

I - B 360

長大斜張橋端2主桁断面の非定常圧力特性から見た空力振動発生メカニズム

京都大学大学院工学研究科 学生員 荒木健二
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 松本 勝
 住友重機械工業株式会社 正会員 大東義志

1. はじめに 近年, 長大斜張橋の建設においても, 経済性の問題が非常に重要視されている. そのような実状において, 経済的利点を有する端2主桁(2-Edge Girders)橋が長大斜張橋の主桁断面として注目されている. 本研究では, 長大斜張橋端2主桁断面の耐風性について, 風洞実験を行うことにより検討を行っている. 過去の研究において, 端2主桁断面は主桁位置を床版の内側に配するほど空力的に安定化することが明らかとなっている. そこで自由振動実験および断面側面の非定常圧力測定実験を行うことにより, これらのメカニズムの解明目的とするものである.

2. 実験概要 模型はFig.1 (a), (b) に示すように, 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, 主桁位置 c は 50mm まで内側に移動可能な構造となっている. 主桁形状は断面辺長比 $B/D=10$ となるI桁を設定した. 以下I桁断面と呼ぶ. これらの断面を用いて, ねじれ・たわみ各1自由度の自由振動実験(パネ支持実験)による振動応答特性の把握を試みた. I桁断面の断面側面(上下面ともに圧力孔は20点)の非定常圧力測定を行うことでねじれフラッター発生メカニズムや主桁位置の変化による非定常圧力特性の変化について考察する. 最後に非定常空気力係数の役割を明らかにするため, Step-by Step解析²⁾を行った. ねじれ1自由度強制加振実験による加振条件はねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし, 設定傾斜角(迎角) $\alpha=\pm 3^\circ$, 0° , 加振振動数は $f_{\phi 0}=2.0\text{Hz}$ である.

3. 主桁位置の変化による振動応答特性の違い ねじれ1自由度系におけるI桁断面の主桁位置 $c=4\text{mm}$ と $c=50\text{mm}$ の自由振動実験結果をFig.2 に示す. 主桁を最外の $c=4\text{mm}$ に配した場合, $V/|B|=0.6$ 付近と $V/|B|=1.0$ 付近で渦励振が発現している. また $c=50\text{mm}$ に配した場合, $V/|B|=1.0$ 付近と 1.5 付近でそれぞれ渦励振が発現している. このことから主桁位置の変化によるねじれ渦励振に及ぼす影響は大きいと言える. また, また主桁位置 $c=50\text{mm}$ の断面では $V/|B|=7$ までは, ねじれフラッターは発現しておらず, 主桁を内側に入れるほど, フラッター安定化効果がかなり期待できるものと考えられる. 紙面の都合上, 図には示さないが, 迎角(α)に対しても非常に敏感で, $\alpha=3^\circ$ の負迎角でフラッター発現風速も低下する一方, 高風速で振動がおさまる風速限定型のねじれフラッターとなるなど, 迎角(α)によってその特性は大きく変化することがわかる.

4. I桁断面($B/D=10$)の非定常圧力特性 I桁断面のねじれ1自由度強制加振における非定常圧力測定結果

キーワード: 端2主桁断面, ねじれフラッター, 非定常圧力, 主桁位置

連絡先: 京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻気圏工学講座

〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5093 FAX:075-761-0646

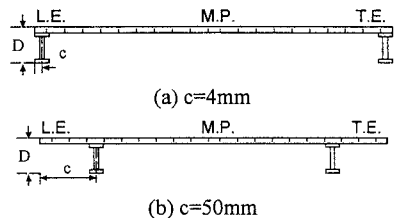


Fig.1 実験に用いた模型
($B/D=10$, $B=300\text{mm}$)

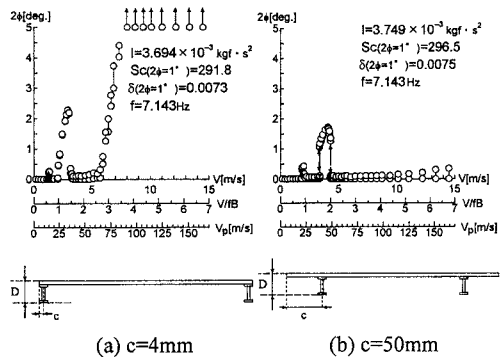


Fig.2 自由振動実験結果
(Torsional 1DOF, $\alpha=0^\circ$, in Smooth Flow)

