

○山口大学大学院 横山 均 多和芳雄
山口大学工学部 斎藤 隆

1. まえがき 数年来、レインバイブレーションの発現機構についての基礎実験として、半円形側線を接合した円柱に作用する流体力を測定してきた。その結果、円柱径に対する半円形側線の高さが小さく、側線の接合位置 θ が 60° において、抗力は単円柱のそれより小さく、大きな揚力が作用することを明らかにした。本研究は、側線の接合位置を密に変化させて流体力を測定し、変動流体力の強さ、流体力の変動波形について検討したものである。

2. 実験装置 実験風洞、装置、測定方法は前年度の報告と同じである。

3. 実験結果とその検討 流体力は図-1に示す矢印の方向を正とした。

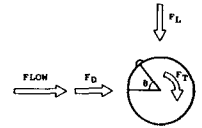


図-1 流体力

図-2に示した抗力係数の図において、 Re 数が同じ描点を見ると、側線の接合位置が $\theta = 20 \sim 30^\circ$ から抗力係数の値は小さくなっていき、 $\theta = 50 \sim 60^\circ$ において最小の値となり、更に θ が 10° 程度大きくなる範囲で抗力係数の値は急に大きくなっている。一方、揚力係数の図を見ると、 $\theta = 20 \sim 30^\circ$ から揚力係数値の絶対値は大きくなっていき、 $\theta = 50 \sim 60^\circ$ においてその絶対値は最大となり、更に θ が 10° 程度大きくなる範囲でその絶対値は急激に小さくなっている。このように抗力、揚力の両係数の側線接合位置による変化が対応しており、 Re 数によって両係数の値ならびに最小値となる θ が違っている。この原因としては、側線の高さをを用いた Re 数が $2 \times 10^2 \sim 2 \times 10^3$ であることから、側線近傍における流況あるいは側線背後の剝離域の大きさが Re 数によって違うことによると考えられる。

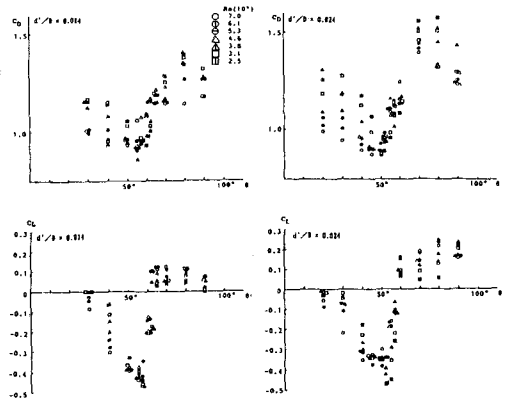


図-2 C_D 、 C_L と接合位置 θ との関係

図-3は変動流体力の強さを流体力係数の形に無次元化したものを Re 数に対して描点したものである。描点の小さい値はほぼ Re 数の1.5乗に逆比例していて、この Re 数による変化は単円柱の場合と同じ傾向であるが、値は約2倍程度大きい値である。 $Re < 3 \times 10^4$ では側線の接合位置によらず変動流体力は Re 数によってほぼ規定されるが $Re > 3 \times 10^4$ では側線接合位置によって変動流体力係数の値が違い、側線の相対高さが $d'/D = 0.014$ の場合には $\theta = 60^\circ$ 、 $d'/D = 0.024$ の場合は $\theta = 55^\circ$ で変動流体力係数が最も大きい値である。

抗力変動係数は d'/D による差違は殆どないが、揚力変動係数は d'/D が大きい方の値が約2倍となっていて、側線の存在による変動流体力の増大は抗力、揚力の両者に生じるが、揚力における影響が大きい。

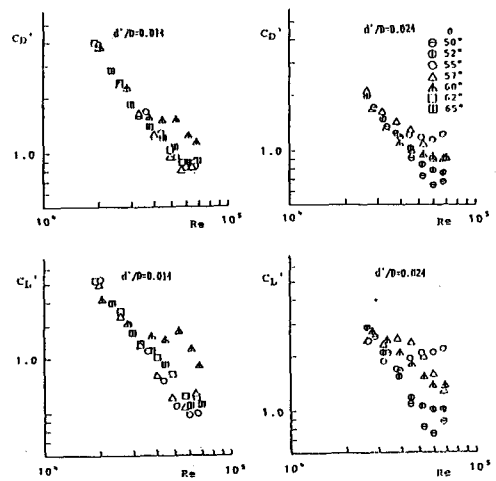


図-3 C_D' 、 C_L' と接合位置 θ との関係

図-4は抗力、揚力の変動波形とその頻度分布形の代表

的な例である。二つの安定した流れパターンが存在するとすれば、両流れパターンの安定度(持続性)が同じであれば、Type Cの変動波形となり、両者の安定度が異なるとType B, Dのいずれかの変動波形となる。このようにみると、図で四つの変動パターンに分離したが、基本的には、二つの安定した流れパターンの有無の二種類となる。

