

端2主桁断面を有する長大斜張橋の主桁形状変化に伴う動的耐風性について

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抑えることの合理化（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。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[1]するが、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・製作的な合理性がはかれ、また、付加物としての耐風部材（鉛直プレートや水平プレート）を設置する[2]ことはコスト増につながる。さらに端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[2]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。

2. 風洞実験概要

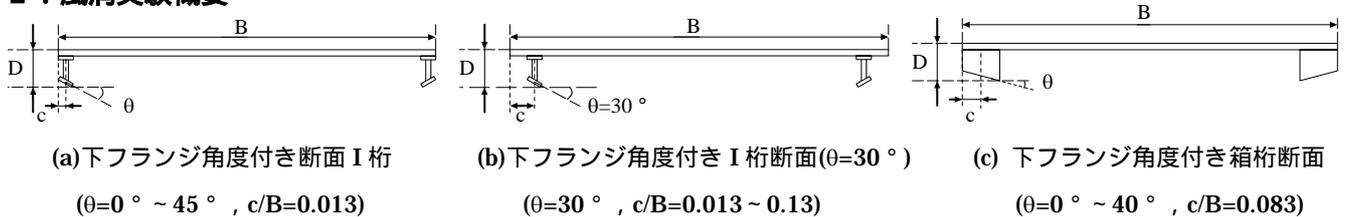


Fig.1 本研究で用いた模型断面 (B/D=10)

本研究で使用した模型断面を Fig.1(a) ~ (c)に示す。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[1]、主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となる I 桁と箱桁を設置し、縮尺は $1/100$ とした。主桁位置は床版の端部からの距離 c (c_p は実橋換算値) で定義する。主桁の下フランジに角度（以下、 θ と定義する）を設けた。 θ は 0° の基本断面から 45° （箱桁は 40° ）までを段階的に設定した。I 桁断面では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し、箱桁断面ではバネ支持実験による自由振動応答特性について考察した。それぞれの実験においてたわみ・ねじれ各1自由度で行い、風の傾斜角は（以下、迎角） $\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$ とした。強制加振実験ではたわみ片振幅 $\eta_0=10\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし、加振周波数は $f_{\eta 0}, f_{\phi 0}=1.3\text{Hz}$ とした。また、気流条件は一様流とした。なお、本研究で想定した橋梁形式は、中央径間長 600m 級の3径間連続鋼斜張橋とする。

3. 下フランジ角度付き I 桁断面の主桁位置の変化によるフラッター特性

下フランジに角度を設けた I 桁断面について、強制加振実験により得られたこれら非定常空気力係数[3]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。それにより得られたフラッター発現風速[m/s]と主桁位置(c)および迎角(α)の関係を Fig.2 に示す。下フランジ角度 $\theta=30^\circ$ の断面も基本断面(θ

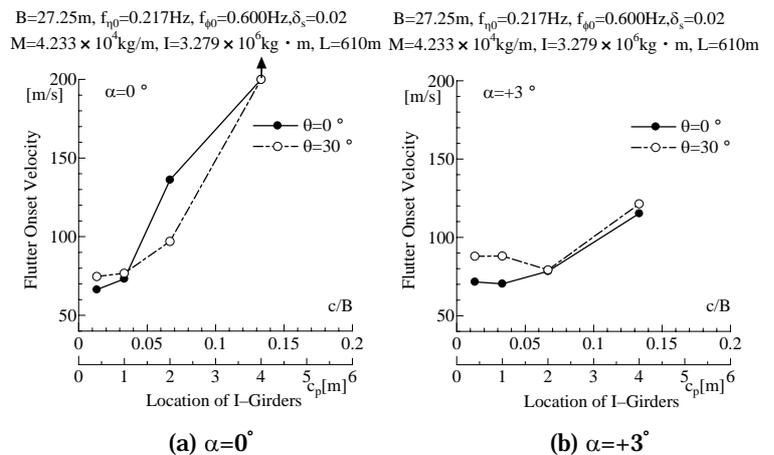


Fig.2 下フランジに角度を設けた I 桁断面 (B/D=10) の主桁位置(c)とフラッター発現風速[m/s]との関係 ($\theta=0^\circ, 30^\circ$)

キーワード 端2主桁断面, 動的耐風性, 下フランジ角

連絡先 〒799-1393 愛媛県東予市今在家 1501 番 住友重機械工業株式会社 TEL 0898-64-6911

$=0^\circ$)と同様に主桁を内に配することでフラッター発現風速が大きくなり、耐風安定性が向上する。測定迎角($\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$)いずれも主桁が端部側にあるときほど基本断面($\theta=0^\circ$)より下フランジに角度をつけた断面でフラッター発現風速[m/s]が大きくなり、耐風安定化傾向を示す。一方、主桁が内側に配するほど下フランジの角度の効果が小さくなること分かる。