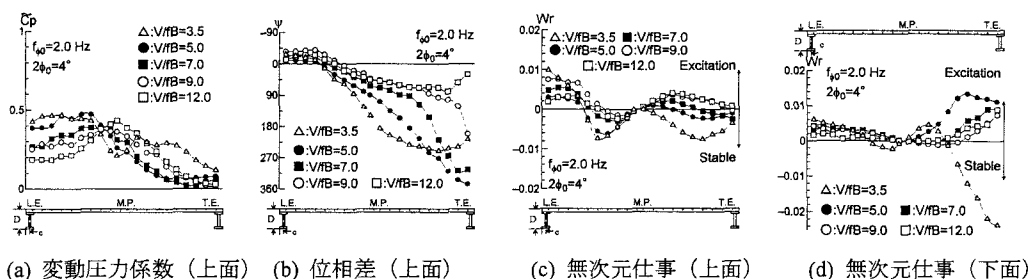


Fig.3 非定常圧力特性（ $c=4\text{mm}$ ）

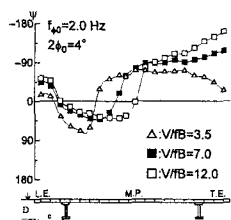


Fig.4 非定常圧力係数($c=50\text{mm}$)

について Fig. 3～4 に示す。主桁位置を最も外に配した I 桁断面の $\alpha=0^\circ$ におけるねじれフラッター発生メカニズムとして、 $V/fB=5.0, 7.0$ では、下面後縁側の励振力が卓越し、 $V/fB=9.0, 12.0$ では、上下面ともに後縁側で励振力が働き、ねじれフラッターが発生するものと考えられる。次に主桁位置 $c=50\text{mm}$ の断面について(Fig.4), どの計測風速においても $\alpha=0^\circ$ の上面では、位相が断面中央付近から急激に進み、後縁側で減衰力が働く。これは上面において $B/D \geq 15$ 以上の矩形断面と類似した位相特性³⁾を示し、桁を外側に配した場合と大きく異なることが考えられる。主桁を内側に配することによる断面形状変化の影響は、上下面の流れ場に表れ、特に上面では位相特性が、主桁を内側に配することで、ねじれフラッタータイプから連成フラッタータイプの流れ場へと変化することで振動が安定化することが明らかになった。

5. Step-by-Step解析結果 Fig. 5 にStep-by-step解析²⁾結果を示す。ここで①, ②, θ_1 , θ_2 は構造諸元, 非定常空気力係数⁴⁾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。対数減衰率 δ に寄与する項が、桁を内側に配するにつれて、 A_2^* (ねじれ振動の空力減衰に関する項)の項から $A_1^* |H_2^*| \cos \theta$ へと移り、 $c=50\text{mm}$ に至っては A_2^* の項が安定化の方へ寄与していることから連成フラッタータイプに変化することが考えられる。

6. まとめ

- 高欄、センターバリア等は設置しない、渦励振特性の定性的な評価として、主桁位置の変化による影響は大きい。
- 主桁位置を最も外に配した I 桁断面におけるねじれフラッター発生メカニズムとして、上下面の後縁側での励振力がその振動応答に支配的である。
- 上面における流れ場が、主桁を内側に配することで、ねじれフラッタータイプから連成フラッタータイプの流れ場へと変化し、振動が安定化する。

謝辞 この研究は京都大学大学院工学研究科気圏工学講座と住友重機械工業㈱の共同研究として行われたことをここに付記するとともに多大なる御協力を頂いた関係各位に謝意を表す。

参考文献 1) 松本, 大東他; 長大斜張橋端 2 主桁基本断面の空力特性, 第 15 回風工学シンポジウム論文集, 1998. 2) 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. 3) 松本, 新原他; 構造基本断面のフラッター発生機構に関する研究, 構造工学論文集, Vol.40A, 1994. 4) Scanlan, R.H., Belvay, 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