

I-288

斜張橋の鉛直曲げ1次振動の性状について

川崎重工業(株) 小松 貴雄
 長岡技術科学大学 長井 正嗣
 川崎重工業(株) 佐野 信一郎
 川崎重工業(株) 友田 富雄

1. まえがき

文献1)において、曲げ1次固有周期の精度良い算定式を提案した。ここでは、算定式を用いて振動性状の検討を行う。主要なパラメータの整理とともに、支間長の増大に伴う性状の予測を行い、あわせて我国の既存の吊橋との比較を行う。

2. 算定式について

2つのモードを仮定した算定式を提案したが、両者に大差が生じなかったことから、モードⅡの仮定に基づく算定式を用いて検討を行う。モードⅡの仮定に基づく算定式によれば、支間長比(n_{cs})=2.1~2.5の範囲で

$$T/\sqrt{1+\gamma} \cong (1.98 \sim 1.95) \sqrt{\delta_{\max}/\omega} \quad (1)$$

なる算定式が与えられる。

ここに、 γ は塔の影響を考慮する係数、 $\delta_{\max}$ は分布活荷重による最大たわみ、 ω は分布活荷重強度(p)と主桁死荷重強度(W_G)の比である。 γ については、塔の死荷重強度を W_T とすれば、 $W_T/W_G=1.0$ の場合で1~2%、 $W_T/W_G=2.0$ で3~5%と $\gamma=0$ と仮定した場合に対して差が生じる。一般にこの影響は小さいと言える。

式(1)より、 $\delta_{\max}$ と ω が既知の場合、固有周期が推定できる。

3. 支間長の変化に伴う固有周期の予測

文献1)に示すモードⅡによる算定式に、同じく文献1)の最大たわみの推定式を代入して整理すると、以下の式を得る。

$$T/\sqrt{1+\gamma} = 3.557 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{8n_{cs}}} \sqrt{\frac{\beta \sigma_a}{E_c}} \sqrt{n_n} \sqrt{\ell_c} \sqrt{F_2} \quad (2)$$

$$F_2 = \frac{\alpha}{\omega} \sqrt{\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{n_n^2}\right) \left(\frac{1}{n_{cs}^2} + \frac{1}{n_n^2}\right) + \frac{1}{1+1.3\omega} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{n_n^2}\right)} \quad (3)$$

ここに、 $\beta \sigma_a$ はケーブルの許容応力(σ_a)に余裕を考慮した値、 E_c はケーブルのヤング係数、 n_n は塔高さ(桁上)と中央径間長(ℓ_c)の比、 α はアンカーケーブルの全張力のうち分布活荷重による張力の割合いで、文献1)の図-2で定義される。

式(2)より、固有周期は中央径間長の平方根に比例することがわかる(但し、式(2)中のその他のパラメータを支間長に関係なく一定とする)。この傾向は文献2)でも示されている。一方、文献3)では、

$$T = (3/400) \ell_c \quad (4)$$

と与えられるが、式(4)は我国の実績から推定された算定式と思われる。

図-1に $n_n=5.0$ 、 $\omega=0.2$ 、 $\gamma_{cs}=60 \times 10^{-3}$ (文献1)参照)での固有周期算定曲線を示す。また、図中には式(4)の直線も記入されている。図中に示す○、●印は実橋の値と、本図より算定した値を、△、▲印は計画橋梁の試算に関する値を示す。また、□印は短支間での実橋の値で比較の対象としてない。本図を用いても比較的精度よく固有周期が推定できることがわかる。なお、 n_n 、 ω 、 γ_{cs} の変化に対する補正係数は図-2~4に与えられ、これらの図によっても、塔高さ、死・活荷重強度比、ケーブルと主桁の剛比など重要なパラメータの変化に伴う性状変化が推測できる。

