

I-B74

2 箱桁超長大吊橋に対する質量付加の耐風安定化効果

大日本コンサルタント 正会員 中崎 俊三
埼玉大学 正会員 山口 宏樹

1. まえがき 2箱桁吊橋は、曲げねじれフラッターに対し優れた空気力特性を示すことから超長大吊橋に対する設計案として有望視されている。しかし、経済設計が進むと補剛桁の剛性が低下し、ダイバージェンスが問題になってくる。本文はまず、フラッターおよびダイバージェンスの解析方法を示し、暴風時のみ時的に質量を付加する方法による2箱桁吊橋の耐風安定性の改善効果を検討したものである。

2. 検討条件 検討の対象とした吊橋を図-1に、計算諸元を表-1に示す。2箱桁吊橋の主ケーブルの断面としては、1箱桁に対し2面とした4面吊り形式(図-2)と1箱桁に対し外側1面とした2面吊り形式(図-3)の2形式を対象とした。耐風安定計算は平板としての空気力を使って行った。

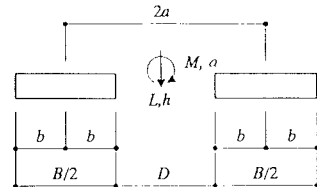
3. 解析理論

(1) フラッター 2箱桁吊橋のフラッター解析理論は、平板に対する準定常理論¹⁾(解法:M-1)、ウィンドスクリーンを有する翼型断面桁の風洞実験結果をSelbergの計算結果の倍率で公式化したもの²⁾(解法:M-2)などがある。

式(1)は、平板に対する非定常理論を適用したものであり、空力モーメント M の式中、アンダーラインを引いた項がピッチングに伴う空力減衰効果を示す。この中で、係数 c は2平板間の間隙(D)が零になった時に、1平板(板幅を2平板分とする)の場合の解析結果と一致させる係数であり、($c=1-(b/a)^2$)¹⁾と($c=1-(b/a)$)の2通りとした。前者の c を適用した解法をM-3・1、後者をM-3・2とする。

$$L = -2sv^2 \left[f_1 \left(\alpha + \frac{\dot{h}}{v} \right) + f_2 \cdot \frac{b}{2v} \cdot \dot{\alpha} \right]$$

$$M = sbv^2 \left[f_1 \left(\alpha + \frac{\dot{h}}{v} \right) - \left(f_3 \cdot \frac{b}{2v} + f_1 \cdot \frac{2a^2}{bv} \cdot c \right) \dot{\alpha} \right] \quad (1)$$



ここに、 L 、 M は揚力および空力モーメント、 $f_1 \sim f_3$ はTheodorsen関数から成る式、 $s=2\pi\rho b$ (ρ は空気密度、 b は1平板の半幅)、 a は平板中心間隔の1/2、 v は風速、 h と α は鉛直およびねじれ変位を示す。

図-3の2面吊り形式について、解法(M-2)と解法(M-3)との比較結果を図-4に示す。M-2とはM-3・2(すなわち、 $c=1-(b/a)$ の場合)による結果が良く一致している。

(2) ダイバージェンス 2平板のダイバージェンス速度 V_D は式(2)で与えられる¹⁾。

$$V_D = \omega_t r \sqrt{\mu} \quad ; \quad \mu = \frac{m}{4\pi\rho b^2} \quad (2)$$

ここに、 ω_t はねじれ円固有振動数、 r は回転半径、 m は単位長さ当たりの質量を示す。

4. 質量付加の効果

(1) 4面吊り形式 この形式の場合、曲げとねじれの振動数がほとんど一致する。この場合、フラッターは生じないことが知られている。図-5は解法(M-1)と解法(M-3・1)との比較を示すが、フラッターは生じないことがわかる。次に、ダイバージェンス速度は図-2に示す形式の場合63m/sになるが、質量8tf/m/Boxを全橋に渡り各箱桁の中心に付加すると77m/sになる。仮に、質量を付加しないで77m/sまで上昇させると、箱桁間の横桁長さは50mから62mにしなければならない。4面吊り形式の場合、主塔形式をA型とし、曲げ振動数を上昇させるのも一対策として考えられる。

(2) 2面吊り形式 この形式の場合、ねじれ振動数は鉛直振動数よりも大きい。この場合における付加質量の箱桁断面内最適位置を求めるために、表-2に示す3ケースについて質量8tf/m/Boxを付加した。フラッター発現風速の計算はM-2により行った。この表より次のことがいえる。

