

3 径間連続形式斜張橋の固有振動数特性に及ぼす側径間中間支点の影響

川田工業(株) 正 員 米田昌弘

1. まえがき

著者は、概略の動的耐風安定性を検討するような場合の便を考え、初期の設計段階では実用上十分な精度で、斜張橋の鉛直たわみとねじれの固有振動数を推定できる実用算定式を提案している¹⁾。しかしながら、この実用算定式では、チャオブラヤ橋(正式名称 ラマ9世橋)や生口橋等に見られるような、側径間に中間支点を有する斜張橋形式に対してはその適用を考慮していない。

そこで、本文では、3径間連続形式斜張橋の固有振動数特性に及ぼす側径間中間支点の影響を検討するとともに、すでに提案している通常の3径間連続形式斜張橋に対する実用算定式の補正係数を修正することによって、側径間に中間支点を有する3径間連続形式斜張橋の固有振動数算定方法も提案する。

2. 固有振動数特性に及ぼす側径間中間支点の影響

斜張橋の固有振動数特性を支配する無次元パラメーター $P_v(n)$, $P_T(n)$ ¹⁾に着目して、中間支点のない通常の3径間連続形式斜張橋モデルおよび側径間部に中間支点を有する3径間連続形式斜張橋モデルについてそれぞれ固有振動解析を行い、その比較から、3径間連続形式斜張橋の固有振動数特性に及ぼす側径間中間支点の影響を検討した。なお、対象とした振動は、動的耐風安定性の見地から、鉛直たわみ振動とねじれ振動の対称1次($n=1$)および逆対称1次モード($n=2$)に限定した。また、固有振動解析にあたっては、タワー形式の差異を考慮するため、独立柱形式(TOWER-C)、門型形式(TOWER-P)およびA型形式(TOWER-A)の3ケースを考えた。

固有振動解析結果の比較より得られた、3径間連続形式斜張橋の側径間部に中間支点を設置した場合の固有振動数の増加率 $\beta_{v,p}(n)$, $\beta_{T,p}(n)$ を表-1にまとめる。したがって、側径間に中間支点を有する3径間連続形式斜張橋の固有振動数は、通常の3径間連続形式斜張橋に対する算定式(文献1)の式(10), (11)中の補正係数 $\beta_v(n)$, $\beta_T(n)$ を、さらにそれぞれ表-1に示す程度増加させれば推定できることになる。すなわち、式中の補正係数 $\beta_v(n)$, $\beta_T(n)$ をそれぞれ以下に示す $\tilde{\beta}_v(n)$, $\tilde{\beta}_T(n)$ に置き換えれば、側径間に中間支点を有する3径間連続形式斜張橋の固有振動数を推定できる。

$$\tilde{\beta}_v(n) = \beta_v(n) \times (1 + \beta_{v,p}(n)/100) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\tilde{\beta}_T(n) = \beta_T(n) \times (1 + \beta_{T,T}(n)/100) \times (1 + \beta_{T,p}(n)/100) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $\beta_{T,T}(n)$ はねじれ振動のタワー形式に対する補正係数(文献1)の表-11)であり、独立柱形式のように低下率を表す場合には負の値とする。

3. 数値計算例

対象とした橋梁は図-1に示すような中央支間長が465m(支間長比0.425)、ケーブル段数が24段、側径間に2つの中間支点を有するマルチケーブル形式斜張橋である。この斜張橋は文献1)で採用したモデルの側径間部に中間支点を設置したものであり、ここでの基本構造諸元は表-2に示す通りである。以下、この基本構造諸元を有する場合をMODEL-Gと記す。また、ケーブル剛性の寄与が相対的に

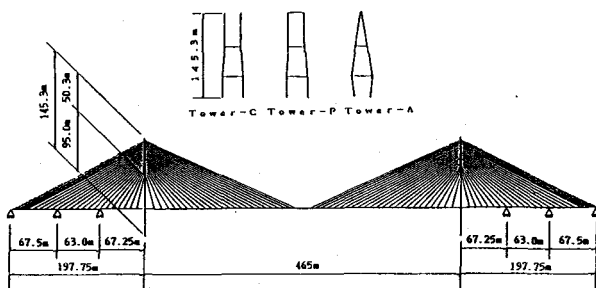


図-1 対象とした斜張橋

表-1 側径間に中間支点を設けた場合の固有振動数の増加率

(補正係数 $\beta_{v,p}(n)$, $\beta_{t,p}(n)$)

