

センターバリア付一箱桁断面の有迎角時非定常空気力特性の検討

JFE 技研(株) 正会員 村上 琢哉

1. はじめに 近年の長大橋では、コスト削減、維持管理の効率性から、扁平箱桁断面が多く採用されている。このうち、一箱桁断面のフラッター対策では、センターバリアが簡便な方法として知られている。その効果は、センターバリアの高さによって変化するが、迎角 $\pm 3^\circ$ の範囲で概ね5~10%程度の発現風速の上昇が期待できる¹⁾。ここでは、センターバリア付一箱桁断面の有迎角時の空力特性について、特に $\pm 9^\circ$ までの従来よりも広範囲の迎角範囲、路肩防護柵の影響に着目して非定常空気力特性を検討した結果を報告する。

2. 試験概要 図-1に示す $B/D=6.74$ ($B=311.4\text{mm}$, $D=46.2\text{mm}$) のフェアリング付一箱桁断面を対象に、強制加振による非定常空気力試験を実施した。中央防護柵は、高さ $h=12.3\text{mm}$ の通常の柵状に加えて、高さの異なる2種類のセンターバリア ($h/D=0.27$, 0.54) とし、路肩防護柵の有無による影響も検討した。加振振動数2~2.5Hz、たわみ振幅は弦長の1%、ねじれ振幅1deg.とした。試験迎角 α は、 $\alpha=0^\circ$, $\pm 3^\circ$, $\pm 6^\circ$, $\pm 9^\circ$ とした。非定常空気力係数は、以下の式で定式化した。

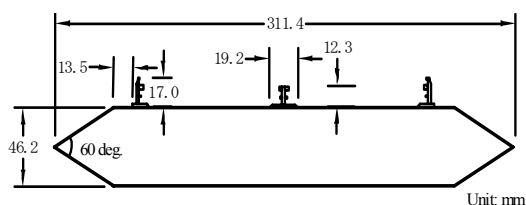
$$L = \pi \rho B^3 \omega^2 \left[L_{zr} \frac{Z}{B} + L_{zi} \frac{\dot{Z}}{B\omega} + L_{\theta r} \theta + L_{\theta i} \frac{\dot{\theta}}{\omega} \right]$$

$$M = \pi \rho B^4 \omega^2 \left[M_{zr} \frac{Z}{B} + M_{zi} \frac{\dot{Z}}{B\omega} + M_{\theta r} \theta + M_{\theta i} \frac{\dot{\theta}}{\omega} \right]$$

L, M は非定常空気力（揚力、空力モーメント）、 $L_{zr}, L_{zi}, L_{\theta r}, L_{\theta i}, M_{zr}, M_{zi}, M_{\theta r}, M_{\theta i}$ は非定常空気力係数、 ω は加振円振動数、 Z, θ は各々たわみ変位、ねじれ変位を示す。

また、非定常空気力係数を用いて、2自由度のフラッター解析を実施し、フラッター発現風速の解析値と Selberg 式との比で定義される形状補正係数 κ で整理した。

3. 試験結果 フラッター解析結果を図-2に示す。これより、迎角 $\pm 3^\circ$ を超えると、特性が大きく異なることがわかる。負迎角に着目すると、迎角 -6° では、路肩防護柵を設置しない断面 A2 が $\kappa=1.2$ 程度の高い値を示すが、それ以外の断面では $\kappa=1.05$ 程度であり、迎角 -9° では、全ての断面の κ 値が0.9以下となる。一方、正迎角では、迎角 $+6^\circ$ における路肩防護柵の有無による影響が興味深い。すなわち、路肩防護柵を設置しない断面（図中黒印）では、標準タイプ中央防護柵の断面 A1 と比べて、センターバリア ($h/D=0.27$) 付の断面 A2 の κ は大きく低下する。しかし、路肩防護柵を設置した断面（図中白抜き印）では、通常タイプの中央防護柵との組合せである断面 B1 で $\kappa=0.7$ 程度であるのに対し、センターバリア（高さ： $h/D=0.27$ ）との組合せの断面 B2 で、 $\kappa=1.1$ 程度となり、路肩防護柵の存在によって、センターバリアの効果が大きく異なっている。迎角 $+9^\circ$ では、高いセンターバリア ($h/D=0.54$) を有する断面 B3 のみ $\kappa=1.0$ を超える良好な特性を示す。しかし、その他の断面では、迎角 -9° と同様



