

並列中央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
日本国土開発		廣 江	健 悟

種々の配列で置かれた円柱に作用する流体力は、抗力係数の飛躍・圧力変動の間欠的変動など特異な現象が実験的に明らかにされているが、その原因については不明な点が多く十分な解明が行われていない。

本研究は等間隔で並列に置かれた三円柱の中央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、並びにスモークワイヤー法による円柱周辺流況の可視化によって、流体力の挙動の大勢を実験的に明らかにしようとしたものである。

実験は図-1に示す幅 1000 mm、高さ 100 mm 短形断面試験部を有する貫流式風洞を用いて行った。実験に用いた円柱は直径 50 mm の塩化ビニール製のものである。流体力の測定を行った中央円柱の高さは60mmで、上・下壁面の影響を除去するため、円柱設置位置における壁面境界層厚を考慮して、両壁面に厚さ 20 mm のダミー円柱が設置されている。設置された円柱の軸間距離 L は円柱径の 1~5 倍で、 Re 数は $10^4 \sim 10^5$ の範囲である。なお $L/D = 1$ は三円柱が接している場合であるが、流体力を片持梁方式で測定するため、0.02 mm の間隔で設置した。

図-2は、円柱軸間距離 L/D をパラメーターとして、抗力係数を Re 数に対して描点したものである。

$L/D = 1$ の場合、 Re 数の増大に伴い抗力係数が大きくなっている。紙面の都合上可視化写真は割愛したが、三円柱の下流は当然のことながら、一つの大きな後流場となっていて、より大きな物体の中央部分だけの流体力を抽出したものとみられる。

$L/D = 1, 2$ の場合、 Re 数に伴って抗力係数が若干減少する傾向ともみられるが、本実験の範囲ではほぼ一定値とみなすことが出来る。可視化写真でみると、円柱間の流れによって後流域は一応分割されているが、中央円柱からの剝離渦はまれで、両側円柱の外側から大きな剝離渦の放出が見受けられ、後述する特異な揚力変動が生じ、また中央円柱表面での流れの剝離位置が両側円柱間の流れによって制約されるため抗力係数がほぼ一定値になるのではないかと見られる。

$L/D = 2$ の場合、本実験の範囲で、他の円柱軸間隔のものと比較して抗力係数が最も小さい値である。この場合の流況を見ると、三円柱からの剝離渦の放出の位置はすべて異なる時と、二円柱あるいは三円柱からの剝離渦の放出口相が一致するときとが間欠的に生じていて、後述するように極めて複雑な流体力の変動挙動が見られた。

$L/D > 3$ では、円柱間の流れが円柱直下流の後

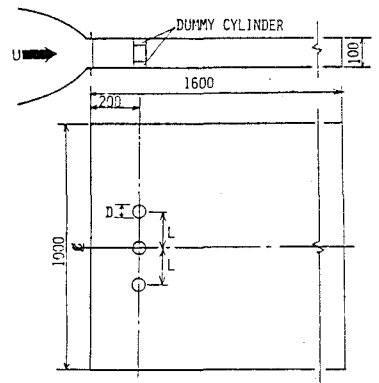


図-1 実験装置

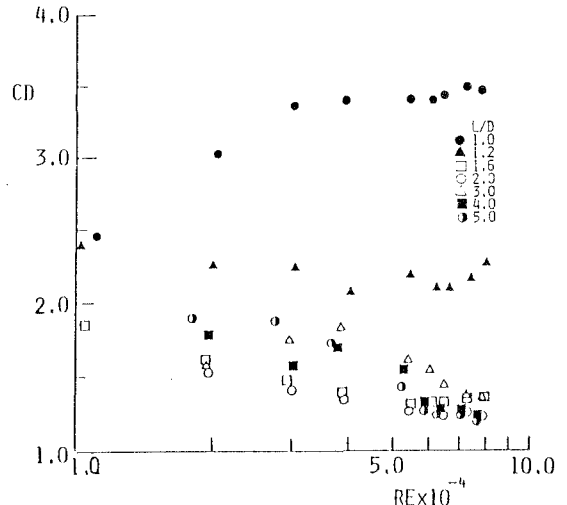


図-2 抗力係数 $CD \sim Re$ 数の関係

流を分断しているため、 Re 数の増大に伴い単円柱同様に抗力係数は単円柱の値に漸近している。

図-3は、 Re 数をパラメーターに、抗力係数を円柱軸間距離に対して描点したものである。図中の曲線は従来の実験結果で、本実験結果と良く一致している。図で $L/D=2$ と3の間で抗力係数の飛躍が見られ、その間における抗力係数の変化の度合は Re 数が大きいほうが小さくなっている。すなわち、抗力係数の飛躍の度合が Re 数によって異なると見られる。円柱軸間距離と Re 数を組織的に変化させ、流体力の変動波形を検討した結果、流体力の変動パターンは図-4に示す4つに大別することが出来ること

