

長大斜張橋端2主桁断面のフラッター特性に及ぼす主桁位置の効果

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
京都大学大学院工学研究科	正会員	白土	博通
京都大学大学院工学研究科	正会員	八木	知己
住友重機械工業(株)	正会員	堀	重雄

1. はじめに

本研究では合理化構造の長大斜張橋適用に際し、床版端部に2本の主桁を設けた桁断面[1]（以下、端2主桁断面）の特に主桁位置変化に伴う動的空気振動特性について各種風洞実験より検討を加えた。過去の研究[1]では主桁位置をある範囲で床版端部から断面中心側に配置すれば耐フラッター安定性が向上することが言われている。そこで本研究ではさらに主桁位置を内側に配置して、これらの断面側面の非定常空気力を測定することで端2主桁断面のフラッター特性にどのような影響を及ぼすのか主桁位置をパラメータに非定常空気力特性の観点から考察を加えた。

2. 風洞実験概要

本研究で使用した模型は Fig.1 に示すような断面幅 $B=300\text{mm}$ 、高さ $d=5\text{mm}$ の断面辺長比 $B/d=60$ の矩形断面を床版に用いて、主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となる I 桁とした。縮尺は $1/100$ とする。主桁位置は床版の端部からの距離を c と定義し、 $c/B=0.013 \sim 0.300$ までを段階的に設定した。非定常空気力を測定するための強制加振実験は、たわみ・ねじれ各 1 自由度で行い、風の傾斜角（以下、迎角 α ）は 0° 、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_0} 、 $f_{\phi_0}=1.0\text{Hz}$ とした。また、気流条件は一様流とした。

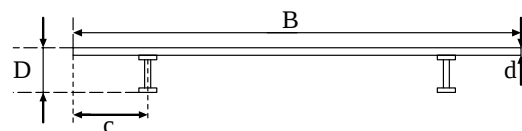
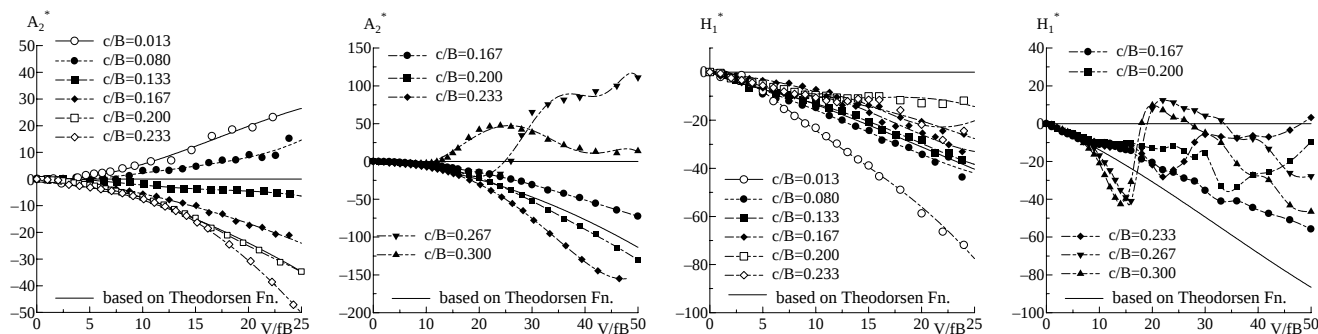


Fig.1 本研究で用いた模型断面

（I 桁断面， $B/D=10$ ， $c/B=0.013 \sim 0.300$ ）

3. 主桁位置変化による端2主桁断面の非定常空気力特性

主桁位置 c/B を変化させ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[2]のうち、紙面の都合上、ここではねじれおよびたわみ振動の空力減衰を示す A_2^* および H_1^* について着目し、考察を述べる。Fig.2 に非定常空気力係数 A_2^* および H_1^* の分布を示す。 A_2^* の分布図から $c/B=0.080$ までは低風速側から正值を取り、ねじれ振動に対して不安定化傾向を示す。さらに $c/B=0.233$ までは連続的に A_2^* の分布が負値を示すことから、 $c/B=0.233$ までは主桁位置を内側に配置するに従って、ねじれ振動が安定化する傾向を示す。しかし、 $c/B=0.267$ 以上に主桁位置を内側に配置することで A_2^* が正值を示し、これらの断面ではねじれ振動に対して不安定になることが分かる。一方、 H_1^* の風速分布を見ると $c/B=0.267$ および $c/B=0.300$ の断面では無次元風



(a) A_2^* ($c/B=0.013 \sim 0.233$) (b) A_2^* ($c/B=0.167 \sim 0.300$) (c) H_1^* ($c/B=0.013 \sim 0.233$) (d) H_1^* ($c/B=0.167 \sim 0.300$)

