

三菱重工業株式会社 正員 ○稲室隆二
 三菱重工業株式会社 正員 斎藤 通
 三菱重工業株式会社 足立武司

1. まえがき

前報¹⁾では、複雑な形状をした物体まわりの流れ解析へ容易に適用できる新しい渦点法を紹介し、桁橋に適用して抗力係数、揚力係数およびフローパターンを求め、実験値と比較して妥当な結果を得た。

本報では、この渦点法を耐風問題のより詳細な検討に適用できるように、解析法の精度向上を計った。また、精度確認のため、構造物の代表例として実験データの豊富な長方形断面に適用し、辺長比を変えた場合の表面の圧力分布およびSt数の変化について過去の実験値と比較した。

2. 解析法の精度向上

前報では、物体表面上に discrete な渦点を分布させ、その渦点間の中間点(標点)で境界条件を合わせる渦点法を報告した(図1(a))。しかし、この方法では渦点が特異点となって渦点近傍の速度分布の計算精度が低下し、従って物体表面上の圧力分布も精度良く計算することが困難であった。そこで、本報では図1(b)に示すように物体表面を多数の線要素に分割し、各要素内で線型変化する連続な渦分布を用いて物体を表わすことにする。な

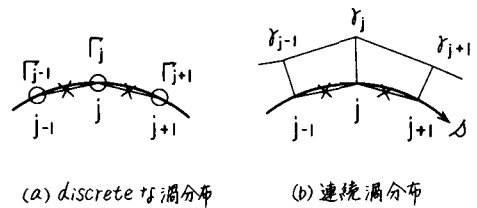


図1. 物体表面上の渦度分布 (○渦点, ×標点)

お、要素内にとった標点で境界条件(流体が物体表面を貫通しない)を課し、Kelvinの渦保存則を付加条件として未知量を求めることは前報と同様である。渦分布 γ が求まると物体表面上の任意の点の接線速度 $U(\lambda)$ は $U(\lambda) = \gamma(\lambda)$ の関係より求まる²⁾。

また、剥離点から出る剥離渦の強さ $\Delta\Gamma$ は前報とは異なり次式で与えることにする³⁾。

$$\Delta\Gamma = \frac{1}{2} U_s^2 \Delta t \quad (1)$$

ここに、 U_s は剥離点での主流速度であり、前述のように $U_s = \alpha_s$ となる。

物体表面上の圧力係数 C_p は、物体表面の任意の点で次式によって与えられる。

$$C_p(\lambda) = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} = \frac{1}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} \left(-\frac{\partial \Phi}{\partial t} - \frac{1}{2} \gamma(\lambda)^2 + \frac{1}{2} U_\infty^2 \right) \quad (2)$$

ここに、 U_∞ 、 p_∞ は無限遠方の流速および圧力であり、 Φ は速度ポテンシャルである。

3. 適用例

図2に示す長方形断面の辺長比 $b/d = 1.0, 2.5$ の2ケースについて計算を行なった。長方形断面の各辺の分割数は、 $b/d = 1.0$ のとき各辺とも10分割、 $b/d = 2.5$ のとき短辺を10分割、長辺を20分割とした。計算結果のフローパターンを図3に示す。また、図3には(2)式より求めた物体表面の圧力係数も合わせて示している。図3をみると各時刻のフローパターンと物体表面の圧力係数との対応が良くわかる。また、圧力係数の時間的変動は $b/d = 1.0$ の方が $b/d = 2.5$

