

愛媛大学工学部 正員 見沢繁光
徳山高専 正員 重松恒美
愛媛大学大学院 学生員 島 久

1 まえがき

本研究は、斜張橋において補剛ゲタと塔との連成がないと仮定し、塔の水平変位を無視したケーブルと有する斜張橋の模型を製作し、ケーブルの挙動による補剛ゲタの模振動を行い、共振法により固有振動数およびひずみモードを測定した。なお伝達マトリックス法によりケーブルのモデル化による連続はりとして固有振動数とひずみモードを実験的、理論的に比較検討を行った。

2 数値解析

図-1に示すように直線梁は、ケーブルの張力による軸力の作用を受けない部分(I)と受ける部分(II)に分け、ケーブルの取り付け部分(III)は、ケーブルをモデル化した弾性支承を有する次の不静定はりとする。なお解析方法は、一般性のある集中質点系を用いる。梁の力字系を支配する一階連立微分方程式の一般解より求めた部分(I)、(II)の格間マトリックスは表-1に示す。また部分(III)の格点マトリックスは変位、断面力の連続性および格点の断面力(剪断力)の飛躍量より表-2になる。弾性支承に各モデルのバネマトリックスを図-2に示す。

上記の格点マトリックスPと格間マトリックスF(1), F(2)を用いて伝達マトリックス法で、梁の左端の断面量を伝達させる。すなわち、梁をN分割し、P, F(1), F(2)の格点ごとの掛け合せにより式(1)のようになる。

$$Z^R = F_N P_{N-1} \cdots P_2 F_1 \cdots P_1 F_2 Z^L \quad (1)$$

なお、式(1)において左端、右端の境界条件R, Lを代入すると、次の振動数方程式、式(2)が得られる。

$$\Delta = |R F_N P_{N-1} \cdots P_2 F_1 \cdots P_1 F_2 Z^L| = 0 \quad (2)$$

式(2)中の未知量 ω (固有円振動数)が2分法によって得られる。また、 ω が決定されると左端の自由度の一方を1とおき、格点の曲げモーメントモードM(x)を求め、ひずみモード $\varepsilon(x)$ を式(3)によって求めるとができる。

$$\varepsilon(x) = \frac{M(x)}{I} y \quad (3)$$

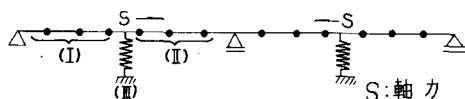


図-1 斜張橋のモデル化

表-1 軸力を考慮しない格間マトリックス(1)

	l	$\frac{l^2}{2EI}$	$\frac{l^3}{6EI}$
1	l	$\frac{l^2}{2EI}$	$\frac{l^3}{6EI}$
0	1	$\frac{l}{EI}$	$\frac{l^2}{2EI}$
0	0	1	l
0	0	0	1

表-1 軸力を考慮した格間マトリックス(2)

	$l \frac{\sin \alpha}{\alpha}$	$\frac{l^2 (1 - \cos \alpha)}{EI \alpha^2}$	$\frac{l^3 (\alpha - \sin \alpha)}{EI \alpha^3}$
1	$l \frac{\sin \alpha}{\alpha}$	$\frac{l^2 (1 - \cos \alpha)}{EI \alpha^2}$	$\frac{l^3 (\alpha - \sin \alpha)}{EI \alpha^3}$
0	$\cos \alpha$	$\frac{l \sin \alpha}{EI \alpha}$	$\frac{l^2 (1 - \cos \alpha)}{EI \alpha^2}$
0	$sl \frac{\sin \alpha}{\alpha}$	$\cos \alpha$	$l \frac{\sin \alpha}{\alpha}$
0	0	0	1

表-2 弾性支承の格間マトリックスP

	0	0	0
1	0	1	0
0	0	1	0
K	0	0	1

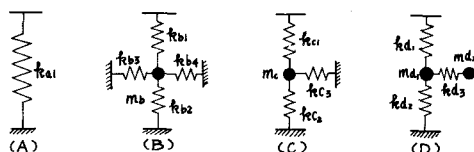


図-2 弾性支承のモデル化

3 実験製作と実験方法

写真に示すような模型を製作した。

測定は、補剛ゲタにワイヤストレーンゲージを貼付して起振機による正弦波外力を加振して、起振機の回転数 100 CPM から 50 CPM ピッチで 2500 CPM まで増加させた。そして定常状態における共振曲線により、増幅器を介して、電磁オシログラフによって動ひずみを測定し、固有振動数ならびにひずみモードを測定した。

