平面壁近傍にある鈍い形状物体まわりの流れ特性*

亀本 喬司**, 小田 曜作***, 相沢 政宏***

Characteristics of the Flow around a Bluff Body Near
a Plane Surface

by Kyoji KAMEMOTO, Yōsaku ODA, and Masahiro AIZAWA

The characteristics of the flow around a normal flat plate and a triangular prism near a plane surface has been investigated experimentally in the Reynolds number range of 10^2 to 3×10^4 . From frequency analysis of hot wire signal of the wake flow in a wind tunnel, it was obtained that regular vortex shedding from the normal flat plate and the triangular prism was suppressed for all gaps less than about 0.6 and 0.37 cylinder widths respectively. Investigation of the time-mean distance between two shear layers in the vortex formation region demonstrated that the suppression of vortex shedding for both cylinders occurred for gaps between the inner shear layer and the plane surface less than about 0.3 shear layer distances. Flow visualization experiments in a water tank revealed the structural differences of the wakes with and without vortex shedding.

Key Words: Flow Measurement, Two-Dimensional Bluff Body, Vortex Shedding, Effect of a Plane Surface, Critical Space

1. 緒 言

よく知られているように、流れの中に単独に置かれた二次元の鈍い形状の物体は、広いレイノルズ数の範囲にわたって、その形状に特有なストローハル数のうずを放出し、抗力係数などの流体力学的諸特性値も固有の一定値を保持する。しかしながら、複数の物体が流れの中に置かれると、それらの後流が相互に干渉し合い、単独の場合とは異なるフローパターンが観察される。Bearman-Wadcock⁽¹⁾は、流れの中に並列に配置された2円柱について、その直径・すきま比を変化させることにより、うず放出状態の異なる4種類の流れ領域の存在を報告している。その後、亀本⁽²⁾は、並列2円柱の後流をモデル化して、二対のうず列形成とその相互干渉について理論的に解析した結果、境界層のはく離によって間隔が h の一対のうず面が g だけ離れて二対放出された場合に、二対のうず面が二対のうず列へと成長し得るのは、 g が h より大きいときであり、このうず面間隔の条件は物体形状が円柱に限らず

任意の鈍い形状の物体についても成立するという結論を得ている。また、ポテンシャルフローの理論によれば並列2物体と壁面近傍に直立する二次元物体は、互いに全く同等な流れの場として扱われるが、実在の流れの場合には、必ずしも並列2物体対称流れとならないことや壁面境界層の存在などにより両流れは同等ではない。このような観点から、種子田⁽³⁾が低レイノルズ数の壁面近傍円柱について流れ模様を観察して以来、壁面近傍の二次元物体について種々の研究がなされている。特に、最も注目される壁面の接近によるうず抑制の物体・壁面すきまの限界値は、形状によって大きく左右され、円柱については直径の0.3倍、平板については平板幅の0.55倍であることが、それぞれBearmanら⁽⁴⁾およびEveritt⁽⁵⁾によって報告されている。本研究は、三角柱と平板について壁面の接近による流体力学的諸特性の変化を明らかにするとともに、うず抑制現象を物体形状によらずに統一的に整理することを試み、すべての二次元物体に共通なうず抑制限界特性値の存在の可能性を探ったものである。

2. 記 号

B: 三角柱幅, 平板幅または円柱直径

S: 物体と壁面のすきま(図1)

* 昭和58年9月1日 第921回講演会において講演, 原稿受付昭和58年2月14日。

** 正員, 横浜国立大学工学部(〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156)。

*** 学生員, 横浜国立大学工学部。

- x : 主流方向距離(図1)
 y : 壁面に対して垂直な方向の距離(図1)
 U_0 : 上流一様流速度
 U_b : はく離速度
 ν : 動粘度
 Re : レイノルズ数 $= U_0 B / \nu$
 f : うず発生周波数
 St : ストロークハル数 $= fB / U_0$
 C_D : 抗力係数 $= 2D / \rho U_0^2 B$
 C_L : 揚力係数 $= 2L / \rho U_0^2 B$
 p_0 : 一様流中の静圧
 p_w : 平面壁面上圧力
 p_b : 物体背圧
 C_p : 壁面圧力係数 $= 2(p_w - p_0) / \rho U_0^2$
 C_{pb} : 背圧係数 $= 2(p_b - p_0) / \rho U_0^2$
 h : うず面幅(図8)
 s : うず面と壁面の間隔(図8)

