

II-62

離散渦法による構造物群の 抗力係数推定

北海道大学工学部 学生員 中山 恵 介

北海道大学 正 員 長谷川和義

1. はじめに 構造物の抗力は流線の剥離という解析困難な現象に基づいているため、数値実験を含めた実験に頼る以外にその正確な推定は難しい。単体構造物についてもこのような状態にあるので、それが群を成す場合には、さらに困難なものになる。本研究は、高レイノルズ数・非粘性流れにおける剥離層の模擬方法として優れた有用性を発揮する離散渦法を用いて、構造物群の抗力係数を推定しようとするものである。

2. 本研究における手法 市街域の氾濫流解析などでは複雑な形状の家屋群に対する抗力係数が必要となる。ここでは、矩形構造物を対象にして、それらをさらに平板に置き換えた場合の有用性について検討する。はじめに、1m/sの流れ場における10cm幅の単独平板に対する手法を確定することにした。(1) 一般流としてのポテンシャル解は、後の便宜のため、差分法により数値的に求める。(2) 剥離点は平板の両端からそれぞれ2mm延長上の点とし、渦どうしによる誘起速度は、微小渦がランキン速度分布を持つとして与える。(3) 剥離速度、(4) 渦度の相殺及び消滅、(5) 粘性効果については、単独平板における実験値と一致するように次のように定めた。

(1) 剥離速度 $U_s = 2.7\%$ 、(2) 渦度の相殺は微小渦有効半径を渦の相殺域とし、相殺域どうしが重なると相殺を行う、(3) 粘性効果はナビエ・ストークス方程式から得られる解を実際の現象と一致するようにしたものを用いる(式(1))。

$$v_\theta = \frac{\Delta \Gamma}{2\pi r} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4\nu t}\right) \right\} \quad (1)$$

t : 微小渦発生からの経過時間(秒) $\Delta \Gamma$: 渦度(m^2/S) ν : 動粘性係数(m^2/S) r : 渦中心からの距離(m)

3. 単独平板に対する適用結果 圧力が完全に回復していると思われる位置における抗力係数の平均値は、2.0であった。これは、実験で得られる抗力係数にほぼ一致している。ストローハル数は、実験の値0.15に近い0.14が得られた。後流の幅及び分布形状は図-1、図-2に示すとおりである。図-2における後流分布形状は、計算が定常状態に達していると思われる2ヶ所をもって代表させている。

4. 二平板に対する適用結果 中川(1989)は、種々の配置状態における模型家屋群(矩形柱)に働く流体力を詳細に測定している。ここでは、これらの矩形柱を平板に置き換え、離散渦法による抗力係数推定を行って、これら実験値と比較する。二平板の配置は矩形柱幅： $b_0 = d$ (d : 平板幅)、矩形柱長さ： $l_0 = 1.4d$ とした場合に図-3に基づき $b/b_0 = 0.0, 1.5, 2.5, 1/1.5, 3.0, 4.0$ の9パターンとした。二平板にお

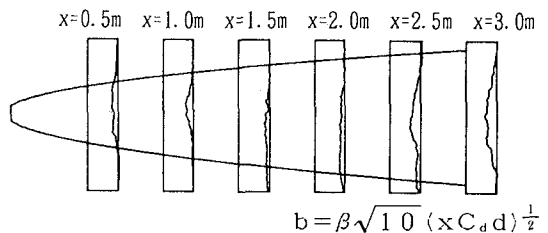


図-1 単独平板後方における速度欠損

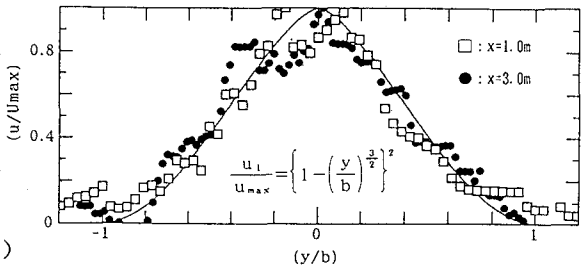


図-2 後流分布形状の理論値との比較

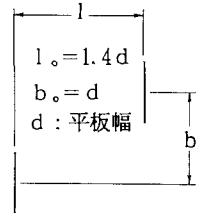


図-3 二平板の配置

いては、一方の平板の剥離速度が他の平板から生じた微小渦により、影響を受けるものとして計算を行った。計算結果の一例として、 $b/b_0=2.5$ 、 $l/l_0=3.0$ の場合の渦の状態と速度分布を図-4に示す。

