

複合円柱に作用する流体力（直径比の影響）

○西部ガス 奥野 雅晴 洋林建設 田崎 靖樹
NTT 田中 栄一 山口大学 斎藤 隆

1. まえがき： 近年、長径間斜張橋のケーブルが風雨時に激しく振動することが報告され、レインパイプレーションと呼ばれている。この振動の発現にはケーブル上下面に形成される水路が重要な役割を持つことが明らかにされている。水路形成にはあまりにも雨量が少ない時にも振動が発現していて、傾斜円柱の背後に誘起される軸方向流れによる傾斜円柱の不安定性が水路形成によって増幅されると考えられている。しかしながら、不安定性の増幅現象の機構など不明な点が多く残されている。本研究は、もっとも基本的な水路形成によってケーブルにどのような流体力が作用するのかを実験的に検討したものである。

2. 実験装置と実験方法： 実験は測定断面が高さ10cm、巾100cmの真流式風洞で行なった。実験に用いた円柱は直径5cmの亚克力樹脂製のもので、流体力測定円柱は高さ6cm、肉厚1mmの円筒である。その上下には、上下壁面に沿って発達する境界層の影響を除くため、模型設置位置での境界層厚さの3倍に相当する高さ2cmのダミー円柱が設置されている。水路模型として図-1に示す接合円柱を用いた。接合円柱は流れと直交する円柱の片側に接合した。

流体力の測定は、ダミー円柱を兼ねたナットで床面に固定された7mm角、長さ25mmの真鍮角柱の曲げ歪とねじり歪を半導体ゲージで検出する方法で行なった。測定系の固有振動数1500Hzである。

3. 実験結果とその検討： 円柱に作用する流体力は図-3に示す矢印の方向を正とした。各流体力係数は通常の表示法を用いた。

抗力係数：Re数をパラメーターとして、抗力係数を相対接合円柱径に対して描点したものが図-4である。実験のRe数の範囲では、単円柱の抗力係数はほぼ一定値であるが、複合円柱の場合、Re数が大きいほど抗力係数は小さくなっている。円柱径比が大きいほど抗力係数の値が増加している傾向にあるが、円柱径比が0.06~0.12、ならびに0.16~0.2での抗力係数の値はほぼ一定値とみなすことができ、円柱径比が0.12から0.16に変わると抗力係数の値が急に大きくなっていることが注目される。

揚力係数：Re数をパラメーターにして、揚力係数を円柱径比に対して描点したものが図-5である。d/D=0.04において負の値から正の値に変わり、Re数が小さい場合はd/D=0.08~0.12で、Re数が大きい場合はd/D=0.06で正の最大値をとり、d/Dが大きくなっていくと波状に変動しながら零に漸減しているとみられる。なお、揚力の最大値はd/D=0.04において生起している。

揚力が負と正になる場合を煙法で可視化したものが写真-1、2である。揚力が負となる場合の写真-1をみると、接合円柱を流下する流跡線は円柱背後の剝離領域内に強く回り込んでおり、そこに強い渦が存在している。この流況から、接合円柱直下流部

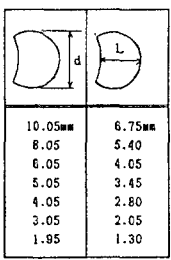


図-1 接合円柱の形状

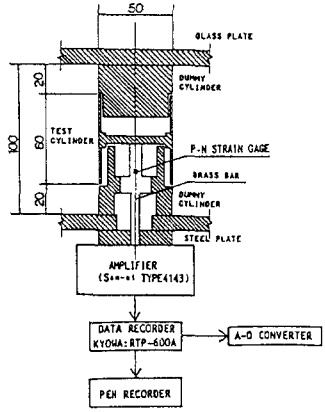


図-2 流体力測定装置

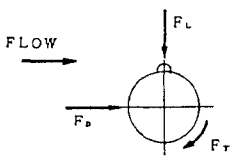


図-3 流体力の符号

の剝離領域内の圧力低下は反対側のそれに較べて大きいと認められる。また、この流況から、複合円柱周りには時計方向の循環が存在するとみることができ、この循環によるマグナス効果で揚力が接合円柱方向（負）に作用することになる。

