

川田工業 正員 ○前田 研一

川田工業 正員 米田 昌弘

1. まえがき 著者らは、すでに3径間連続斜張橋を対象として、鉛直たわみとねじれの振動特性をそれぞれ支配する無次元の力学的パラメーターに着目し、初期の設計段階では実用上十分な精度で基本固有振動数を推定する方法を提案している。そこで、以下では、ほぼ同様の手法に従い、2径間連続斜張橋における基本固有振動数を簡易的に推定する方法について検討する。

2. ケーブル剛性の寄与 斜張橋の全体剛性の中で最も支配的な桁剛性とケーブル剛性に着目すれば、図-1に示すモデル(2径間連続斜張橋の支承条件を加味して主径間部のみをモデル化したもの)の鉛直たわみとねじれの振動特性を支配する無次元の力学的パラメーターは、それぞれ次式で表わされる。

$$\text{鉛直たわみ振動: } P_v = \sum_i \left(\frac{E_c A_c}{l} x_i^2 \sin^2 \theta_i \right) / \frac{EI}{L_c} \quad (1)$$

$$\text{ねじれ振動: } P_T = \sum_i \left(\frac{E_c A_c}{l} \frac{b_i^2}{4} \sin^2 \theta_i \right) / \frac{GJ}{L_c} \quad (2)$$

ここに、 $E_c A_c$ はケーブルの伸び剛性、 l はケーブル長、 x は固定端からケーブル定着点までの距離、 θ はX-Y平面内での桁とケーブルのなす角度、 b はケーブル定着点におけるケーブル間隔、 EI と GJ はそれぞれ桁の曲げ剛性とねじれ剛性、 L_c は支間長、 $\sum_i$ はケーブルについての総和を表わす、図-1のモデルを用いて、鉛直たわみとねじれの基本固有振動数に及ぼすケーブル剛性の寄与の程度を、ケーブル取付け位置 x/L_c を変化させて計算した。その結果をそれぞれ図-2、-3に示す。なお、図-2、-3における縦軸は、それぞれ1端固定他端単純支持梁の鉛直たわみ基本固有振動数と両端固定梁のねじれ基本固有振動数で基準化してある。これらの図から、パラメーター P_v 、 P_T がそれぞれ増加すると、縦軸の基準化した振動数はケーブル取付け位置ごとの上限値に収束するような増加傾向を示すことが判る。

3. 基本固有振動数の簡易推定法 2径間連続斜張橋における鉛直たわみとねじれの基本固有振動モードを図-4に示す。これらの固有振動モードに対応する鉛直たわみとねじれの基本固有振動数は、それぞれ次式で計算できるものと仮定する。

$$\text{鉛直たわみ振動: } f_n = \frac{\pi}{2L_c} \sqrt{\frac{gEI}{w}} \cdot C_v \left(\frac{L_s}{L_r} \right) \cdot a_{v \max} \left(\frac{\bar{x}}{L_c}, P_v \right) \cdot \beta_v \quad (3)$$

$$\text{ねじれ振動: } f_\phi = \frac{1}{2L_c} \sqrt{\frac{GJ}{I_\phi}} \cdot a_{T \max} \left(\frac{\bar{x}}{L_c}, P_T \right) \cdot \beta_T \quad (4)$$

ここに、 f_n と f_ϕ は鉛直たわみとねじれの基本固有振動数、 w と I_ϕ はそれぞれ単位長さ当りの重量と極慣性モーメント、 g は重力加速度、 L_c と L_s はそれぞれ主径間と側径間の支間長であり、全長 L_r は $L_r = L_c + L_s$ となる。また、 $C_v (L_s/L_r)$ は支間長比 L_s/L_c なる2径間連続桁の基本固有振動数と支間長を L_r とする単純桁の基本

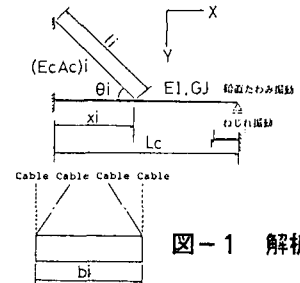


図-1 解析モデル

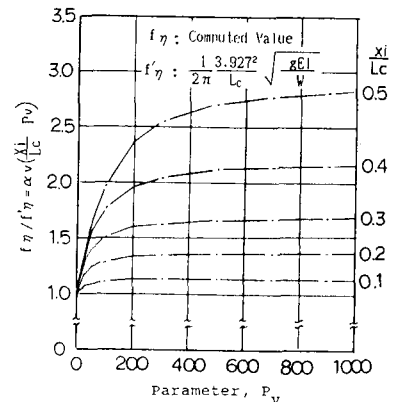


図-2 鉛直たわみ基本固有振動数に及ぼすケーブル剛性の寄与

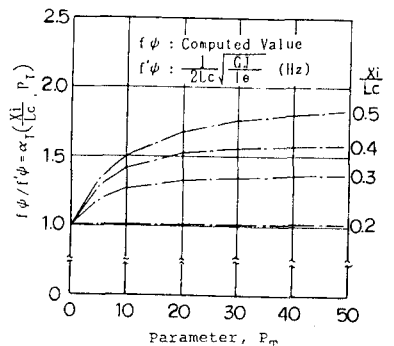


図-3 ねじれ基本固有振動数に及ぼすケーブル剛性の寄与

固有振動数との比を表し、具体的には表-1で与えられる。 $\alpha_v^{\max} (\bar{x}/L_c, P_v^T)$ はケーブル剛性の寄与を表わす補正係数であり、主径間側の $0.30 \leq x_i/L_c \leq 0.60$ にあるケーブルに着目し、以下のようにして算定する。すなわち、まず、 $0.50 < x_i/L_c \leq 0.60$ にある

