

I - B 343 逆三角形及び変形菱形断面を用いた分離箱桁断面のフラッター特性

京都大学大学院工学研究科 学生員 中島 亘章
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 松本 勝
 川崎重工業(株) 正会員 阿部 和浩¹⁾
 京都大学大学院工学研究科 学生員 谷脇 好徳

¹⁾研究当時京都大学大学院工学研究科

1. 序論 超長大橋梁の設計の際、その断面形状を決定するにあたり最も考慮されるのは風による各種空力振動である。そのなかでも、フラッターは自励発散振動に分類され、振幅が増大し最後には破壊を招くことから、その発生は絶対に避けなければならない。そこで本研究では、フラッター安定性に優れた桁断面形状を開発することを目的とし、過去の研究成果[1, 2]から単体で安定化を示すことが知られている逆三角形断面と変形菱形断面を用い、並列に剛結させた分離箱桁形式断面を取り上げ、さらに中央開口部にグレーチングを設けた断面を対象として風洞実験を行い、たわみ・ねじれ1自由度強制加振実験をもとに得られた非定常空気を考慮したフラッター安定性について考究する。

2. 実験概要 風洞実験用2次元模型の断面図を図.1に示す。逆三角形断面、変形菱形断面をそれぞれ並列に配置した2箱桁断面および、それぞれ中央開口部に開口率40%のグレーチングを取り付けた2箱桁断面である。それぞれ数種類の風向迎角 α を設定した。これらの断面について、たわみ・ねじれ各1自由度強制加振実験を行い、ロードセルを用いて断面に作用する空気を直接測定した。強制加振実験は、たわみ片振幅 $\eta_0=10\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0=2.0^\circ$ とし、加振周波数は $f=1.3\text{Hz}$ で一定とした。

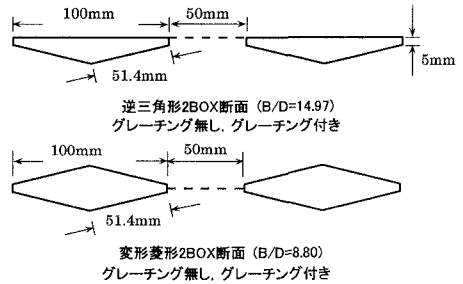


図1 実験に用いた模型断面図

3. 非定常空気力係数 たわみ・ねじれの連成振動をする桁断面に作用する非定常揚力 L と非定常モーメント M をScanlanによって提案された8個の非定常空気力係数 H_i, A_i ($i=1\sim 4$)を用いて次式で定式化した[3]。

$$L = \frac{1}{2} \rho (2b) U^2 \left\{ kH_1 \cdot \frac{\dot{\eta}}{U} + kH_2 \cdot \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 H_3 \cdot \phi + k^2 H_4 \cdot \frac{\eta}{b} \right\}, \quad M = \frac{1}{2} \rho (2b^2) U^2 \left\{ kA_1 \cdot \frac{\dot{\eta}}{U} + kA_2 \cdot \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 A_3 \cdot \phi + k^2 A_4 \cdot \frac{\eta}{b} \right\}$$

ただし、 L ：単位スパン当たりの揚力（下向き正）、

M ：単位スパン当たりのモーメント（頭上げ正、弦長中央点まわり）、

η ：たわみ変位（下向き正、弦長中央点における変位）、 ϕ ：ねじれ変位（頭上げ正）、

($\dot{}$)：時間微分、 U ：風速、 ρ ：空気密度、 b ：半弦長、 k ：換算振動数 ($=b\omega/U$)、 ω ：円振動数

4. 非定常空気力特性 非定常空気力係数のうち、 A_2^* はねじれ振動に関する空力減衰係数であり、 $A_2^* < 0$ でねじれ1自由度における空力減衰が安定、 $A_2^* > 0$ で発散を示し、ねじれフラッター及び連成フラッターの発生に深く関わる。そこで、各断面の A_2^* をTheodorsen理論による平板空気力と併せて図.2に示す。

(i) 逆三角形2-BOX断面：グレーチングの有無に関わらず $\alpha=0^\circ$ 、 -3° は平板空気力と同程度か若干小さい値で安定化を示すが、グレーチング付き断面の $\alpha=3^\circ$ の場合、負から正へ転じねじれフラッター及び連成フラッターの発生が懸念される。

キーワード：フラッター特性、非定常空気力、分離箱桁断面、グレーチング

連絡先：京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻気圏工学講座

〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5093 FAX:075-761-0646

(ii) 変形菱形 2-BOX 断面：グレーチングの有無に関わらず $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ とともに平板空気力より若干小さいものの負の値を保っており、フラッターの安定化が期待される。

