

山口大学 ○酒見正明 岡嶋義行 斎藤隆

1. まえがき

流体力の軽減、熱交換率の向上などの様々な目的で円柱表面上の境界層流れの制御が行われる。その方法として円柱表面に微小高さの側線を接合することが行われる。円柱表面の流れ方向に対して対称位置に2本の側線を接合した場合、限定された接合位置の範囲において円柱に作用する流体力は極めて不安定であることが明らかにされている（五十嵐，藤田等）。円柱表面圧力分布を積分する方法で流体力を評価しているので、流体力が不安定となる原因については十分に明らかにされているとは言い難い。著者らは片持ち梁方式で抗力と揚力とを同時に測定した結果、両流体力とも間欠的に3段階に変化することを明らかにし、両流体力の変化する状態は、図-1に示す様な4通りの円柱周りの流れパターンが間欠的に変化することで説明出来ることを報告した。本研究は前年度に推測した流れパターンと流体力との関係を実験的に確認したことを報告するものである。

2. 実験装置と実験方法

実験風洞は測定断面が高さ10cm，幅100cmの貫流式風洞である。表面圧力測定円柱は長さ40mm，外径50mmの亚克力樹脂製円筒である。接合側線は（側線高さ1.45mm）半円形柱である。側線の接合位置は揚力の変動が顕著である $\theta=53^\circ$ ， 55° である。円柱内部には半導体圧力変換器が径1mm，深さ2mmの圧力測定孔に直結して設置されている。

図-1に示す4通りの流れパターンの識別は円柱の側面後方に設置したI型熱線プローブの出力の変化をもって判定した。両熱線流速形からの出力状態で判別された各流れパターンに対する円柱表面圧力分布を求めた。

3. 実験結果とその検討

各流れパターンの圧力分布を図-2～5に示す。図-2は両熱線流速計からの出力が共に高い場合で、白丸描点が図-1に示したA-typeの流れパターンの状態の表面圧力分布である。比較のため、同一条件で測定した単円柱での表面圧力分布を黒丸描点で示してある。両者を比較すると、側線の直背後で圧力が大きく低下しており、側線下流 6° 程度の位置で段階状の圧力分布の変化が認められる。この様な圧力分布は流れの再付着による局所的圧力上昇によるもので、流れが再付着している判断される。

図-3は両熱線流速計からの出力が共に低い場合で、図-1のB-typeの流れパターンの状態の表面圧力分布である。両側線背後での圧力は単円柱の値に較べて高く、円柱背後での圧力が側線背後にまで及んでいる。この圧力分布から流れは側線頂部に剥

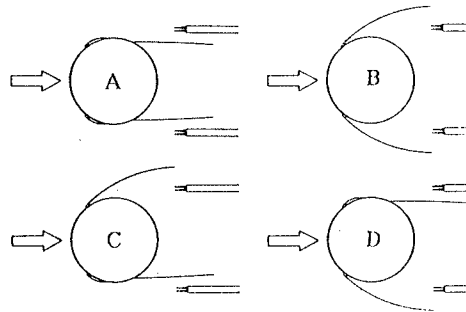
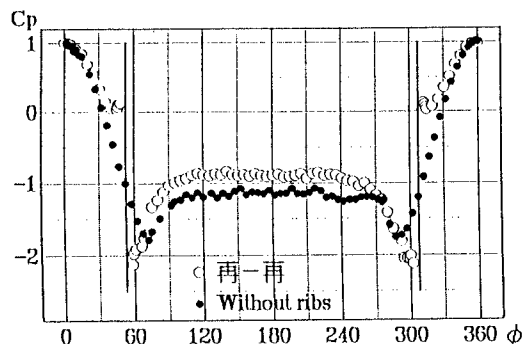


図-1 推測される流況

図-2 圧力分布：再付着－再付着（ $\theta=53^\circ$ ）

離し、円柱下流の剥離領域を形成していると判断される。

図-4は、一方の熱線流速計の出力が低く、他方の熱線流速計の出力が高い場合の表面圧力分布である。 $\phi=53^\circ$ 側の側線背後の圧力分布は図-3の圧力分布と、 $\phi=307^\circ$ 側の側線背後の圧力分布は図-2の圧力分布形状と同様の形状になっている。すなわち、一方の側線側は円柱背後の後流域となっており、他方は側線背後に剥離泡が形成されていて、図-4は図-1のC-typeの流れパターンの状態の表面圧力分布といえる。

