

九州大学 工学部 正 員 烏野 清

九州大学 工学部 正 員 成富 勝

九州大学 工学部 学生員 ○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必要で工事期間を短縮できるために安価である。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。今回、速日峰橋の常時微動試験を行い、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について報告する。また、有限要素法を用いて理論解析を行い、上、下床版と鉛直材との結合条件や構造形式を変化させて、振動特性や走行荷重応答特性を検討したものである。

## 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、上床版は鉛直材で支持された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。

3. 常時微動試験結果<sup>1)</sup>

図-2に常時微動試験によって得られた変位モードを示している（○印は実験値、実線は理論値）。また、表-Iに固有振動数と、この試験によって得られた減衰定数を示した。

## 4. 理論解析

上下方向、橋軸方向、橋軸水平直角軸まわりの回転の3自由度をもつ面内振動を、有限要素法を用いて固有値解析を行った。また、上床版、下床版と鉛直材との結合条件を剛結合とした場合（CASE 1）と、ピン結合とした場合（CASE 2）の2つの場合を考え、現在の形式（MODEL 1）に対する解析結果を表-Iに示した。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。それは実験値が、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。したがって、地震時および大型車兩走行時においては、両方の間の値をとるものと思われる。

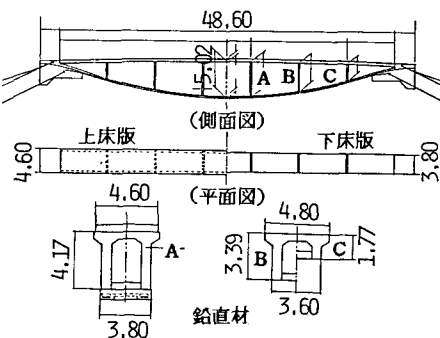
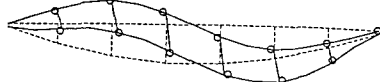


図-1 概要図（寸法の単位はm）

## 面内振動1次

理論値 2.42Hz

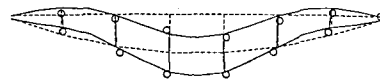
実験値 2.59Hz



## 面内振動2次

理論値 4.03Hz

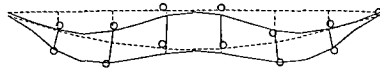
実験値 3.74Hz



## 面内振動3次

理論値 5.27Hz

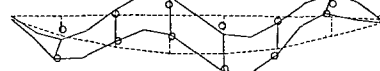
実験値 5.27Hz



## 面内振動4次

理論値 7.42Hz

実験値 7.52Hz



## 面内振動5次

理論値 11.31Hz

実験値 10.84Hz

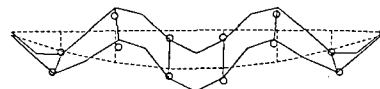


図-2 変位モード図

また、変位モードは両方の場合ほぼ同じであったため、図-2には上、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た。

### 5. 構造形式の検討

速日峰橋についての振動特性は前節に示したが、現形式において鉛直材に配置をかえたり、斜材を挿入した場合について検討を行なった。特に現在の形式においては、車両走行時において逆対称1次の振動が大きいと思われるので、その固有振動数を上げることを考慮して得られたMODEL 2とMODEL 3（図-3参照）について前節と同様な解析を行なった。その結果を図-3に示した。両図によれば、斜材挿入によって逆対称1次の固有振動数を上げることができた。また高次の振動数も上がっており、耐振的にはかなり有効になると思われる。MODEL 3については対称1次モードが先に現れている。また、結合条件の剛結合とピン結合の違いは、固有振動数にも変位モードにもあまり現われていない。つまり、ピン結合であっても斜材挿入によって、かなりの剛性が高められることがわかる。