4 数値解析と実験結果

数値解析に際し、補剛ゲタとテーブルに対する主なデータを記す。①補剛ゲタは全スパン長 $l=100$ (cm), 分割数 $N=16$, 重量 $W=1.5$ (kg), 換算断面二次モーメント $I=0.022$ (cm⁴) である。②テーブルは軸方向のバネ定数と軸と直角方向のバネ定数はそれぞれ (4), (5) で求めることができる。

$$K_1 = \frac{EA}{L_e} \quad (4)$$

ここに L_e : 有効長

$$K_2 = \frac{T}{L_e} \quad (5)$$

$$L_e = \int_0^l \frac{1}{\cos^2 \theta \sin \theta} d\theta$$

テーブルの初張力 $T=1.5, 3, 6$ kg の 3 種類として、表-3 に示す弾性支承のモデルの 4 種類に対して計 12 種類を計算した。なおテーブルの補正重量は 0.2 kg とした。

表-4 に、実験結果および数値計算の対比を示す。またひずみモードは張力 $T=3$ kg によるモデル (D) のオー、オニ次のモードとする。(図-3) に示す。

5 考察

①本研究によると、固有振動数およびひずみモードは、モデル (D) で、ほぼ一致を見た。これは、テーブルの軸と直角方向のバネ定数が影響すると思われる。

②張力による軸力の有・無に関する固有振動数の対比を表-5 に示すが、前者は後者よりむ 1 % 前後低い値があり差異はないと考えられる。

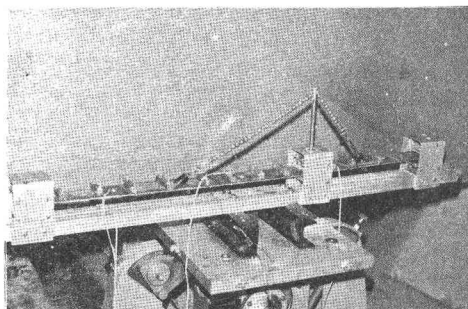


表-3 分岐のついたバネマトリックス

$$\text{モデル(A)} K = -k_{a1}$$

$$\text{モデル(B)} K = -\frac{k_{b1}(k_{b2}+k_{b3}+k_{b4}-m_b\omega^2)}{k_{b1}+k_{b3}+k_{b4}-m_b\omega^2}$$

$$\text{モデル(C)} K = -\frac{k_{c1}(k_{c2}+k_{c3}-m_c\omega^2)}{k_{c1}+k_{c3}-m_c\omega^2}$$

$$\text{モデル(D)} K = -\frac{k_{d1}(k_{d2}+k_{d3}-m_d\omega^2)-k_{d1}m_d\omega^2+m_d m_{d2}\omega^4}{k_{d1}k_{d2}+k_{d2}k_{d3}(k_{d1}+k_{d2})m_{d2}\omega^2-k_{d1}m_{d2}\omega^2+m_d m_{d2}\omega^4}$$

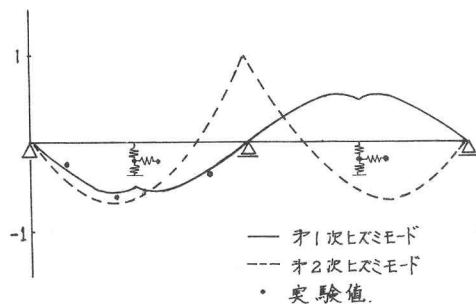


図-3 張力 $T=3$ kg のモデル (D) の歪モードと実験値

表-5 モデル (D) における オ1 次固有振動数

張力	1.5 (kg)	3.0 (kg)	6.0 (kg)
軸力 (有)	33.5 (%)	33.5 (%)	33.4 (%)
軸力 (無)	34.9	34.8	34.7

表-4 各モデルによる斜張橋の第1,2 次の固有振動数と実験値

ケーブル張力	モデル (A)		モデル (B)		モデル (C)		モデル (D)		実験値
	第1次	第2次	第1次	第2次	第1次	第2次	第1次	第2次	
1.5 (kg)	44.9 (%)	76.0 (%)	41.2 (%)	56.6 (%)	33.9 (%)	45.5 (%)	33.5 (%)	44.8 (%)	33.3 (%)
3.0	41.1	56.6	41.1	56.5	33.8	41.2	33.5	44.8	33.3
6.0	41.0	56.5	40.9	56.0	33.7	41.1	33.4	44.7	33.1

参考文献

(1)チモシェンコ：工業振動学（東京図書）

(2)PESTEL & LECKIE：MATRIX METHODS IN ELASTOMECHANICS (McGRAW-HILL)