

I - B28

複数桁の空間的配置によるフラッター特性

京都大学大学院 学生員 ○中島亘章 京都大学工学研究科 フェロー 松本 勝
 日本道路公団 正会員 藪谷忠大¹⁾ 京都大学大学院 学生員 阿部和浩
 京都大学大学院 学生員 後藤和夫 1)研究当時京都大学大学院

1. 序 明石海峡大橋に代表されるような長大吊橋を建設する際、空力振動が問題となる。その中でもフラッター振動は発散振動であり、橋梁の破壊につながるため絶対に避けねばならない現象である。フラッター安定化の一つとして、断面周りの流れ場変化を図り、桁断面の幾何学形状を変化させることが挙げられる。過去の研究では矩形断面を並列に配置させた断面を取り上げ、フラッター安定化を目指した[1]。その結果、風向迎角がない場合は高い安定性を誇るが、風向迎角を有する場合極端に悪化することが明らかになった。本研究では、特に風向迎角を有する場合のフラッター安定化を目指し、矩形断面を空間的に配置させた断面を提案して風洞実験を行い、非定常空気を測定し、フラッター安定性について検証を行った。

2. 実験概要 実験に用いた模型は、図1に示すとおり、 $B/D=10$ の矩形断面を並列に配置させた2BOX断面及び2BOX断面の中央上下に矩形断面を配置させた4BOX断面である。そ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。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 $\phi_0=2^\circ$ 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 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[2]。

$$L = \frac{1}{2} \rho (2b) U^2 \left\{ kH_1 \frac{\dot{\eta}}{U} + kH_2 \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 H_3 \phi + k^2 H_4 \frac{\eta}{b} \right\}$$

$$M = \frac{1}{2} \rho (2b^2) U^2 \left\{ kA_1 \frac{\dot{\eta}}{U} + kA_2 \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 A_3 \phi + k^2 A_4 \frac{\eta}{b} \right\}$$

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

連成フラッターの発現には、これらの非定常空気力係数のうち、ねじれ一自由度振動時にねじれの減衰項となり、ねじれ・連成フラッターの発現に大きく寄与する A_2^* 、二自由度振動の連成項、 A_1^* 、 H_3^* が重要であることが、過去の研究から明らかにされている。[3]

4. 非定常空気力特性 2BOX 及び 4BOX 断面について迎角 $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ で強制加振実験を行い得られた非定常空気力係数のうち、 A_2^* を二次元平板の結果とあわせて図2に示す。図より2BOX断面では風向迎角 $\alpha=0^\circ$ で平板の係数とほぼ同じ値を示しているのに対し、 $\alpha=3^\circ$ では低風速で値が負から正に転じており、ねじれフラッタ

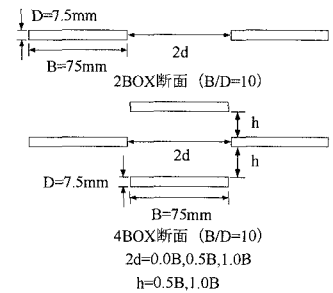


図1 実験に用いた模型断面

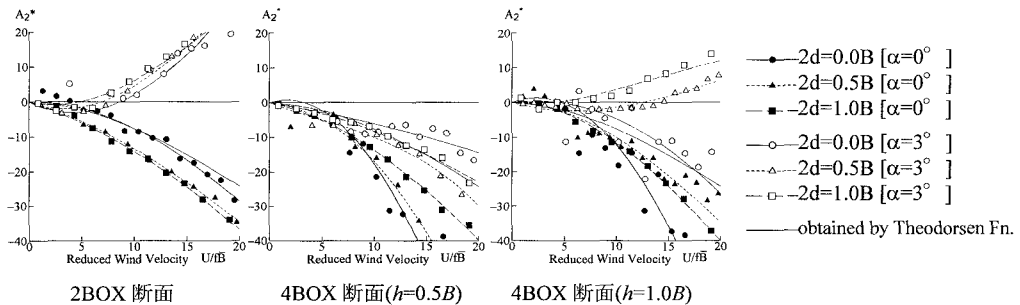


図2 2BOX断面及び4BOX断面の A_2^*

キーワード フラッター、非定常空気力、迎角特性

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

一の発現が危惧される。4BOX 断面 ($h=0.5B$) の場合、 $\alpha=0^\circ$ で平板の係数より小さくなっている。また、 $\alpha=3^\circ$ でも平板の係数と同程度から小さな値を示しており、迎角特性の改善が期待される。一方、4BOX 断面 ($h=1.0B$) では、 $\alpha=0^\circ$ で平板の係数より小さな値を示しているのに対し、 $\alpha=3^\circ$ では水平間隔を有する場合、正の値を示し迎角特性の改善が期待できない。

