

# PSI-19 剥離渦の流下速度を考慮した 非定常空気力の推定法

九州工業大学 正 員 久保 喜延  
住友重機械工業（株）正 員 〇平田 鋼三  
九州工業大学 正 員 加藤九州男  
九州工業大学 学生員 三河 克己

1. まえがき 流体中におかれた構造物の挙動を調べるためには、それに作用する非定常空気力について定量的に把握しなければならない。平板などの流れの再付着が生じない断面については理論解<sup>1)</sup>が存在するが、橋梁断面のような複雑な断面を有するものについては、非定常空気力の定式化が困難である。それを可能にするためには、空力弾性振動発生メカニズムに関するモデル化を行う必要がある。その一つの手法として、空気力の源である非定常圧力と周辺流れとに着目した研究が行われている。そこで本研究においては、非定常圧力と表面を流下する剥離渦をもとにした空力弾性振動のモデル化を試み、剥離渦の流下速度をパラメータとして非定常圧力から非定常空気力の推定を行うと同時に、実際に得られた空気力との比較を行う。なお、実験に用いた模型は、図1に示すような偏平なH型断面である。

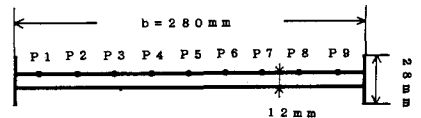


図1 供試模型

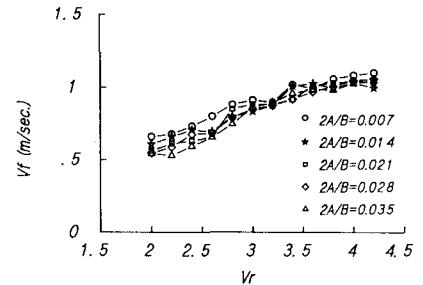


図2 流下速度と接近流速比

2. 剥離せん断層の流下速度 非定常圧力は、剥離渦の流下と密接な関係があると考えられるので、非定常圧力を剥離渦の流下速度で表現することを考えた。剥離渦の流下速度としては、非定常圧力の作用点の移動速度とした。その作用点は、非定常圧力変動波形を時間毎に模型全体にわたって積分し、非定常圧力分布の重心を採用した。それにより得られた流下速度と接近流速との比を示すと図2となる。風速の増加につれて、その割合が小さくなっていることに気付く。ただ、風速が小さい場合は、振幅の違いにより分布形状が異なるが、風速が大きくなるにつれてそれぞれの分布形状が同一直線になっている。このことは、可視化実験<sup>2)</sup>と照らし合わせてみた場合、風速が小さいときは、振幅の違いにより剥離渦形成状態が異なるが、風速が大きくなるに従い、剥離渦の形成は振幅に関係なくなってくることに対応していると考えられる。その流速を用いて、換算振幅 $2\eta=0.007$ のときの非定常圧力の圧力係数並びに位相差を表現すると図3、4になり、ほぼ一本の曲線上にプロットされる。ここには示していないが、換算振幅の変化に対して、流下速度を考慮した位相差 $(\beta)^*$ 並びに平均圧力係数 $(C_{pm})^*$ は、ほぼ同一の分布形状をしている。しかし、変動圧力係数 $(C_{pf})^*$ は、振幅の変化により大きく変わるが、微小振幅の範囲では、図3に示したように直線的変化となっている。

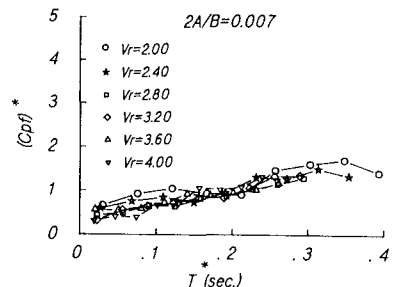


図3 変動圧力係数分布

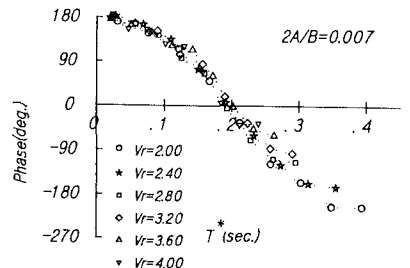


図4 非定常圧力の位相差分布

### 3. 非定常圧力の関数化 図3、4から変動圧力係数（Cpf）

並びに位相差（ $\beta$ ）は、次のように表現できる。

$$Cpf = a^* \times \frac{(X/V_o)}{(X/V_f)} + \frac{b^*}{(V_o/V_f)^2} \quad \dots (1)$$

$$\beta = a_1 \left[ \left( \frac{X}{V_o} \right) \left( \frac{V_o}{V_f} \right) \right]^3 + a_2 \left[ \left( \frac{X}{V_o} \right) \left( \frac{V_o}{V_f} \right) \right]^2 + a_3 \left[ \left( \frac{X}{V_o} \right) \left( \frac{V_o}{V_f} \right) \right] + a_4 \quad \dots (2)$$