### 6. 走行荷重応答

前節において、現形式において斜材を挿入することによって逆対称1次の固有振動数を上げることを検討したが、この節では各形式において振動形解析法を用いて走行荷重応答を計算し、その効果を確めた。図-4と表-Ⅲには、計算で用いた橋梁-車両の解析モデルとそれぞれのパラメータを示した。図-5には、MODEL 1とMODEL 2の場合、車両との1/4点の上下方向の加速度の時刻歴の計算結果を示した。両方の最大値を比較すると、斜材挿入の効果があることがわかった。

参考文献

1) 小坪、烏野他；昭和59年土木学会西部支部  
発表会概要集 p40, 41  
2) 小坪清直；土木振動学 p245

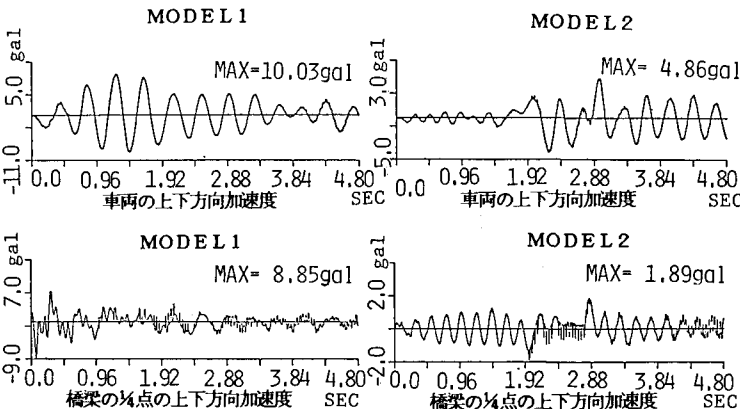


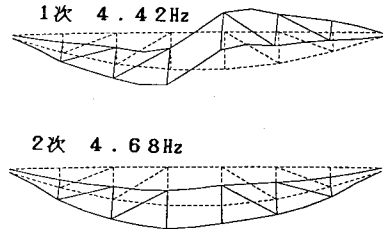
図-5 走行荷重応答計算結果

表-I 固有振動数及び減衰定数

| 振動   | 次数 | 固有振動数 (Hz) |       |       | 減衰定数 (%) |
|------|----|------------|-------|-------|----------|
|      |    | 理 論 値      |       | 実験値   |          |
|      |    | CASE1      | CASE2 |       |          |
| 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  | 0.63     |
|      | 5次 | 11.31      | 10.83 | 10.48 | 0.42     |

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

#### MODEL 2



#### MODEL 3

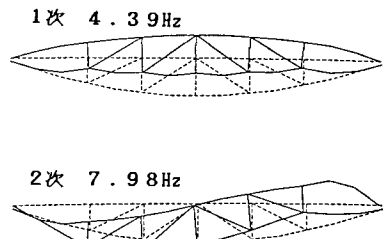


図-3 各構造形式の変位モード図  
(結合条件は剛結合)

表-II 各構造形式の固有振動数 (Hz)

| 面内振動             |       | 1次    | 2次    | 3次     |
|------------------|-------|-------|-------|--------|
| MODEL 1<br>(現形式) | CASE1 | ※2.42 | 4.03  | 5.27   |
|                  | CASE2 | 1.98  | 3.61  | 5.16   |
| MODEL 2          | CASE1 | 4.42  | 4.68  | ※11.70 |
|                  | CASE2 | ※4.33 | 4.84  | 11.65  |
| MODEL 3          | CASE1 | 4.39  | 7.98  | 11.32  |
|                  | CASE2 | 4.19  | ※7.84 | 11.44  |

(※は逆対称モード)

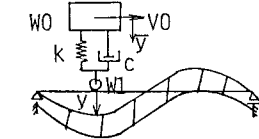


図-4 橋梁-車両解析モデル

表-Ⅲ 車両パラメータ

|             |      |
|-------------|------|
| 総重量W (ton)  | 26.9 |
| 車体W0        | 24.4 |
| 車輪W1        | 2.5  |
| 固有振動数 (Hz)  | 3.0  |
| 減衰定数        | 0.03 |
| 走行速度 (km/h) | 36.0 |