

## II-363

## 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

五洋建設(株) 正員 ○井上 茂  
金沢大学工学部 正員 石田 啓

1. 緒言 物体の後流域の流況解析に際し、最近、境界要素法の一つである離散渦点法<sup>1)</sup>がよく用いられているが、この手法は、物体の形状にかかわらず容易に使用できる反面、物体壁面上に配置する渦糸の特異性が強い為、壁面付近の流速の精度が低下する恐れがあり、また剥離点を任意に選ぶためには、若干の工夫が必要となる。したがって、本研究では、物体壁面上にはコーシーの主値積分が可能となる湧き出しを連続的に分布させ、剥離点からは渦糸を放出する方法を採用し、振動流や波動場への拡張を計るための第一段階として、一様流中の円柱背後の流況の解析を行う。

2. 解析方法 図1に示すように、円柱をN個の直線分で近似し、その線分上に湧き出しを連続分布させると共に、剥離せん断層を離散渦点列で表現すると、流体中の任意点(x, y)の速度ポテンシャル $\Phi$ は、式(1)で表される。

$$\Phi = Ux + \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_i}{2\pi} \int_{e_i} \log r ds - \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{N_k} \frac{\Gamma_i}{2\pi} \tan^{-1} \frac{y - \eta_{wi}}{x - \xi_{wi}} + \frac{\Gamma_k}{2\pi} \tan^{-1} \frac{y - Y}{x - X} \quad (1)$$

$$r = \sqrt{(\xi_{wi} - x)^2 + (\eta_{wi} - y)^2} \quad (2)$$

ここに、 $U$ は一様流速、 $\sigma_i$ は直線分の中点 $(\xi_{si}, \eta_{si})$ における湧き出しの強さ、 $\Gamma_i$ は剥離せん断層上の点 $(\xi_{wi}, \eta_{wi})$ にある渦点の循環の強さである。また右辺第3項は、Kelvinの循環定理を満たすために物体上の点 $(X, Y)$ に置いた渦点による速度ポテンシャルであり、ここでは、この渦点は後方よどみ点に置いた。また $\Gamma_k$ は循環 $\Gamma_i$ の総和である。 $\Gamma_i$ は、剥離点における境界層外縁の流速 $U_s$ および計算時間ステップ間隔 $\Delta t$ を用い、 $\Gamma_i = (1/2) U_s^2 \Delta t$ で与えられるため、 $\Gamma_k$ も既知量となる。したがって、式(1)中の未知量は、湧き出しの強さ $\sigma_i$ のみとなり、これは、壁面が不透過であると言う境界条件  $\Phi / n = 0$  に、式(1)の $\Phi$ を代入して得られるN元連立方程式から決定することができる。

x方向およびy方向流速は、式(1)をそれぞれxおよびyで偏微分することにより得ることができるが、剥離点から放出された渦点の移動位置は、この流速を用いて一次の前進差分で求め、また、渦の減衰効果は、粘性渦モデル<sup>1), 2)</sup>により考慮した。

3. 解析結果および考察 図2および図3に、Reynolds数が $10^4$ の場合の一様流の解析結果を示す。解析は全て次元量を用い、一様流速は $U = 20 \text{ cm/sec}$ 、円柱直径は $D = 5 \text{ cm}$ 、動粘性係数は $\nu = 0.01 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、渦点放出時間間隔は $\Delta t = 0.025 \text{ sec}$ として計算した。剥離点は前方よどみ点から80度の点とし、渦点放出高さは半径の3%外側の点とした。また計算途中で円柱内に侵入した渦点は、半径の1%外側の点に再配置することにした。なお非対称渦を発生させるために、計算初期の10ステップのみ、A点とB点からの放出渦点の循環をわずかに異なる値とした。図2は渦点の流下状況を示すもので、白丸および黒丸は、それぞれA点およびB点からの放出渦点であり、カルマン渦列が形成されて行く様子が解る。図3は円柱周辺の速度ベクトル図である。図(a)のほぼ対称な渦対が、(b)では非対称となり、さらに(c)以下、その渦が交互に流下する様子がわかる。この解析では、Strouhal数は約0.2であり、この値は従来の実験結果とほぼ一致することから、本解

