

I - B 342

矩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 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 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ていき、最後には破壊を招くため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]を踏まえて、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、矩形断面に正三角形のフェアリングを取り付けた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、中央開口部に取り付けたグレーチングの開口率を0%, 40%, 60%, 80%, 100%に、また風向迎角を $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ に変化させた。これらの断面について、ロードセルを用いて静的空気力およびたわみ・ねじれ各1自由度強制加振実験による非定常空気力を測定した。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。

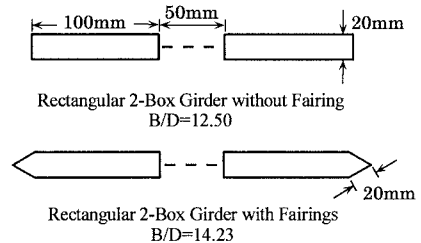


Fig.1 Tested sections

3. 静的空気力特性 静的空気力係数のうち、ねじれ振動に対する安定性を表すモーメント係数 C_M をFig.2に示す。準定常理論を適用すると、 $dC_M/d\alpha < 0$ となる迎角域で不安定である。フェアリング無し断面では、開口率40%で風速依存性が見られ、 $\alpha=0^\circ$ において低風速で不安定、高風速で安定を示す。また、相対的に粘性効果が小さい高風速のとき、開口率100%の断面の特性に近づいている。フェアリング付き断面では、開口率40%, 100%とも風速によらず、今回測定した迎角域では $dC_M/d\alpha > 0$ であり、フェアリングの付加によってレイノルズ数依存性がなくなり、空力振動特性の改善が期待される。

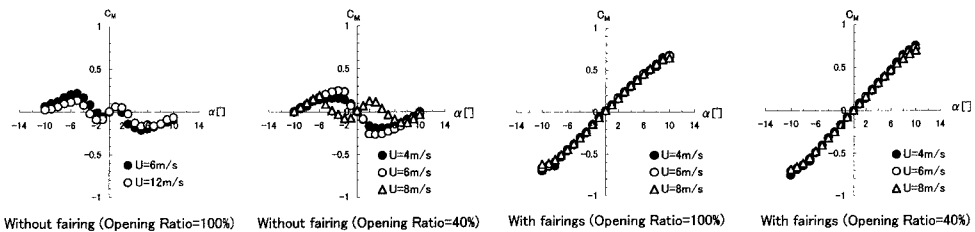
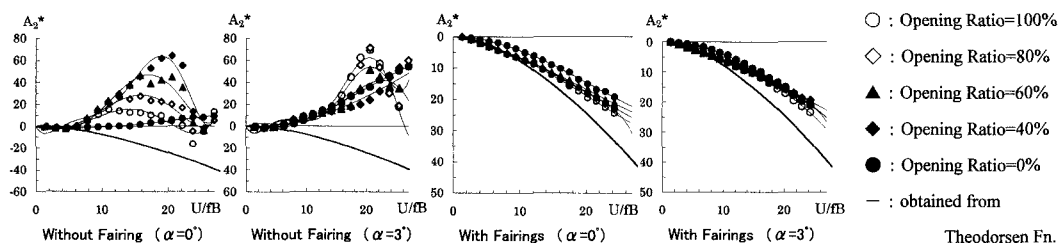


Fig.2 Moment Coefficient C_M for Rectangular 2-Box Girder

4. 非定常空気力特性 非定常揚力 L と非定常モーメント M を、Scanlan[2]によって提案された8個の非定常空気力係数 H_i^* , A_i^* ($i=1\sim 4$)を用いた式で表す。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.3に示す。ねじれ1自由度振動において、 $A_2^* < 0$ で振

キーワード：連成フラッター、非定常空気力、分離箱桁断面、グレーチング開口率、エッジフェアリング
 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

Fig.2 Aerodynamic Damping for Torsional Vibration, A_2^* for Rectangular 2-Box Girders

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。フェアリング無し断面では、 $\alpha = 0^\circ$ のとき、開口率と強い相関性を持っており、開口率の変化に対して空力特性が連続的に変わるものと考えられる。 $\alpha = 3^\circ$ のとき、開口率による影響が薄れている。 $\alpha = 0^\circ, 3^\circ$ とも、全ての開口率で無次元風速 $U/fB = 5$ 程度の低風速で $A_2^* > 0$ となっておりねじれフラッターが発現する。フェアリング付き断面では、 $\alpha = 0^\circ, 3^\circ$ とも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。また、風向迎角・開口率による影響が抑制されている。

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解析結果と併せてFig.4に示す。フェアリング無し断面では、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以下と非常に低く、 $\alpha = 3^\circ$ と迎角をつけるとさらに低くなっている。フェアリング付き断面では、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ほかは、二次元平板の1.3~1.5倍と比較的高い発現風速を示し、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。

$$B=0.15\text{m}, f_{\eta 0}=4.5\text{Hz}, f_{\theta 0}=6.0\text{Hz}, M=0.20\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}^2, I=5.0\times 10^{-4}\text{kgf}\cdot\text{s}^2$$

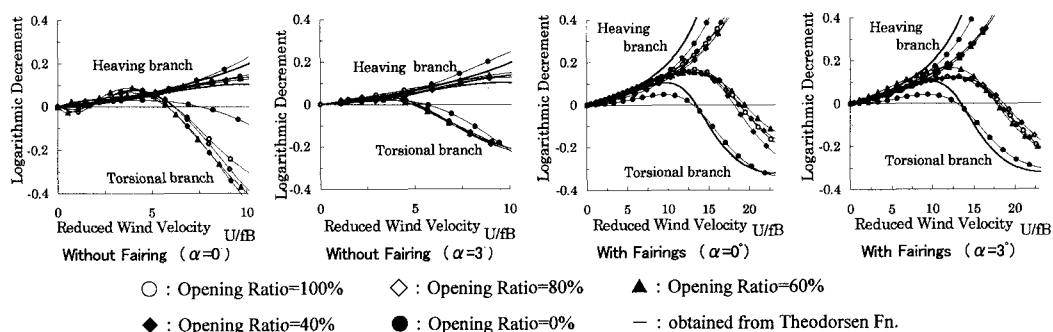


Fig.4 Logarithmic Decrement of Rectangular 2-Box Girders

6. 結論 風向迎角・開口率によらず、フェアリングを取り付けることによって、ねじれフラッタータイプから連成フラッタータイプへと移行している。フェアリング付き断面は、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。またその他の開口率では大きな差が見られないことから、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。また、鈍い (bluffな) 断面を用いた分離箱桁では、風洞実験結果と実橋との間の相似則にレイノルズ数の影響を考慮に入れる必要がある。

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.