

開水路における円柱のカルマン渦の特性

信州大学 工学部 正 余越正一郎
大学院 学 有賀良夫

1. まえがき

一般に流れにそう入された物体の背後には、カルマン渦とよばれる渦が形成される。流れの平均流速 U 、物体の代表長 D 、発生する渦の周波数 n とからつくられるストローハル数 $St = nD/U$ はレイノルズ数 $Re = UD/\nu$ の広い範囲ではほぼ一定値をもつことが知られている。ここでは動粘性係数である。

開水路は自由表面と水路床とをもち水深方向の流速が一般でない。そのため開水路に円柱をそう入してできるカルマン渦は、流体中に無限長とみなせる円柱をそう入した場合と異なる特性をもつものと考えられる。ストローハル数の測定と円柱周辺の流れの可視化をおこなってその特性をみる。

2. ストローハル数の測定

実験水路 (幅 2 m、長さ 15 m) での渦の発生周波数の測定は、色素、糸のうごきから求めた。測定位置は円柱の背後約 $2D$ の距りである。ここで D は円柱径である。

河川での測定は橋脚の背後に発生する渦より求めた。しかし橋脚の周辺には流掘による影響等複雑な三次元的な乱れがあるため、この方法でストローハル数を求める

ことは困難であると思われる。Fig. 1 に測定結果を示す。なおストローハル数はほぼ一定な値 0.2 とするレイノルズ数の範囲は、抵抗係数 C_d が一定の範囲と大体一致している。

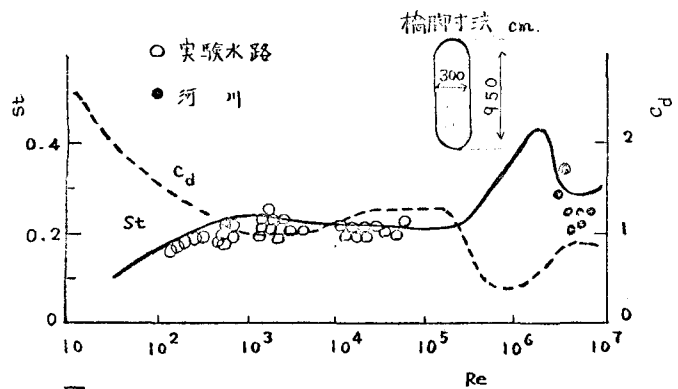


Fig. 1 ストローハル数
(Roshko; 円柱より求めた St (—) と C_d (---))

3. 円柱周辺の流れの可視化

円柱の背後には交互に逆回転の渦が2列に並ぶ。また円柱背後に設けた立体格子にとりつけた糸のうごきからカルマン渦は水路床と水面を境界にして下流に傾いて流下するものと考えられる。

円柱周辺での渦の形成をみるため、色素をトレーサとして流れの可視化をおこなった。実験水路は幅 3 m、長さ約 5 m である。

一般に円柱前面の水面近くには、渦昇流にもとづく渦が発生し、水路床近くには馬蹄形渦と呼ばれる渦管が発生する。(Fig. 2) この渦は橋脚にあっては局所流掘をおこす原因となるが、その特性についてはよくわかっていない。馬蹄形渦は Fig. 3 に示されるように馬蹄形状をなして円柱背後にまわ

り込む。まわり込む寸前で渦管は水路床より離れ水と向きに傾くようである。まわり込んだ渦管はいったん水路床近くでゆっくり回転し

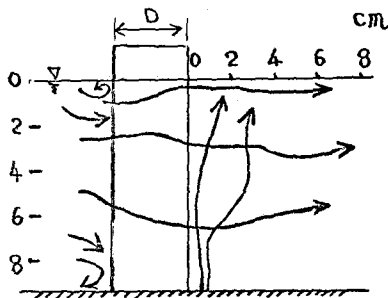


Fig. 2

$D=3.2\text{ cm}$, $U=2.4\text{ cm/s}$, $Re \approx 760$

やがて円柱背面に沿って上昇する。この渦管とカルマン渦との間には相互作用があるものと思われる。次に二つの実を考慮した円柱周辺の流れについて述べる。

i). 水深 H と円柱径 D との比の大小が円柱周辺の流れにどのような相違をもたらすかについて。

H/D が大のとき ($H/D \approx 14$, $D=0.7\text{ cm}$, $H=10\text{ cm}$,

$U=1.8\text{ cm/s}$, $Re \approx 130$); 実験結果は Fig. 2, Fig. 3 と同様であった。

H/D が小のとき ($H/D \approx 0.9$); Fig. 4 に示されるように円柱前面はほとんど馬蹄形渦で満たされている。この渦管は主流方向に流下しやがて消失する。後流幅はほぼ円柱径に等しい。

ii). 円柱が水路床より離れているときについて。

Fig. 5 に示されるように円柱下部の流れの影響がほとんど水面近くまであらわれカルマン渦の形成が妨げられる。

4. あとがき。

円柱背後には交互に逆回転の渦が2列に並び、水路床と水面を境界にして下流に傾いて流下する。馬蹄形渦の末端とカルマン渦との相互作用に関してはまだはっきりしない。

今後、水素気泡による可視化実験を続けてみた

い。

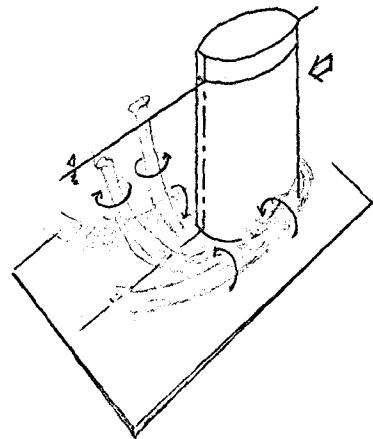


Fig. 3

$D=3.2\text{ cm}$, $U=2.4\text{ cm/s}$, $Re \approx 760$

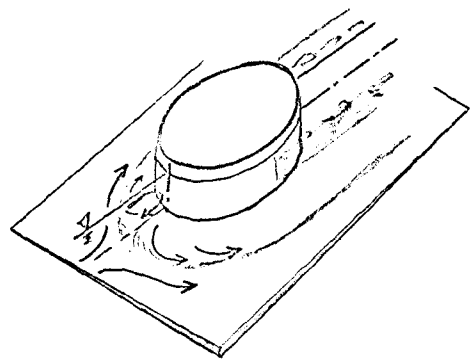


Fig. 4

$D=11.4\text{ cm}$, $H=1.0\text{ cm}$, $H/D \approx 0.9$
 $U=8.3\text{ cm/s}$, $Re \approx 9.5 \times 10^3$

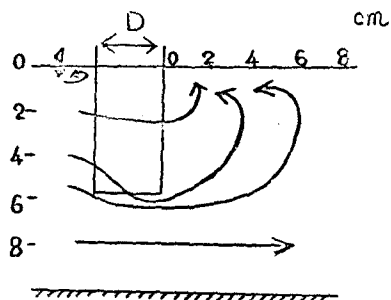


Fig. 5

$D=3.2\text{ cm}$, $U=4.3\text{ cm/s}$, $Re \approx 400$