

東京工業大学 正員 野村卓史
東京工業大学 正員 吉田 裕
東京電力 正員 出口 朗

1. はじめに

一様流中で静止している長方形断面柱周辺の流れを対象として、特に断面比 (B/H) と Reynolds 数 (Re) の変化の影響に注目した数値解析を実施し、角柱に作用する流体力と周辺の流れとの関連について調べた結果得られた、幾つかの興味深いことからについて報告する。

2. 解析法・解析モデル

用いた解析法は、著者らが開発した、流速と圧力とを変数とする有限要素法による非定常流れの解析法⁴⁾である。設定した境界条件を図1に示す。ここで f_x , f_y は圧力、粘性力から成る節点力成分である。積分時間間隔はいずれの場合も無次元時間で 0.1 とした。

3. 断面比の影響

図2は $Re=150$ で B/H を $1/20, 1/2, 1, 2$ と変化させた計算を行い、いずれの場合においても準定常的に規則正しく変動する解に到ったときの Strouhal 数 (St)、平均抗力係数 (C_{Dm})、最大揚力係数 (C_{Lmax}) をプロットしたものである。また揚力が上向き最大となる時の流れ場の例を図3(a), (b)に示す。上流で与えた流速は同じであるが、角柱の側方を經由した結果、背後に形成される渦の流速は側辺長 B が長いほど低下し、負圧のピーク値も小さくなっている。これにともなって角柱表面に作用する応力も小さくなるため、図2に示したように C_{Dm} , C_{Lmax} とも B/H が大きくなるにつれて減少する。ただし、 $B/H=1/20$ のときの C_{Lmax} は $B/H=1/2$ のときよりも小さいが、これは、側辺上の圧力は $B/H=1/20$ の方が大きい値であるものの作用面積が小さいため、合力としては $B/H=1/2$ のときよりかえって小さくなることによる。

図4は $B/H=2 \cdot Re=300$ のときの流速分布で、 $B/H=1/2 \cdot Re=150$ のときの流速分布とよく似ている。図5は後流内における負圧のピーク位置の経時変化を調べ、渦の移動経路を比較したものであるが、ここにおいてもこれら2つの場合に角柱近傍で比較的似かよった渦の移動が認められる。

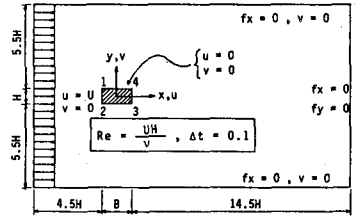


図1 解析条件

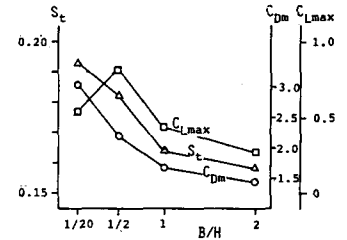
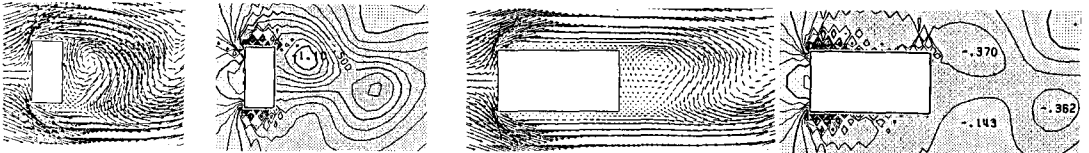