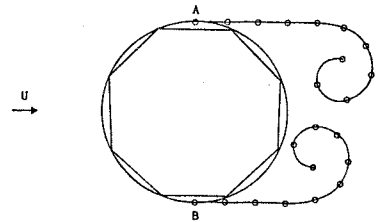


図1 要素分割モデル

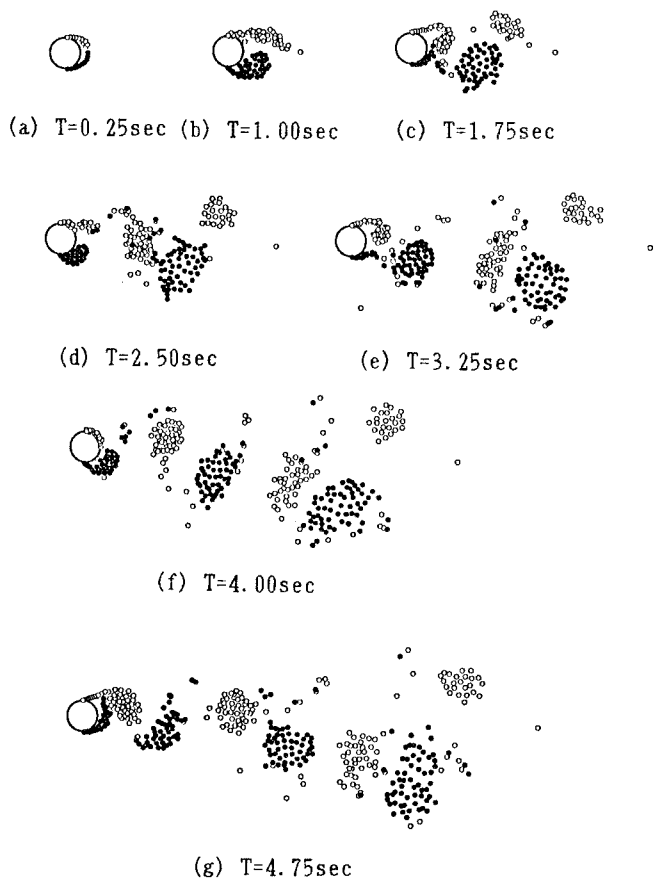


図2 渦点分布図

析法の有用性がある程度確認できたと言える。

4. 結語 本解析法により、一様流中の円柱の後流域の流況に関する妥当な結果を得ることができたが、さらに流体力について検討することが必要である。また、主流場を振動流や波動場に拡張することが考えられる。最後に本研究を行うに際し、貴重な助言を賜った金沢大学工学部 岡島 厚教授、および、解析に際し協力を惜しまなかった学生の長谷川裕史君（現在 北海道開発コンサルタント）に感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 坂田 弘・足立武司・稲室隆二：うず放出モデルを用いた剥離を伴う非定常流れの一解法，日本機械学会論文集（B編），49巻440号，pp. 801-808，1983.
- 2) 石田 啓・田村賢一：非剥離流および対称渦対状態における波動場の円柱の抗力係数，土木学会論文集，第393号/2-9，pp. 121-130，1988.

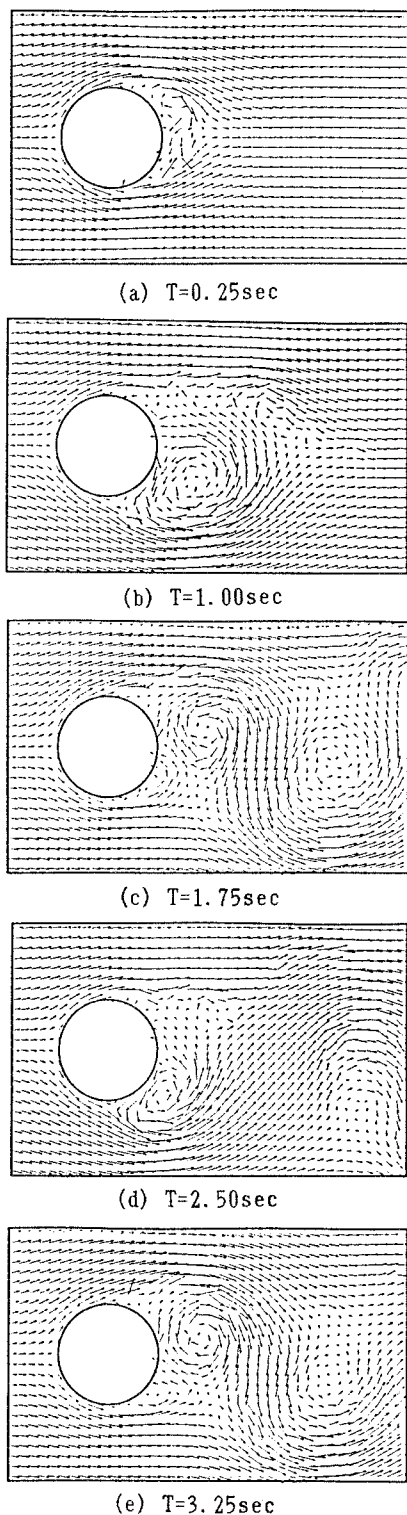


図3 速度ベクトル図