

長大斜張橋端2主桁断面の空力特性に及ぼす減衰効果および迎角特性

住友重機械工業(株) 正会員 ○大東義志
京都大学工学研究科 フェロー 松本 勝
京都大学工学研究科 学生員 荒木健二

1. はじめに 近年、経済性を重視した長大斜張橋の建設において、合理化桁断面としての端2主桁断面が検討される。しかし、この断面は断面剛性の小ささから耐風安定性について不安定となる傾向が強い[1]。海外では比較的多くの長大斜張橋において採用されているが、日本で採用されるには、この形式の詳細な空力特性に関するデータが少ないのが現状である。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の傾斜角（迎角）変化および減衰効果による影響に注目し、基本的空力特性を自由振動実験および非定常圧力測定実験を行うことで、実験的検討を加えた。

2. 風洞実験概要 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 $B/d=60$ ）の矩形断面の床版に用いた[1]。主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となるI桁を設置した。さらにこの断面にポスト高欄／壁高欄及びセンターバリアを設置し、ねじれ・たわみ各1自由度の自由振動実験（バネ支持実験）による渦励振特性の把握を試みた。

さらにFig.1-(a)に示す基本断面（I桁断面）の断面側面（上下面ともに圧力孔は20点）の非定常圧力を測定することで迎角の変化による非定常圧力特性について考察する。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）は $\alpha=-3^\circ, 0^\circ, +3^\circ, +6^\circ$ 、加振振動数は $f_{\phi_0}=2.0\text{Hz}$ である。V-A図にある V_p は参考値として中央支間長600mの斜張橋を対象とした実風速値である。

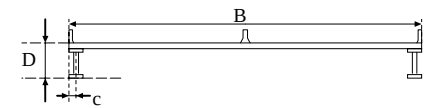


Fig.1 本研究で用いた模型断面
(I桁断面, $B/D=10$, $c/B=0.013$)

3. I桁断面のSc数変化による渦励振応答特性の違い（ねじれ1自由度）

Fig.2にねじれ1自由度における渦励振最大振幅のSc数の変化における推移を示す。同時に付属物（高欄・センターバリア）の効果も示す。この図より、高欄・センターバリアを設置していない基本断面よりも両方を設置している断面で1.5倍程度、渦励振最大振幅が大きくなり不安定化する。また、壁高欄とポスト高欄の差はほとんどなく、ポスト高欄のみ設置した断面が最も渦励振最大振幅が大きくなる。そのため、高欄・センターバリアを設置していない基本断面よりも両方を設置している断面で渦励振最大振幅が大きくなり不安定化する理由として、センターバリアの効果よりもポスト高欄の効果の方が大きいことが考えられる。Sc数による変化として実橋相当のSc数でも渦励振が消えることなく、さらにSc数を4500程度にまで大きくしても渦励振は残る。

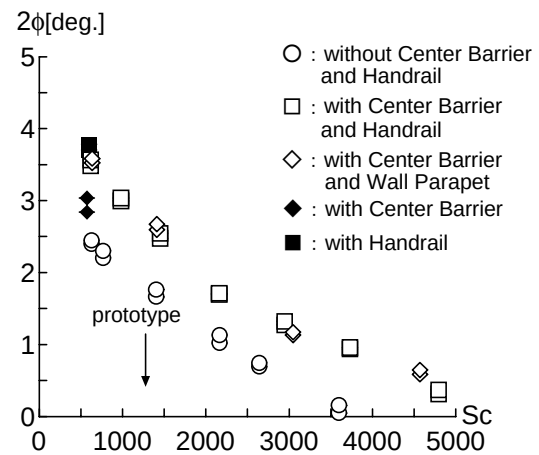


Fig.2 渦励振最大振幅のSc数変化による推移
(ねじれ1自由度, 迎角 $\alpha=0^\circ$, 一様流中)

4. I桁断面（基本断面）の迎角変化による渦励振応答特性の違い（ねじれ1自由度）

ねじれ1自由度系における基本断面（I桁断面）の $\alpha=-3^\circ, 0^\circ, +6^\circ$ 、の自由振動実験結果をFig.3に示す。ねじれ1自由度系では正の迎角または負の迎角をつけることで、 $V/FB=1.0$ 付近で発現する渦励振の最大振幅は小さくなり安定化する。ねじれフラッターについては、負迎角 $\alpha=-3^\circ$ でフラッター発現風速が $V/FB=2.5$ 付近まで低下し、高風速域で振動が安定化する風速限定型のねじれフラッターとなる。これらの原因を解明すべく断面側面の非定常圧力を測定した。

キーワード；長大斜張橋端2主桁断面，自由振動応答特性，非定常圧力特性，渦励振，Sc数，ねじれフラッター

連絡先；京都大学大学院工学研究科環境地球工学教室（〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5093）

