

九重 “夢” 大吊橋の実橋振動試験

九重町 谷 克浩 川田工業 正会員 枝元 勝哉
川田工業 伊藤 剛 本摩 敦 正会員 畠中 真一

1. はじめに

九重“夢”大吊橋は、主径間長 390m, 河床からの高さ 173m を有し、無補剛形式の吊橋としては日本一の規模を誇る橋梁である。本橋の設計に際しては、歩行時の振動低減が重要な課題の一つであった。本橋に類似した既設橋の多くは橋面に木床版が採用されているが¹⁾、種々の検討の結果、PCa コンクリート床版を採用し橋体重量を増大させる振動軽減対策法が効果的であるとの結論に至った。過去にこの規模の人道橋に関して振動特性が確認された例は少なく、実橋振動試験を行い振動対策の妥当性を確認したので、以下に結果を報告する。

2. 試験概要

計測の対象とした振動モードは、以下の通りである。

- ① 低次モードの振動: 本橋計画時に実施した風洞試験時に仮定した振動諸元の確認。
- ② 歩行共振の予想されるモード: 2 Hz 近傍のたわみ・ねじれ振動モードと、1 Hz 近傍の水平振動モードは歩調に近い振動数域であり、歩調に共振して振幅が増大する可能性がある。

計測には一軸加速度計8基を使用し、支間長の 1/4 点および 1/8 点に、図-1のように配置した。なお加速度計の感度方向は、計測する振動モードに合わせて鉛直方向と水平方向を適宜切り

替えることとした。予備試験として常時微動測定を行った他、5～11 人の加振要員が橋面上の数カ所で跳躍・走行・屈伸を行い、振動モードと固有振動数を特定した。本試験では、15～47 人の加振要員が支間の 1/2 点や 1/4 点に立ち、予備試験で把握した固有振動数に合わせて一斉に跳躍運動、屈伸運動、あるいは行進・ランダム歩行することにより加振を行った。測定時の様子を写真-1 に、ランダム歩行時の FFT 解析結果を図-2～3に示す。



写真-1 試験状況

3. 計測結果と考察

測定結果を表-1に示す。

- ①振動特性 表-1に示すように、実測により得られたたわみ・ねじれの振動数はそれぞれ、 $f_h=0.61\text{Hz}$ (たわみ逆対称 3 次)、 $f_\theta=0.53\text{Hz}$ (ねじれ対称 1 次)であった。固有値解析の結果からは、これより低次のモードも算出されるが、実橋ではモード毎の構造減衰の状況により、観測されなかったと考えられる。それぞれの振動モードに対応した固有値解析結果を併記してお

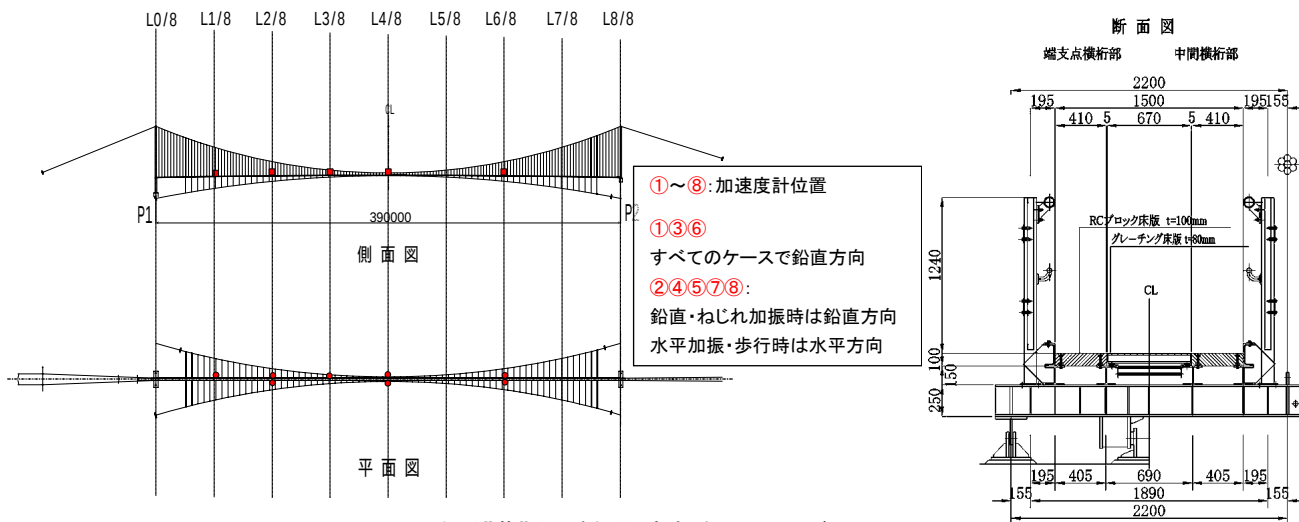


図-1 九重“夢”大吊橋 加速度計配置および断面図

キーワード：吊橋 振動試験 固有振動数 対数減衰率 人力加振

〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 TEL 03-3915-0147 FAX 03-3915-4214 mail: trc2006@kawada.co.jp

り、たわみと水平方向の固有振動数は実測と解析結果がほぼ一致している。一方、ねじれの実測値が解析値より1割程度大きな値となっていることがわかる。これは、ハンガーや耐風吊索のモデル化に際し、両端の質点バランスの影響により、極慣性モーメントが大きく評価されたためと推定される。

