

帯状側線付き円柱に作用する流体力と双安定流れ

山口大・院 学 ○多和芳雄

山口大・工 学 赤松利之

山口大・工 正 斎藤 隆

1. まえがき

半円形側線付き円柱に作用する流体力について検討した結果、双安定流れと言われる二つの流れパターンが間欠的に変わることによって、揚力と抗力とが共に階段状にに変化する特異な変動波形が見いだされた。側線が滑らかでなく、三角形断面をした側線の様に剝離点が固定されている場合、あるいは流れの剝離が2点で起きる帯状の側線が接合された場合に、円柱周りの流況、その際に円柱に作用する流体力がどの様になるのかは現象として大いに興味を持たれる。

本研究は、一本の帯状側線を接合した円柱に作用する流体力を測定し、流体力の側線接合位置によつて変化していく状態と単円柱表面圧力の変化とから円柱周りの流れパターンについて考察したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は、測定部が高さ10cm×幅100cmの偏平断面で長さ100cmの貫流式風洞で行なった。実験円柱は外径が50mmで、流体力測定部の高さは60mmで、境界層流れの影響を除くため高さ20mmのダミー円柱が上下面に設置されている。流体力の測定は片持ち梁方式で、梁は流体力測定円柱内にあり、下部ダミー円柱で固定されている。測定系の固有振動数は1.5kHzである。使用した帯状側線の形状は図-1に示めす三種類である。

3. 実験結果とその検討

円柱径に対する側線の相対厚さが $d/D=0.014$ である場合の抗力、揚力係数を Re 数をパラメータにして側線の接合位置 θ (側線上流端の停留点からの角度) に対して描点したのが図-2である。両流体力の θ による変化をみると、次のように大別できる。すなはち、
I) $\theta < 45^\circ$ では、 θ の増大によって抗力係数は小さくなり、揚力係数の絶対値は大きくなっている。
II) $45^\circ < \theta < 55^\circ$ では、抗力係数はあまり変化しないが、揚力係数の絶対値は θ の増大に伴い小さくなっている。
III) $55^\circ < \theta < 62^\circ$ では、抗力係数はあまり変化しないが、この範囲で揚力係数の絶対値は極小値をとる。
IV) $62^\circ < \theta < 78^\circ$ では、 θ の増大に伴い抗力係数は単円柱の値に回復し、 Re 数によつて生起する範囲が異なるが、揚力は図-3のtype-Cに示す変動波形を呈し、

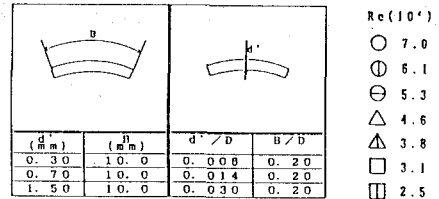


図-1 側線形状と描点の説明

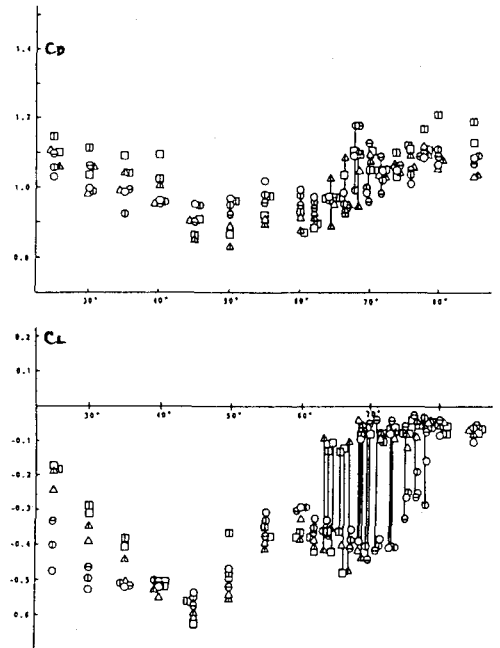


図-2 抗力係数、揚力係数

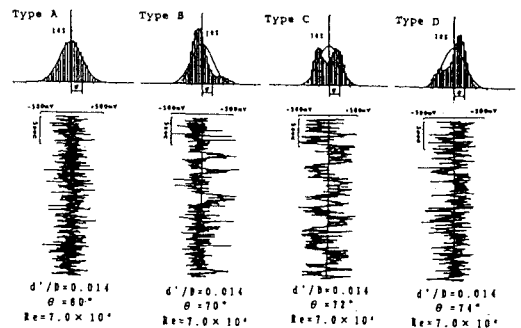


図-3 揚力の変動波形と頻度分布

揚力係数の値として2つの値を定義することが出来る。

V) $\theta > 80^\circ$ では両係数とも単円柱の値と一致する。

単円柱表面圧力分布を基本にして、両係数の θ による変化が説明できる円柱周りの流況を検討してみる。

I) では、側線下流部の円柱表面での剝離領域の形成による圧力低下が揚力となり、円柱表面からの剝離点が下流に移ることで抗力が小さくなる(図-4 I)。

側線厚さ d とポテンシャル流として求めた側線位置での円柱表面での流速 V_s による Re 数が $d V_s / \nu = 50$ 0~1400であることから、側線下流部の剝離域の長さと圧力低下量が Re 数と θ によって変わる。この結果として、 θ の増加によつて揚力は大きくなり、 Re 数が大きい程 θ が小さくて揚力は大きくなる。

