## 径違い円柱後流の速度場

## Velocity Fields of Wake Flow at Various Stepped Circular Cylinders

○齊藤光<sup>1</sup>,田村智廣<sup>1</sup>,関谷直樹<sup>2</sup> \*Hikaru Saito<sup>1</sup>, Tomohiro Tamura<sup>1</sup>, Naoki Sekiya<sup>2</sup>

Measurements were made of mean and fluctuating velocity profiles in the wake flow of the five kinds of stepped circular cylinders varying the diameter from a big one to a small cylinder at the midpoint of the span. Furthermore, we measured vortex shedding frequencies and compared them to those of a straight cylinder. Hot-wire survey shows that mean velocity profiles were largely distorted depending on the diameter rations of cylinders, moreover, having the W-type in shape at the big cylinder underneath the step. This indicates that the secondary flow induced by the longitudinal vortices disturbed the velocity field of wake flow.

1. はじめに

鈍頭物体の代表として円柱周りの流れの研究は古く から数多く行われてきた. 円柱周りの流れで重要視さ れる特徴は、自励振動を引き起こす剪断層の剥離現象 である. 剪断層の剥離周期は円柱径に反比例すること が知られているが、径が途中で急変化する場合、異な る周波数で剥離剪断層放出される流れ場で流体の連続 性がどのように保たれるか大きな疑問を生む. そこで 我々は,円柱長手方向中央で径が急変化する径違い円 柱の伴流構造について詳細に調べてきた. 径違い円柱 の研究も古くから行われており、径の急変化による円 柱表面圧力の変化や渦糸の段差による変形を調べたも の[1],径違いによる異なった渦放出周波数間の非線形 干渉によって新しい周波数の生成<sup>[2]</sup>,異なる周波数で 放出される剪断層の結合の様子<sup>[3]</sup>などが報告されて いる.しかしながら,近接伴流内の速度場を広範囲に 測定した研究は少ないようである.本報告は第1段階 として,長手方向中央で径が 20%~80%に急変する5 種類の径違い円柱模型を一様流内に置き,円柱からの 剥離剪断層が伴流の平均速度場に与える影響を熱線測 定によって調べた結果である.

## 2. 実験装置および実験方法

実験は 250×250×800mm の測定部を持つ回流型風 洞で行った.使用した円柱模型は,長手方向中央位置 で直径が下部のD=10mmから上部のd=2,4,5,6そして 8mm へ急変する5種類の径違い円柱(以後 d/D CC と 略記)である.円柱は測定部入り口から250mmの横幅 中央に垂直に設置した.座標軸原点を径が急変する円 柱長手方向中央の円柱中心に採り,主流方向を x 軸, 横幅方向を y 軸そして長手方向を z 軸とした.速度場 の測定には I 型熱線プローブを用い下部円柱の直径

1:日大理工・学部・機械、2:日大理工・教員・機械

**D=10mm**に基づくレイノルズ数 **Re=6500**一定のもと行 なった.このとき,主流速度 U₀はおよそ 10m/s になる.

## 3. 実験結果

結果は径比 d/D による違いが分かりやすいよう d=4, 6 および 8 mm について示していく. Fig.1 は, y 方向分 布を調べた結果である. 縦軸スケールはいずれの分布 も 0.2 だけずらしてある. また段下部の径が 10mm の 範囲では 10/10CC の分布を青の破線で重ねて示した.



4/10CCまでは段の上部から下部に移ると、 $\overline{U}/U_0$ は 上部の細い円柱の伴流の幅を記憶しながら y/D = 0 に おける最大欠損量が大きくなる. さらに下部に移ると 欠損量は一旦小さくなり,伴流の幅を広げて y 方向全 体に平坦な分布になる. これより少し下がったところ で特徴的な W 型分布をとる. Ū/U₀の y 方向分布の z 方向の変形から、伴流内に2次流れをつくる縦渦の存 在を推測できる. この移行過程は 5/10CC までで, それ 以上の d/D では W 型分布は消失する.対応する u'/U₀ 分布も段のすぐ下までは細い円柱の分布を記憶するが, 段下部の平坦な $\overline{U}/U_0$ 分布をとる位置で $u'/U_0$ は低く 抑えられ、中央付近の分布が平坦になる. これより下 部では近接伴流に特徴的な双頭峰分布が現れ、直円柱 の分布に近づくことを示している. u'/U₀分布が直円 柱に比べ低く抑えられていることから, Fig.2 に示す変 動速度のスペクトル分布の等値線図から詳細に調べる ことにする. グラフは示さないが, 直円柱における変 動速度の中心周波数 fc は, 590Hz (4/4CC), 390Hz (6/6CC), 295Hz (8/8CC)および 230Hz (10/10CC)である. 何れの d/D においても上部円柱後流の変動速度の中心 周波数は直円柱と変わらず、下部円柱後流の中心周波 数は d/D とともに減少する. 中心周波数成分の強さに は上部円柱、下部円柱ともに抑えられ、上部円柱では 中心周波数成分が 4/10CC では 85.7%, 最も太い 8/10CC でも 71%もの減少率を示している.一方,下部円柱の 中心周波数成分は 4/10CC で 77.8%, 8/10CC でも 47.1% とこちらも d/D が小さいほど減衰量が大きい. 最後に この中心周波数をストローハル数 St として整理したも のを Fig.3 に示す. 上部円柱後流は d の減少に対し僅か ではあるが直線的に増加している. 直円柱でも同様の 変化を示すことからレイノルズ数効果と考えられる. 一方,下部円柱後流では d/D とともに St も減少する. 八木田らの結果 [1] を参照すると,段を乗り越えて円柱 背後に流れ込む流れによって背圧が上昇し,その結果, 剥離点が前方に移動することで St が減少する.

4. まとめ

 1) Ū/U₀の y 方向測定から、4/10CC 以下で下部円 柱後流に特徴的な平坦と W 型の速度分布が見られる.

2) 段のすぐ下では,速度変動の中心周波数成分の乱 れ強さが極端に減少し,径比が小さいほど減少効果が 大きい.

3) 径比が小さくなるにつれ,段を越えて円柱背後に流 れ込む流量が増すことで背圧が上昇し変動速度の中心周 波数が下がる.



Figure 2. Spectrum distribution at x/D=5



Figure 3. Variation of the strouhal numbers

5. 参考文献

[1] 八木田幹,河野雄三,大谷哲也:「段付き円柱まわりの流れ」,日本機械学会論文集 B 編, Vol. 55, No. 518, pp. 3044-3048, 1989

[2] 呉平,羽二生博之,宮越勝美:「段付き円柱のスパン方向における異なった渦放出周波数間の非線形干渉による新たな周波数の生成」,日本機械学会論文集 B
編, Vol. 73, No. 725, pp. 103-111, 2007

[3] W. Dunn, S. Tavoularis: "Experimental studies of vortices shed from cylinders with a step-change in diameter", J. Fluid Mech., vol. 555, pp. 409–437, 2006