

住友重機械工業(株)

正会員

○大東義志

京都大学大学院工学研究科

フェロー

松本 勝

1. はじめに

本研究では、中央径間長600m級の3径間連続鋼斜張橋に適用する端2主桁断面（Two Edge Girders）のさらなる動的耐風安定性向上を目的とした。これまでの研究¹⁾から床版上下面の後流側に存在する励振力がねじれ振動の不安定性に寄与していることが明らかになっている。そこで、上流側からの剥離流れを断面中央で制御し、後流側の流れを変化させる目的で床版中央に突起物（鉛直プレート）を設け、その高さをパラメトリックに変化させ、それらの断面の動的耐風安定化について強制加振実験により得られた非定常空気力特性の観点から検討を加えた。

2. 実験概要

模型はFig.1に示すような2次元剛体模型で、断面幅 $B=300\text{mm}$ 、高さ $d=5\text{mm}$ （断面辺長比 $B/d=60$ ）の矩形断面を床版に用い²⁾、主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となるI桁を設置した。さらにこの断面中央に鉛直に突起を設け、下面側に突起物を設けた断面をバッフルプレート付き断面、上面側に突起物を設けた断面をセンターバリア付き断面と以下便宜的に呼ぶことにする。バッフルプレート、センターバリアは高さをそれぞれ s/D 、 $h/D=0.333$, 0.667 , 1.333 , ($s, h=10\text{mm}$, 20mm , 40mm)の計6種類を設定した。これらを設置した断面を用いて、強制加振実験による非定常空気を測定し、それらの非定常空気力特性について考察を述べるとともに、中央径間長600m級の長大斜張橋を想定した2自由度フラッター解析を行った。強制加振実験はたわみ・ねじれ各2自由度で行い、風の傾斜角（迎角） $\alpha=0^\circ$, $\pm 3^\circ$ 、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_η , $f_\phi=1.3\text{Hz}$ とし、気流は一樣流とした。

3. 非定常空気力特性

強制加振実験より得られた非定常空気力係数²⁾のうち、ねじれ振動の空力減衰を示す非定常空気力係数 A_2^* に着目する。紙面の都合上、バッフルプレート付き断面における $\alpha=0^\circ$, $+3^\circ$ の A_2^* のみをFig.2 (a), (b)に示す。測定迎角（ $\alpha=0^\circ$, $\pm 3^\circ$ ）いずれもバッフルプレート高さが大きくなるに連れて、 A_2^* はより高風速側で正値となり、ねじれ1自由度系については耐風安定性向上が示される。センターバリア付き断面についても同様にセンターバリア高さが高くなるにつれて A_2^* はより高風速側で正値となるが、迎角 $\alpha=0^\circ$ の $h/D=1.333$ の断面では何も設置していない基本断面よりも低風速側で A_2^* は正値となる。さらに高風速側でねじれ振動が安定化する風速限定型のねじれ振動となることが考えられる。

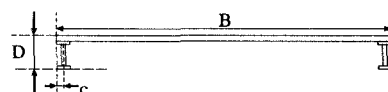
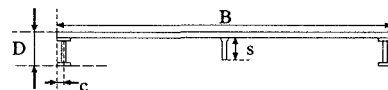
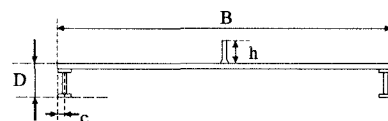
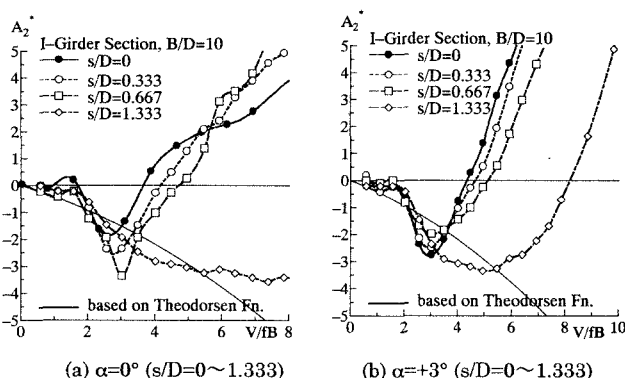
(a) 基本断面($B/D=10$, $c/B=0.013$)(b) バッフルプレート付き断面
($B/D=10$, $c/B=0.013$, $s/D=0.333 \sim 1.333$)(c) センターバリア付き断面
($B/D=10$, $c/B=0.013$, $h/D=0.333 \sim 1.333$)

