

逆ランガーPC吊橋の振動特性

九州大学 工学部 正 員 小坪清真, 烏野 清

" " " 國田敏矢, 成富 勝

" " 学生員 〇日笠山徹巳

1. まえがき

昭和52年、宮崎県五ヶ瀬川中流部に我国初の逆ランガーPC吊橋である速日峰橋(スパン長48.6m)が建設された。この種の橋梁は足場および支持工の建設が不要で工事期間を短縮できるために安価である。しかし、構造的に主ケーブルが路面下にあるPC吊橋であるため、他の形式に比べて振動しやすいと思われる。その後、我国ではこの種の橋梁の建設例を見ないが、それは橋梁の振動および耐震性の検討が十分でないことにも理由があると思われる。したがって、その資料となる振動特性を明らかにすることは合理的設計のために重要なことであろう。今回、速日峰橋の常時微動試験と走行荷重試験を行い、振動特性(固有振動数、変位モード、減衰定数)と走行荷重応答を求める機会を得たのでその結果について報告する。

2. 橋の概要

図-1に速日峰橋の概要を示す。下床版は主ケーブルをコンクリートで被覆し、さらにプレストレスを導入した吊床版で、引張りと曲げを同時に受ける部材である。下床版のサグ/スパン比は、構造全体の剛性および仮設時の主ケーブルの変形を考慮して1/10と設計されている。また鉛直材は圧縮部材であり、上床版は鉛直材上で弾力的に支持された7径間連続PC床版である。なお支承部は、上床版では右岸はローラー、左岸はヒンジであり、下床版では兩岸とも固定である。

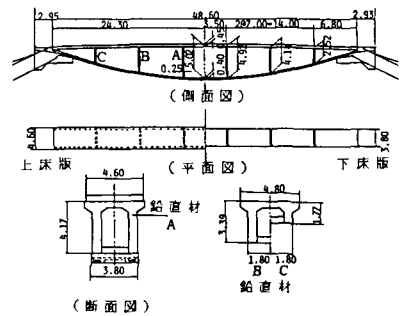


図-1 概要図(寸法の単位はm)

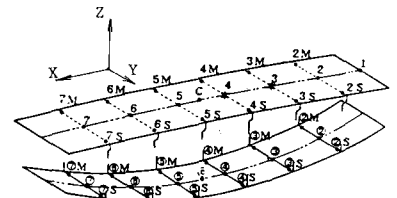


図-2 測点図

3. 常時微動試験

図-2に示す測点にサーボ加速度計(容量±3G、周波数特性DC~400Hz)を設置し、面内振動においては上下方向(Z方向)と橋軸水平方向(X方向)の、また面外振動においては橋軸直角方向(Y方向)の加速度を測定した。なお、S点M点は振れ振動を測定するために設けた。得られた加速度記録のパワースペクトルのピーク値により固有振動数を、またその時の全測点のパワースペクトルを用いて変位モードを求めた。減衰定数はパワースペクトル図の形状により1/√2法を用いて求めた。図-3、図-4は測点③の上下方向、測点⑥の橋軸水平方向のパワースペクトル図である。両図より、面内振動

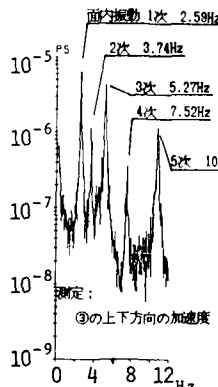


図-3 パワースペクトル図(常時微動試験)

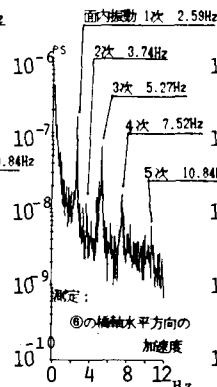


図-4 パワースペクトル図(常時微動試験)

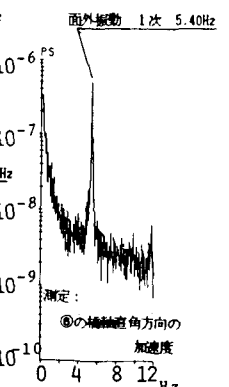


図-5 パワースペクトル図(常時微動試験)

の1次(2.59Hz)、2次(3.74Hz)、3次(5.27Hz)、4次(7.52Hz)、5次(10.84Hz)が求まった。面内振動の各次の振動モードを図-6に示す(○印は実験値、実線は理論値)。図-5は測点⑥の橋軸直角方向のパワースペクトル図である。この図より面外振動の1次(5.40Hz)が求まった。この時の振動モードを図-7に示す(実験値のみ)。なお実験では耐震性を考えるのに必要な周波数領域(0~12Hz)での振れ振動は認められなかった。表-Iは固有振動数、減衰定数をまとめて示したものである。減衰定数は常時微動試験によるものでどの次数でも約0.9%前後である。

