

東京都立大学工学部 正員 ○宇井正和

1. はじめに 風紋あるいは砂連の発生の原因の中で突起背後に生ずる vortex wake の影響は無視しない。一様流中物体背後の流れについては多くの研究があるが、広い平面上を流れる一様な shear flow が平面上突起の背後にどのような渦の領域と形成するのかを調べるために、写真撮影によって実験的に検討した。渦の非定常運動のため、連続した写真を撮りそれを解析した。

2. 実験装置 実験に用いた水槽は長さ 11 m、幅 1 m、深さ 40 cm のコンクリート製であり、その側壁上部にはレールが敷いてあり水路を跨いだ台車が移動出来るようになっている。模型は長さ 2 m、幅 40 cm のジュラルミン製の平板中央に、塩ビ管を縦割りにして半円筒を突起として付けにものである。突起の大きさは半径が 3 cm と 1.9 cm の二種類を用いた。この模型を水槽に鉛直に入れ、台車の下部に取りつけて移動させるわけであるが、模型の水中部は 30 cm 位であり、平板の先端はそこで流れが剥離するのを防ぐために滑らかに丸みをつけてある。

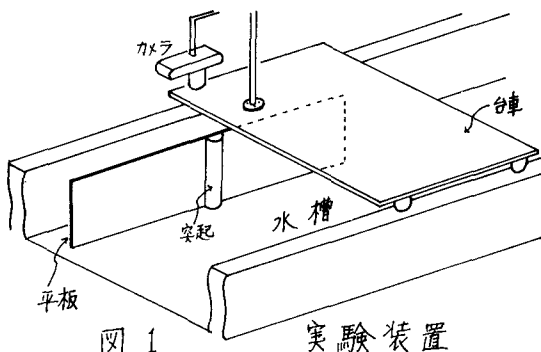


図 1 実験装置

水槽幅に対する模型の位置は、平板の突起側水槽領域を広くして、突起より生じた渦と水槽壁との干渉を出来るだけ少くするように努力した。後流渦は水面に散布したアルミ箔粉で可視化され、台車の上部にセットしたカメラで撮影出来るようになっている。写真撮影上平板はつや消の塗料で黒色とし、水槽底部も黒いゴムシートを敷きつめてアルミ箔のコントラストを強めた。非定常渦の連続写真を撮影するために、周期的なパルスによって作動するモータードライブ式カメラを用いた。パルス発生装置はシャッター間隔と同様に、必要に応じて選択できる「露出時間調節」も可能となっている。

3. 実験結果 shear flow 中での後流を想定しているため、実験においても、平板先端から発達した境界層の厚さ(δ)が突起の半径(a)よりも大きくなる必要がある。突起の位置における境界層の厚さを近似的に、 $\delta \approx 4(LU/U)^{1/2}$ (U : 模型の速度, L : 平板先端より突起までの距離)とすれば、突起の大きさによってそこで用いられる模型の最大速度が決定される。突起 3 cm では 1.8 cm/sec, 1.9 cm では 4 cm/sec とした。台車はモーターの始動によって直ちに所定の速度になるが、この急激な加速によって突起背後にはかなり強力な出発渦が作られる。がここでは一様な shear flow を考えているため、この最初に生じた渦が十分下流に速さかから写真撮影を行った。写真は非定常な渦の変動を撮影したものであるが、各写真上のトレーサの軌跡はその露出時間だけ定常な運動をしたものと考えて解析した。撮影時には流れは既に規則的な流れとなっている。渦の変化の過程をおってみると、突起の下流側