但し、 $V_o$ : 接近流速、 $V_f$ : 流下速度、 $X$ : 前縁からの距離

$a_1 \sim a_4$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ : 回帰係数

式(1)、(2)より、非定常圧力係数並びに位相差を求めると図5、6のようになる。変動圧力係数は、式(1)でも分かるように直線で近似したため、もとの圧力係数分布のように凹凸が表現されていないが、風速が増加するにつれて、徐々に形状が一致してきている。また、位相差は全風速を通して、推定前の位相差とよく一致している。

### 4. 非定常空気力の推定

式(1)、(2)より得られた圧力係数並びに位相差より、非定常空気力を計算すると、空気力係数は図7となり、空気力の位相差は図8になる。計算により得られた空気力係数（ $C_f$ ）と実験より求めた空気力係数とを比較した場合、計算から求めた空気力係数が低風速域では小さめに、高風速域になるに従ってほぼ一致することがわかる。また、位相差（ $\beta_f$ ）については、計算により得られた位相差は、応答が発生する風速域（ $V_r = 2.30 \sim 3.50$ ）において正になっているが、測定により得られたものは、正となる風速域が一致していない。この原因としては、非定常空気力の測定方法に問題があると考えられる。今回の非定常空気力の測定方法は、従来より用いられていたダミーモデルを使用して慣性力を差引く方法ではなく、慣性力を計算で差し引く手法を用いた。<sup>3)</sup> この手法では、位相差の推定精度に問題があり、今後この点について検討していきたい。

5. まとめ 剥離渦の流下速度を用いて非定常圧力を表現し、非定常空気力を推定することを試みたが、この考えに立つと、空力弾性振動のメカニズムのモデル化も簡単になり、空力弾性応答の定量的評価への可能性が生まれた。

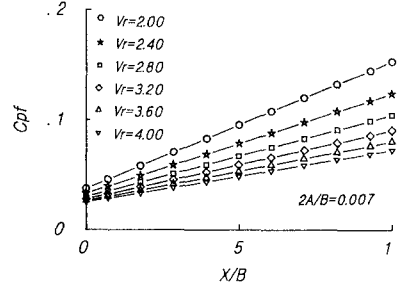


図5 関数化した変動圧力係数分布

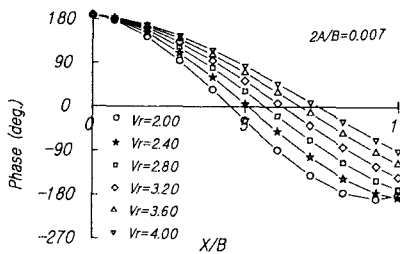


図6 関数化した非定常圧力の位相差

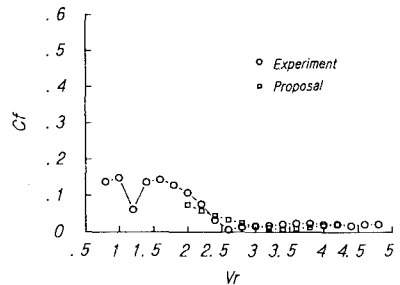


図7 空気力係数

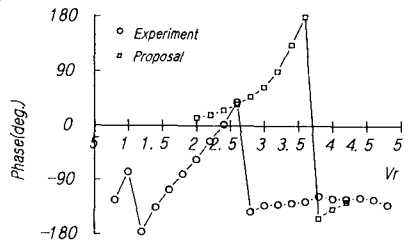


図8 空気力の位相差

### 参考文献

- 1) Bleich, F.: "The Mathematical Theory of Vibration in Suspension Bridges", Bureau of Public Roads, Department of Commerce, Washington, 1950
- 2) KUBO, Y and HIRATA, K: "Correlation of shear flow and surface unsteady pressure of shear H-section cylinder", Proc. of The second Asia Pacific Symposium on Wind Engineering, 1989
- 3) 平田鋼三: 偏平H型断面柱の圧力及び空気力特性、修士論文、1989