4. 理論解析

上下方向、橋軸方向、Y軸まわりの回転の3自由度をもつ面内振動のみF.E.Mを用いて固有値解析を行った。上床版、下床版と鉛直材との結合条件として剛結合とした場合(CASE1)と、ピン結合とした場合(CASE2)の比較を表-Iに示す。この表によると、剛結合とした場合の方がより実験値に近いことがわかる。それは微小振動のため結合部が剛結合としてはたっていないためだと思われる。なお図-6に示す理論値の振動モード図は、上、下床版と鉛直材との結合条件を剛結合とした場合を示している。

5. 走行荷重試験

重量約1tonの自動車が本橋の左方から速度約40km/hで通過する時の橋面の上下方向(Z方向)と橋軸水平方向(X方向)の加速度を、サーボ加速度計を設置して測定した。図-8は下床版の中央点(測点⑥)と約3/4点(測点③)の上下方向の加速度記録を示す。ここには示していないが、橋軸水平方向の加速度は上下方向にくらべて小さかった。上下方向の加速度の記録の最大値は下床版の測点⑥のところで2.8galであった。図-9には、車両走行時の測点⑥と測点③の上下方向の加速度のパワースペクトル図を示している。この図より、各測点の卓越振動数がうかがえる。とくに橋の中央点である測点⑥では、面内振動2次と5次の対称モードによる応答が大きいことが図からわかる。

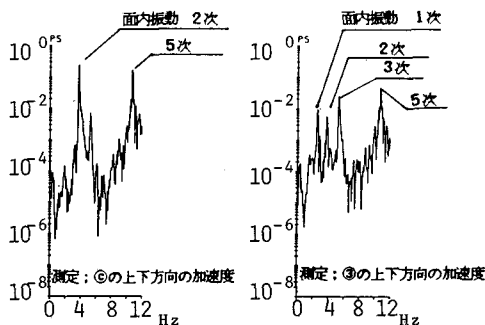


図-9 パワースペクトル図(走行荷重試験)

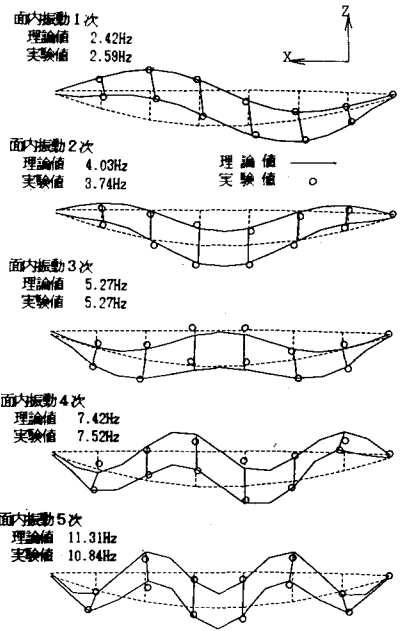


図-6 変位モード図(面内振動)

*理論値はCASE1によるもの

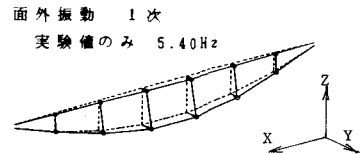


図-7 変位モード図
(面外振動)

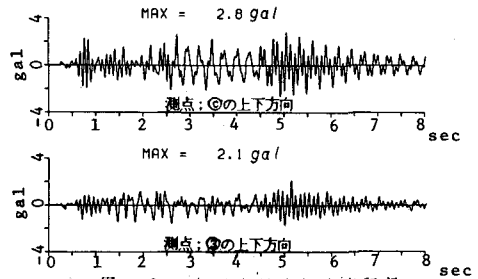


図-8 車両走行時加速度記録

振動	次数	固有振動数 (Hz)			減衰定数 (%)
		理論値	CASE2	実験値	
面内振動	1次	2.42	1.98	2.59	1.45
	2次	4.03	3.61	3.74	0.78
	3次	5.27	5.16	5.27	1.00
	4次	7.42	6.81	7.52	0.83
	5次	11.31	10.83	10.48	0.42
面外振動	1次			5.40	0.81

CASE1: 上、下床版と鉛直材の結合部を剛体結合とした場合

CASE2: 上、下床版と鉛直材の結合部をピン結合とした場合

表-I 固有振動数及び減衰定数