

長大斜張橋端 2 主桁断面の動的耐風性向上に向けた実験的検討

住友重機械工業(株) 正会員 ○大東 義志
住友重機械工業(株) 正会員 武内 隆文

1. はじめに

本研究では製作や架設コストを低減できる合理化（少数主桁）構造を長大斜張橋に適用するため、床版端部に 2 本の主桁を設けた桁断面（以下、端 2 主桁断面[1]）の動的耐風性安定性向上について種々の風洞実験より検討を加えた。これまでこのような端 2 主桁断面では主桁を内側に設置すると耐風性が向上することが知られている。しかし、斜張橋ケーブルの定着構造を考えると主桁は外側に配した方が設計的・製作的な合理性ははかれ、さらに付加物としての耐風部材（鉛直プレート[2]や水平プレート[2]）を設置するとコスト増となる。そこで、本研究では耐風安定化部材と断面の構造部材を兼ねそなえた合理的な断面として、主桁の下フランジに角度を付けた断面を考案し、それらの動的耐風安定化について非定常空気力特性の観点から検討を加えた。

2. 風洞実験概要

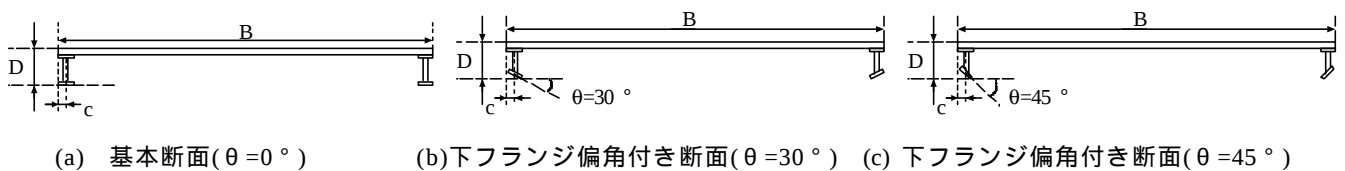


Fig.1 本研究で用いた模型断面（I 桁断面， $B/D=10$ ， $c/B=0.013$ ）

本研究で使用した模型は Fig.1 に示すように、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た[1]。主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となる I 桁を設置し、縮尺は 1/100 とした。主桁の下フランジに角度（以下、 θ と定義する）を設けた。さらに主桁位置は床版の端部からの距離 c と定義する。 θ は 30° と 45° を設定した。これらの主桁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力を測定し、それらの非定常空気力特性について考察を述べる。強制加振実験ではたわみ・ねじれ各 1 自由度で行い、風の傾斜角（以下、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 $f_{\eta 0}$ ， $f_{\phi 0}=1.3\text{Hz}$ とした。また、気流条件は一様流とした。

3. 耐風安定化断面の考案

これまで、断面の前縁側で流れ場[1]を変化させる意味で鉛直プレート[2]や水平プレート[2]を断面に設置した断面について、特に下面での鉛直プレート（バッフルプレート）および下フランジ端部での水平プレートを設置することで、どの測定迎角（ $\alpha=-3^\circ \sim +3^\circ$ ）においてもその長さが大きくなるにつれてフラッター発現風速は大きくなり、耐フラッター性能が向上することが明らかになっている[2]。そこで、このような端 2 主桁断面の耐風性向上には下面からのはく離制御が全体の耐風性向上に重要な役割を示すことが示唆されることから、主桁の下フランジに角度を設けることで耐風安定化部材と断面の構造部材を兼ねそなえた合理的な断面を考案した。

4. 下フランジの角度付き断面の非定常空気力特性

下フランジに角度を設けた断面について、強制加振実験より得られた非定常空気力係数[3]のうち、このような端 2 主桁断面はねじれ振動が卓越するフラッター特性を示す[1]ことから、ねじれフラッターに大きく寄与し、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。 $\alpha=0^\circ$ ， $\pm 3^\circ$ の A_2^* を Fig.2 (a) ~ (c) に示す。測定迎角（ $\alpha=0^\circ$ ， $\pm 3^\circ$ ）いずれもねじれ振動が安定（ A_2^* 負値）する風速域から不安定化（ A_2^* 正值）

キーワード 長大斜張橋端 2 主桁断面，動的耐風性向上，フラッター，下フランジ角

連絡先 〒550-0002 大阪市西区江戸堀 1 丁目 10 番 8 号 住友重機械工業株式会社 TEL 06-6223-7461

する風速域において $\theta=30^\circ$ の断面で最も高風速側となり、下フランジに角度をつけることでねじれ振動に対する耐風性が向上することが分かる。さらに $\theta=45^\circ$ では $\theta=30^\circ$ より低風速側で不安定化することから、下フランジの角度を大きくつけても、必ずしもねじれ振動に対する耐風性は向上しない。