本橋の計画時の耐風検討では、固有値解析の結果からたわみとねじれの最低次モードの振動数をそれぞれ $f_h=0.32\text{Hz}$ 、 $f_\theta=0.41\text{Hz}$ 、また、対数減衰率を $\delta=0.02$ と仮定した。今回の振動試験では、これら最低次モードを直接観測できなかったが、実橋のたわみとねじれの振動数は解析値と同等かやや高くなっていることから、最低次モードの振動数も同様の傾向にあるものと考えられ、耐風検討時の仮定は適切であったと判断される。

②歩行共振 歩行時の共振が起こりやすいのは、2 Hz 前後のたわみ・ねじれ振動と、1 Hz 前後の水平振動であるが²⁾、該当する卓越振動数は図-2～3から判るように、たわみ $f_h=1.83\text{Hz}$ のみであった。ただし、当該モードの対数減衰率は $\delta=0.25$ と極めて大きく、実験後に行ったアンケート結果でも、歩行者には気にならない程度の振動であった(図-4)。また、ねじれと水平振動については、今回の47人程度の歩行者数では、該当する振動数を持ったモードの発現は確認できなかった。しかし本橋開通後、多くの観光客が歩行した際(推定800人程度)に水平振動が観測されており、この時の振動数をビデオから測定した結果、 $f=0.95\text{Hz}$ の逆対称4次水平振動であり、最大振幅は40mm程度に及んだ。該当する振動モードの対数減衰率 δ は振動試験時のデータから $\delta=0.03\sim 0.06$ 程度と推定されるが、大勢の歩行者が無意識に橋の揺れに合わせて足を運ぶことが共振状態となり、1.0Hz 近傍の振動が継続したものと考えている。

4. まとめ

実橋振動試験の結果、供用時に発生する振動の振動数・減衰率はいずれも問題なく、PCaコンクリート床版の採用は適切であったと言える。今後、大勢が歩行する場合の水平振動について状況を確認し、現象の解明を行ってゆきたい。最後に、本検討に対し、多大なるご協力とご助言をいただいた近畿大学理工学部社会環境工学科 米田昌弘 教授に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) たとえば 柳崎,田口,高橋,大野,島田,畠中:もみじ谷大吊橋の設計と架設,橋梁と基礎,Vol.34 No.7,pp.17～23,2000年
- 2) たとえば 鋼橋技術研究会:吊り形式橋梁研究部会報告書, No.61,第4項 歩道橋の水平振動,平成17年

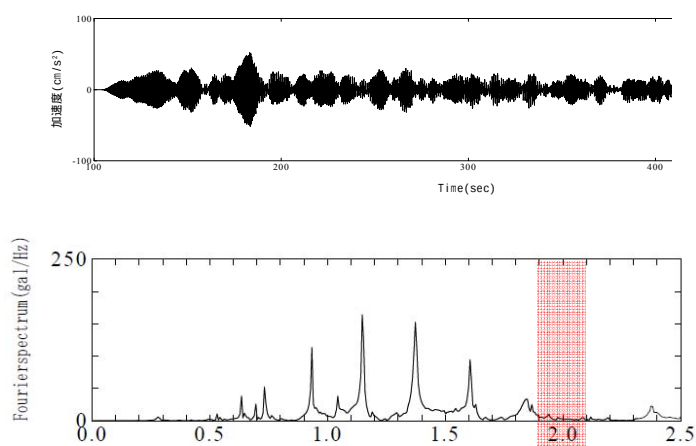


図-2 ランダム歩行時の波形とFFT結果(鉛直振動,支間中央)

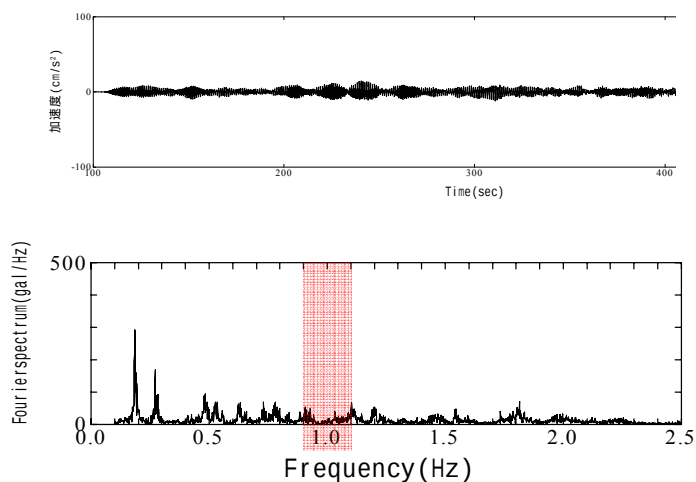


図-3 ランダム歩行時の波形とFFT結果(水平振動,支間中央)

表-1 振動試験結果

振動モード		実測値	解析値	対数減衰率
たわみ逆対称3次		0.61 Hz	0.61 Hz	0.025
ねじれ対称1次		0.53 Hz	0.48 Hz	0.045
水平対称2次		0.18 Hz	0.19 Hz	0.096
歩行共振	たわみ	1.83 Hz	—	0.250
	ねじれ	発現しない(47人加振)		
	水平※	0.95Hz	0.86Hz	—

※ 47人加振では発現せず、開通後、数百人の歩行により確認された。

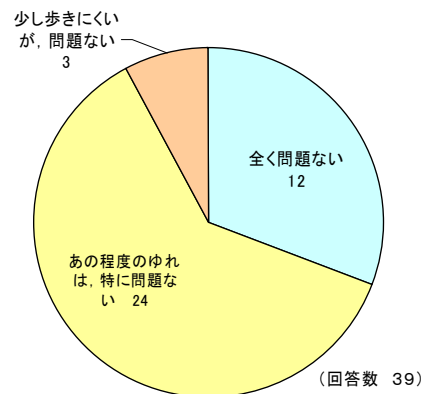


図-4 ゆれに関するアンケート結果