3. 実験装置および方法

水そう実験では、実験装置を取付けた台車が、水そう(600 mm×600 mm×5 000 mm)の長手方向に沿って0~20 cm/sの範囲の任意の速度($Re=10^2 \sim 10^3$ 程度)でけん引される。三角柱は一面の幅が14 mmの正三角柱であり、一つの面が主流方向と垂直で下流側に向くように置かれている。この配置は風洞実験についても同様である。平板は幅23 mm厚さ5 mmで両端を30°に削ってナイフエッジ状にしてある。三角柱、平板はともに表面に設けた二つの細孔からポスターカラーをしみ出させることによってうずの可視化を行い、同時に目測によるうず発生周波数の測定も行った。平面壁は、台車に取付けて三角柱あるいは平板とともにけん引する場合と水そうに固定した場合を設定し、それぞれ境界層が形成される場合とされない場合について実験した。風洞実験では一面の幅が24 mmである三角柱、平板および長さ600 mmの平面壁が、490 mm×490 mmの測定部断面をもつ吸込風洞(乱れ

図1 物体と平面壁の配置および座標系

強さ0.6%)中に固定され、 $\phi 5 \mu\text{m}$ のタングステン線を用いたI形熱線プローブで時間平均流速と乱れ分布、およびうず発生周波数を測定した。また油膜法により壁面に形成されるはく離領域の存在の有無を調べた。三角柱は $\phi 0.3 \text{ mm}$ の圧力測定孔が各面に3個、平板には前面に9個、背面に3個開けられ、面上圧力分布を測定し抗力および揚力を算出した。壁面圧力分布は平面壁の表側に開けられた33箇所の圧力測定孔によって測定される。また流れの方向が壁面と平行になっていることを確認するために、平面壁裏側に1箇所の圧力測定孔が開けられ、その調節は後部のフラップによって行われた。壁面前縁には $\phi 1.0 \text{ mm}$ のトリッピングワイヤを取付け乱流境界層の形成を促しており、境界層厚さは $x=0 \text{ mm}$ の位置、すなわち三角柱の背面(平板では前面)の位置で9 mmであった($U_0=15.5 \text{ m/s}$)。また風洞実験のレイノルズ数は $10^3 \sim 10^4$ 程度であり、以下の測定値に閉そく効果による補正は行っていない。

4. 実験結果および考察

4.1 ストロークハル数 図2は S/B に対する平板および三角柱のストロークハル数の変化である。図中の円柱のストロークハル数はBearman-Zdravkovich⁽⁴⁾の実験値により、破線はEveritt⁽⁵⁾の平板の実験値を引用したものである。Bearmanらによれば、円柱のストロークハル数は S/B が減少してもうず抑制が起きるまでは一定値をとる。しかし、平板のストロークハル数は $S/B > 0.8$ 付近ではほぼ一定であるが、それ以下ではやや減少する傾向をみせ、この傾向はEverittの実測結果とも一致する。

一方三角柱のストロークハル数は S/B の減少とともに $S/B \cong 2.2$ 付近で増大し始め $S/B \cong 0.75$ 付近で減少する。このようなストロークハル数の一時的増大

図2 S/B とストロークハル数の関係(境界層あり)

