

間接境界要素法による円柱背後の後流渦に関する研究

金沢大学 正会員 石田 啓

金沢大学 学生員○斎藤武久

金沢大学 学 生 大吉伸治

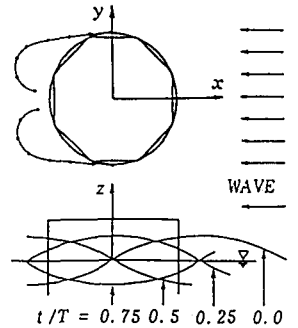
1. 緒言 海洋中に設置された構造物に作用する波力の正確な算定には、構造物周辺に生じる渦の挙動を把握することが必要不可欠となる。この渦の挙動に関して、石田・井上¹⁾は、境界要素法の一つである湧き出し・離散渦点法を用い、一様流中に置かれた円柱周りの後流渦の挙動を解析し、この手法の有用性を確認している。本研究は、上述の解析手法をもとにし、波動場中に置かれた円柱周りの後流渦の挙動を解明しようとするものである。

2. 解析方法 図1に示すように、円柱をN個の要素分割し、各要素に湧き出し点を連続的に分布させる。さらに、剝離点から生じる剝離せん断層をM個の渦糸により表現すると、任意点 (x_i, y_i) における速度ポテンシャルは、主流と湧き出しおよび渦糸の速度ポテンシャルの線形和として 図1 座標系および要素分割モデル

$$\varphi_i = \frac{\alpha\omega}{k} \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \cos(kx_i + \omega t) + \sum_{j=1}^N \frac{\sigma_j}{2\pi} \int_j \ln r_{ij} ds_j + \sum_{l=1}^M \frac{\gamma_l}{2\pi} \left(\tan^{-1} \frac{y_i - \eta_l}{x_i - \xi_l} \right) \dots \dots (1)$$

で与えられる。ここに、右辺第1項は主流場の速度ポテンシャルであり、また、右辺第2項は湧き出しの速度ポテンシャルである。式中の σ_j は分割要素の中心 (x_j, y_j) に置かれた湧き出しの強さを、 r_{ij} は任意点 (x_i, y_i) から分割要素の中心 (x_j, y_j) までの距離を示す。さらに、右辺第3項は渦糸の速度ポテンシャルを表し、 γ_l は剝離点より放出される渦糸の循環である。一般に、円柱周りの後流渦の挙動を解析する場合には、放出される渦糸に対応する鏡像渦糸を用いて、円柱表面における境界条件を満足させることが多いが、本研究では、任意形状物体への拡張を目指すため、各要素に一様な湧き出しを配置し、各時間ステップごとに、境界条件を満足するように湧き出し量を決定した。式(1)において、 γ_l を剝離点における渦度フラックス量で与えると、未知量は σ_j のみとなり、これらは、分割要素に垂直な速度成分がゼロという境界条件および全湧き出し量の合計がゼロであるという物理条件から決定されるが、N個の σ_j を求めるための条件式が $N+1$ となるため、実際の計算では、最も影響が小さいと考えられるよどみ点の壁面条件を外したN元連立方程式から σ_j を求めた。以上の計算を各時間ステップごとに行うことにより、速度ポテンシャルおよび速度が算定される。ところで、主流が波動場の場合、剝離点が問題となるが、本研究では、石田²⁾により誘導された波動場における剝離点の位相変化の理論解を用い、各時間ステップの剝離点を算出した。また、渦の拡散減衰に関しては、坂田ら³⁾による粘性渦モデルを導入した。

3. 解析結果 図2および図3に、周期 $T = 2.0$ sec, $KC = 8.0$, 渦点の放出時間間隔 $t = 0.025$ sec の場合における解析結果を示す。図2は、流下した渦点の分布を示すものであり、図中+は円柱上面より放出された渦点を、-は円柱下面より放出された渦点を示す。図3は速度ベクトル図であり、矢印の方向が、流れの方向を示し、矢印の長さは、計算点の速度の微小振幅波の最大水粒子速度に対する比率を示す。後流渦は、 $t/T = 0.25$ 付近から成長しはじめ、 $t/T = 0.3$ において完全な一対の渦が形成されている。さらに、主流速度が逆転した $t/T = 0.55$ 付近においては、 $t/T = 0.5$ 以前に円柱背後に形成された渦対の影響と思われる速度場の乱れが確認される。 $t/T = 0.75$ および $t/T = 0.8$ では、主流の逆転にともない、円柱前面に一対の渦対が形成されているが、以前に発生した渦の影響を