II) では、側線下流端から流れが剝離して円柱の後流域を形成する。 θ が大きくなる程側線下流部の円柱表面圧力の低下が弱まるため揚力は小さくなる。側線面上の剝離域による揚力が生じる。この側線面上と下流部($\theta+23^\circ$)での圧力変化の抗力への寄与は小さく、また側線に作用する抗力の寄与も円柱径比の数分の一程度で、抗力係数の変化は小さい(図-4 II)。

III) はII)と同じ流況であるが、側線下流端位置 θ が $78^\circ \sim 85^\circ$ で、側線下流端が安定した剝離点である。この結果、抗力、揚力の両係数が安定した値となる。

IV)、揚力がIII)と同程度である場合の流況はIII)と同じであり、揚力が殆どない場合の流況は側線上流端で流れが剝離して円柱の後流域を形成している。側線面上での剝離域の形成がないので揚力が生じない。

V)、側線上流端から円柱後流域が形成されている。

上述した流れパターンが移行する処で安定した流れパターンに瞬間的に他の流れパターンが生じていて、図-3に示す type-B、C の変動波形が見られる。50 Hzで読み取った変動波形を円柱からの渦放出周期の2倍の時間での移動平均値を解析波形とし、統計処理(歪度、尖度)によつて異常な変動波形が生起する条件を調べた結果が図-5である。

側線厚さがもつとも薄い $d/D=0.006$ の場合には、特異波形が二箇所で見起している。 θ が 50° 付近での特異波形は(図-4 II)の双安定流れの結果である。

4. まとめ

可視化等での確認を要するが、側線接合位置による流体力の変化は側線縁での剝離状態により分類した流況で説明出来、特異波形の生起条件を明らかにした。

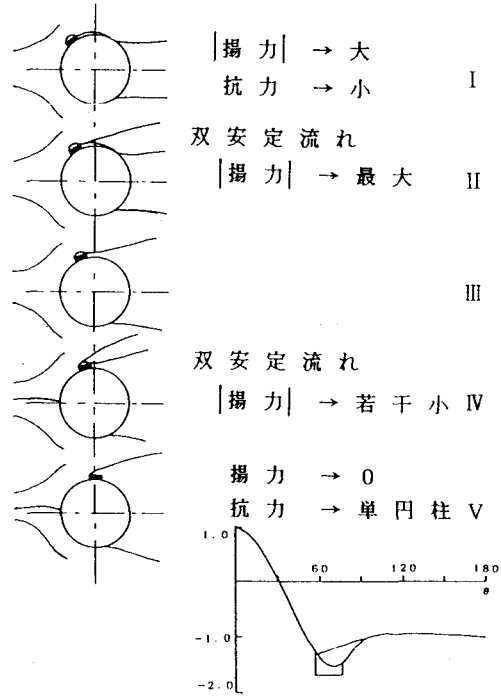


図-4 流況と流体力との関係の説明図

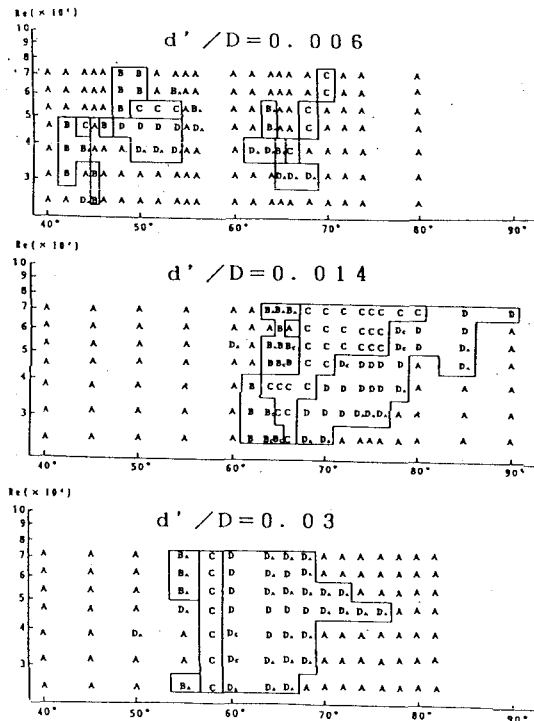


図-5 揚力に特異変動波形が生起する条件