

川田工業(株) 正会員 ○ 前田 研一

川田工業(株) 正会員 米田 昌弘

1. 李の公式 斜張網の振動数 ω 、運動方程式を中偏の既知理論のように直接微分方程式で表現することは困難であることから、通常、固有値解析による算定を行っている。しかしながら、概略の耐剛性を検討する初期の設計段階では、固有値解析による厳密な振動数を算定するよりも、比較的簡単な ω を用いる程度の精度で基本振動数を推定する方法がよい。これにより、基本振動数を推定して用いる必要があるとされている。

本文では、3体間連続斜張橋を対象として、比較的簡単にV型断面の橋梁式^{1),2)}に比べさらに良い精度で、斜張橋の基本振動数を推算する方法を提案する。

2. ゲータVの剛性の著手 制振橋の座席剛性には、概、ゲータVおよびゲータV-1の著剛性が著手する。これら
を有バタ包括して議論するに於て非常に困難であるに非ざら、ここにまず、最も近似的と為らぬゲータVの剛性
ゲータVの剛性に着目する。すなわち、ゲータVの初期振動およびその新増子。通常、振動数に大きな影響を及ぼさな
こととを無視するに非ざる。

今、両端固定梁に1つのヤングの定数 ν の固-1に含有元 ν の ν^2 、2トリップス構造解析の初等理論を適用する、以下に含有無次元のヤングのバリエーションが誘導される。

解法二(万有引力): $P_0 = \sum \left(\frac{E_0 A_0}{L} \cdot x^2 \cdot \sin^2 \theta \right)_i / \frac{F_1}{L_c} \quad \text{-----(1)}$

对 i 点微部: $P_T = \sum_i \left(\frac{E_c A_c}{L} \cdot \frac{b^2}{4} \sin^2 \theta \right)_i / \frac{GJ}{L_c} \quad \dots\dots\dots (2)$

ここで、 E_0 はゲートVの弾性係数、 A_0 はゲートVの断面積、 L はゲートV長、 x は固定端からのゲートV定着点までの距離、 θ は x - y 平面内での橋レジンゲートVの傾斜角度、 b はゲートV定着点におけるゲートV間隔、 EI はゲートVの曲げ剛性、 L_0 は両端固定梁の支間長、 Σ はゲートVの総和を表す。図-1の各ゲートVを用いて、斜張橋の橋本梁数値モデルに図1(a)の荷重1次振動数及びゲートV剛性の算出の精度を、ゲートV数付け係数 x/L_0 に変化させて計算した。次の結果を次の図-2、-3に示す。この図に示す振動数、両端固定梁として算定した振動数 f_1^* 、 f_1^0 と次の式で表わされる。すなわち、 $x/L_0 > 0.4$ なる範囲では、ゲートV剛性の算出で $x/L_0 = 0.4$ なる値より精度が低下し、 $x/L_0 = 0.45$ 程度までは $x/L_0 = 0.4$ に相当する値を代用して精度の低下が認められ、 $x/L_0 = 0.5$ に到達すると、 P_0 と P_T が次の式で表わされる領域では同様の傾向が認められる。

3. 基本振動数の簡易推定法 3. 経間連続鉄筋梁橋の基本振動数(特称1次振動数)を、次式で推定するものとして定む。

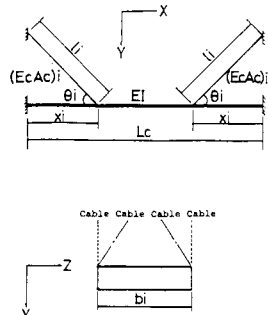


Fig.1 Analytical Model

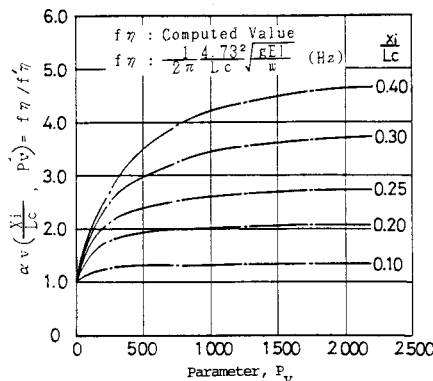


Fig.2 Effects of Cable Rigidity on 1st Sym. Vertical Frequency

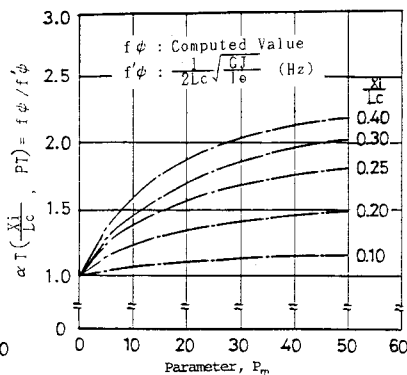


Fig.3 Effects of Cable Rigidity on 1st Sym. Torsional Frequency

$$\text{鉛直方向振動数} : f_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{L_T} \sqrt{\frac{2EI}{w}}} \cdot C_0 \left(\frac{L_S}{L_T} \right) \cdot \alpha_0^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_0^T \right) \cdot \beta_0 \quad (3)$$

$$\text{ねじれ振動} : f_4 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{L_C} \sqrt{\frac{GI}{I_0}}} \cdot \alpha_T^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_T^T \right) \cdot \beta_T \quad (4)$$

