

管路湾曲部流れの可視化実験装置の開発に関する研究

愛媛大学大学院 学生員 ○小島英司
 愛媛大学大学院 学生員 新家研蔵
 愛媛大学工学部 正会員 門田章宏
 愛媛大学工学部 フェロー 鈴木幸一

1. はじめに

管路内の流れの可視化計測では撮影時の歪み校正や撮影断面位置の設定、スリット光の照射法、さらに管路を対象とした模型実験では通常毎秒 10cm~数 m 程度の広範囲な流速を対象とするため、開水路の可視化計測と比較して撮影が難しく、かつ湾曲部の管路の研究は非常に乏しいといえる。本研究では、キャビテーションも再現できる湾曲管路を作成し、高速デジタルカメラおよびスリット光発生装置からなる可視化実験装置や画像を精度良く解析する方法を駆使することで、これらの問題点を解決し、管路の湾曲部断面内の流れを粒子画像流速測定法(Particle Image Velocimetry, 以下 PIV)を用いて鉛直二次元断面内の瞬間流速を測定・解析を行った。

2. 実験方法

本実験で使用した装置(図-1, 図-2)は、素材が透明の塩ビの管路および湾曲部の 90° 大曲エルボ(VUULL) (外径 60mm, 内径 51mm, 厚み 4mm), 高速 CCD カメラ(IMPERX IPX-VGA210), 画像取得, 解析用 PC および画像キャプチャーボードから構成されており, 水中ポンプ(流量約 35~245L/min)により循環式管路となっている。圧力計, 流量計で管路内の断面平均流速を見ることができ, 流量調節弁で管路内の断面平均流速を変えることができる。撮影の際に用いた光源はメタルハライドファイバー照明装置(MORITEX MME-250)であり, 約 5mm のスリット光を発生させる



図-1 実験装置

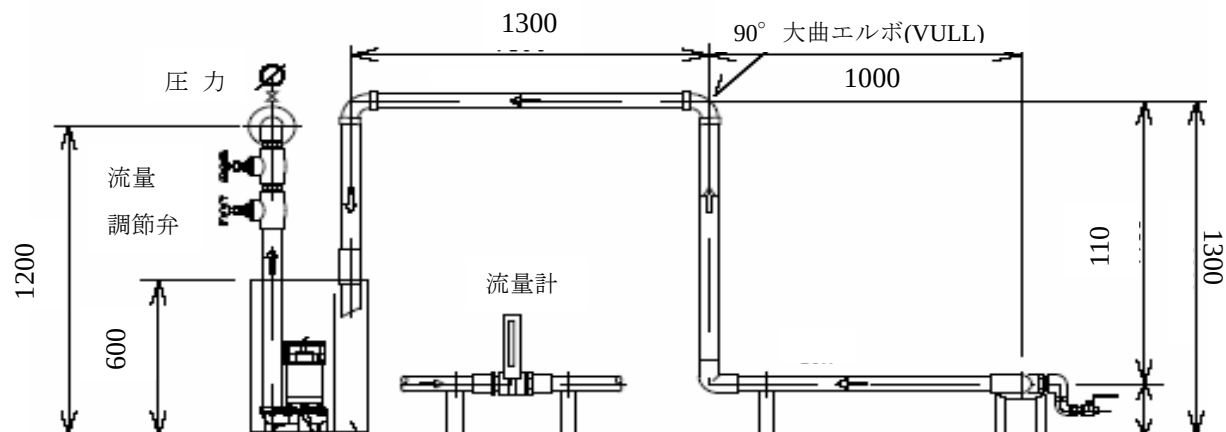


図-2 実験装置の概略図(正面図)

キーワード 管路湾曲部, 流れの可視化, PIV 法

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学工学部環境建設工学科水工学研究室 Tel089-927-8579

ことができる．さらに，カメラで撮影した後解析する際，管路内の微粒子の変化を見ることも可能であるが，より確実に変化を見やすくするためトレーサ粒子 (DIAION, MITSUBISHI Chemical Co., diameter =250-600 μ m, density=1.02g/cm³)を使用した．カメラの撮影時間は約 20 秒で約 2000 枚の画像を取得した．その後，その画像を元に管路内を流れているトレーサ粒子のみの画像を抽出し，さらに二値化処理 (図-3)を行った．解析には，二枚の粒子画像から任意の探查領域を第一画像に定義し，直接相互相関法によって第二画像から相似な粒子パターンを検索し，流速を求める PIV (Particle Image Velocimetry) 法を採用した．この二枚の画像のずれから流速を求める方法は，個々の粒子を追跡する方法 (PTV 法)とは異なり，相関計算を行う検査領域を比較的大きめにとることで，より速い流速にも対応できると考えられる．本解析では，まず比較的大きな検査領域サイズからベクトルの計算を開始し，大まかな参照ベクトルを評価する．さらに小さな検査領域に縮小させ，参照ベクトルを基準に補正しながら，精度の良い計算を行う手順を試みた．

