

川崎重工業㈱

正会員 ○阿部 和浩¹⁾

京都大学大学院工学研究科

フェロー 松本 勝

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

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. はじめに 長大橋梁においては風による各種の空力振動が問題とされる。本研究で対象とするフラッターは、物体の運動によって流体から励振力を受け取るいわゆる自励振動に分類される。このような振動は振幅が増大し、最後には破壊を招くことからこれを制御しなければならない。これまで、フラッターを制御する目的で様々な桁断面形状の開発が行われてきたが、本研究では、過去の研究成果[1]を鑑み、断面中に開口区間のある分離箱桁形式断面を対象として風洞実験を行い風向迎角に着目したフラッター特性に関する考察を行う。

2. 実験概要 風洞実験用 2 次元模型の断面図を Fig.1 に示す。B/D=5 の矩形断面、矩形断面にエッジフェアリングを取り付けた断面、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、京都大学大学院環境地球工学教室に設置された室内回流式エッフェル型風洞を用いて、たわみ・ねじれ

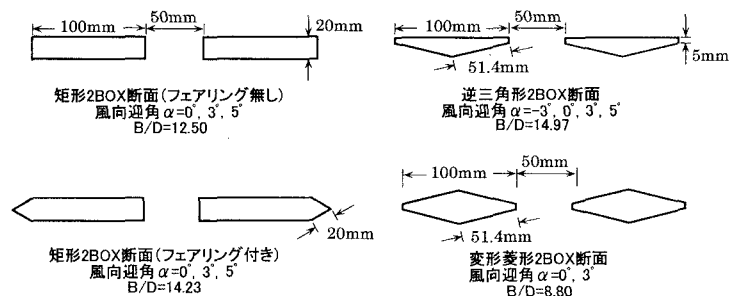


Fig.1 実験に用いた模型断面

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。なお、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。

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 は 8 個の非定常空気力係数 H_i^* , A_i^* ($i=1\sim 4$) を用いて次式で表現できる[2]。

$$L = \frac{1}{2} \rho (2b) U^2 \left\{ k H_1^* \frac{\dot{\eta}}{U} + k H_2^* \frac{b \dot{\phi}}{U} + k^2 H_3^* \phi + k^2 H_4^* \frac{\eta}{b} \right\}, \quad M = \frac{1}{2} \rho (2b^2) U^2 \left\{ k A_1^* \frac{\dot{\eta}}{U} + k A_2^* \frac{b \dot{\phi}}{U} + k^2 A_3^* \phi + k^2 A_4^* \frac{\eta}{b} \right\}$$

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。各断面の A_2^* を Theodorsen 理論による平板空気力と併せて Fig.2 に示す。矩形 2-BOX 断面 (フェアリング無し) では、全ての迎角で $A_2^* > 0$ となっており、ねじれフラッターの発現が危惧される。また、迎角による特性の変化が大きく現れている。矩形 2-BOX 断面 (フェアリング付き) とすると、全ての迎角で $A_2^* < 0$ となっており、ねじれ振動に対して安定であると考えられる。また、迎角による特性の変化がほとんど見られない。逆三角形 2-BOX 断面では、 $\alpha=5^\circ$ で $A_2^* > 0$ となり不安定である。 $\alpha=3^\circ \sim 5^\circ$ の間で特性が大きく変化する。