ここで、 f_2 と f_4 は九井の鉛直方向のねじれ1次振動数、 w と I_0 は九井の単位長さ当たりの重量と慣性モーメント、 L_C と L_S は九井の中央支間長と側支間長であり、全長 L_T は $L_T = L_C + 2L_S$ と表わされる。また、 $C_0 \left(\frac{L_S}{L_T} \right)$ は支間長比 L_S/L_C なる3径間連続橋の鉛直1次振動数と支間長 L_T なる単統橋の鉛直1次振動数の比を表わし、具体的に表-1で与えられる。 $\alpha_0^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_0^T \right)$ はヤークの剛性の著しさを表わす係数であり、以下の式に V で算定する。すなわち、 $x/L_C \leq 0.25$ と $x/L_C > 0.25$ とあるヤーク V について、九井の範囲でヤークの平均値が $x/L_C = \frac{1}{2} \frac{L_S}{L_C}$ 、パラメーター P_0 の合計 $P_0^T = \sum (P_0)_i$ を計算し、図-2のヤーク剛性の著しさを補正係数 $\alpha_0 \left(\frac{L_S}{L_C}, P_0^T \right)$ を読取る。九井で、九井の値と比較して、大きい方の値を $\alpha_0^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_0^T \right)$ と採り採用する。 $\alpha_T^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_T^T \right)$ も図-3を用い、全く同様にして算定する。さらに、 β_0, β_T は橋口の仮定を算入した V による補正係数であり、後述する式に固有値解析結果式(3)、(4)の比較が示されている。なお、1向歩行斜張橋のねじれ1次振動数(式(4))において $\alpha_T^{\max} \left(\frac{L_S}{L_C}, P_T^T \right) = \beta_T = 1.0$ とすればよいと事前に検討されている。

現在までに架設された、斜張中の3径間連続斜張橋(支間長比0.370~0.440)が図-4に示す2面ありモノレール斜張橋の固有値解析結果式(3)、(4)の推定結果と比較して、図-5、6に示す。なお、モノレール斜張橋については、若狭のヤーク剛性を定めたことにより、ヤークの張力と桁の差を考慮して処理した。図-5、6より、橋台間の長さの約1/2の、7ヤーク橋を国産とした斜張橋桁の鉛直1次振動数に対しては $P_0 = 0.95$ ($P_0^T \leq 1.500$)を、また、橋梁を軽量化した7ヤーク桁を含む斜張橋のねじれ1次振動数に対しては $\beta_T = 0.95$ ($P_T^T \leq 90$)を九井の仮定するが、比較的長・橋高比斜張橋の算定振動数は推定で与えることが判る。また、7ヤーク橋がビンジ桁式の鉛直1次振動数と独立桁桁式のねじれ1次振動数、その他の条件が同じであれば、上述の推定値を九井の7ヤーク橋と5%程度低減させることを一つの目安とすべきと判る。

4. まとめ 斜張橋は設計自由度が7つに達し、鋼部材選定が非常に広範囲となる。九井の、設計の最終段階に固有値解析により厳密な値を算定する必要があるが、概略の耐風性を検討する初期の設計段階には、本文で提案した推定式を用いたが、実用上差支のない範囲で斜張橋の算定振動数を推定する。

最後に、本研究に初任者から熱心な御助言を頂いた、東京大学・伊藤 淳教授に謝意を述べた。

<参考文献> 1) 岡内 他: 斜張橋の特性に関する2,3の考察, 第22回年報概要集, S42.5.
2) 成田 信之: 免震断面橋脚を有する斜張橋の耐風設計に関する基礎的研究, S52.2

Table 1 Coefficient $C_0 (L_S/L_T)$

L_S/L_T	$C_0 (L_S/L_T)$
0.100	3.096
0.200	4.755
0.225	5.458
0.250	6.323

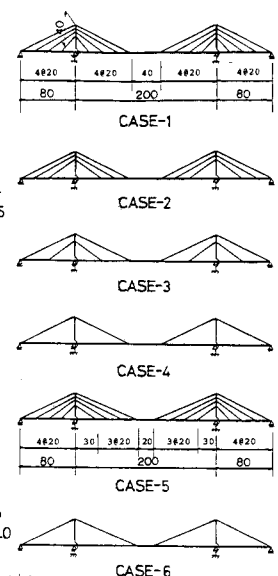
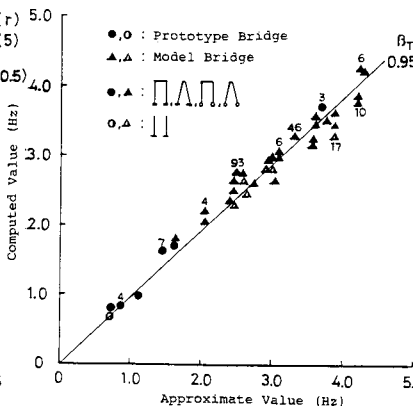
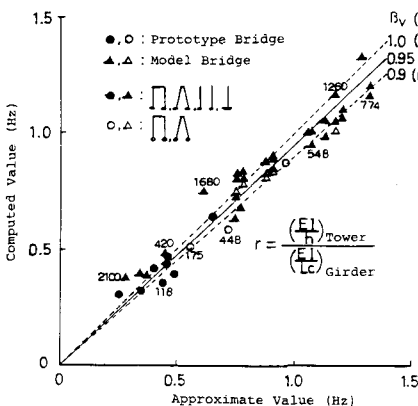


Fig.5 Comparison of Computed and Approximate Value (1st Sym. Vertical Frequency)

Fig.6 Comparison of Computed and Approximate Value (1st Sym. Torsional Frequency)

Fig.4 General View of Model Cable-Stayed Bridges