4. 吊橋との比較

本算定図を用いて、我国の既存の吊橋の固有周期との比較を行う。図-5に比較結果（ $\ell_c > 500\text{m}$ ）を示す。☆印が吊橋の値である。図中、 $\gamma_{cs}/10^3 = 100, 250$ は、大和川橋梁の諸元を支間600, 800mに適用した場合に対応し、 $\gamma_{cs}/10^3 = 10, 20$ は六甲大橋（鋼床版トラス主桁）の諸元を同じく支間600, 800mに適用した場合に対応する。

これより、長大橋に斜張橋（主桁に箱桁）を適用すると、我国の既存の吊橋に比較して剛性が小さくなると予想される。なお、図中、800m以上での破線表示は、ケーブルのサグ、側径間での中間橋脚の効果が考慮されていないため、参考値となっている。

5. まとめ

以上、1次振動性状を各種パラメータの変動に対応づけて明らかにした。特に、吊橋との比較を行った。

参考文献 1) 長井他、斜張橋の鉛直曲げ1次固有周期の算定式、土木学会年次学術講演会概要集、1989、2) T.A.WYATT, On the Aero dynamic Design of Cable-Stayed Bridges of High Aspect Ratio, Cable-Stayed Bridges, Bangkok, 1987 3) 渡辺昇、橋梁工学、朝倉書店

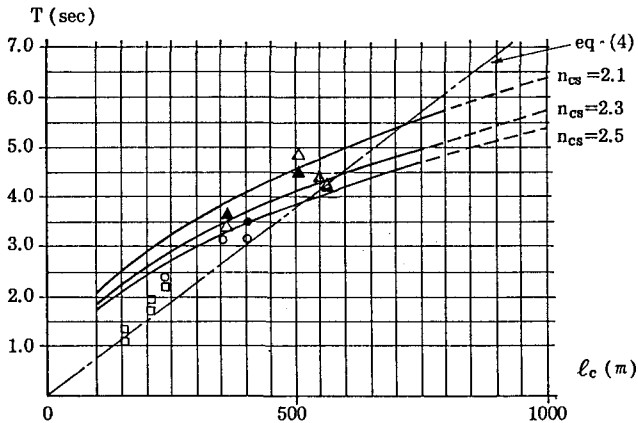


図-1 斜張橋の固有周期 ($n_h = 5.0$, $\omega = 0.2$, $\gamma_{cs}/10^3 = 60$)

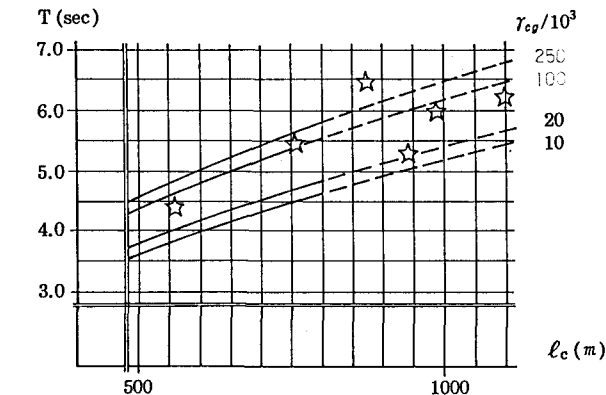


図-5 吊橋と斜張橋 ($n_h = 5.0$, $\omega = 0.2$, $n_{cs} = 2.3$) の比較

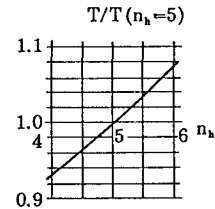


図-2 補正係数 (n_h)

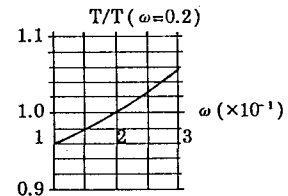


図-3 補正係数 (ω)

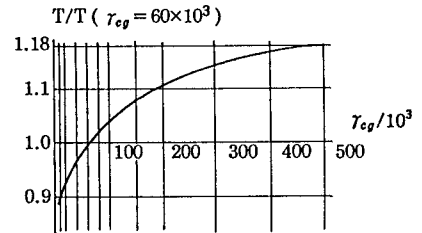


図-4 補正係数 (γ_{cs})