ている。変形菱形2-BOX断面では、二次元平板に比べて絶対値が小さいものの、ねじれ振動に対して安定であると考えられる。

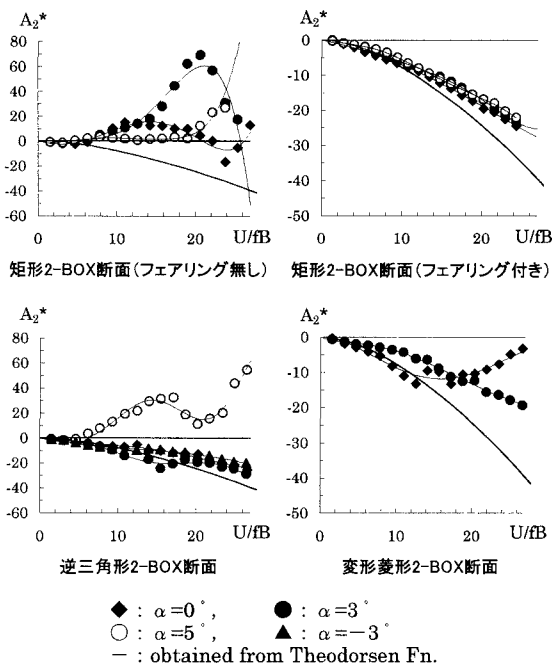


Fig.2 各断面の A_2^*

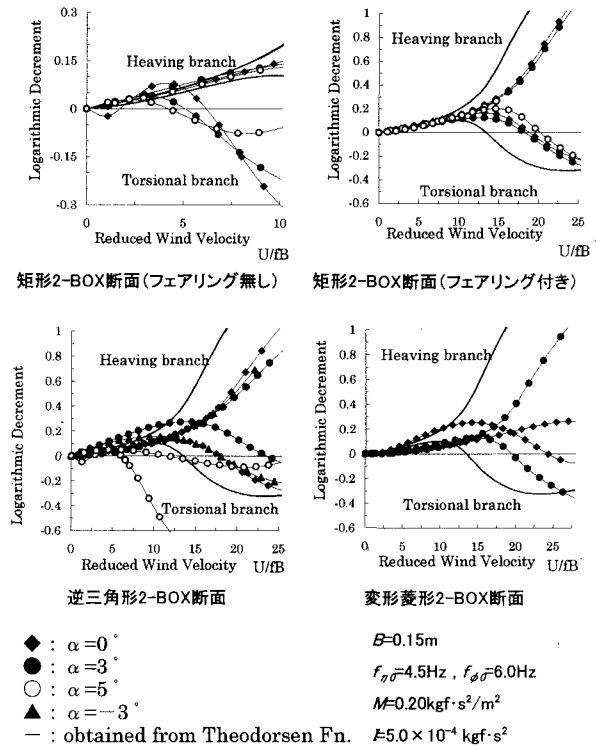


Fig.3 各断面のフラッター解析結果

5. フラッター解析結果 2次元仮想振動系を対象

としてたわみ・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Fig.3に示す。

- (1) 矩形2-BOX断面（フェアリング無し）：4.で示したとおり全ての迎角で $A_2^* > 0$ を示す為ねじれフラッターが発現し、その発現風速は平板の0.4～0.6倍である。また、迎角が大きくなるほど低風速で発現している。
- (2) 矩形2-BOX断面（フェアリング付き）：全ての迎角で発現風速は平板の1.4倍程度と安定化を示す。風向迎角に対する不安定性はエッジフェアリングにより安定化されている。
- (3) 逆三角形2-BOX断面：風向迎角 $\alpha=0^\circ$ 、 $\pm 3^\circ$ において優れた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。しかし、 $\alpha=5^\circ$ で $A_2^* > 0$ の為、急激に悪化しており正迎角に作用する風に対しては敏感に不安定化することを示す。
- (4) 変形菱形2-BOX断面： $\alpha=0^\circ$ のとき、今回計測を行った断面の中で最も優れたフラッター安定性を示している。また、 $\alpha=3^\circ$ としても高いフラッター発現風速を保つ。

6. 結論 1. 変形菱形2-BOX断面は風向迎角 $\alpha=0^\circ$ 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ことが考えられる。 2. フェアリング付き矩形2-BOX断面は $\alpha=3^\circ$ としても断面側面において定常再付着する断面形状である為、風向迎角に対して非定常空気力特性及びフラッター性能に影響を及ぼさないと考えられる。

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，pp173-174，1997
- [2]Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., Budlong, K.S.; Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Journal of the Engineering Mechanics Division, Proc. of ASCE., Vol.100, EM4, August, 1974.