

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

¹⁾研究当時京都大学大学院工学研究科

1. はじめに 超長大橋を建設する際には、フラッター振動に対して安定な断面の開発が不可欠である。フラッター振動は自己励起型発散振動であり、橋梁の破壊につながる発生させてはならない振動である。その安定化には、断面を並列に配置することが有効な方法の1つであることが過去の研究[1]により明らかになった。そこで本研究では、さらに断面形状・中央開口部がフラッター安定性に及ぼす影響について検証するため、4種類の構造基本断面を並列に配置した断面の中央開口部にグレーチングを取り付けた断面を提案して風洞実験を行い、非定常空気力を測定した。

2. 実験概要 風洞実験に用いた模型は、Fig.1に示すとおり、 $B/D=5$ 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箱桁断面であり、中央開口部に取り付けたグレーチングは図示の開口率に設定することができる。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、

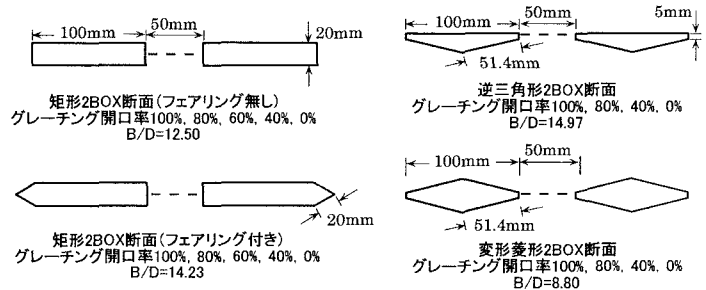


Fig.1 実験に用いた模型断面

ロードセルを用いて断面に作用する空気力を直接測定した。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、風向迎角は $\alpha=0^\circ$ 、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 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^* ($i=1\sim4$) を用いて次式で定式化した[2]。

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

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 上記の各断面に対して強制加振実験を行い、得られた非定常空気力係数のうち、ねじれの減衰項であり、ねじれおよび連成フラッターに大きな影響を及ぼす A_2^* を Theodorsen による二次元平板に対する理論値と併せて Fig.2 に示す。ねじれ1自由度において、 $A_2^* < 0$ で振幅が減衰して安定であり、 $A_2^* > 0$ で振幅が発散してねじれフラッターを発現する。矩形2-BOX断面 (フェアリング無し) では、全ての開口率で無次元風速 $U/b=5$ 程度の低風速で $A_2^* > 0$ 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、開口率によって特性が大きく変化している。矩形2-BOX断面 (フェアリング付き) では、二次元平板の値よりも絶対値が小さいものの、全ての開口率で $A_2^* < 0$ 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。逆三角形2-BOX断面では、基本断面でやや絶対値が小さいが、それ以外の開口率の断面では概ね二次元平板の値に近い値を取っており、安定性に優れていると考えられる。変形菱形2-BOX断面では、基本断面と開口率80%の断面で、無次元風速 $U/fB=15$ 程度から絶対値が小さくなっていく傾向が見られるものの、図の範囲では全ての開口率で負値をとっておりねじれ振動に対して安定であると考えられる。

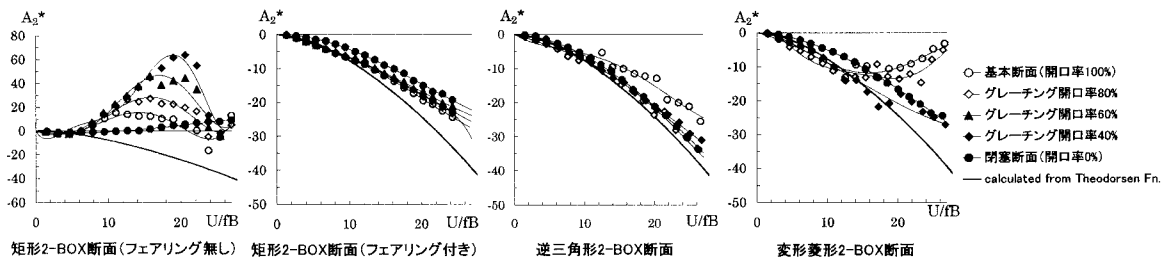


Fig.2 各断面の A_2^*

5. フラッター解析結果 各断面に対して、非定常空気力係数を用いたねじれ・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.で述べたとおり、全ての開口率で $A_2^* > 0$ であるためねじれフラッターが発生しており、フラッター発現風速は二次元平板の半分程度と非常に低くなっている。

(2) 矩形2-BOX断面（フェアリング付き）：閉塞断面が二次元平板と同程度の風速でフラッターを発現する他は、二次元平板の1.3~1.5倍の風速までねばっており、エッジフェアリングを取り付けることによりフラッター安定性は大きく改善されている。

(3) 逆三角形2-BOX断面：矩形2-BOX断面（フェアリング付き）と同様、閉塞断面で二次元平板と同程度である他は優れたフラッター安定性を示している。

(4) 変形菱形2-BOX断面：この断面も閉塞断面で二次元平板と同程度でフラッターが発現している。また、開口率40%の断面が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。

6. 結論

ねじれフラッターが発現する矩形2-BOX断面（フェアリング無し）以外の断面では、中央開口部を閉塞するとフラッター発現風速が二次元平板と同程度であることから、全体として扁平な断面の特性を有していると考えられる。またこのことから、中央開口部を通過する流れは支配的では無いものの2-BOX断面のフラッター安定性を高めるはたらきをしていると考えられる。

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，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, Proceedings of ASCE., Vol.100, EM4, August, 1974.

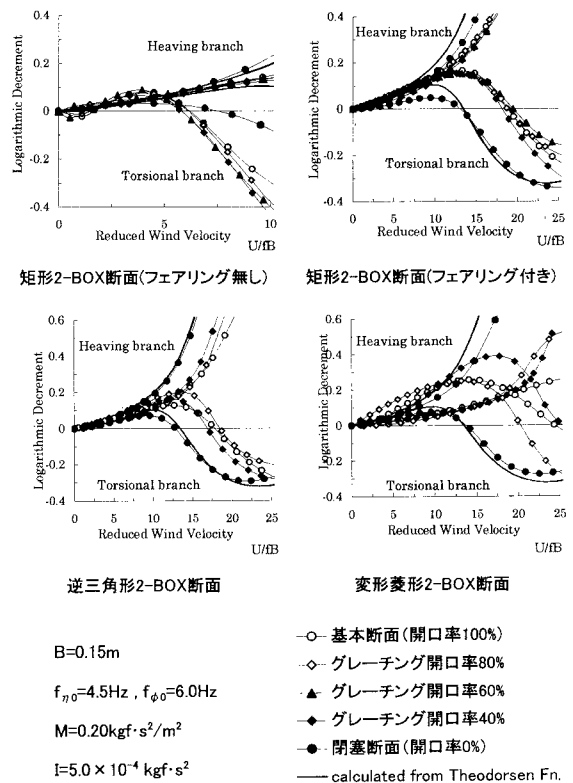


Fig.3 各断面のフラッター解析結果