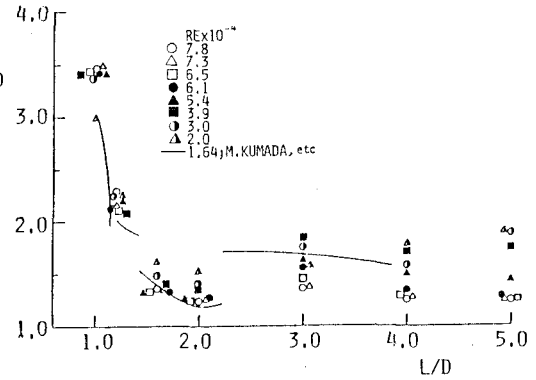


図-3 抗力係数 CD ～軸間距離 L/D の関係

が明らかとなった。各流体力の変動パターンの特徴は次のとおりである。

- A: 流体力の変動は比較的安定していて、単円柱の場合の変動と類似している。
- B: この流体力変動の挙動は円柱軸間距離 $L/D=1.2$ の場合にだけ起こり、揚力の短時間平均値の変動が間欠的に生じる。
- C: 抗力、揚力、回転力の瞬間的に大きな流体力の出現が間欠的に起きる。
- D: 瞬間的にきわめて大きな流体力の群発が間欠的に出現し、流体力の変動は大きく乱れている。

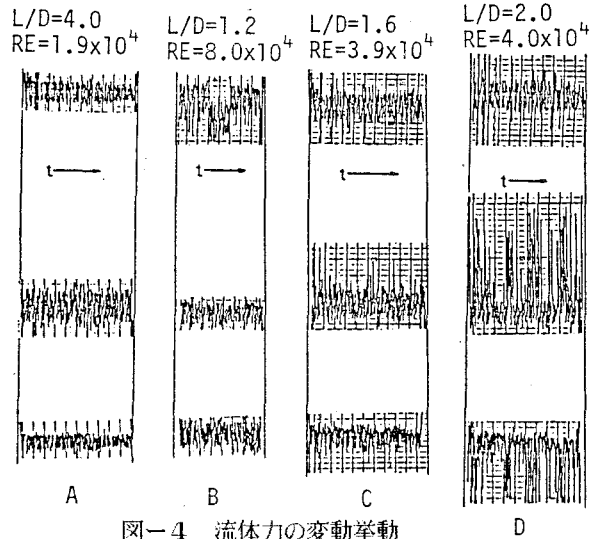


図-4 流体力の変動挙動

図-5は、上述の4つの流体力パターンの出現状況を調べた結果である。Dの流体力パターンは $L/D=2$ の限定された領域において起こり、図-3の抗力係数の飛躍がみられるところと対応している。図-3で抗力係数の飛躍の度合は Re 数が大きい方が小さい傾向にあるが、図-4では Re 数が大きくなるとDの流体力パターンは生じなくなり、両者の傾向は一致していて、抗力係数の飛躍とDの流体力パターンの間には密接した関連があることが明らかである。すなわち、円柱軸間距離が2よりも小さい場合には流体力の変動はCのパターンで、抗力係数の飛躍直前の $L/D=2$ における流体力の変動はDパターンで、抗力係数が飛躍した $L/D>3$ での流体力変動はCあるいはAのパターンである。流体力変動がDパターンの場合に抗力係数の値が最も小さくなる原因についての説明は今後の課題である。

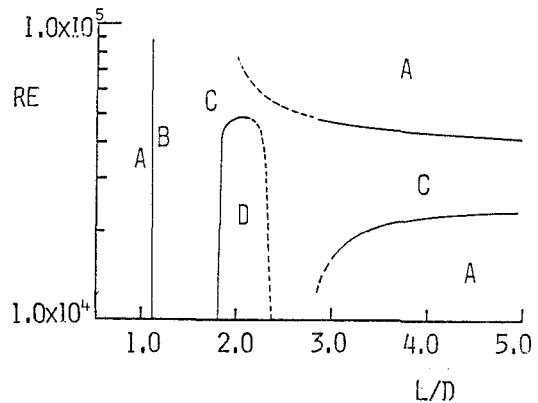


図-5 変動流体力による分類

《参考文献》 熊田・ほか3名, 機論, 50-455 (昭59), 1699