

建設省土木研究所 正員 山本邦夫  
 正員 中神陽へ  
 正員 〇堀田 誠

### 1. まえがき

箱桁を主桁として用いた斜張橋は、剛性が低いこともあり、従来より低風速域で共振振が出現する場が多々、その振動性状も主桁断面形状に大きく影響されるため、設計に当っては風の動的な作用について検討する必要がある。本報告は、左右非対称の逆台形箱桁を有する斜張橋主桁の一樣流中の対風応答特性、主桁の外側腹板の傾きを変化させた場合の応答特性の変化、および耐風安定化対策の効果、並びに乱流中の振動応答特性を調べるために実施した一連の風洞実験の結果について述べる。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験方法

風洞は、建設省土木研究所附風工学実験施設のフラッター風洞（バッチンゲン型；稜柱部高さ4m、幅25m、長さ10m）を用い、実験は、縮尺1/37の2次元

元剛体部分の模型を8本のコイルバネにより風洞内に2自由度支持し、所要の相似条件を一致させて、「本州四国連絡橋風洞試験要領（1980）・同解説」に従って行った。

#### 2.2 実験ケース

実験は、図1に示す3つの基本断面、および基本断面(B)に図2に示す制振装置をほとこした断面について実施した。詳細をとりまとめ表1に示す。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 基本断面一樣流中における振動応答特性

基本断面(A)の自励振動の限界風速は、迎角が $-7^{\circ}$ 以下の風に対しては $100\text{m/s}$ 以上、 $5^{\circ}$ と $87\text{m/s}$ 、 $7^{\circ}$ と $79\text{m/s}$ といずれも設計風速域以上であり、自励振動に対しては充分安定であることが確認された。

基本断面(A)の上流側に歩道がある場合（今後上流歩道という）の低風速域の実験結果を図3に示す。図からわかるように、本断面は風速 $10\text{m/s}$ 付近でたわみモードの共振振が誘発し、続いて $30\text{m/s}$ 付近でねじれモードの共振振が誘発し、 $3^{\circ}$ 以下ではねじれモードの共振振が誘発し、 $3^{\circ}$ 以上になるとたわみモードの共振振に傾

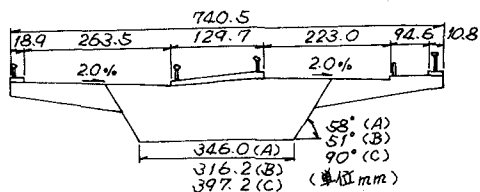


図1 断面形状（基本断面）

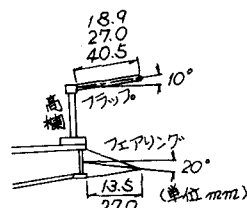


図2 制振装置

表1 実験ケース

| 風流  | 断面形状    | 風流方向            | 迎角(deg)                             |
|-----|---------|-----------------|-------------------------------------|
| 一様流 | 基本断面    | (A) 上流歩道および下流歩道 | $0, \pm 1, \pm 3$<br>$\pm 5, \pm 7$ |
|     |         | (B) 上流歩道        | $+5$                                |
|     |         | (C) 上流歩道        | $0, \pm 3, \pm 5, \pm 7$            |
|     | フェアリング  | 0.5m付           | $0, \pm 5$                          |
|     |         | 1.0             | $0, \pm 5$                          |
|     |         | 0.7             | $0, \pm 5$                          |
| 乱流  | 基本断面(B) | 上流歩道および下流歩道     | $0, \pm 1, \pm 3$<br>$\pm 5, \pm 7$ |
|     |         | 上流歩道            | $0, \pm 5$                          |

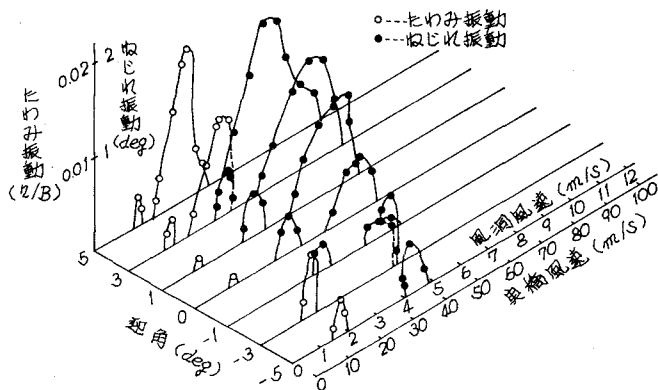


図3 風速-振幅-迎角曲線（基本断面，上流歩道，迎角 $-5^{\circ}$ ～ $5^{\circ}$ ）

行している。また、40~50m/s付近の収じれモードの渦励振が顕現する。たわみの最大振幅は、実橋実験の約85cmと予想される。特に迎角が3°の場合には、30m/s付近の、たわみと収じれがその固有振動数の同時に発生している。基本断面(B),(C)に対してはほぼ同様な結果が得られ、今回実施した外側張板の傾きの変化程度は対風応答特性にほとんど影響の少ないことがわかった。若干のばらつきは基本断面(B)の方が他より良好な耐風安定性を示すため、以降、基本断面(B)を用いて制振装置の効果、特に乱流中の応答特性を調べた。