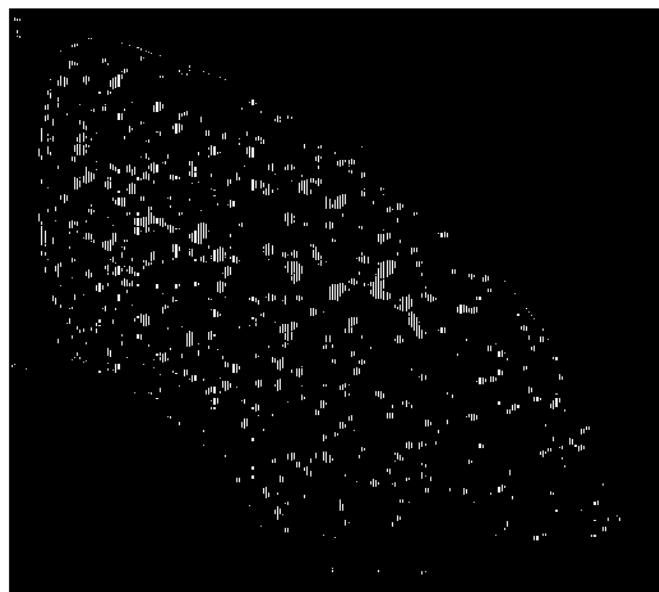


図-3 二値化後の画像

3. 実験結果と考察

図-4 に一定流速での平均流速ベクトル図の結果を示している．なお，図中にあるコンターはベクトルの大きさを表している．また，図に示す乱流統計量は，全て等間隔メッシュに補間した値から求めたものを示している．図-4を見ると， $x=3\sim 7\text{cm}$, $y=0\sim 5\text{cm}$ の範囲が最も速い流速 70cm/sec となっていることがわかった．そして右下から左上方向に管内の水は流れていて，徐々に流速が左上に行くごとに 55cm/sec と下がっていく．また $x=1.5\text{cm}$, $y=5\sim 6\text{cm}$ の範囲でまた流速が少し上がり，65cm/sec となる． $x=1$ から 0cm, $y=5$ から 3cm で順に流速が落ち，35~50cm/sec になっている部分もある．今回の成果は撮影及び解析が難しいと言われている管路の湾曲部の解析に成功し，なおかつ流れの現象を再現できたことである．今後の課題はキャビテーションやウォーターハンマーなどが発生する流速が速い条件での解析が必要となるため，さらに高性能の CCD カメラを用いて撮影を行うこと，それに合う解析方法の開発，実験装置を簡略化 (流量計を付けたために実験装置の構造が複雑になってしまったため) して抵抗を減らすことで水中ポンプの性能を完全に発揮させること等が考えられる．

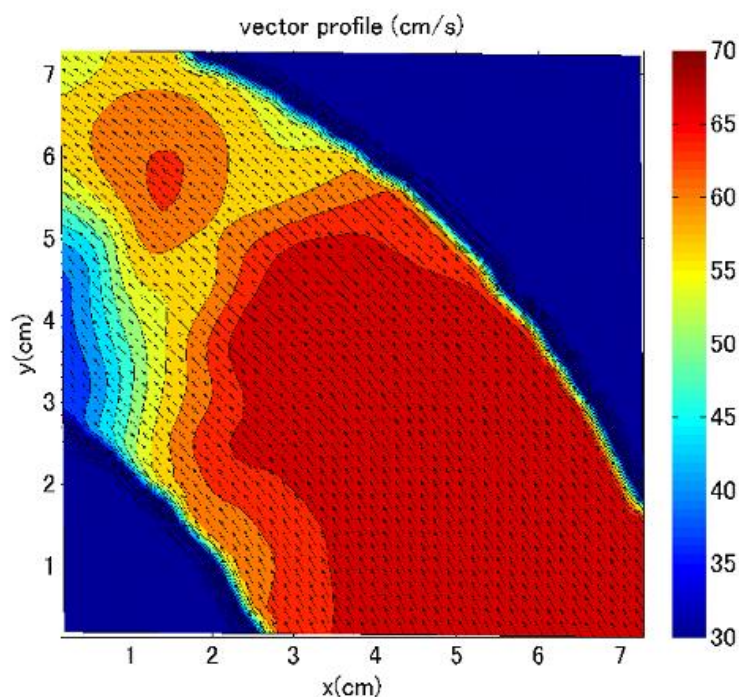


図-4 平均流速ベクトル (cm/sec)