

II-320 壁面の影響を受ける円柱に作用する流体力

山口大・院 学 ○赤松利之 山口大・院 学 齊藤 健
山口大・工 正 齊藤 隆

1. まえがき

海底あるいは河床におかれるパイプライン、また管胴形熱交換器の胴壁面近傍の伝熱管など壁面と鈍い物体との間の流れの干渉問題は工学上重要課題である。

本研究では、一様流中に置かれた円柱に作用する流体力（抗力・揚力）、また円柱周りの圧力分布を測定し、円柱と壁面との距離の変化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、円柱からの渦放出を調べ、円柱周りの流況との関連について考察したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験風洞は、測定部断面が高さ10cm、長さ100cm、幅100cmの貫流式風洞である。流体力測定に用いた円柱は直径 $D=5\text{cm}$ 、測定部の長さ6cmで、境界層流れの影響を除くため、高さ2cmのダミー円柱が上下面に設置されている。また圧力測定に用いた円柱の内部には小型の圧力計が2基組み込まれており、圧力測定孔は直径1mmで測定円柱の中心軸に対して対称の位置にある。図-1は円柱と壁面の位置関係を示したものであり、流体力の符号は、図に示す方向を正とし、壁面と円柱の間隔を Y 、円柱の直径を D とし、壁面間隔 Y を変化させて円柱に作用する流体力と円柱周りの圧力分布を測定した。

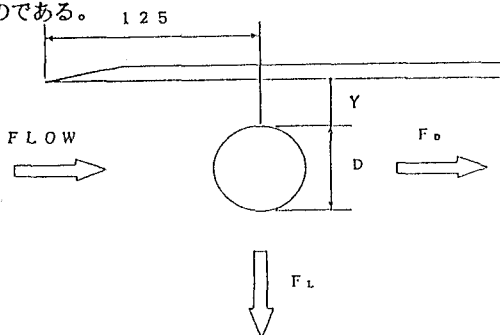


図-1 記号説明

3. 実験結果とその検討

円柱径 D に対する壁面間隔 Y の比 Y/D と抗力・揚力係数を Re 数をパラメータにして描点したものが図-2、3である。図-2によると Y/D が $0 \sim 0.8$ 付近では、 Y/D が大きくなると抗力係数は大きくなり、 Y/D が $0.8 \sim 2.0$ では、 Y/D が大きくなると抗力係数は緩やかに減少し、それ以上ではほぼ一定値をとっている。また、 Y/D が $0 \sim 0.4$ では、 Re 数が大きくなると抗力係数は大きくなり、それ以上では逆に Re 数が大きくなると抗力係数は小さくなっている。図-3によると Y/D が $0 \sim 1.0$ では揚力はすべて円柱を壁面から遠ざける方向に作用している。それ以上では、揚力係数の値はほぼ0となっている。図中の縦線は、スパイク波形をあらわしており、 Re 数が大きく壁面に近い付近で顕著にみられた。

図-4は、 $Re=70000$ で揚力変動波形のスペクトル解析を行い、得られた卓越周波数を用いて、ストローハル数を求め、それと Y/D の関係を示したものである。図中の棒グラフは、第一卓越周波数と、第二、第

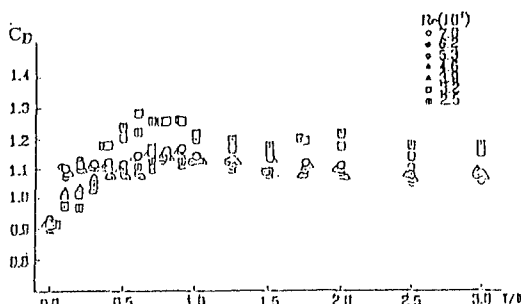


図-2 抗力係数と Y/D の関係

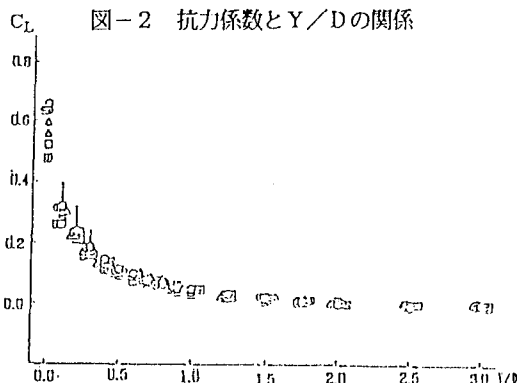


図-3 揚力係数と Y/D の関係

三卓越周波数のパワースペクトル比を示している。 Y/D が0.5でストローハル数は最大値をとっている。また Y/D が0.4以上では、ストローハル数が0.2付近の値をとっていることから、この範囲では単円柱からの渦（カルマン渦）の放出と基本的に変わらないと考えられるが、 Y/D が0.3以下では急激にストローハル数が小さくなっていることから、壁付近では円柱の片側だけから渦が放出しているのではないかと考えられる。