	鉛直たわみ		ねじれ	
	増加率(%)		増加率(%)	
	$\beta_{v,p}(1)$ (対称1次)	$\beta_{v,p}(2)$ (逆対称1次)	$\beta_{t,p}(1)$ (対称1次)	$\beta_{t,p}(2)$ (逆対称1次)
	$5 \leq P_v(1) \leq 10000$	$0.5 \leq P_v(2) \leq 1000$	$0.1 \leq P_t(1) \leq 5000$	$0.1 \leq P_t(2) \leq 1000$
TOWER-C	$11.4 + 4.5 \times \log_{10} P_v(1)$	$26.4 + 4.5 \times \log_{10} P_v(2)$	$9.0 + 6.0 \times \log_{10} P_t(1)$	$14.0 + 7.0 \times \log_{10} P_t(2)$
TOWER-P			5	10
TOWER-A				

表-2 数値計算例で対象とした斜張橋の基本構造諸元

	断面積 (m^2)	断面2次モーメント		ねじれ定数 (m^4)	弾性係数 (t/m^2)	せん断弾性 係数(t/m^2)	重量 (t/m/Br.)	極慣性モーメント ($\text{t} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4 / \text{Br.}$)
		面内(m^4)	面外(m^4)					
桁		2.00	40.0	2.0	2.1×10^7	0.81×10^7	22.0	140.0
タワー	塔柱	10.0	25.0	35.0	40.0	2.8×10^8	—	—
	水平材	10.0	35.0	25.0	40.0	2.8×10^8	—	—
ケーブル	0.006	—	—	—	2.0×10^7	—	—	—

表-3 モデル斜張橋(中間支点数2)の固有振動解析結果と推定値の比較 (MODEL-G: 桁の断面諸元 $I = 2.0 \text{ m}^4$, $J = 2.0 \text{ m}^4$)表-4 モデル斜張橋(中間支点数2)の固有振動解析結果と推定値の比較 (MODEL-S: 桁の断面諸元 $I = 0.2 \text{ m}^4$, $J = 1.4 \times 10^{-4} \text{ m}^4$)

(a) 鉛直たわみ振動

	鉛直たわみ振動数(Hz)					
	対称1次			逆対称1次		
	解析値	推定値	誤差	解析値	推定値	誤差
TOWER-C	0.3533	0.3671	+3.9%	0.5120	0.4959	-3.1%
TOWER-P	0.3533	0.3671	+3.9%	0.5120	0.4959	-3.1%
TOWER-A	0.3525	0.3671	+4.1%	0.5108	0.4959	-2.9%

(a) 鉛直たわみ振動

	鉛直たわみ振動数(Hz)					
	対称1次			逆対称1次		
	解析値	推定値	誤差	解析値	推定値	誤差
TOWER-C	0.3205	0.3190	-0.5%	0.4022	0.3994	-0.7%
TOWER-P	0.3205	0.3190	-0.5%	0.4022	0.3994	-0.7%
TOWER-A	0.3197	0.3190	-0.2%	0.4013	0.3994	-0.5%

(b) ねじれ振動

	ねじれ振動数(Hz)					
	対称1次			逆対称1次		
	解析値	推定値	誤差	解析値	推定値	誤差
TOWER-C	0.8196	0.8279	+1.0%	1.2550	1.2398	-1.2%
TOWER-P	0.8460	0.8536	+0.9%	1.2601	1.2651	+0.4%
TOWER-A	1.0060	0.9042	-10.1%	1.3766	1.2940	-6.0%

(b) ねじれ振動

	ねじれ振動数(Hz)					
	対称1次			逆対称1次		
	解析値	推定値	誤差	解析値	推定値	誤差
TOWER-C	0.6173	0.6100	-1.2%	0.7491	0.7289	-2.7%
TOWER-P	0.6785	0.6649	-2.0%	0.7910	0.7783	-1.6%
TOWER-A	0.8162	0.8761	+7.3%	0.9499	0.9528	+0.3%

増大した場合の影響も確認する目的で、桁剛性を $I=0.2 \text{ m}^4/\text{Br.}$, $J=1.4 \times 10^{-4} \text{ m}^4/\text{Br.}$ に変化させた場合も検討の対象とした。以下、この構造諸元を有する場合をMODEL-Sと記す。なお、固有振動解析にあたっては、タワー形式の差異をも考慮するため、図-1に併記した、Tower-C、-P、および-Aの3種類のケースも考えている。

全ケースの固有振動解析結果と実用算定式による推定値を比較して、表-3、-4に示す。表-3、-4より、固有振動解析結果と実用算定式による推定値は比較的良く一致していることが読み取れよう。なお、その他の、中間支点を有する種々の斜張橋に対して本実用算定式を適用した結果、推定精度は最大でも $\pm 15\%$ 程度以下にあったことを付記しておきたい。

以上より、本文で提案した側径間に中間支点を有する3径間連続形式斜張橋の固有振動数を推定するための算定方法がほぼ妥当であり、初期の設計段階では十分適用できることが確認できたと言えよう。

【参考文献】1) 米田昌弘: 連続形式斜張橋の固有振動数を推定するための実用算定式の提案, 土木学会論文集, 第410号/I-12, pp.315~324, 1989年10月。