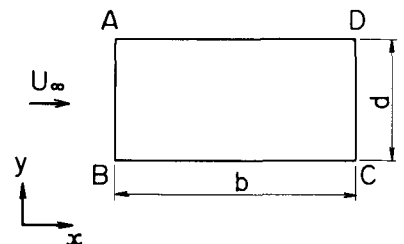


図2. 長方形断面

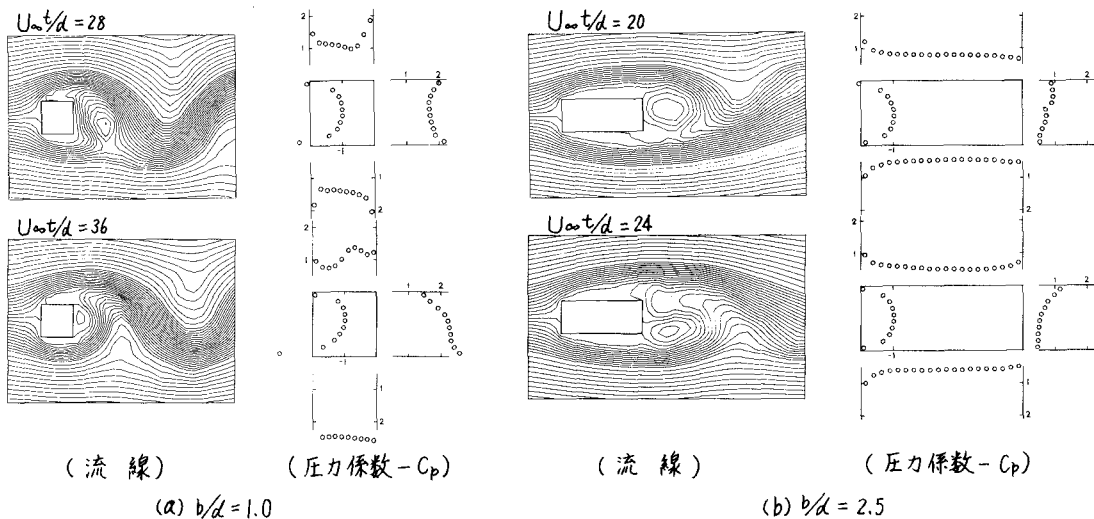


図3. フローパターンおよび圧力係数

よりも大きいこともわかる。図4には計算された圧力係数の時間平均値を実験値と比較して示す。前面および側面の圧力係数は $b/d=1.0$, $b/d=2.5$ とも実験値と良く一致しているが、背面の圧力係数は両者とも計算結果の方が負圧が若干大きくなっている。この原因としては、本計算では後流中での乱流による渦度の減衰を考慮していないことなどが考えられる。

図5には、物体の後流中の1点におけるx方向の流速 $u(t)$ の時間変化から求めたパワースペクトルを示す。図5より St 数 ($=fd/U_\infty$, f : 流れの振動数) を求め、実験値と比較した結果を図6に示す。 $b/d=1.0$ では計算結果の方が多少大きな値になっているが、 $b/d=2.5$ では2つの St 数成分が計算結果からも予測できその値が実験値と良く合っている。

4. あとがき

前報で紹介した渦点法に物体表面を連続な渦分布で表わす改良を加え、物体表面の圧力分布の計算精度の向上を計った。また、長方形断面の辺長比と St 数との関係についても計算結果と実験値との対応は良く、本手法が耐風問題の検討に有効な解析手段であると考えられる。

今後の課題としては、後流中での渦度の減衰を考慮し、更に精度向上を計ることが挙げられる。

<参考文献>

- 1) 稲室・斎藤・足立, 土木学会第37回年次講演会 I-233 (1982)
- 2) 坂田・足立・稲室, 機論, B, 49-440 (1983)
- 3) 永野・内藤・高田, 機論, B, 47-413 (1981)
- 4) 大屋他, 構造物の耐風性に関するシンポジウム (1978)
- 5) 大屋他, " (1980)
- 6) Otsuki et al., J. Sound and Vibration, 1-34 (1974)

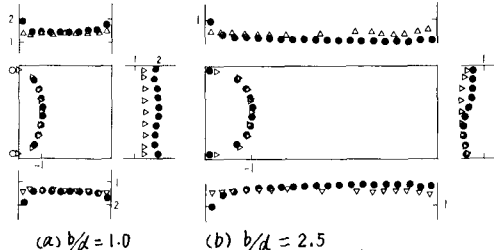
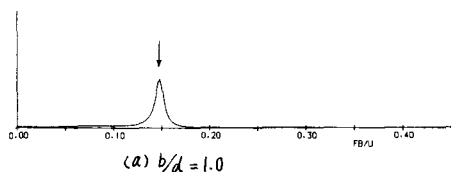
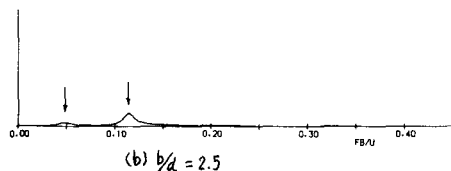


図4. 圧力係数 $-C_p$ (●: 計算結果, △: 実験値)



(a) $b/d=1.0$



(b) $b/d=2.5$

図5. 後流の流速変動から求めたパワースペクトル

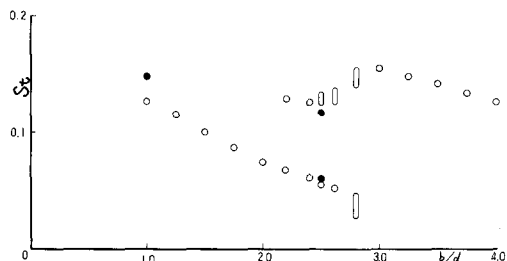


図6. 辺長比 b/d と St 数との関係 (●: 計算結果, ○: 実験値)