### 3. 2 制振装置の効果

渦励振を抑制することを目的として、図2に示すような2種類の制振装置〔フラップ(上向き10°、長さ実橋の0.7m、1.0m、1.5m)、フェアリング(下向き20°、長さ実橋の0.5m、1.0m)〕の効果を調べた。今回の実験は渦励振の幅が大きかった歩道を上流側にした場合の0°、5°の2迎角について、その効果を見るため基本断面(A)の対風応答特性と比較すると以下のようになる。

フェアリングを設置しても、基本断面とほぼ同風速域の渦励振が顕現し、たわみ振動振幅はほとんどかわらない。また、50m/s付近の発生した収じり振動振幅はかたや抑えられるが、30m/s付近のそれは逆に大きく増えた。

フラップは、収じれモードの振動の抑制に相当の効果がめることが認められた。また、たわみ振動にも効果があり、その長さを増すごとにその効果も大きくなる。フラップ長が、1.0mと1.5mの場合については、その抑制効果にそれほど差がないため、フラップ1.0m付断面に対して上流歩道、下流歩道の2風向についてそれぞれ0°、±1°、±3°、±5°、±7°の9迎角について確認実験を行った。上流歩道の場合の実験結果を図4に示す。

フラップは、収じれ渦励振に対しては非常に有効であり、迎角-3°を若干発振の恐れがあるもののほぼ完全に抑制することができた。たわみ渦励振に対しては迎角が負および0°付近の領域ではほぼ抑制できたが、迎角5°を基本断面の約半分の、迎角7°をほぼ同じ振幅となった。また、下流歩道の場合収じれ渦励振に対しては迎角が正の場合、振幅は約半分のしか抑制されていない。

このように過去の実験結果に比べ抑制効果が少々悪いのは、歩道を下流側にした場合に地盤および中央分離帯から下り風向になっており、吹き上げの風が作用した場合にそれぞれの個所に剝離した渦の再付着が遅く、その効果はだけ起振力が大きくなることによるものと思われる。

### 3. 3 乱流中の振動応答特性

測定河最上流端(模型の上流3.12m)に図5に示す格子〔 $I_u=15\sim17\%$ 、 $I_w=12\sim13\%$ 〕を設置し乱流を発生させ、乱流中における基本断面(B)の応答を測定した。迎角0°における振幅-風速特性を図6-1.2に示す。乱流効果により渦励振が抑えられ、かつ発振々動もパフエッティングに変化しているものと思われ、また、振幅について一様流中に比べ大幅に減少した。

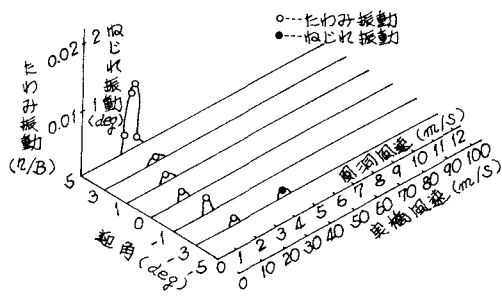


図4 風速-振幅-迎角曲線  
(フラップ1.0m付、上流歩道、迎角-5°~5°)

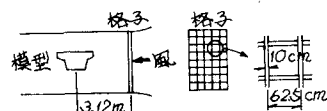


図5 格子説明図

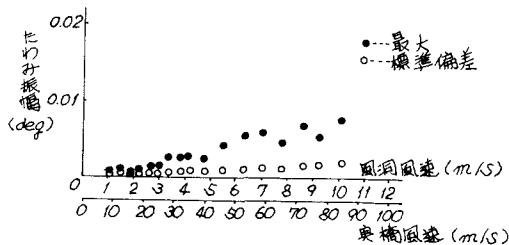


図6-1 振幅-風速曲線  
(乱流、たわみ振動)

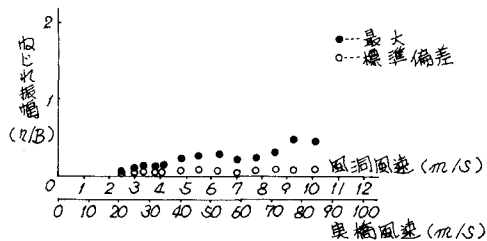


図6-2 振幅-風速曲線  
(乱流、収じり振動)