の原因は、三角柱の一面と平面壁による縮流効果に注目すれば次のように考えられる。すなわち三角柱と平面壁が接近すると縮流効果により三角柱と平面壁の間を通る流体が加速され、はく離せん断層外側速度も単独の時よりも増大する。これは図3の背圧係数のグラフからも推察される。すなわち $2.25 \leq S/B \leq 0.75$ において S/B の減少とともに三角柱の背圧係数が減少することは、 $U_b = U_0 \sqrt{1 - C_{pb}}$ より U_b が単独三角柱の場合より増大することを意味している。Roshko⁽⁶⁾ によれば、はく離速度の増大はうず発生周波数の増大につながり、そのため三角柱のストローハル数も一時的に増大したものと思われる。一方平板および円柱の背圧係数は、図3に示されるように S/B の減少とともに単調に増大しており、三角柱のような縮流によるはく離速度増大効果は少なく、逆に平面壁とその近傍物体によるせき止め効果が強いために、ストローハル数の一時的増大もみられなかったものと考えられる。

図4は、レイノルズ数に対するストローハル数の測定結果を、 S/B をパラメータとして片対数グラフにまとめたものである。図中に示された Roshko⁽⁶⁾ による単独の場合の平板のストローハル数は、 $Re = 10^2$ までレイノルズ数の減少とともに増大しているが、本研究における壁面近傍の平板と三角柱にも同様な傾向がみられ、しかもこの傾向は S/B が小さいほど強くなっている。

4.2 抗力および揚力と物体後方壁面上に形成されるはく離領域について 三角柱および平板面上の圧力分布を積分することによって得られた抗力および揚力(三角柱のみ)の S/B に対する変化を図5に示す。三角柱の抗力は、 S/B の減少とともに $0.75 < S/B < 2.25$ でわずかに増大する。これは4.1節でも述べたように、三角柱と壁面とによる縮流効果がはく離せん断層外側速度を増大させ、その結果、背圧を低下させたことに対応する。さらに S/B を減少させると、三角柱の C_D は $S/B = 0.75$ 付近で大きく減少する。一方油膜法の実験によると、三角柱の場合 $S/B = 0.625, 0.5, 0.375, 0.25$ において、物体後方の平面壁上で境界層はく離が発生することが確認され、抗力が大きく減少する S/B の領域とほぼ一致している。このことは、物体後方の平面壁上に形成されるはく離領域が、物体と平面壁の間を通る流れに対してせき止め効果を与え、はく離せん断層速度を減少させるためと考えられる。平板についても $S/B = 1.5, 1.25, 1, 0.5, 0.25, 0.125$ においてははく離領域が確認され、抗力が大きく減少する S/B の領域 ($S/B \leq 1.3$) とほぼ一致している。このよ

図3 S/B と背圧係数の関係

図4 レイノルズ数とストローハル数の関係(境界層あり)

図5 S/B と抗力係数 C_D および揚力係数 C_L の関係

うに壁面近傍において抗力が大きく減少するのは、物体後方平面壁上のはく離領域の発生がその主たる原因と考えられる。なお、はく離領域の前縁の平面壁上の位置を図6中に矢印で示してある。

図6 平面壁上圧力分布

三角柱の揚力は y 軸方向を正としており、 $S/B \lesssim 2.25$ の領域で三角柱が平面壁から離れるように働いている。これは三角柱に接近する流れが、 S/B の減少によるせき止め効果の増大のために平面壁から離れるように偏向し、三角柱が流れ方向に対して迎え角をもつためと考えられる。このような流れの偏向は Bearman ら⁽⁴⁾ によっても指摘されており、円柱の主流側のはく離点が上流側に移動し、平面壁側のはく離点が下流側に移動するという実験結果を得ている。

4.3 平面壁面上圧力分布 図6(a)~(g)に平面壁面上の圧力分布を示す。 S/B が2から減少するにつれて、物体直後の圧力回復は徐々に急激になるが、三角柱の場合 $S/B=0.25$ 、平板の場合 $S/B \lesssim 0.625$ で回復がゆるやかになり、物体と平面壁の間を通る流体が二次元噴流状の流れとなっている。また、この圧力回復がゆるやかになる領域の S/B は、後に述べるようにうず放出が抑制される領域のそれにほぼ一致している。