図-5は図-4に示した特殊な変動波形が認められたRe数と側線接合位置との関係を図示したものである。図に示していない $\theta < 45^\circ$ 、 $\theta > 63^\circ$ の場合における変動流体力の頻度分布形は全てType Aの正規分布形である。尚添字付のAは、頻度分布の正規分布からのずれは小さいが、添字の傾向がみられるものである。

揚力、抗力において特殊な変動波形が認められた側線接合位置の範囲は、 $d'/D = 0.014$ の場合は $\theta = 55 \sim 63^\circ$ で、 $d'/D = 0.024$ の場合は $\theta = 50 \sim 60^\circ$ と側線の高さによってわずかに違っていて、抗力係数並びに揚力係数の値が急変する範囲と対応している。即ち、上述の特異な変動流体力が認められた範囲は、抗力係数の値が最小値から急に大きくなる範囲であり、揚力係数の絶対値が最大値から急減する範囲であることが注目される。

Re数の範囲を見ると、抗力におけるよりも揚力においてよりRe数が小さい値から特異な変動波形が認められ、図-3に示した変動流体力の無次元強さが側線の接合位置 θ によって違いがみられるRe数とほぼ一致している。

変動流体力の頻度分布が典型的な分布形である場合を見ると、変動揚力の頻度分布形がType Dの場合には変動抗力の頻度分布形はType Bであり、変動揚力の頻度分布形がType Bの場合は変動抗力の頻度分布形はType Dとなっている。即ち、抗力と揚力の変動波形の関係はType BとDあるいはType DとBの組合せとなっている。抗力の平均値は正で、揚力の平均値は負であるので、揚力の変動波形がType Dである場合、揚力の瞬間値が平均値より小さい(絶対値が大きい)値の頻度が高く、抗力の瞬間値が平均値よりも大きい頻度が高いので、合成流体力の瞬間値の作用方向が平均合力の作用方向よりも揚力の側に傾き、かつその絶対値が平均値よりも大きい流れのパターンが同時に存在する他の流れパターンよりも持続時間が長くなっている。

4. まとめ 側線の接合位置が、レインバイブレーション現象の発現時にケーブル表面に形成される水路の位置とほぼ一致する $\theta = 50 \sim 63^\circ$ の範囲において、直列二円柱における双安定流れにおけるスイッチング現象時と類似した特異な流体力の変動波形が認められた。この二つの安定した流れパターンが共存しているとみられる範囲では、抗力係数、揚力係数の値は大きく変化し、変動流体力の強さの無次元値が側線の接合位置によって大きく変っている。この範囲は側線の高さによって微妙に違い、側線高を用いたRe数の値から、側線背後の円柱表面に形成される剝離領域が重要な役割を果していると考えられる。

参考文献 竹本信司、他二名、土木学会第40回年次講演会 460~461(1991.9)

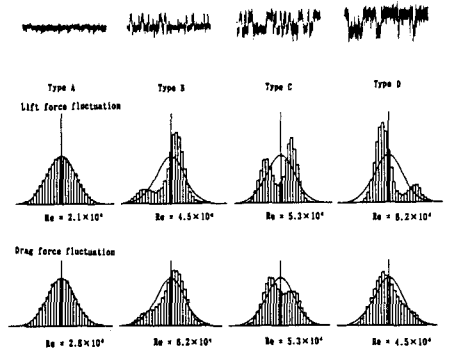


図-4 流体力の変動波形と頻度分布

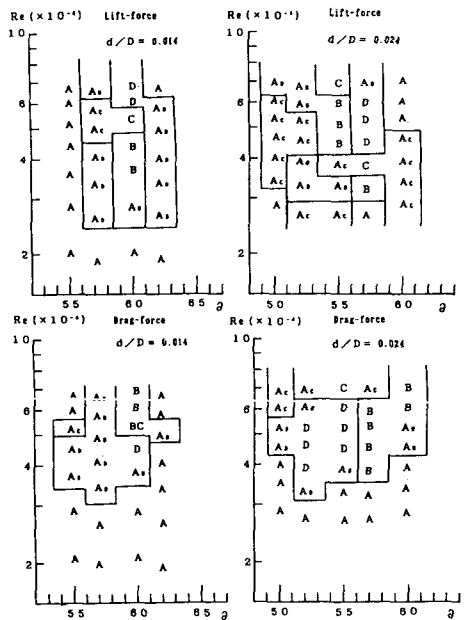


図-5 特異流体力波形の生起条件