

## CS3-3〔I〕

## 渦点法による乱流中の物体に作用する流体力推定法

正員 申岡 清則 (三菱重工業) 正員 齊藤 通 (三菱重工業)  
 正員 稲室 隆二 (三菱重工業) 正員 本田 明弘 (三菱重工業)

## 1. はじめに

流れの中におかれた物体に作用する流体力は主流乱れにより変化することが知られている<sup>(1)</sup>。従来は主に実験により乱流中の物体に作用する流体力の推定が行われてきたが、数値解析においてもこれを推定することが重要である。本研究では、渦点法により、乱流中の物体に作用する流体力の推定を試みた。

## 2. 解析手法概略

解析は一樣流に対する渦点法<sup>(2)</sup>に主流乱れを表現する渦点<sup>(3)</sup>を重ね合わせることによって行った。まず、経験式(スペクトル)と連続の式を満足するような速度変動を自己回帰式により求め、この速度変動より主流乱れを表す渦点の循環を求める。これを一樣流の渦点法に重ね合わせるとき、時刻 $t$ における任意の点の速度ポテンシャル $\phi(x, y, t)$ は次式で与えられる。

$$\phi(x, y, t) = \phi_u(x, y) + \phi_B(x, y, t) + \phi_s(x, y, t) + \phi_T(x, y, t) \quad (1)$$

ここで、 $\phi_u$ は一樣流の速度ポテンシャル、 $\phi_B$ は物体表面境界層の渦の速度ポテンシャル、 $\phi_s$ は剥離せん断層の渦の速度ポテンシャル、 $\phi_T$ は主流乱れがもっている渦の速度ポテンシャルである。この式(1)中の $\phi_B$ は物体表面の法線方向速度が0であるという境界条件とKelvinの定理より求められ、 $\phi_s$ は剥離点における物体表面の流速から求められる。

## 3. 解析結果

## 3.1. 一樣流

まず一樣流に対する解析結果を示す。図2にフローパターン、図3に抗力係数 $C_D$ と揚力係数 $C_L$ の変動波形、表1に実験と解析の比較を示す。これを見ると実験値と本解析は比較的良好な結果を示している。

## 3.2. 乱流

まず、主流乱れの特性を調べるために主流乱れ渦点のみのシミュレーションを行った<sup>(3)</sup>。これにより得られたスペクトルおよび乱れ特性を表1、図1に示す。この条件の乱流中に正方形柱をおいた場合の解析結果として、図4にフローパターン、図5に $C_D$ 、 $C_L$ の変動波形を示す。両変動波形とも、カルマン渦による規則的な変動成分だけでなく、不規則な変動成分を含んでいることがわかる。表1にこれらの平均値を示す。正方形断面に作用する抗力および変動揚力は主流に乱れがある場合小さくなることが知られているが<sup>(4)</sup>、本解析結果は、定性的には同様な傾向を示している。

## 4. 結論

渦点法により主流乱れのある流れ場の解析手法を提案し、角柱(正方形断面)に対する試計算を行った。その結果、本手法によって定性的には乱流の効果をシミュレート可能であることがわかった。今後、渦干渉モデルの導入、主流乱れ渦点の導入領域の検討などを行い、定量的な検討を行っていく必要がある。また、他の断面への適用を行い、本手法の適用範囲を明らかにする必要がある。

## 参考文献

- (1) Laneville, A., Gartshore, I. S. and Parkinson, G. V. : "An Explanation of Some Effects of Turbulence on Bluff Bodies", Proc. 4th Int. Conf. Wind Effects on Buildings and Structures (London), Cambridge Univ. Press, 1975.
- (2) 稲室, 足立 "渦放出モデルを用いたはく離を伴う非定常流れの一解法", 機論B 52-476, p.1600, 1986

- (3) 串岡, 齊藤, 稲室, 本田 “渦点法による自然風のシミュレーション”, 土木学会46回年次学術講演概要集第1部 p.438, 1991
- (4) Vickery, B.J., “Fluctuating lift and drag on a long cylinder of square cross-section in a smooth and in a turbulent stream”, J.Fluid Mech. vol.25, part3, pp 481-494, 1966