4.4 うず放出限界 平板のうず放出限界は、熱線流速計によるうず発生周波数の測定および水そう実験のうずの可視化によれば、境界層の有無およびレイノルズ数に無関係にほぼ $S/B=0.6$ であった。この値は、Everitt⁽⁵⁾ によって報告されている値 ($S/B=0.55$) にもほぼ一致している。また前出の平面壁圧分布の考察からも、上記の S/B 付近は、物体まわりの流れを特性の異なる二つの領域に分けている境界と考えられる。

一方、三角柱のうず放出限界には、平板の場合とは少し性質の異なる点がみられる。すなわち、壁面に境界層が形成される場合には平板と同様に、レイノルズ数と無関係に $S/B=0.37$ においてうず放出が抑制さ

(a) 境界層なし ($Re=130$)

(c) 境界層あり ($Re=168$)

(b) 境界層なし ($Re=636$)

(d) 境界層あり ($Re=754$)

図7 境界層の有無によるうず放出限界の差異 (三角柱, $S/B=0.25$)

れたが、境界層が形成されない場合にはレイノルズ数を特に低くすると、境界層のある場合の限界よりも小さな S/B においてもうず放出が認められた。図 7 は $S/B=0.25$ について境界層の有無がうず放出にどのように影響するかを示したものであり、(a) は $Re=130$ で境界層なしの場合であり(c)の境界層ありの場合とは異なり明らかに定常的なうず放出を行っていることがわかる。しかしながら、レイノルズ数が大きくなると、(b)、(d)から明らかなようにいずれの場合にも $S/B=0.25$ でうず発生が抑制されることがわかる。レイノルズ数を約 10^3 以上の範囲に限れば、三角柱のうず放出限界は境界層の有無にかかわらず $S/B=0.37$ であった。すでに著者の一人によって一様流中の 2 物体後流が干渉を始める物体間隔を、物体直後におけるはく離せん断層の間隔から簡単な方法で推定することが試みられており、ある程度満足できる結果が得られている⁽⁷⁾。それと同様な方法を用いて本実験で得られたうず抑制限界について検討する。

図 8 に示したように、一様流中の平面壁近傍物体の後流の状態は、すきま S が物体幅 B よりも十分大きい場合と、 S が B と同程度かあるいは B よりも小さい場合とで、はく離せん断層のモデル化であるうず面と壁面との関係が二様に大別できる。ただしうず面幅 h は、うず面が巻き上がってうずを形成する直前で時間平均的に言ううず面が比較的に平行な状態における値をとるものとする。図 8 (a) は $S \gg B$ の場合であり、平面壁がうず面にほとんど影響を与えないから、物体形状が物体の中心線に関して対称であれば次式が成り立つと考えられる。ただし s は平面壁側のうず面と平面壁面との垂直距離である。

$$\frac{B}{2} + S = \frac{h}{2} + s \quad (S \gg B) \quad (1)$$

一方図 8 (b) は $S \lesssim B$ の場合である。これは 4・2 節で考察したように、物体と壁面の間を通る流れが二次元噴流状になっており、物体と平面壁とのすきま S がうず面と平面壁との距離 s にほぼ等しいと考えられる。

$$S = s \quad (S \lesssim B) \quad (2)$$

式(1)および(2)は B と S の大小関係が極端な場合であるが、後流干渉が増大してうず発生が抑止され始める時の、物体・壁面すきまとうず面・壁面間隔の関係はこれらの中間の状態になると予想される。式(1)と(2)を変形してうず面幅とうず面・壁面間隔の比を、物体幅と物体・壁面すきまの比で表すと次のようになる。

$$\frac{s}{h} = \frac{B}{h} \frac{S}{B} + \frac{1}{2} \left(\frac{B}{h} - 1 \right) \quad \left(\frac{S}{B} \gg 1 \right) \quad (3)$$

$$\frac{s}{h} = \frac{B}{h} \frac{S}{B} \quad \left(\frac{S}{B} \lesssim 1 \right) \quad (4)$$