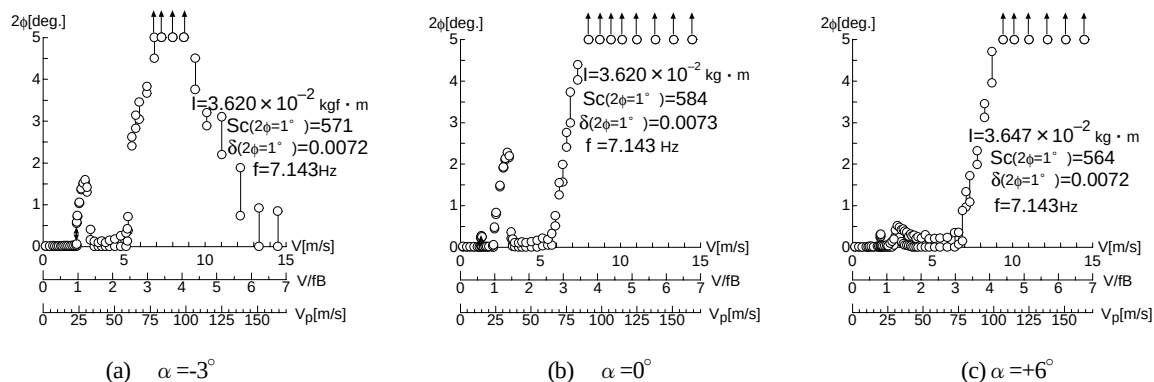


Fig. 3 ねじれ1自由度系V-A図（一様流中，基本断面（I桁断面）， $c/B=0.013$ ）

4. I桁断面(B/D=10)の非定常圧力特性（ねじれ1自由度）

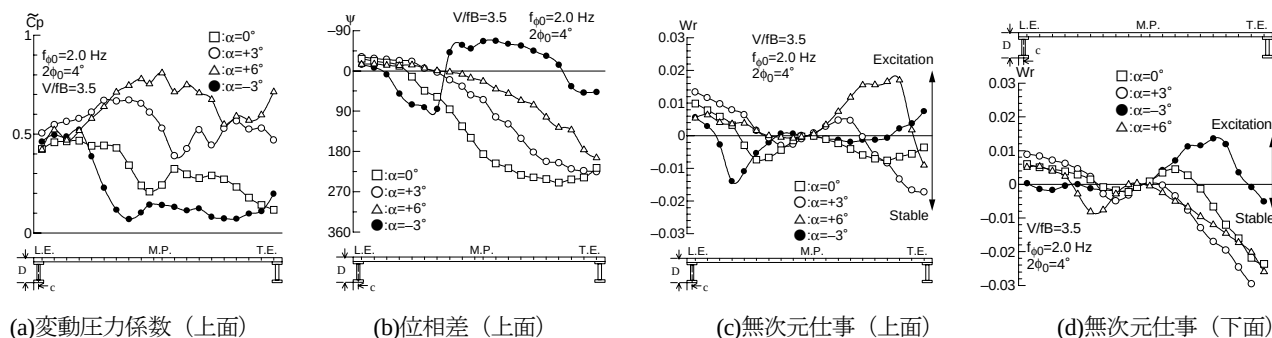


Fig. 4 非定常圧力特性（ねじれ1自由度， $V/fB=3.5$ ， $c/B=0.013$ ）

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についてFig.4～5に示す．風速域 $V/fB=3.5$ の場合， $\alpha=-3^\circ$ の上面を除き，どの迎角においても後縁にかけて位相が遅れ，渦の流下が考えられる． $\alpha=0^\circ, +3^\circ$ では，上下面後縁側で減衰力が働く． $\alpha=+6^\circ$ では上面後縁側で励振力が働くが，下面で減衰力が働き，全体として安定化するものと考えられる． $\alpha=-3^\circ$ では，位相が断面中央付近から急激に進む特性となる．下面での位相が前縁から後縁にかけて約 180° 遅れ(Fig.5)，後縁側に大きな励振力が作用する．紙面の都合上図には示さないが風速域 $V/fB=12.0$ における負迎角 $\alpha=-3^\circ$ の場合，上下面ともに他の迎角と位相特性が異なり，上面では位相が断面中央付近から急激に進み，下面では，断面側面を通して位相が進み，いずれも後縁側に減衰力が働く．それによりねじれフラッターが安定化することがわかる．

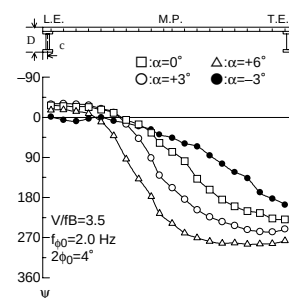


Fig. 5 非定常圧力特性（位相差，下面， $V/fB=3.5$ ）

5. まとめ ◎端2主桁断面のねじれ渦励振特性として，高欄・センターバリアを設置することで渦励振最大振幅が大きくなり不安定化する．これはセンターバリアよりもむしろ高欄の効果が大きいものと考えられる．

◎端2主桁断面（I桁断面， $B/D=10$ ）のSc数とねじれ渦励振最大振幅の関係が明らかになった．

◎ $\alpha=-3^\circ$ ($V/fB=3.5$)のねじれ振動の発生メカニズムとして，上面よりもむしろ下面の励振力により，振動が発生するものと考えられる．

◎ $\alpha=-3^\circ$ ($V/fB=12.0$)の上面では $B/D \geq 15$ 以上の扁平な矩形断面の位相特性[2]と類似した位相特性を示し，下面では，断面側面を通して位相進みの状態であり，上下面の後縁側に減衰力が働き，ねじれフラッターが安定化することがわかる．

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(株)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] 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．