離散渦法をもとに構造物に対する流体力を求める方法としては、各時刻での渦配置によって生ずる複素ポテンシャルからブラジウス公式を適用する方法も考えられるが、計算の煩雑化を避けるために後流流速分布と背圧分布を用いて運動量式から推定することにした。

まず、背圧分布については、単独平板の後方に一端を平板から十分に離し、他端を平板近傍から順に離してとった検査断面を設け、運動量が全て圧力差となるものとして算定した。図-5はこの様にして得た背圧分布を示すものであるが、抗力係数との対応を見るために $1/2 \cdot \rho U_0^2 d$ で除して表してある。

（検査断面幅を $10d$ としているため、通常の圧力の10倍となっている。）2平板状態においても、前方平板の下流近傍では同様な背圧分布が存在するものと考えられる。次に、後方平板の抗力の算定にあたっては、（1） $b/b_0=0$ （横間隔なし）の場合には、前方平板の下流近傍に検査断面の一方を設け後方平板を挟んでその十分下流に他端を設けることにした。後方平板による前方平板下流の圧力の変化を避けるためである。（2） $b/b_0 \neq 0$ の場合には、後方平板が前方平板とずれている分だけ圧力回復がなされているものとして、圧力低下の絶対値を減少させることにした。

この様にして得られた抗力係数を、実験によって得られた家屋の抗力係数と共に図-6に示す。離散渦法を用いて得られた抗力係数と実験によるものが、比較的よく一致している。しかし、平板間の距離が非常に近いところでは大きな違いを見せている。これは、後方平板の影響により圧力が変化し、単独平板の背圧分布が成立しにくくなるためと考えられる。

5. 考察 本方法で用いた平板の吸い込みによる渦度の消滅、異符号の渦どうしによる相殺、微小渦単位の渦に働く粘性減衰は、渦が発生してから現象を模擬する上で非常に有効であった。

また、2平板に対する抗力係数を離散渦法により推定することは、平板どうしが接近しすぎていない場合に有効であることがわかった。しかし、計算時間及び計算量がかなり大きくなるため、何らかの工夫が必要であると思われる。

【参考文献】

- 中川一（1989.6）：洪水及び土砂氾濫災害の危険度評価に関する研究
 谷一郎：流体力学の進歩境界層
 日本機械学会：流れの数値シミュレーション

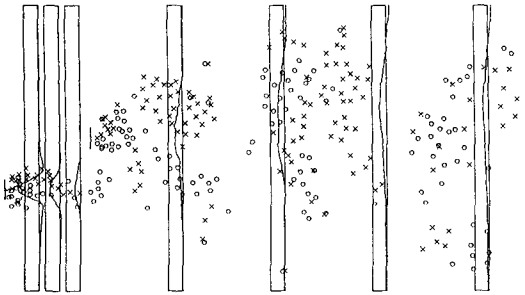


図-4 二平板における渦の状態と速度欠損

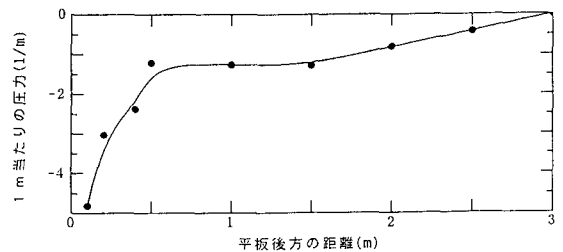


図-5 単独平板後方における圧力低下と距離

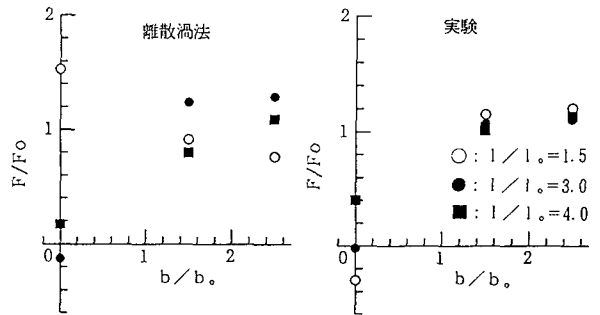


図-6 離散渦法と実験による抗力係数の比較