上式において単独の場合の物体幅 B とその物体が放出するうず面幅 h との比 h/B は、物体形状によって異なるのはもちろんであるが、流れのレイノルズ数によっても変化する。しかしながらレイノルズ数がある程度以上(約 10^3 以上)になると、物体に働く抗力やうず発生周波数とその物体特有の値となり、レイノルズ数によらなくなることを考慮すると、物体から流れがはく離する位置や、物体から放出されたうず面形状がレイノルズ数によらないその物体固有のパターンに落ちつくものと考えられ、 h/B の値も一定になると言える。これら各物体形状固有の h/B の値については、亀本⁽⁷⁾が種々の実験結果を整理した結果、物体が単独で流れの中に置かれた場合の抗力係数 C_D の関数とし

(a) $S \gg B$ (b) $S \lesssim B$
図 8 物体に対する平面壁の干渉様式

図 9 物体後流速度分布および乱れ分布 ($\bar{u}$: x 方向時間平均流速, u' : x 方向変動速度)

図 10 S/B と s/h の関係

て次のように与えている。

$$\frac{h}{B} = 0.94 C_D^{0.742} \quad (5)$$

式(5)を用いて、三角柱、平板および円柱についてその単独の場合の抗力係数(亀本⁷⁾による)から h/B を求めると、それぞれ 1.11 (三角柱), 1.57 (平板), 1.05 (円柱) となる。これらの値が物体と平面壁が接近してもほぼ変わらないと仮定し、式(3)および(4)に代入すれば図 10 のグラフを得る。ただし、図が煩雑になることを防ぐために円柱については図示していない。図 10 中の実験点は風洞実験による物体後流速度分布および乱れ分布の測定から、図 9 に例示 (三角柱, $S/B=1$) したように、図中の乱れ分布最大の位置 A, B, C, D から離せん断層のモデルであるうず面の時間平均形状を求め、うず面がほぼ平行となる位置として物体後方 $x=B$ をとり、 h および s を求めることにより得られた。

さてうず抑制が上記の各物体の二つの式の間の中の状態でおきると考え、それぞれのうず抑制限界値 (三角柱: $S/B=0.37$, 平板: $S/B=0.6$, 円柱: $S/B=0.3$) を代入すれば次の不等式が得られる。

$$\text{三角柱} \quad 0.33 > s/h > 0.28 \quad (6)$$

$$\text{平板} \quad 0.38 > s/h > 0.20 \quad (7)$$

$$\text{円柱} \quad 0.29 > s/h > 0.26 \quad (8)$$

図 10 によれば、三角柱および平板に対するこれら不等式で表されたうず抑制の起きる s/h の区間は、 S/B のそれが明らかに異なっているにもかかわらず、ほぼ $s/h=0.3$ を中心にして重なり合っている。このように、形状の異なる 3 種類の二次元物体 (三角柱、平板、円柱) のうず抑制限界値は、物体・すきま比 S/B

で表すとそれぞれ異なる値をとるが、それらをうず面幅・すきま比 s/h で表すとほぼ共通した値 (約 0.3) をとっていることがわかる。さらに、実験に用いられた物体が特殊な形状のものでなく、基本的、代表的な形状であることから、この共通うず抑制限界値 0.3 は、そのほかの物体に対してもほぼ一定な値であることが予想される。

