

半円形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 ○乗越 晃
山口大・工 正 斎藤 隆

1. まえがき

著者らは、レイン・パイブレーション現象についての最も基礎的な課題の一つである非振動時における半円形側線付き円柱に作用する流体力を測定し、変動流体力の頻度分布から双安定流れが存在し、双安定流れが生じる条件の概要を明らかにしている。

本研究では、双安定流れの出現条件を変動流体力の統計諸量によって定量的に評価し、平均流体力と変動流体力の両者がリブ接合位置、 Re 数による変化と合致する円柱周りの流況について考察した。

2. 実験装置と実験方法

実験は、測定部が幅 100cm、高さ10cmの偏平断面で長さが100cmの貫流式風洞である。

実験に用いた円柱は直径が $D=5\text{cm}$ の亚克力樹脂管である。側線は、前年の実験で揚力係数が最も著しい変化を示した、高さが $d=0.145\text{mm}$ の半円柱($d/D=0.029$)を用いた。流体力の測定は前年と同じ測定装置を用いて行い、デジタル・レコーダーに記録した。

3. 実験結果とその検討

側線の設置位置 θ による抗力係数、揚力係数の変化を描点したものが図-1、2である。抗力係数は θ の増大によってその値は小さくなっていき、 $35^\circ < \theta < 55^\circ$ では単円柱の値よりも小さい。 $\theta=55^\circ \sim 60^\circ$ においてその値は急増し、単円柱のそれと同じか大きな値となっている。紙面の都合で図を割愛したが、 θ の増大によって揚力係数の絶対値は大きくなる。 Re 数が小さいほど θ が小さいところで急激に大きくなるが、 θ が 50° 付近では Re 数の影響は見られなくなる。 $\theta=55^\circ \sim 58^\circ$ で揚力係数の描点を直線で結んであるのは、図-3の下部に示してある揚力のステップ状変化が間欠的に生起しているため、両者から揚力係数を求めたものである。抗力係数においても同様な変化が見られるが、揚力に較べてその変化は数分の一である。

前年は、図-3の上方に示した頻度分布の形状によって流れのタイプ分けをしたが、微妙な判別には主観に依存することになる。そこで、流体力の変動波形を統計処理することで、定量値を用いて流れのタイプ分けを試みた。ステップ状に変化する流体力を

