

I-438 偏平箱型断面柱における剥離渦の流下速度と非定常圧力の定式化について

住友機械工業株式会社 正員 ○平田 鋼三
九州工業大学 正員 久保 喜延

1. はじめに 空力弾性振動発生メカニズムを考慮した非定常空気の定量的評価を行なうため、その前段階の検討として偏平H型断面柱を対象として非定常圧力の定式化を行なってきた¹⁾²⁾³⁾。その結果として、物体表面を流下する剥離渦の流下速度をパラメータとして、非定常圧力を表現した場合、位相差並びに変動圧力係数は、比較的精度よく推定できることがわかった。そこで、本研究においては、偏平H型断面柱で行なった検討を偏平箱型断面柱に適用し、断面形状の相違による影響を考察するものである。尚、今回対象とした偏平箱型断面柱は、偏平H型断面柱³⁾との対応づけの主旨をふまえて同じ辺長比($B/D=10$)を有するものを採用した(図1)。また、圧力測定は、強制加振法(曲げ振動)を用い、加振振幅を5振幅($2A/B=0.007\sim0.035$)、測定風速を12風速($Vr=2.0\sim4.2$)変化させて行なった。

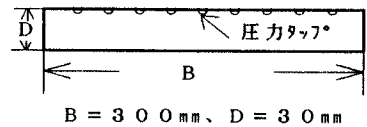


図1 偏平箱型断面柱模型

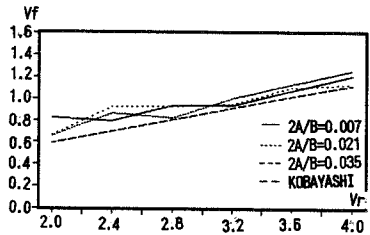


図2 剥離渦の流下速度

2. 剥離渦の流下速度について 物体表面の時々刻々における非定常変動圧力分布の挙動と可視化実験での剥離渦の流下を比較した場合、圧力分布の中心の移動と剥離渦の流下がほぼ一致した。そのことより、剥離渦の流下速度として、圧力分布の中心の移動速度を用いた。図2は、偏平箱型断面柱における剥離渦の流下を示したものである。流下速度は接近流速に関して線形であり、振幅に関わらずほぼ一致していることがわかる。この結果は、偏平H型断面柱にも同様のことが言える。また、小林⁴⁾が箱型断面柱の非定常圧力より求めた剥離流の流下速度と比較した場合、今回求めた流下速度は、ほぼ一致する(図2)。ただ、偏平H型断面柱の流下速度は、偏平箱型断面柱に比べると小さめになっている。

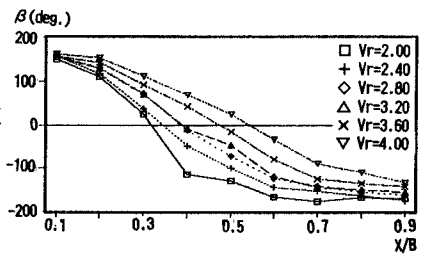


図3 非定常圧力の位相差分布
($2A/B=0.007$)

3. 剥離渦の流下速度を考慮した非定常圧力 可視化実験において剥離せん断層の生成プロセスを観察した時、物体前縁で剥がれた流れが後流で巻き込み剥離渦を形成する時間(剥離渦の到達時間)は、接近流速に関わらず同じであることがわかった²⁾。このことは、剥離渦の動きと密接に関係している非定常圧力の位相差を流下速度をもって整理すれば、図3に示した位相差分布は、ほぼ1本の曲線上にプロットが可能であることを表わしていると考えられる。そこで、偏平H型断面柱並びに偏平箱型断面柱の位相差分布を剥離渦の到達時間で整理すると図4のようになり、双方ともそれぞれ1本の曲線上にプロットされることがわかる。また、図5は偏平箱型断面柱における位相差の振幅依存性を検討したものであるが、振幅に対してはほとんど関係していないことがわかる。このことは、振動振幅に関わらず剥離せん断層の流下速度が、一致していることに対応すると考えられる。偏平H型断面柱に関しても同様なことが言える。このことより、非定常圧力の位相差については、断面形状に関係なく同一の見方ができることがわかる。

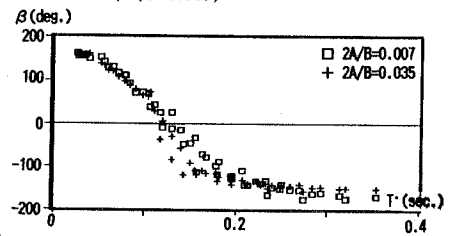


図4 流下速度を考慮した位相差分布
($2A/B=0.007$)

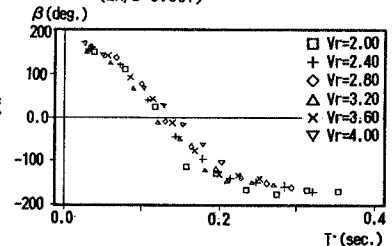


図5 流下速度を考慮した位相差分布の比較
($2A/B=0.007, 0.035$)

