

九州大学 学生員 成富 勝
九州大学 正会員 園田 敏矢
九州大学 正会員 鳥野 清

1. まえがき

近年、多径間連続橋の建設が増えつつあり、その振動特性を把握し、耐震性の検討を行うことは重要な問題である。筆者らは先に多径間連続橋の常時微動測定を行い、またその理論解析を行った結果、橋軸直角水平方向振動に関して、橋脚剛性が振動特性に及ぼす影響は大きいということがわかった。そこで、単純な模型橋梁を作製して、それを加振し橋脚剛性の違いによる応答の変化を調べ、実験値と理論値との比較検討を行った。

2. 模型実験とその解析

模型橋梁として、図-1に示すように橋桁は板厚1cm、幅(桁高)5cm、長さ(橋長)350cm(70cm×5)のアクリル樹脂製の細長い長方形板である。また、橋脚は板厚2.3mm、幅3cm、有効長30cmの鋸歯製の長方形板ばね、2枚、4枚(ばね定数が2倍になる。以後(×2)と表わす。)を用いてばね剛性を変えた。また、振動により橋桁と板ばねの間にすき間がでないように、ボルト、ナット、スプリングワッシャーを用いてしっかりとけさみ、板ばねも同じように振動台にしっかりと取り付けた。

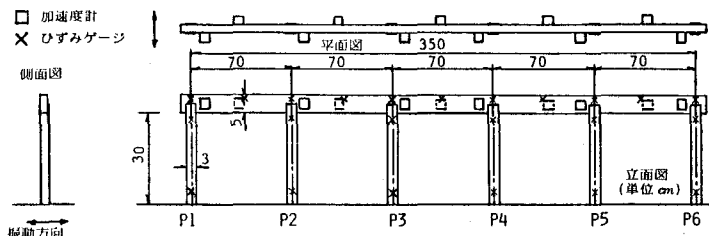


図-1

実験は図-1に示すように桁側面にひずみゲージ式加速度計、ひずみゲージを、橋脚にひずみゲージを接着し、模型を正弦波加振したときの固有振動モードを求め、またランダム加振による振動をデータレコーダーに記録し、A/D変換を行った。なおこの場合のサンプリング間隔 Δt は $1/250$ 秒刻みとした。パワースペクトルの計算としてはデータ個数 $N=2048$ 個で1個のパワースペクトルを求め、計算法としてはF.F.Tを用いた。本解析においてパワースペクトルの最小刻み間隔 $\Delta f = 1/(N \times \Delta t)$ は 0.122 Hz となる。

実験の種類は、① 全部同じばね、② P2のみ(×2)、③ P3のみ(×2)、④ P2とP3のみ(×2)、⑤ P2とP4のみ(×2)、ただし②～⑤で他のばねは①と同じ2枚ばねである。

実験 番号	固有振動数 (Hz)	減衰定数 (%)
1	12.34	0.74
	17.37	1.63
3	12.31	0.71
	12.99	0.90
	13.73	1.60
5	12.52	1.23
	13.73	1.37
	14.99	1.64

表-1

ここで、その代表的な例として正弦波加振による①、③、⑤の共振時の変位モードをそれぞれ図-2、図-3、図-4(図中○印)に示す。①の場合、制数係数が0になったため逆対称モードは得られなかったが、②、⑤のばねを換えた場合、対称性がなくなり①とはかなり変わった変位モードが得られた。また、共振曲線より求めた減衰定数を①、②、⑤について表-1に示す。

3. 理論解析

はりの質量に比べ、加速度計の質量が無視できるので、解析は集中質量をもつはりとして取り扱った。はりの断面積を A 、曲げ剛性を EI 、単位体積重量を w 、重力加速度を g とすると各径間の集中質量の任意の部分の任意の変位 $X(x)$ 、第 S 次の固有振動数 f_s は次式で求められる。

$$X(x) = A_1 \cos \lambda_s x + A_2 \sin \lambda_s x + A_3 \cosh \lambda_s x + A_4 \sinh \lambda_s x \quad (1)$$