一方、揚力が正となる写真-2をみると、接合円柱側を流下する流跡線は流れに直交するようにおかれた平板からの剝離流線と類似の形状を示しており、反対側を流下する流跡線は円柱背後の剝離領域内に廻り込んでいる。この流況から、複合円柱周りに反時計方向の循環が存在するとみることができ、この循環によるマグナス効果で正の揚力が円柱に作用することになる。

回転力係数：図-6をみると、 $Re < 5 \times 10^4$ では $d/D < 0.12$ で回転力係数は d/D にほぼ比例して大きくなっていき、0.16以上ではその値が小さくなり、ほぼ一定値となっている。一方 $Re > 5 \times 10^4$ では、 $d/D = 0.08$ と0.12とで揚力係数の値は小さくなっていて、揚力係数の円柱径比による変化は、 $d/D = 0.06 \sim 0.08$ ならびに0.12～0.16において不連続的である。この揚力係数の不連続的变化は、前述した抗力係数の円柱径比による変化の挙動が異なる円柱径比に対応していることが強く注目される。

4. むすび：本実験の範囲では、円柱径比が最も小さいとき揚力の絶対値が最も大きく、長径間化によるケーブル振動が生じ易いことならびに、抗力係数、回転力係数の値は直径比が0.06～0.08、0.12～0.16において不連続的に変化することが明らかとなった。今後、この点について、より詳細な検討を行なう予定である。

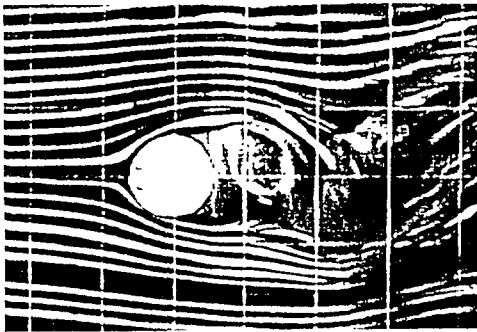


写真-1 $d/D = 0.04$ の流況

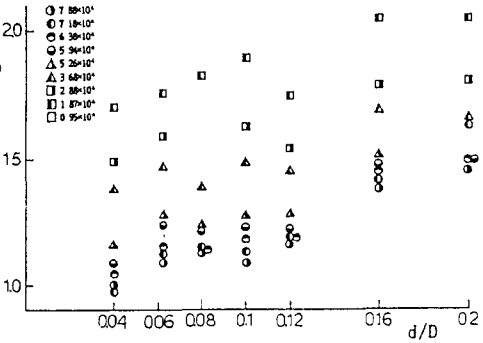


図-4 抗力係数と円柱径比の関係

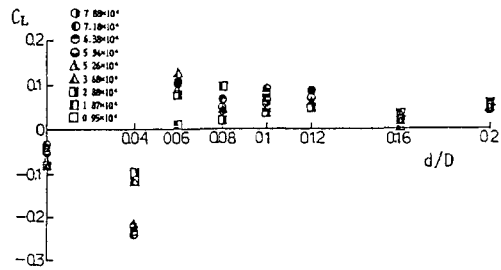


図-5 揚力係数と円柱径比の関係

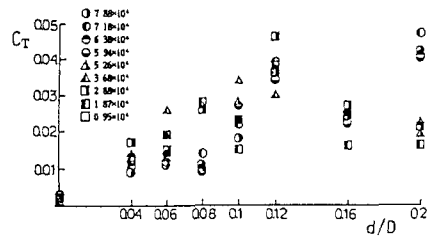


図-6 回転力係数と円柱径比の関係

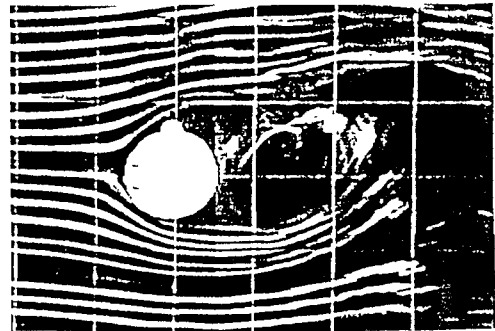


写真-2 $d/D = 0.2$ の流況