断面名	中央防護柵	路肩防護柵
断面 A1	標準($h/D=0.27$)	なし
断面 A2	C.B.($h/D=0.27$)	なし
断面 A3	C.B.($h/D=0.54$)	なし
断面 B1	標準 ($h/D=0.27$)	あり
断面 B2	C.B.($h/D=0.27$)	あり
断面 B3	C.B.($h/D=0.54$)	あり

（備考）C.B.:センターバリアを示す。

h : 中央防護柵高さ, D : 桁高 (46.2mm)

図-1 検討断面

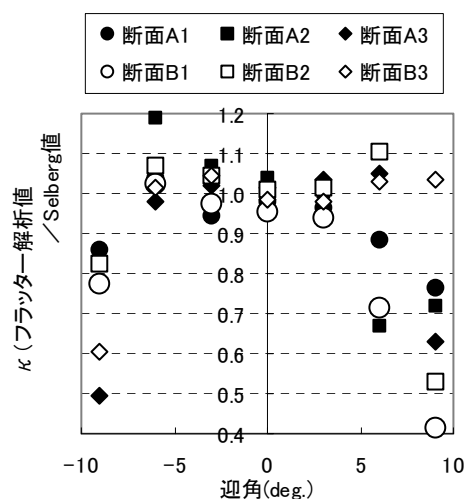


図-2 フラッター解析結果

キーワード 一箱桁断面、非定常空気力係数、フラッター解析

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1 JFE 技研(株) 土木・建築研究部 電話 044-322-6337