表-1 補正係数

L_s/L_T	$C_1(L_s/L_T)$
0.1	1.812
0.2	2.102
0.3	2.670
0.4	3.391
0.5	4.002

ケーブルについては、それが有する伸び剛性 EA の半分の大きさを持つケーブルが見かけ上 $x_i/L_c = 0.50$ にあると想定し、 $30 \leq x_i/L_c \leq 0.50$ なる範囲でケーブルの平均取付け位置 $\bar{x}/L_c = 1/n \cdot \sum x_i/L_c$ 、パラメーター P_v の合計 $P_v^T = \sum_i (P_v)_i$ を計算

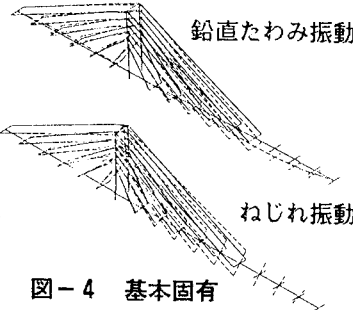


図-4 基本固有振動モード

する。そして、これらの結果を用いて図-2から読取った値を、ケーブル剛性の寄与による補正係数 $\alpha_v^{\max} (\bar{x}/L_c, P_v^T)$ として採用する。 $\alpha_T^{\max} (\bar{x}/L_c, P_T^T)$ も図-3を用いれば、全く同様にして算定できる。さらに、 β_v, β_T は主径間側のケーブルのみに着目した影響、タワーの形式とその剛性の差異による影響および支間長比の差異による影響等を考慮するための補正係数であり、後述するように固有振動解析結果と式(3)、(4)の比較から決定する。なお、1面吊り2径間連続斜張橋のねじれ基本固有振動数は、式(4)において $\alpha_T^{\max} (\bar{x}/L_c, P_T^T) = \beta_T = 1.0$ とすれば良いことを事前に確認している。

現在までに架設された2径間連続斜張橋および図-5に示すモデル斜張橋の固有振動解析結果と式(3)、(4)で $\beta_v = 1.0, \beta_T = 1.0$ と想定した推定結果を比較して図-6、7に示す。図-6より、幾分ばらつきはあるものの、鉛直たわみ振動に対しては、タワー下端を固定とした形式で $\beta_v = 1.10$ 、タワー下端をヒンジとした形式で $\beta_v = 0.95$ をそれぞれ仮定すれば、基本固有振動数を比較的精度よく推定できることが判る。また、図-7より、ねじれ基本固有振動数の推定にあたっては、タワー形式によらず $\beta_T = 0.95$ を仮定すれば良いことが判る。

4. まとめ 本文で提案した簡易推定式を用いれば、比較的良い精度で2径間連続斜張橋の基本固有振動数を推定でき、効率的な耐風検討が可能であると思われる。

最後に、本研究にあたり、常に適切な御助言を頂いた、東京大学伊藤 学教授に心より感謝致します。

参考文献 1) 米田昌弘・前田研一：3径間連続斜張橋における基本固有振動数の簡易推定法，土木学会論文集，第380/I-7号，1987年4月

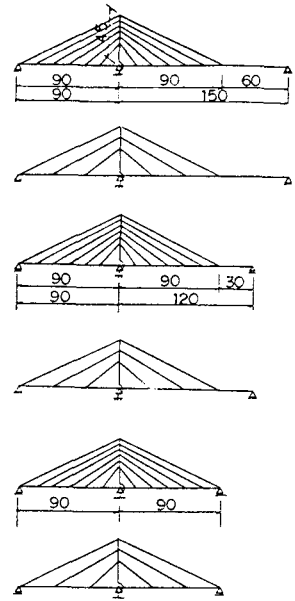


図-5 モデル斜張橋

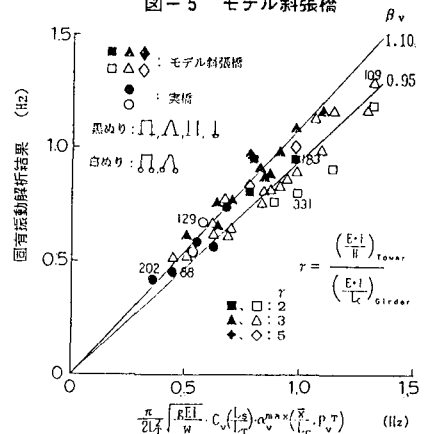


図-6 2径間連続斜張橋の固有振動解析結果と式(3)による推定結果との比較

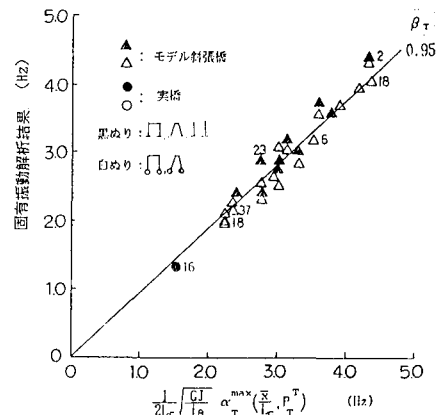


図-7 2径間連続斜張橋の固有振動解析結果と式(4)による推定結果との比較