5. 結 論

円柱と平板のストローハル数は、物体と平面壁が近接しても、高いレイノルズ数 (約 10^3 以上) においてはうず抑制の起きる付近まで S/B に対してほぼ一定である。一方低いレイノルズ数の範囲では S/B とレイノルズ数の両者によって変化する。三角柱のストローハル数は S/B の減少によって一時的増大がみられるが、これは縮流効果によるみかけのストローハル数の増大であり、基本的な傾向は平板、円柱のストローハル数と変わらないと考えられる。結局、壁面近傍の二次元物体が放出するうずのストローハル数は、平面壁と物体が非常に近接して発生が不安定になるまでは、近接壁面の影響をあまり受けないと思われる。一方抗力には平面壁の接近により大きく減少する限界 (三角柱: $S/B=0.75$, 平板 $S/B=1.3$) があり、後流平面壁にはく離領域が形成され始める S/B にほぼ対応する。さらにうずが抑制される限界 (三角柱: $S/B=0.37$, 平板: $S/B=0.6$) では、平面壁上圧力分布より物体と平面壁の間を通る流れは二次元噴流状になっていると考えられ、このことは図 8 (b) のモデルを裏付ける。図 8 のモデル化により、形状によって異なっていたうず抑制限界値は、うず面幅 h とうず面・壁面間隔 s で表すと形状によらずにほぼ一定の値 ($s/h \approx 0.3$) をとることがわかった。

終わりに、本研究は本学の学生であった大塚秀樹君、神林靖君、松本裕昭君らの力によるところ多大であり、ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- (1) Bearman, P.W. and Wadcock, A.J., *J. Fluid Mech.*, 61-3 (1973), 499.
- (2) Kamemoto, K., *Bull. JSME*, 19-129 (1976), 283.
- (3) Taneda, S., *J. Phys. Soc. Jpn.*, 20 (1965), 1714.
- (4) Bearman, P.W. and Zdravkovich, M.M., *J. Fluid Mech.*, 89-1 (1978), 33.
- (5) Everitt, K.W., *Aeronaut. Q.*, 33-1 (1982), 90.
- (6) Roshko, A., *NACA Tech. Note*, 3169 (1954).
- (7) 亀本, ターボ機械, 4-4 (昭 51), 225.

討 論

【質問】 五十嵐 保（防衛大学校）

（１） 4・4 節において平板のうず放出限界は境界層の有無およびレイノルズ数に無関係に $S/B=0.6$ と述べているが、図 2 によればストローハル数は $S/B=0.35$ 程度まで示されている。同様のことは三角柱（境界層あり）でも言える。すなわち $S/B=0.37$ でうず放出が抑制されると述べているが、図 2 では $S/B=0.10$ までストローハル数は示されている。この両者の差異についてご教示願いたい。

（２） 式(5)から求めた h/B の値は質問者(付1)(付2)の実測結果の $h/B=1.1$ （三角柱）、1.41（平板）、1.02（円柱）と良く一致している。 $S/B \geq 1$ における図 10 に示した貴実験における h/B の実測値をお示し願いたい。

（３） 図 6(d)～(f)の $\Downarrow$, $\Updownarrow$ 印に間違いはないか。(d) $\Downarrow \rightarrow \Updownarrow$, (e) $\Updownarrow \rightarrow \Downarrow$, (f) $\Updownarrow \rightarrow \Downarrow$ と思うがいかがか。

【回答】 （１） 本研究において、渦放出限界値とは物体が平面壁に接近して定常なカルマン渦の放出が抑制された状態での、物体の平面壁からの位置を言う。したがって、物体が渦放出限界値をこえて平面壁に接近すると、定常なカルマン渦の放出は認められない。しかし、物体の外側端からはく離れた速度せん断層が、ある程度周期性をもって渦に巻きあがる現象が認められ、図 2 では、その渦によるストローハル数も示してある。

（２） 付表 1（坂本氏への回答）に物体後流速度分布および乱れ分布から得られた h/B の値を示す。

（３） 間違いはない。なお平面壁面上圧力分布の測定と油膜法による、はく離の位置の確認実験は、別々に行っているため、同一の S/B に対して、両実験結果がともに得られていない場合〔図 6(d)〕もある。

【質問】 坂本 弘志（北見工業大学）

うず抑制限界値は、うず面幅 h とうず面・壁面間隔 s で表すと物体の形状に無関係にほぼ一定の値となるという点に興味を引かれた。

しかしながら、うず抑制限界値 $h/s \approx 0.3$ なる値を算出するに当たって、式(5)が物体が平面壁に接近しても成立すると仮定しておられるが、実際には物体が