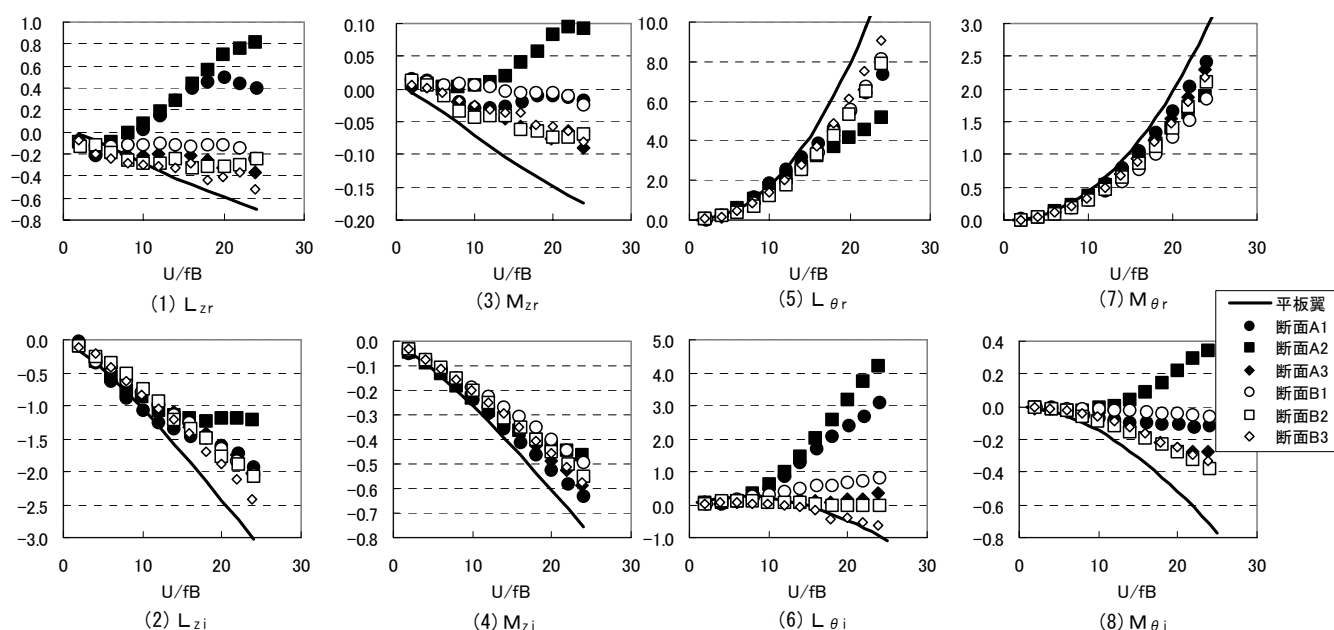


図-3 迎角+6° の非定常空気力係数の比較

に路肩防護柵の有無にかかわらず κ 値は 0.8 以下となる。路肩防護柵が設置されたセンターバリア付断面（断面 B2, B3）の迎角特性は、通常タイプ中央防護柵付断面（断面 B1）と比べると、迎角-6°～+6° の範囲では概ね良好であり、断面 B2 は迎角-6°～+3° では 5～8%，迎角+6° では 50% 高い数値を示す。本断面だけの検討結果ではあるが、センターバリア対策は迎角±6° の大迎角でも有効な手段になり得ることがわかる。

迎角+6° における非定常空気力特性を、平板翼の理論値と比較して、図-3 に示す。松本ら²⁾によれば、連成フラッターの安定化は、Scanlan が定式化した非定常空気力係数の A_2^* , A_1^* , H_3^* の寄与が大きく、 A_2^* の負の絶対値を大きくし、 A_1^* , H_3^* の絶対値を小さくすることが好ましい。これらの係数は、本研究の定式化ではそれぞれ $M_{\theta i}$, M_{zi} , $L_{\theta r}$ に相当する。このうち、 M_{zi} , $L_{\theta r}$ については、断面 A2 における $L_{\theta r}$ 以外はほぼ同じ値であるが、翼理論値よりも小さく、安定化する傾向を示している。一方、 $M_{\theta i}$ については、断面 A2 では正の値をとっていることから、これが断面 A2 のフラッター性能の低下につながっている。また、 $M_{\theta i}$ の負の値を大きい順に並べると、断面 B2, 断面 B3, 断面 A3 が比較的大きく、断面 A1, 断面 B1 がそれに続いている。これは、フラッター解析結果（図-2）の順番とほぼ一致していることから、迎角+6° におけるフラッター性能は $M_{\theta i}$ で決定されていると言える。

4. まとめ

B/D=6.74 のセンターバリア付一箱桁断面を対象に、強制加振による非定常空気力試験、フラッター解析を実施し、有迎角時の非定常空気力特性について検討した。その結果、センターバリアの設置は、路肩防護柵が設置されていない断面では有効な対策とはならないが、路肩防護柵が設置された箱桁断面でフラッター発現風速を向上させること、通常の中央防護柵と同じ高さ（ $h/D=0.27$, h :センターバリア高さ, D :桁高）では、迎角±6° の比較的大きな迎角まで、迎角 0° と同等以上のフラッター性能を確保できることがわかった。この特性は、非定常空気力係数 $M_{\theta i}$ の値でほぼ決まっていると考えられる。

参考文献

- 1) 村上琢哉, 武田勝昭, 藤澤伸光, 高尾道明: 超長大吊橋 1 箱桁断面の空力特性, 日本風工学会誌, 第 71 号, pp.85-86, 平成 9 年 4 月。
- 2) 松本勝, 小林裕輔, 浜崎博: 非定常空気力係数に着目したフラッター安定化策についての考察, 第 13 回風工学シンポジウム論文集, pp.377-382, 1994。