

近畿大学理工学部

学生員 ○海下 尚樹

近畿大学理工学部

正会員 米田 昌弘

近畿大学大学院工学研究科

学生員 西澤 毅

近畿大学理工学部

山口 大輔

1. はじめに 橋軸方向にオールフリーあるいは弾性拘束された斜張橋形式に現れる遊動円木振動は、橋軸方向地震に対するモード寄与率が非常に大きい。それゆえ、斜張橋の比較設計や基本詳細設計時においては、遊動円木振動数特性の把握が耐震設計上きわめて重要となる。そこで、本研究では、初期の設計段階では実用上十分な精度で、斜張橋の遊動円木振動数を推定できる簡易算定法を提案することとした。

2. 遊動円木振動数の推定法 斜張橋において、タワー剛性 $E_T I_T$ 、リンク剛性 T/ℓ 、水平ばね剛性 k_H をそれぞれ考慮した場合、 M_e を等価質量とすれば、その遊動円木振動数 f_L は次式で推定できるものと仮定する。

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sum_i 3E_T I_T / (ah)^3 + \beta \times \sum_j T/\ell + \gamma \times \sum_k k_H}{M_e}} \quad (1)$$

式(1)において、 ah はタワー剛性の寄与を表すための等価長さ、 β は片持ちばりモデルに置換した場合のリンク寄与を補正するための係数、 γ は水平ばね剛性の寄与を補正するための係数である。本研究では、ケーブル段数が16 段のマルチケーブル形式斜張橋（中央支間長 400m）を対象として、ケーブルの取付け範囲とタワー高さの比 h_c/H を 0.15, 0.3, 0.375, 0.45 と変化させ、補正係数 α , β , γ をそれぞれ固有振動解析結果との対比から算定した。補正係数 α , β , γ と無次元パラメーター P_{TQ} の関係を表-1～表-3 にまとめる。

表-1 補正係数 α の算定式

h_c/H	$\sum_i 3E_T I_T / H^3$	補正係数 α ($10 \leq P_{TQ} \leq 900$)	
		〈中間支点なし〉	〈中間支点あり〉
0.15	100	$\alpha = 0.062 \log_{10} P_{TQ} + 0.991$	$\alpha = 0.057 \log_{10} P_{TQ} + 0.821$
	1500	$\alpha = 0.078 \log_{10} P_{TQ} + 1.006$	$\alpha = 0.033 \log_{10} P_{TQ} + 1.023$
0.30	100	$\alpha = 0.180 \log_{10} P_{TQ} + 0.824$	$\alpha = 0.072 \log_{10} P_{TQ} + 0.768$
	400	$\alpha = 0.211 \log_{10} P_{TQ} + 0.830$	$\alpha = 0.099 \log_{10} P_{TQ} + 0.819$
	1000	$\alpha = 0.217 \log_{10} P_{TQ} + 0.854$	$\alpha = 0.099 \log_{10} P_{TQ} + 0.900$
	1500	$\alpha = 0.219 \log_{10} P_{TQ} + 0.867$	$\alpha = 0.094 \log_{10} P_{TQ} + 0.945$
0.375	100	$\alpha = 0.243 \log_{10} P_{TQ} + 0.727$	$\alpha = 0.083 \log_{10} P_{TQ} + 0.768$
	400	$\alpha = 0.302 \log_{10} P_{TQ} + 0.706$	$\alpha = 0.122 \log_{10} P_{TQ} + 0.789$
	700	$\alpha = 0.312 \log_{10} P_{TQ} + 0.717$	$\alpha = 0.130 \log_{10} P_{TQ} + 0.822$
	1000	$\alpha = 0.316 \log_{10} P_{TQ} + 0.729$	$\alpha = 0.132 \log_{10} P_{TQ} + 0.854$
	1500	$\alpha = 0.318 \log_{10} P_{TQ} + 0.747$	$\alpha = 0.129 \log_{10} P_{TQ} + 0.900$
0.45	100	$\alpha = 0.312 \log_{10} P_{TQ} + 0.616$	$\alpha = 0.083 \log_{10} P_{TQ} + 0.768$
	400	$\alpha = 0.401 \log_{10} P_{TQ} + 0.564$	$\alpha = 0.122 \log_{10} P_{TQ} + 0.789$
	700	$\alpha = 0.419 \log_{10} P_{TQ} + 0.571$	$\alpha = 0.130 \log_{10} P_{TQ} + 0.822$
	1000	$\alpha = 0.427 \log_{10} P_{TQ} + 0.582$	$\alpha = 0.132 \log_{10} P_{TQ} + 0.854$
	1500	$\alpha = 0.434 \log_{10} P_{TQ} + 0.600$	$\alpha = 0.129 \log_{10} P_{TQ} + 0.900$

