

I-B256 斜めハンガーを有する人道吊橋（友遊橋）の振動実験

奈良県川上村 大浦 巧
 川田工業(株) 正会員 ○ 柳澤 則文
 川田工業(株) 正会員 高田 嘉秀
 川田工業(株) 正会員 宮地 真一
 川田工業(株) 福島 大輔

1. まえがき 友遊橋は、奈良県川上村東川の吉野川に「自然資源活用型交流促進施設」の観光遊歩道として整備された支間長 77.5mの人道吊橋である。本橋は、図-1に示すように主構床組部が無補剛タイプの鋼床版I桁断面を有し、幅員や桁高もかなり小さいことから、振動特性の向上と景観への配慮を考慮して斜めハンガー形式が採用された。ここでは、斜めハンガーを有する人道吊橋の振動特性を確認する目的で、解析的検討および実橋での振動実験を実施した結果について報告する。

2. 実験概要 本実験では、固有振動数、構造減衰および歩行者によって誘起される振動振幅に着目し、人力加振法により桁部の振動加速度を測定した。なお、測定にはサーボ型加速度計を使用し、図-1に示すように支間1/4点、1/2点、3/4点にそれぞれ配置した。

3. 解析的検討 解析は、3次元の立体モデルとし、図-2に示すような2種類のモデルについて固有振動解析を実施し、ハンガー形式が吊橋全体としての動的特性（ここでは固有振動数のみに着目）に及ぼす影響について比較検討を行った。その結果、斜めハンガー形式を採用することで、表-1に示すように、

- ① 特に鉛直たわみモードについて、鉛直ハンガー形式と比べて固有振動数が増加しており、たわみ剛性の増加が期待できる。
- ② 歩行時の最頻歩調(2Hz程度)¹⁾を避けることが可能である。

等の効果を期待できることがわかった。

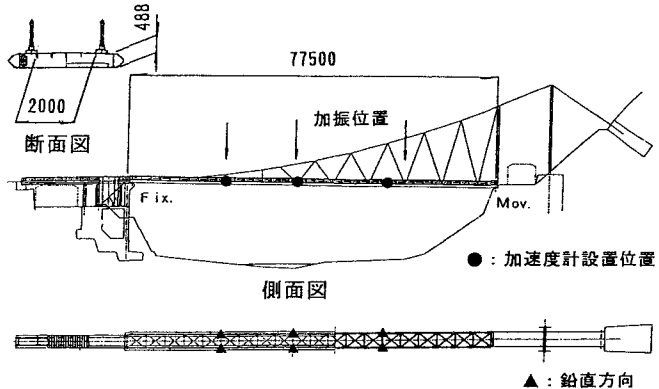


図-1 友遊橋の概略図と測定位置

表-1 解析結果の比較

振動モード	斜めハンガー (A)Hz	鉛直ハンガー (B)Hz	比率 (A/B)%
面内たわみ対称1次	0.987	0.714	138
面外たわみ対称1次	1.222	1.220	100
面内たわみ逆対称1次	1.288	0.910	142
面内たわみ対称2次	2.376	1.887	126
ねじれ対称1次	2.830	2.644	107