平面壁に近づくと C_D は変化するために式(5)の仮定に無理があるように思われる。したがって、このような仮定に基づく図 10 からうず抑制限界値を算出するよりも、一部貴実験で行っているように物体の後方の速度分布および乱れ分布の測定に基づいて評価したほうが妥当性があるように思われるが、いかがか。

【回答】 本報では、式(5)が、物体と平面壁が近接しても成り立つと仮定しているのではなく、式(5)によって得られた単独の場合の h/B の値が、物体と平面壁の近接によっても、ほぼ変わらないと仮定している。

なお、物体の C_D は物体が平面壁に近づくとつれて変化することは、本報図 5 から明らかである。

実際、物体後流速度分布および乱れ分布の測定から得られる h/B の値は、物体が単独である場合も平面壁に近接している場合も、付表 1 に示すように、それほど大きな差異は認められない。

【質問】 浦川 卓朗（千葉工業大学）

物体と平面壁が接近すると、物体の抗力係数 C_D は単独で流れの中に置かれた時の値と異なってくるが、それが例えば円柱の場合だとうず抑制限界値 $S/B=0.3$ あたりであると考えられるが、その時うず抑制の起こる s/h の範囲に対する影響はどの程度であるか評価できるか。

【回答】 本研究においては、単独の場合の物体の C_D から、式(5)を用いて h/B を求め、その h/B が、物体と平面壁が接近してもほぼ変わらないと仮定し、さらに式(3)、(4)を用いて渦抑制の起きる s/h の評価を行っている。したがって本評価法では、物体と平面壁の接近による C_D の変化と、渦抑制が起きる s/h の範囲の評価とは、直接関係づけられるものではない。

なお、本方法の利点は、円柱、三角柱、平板による

付表 1 h/B の実測結果

S/B	平 板	三角柱
0.25	1.50	1.33
0.5	1.63	1.27
0.625	1.67	
0.75	1.67	1.27
1	1.60	1.27
2	1.63	1.20
∞	1.57	1.11

(付1) Igarashi, T. and Hirata, M., 5th Int. Heat Transfer, Proc Conf., 2 (1974), 300.

(付2) 日本機械学会編, 伝熱工学資料(改訂第3版), (昭50), 36, 日本機械学会.

実験結果から得られた。物体形状によらない $s/h \approx 0.3$ という値、および式(4)、(5)を用いれば、次式のよう
に、単独時での C_D が既知の他の物体形状に対しても、その渦抑制限界値 S/B を推定できることにある。
すなわち

$$\left(\frac{h}{B}\right)_{cr} = 0.28 C_D^{0.742}$$

〔質問〕 岡本史紀〔芝浦工業大学〕

(1) 三角柱、平板の後流の速度分布、乱れ分布のようすは、図9に示されているように壁面側とその反対側では非対称な分布形となっている。ストローハル数においても、 S/B の大きい値の範囲では平板や三角柱の両側端から発生する渦のストローハル数で両者の差はほとんどないと考えられるが、しかし S/B の小さい値の範囲では両側端からの渦のストローハル数にちがいが予想されるが、その点いかがか。

(2) 図1を見ると平面壁上の前縁付近にトリッピ

ングワイヤを取付けて乱流境界の形成を促しているようであるが、取付けた理由についてお聞かせ願いたい。

〔回答〕 (1) 本研究において、渦放出限界値とは、物体が平面壁に接近して、定常なカルマン渦の放出が抑制された状態での物体の平面壁からの位置をいう。したがって渦放出限界値までは、物体の両端でストローハル数の差は認められない。なお、物体と平面壁が渦放出限界値をこえて接近すると、定常なカルマン渦の放出はないが、外側端からはく離せん断層のみがある程度の周期性をもって、渦に巻きあがる現象が認められる。

(2) トリッピングワイヤがない場合、層流境界層の乱流境界層への遷移が、問題をさらに複雑にするおそれがある。したがって、実験結果に対する境界層の遷移の影響を排除するためにトリッピングワイヤを取付け、一定の乱流境界層の形成を促した。