

京都大学工学部 正員 白石 成人  
 京都大学工学部 正員 松本 勝  
 京都大学工学部 学生員 高口 秀和

1. まえがき

近年 中径間橋梁として経済的な有利さから偏平箱桁断面形状をもった斜張橋が建設される傾向にある。しかし断面が充腹であることに起因して発生する断面背後の周期渦のため、渦励振動現象が生じ、この問題が重要視されている。本研究は箱桁断面の渦励振動特性を把握するために、水槽実験と風洞実験を並行して行った結果を紹介するものであって、水槽実験では流れを可視化して、後流性状を適当な物理量ととらえ、風洞実験との比較検討によって、これらの物理量に対し考察を加えたものである。また、風洞実験については各断面の動的挙動を調べた。

2. Flow VisualizationによるFlow Patternの評価

渦励振動は、一つには渦による交差揚力に起因している。この交差揚力(F)についてはポテンシャル理論より導かれる循環強さ(Γ)の関数として、与えられるものと考えられる。<sup>(1)</sup>  $\Gamma = 2\alpha V \coth \frac{\pi b}{a}$ ,  $F = f_{unc.}(PV\Gamma)$   
 $\Gamma_{VD} = Z(\%) (\frac{V}{V_0}) \coth(\frac{\pi b}{a})$  (a: 渦間隔, b: 渦列間隔, V: 誘起速度,  
 D: 物体の代表長), 渦間隔比(%), 誘起速度比(%)に着目して、データを整理し、交差揚力の比較に用いる。また、strouhal数については、発振風速の目安となり、渦の発生個数より計算する。

3. 対象とした断面

基本断面として、図1.に示す逆梯形断面と下対称六角断面とし、図2に示すflap, spoilerを取り付けて、断面に変化をつけた。

4. 水槽実験

高さ60cm, 幅95cm, 長さ5m, の水槽にアルミ粉末を溶け込ませ、流れを可視化する。この静止流体中で、模型を等速で移動させ、この模型と等速で移動する台にカメラを取り付け、模型背後に生ずるFlow Patternを等時間間隔で撮影する。Flow Patternの例を写真1. 2.に示し、図3, 4には実験結果の一部を示す。

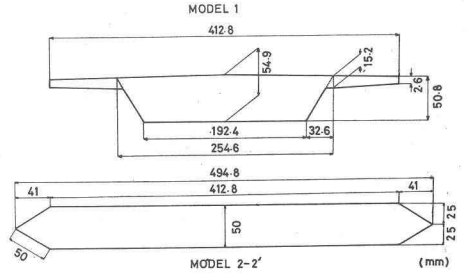


図 1

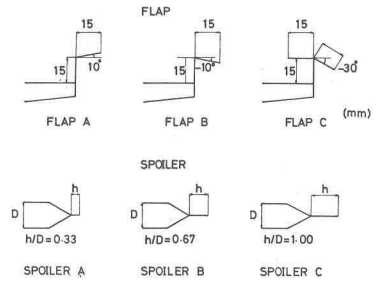


図 2

Experimental Results in Water Tank (model 2'-A, 2'-B, 2'-C)

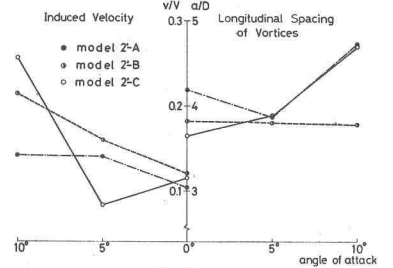


図 3

Experimental Results in Water Tank (model 2'-A, 2'-B, 2'-C)

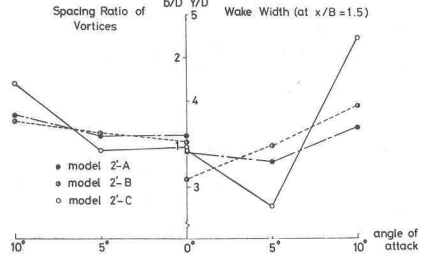


図 4

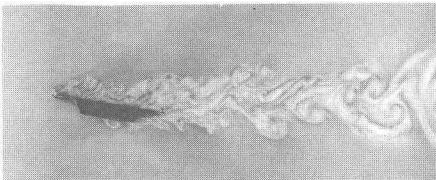


写真 1. Model 1-A  $\alpha=10^\circ$



写真 2. Model 2'-C  $\alpha=10^\circ$

5. 風洞実験

二次元一様流中でのスプリング支持による たわみ一ねじれの二自由度振動実験を行なった。また熱線風速計を図5に示す位置に設置して、得られたデータをスペクトル解析し、後流渦の発生振動数を測定した。応答と風速の実験結果の代表例を、図6,7に示す。後流渦の発生振動数と風洞風速との関係を図8に示し、図中には水槽実験より推定される渦の発生振動数も示されている。