受け、 $t/T = 0.5$ 以前に形成される渦対よりも、より円柱壁面への接近現象が強い渦対が確認される。なお、これらの解析結果は、従来の実験結果と定性的に比較的良好に一致している。

4. 結語 本解析により、波動場に設置された円柱周りの後流渦の挙動に関して、妥当な結果を得ることができたが、現在、これらの解析結果を用いた流体力の算定について検討中である。

(参考文献) 1) 石田・井上：湧き出し・離散渦点法による一様流中の円柱まわりの流況解析，第45回年次学術講演会講演概要集II，PP. 778～779，1990

2) 石田：柱体の波力の発生機構と波浪振動，水工学に関する夏期研修会(B)，PP. B-1-1～B-1-29，1991

3) 坂田・足立・稲室：うず放出モデルを用いた剝離を伴う非定常流れの一解法，日本機械学会論文集(B)，49巻440号，PP. 801～808，1983。

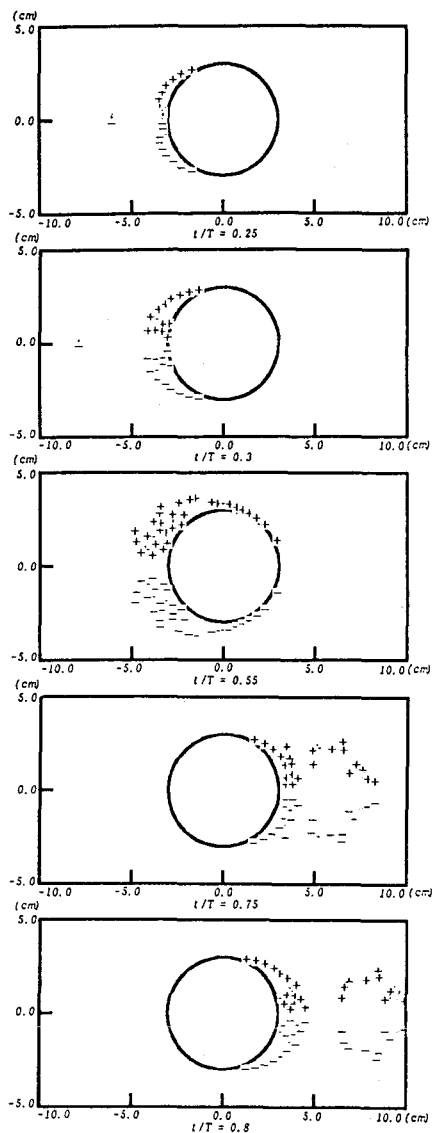


図2 渦点分布図

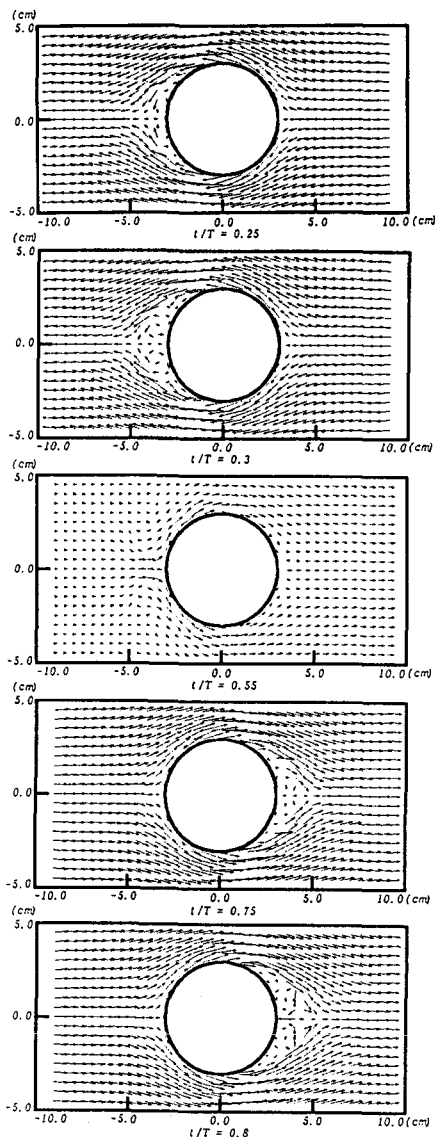


図3 速度ベクトル図