図-5は図-4の圧力分布を反転した状態で、図-4とは反対側の側線背後に剥離泡が形成されていることから、図-1のD-typeの流れパターンの表面圧力分布であるといえる。

また、紙面の制約で割愛しているが、側線を 55° に設置した場合でも $\theta=53^\circ$ と同様な4パターンの表面圧力分布が得られた。

また、それぞれの流れパターンの表面圧力分布を円周方向に積分して算出する方法で求めた揚力係数 C_l 、抗力係数 C_d 、ならびに各流れパターンの表面圧力分布をスペクトル解析することで求めたストローハル数 St と流れパターンとの関係を総括したものが表-1である。

流れパターンA、Bではともに揚力係数はほぼ0であるが、円柱下流の剥離領域の幅の違いにより、抗力係数は前者のほうが小さくなり、後者のほうが大きくなる。抗力係数と逆比例関係にあるストローハル数は前者のほうが大きくなり、後者のほうが小さくなる。また、流れパターンC、Dでは揚力係数の作用方向は逆転し、抗力係数はほぼ同等な値になる。

なお、ストローハル数を記述していない部分は、この流れパターンの継続時間が短く、解析ができなかったためである。

4. まとめ

今回、2本の熱線流速計の値をトリガーとして用い、円柱表面圧力分布をそれぞれ4つの流れパターンに分離した結果、前年までに推測された流れパターンと流体力との関係を実験的に確認し、円柱に作用する流体力が不安定になる機構を明らかにすることができた。

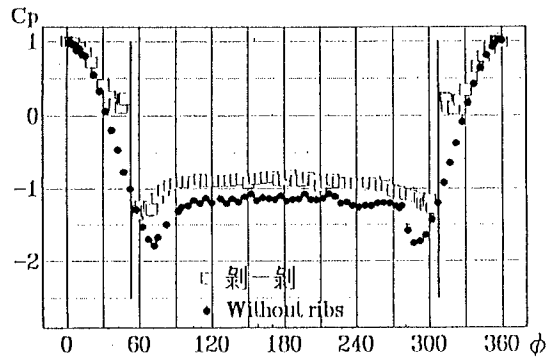


図-3 圧力分布：剥離-剥離 ($\theta=53^\circ$)

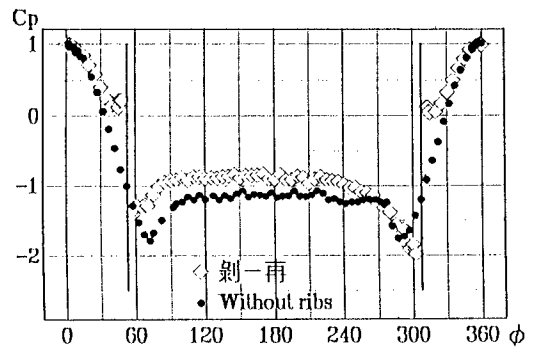


図-4 圧力分布：剥離-再付着 ($\theta=53^\circ$)

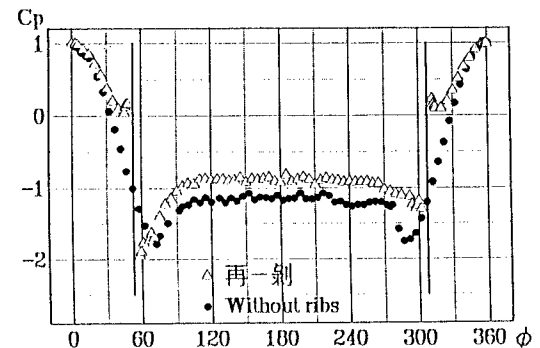


図-5 圧力分布：再付着-剥離 ($\theta=53^\circ$)

表-1 各流れパターンと流体力の関係

流れパターン	A	B	C	D
揚力	0	0	+	-
抗力	0	+	+	+
C_l	$\theta=53^\circ$ $\theta=55^\circ$	0.064 0.020	0.023 0.025	0.180 0.155
C_d	$\theta=53^\circ$ $\theta=55^\circ$	0.93 0.93	1.14 1.15	1.11 1.12
St	$\theta=53^\circ$ $\theta=55^\circ$	0.22 0.22	0.17 0.16	