結論と今後の課題

i. Flow Visualization の有効性と今後の課題: Flow Visualization による Flow Pattern の把握により 渦間隔比(9/6)が渦励振動に及ぼす因子として重要であるものと思われ、渦列間隔も渦間隔の変化に伴ってほぼ比例的に変化しているように思われる。また従来より渦励振動の最大応答振幅は、模型の質量減衰パラメータ ( $2m_s \rho D^2$ ) と反比例的な関係にあるとされているが、今回の結果からはそのような傾向は見られず、模型の代表長に代わって、渦列間隔を用いた場合には 図9に示されるように反比例的傾向が見られる。

ii. 防振: spoilerの長さは、六角偏平断面の渦励振動について大きな影響を有することになった。今回の実験のなかでは、六角断面について折高と等しい長さの spoilerを取り付けた場合に、渦励振動現象について最も有効であった。この点については Bearman の背圧係数についての研究などに関連して興味深いものと思われる。また flapも渦励振動について有効な働きを示したが、その取り付け角に今後の問題が残されているものと考えられる。

iii. 倍数共振現象: 風洞実験における渦励振動の共振領域は、水槽実験結果から推定される風速とは隔りがあり、また風洞実験において不安定振動を生ずる風速領域が、何か所かにまたがる場合が観測された。この点について、熱線風速計を使用して後流の速度変動のスペクトル解析を行なった訳であるが 図8からわかるように Strouhal 数に関しては、水槽、風洞実験ともよく一致しており、Strouhal 数に及ぼす Reynolds 数の影響は少ないと思われる。その反面、風洞実験においてみられた渦励振動の大部分は、高次の混合ロックン現象ではないかと思われる。さらに、この倍数共振的現象は任意の整数に対して成立するものではなく、ある程度選択共振的な性質を含んでいるように思われる。

しかしながら、通常風洞模型実験では、幾何学的縮尺や相似律の関係上、一次のロックン現象の共振する風速領域はきわめて低く、その正確な把握は、はなはだ困難である。従って、この点については、今後更に詳細に検討していく必要がある。

最後に、本研究を進めるにあたり多大の御助力を賜りました小西一郎教授、大門孝一氏に感謝の意を表します。

(1) Bearman P.W. "On vortex street wakes" J. Fluid Mech.

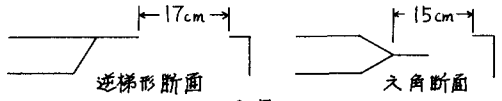


図5

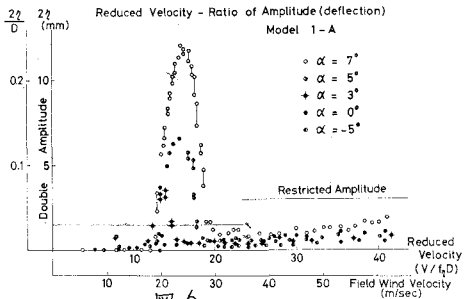


図6

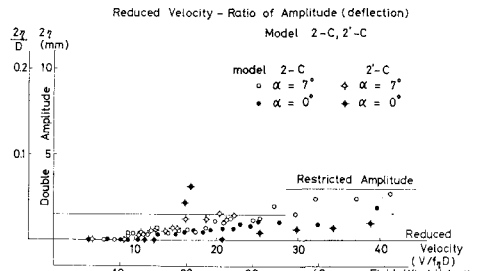


図7

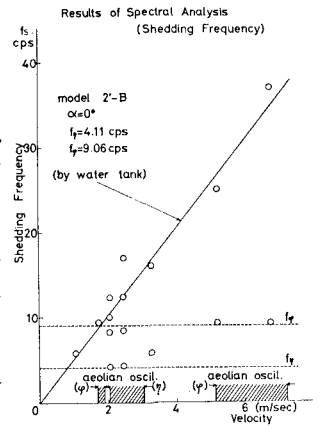


図8

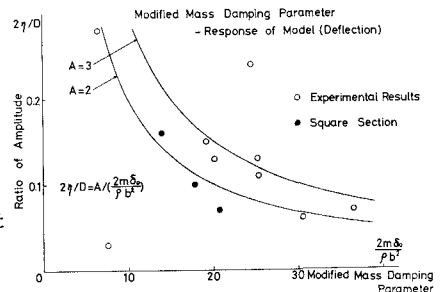


図9