

本州四国連絡橋公団

藤原 亨

正員〇玉越 隆史

日立造船㈱

正員 植田 利夫

㈱ニチゾウテック

正員 南条 正洋

正員 小林 義和

1. まえがき

生口橋は、中央径間490m、全長790mの長大斜張橋であり、わが国で初めて中央径間が鋼桁、側径間がPC桁という複合主桁構造を採用している。また、本橋は本四連絡橋で初めての箱桁形式の斜張橋である。本橋の一般図を図1に示す

本実験は、大振幅域における実橋の振動特性を明らかにすることを目的に、ほぼ完成状態となった生口橋において大型起振機を用いた実橋振動実験を行ったものである。以下に実験の概要を報告する。

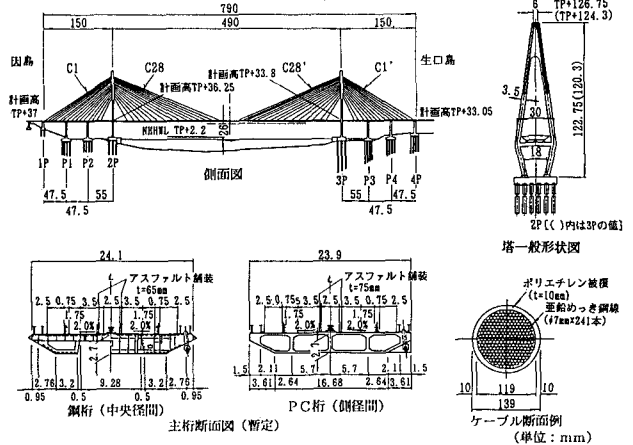


図1 生口橋一般図

2. 実験概要

実験では、常時微動測定により固有振動数を把握した後、起振機を用いて固有振動数付近で強制振動させ共振応答曲線を求め、さらに共振点で自由減衰振動を測定し対数減衰率を求めた。

また、桁とケーブルの動的連成効果を確認するため、連成振動するケーブルにダンパーを設置して減衰を付加し、桁の減衰特性に与える効果を確認した。

(1) 実験対象モード

実験対象モードは以下の桁の低次の5モードとした。

- ・鉛直曲げ-対称1次、逆対称1次、対称2次
- ・ねじれ -対称1次、逆対称1次

(2) 目標起振振幅

起振振幅は、風洞試験要領(1980年、本四公団)¹⁾に定める対数減衰率の評価基準振幅程度を目標とした

- ・鉛直曲げ: B (桁幅) / 200 (120mm:片振幅) ・ねじれ: 0.5° (桁外縁鉛直変位105mm:片振幅)

(3) 起振方法

桁の起振は、大型起振機を中央径間L/4点に2台設置して行った。起振機の主要な諸元を表1に示す。

表1 起振機主要諸元 (1基当り)

重量	約106t (重錘含む)
重錘重量	6.7~5.5t
重錘ストローク	± 0.16m
起振機周波数	0.306~1.840Hz
発生波形	近似正弦波
起振力	最大196kN (20tf)

3. 実験結果

(1) 共振応答曲線

実験で得られた共振応答曲線とナイキスト線図の例を図2に示す。ねじれ逆対称1次を除く各モードで明瞭な共振点が得られた。ねじれ逆対称1次モードでは多数のケーブルに連成振動がみられ、共振曲線は複雑な様相を呈した。

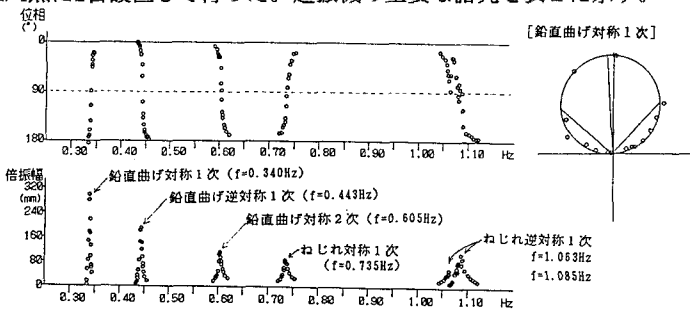


図2 共振応答曲線 ナイキスト線図

(2) 固有振動数および振動モード

表2、図3に本橋の固有振動特性を示すが、各振動モードとも固有振動数、固有振動モードは実測値と解析値がよく一致しており、解析条件の妥当性が検証された。

(3) 対数減衰率

図4に自由減衰波形の例を示す。また、表3に最大振幅を含む自由減衰波形の波数101波から算出した対数減衰率を示す。いずれも耐風設計基準(1976年本四公団)²⁾に定めた、箱桁の対数減衰率0.02と同等あるいはそれ以上となっており、耐風安定性を評価する上で重要な実橋の減衰特性が確認された。