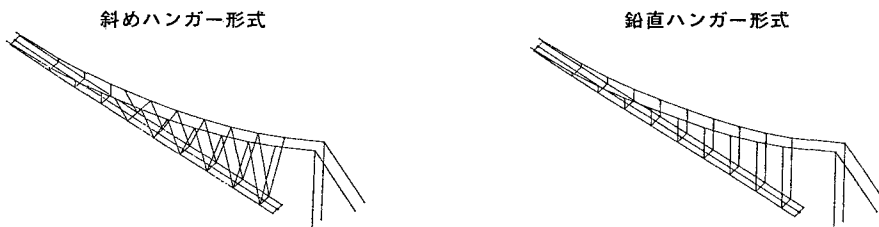


図-2 検討対象とした解析モデル

キーワード：斜めハンガー，固有振動数，構造減衰

連絡先：〒550-0014 大阪市西区北堀江1-22-19 TEL 06-6532-4891 FAX 06-6532-4890

4. 実験結果と考察

1) 固有振動数

低次のたわみ振動を対象に、基本的に人力加振による減衰自由振動波形を用いて、FFT法で固有振動数を算出した。その結果を表-1に示した解析値と比較して表-2に示す。表-2より、固有振動数（面内たわみ振動）の実験値は、地覆・高欄等の剛性を考慮しない解析値を10～15%程度上回るものであり、歩行時の最頻歩調（2 Hz程度）を避ける結果となった。なお、実測値が幾分大きめとなった理由として、高欄等の剛性の影響が桁の鉛直曲げ剛性に少なからず寄与したことが考えられる。本橋の場合も高欄等の剛性を考慮した解析を行えば、実測された固有振動数（面内たわみ振動）との差が最大で6%程度となることが確認された。

表-2 固有振動数

振動モード	斜 め ハ ン ガ ー			比 率	
	解 析 値		実験値 (C)Hz		
	(A)Hz	(B)Hz		(C/A)%	(C/B)%
面内たわみ対称1次	0.987	1.025	1.083	110	106
面内たわみ逆対称1次	1.288	1.406	1.471	114	105
面内たわみ対称2次	2.376	2.696	2.684	113	100

注) (A): 設計条件, (B): 地覆・高欄等の剛性を考慮

2) 構造減衰と振動モード

人力加振により得られた減衰振動波形の振幅より算出された構造対数減衰率を表-3、振動モードを図-3に示す。表より、実測された構造対数減衰率は、 $\delta = 0.027 \sim 0.043$ であり、振動モード図からもわかるように斜めハンガー部分でモード振幅が大きくなる面内たわみ逆対称1次、対称2次振動について比較的大きな構造減衰が現れる結果となった。

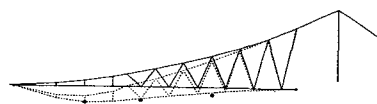
表-3 構造対数減衰率

振動モード	構造対数減衰率 δ
面内たわみ対称1次	0.027
面内たわみ逆対称1次	0.038
面内たわみ対称2次	0.043

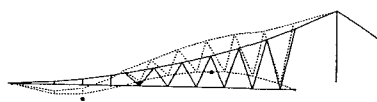
3) 歩行時の振動感覚（歩行試験結果）

加速度波形のピーク値から算出した応答速度の実効値を表-4に示す。小堀・梶川²⁾によれば、歩行者が振動を感じ始めるのは、応答速度の実効値が0.42cm/sを越えたときで、0.85cm/sを越えるとよく振動を感じるとされている。本橋の場合、1人歩行時・2人歩行時でも速度の実効値は、0.42cm/s以下であった。また、得られた振動波形は、面内たわみ逆対称1次振動と面内たわみ対称2次振動が支配的であり、歩行者の最頻歩調（2 Hz程度）では振動していないことも確認できた。

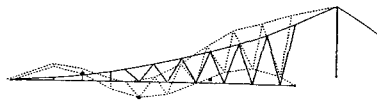
面内たわみ対称1次



面内たわみ逆対称1次



面内たわみ対称2次



●: 実験値

図-3 振動モード

表-4 応答速度の実効値

最大速度実効値(cm/s)	
歩行時(速度: 1.4m/s)	
1人歩行	2人歩行
0.182	0.360

注) 歩行者の振動感覚²⁾
 0.42cm/s以下 … 振動を感じない
 0.42cm/s以上 … 振動を感じ始める
 0.85cm/s以上 … よく振動を感じる
 1.70cm/s以上 … 少し歩きづらい
 2.70cm/s以上 … 大いに歩きづらい
 <歩行者の体重: 約 70 kg>

5. まとめ

振動試験の結果、本橋では斜めハンガーを採用することにより、解析で予測されたように固有振動数が歩行時の最頻歩調（2 Hz程度）を避けることが確認された。また、歩行者の振動感覚としては、歩行者が振動を感じ始める応答速度（0.42cm/s）を下まわるものであった。すなわち、本橋では、斜めハンガー形式を採用することで、振動特性が有意に改善されたものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，1979.
- 2) 小堀為雄，梶川康男：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文集，No. 230, pp23-24, 1974.