

直列2円柱に作用する流体力

山口大学工学部	正 員	齊 藤	隆
山口大学工学部	学生員	○須志田	藤 雄
山口大学工学部	学生員	奥 野	雅 晴
鴻 池 組		宮 脇	保

円柱に作用する流体力については数多くの実験が行われ、多くの知見が得られているが、ほとんどの実験が円柱表面の圧力分布から流体力を、円柱側後方の渦放出から振動特性を評価していて、合成流体力の変動特性は明らかにされておらず、また従来の研究結果には差異があり、十分解明されているとは言い難い。

本研究は、直列円柱の軸間距離ならびに Re 数を系統的に変え、片持梁方式により、上流側円柱に作用する抗力、揚力、回転力の流体力三成分の同時測定と、スモークワイヤー法による流れの可視化実験によって流体力の変動特性の分類とその出現条件を実験的に検討した結果を報告するものである。

実験は図-1に示す幅 1000 mm , 高さ 100 mm の矩形断面を試験部に有する貫流型風洞で行った。円柱は直径 50 mm のものを用い、上・下壁面の影響を除くため、流体力測定円柱の高さは60mmとし、両壁面には20mmのダミー円柱を設置した。流体力測定円柱とダミー円柱の間隔は0.02mmで設置した。

図-2は代表的流体力として抗力係数 $C_D = 2F_D / \rho A_D U^2$ [F_D : 時間平均抗力、 ρ : 流体密度、 A_D : 円柱投影面積、 U : 風速] を円柱軸間距離 L/D をパラメーターとした、 Re 数 [UD/ν] に対して描点したものである。 Re 数が大きい場合は、円柱の軸間距離による変化は小さいが、 Re 数が小さい場合には円柱の軸間距離 $L/D < 2$ では抗力係数の値はあまり変わらないが、 $L/D \approx 3$ で抗力係数は急に小さな値となり、 $L/D > 4$ では抗力係数の値は再び大きくなっていて、従来から指摘されている抗力係数の飛躍がみられる。

図-3は、 Re 数をパラメーターとして、抗力係数を円柱軸間距離に対して描点したものである。図中の実線はZdravkovichのReviewから引用したものである。円柱軸間距離 $L/D < 3$ においては本実験結果は若干大きな値となっているが描点の傾向は一致している。軸間距離 $L/D > 4$ での従来の実験結果に大きな差異があるが、本実験の Re 数が $10^4 \sim 10^5$ の結果とは、値としては一致しているが、描点の傾向は一致しておらず、より多くの精度良い実験が必要である。円柱軸間距離 L/D が3~4における抗力係数の飛躍現象は工学的にも現象的にも非常に興味ある現象であるので、流体力の挙動との関連を調べるため、円柱軸間距離ならびに Re 数を系統的に変化させて流体力の変動状態を調べた。その結果、抗力、揚力、回転力を統合して分類すると、後述する6つのパターンに分けられ、その出現条件は図-4のようである。