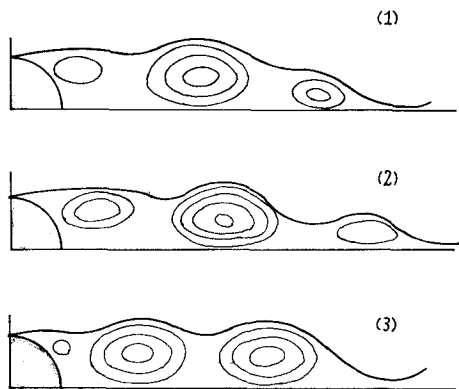


図 2 渦の移動

肩の部分に生じた弱い渦は次第に大きくなるにつれて既に大きくなっている渦を下流へ押す。するとこの渦はより以前に生じ、その時は少なからず勢力を消費して縮少しつつある古い渦をさらに下流の単なる乱れの領域に送り出して行く。図-2の模式図参照。この時、突起表面から剥離した free shear layer をたどっていくと、平板境界から次第に離れていって shear layer (しかし突起の大きさの2倍までは離れなかった。)が再びかなり接近する点があり、あたかも突起近傍の数個の渦を含む領域と、それより下流の単なる乱れの領域を区別しているように見うけられる。仮りにこの前者の領域を、一樣流中物体背後の wake で用いられる言葉も借りて“渦の形成領域”と呼んでみる。形成領域を規定しよう shear layer と壁面の接近点は定常的ではない。渦の排出において前記のように、新しい渦が古い渦を押し出すようにもみえるが、別に shear layer がくびれてきて、次に排出されるべき渦を区別しようようにも考えられ、それによると接近点は排出される渦の大きさ程度の変動がある。実験によると、この変動が突起からその1.5倍程度の所で生ずることが多かった。この形成領域より下流は、単なる乱れだけではなく、 Re によって、大きな径ではあるがゆっくりした回転の渦か、又は壁面に沿って転っていく rolling vortex を含んでいる。

形成領域中での個々の渦の移動を追ってみる。この領域中での渦は図-2のように各々が独立して移動して行くとは限らず、近くの渦と合体したり、分裂して2個になったりしながら流下していく。渦の動きの一例を示した図-3を見ても渦が合体又は分裂しつつ流下していく事がわかるが、しかしグラフの全体的な傾向が変化していない事は大切な事である。即ち、グラフの傾きが概ね一定である事は、渦の平均的移動速度が一定である事を示している。(図-3ではむしろ実時間としてある。)

図-4は Re に対する無次元速度をプロットしたものである。(全体を通して Re は、代表的長さおよび速度としてそれぞれ突起の大きさ h と模型の速度 U を用いて表わした。)これによると、 Re に関係なく渦の速度が台車速度の50~70%以内に入っている事を示している。事情は異なるが、一樣流中の物体後流の渦の速度が一樣流速の70%以下にならない事と比較しても興味あることである。図-3において、各折れ線の時間々隔は渦の発生する周期を示しているが、全体的にその規則性は見出し得なかった。

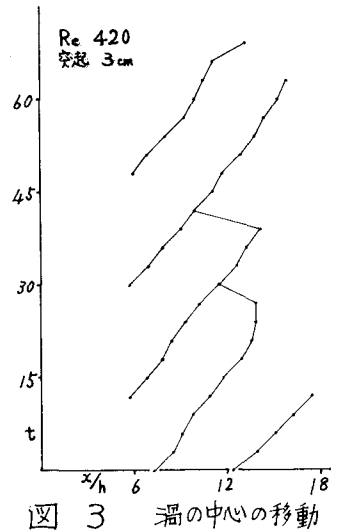


図 3 渦の中心の移動

4. おわりに この実験では平板の長さ、写真撮影上からの突起の大きさ、さらには境界層厚による台車速度等の制限によって実験の Re の範囲も狭く、200~500 内にとどまっている。実験では、流れの可視化も含めて改良を進めると共に、理論的解析も検討している。

参考文献

- Arie, H. & Rouse, H. 1956 J. Fluid Mech. 1
 Bearman, P. W. 1967 J. Fluid Mech. 28
 Honji, H. 1975 J. Fluid Mech. 69.

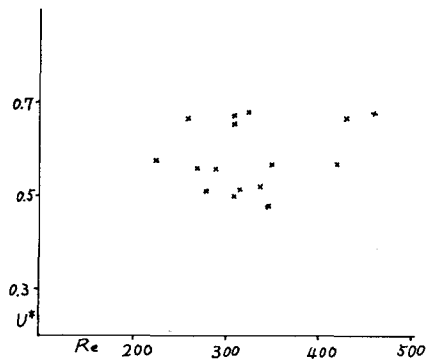


図 4 Re と渦の移動速度