図2 断面比と諸データとの関係



(a) $B/H=1/2, Re=150$

(b) $B/H=2, Re=150$

図3 流速および圧力分布

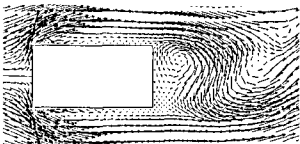


図4 $B/H=2, Re=300$ の流速分布

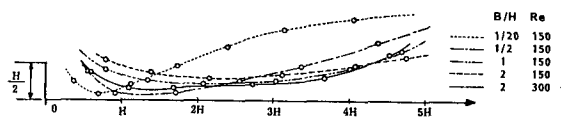


図5 渦の流下経路

4. より高いReynolds数の流れ

図6は $B/H=2$ の角柱の、すでに3.で示した $Re=150, 300$ の場合の St 数の値および $Re=600$ の場合の値とを、岡島ら²⁾他^{3,4)}の実験結果と合せてプロットしたものである。本解析では、 $Re=150$ のときには規則正しく正弦的に変動する流れが得られ、 $Re=300$ のときにはほぼ規則的な流れが得られたが、 $Re=600$ のときには2つの卓越 St 数を有する流れが得られた(図7参照)。岡島ら²⁾によれば $B/H=2$ の場合 $Re=400-600$ の範囲に2つの卓越 St 数を有する流れが観察されている(図6)。ただし、本解析結果における低い方の St 数成分の値は実験値よりもさらに低い。高低2つの St 数の比はほぼ4で、図7の C_L の変動に見られるように、周期の短い変動の4周期から成るパターンが繰り返されている。図8は C_L の振幅が最大および最小となる1小周期(図7)における流速変化を示したもので、流れの様相は大きく異なっている。例えば C_L が極大値をとるときの図8(a)と(d)とを比較すると、(d)では角柱背面に図4と同様な時計回りの渦が形成されているのに対し、(a)では背面にいわば死水域が形成され、前縁から剥離したせん断流はその死水域の下流側で大きく回り込み、下面側へふくれ出しつつ反時計回りの渦を成している。また、 C_D が極大をとるときも、一方は $C_L=0$ の時(b)、他方は C_L が極大となる時(d)と相違している。この場合の流れで特徴的なことは、前縁から後縁へ上下の側面に沿って小さな渦が発達・流下していることである。図7に、上面上の3点における圧力の時間変化を示しているが、後縁にもっとも近いC点における変動は C_L の変動と位相がよく一致している。図8(a)によれば、 C_L が最大となるときのC点に小さな渦が位置しており、この渦にともなう負圧が揚力に大きく寄与している。

参考文献 1) 吉田ほか, 土論集, No. 351, 1985. 2) 岡島ほか, 機論集B, No. 457, 1985. 3) 中口ほか, 航空誌, No. 168, 1968. 4) 五十嵐, 機論集B, No. 460, 1985

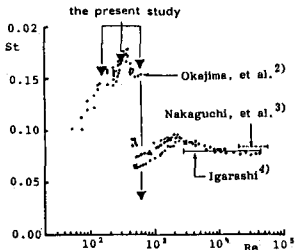


図6 St 数の岡島ら²⁾の実験との比較 ($B/H=2$)

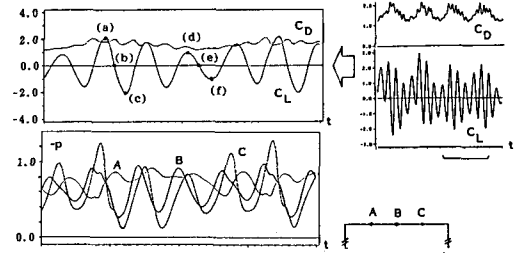


図7 抗力, 揚力および側面上の圧力の変動 ($B/H=2 \cdot Re=600$)

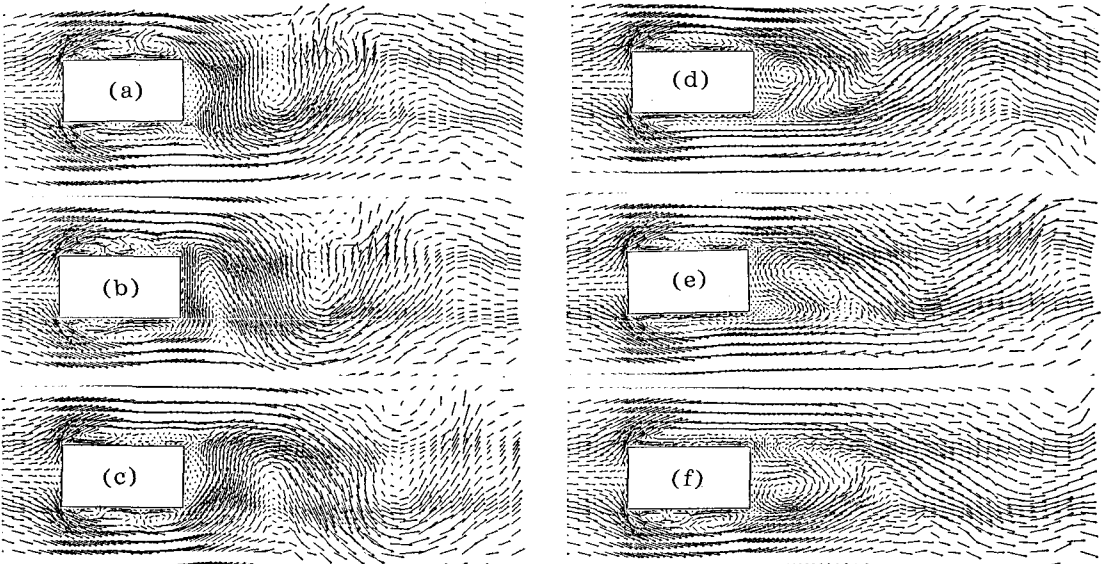


図8 $B/H=2 \cdot Re=600$ のときの流速分布