

京都大学大学院 学生員 横田 哲也  
 京都大学工学部 正員 白石 成人  
 大成建設 正員 諏訪 正男

### 1. まえがき

吊橋や斜張橋といった可撓性に富む橋梁構造の耐風設計では、部材の疲労や使用性の面から比較的低風速で発生する渦励振が問題とされ、構造物の質量や構造減衰が渦励振応答特性に及ぼす影響の大きいことが指摘されるが、従来より渦励振防振対策にはフラップ・デフレクタ・フェアリング等によって桁断面の空力特性を改善する方法が一般的であった。ところが国内外において数々と建設されつつあるPC斜張橋は、鋼斜張橋に比較し質量は増大し、また構造減衰についても増大するとの考え方も一部にあり、これらが渦励振応答特性にもたらす影響を把握することが、今後PC斜張橋の耐風設計に重要になるものと思われる。そこで本研究では、PC斜張橋主桁断面を対象に、質量減衰パラメーターが渦励振最大応答振幅に及ぼす影響を調べた。また今回対象とした断面は、PC斜張橋特有の非常に扁平なZ-Box断面であり、他の構造形式にはみられぬ幾何形状を有するため、空力的制振対策についても検討を加えた。

### 2. 実験概要

風洞実験には、Fig. 1に示す断面を基本断面とした二次元剛体模型を用い、曲げ・捩れ2自由度、迎角 $\alpha = -5^\circ$ 、一様流中で、応答振幅を測定した。木製およびメタアクリル酸樹脂製の2種の模型を用いることにより質量を変化させるとともに、構造減衰の値も変化させ、これらが渦励振応答振幅に及ぼす影響を調べた。またFig. 2に示す各種アタッチメントを設置した場合の、渦励振防振効果についても比較検討を行った。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 質量減衰パラメーターによる応答特性の変化

Fig. 3は基本断面において質量減衰パラメーター $m\delta/P\bar{D}^2$ を変化させた場合の応答特性を示したものである。 $m\delta/P\bar{D}^2$ を変化させても、渦励振発現風速は $V_r \approx 10$  m/s一定であるのに対し、最大応答振幅は $m\delta/P\bar{D}^2$ の増加と共に減少する傾向にある。次に、渦励振を便宜上強制振動として取り扱った場合、(1)式で示される交差揚力係数 $C_L$ と $m\delta/P\bar{D}^2$ の関係をFig. 4に示す。

$$C_L = 8\pi \left( \frac{m\delta}{P\bar{D}^2} \right) \left( \frac{1}{V_r^2} \right) \left( \frac{\bar{D}}{8} \right) \left( \frac{\gamma_{\max}}{\bar{D}} \right) \quad (1)$$

Fig. 4では、同一の断面形状を有するにもかかわらず、 $m\delta/P\bar{D}^2$ の変化によって $C_L$ は一定値とはならず、 $m\delta/P\bar{D}^2 < 50$ の範囲では $m\delta/P\bar{D}^2$ の増加と共に $C_L$ も見かけ上増加する傾向にある。これは質量や減衰の増加による振幅の低減効果は、線型強制振動的に評価されるほど期待はできないこ