5. フラッター解析結果 非定常空気力係数を用い、全弦長を一定にしてたわみ・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。それらの結果を 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あわせて図3～図5に示す。

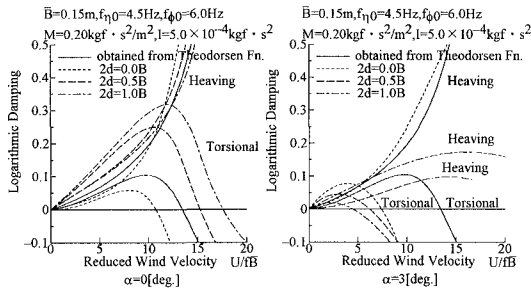


図3 2BOX 断面の複素固有値解析結果

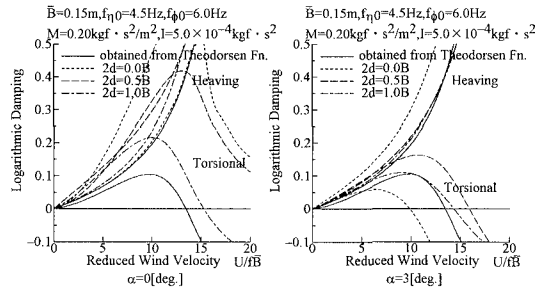


図4 4BOX ($h=0.5B$) 断面の複素固有値解析結果

(1) 2BOX 断面 風向迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合には、水平間隔 ($2d$) を広げるほど安定性は向上する。一方で、風向迎角 $\alpha=3^\circ$ の場合には、水平間隔によらず極端に悪化している。

(2) 4BOX 断面 ($h=0.5B$) 風向迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合には、水平間隔 ($2d$) がいずれのケースでも二次元平板のフラッター性能を上回り、水平間隔が $2d=0.0B$, $0.5B$ の場合にはフラッターの発現がみられない。風向迎角 $\alpha=3^\circ$ の場合には、水平間隔が $2d=0.0B$ のとき安定性が著しく低下しているものの、 $2d=0.5B$, $1.0B$ の場合には二次元平板より優れたフラッター安定性を有する。特に、 $2d=0.5B$ の場合には、2BOX 断面の場合と比べてもフラッター安定性が大きく改善されている。

(3) 4BOX 断面 ($h=1.0B$) 風向迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合では、 $2d=0.0B$ のケースで、二次元平板のフラッター発現風速を上回っているが、 $2d=1.0B$ で同程度、 $2d=0.5B$ で下回る。風向迎角 $\alpha=3^\circ$ の場合には、いずれのケースも二次元平板のフラッター特性を下回っている。

6. 結論 2BOX 断面では、風向迎角がない場合は桁間隔を離すほど高い安定性が得られるが、風向迎角を有する場合、極端に悪化することが確かめられた。また、2BOX 断面の中央上下に鉛直間隔 $h=0.5B$ で矩形断面を配置させた4BOX 断面では、風向迎角を有する場合でも、高いフラッター安定性を示した。一方、鉛直間隔 $h=1.0B$ で配置させた4BOX 断面では、2BOX 断面同様、風向迎角を有する場合、極端に安定性は悪化することが明らかになった。以上から、2BOX 断面の中央上下に矩形断面を配置させることにより、迎角特性を改善することができるが、それには鉛直間隔 h 及び水平間隔 $2d$ が重要であると考えられる。

参考文献

- [1]松本, 後藤, 吉住, 薮谷, 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]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
- [3]松本, 浜崎, 吉住; 構造基本断面の非定常空気力特性とフラッター発生機構, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.819-824,1996 年