4. 下フランジの角度付き箱断面の自由振動応答特性

下フランジに角度を設けた箱桁断面についてねじれおよびたわみ1自由度による自由振動応答結果($\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$)をFig.3(a)~(f)に示す。 $\alpha=0^\circ$ (a)では $\theta=15^\circ \sim 40^\circ$ でねじれ渦励振、ねじれフラッターとも起こらず、劇的に安定化し、その制振効果が確認できる。 $\alpha=-3^\circ$ (c)でも θ が大きくなるにつれてねじれフラッターの発現風速が大きくなり、安定化する傾向がある。一方、 $\alpha=+3^\circ$ (b)では必ずしも耐風性が向上するとは言えない。これは、 $\alpha=0^\circ$ でうまく保たれていた上面と下面の流れ場のバ

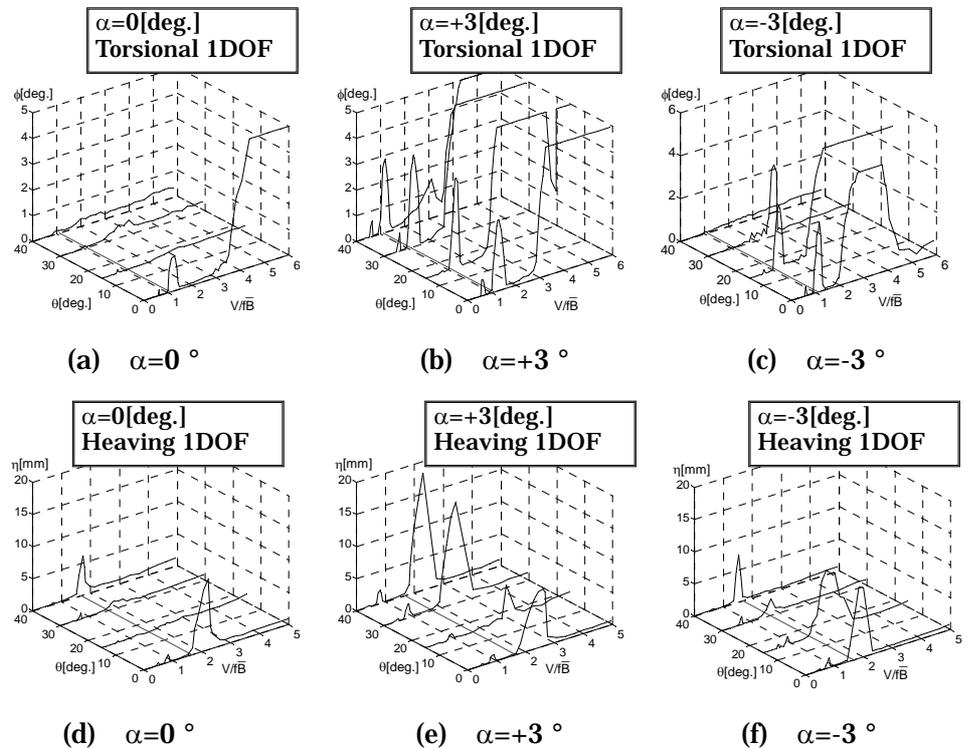


Fig.3 箱桁断面 ($B/D=10, c/B=0.083, B=\bar{B}\cos\alpha$) の自由振動応答結果

(ねじれ1自由度図中 $1.11\bar{B}/D$, たわみ1自由度図中 $1.67\bar{B}/D$)

ランスが吹き上げによる下面からの渦の生成の変化により全体の流れ場が変化したものと考えられるが、推測の域を出ない。たわみ1自由度について $\alpha=0^\circ$ (d)では $\theta=15^\circ \sim 40^\circ$ でたわみ渦励振が $\theta=0^\circ$ の基本断面よりも安定化し、その制振効果が確認できる。 $\alpha=+3^\circ$ (e)では $\theta=30^\circ$, $\alpha=-3^\circ$ (f)では $\theta=15^\circ$ が最も安定化し、たわみ1自由度に着目すれば、 $\theta=15^\circ$ から 30° 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は下フランジに角度をつけることが有効であると示唆されるが、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。

5. まとめ

$\alpha=0^\circ$ を含む負迎角で下フランジに角度を設けることでねじれ振動に対する耐風安定性が向上する。

迎角によって耐風安定性効果に違いがあり、正迎角に対する不安定性の解明が端2主桁の耐風性に関する重要な要素であると考えられる。

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、その角度に注意が必要である。

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橋梁工学分野の皆様のご助力に感謝いたします。

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.