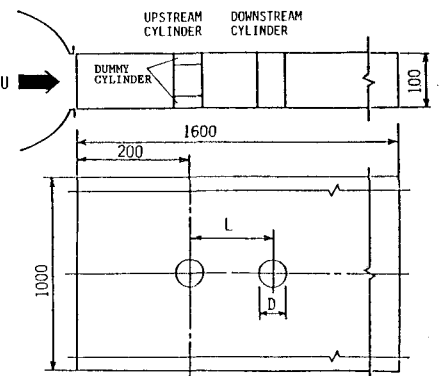


図-1 実験装置

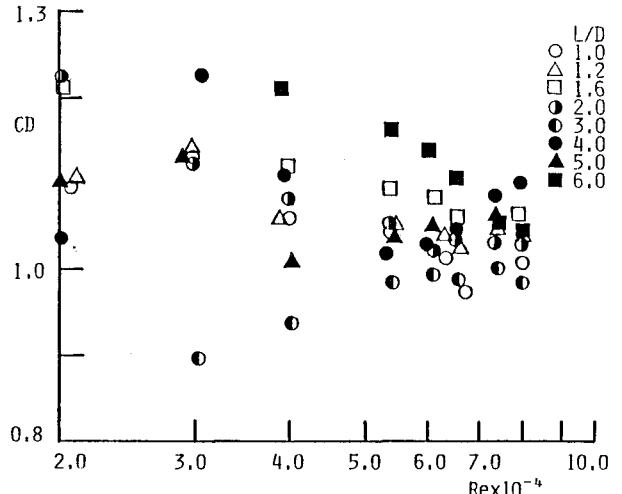


図-2 $C_D \sim Re$ の関係

図-5は、6つ流体力変動パターンが出現した円柱軸間距離 $L/D = 3.8$ での流体力の記録波形である。

各パターンでの特徴は次のとおりである。

- A: R_e 数が大きく、大きな流体力の変動と比較的短時間の平均流体力の変化が存在する。
- B: 比較的短時間の平均流体力の変化はあまり大きくないが、頻繁に大きな変動流体力が出現する。
- C: 瞬間的に大きな流体力の出現が間欠的、ランダムに出現する。
- D: 数秒から数十秒間の平均抗力の増加と各流体力の大きな変動が間欠的に出現する。
- E: Dと似ているが、平均抗力の変化は小さく、流体力の変動が小さい場合が間欠的に出現する。
- F: 流体力の平均値ならびに変動がきわめて安定した状態である。

図-4において、 R_e 数が十分大きい場合、円柱軸間距離を大きくしていくと、流体力のパターンは $F \rightarrow A$ と変化し、図-2で R_e 数が大きい場合、円柱軸間距離による抗力係数の変化の小さいことと対応している。 R_e 数が小さい場合には、円柱軸間距離を大きくしていくと、流体力挙動は $F \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ と変化していき、図-3、2 抗力係数の飛躍は流体力挙動と抗力係数の飛躍との関連でみると、抗力係数の飛躍は円柱軸間距離だけでは規定出来なく、 R_e 数による違いを考慮することが必要であることが明らかとなった。

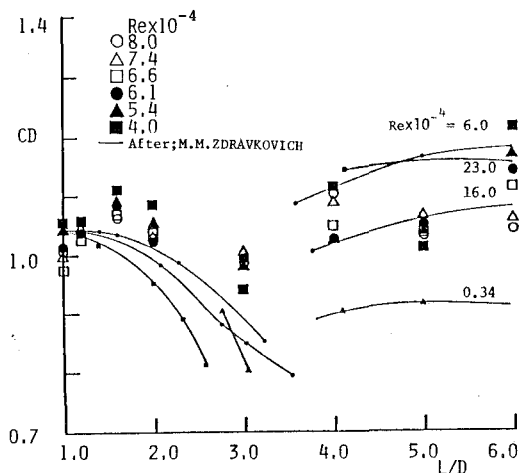


図-3 $C_D \sim L/D$ の関係

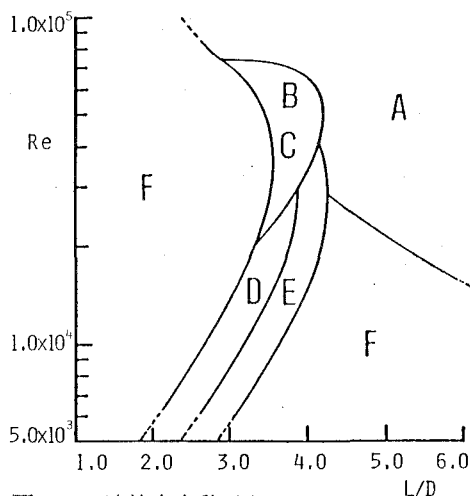


図-4 流体力変動パターン

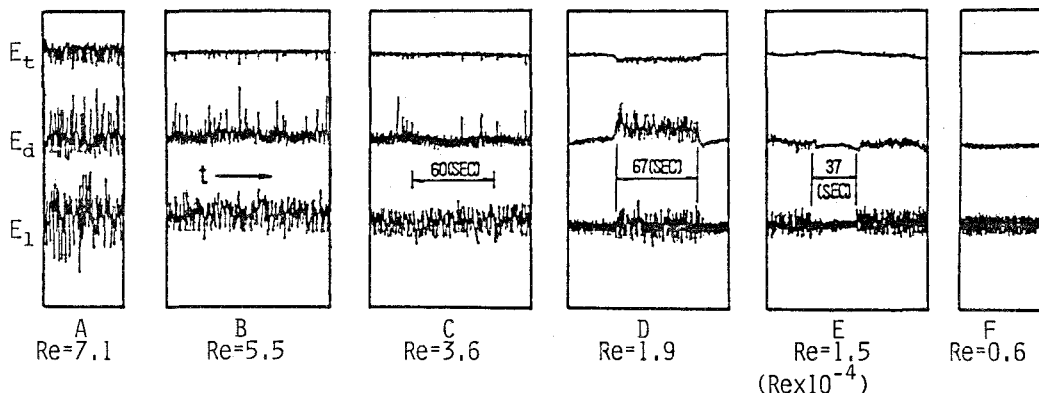


図-5 流体力の変動挙動

- 《参考文献》(1)Zdravkovich, M.M, Trans. ASME, Ser. I, 99-4(1977-12), 618
 (2)五十嵐 保, 機論, 46-406 (昭54), 1026