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{EI\theta}{WA}} \cdot \lambda_s^2 \quad (2)$$

ここに、 $A_1, A_2, \dots$ は任意定数で、 λ_s の値、 $A_1, A_2, \dots$ の大きさの比は次に示す境界条件より決定される。

(1) 橋桁両端 (P1, P6) で曲げモーメントが 0 である。 $X'' = 0$ (3)

(2) 質点の位置で左側 (L) スパンと右側 (R) スパンの変位、たわみ角、曲げモーメントが連続である。

$$X_L = X_R, X'_L = X'_R, X''_L = X''_R \quad (4)$$

(3) 左右スパンのセン断力 Q 、質点に働くばねの力 kX の差がばねの付加質量、加速度計等の質量を考慮した質点の慣性力に等しい。

Q. 橋桁両端の質点 (P1, P6) で

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{X} &= Q - kX \quad (P1) \\ m\ddot{X} &= -Q - kX \quad (P6) \end{aligned} \right\} (5)$$

b. 加速度計のある質点で

$$m\ddot{X} = -Q_L + Q_R \quad (6)$$

c. Q. a) 以外のばねで支持されている質点 (P2 ~ P5) で

$$m\ddot{X} = -Q_L + Q_R - kX \quad (7)$$

式 (3) ~ (7) より係数マトリックスを作成し、その値が 0 になる λ_s を求め、任意定数 $A_1, A_2, \dots$ の大きさの比を決定して、式 (1) より共振時の変位モード、ひずみモードを求めた。理論値を、図-2、3、4 に実線で示す。なお () 内の値は式 (2) より求めた固有振動数である。

4. 考察

図-2、3、4 からわかるように、ばねの剛性の違いで変位モードが変化していることがわかる。これらの振動特性の違いが応答にどの程度影響してくるか、ランダム加振の結果を用いて応答計算中である。

[参考文献]

1. 小坪清真：土木振動学、森北出版
2. 成富・高西・鳥野・園田・小坪：多径間連続指桁橋の振動特性と地震応答、九州大学工学集報、第 53 巻、第 5 号

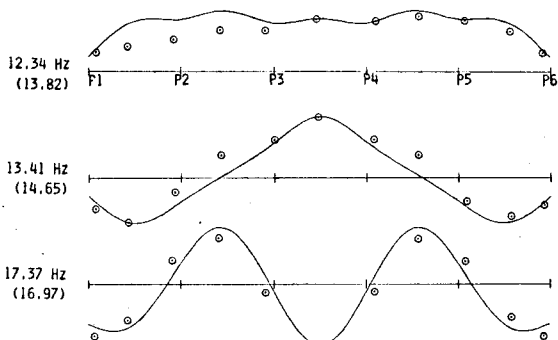


図-2

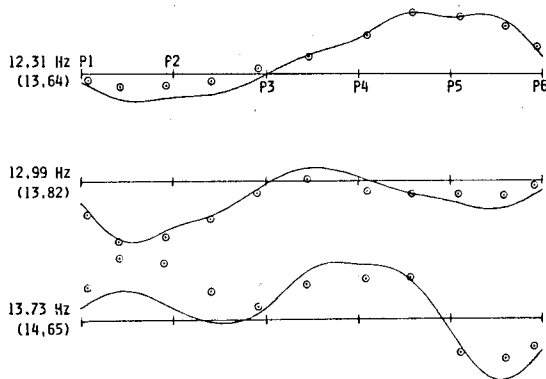


図-3

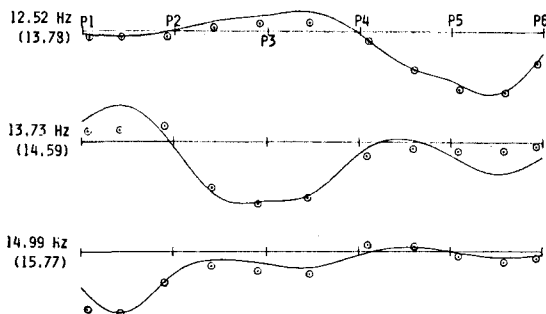


図-4