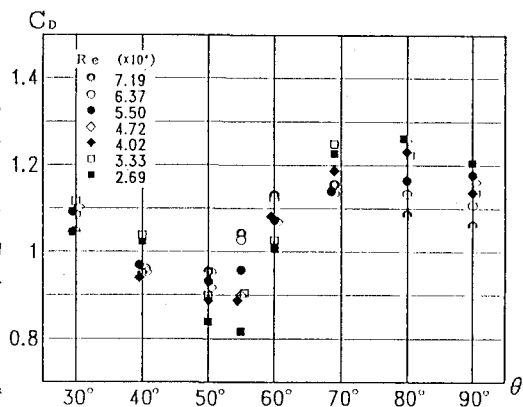


図-1 抗力係数と設置角度との関係

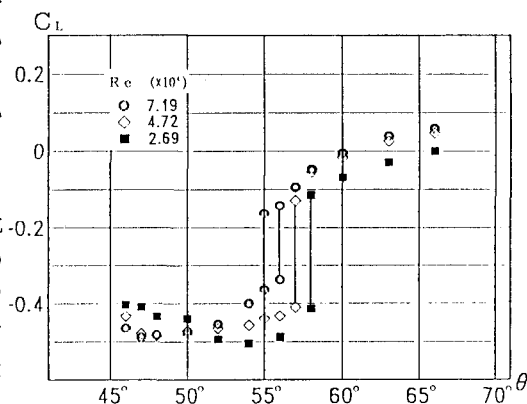


図-2 揚力係数と設置角度との関係

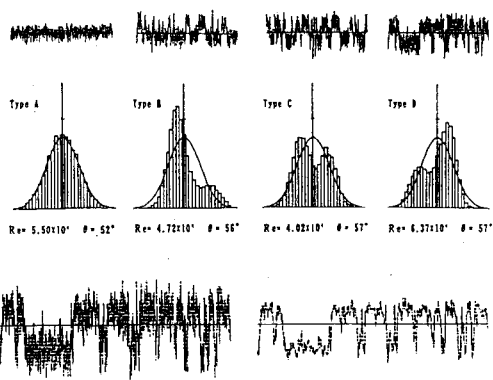


図-3 揚力の変動波形と頻度分布

解析の対象としているので、渦放出の2～3周期の移動平均値を解析する変動波形とした。この変動波形の歪係数、尖度ならびに揚力と抗力との相関係数を計算した一例が図-4である。図において、 θ が55°～58°で歪係数は0、尖度は3より小さいことから、変動流体力の頻度分布の形状は明らかに平均値に対して対象な双山の分布である。さらに、相関係数の値から抗力の変動波形の頻度分布も同じ分布形状である。この場合、比較的安定した流れの状態が間欠的に変わる双安定流れであると推測される。 θ が50°～55°の範囲では、平均の揚力よりも絶対値が非常に小さいスパイク状の揚力が間欠的に混在していることから、歪係数は正の値となり、尖度が大きな値となる。一方、 θ が58°～60°の範囲では、逆に絶対値が非常に大きいスパイク状の揚力が間欠的に混在していて、歪係数は負の値となる。

各統計量の特異値によって流れのタイプ分けをした説明図が図-5である。図の下部に図-3に挙げてある変動波形とその頻度分布に対応させて流れのタイプを記号で示している。これに基づいて、各流れのタイプが生起する条件を示したものが図-6である。図より、 θ が55°～58°で双安定流れが見られ、Re数が小さくなると、その範囲が狭くなっている。

流況と流体力との関係を概念的に説明したのが図-7である。再付着流れの場合は、側線下流の円柱表面に剥離領域が形成され、この剥離領域での表面圧力は単円柱のそれよりも低くなり、側線側方向への揚力が生じる。 θ の増大によってこの剥離領域の圧力低下が揚力への寄与する割合が大きくなる結果、 θ によって揚力の絶対値が大きくなる。また、円柱表面からの再剥離点が下流に移るため抗力係数が小さくなる。

剥離流れでは、側線の剥離点まで円柱背圧が侵入するので、揚力は急減あるいは作用方向が逆転する。側線上流の圧力上昇により抗力係数が大きくなる。

双安定流れでは上記の両流れが間欠的に交互に生起し、平均的に両流れの持続時間が等しい。両流れの安定性の割合によって、流体力の変動特性が異なる。

4. まとめ

今後の可視化実験、条件付きでの円柱表面圧力の測定を必要とするが、流体力と流況と関係、ならびに、歪係数と尖度によって流体力の特異な変動波形を客観的に評価し、双安定流れの生起条件を明かにした。

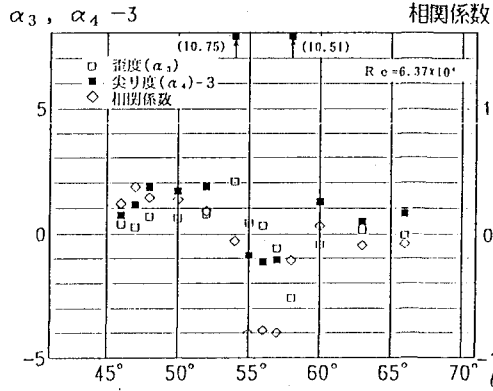


図-4 変動流体力の統計量と設置角度との関係

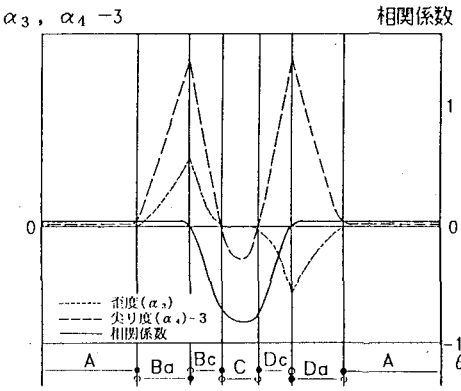


図-5 統計量による流れの分類の概念的説明図

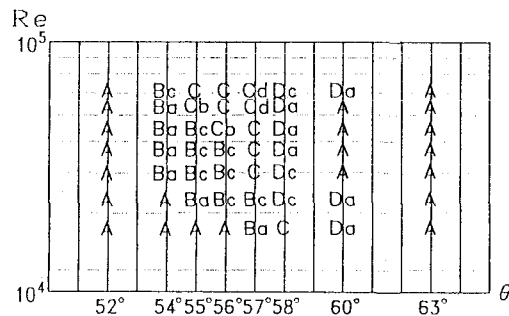


図-6 流れパターンの生起条件

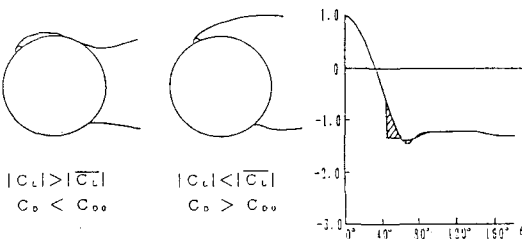


図-7 流況による作用流体力の説明図