次に、非定常圧力特性の変動圧力係数については、図6に示ようになる。特徴としては、剥離渦が再付着する点においては、両断面柱とも値が小さくなっていることがわかる。しかし、再付着後の分布形状については、偏平H型断面柱の場合、再付着までの分布形状と相似形をしているのに対して、偏平箱型断面柱では、値自体が低下している。このことは、偏平箱型断面柱においては、再付着後の流れがスムーズに後縁に流下していることに対し、偏平H型断面柱では、後縁フランジの為に流れが妨害されていると考えられる。以上の相違点も存在するが、位相差分布と同じように偏平箱型断面柱の変動圧力係数を剥離渦の流下速度で整理を行なうと図7になり、剥離渦が再付着する部分（分布が凹の点）は、ほぼ1ヶ所に集中していることがわかる。また、偏平H型断面柱の場合に関しても同様な傾向がある。振幅依存性については、存在することが確認された。

4. 非定常圧力の定式化 剥離渦の流下速度をもって、位相差分布並びに変動圧力係数分布を表現した場合、断面形状の違いに関係なく同様に表現できることがわかった。そこで、その分布形状に着目し非定常圧力の関数化を以下に示すように行なった。尚、変動圧力係数はCpfであり、位相差は β である。（式(1)、式(2)）

$$Cpf = a^* \times \left(\frac{X/V_0}{(X/V_f) + (V_0/V_f)^2} \right) + b^* \quad \dots (1)$$

$$\beta = a_1 \left[\left(\frac{X}{V_0} \right) \left(\frac{V_0}{V_f} \right) \right]^2 + a_2 \left[\left(\frac{X}{V_0} \right) \left(\frac{V_0}{V_f} \right) \right] + a_3 \left[\left(\frac{X}{V_0} \right) \left(\frac{V_0}{V_f} \right) \right] + a_4 \quad \dots (2)$$

但し、 V_0 ：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

その結果を示すと図8,9のようになり、位相差分布に関しては、比較的良好に推定されたが、変動圧力係数では、実験で得られたものに比べ、凹凸のある分布形状が表現できなかった。

5. まとめ 以上のことをまとめると次のようになる。

- ①断面形状の違いによる剥離渦の流下速度の検討結果より、各々の断面では、振幅に依存しないことがわかった。
 - ②剥離渦の流下速度を考慮することにより、空力弾性振動発生メカニズムのモデル化も可能になり、メカニズムを考慮した定量的評価の可能性が生まれた。
- 今後の課題としては、以下に示すものが挙げられる。
- ・剥離渦の流下速度以外のパラメータを用いて変動圧力係数の表現を行なう。
 - ・比較的高風速域に於ける適用性の検討を行なう。

参考文献

- 1) 久保、三河：構造断面柱の表面流れの挙動について、西部支部大会、1990年3月
- 2) 久保、平田：曲げ渦励振域に於ける偏平H型断面柱の非定常表面圧力関数化のための基礎的研究、第10回風工学シンポジウム、1988年10月
- 3) 久保、平田：剥離渦の流下速度を考慮した非定常空気力の推定法、第44回年講、1989年10月
- 4) 小林：風による長大橋の限定振動に関する研究、学位論文、1978年11月

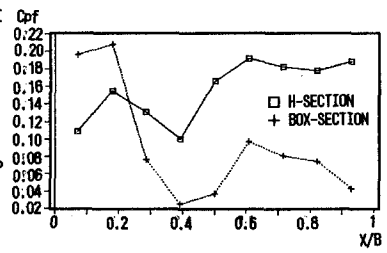


図6 断面の違いによる変動圧力係数分布 ($2A/B=0.021$)

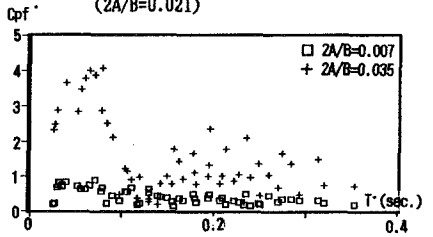


図7 流下速度を考慮した変動圧力係数分布 ($2A/B=0.007, 0.035$)

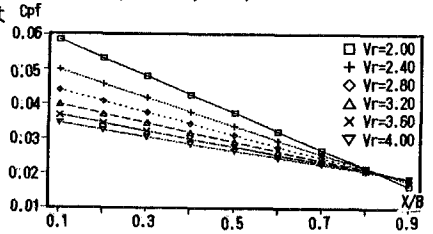


図8 非定常圧力の定式化による変動圧力係数分布 ($2A/B=0.007$)

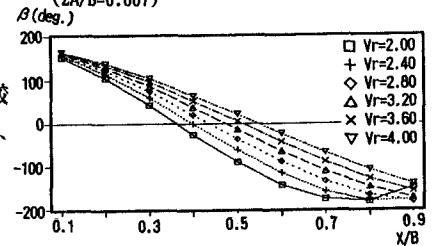


図9 非定常圧力の定式化による位相差分布 ($2A/B=0.007$)