Fig.1 本研究で使用した模型断面

Fig.2 バッフルプレート付き断面の非定常空気力係数 A_2^*

4. フラッター解析結果

これら非定常空気力係数を用いて、たわみ・ねじれ2自由度系複素固有値解析を行った。全ての断面において中央径間長600m級の長大斜張橋を想定した諸元値を用いた。フラッター発現風速とセンターバリア、ハッフルプレート高さ及び迎角(α)の関係をFig.3(a), (b)に示す。ハッフルプレート付き断面について、測定迎角($\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$)いずれもハッフルプレート高さが高くなるにつれて、フラッター発現風速は上昇し、耐風性向上が認められる。一方、センターバリア付き断面では負迎角でその特性にばらつきがあり、必ずしもハッフルプレートで見られた明確な傾向はみられない。このような端2主桁断面では断面まわりの流れ場を少し変化させることで大きく耐風安定化が期待できる^{3), 4)}ことから、今後より合理的な耐風安定化策が期待できるものと考えられる。

5. Step-by-Step解析結果

これらの断面について耐風安定性が向上する原因を非定常空気力の観点から考察するため、非定常空気力係数を用いたStep-by-step解析⁵⁾を行った。紙面の都合上、ハッフルプレート付き断面の結果のみをFig. 4 (a), (b)に示す。ここで①, ②, θ_1, θ_2 は構造諸元、非定常空気力係数から定まる係数である。ねじれ卓越モードの対数減衰率(●)が5つの項(○, ■, □, ◆, ◇)の足し合わせで表せる。これらの結果からハッフルプレートを高くするにつれて、対数減衰率 δ (●)に寄与する項が A_2^* の項(○)から $A_1^* | H_3^* | \cos \theta_2$ (◆; 連成項)へと移り、 $s/D=1.333$ に至っては A_2^* の項(○)が安定化の方へ寄与している。

6. まとめ

- 1) 風荷重としての抗力が大きくなり、設計上課題は残されるが、ある程度のセンターバリアもしくはハッフルプレートの高さを確保することでフラッター限界風速を引き上げることができる。
- 2) 迎角によってはハッフルプレートおよびセンターバリア高さを高くすればするほど耐風安定性は向上する傾向にある。
- 3) 床版下面に取り付けた鉛直プレートにより、断面まわりの流れ場がねじれフラッターから連成フラッターの流れ場へと変化したことが考えられる。

謝辞 この研究の遂行に当たり京都大学大学院工学研究科気圏工学講座の先生方および学生の皆様と住友重機械工業(株)の関係各位に多大なる御協力を頂いたのでここに謝意を表する。

参考文献 1) 松本, 大東他; 長大斜張橋端2主桁断面の空力振動発生メカニズム, 日本風工学会年次研究発表会梗概集, 1999.

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) 大塚, 本田他; PC床版を有する鋼管二主桁断面の空力特性改善について, 土木学会年次講演会2001. 4) 村上, 武田他; 斜張橋用端2箱桁断面の隅切り対策に関する耐風性検討; 土木学会年次講演会2001. 5) 松本, 吉住他; 非定常空気力係数間の従属関係を用いたフラッター解析, 土木学会関西支部年次講演会1995

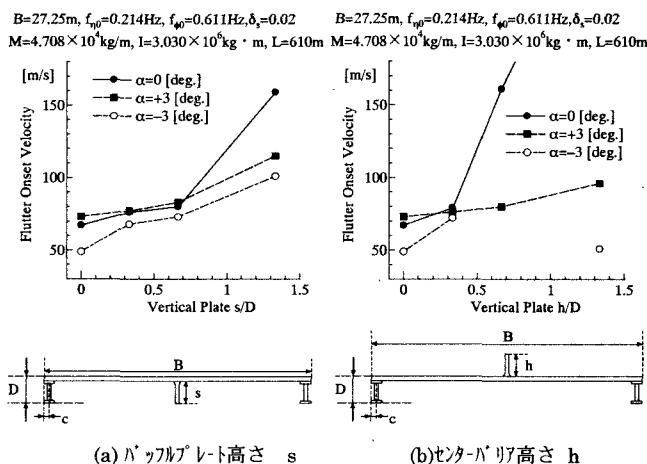


Fig.3 フラッター発現風速とハッフルプレートおよびセンターバリア高さの関係

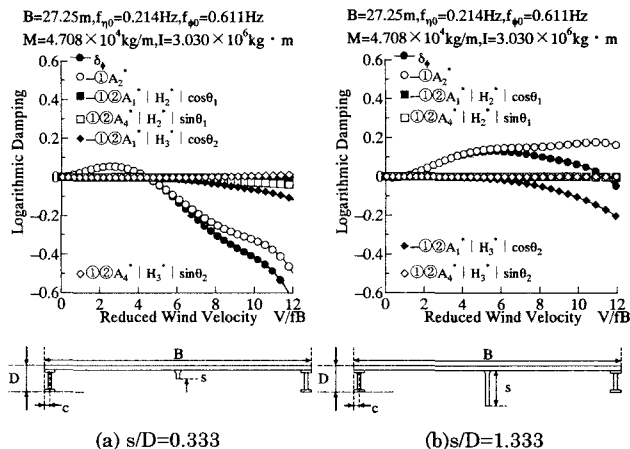


Fig.4 Step-by-Step 解析結果 (ハッフルプレート付き断面)