- ① 4面吊り形式と違って、付加質量はダイバージェンスだけでなくフラッターにも効果的である。
- ② 付加質量の位置を変えてもダイバージェンス速度の上昇はほとんど変わらない。
- ③ 付加質量の位置によりフラッターは変化し、ケース1が最も効果的である。

キーワード：2箱桁吊橋、質量付加、耐風安定性

〒170 0003 東京都豊島区駒込3-23 1 TEL 03-5394-7611 FAX 03-5394-7601

5. まとめ

1) 2箱桁吊橋に対するフラッター解析方法として、2箱桁間の間隙が零になる時、1箱桁の解と一致させる係数 c を導入した。その結果、翼断面桁の実験式とは係数 c を b/a (b :箱桁幅の1/2, a :箱桁中心間隔の1/2)の1次式で表した結果と良く一致した。

2) 4面吊り形式の場合、質量付加はダイバージェンス速度の上昇に効果的であった。

3) 2面吊り形式の場合、質量付加はダイバージェンスだけでなくフラッターにも効果的であった。

【参考文献】1) Richardson, J.R., The development of the concept of the twin suspension bridge, National Maritime Institute, NMI R125, 1981. 2) Larsen, A., Ostenfeld, K.H. and Antz, M.A., Aeroelastic stability study for the Gibraltar Bridge feasibility phase, 4th Int'l Colloquium on the Gibraltar Strait Fixed Link, May 1995, pp.99-108.

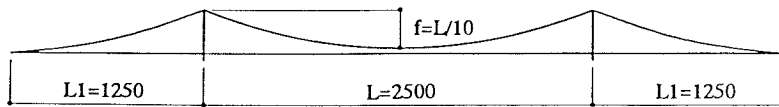


図-1 対象とする吊橋

(Unit:m)

表-1 計算諸元

Unit Dead Load	Cable	t/m	13.6
	Girder	t/m	14.0
	Pavement, etc.	t/m	6.0
	Total	t/m	33.6
Section Properties	Cable Area A_c	m ²	1.5
	Girder I_x	m ⁴	1.4
	Girder J	m ⁴	4.0
Polar Moment of Inertia		t/m ² ・m ² /m	1177

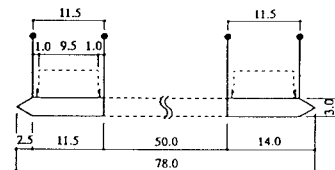


図-2 4面吊り形式

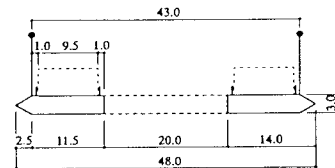


図-3 2面吊り形式

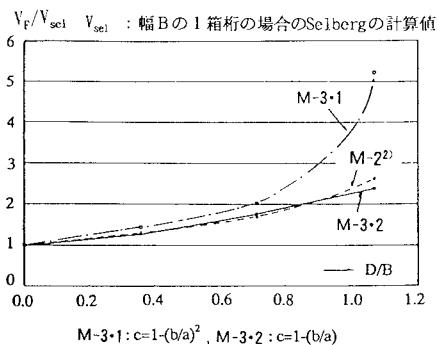


図-4 2面吊り形式に対するフラッター解析方法の比較

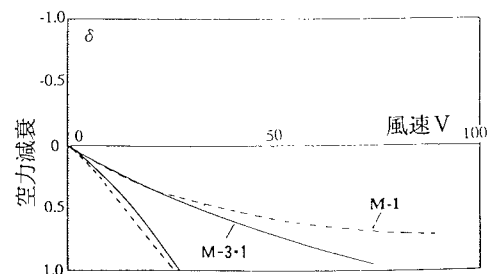


図-5 4面吊り形式に対する風速-空力減衰曲線

表-2 2面吊り形式に対する付加質量の効果

Items	Case-0	Case-1	Case-2	Case-3
f_b (Hz)	0.0541	0.0532	0.0532	0.0532
f_i (Hz)	0.0891	0.0912	0.0872	0.0759
f_i / f_b	1.647	1.714	1.639	1.427
V_D (m/s)	70.5	77.3	77.1	77.0
V_F (m/s)	63.5	75.6	72.1	60.7