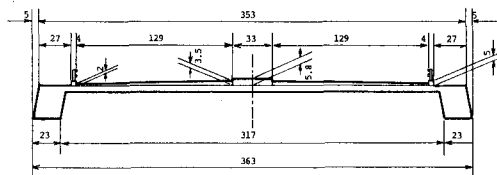


Fig. 1

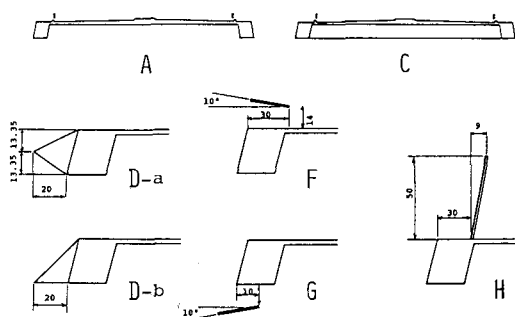


Fig. 2

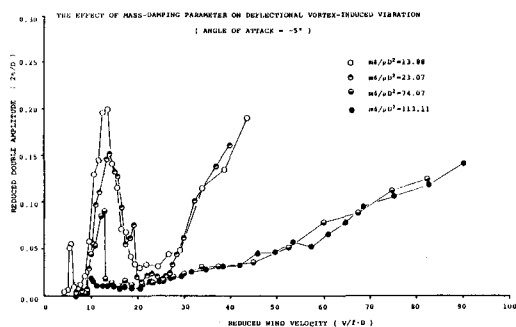
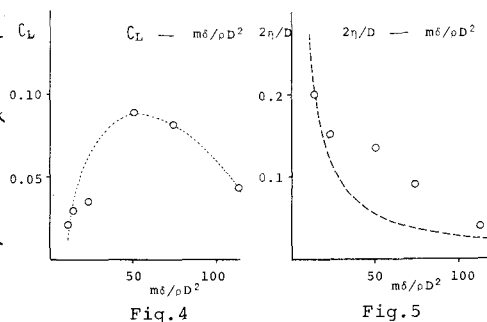


Fig. 3

とを示している。このように  $m\delta/\rho D^2$  の変化とともに、見かけ上  $C_L$  が変化するのには、作用空気力を左右する流れのパターンが、応答振幅  $\eta/D$  に依存するためと考えられる。Fig. 5 に応答振幅と  $m\delta/\rho D^2$  の関係を示した。破線は  $m\delta/\rho D^2 = 12.8$  における  $C_L$  が、 $m\delta/\rho D^2$  によらず一定値をとると仮定した場合の応答振幅の低減を示すものである。実験値は  $m\delta/\rho D^2 = 50$  付近で非常に大きな値をとり、 $m\delta/\rho D^2 = 100$  付近で  $m\delta/\rho D^2 = 12.8$  の  $C_L$  を用いた応答振幅値に接近する傾向が認められる。



## (2) 空力的制振対策

### (ソフィットプレート C) Fig. 6

曲げ振動では高風速側の応答振幅をかなり抑えており、捩れ振動についても振幅の減少がみられた。従って下面を閉塞し流れを整流することが、耐風性を向上させるものと考えられる。

### (フェアリング D-a, D-b) Fig. 7

D-a では高風速側の曲げ振動の抑制効果がみられたが、低風速側の応答には影響を与えず、逆に捩れ振幅が増大する傾向がみられた。D-b の場合、曲げ・捩れ共に渦励振抑制効果はほとんど認められなかった。

### (フラップ F, G) Fig. 8

上部フラップ F にはほとんど渦励振抑制効果は認められなかった。これは迎角  $\alpha = -5^\circ$  によって桁下部からの前縁剥離渦が主に振動に関与しているためと考えられる。下部フラップ G では、曲げ・捩れともに渦励振を完全に抑えている。これは桁下部での前縁剥離渦の発生・成長を妨げたためと思われる。

### (防音壁 H) Fig. 9

防音壁を設置した場合を想定して応答特性を調べてみた。捩れ振動に関しては応答振幅に対する影響は認められなかったが、曲げ振動の応答振幅を2倍近くにまで増大させ、耐風性を極端に悪化させるものと判断される。

## 4. あとがき

鋼斜張橋に比較し、質量減衰パラメーター  $m\delta/\rho D^2$  が大きく耐風性に有利であろうと考えられてきたPC斜張橋においても、構造減衰の値によっては渦励振に対する考慮が必要となる可能性を有しているものと思われる。

実験対象断面では、防音壁を設置することによりその耐風性を非常に悪化させるのに対し、桁下部にフラップを設けるのが渦励振制振対策として非常に有効であると判断されるが、その施工性については問題が残されている。

最後に、本研究の遂行にあたり始終御助言を賜った京都大学工学部松本勝助教授に深く感謝の意を表します。