Fig.2 主桁位置を変化させた I 桁断面 ($B/D=10$ ， $\alpha=0^\circ$) の非定常空気力係数 A_2^* および H_1^*

キーワード 端2主桁断面，主桁位置，フラッター，非定常空気力特性

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

速 $V/fB=18$ 付近から正值を示し、さらにその高風速側で負値となる、いわゆる風速限定型のたわみ振動が発生する可能性が示唆される。

4. 主桁位置とフラッター発現風速の関係

前節により求められた非定常空気力係数を用いて、2次元仮想振動系での複素固有値解析を行った。解析には中央支間長 600m 級の斜張橋を想定した構造諸元値を用いた。Fig.3 は主桁位置 c/B とフラッター発現風速(m/s)の関係を示す。これらの関係から主桁位置を内側に配置するに連れて Torsional Branch でのフラッター発現風速が高くなり、主桁位置 $c/B=0.233$ の断面では測定風速内ではフラッターが発現せず、良好な耐風特性を示すことが分かる。しかし、主桁位置をさらに内側に配置することより、Heaving Branch にてフラッターが発現し、急激にフラッター安定性が悪化することが分かる。このことからこれまで主桁を内側に配置するほどフラッター発現風速は高くなり、耐風性向上が期待されるものと考えられてきたが、このような断面辺長比 $B/D=10$ の端2主桁断面においては幅員の約 1/4 点付近を境にそれよりも内側に配置すると、逆にフラッター発現風速が低下し、空力的に不安定化傾向を示すことが分かる。

5. Step-by-step 解析[3]からの考察

主桁位置を変化させたときの端2主桁断面におけるフラッター特性について、Step-by-step 解析[3]を行い、非定常空気力係数の役割を把握する。紙面の都合上、Torsional Branch での解析結果のみを Fig.4 に示す。これらの解析結果より、 $c/B=0.300$ においては A_2^* の項（図中○印）が高風速域で負になるものの、対数減衰率 δ が負になる風速域が A_2^* の項が負になる風速域より小さく、 $A_1^*|H_3^*|\cos\theta_2$ （連成項：図中●印）の影響を受けていることが分かる。したがって、主桁を c/B

0.267 以上、内側に入れた断面では、 $A_1^*|H_3^*|\cos\theta_2$ （連成項）の影響により、Torsional Branch において連成フラッタータイプのフラッターが低風速側で発現し、フラッター性能を悪化させているものと考えられる。

6. まとめ 断面辺長比 $B/D=10$ の端2主桁断面で主桁位置を内側に配置して耐風安定性向上を図るとき、主桁位置が幅員の 1/4 点付近に空力的に安定もしくは不安定を決定付ける境界が存在すると考えられる。

主桁位置を $c/B=0.267$ 以上、内側に入れた断面では、連成項（ $A_1^*|H_3^*|\cos\theta_2$ ）の影響により、Torsional Branch において連成フラッタータイプのフラッターが低風速側で発現し、フラッター性能を悪化させている。

主桁位置 $c/B=0.267, 0.300$ の断面においては風速限定型のたわみ振動が発現する可能性が示唆される。

謝辞 本研究の遂行に多大なるご協力をいただいた京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻橋梁工学分野の伊藤靖晃氏をはじめとする学生の皆様に深く感謝いたします。

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, 1999.5, p.81-82. [2] Scanlan, R.H., Blevins, R.D., Budlong, K.S.: Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of ASCE., Vol.100, August, 1974. [3] Matsumoto, M., Kobayashi, K., Niihara, Y., Shirato, H., Hamasaki, H., : Flutter mechanism and its Stabilization of Bluff Bodies, Proc. of 9th ICWE, 1995.

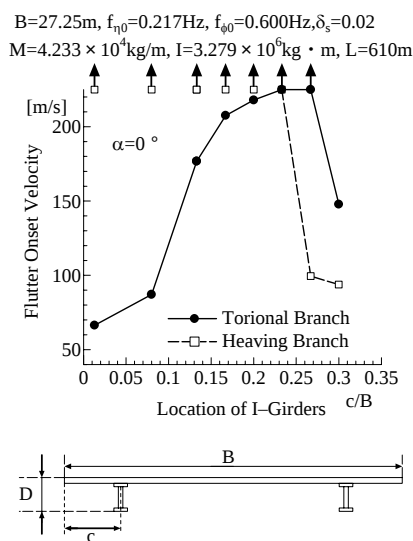


Fig.3 I 桁断面 ($B/D=10, \alpha=0^\circ$) のフラッター発現風速[m/s]と主桁位置 c の関係

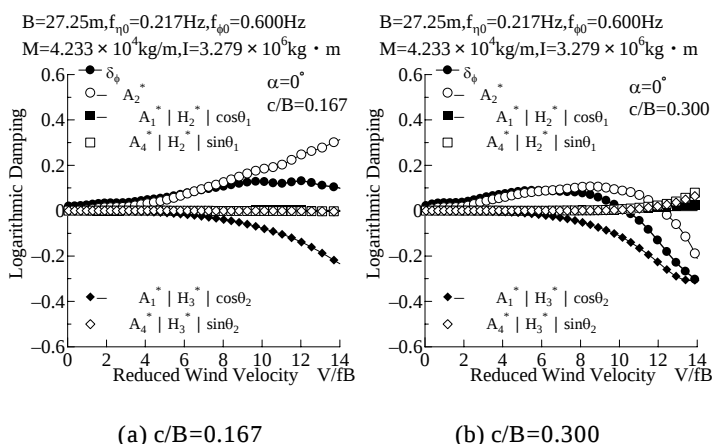


Fig.4 Step-by-step 解析結果 ($B/D=10, \alpha=0^\circ$, Torsional Br.)