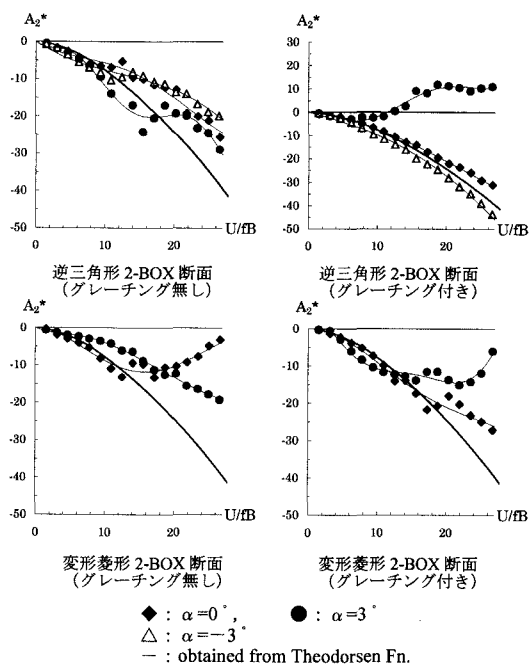
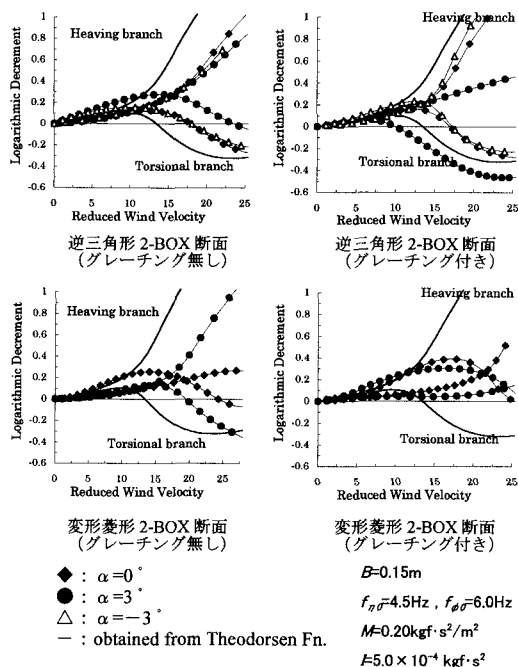
図2 各断面の A_2^* 

図3 各断面のフラッター解析結果

5. フラッター解析結果 たわみ・ねじれ2自由度の連成フラッター解析（複素固有値解析）を行った。この結果をTheodorsen関数より得られる平板空気力を用いて行ったフラッター解析結果と併せて図.3に示す。

(i) 逆三角形2-BOX断面：グレーチングが無い場合，風向迎角 $\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$ において高いフラッター安定性を示す。特に $\alpha=3^\circ$ とすると，発現風速は平板の1.8倍程度と非常に優れる。一方，グレーチングを付けた断面では， $\alpha=3^\circ$ の場合フラッター安定性が悪化しており，これは4の(i)で行った考察に一致する。

(ii) 変形菱形 2-BOX 断面：グレーチングが無い場合，風向迎角 $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ とともに平板より優れた安定性を得ている。またグレーチングを付けた断面は迎角によらず，さらに優れた耐フラッター安定性を示しており，今回行った実験断面中，最も優れた断面であると言える。

6. 結論 1. 逆三角形2-BOX断面はグレーチングが無い場合， $\alpha=0, \pm 3^\circ$ で高いフラッター安定性を示すが，中央開口部にグレーチングを設けると， $\alpha=3^\circ$ においてフラッター安定性が悪化することが明らかとなった。2. 変形菱形2-BOX断面（グレーチング付き）は風向迎角 $\alpha=0^\circ$ において高い耐フラッター安定性を示す断面であることが明らかとなった。さらに， $\alpha=3^\circ$ としても高いフラッター発現風速を示し風向迎角に対する安定性も確保されると考えられる。

参考文献

- [1]松本，後藤，吉住，藪谷，阿部；並列矩形断面のフラッター特性，日本風工学会誌，pp.173-174，1997年
- [2]松本，藪谷，吉住；非定常空気力を考慮した変形菱形断面のフラッター特性，第14回風工学シンポジウム論文集，pp.305-310，1996年
- [3]Scanlan, R.H.,Belveau, J.G.,Budlong, K.S.: Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of ASCE., Vol.100, EM4, August, 1974