表1 本解析と実験の比較

	本解析 (一様流)	実験値 (一様流) <sup>(4)</sup>	本解析 (乱流)
抗力係数 $\overline{C_D}$	2.13	2.3	1.94
揚力抵抗 $\sqrt{C_L^2}$	1.34	1.3	0.86
主流の乱れ強さ $\sqrt{u'^2}/U_\infty$	—	—	0.05
$\sqrt{v'^2}/U_\infty$	—	—	0.05
乱れのスケール $Lx/D$	—	—	2.5

$U_\infty t/D = 83.1$

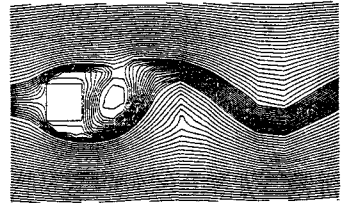


図2 瞬間の流線(一様流)

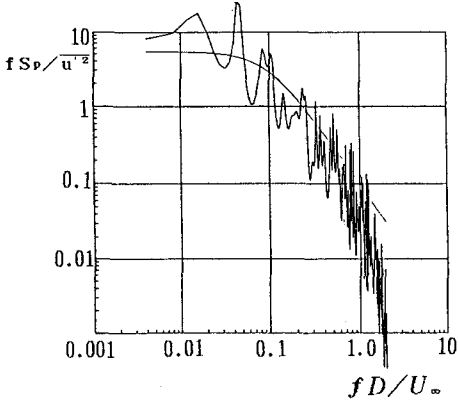
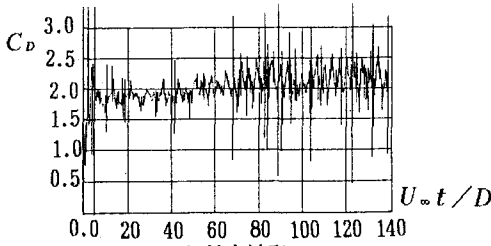
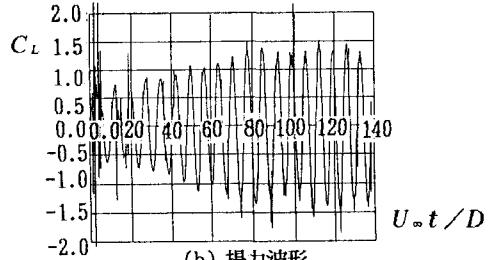


図1 主流乱れのパワースペクトル



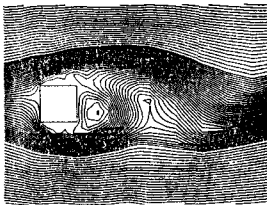
(a) 抗力波形

図3 時系列波形(一様流)



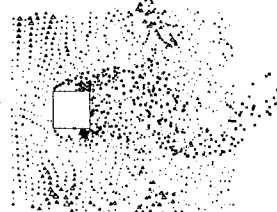
(b) 揚力波形

$U_\infty t/D = 83.1$

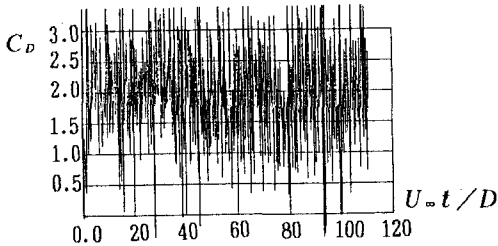


(a) 流線

図4 瞬間のフローパターン(乱流)

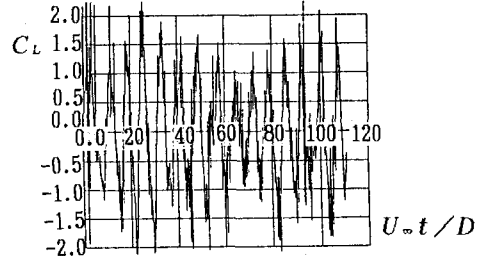


(b) 渦点の分布



(a) 抗力波形

図5 時系列波形(乱流)



(b) 揚力波形