

PIV による 90°曲がり管下流の円管内乱流計測

PIV Study of Turbulent Pipe Flow behind a 90° bend

○園部力哉,筑波大院,〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, rsonobe@edu.esys.tsukuba.ac.jp
 後藤秀行,筑波大院,〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, yy_hgoto@edu.esys.tsukuba.ac.jp
 橋本 晃,筑波大院,〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, a_hashimoto@edu.esys.tsukuba.ac.jp
 榊原 潤,筑波大,〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, sakakiba@kz.tsukuba.ac.jp
 手塚英昭,(株)東京電力, 〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1, tezuka.hideaki@tepcoco.jp
 Rikiya SONOBE, Hideyuki GOTO, Akira HASHIMOTO, Jun SAKAKIBARA, Dept.of Engineering Mechanics and Energy,

University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaragi, 305-8573, Japan

Hideaki TEZUKA, Tokyo Electric Power Company, Egasaki-cho 4-1, Tsurumi,

Yokohama, 230-8510, Japan

We measured three-components velocity distribution in cross sections of fully developed turbulent pipe flow behind a bend by means of stereo PIV. Reynolds number 1.8×10^4 and 1.2×10^5 , and ratio of inner diameter d of the pipe and radius of the centerline of the bend was 1.3. Fluctuating velocity fields was analyzed by using proper orthogonal decomposition (POD). While symmetrical counter-rotating vortices was evident in a mean velocity field in cross sections of pipe behind bend, single vortex was dominated in a velocity field reconstructed by most energetic eigenfunction mode-0. The eigenfunction with the second largest eigenvalue, mode-1, exhibited a structure such as counter-rotating vortex pair. Power spectrum of the POD coefficient of mode-1 shows a dominant peak at $St=0.06$, which is similar to that of the shedding frequency in the separation region of the bend. Relatively higher value of the power spectrum at the frequency lower than $St=0.06$ implies the dominance of the mode-1 structure on the very low frequency oscillation of the flow field.

1 目的および実験方法

曲がり管下流の管断面の瞬時速度分布およびその時間的変化をステレオ PIV を用いて計測し、渦構造の時間的変化に関する知見を得ることを目的とする。流水路はアクリル製で、円管内径は $d=50\text{ mm}$ である。ポンプから送られた水は整流板、助走部 (4m) を経て曲がり管 (曲率半径 $R=1.3d$)、テストセクション (8m) を通り、戻り配管を介して循環する。テストセクションは光の屈折を抑えるためにウォータージャケットを有している。テストセクションと平行にレール (スライドガイド, 8 m) を敷設し、その上を移動可能な台車にカメラおよびレーザーを搭載した。レール全域にわたるカメラと流路の間隔の偏差は $\pm 0.5\text{ mm}$ 、上下方向位置の偏差は 3mm 程度である。作動流体の水にはトレーサ粒子を懸濁した。レーザーおよびレンズ群を用いてレーザーシートを形成し、管断面を横切るように照射した。管断面のトレーサ粒子から散乱した光を台車に搭載された 2 台のカメラによってそれぞれ斜め 45° から撮影した。このとき、流路表面における収差を防ぐため、プリズムを通して撮影した。得られた画像をステレオ PIV 法に基づいて解析し、円管断面の速度 3 成分を計測した。計測データの解析にあたっては、乱流場における組織構造の抽出に有効な手段である固有直交分解 (POD) 法を用いた。

2. 結果

速度変動場の 2 点相関 R_{ij} から、固有関数 ϕ (すなわち最適な基底関数) とその固有値 λ を求めた。 $Re=120,000$, $z=2d$ での二番目にエネルギー寄与率の大きな固有関数(mode-1)を Fig.1 に示す。平均流速分布では上下に並んだ双子渦が現れるが、Fig.1 では左右に対となった双子渦のような構造である。次に、瞬時速度分布を固有関数で分解したときの、速度の各固有関数に対応する成分の大きさである POD 係数 c を求め、mode-1 の c をフーリエ変換してパワースペクトルを求めた結果を Fig.2 に示す。ストローハル数 $St=0.06$ 付近でピークが確認できる。この St の値は、Rutten らに

よって発見された曲がり管内の剥離領域から離脱する渦の周期と近い値である。 $St=0.06$ よりも低い領域では、mode-1 のパワースペクトルが mode-0 よりも大きな値をもち、mode-1 の双子渦状構造が低周波数域において支配的であることが明らかとなった。

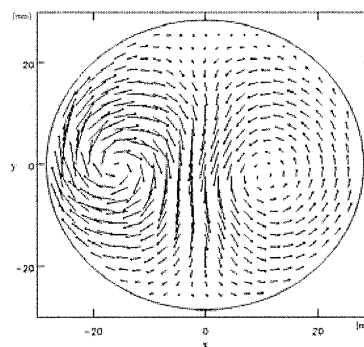


Fig.1 Vector diagram of eigenfunction, mode-1, $Re=120000$, $z=2d$

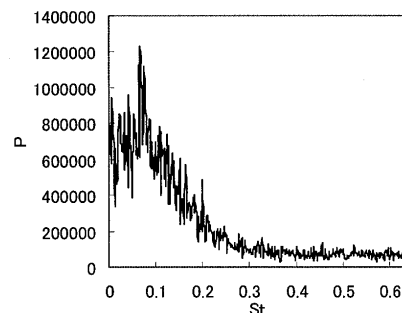


Fig.2 Frequency analysis of POD coefficient, mode-1