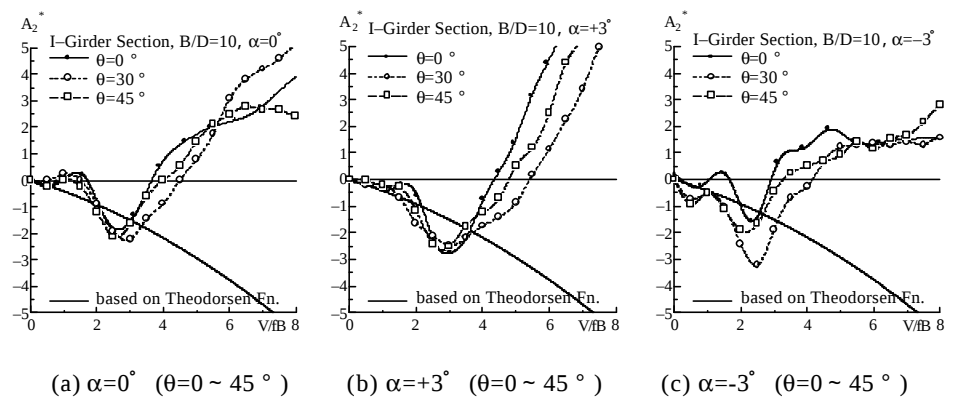


Fig.2 下フランジに角度を設けた I 桁断面 ($B/D=10$, $c/B=0.013$) の非定常空気力係数 A_2^*

5. 下フランジの角度付き断面のフラッター特性

強制加振実験により得られたの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 600m 級の斜張橋を想定した諸元値を用いた。それにより得られたフラッター発現風速[m/s]と下フランジの角度(θ)及び迎角(α)の関係を Fig.3 に示す。下フランジに角度を設けることで、どの迎角($\alpha=-3^\circ \sim +3^\circ$)においてもフラッター発現風速は大きくなり、耐フラッター性能が向上することが明らかになった。特に、 $\theta=30^\circ$ の断面では $\alpha=0^\circ$ のときに 13%、 $\alpha=+3^\circ$ では 23%、さらに基本断面で最も悪い耐フラッター性を示していた負迎角の $\alpha=-3^\circ$ では 41%も基本断面より耐フラッター性能が向上する。ただし、 $\theta=45^\circ$ の断面では $\theta=30^\circ$ のそれよりフラッター発現風速は小さくなり、 $\theta=0^\circ$ から 45° までの間に最適な角度が存在することが分かる。したがって、今後端 2 主桁断面で耐風安定化断面を考案するときにはたとえば箱桁断面においても下フランジに角度をつけることが有効であることが示唆されるが、その角度が耐風性向上を検討するうえで重要な要素となる。ただし、本主桁断面を実橋に適用する場合には主桁ウェブと下フランジとの隙間のメンテナンス性に課題が残る。

6. まとめ

端 2 主桁断面については上面よりも下面からの離れ制御が重要な役割を示すことが示唆された。

下フランジに角度を設けることでフラッターに対する耐風安定性が向上する。

端 2 主桁断面の下フランジに角度をつけて耐風性の向上を図るとき、その角度が重要である。

謝辞 本研究では京都大学大学院工学研究科 松本 勝教授にご指導頂きました。ここに記して厚く謝意を表します。また、白土博通助教授、八木知己助手および阿南景子助手をはじめ松本研究室の皆様のご助力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

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, 日本風工学会誌, No79, 平成 11 年 5 月, p.81-82. [2] 大東, 松本他; 長大斜張橋端 2 主桁断面の異なる振動モード間の空力振動干渉および動的耐風性向上に関する研究, 第 17 回風工学シンポジウム論文集, 平成 14 年 12 月, p. 387-392. [3] 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, August, 1974.

$B=27.25\text{m}$, $f_{\eta 0}=0.217\text{Hz}$, $f_{\phi 0}=0.600\text{Hz}$, $\delta_s=0.02$
 $M=4.233 \times 10^4 \text{kg/m}$, $I=3.279 \times 10^6 \text{kg} \cdot \text{m}$, $L=610\text{m}$

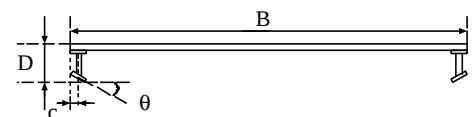
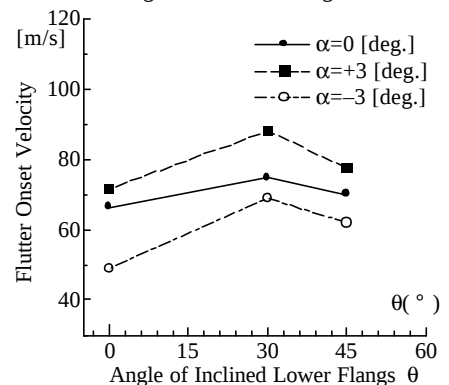


Fig.3 I 桁断面 ($B/D=10$, $c/B=0.013$) のフラッター発現風速[m/s]と下フランジ角 θ の関係