上下方向振動成分の多いモードであり、3次は橋軸水平方向振動成分の多いモードで、各の動いているのが判る。起振機をIに設置し、橋軸直角水平方向に加振した時の面外振動の振動モードを図-4に示す（実験値のみ）。1次のモードのみ現れ、5.50Hzであった。これは兩岸の各が同位相で動いているモードである。起振機をIIIに設置し、上下方向に加振した時の振れ振動の各次の固有振動数及び振動モードを図-5に示す（実験値のみ）。表-1は固有振動数、減衰定数をまとめて示したものである。面内振動3次、面外振動1次の減衰定数は、他の次数の振動の減衰定数（約1%前後）に比べ、かなり大きな値になっている。これは前者2つ共、兩岸部分が大きく変位するモードで、P C鋼棒と支承ゴム製の杓にエネルギーが失われているものと思われる。起振機試験と共に常時微動測定を行ったが結果は同じ

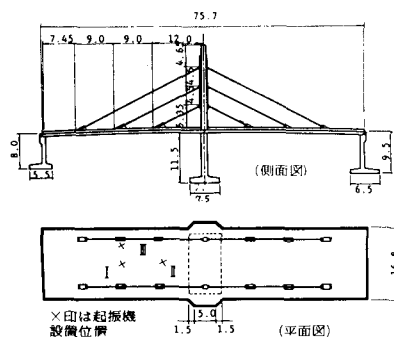


図-1 概要図（寸法の単位はm）

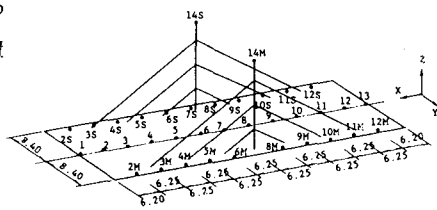


図-2 測点図（寸法の単位はm）

であった。つぎに、ケーブル上にサーボ加速度計を取り付け常時微動測定を行い固有振動数、減衰定数を求めた。上段ケーブルの4本、中段ケーブルの4本、下段ケーブルの2本は、それぞれほぼ等しい固有振動数となっており、各段毎のケーブルの張力は比較的均等であると思われる。表-2はケーブルの固有振動数、減衰定数の各段毎の平均値である。減衰定数は、パワースペクトルの形状より $1/\sqrt{2}$ 法を用い求めた。

3. 理論解析

面内振動の固有値解析をF.E.Mを用いて行った。図-6に多質点系に置換したモデルを示す。2次元とし、自由度は上下方向、橋軸方向、y軸まわりの回転の3自由度とする。床版部を16要素、タワーを8要素、橋脚部を3要素に分割し、全体で27要素とした。タワーと床版は固定である。両端はローラとするが、杓がゴム杓とPC鋼棒製であるので、ゴム杓のせん断抵抗を考慮して、これに水平バネを付ける。橋脚の地中部分は地盤反力を考慮し、水平バネを付ける。ケーブルについては簡単にするために、伸びだけを考慮し、重量は、ケーブル両端に等分して加えた。図-3に理論解析の結果を示す。各次数とも実験とよく合っている。

参考文献；小坪ら『PC斜張橋の振動特性』土木学会西部支部研究発表会、1984年2月、PP.70～71

ケーブル	次数	固有振動数 (Hz)	減衰定数 (%)
上 段	1次	2.45	0.81
	2次	5.14	0.41
	3次	8.33	0.38
中 段	1次	3.92	0.55
	2次	8.74	0.40
下 段	1次	10.38	0.30

表-2 ケーブルの固有振動数及び減衰定数

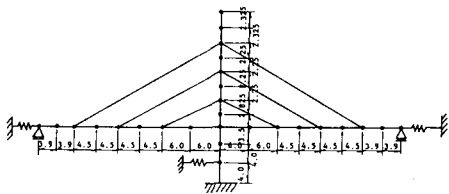


図-6 斜張橋のモデル (寸法の単位はm)

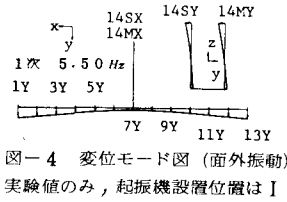


図-4 変位モード図 (面外振動)
実験値のみ、起振機設置位置はⅠ

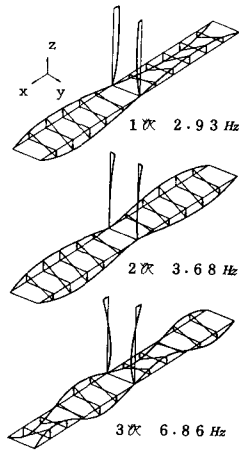


図-5 変位モード図 (面内振動)
実験値のみ、起振機設置位置はⅢ

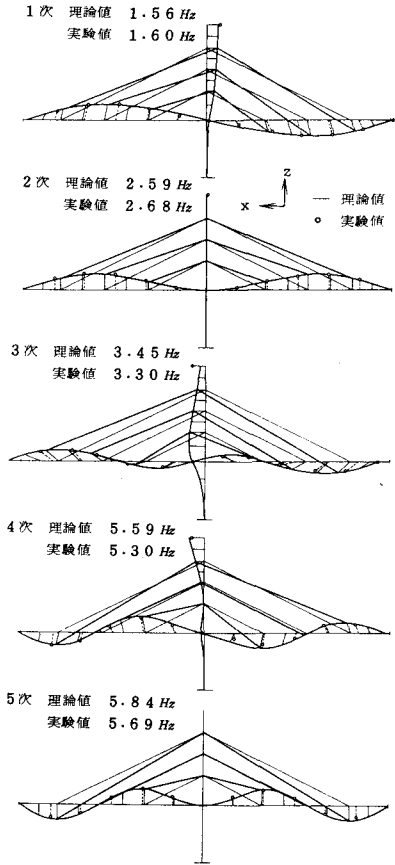


図-3 変位モード図 (面内振動)
(実験値は起振機をⅠに設置した場合)

振動	次数	固有振動数(Hz)		減衰定数 (%)	※共振時の実変位		備 考
		理論値	実験値		測点	変位 (μ)	
面内振動	1次	1.58	1.60	1.60	4Z	168	桁の曲げ振動
	2次	2.59	2.68	0.77	4Z	394	桁の曲げ振動
	3次	3.45	3.30	4.23	2X	30	橋軸水平方向振動
	4次	5.59	5.30	0.88	5Z	117	桁の曲げ振動
	5次	5.84	5.69	1.02	5Z	170	桁の曲げ振動
面外振動	1次		5.50	3.17	13Y	64	
振れ振動	1次		2.93	1.21	4SZ	436	
	2次		3.68	1.67	4SZ	267	
	3次		6.86	1.26	5MZ	144	

※共振時の実変位：共振時における実際の最大応答変位

表-1 固有振動数及び減衰定数