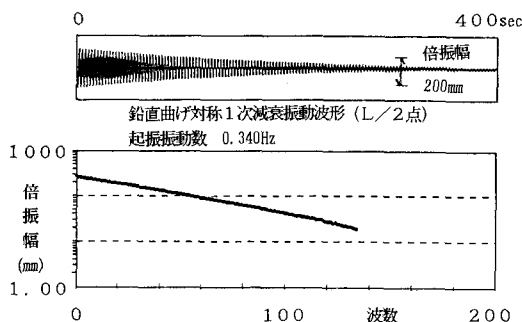


図4 自由減衰振動波形の例

(4) ケーブルの連成振動状況

起振実験中、鉛直曲げ対称2次、ねじれ対称1次、逆対称1次の各モードでケーブルの連成振動が計測されたが、いずれもケーブル単体の固有振動数と、桁の起振振動数がほぼ一致したときに生じた。

(5) 動的連成効果確認実験

桁とケーブルの連成振動が桁の構造減衰に及ぼす効果を確認するために、鉛直曲げ対称2次モードを対象に、連成振動を生じるケーブルの減衰率を変化させて、そのときの桁の減衰率の変化を求めた。実験の結果、ケーブルの対数減衰率が桁単体のそれよりも大きい場合に減衰付加効果が発揮されることが確認された。

4. まとめ

本実験の結果、固有振動数、振動モードの計測値は解析値とよく一致し、解析条件の妥当性が検証された。

また、実験で得られた対数減衰率から、本橋の耐風安定性を評価する上で重要な実橋の減衰特性が確認された。

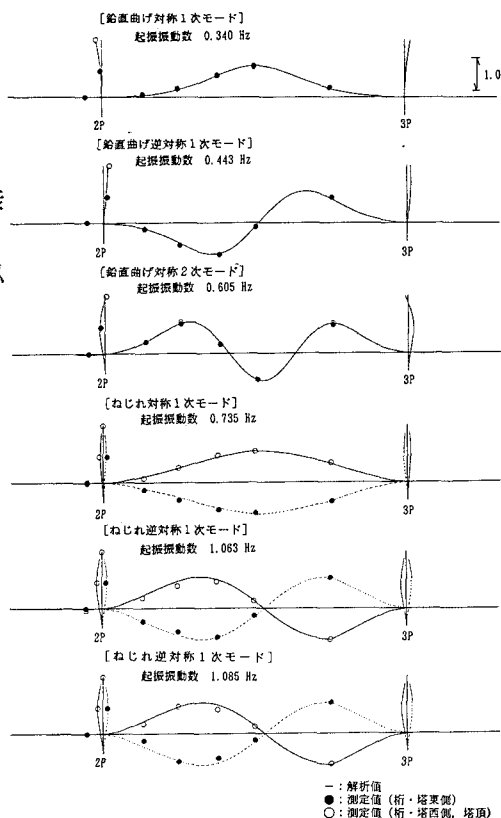


図3 振動モード図

表2-1 固有振動数

振動モード	固有振動数 (Hz)		
	解析結果	常時微動	共振曲線
鉛直曲げ対称1次	0.334	0.342	0.340
鉛直曲げ逆対称1次	0.435	0.450	0.443
鉛直曲げ対称2次	0.578	0.613	0.605
ねじれ対称1次	0.736	0.733	0.735
ねじれ逆対称1次	1.045	1.066	1.063
			1.085

表2-2 対数減衰率

振動モード	対数減衰率	最大倍振幅
鉛直曲げ対称1次	0.018	277mm
鉛直曲げ逆対称1次	0.020	215mm
鉛直曲げ対称2次	0.031	230mm
ねじれ対称1次	0.038	0.73°
ねじれ逆対称1次	1.063Hz	0.019
		0.022

注1) 値は3回の測定の実測値
注2) 値はモード最大点の値

参考文献 1) 風洞試験要領(1980)・同解説 昭和55年6月 本州四国連絡橋公団
2) 耐風設計基準(1976)・同解説 昭和51年3月 本州四国連絡橋公団