表-2 補正係数 β の算定式

h_c/H	$\sum_i 3E_T I_T / H^3$	補正係数 β ($10 \leq P_{TQ} \leq 900$)
0.15	100～1500	$\beta = 0.81$
0.30	100～1500	$\beta = 0.77$
0.375	100～1500	$\beta = 0.73$
0.45	100～1500	$\beta = 0.68$

表-3 補正係数 γ の算定式

h_c/H	$\sum_i 3E_T I_T / H^3$	補正係数 γ ($10 \leq P_{TQ} \leq 900$)
0.15	100～1500	$\gamma = -0.017 \log_{10} P_{TQ} + 1.009$
0.30	100～1500	$\gamma = -0.048 \log_{10} P_{TQ} + 1.028$
0.375	100～1500	$\gamma = -0.074 \log_{10} P_{TQ} + 1.043$
0.45	100～1500	$\gamma = -0.107 \log_{10} P_{TQ} + 1.059$

ただし、無次元パラメーター P_{TG} は、タワー剛性と主桁剛性の比であり、次式によって定義される。

$$P_{TG} = \frac{\sum_i 3E_T I_T / H^3}{48E_G I_G / (L_C/2)^3} \propto \frac{\sum_i 3E_T I_T / H^3}{E_G I_G / (L_C/2)^3} \quad (2)$$

3. 数値計算例 数値計算例で対象とした橋梁は、中央支間長が600m（支間長比 280m/600m=0.467）、タワーの高さが144m（桁上高さは120m）、ケーブル段数が14段のマルチケーブル形式斜張橋¹⁾である。一般図を図-1に、構造諸元を表-4に示す。

ここでは、オールフリーのCASE-AL、橋端部（全2ヶ所）に2×1250tf/m/Br.の水平ばねを設置したCASE-KS、タワーと主桁間（全2ヶ所）に2×1250tf/m/Br.の水平ばねを設置したCASE-KTを、それぞれ基本検討ケースに選定することとした。また、それぞれのケースにおいて、側径間に中間支点（2箇所）を設置したCASE-ALS2、CASE-KSS2、CASE-KTS2についても簡易推定法の適用性を検討することとした。

CASE-AL、CASE-KS、CASE-KTおよびCASE-ALS2、CASE-KSS2、CASE-KTS2の推定値と固有振動解析結果を比較して表-5に示す。この表からわかるように、本文で提案した手法を適用すれば、中間支点のないCASE-AL、CASE-KS、CASE-KTでは+2.5%以内の誤差で、また、中間支点を有するCASE-ALS2、CASE-KSS2、CASE-KTS2でも-4.5%以内の誤差で、斜張橋の遊動円木振動数を推定できることがわかる。

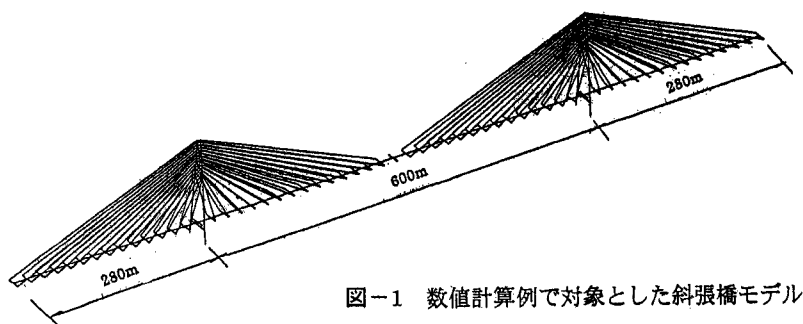


図-1 数値計算例で対象とした斜張橋モデル

表-4 数値計算例で対象とした斜張橋の構造諸元

	断面積 (m ²)	断面2次モーメント (m ⁴)		重量 (tonf/m)
		面内	面外	
主桁	1.025	1.969	37.917	20.000
主塔	0.960	4.333	7.187	10.550
ケーブル	0.0045~0.021	—	—	0.038~0.173

表-5 推定値と解析値の比較

検 討	遊動円木振動数		
	推定値	解析値	誤差
CASE-AL	0.083 Hz	0.081 Hz	+2.5%
CASE-KS	0.169 Hz	0.167 Hz	+1.2%
CASE-KT	0.167 Hz	0.164 Hz	+1.8%
CASE-ALS2	0.123 Hz	0.125 Hz	-1.6%
CASE-KSS2	0.189 Hz	0.198 Hz	-4.5%
CASE-KTS2	0.188 Hz	0.193 Hz	-2.6%

4. まとめ 斜張橋の遊動円木振動数を精度良く推定できる簡易式を提示した。本簡易式を適用した結果、遊動円木振動数の推定誤差は、中央支間長600mの斜張橋で-4.5%~+2.5%と、初期の概略設計段階では概ね十分な精度を有するものであった。

参考文献：1) 謝 旭，山口宏樹，長井正嗣：弾塑性分枝挙動を考慮した長大斜張橋の座屈特性に関する一考察，鋼構造年次論文報告集，第6巻，pp.285~291，1998年11月。