図-5は圧力測定の結果得られた円柱表面圧力分布である。 Y/D が小さくなると分布形状は壁側に歪み流れ方向に対して非対称性が強くなっており、壁側と反対側との圧力差が大きくなっている。また、 Y/D が2.0で単円柱の形状とほぼ一致している。

図-6は前方岐点とその点の圧力係数を描点したものである。●描点は、圧力分布から求めた岐点位置、□描点は、岐点での圧力係数、○描点は合成流体力の作用方向である。 $Y/D=0$ を除くと岐点位置の角度と合力の作用方向とがよく一致していることから、合力は円柱軸を通るように作用しているが、 $Y/D=0$ となると岐点角度と合力の作用方向に差がある。この時、合力は円柱軸を通らなくて、回転力が円柱に作用していると考えられる。

図-7は流れの模式図を示してある。図中の剥離点は、円柱の表面圧力分布の測定結果から求めた境界層外縁流速を用いて算出したものである。この図によると、円柱が壁に近づくにつれて剥離域は狭くなり、壁側の円柱剥離点は下流側に移動していることがわかる。また、この剥離点の移動は、前方岐点の移動に依存しており、その移動により流れが偏向し、壁面側から円柱に揚力が生じると考えられる。

4. まとめ

以上、得られた結果を要約すると次の通りである。

- I. 円柱に働く揚力はすべて円柱を壁面から遠ざける方向に作用し、壁面間隔が円柱の3倍程度になると壁面の影響を受けないことが明らかになった。
- II. Y/D が0~0.3で円柱からの渦放出が抑制されることが明らかになった。
- III. 前方岐点はすべて壁面側に移動し、その変位角は流体力作用方向とほぼ一致する。また、壁側円柱剥離点は、 Y/D が小さくなると下流側に移動することが明らかになった。

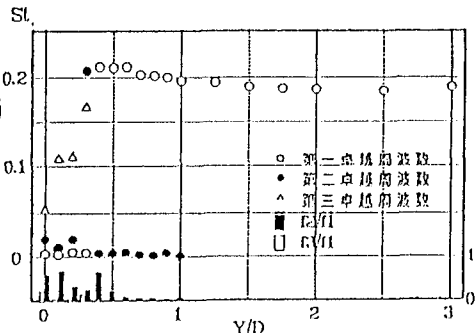


図-4 ストローハル数と Y/D の関係

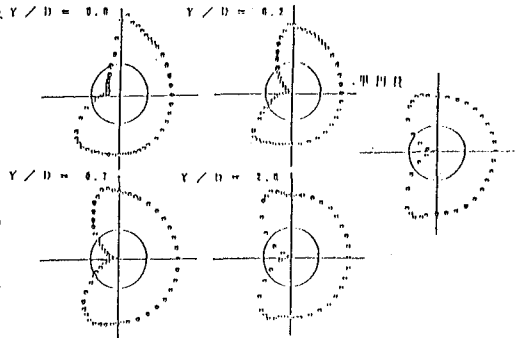


図-5 円柱表面圧力分布

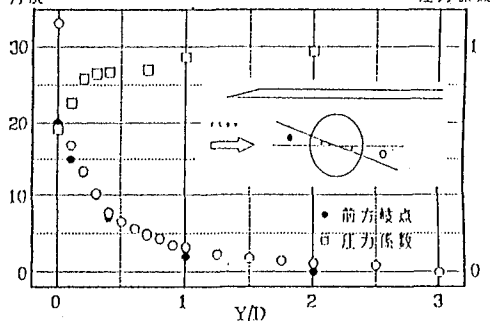


図-6 前方岐点と合成流体力作用方向の比較

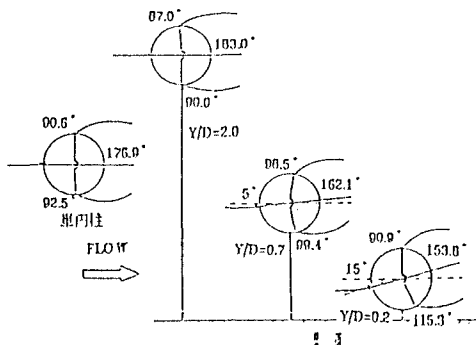


図-7 流れの模式図