

PIVを用いた矩形管路の継ぎ手における流れの可視化実験

The flow visualization experiment using PIV in the joint of rectangle pipe

田中良和* 向井章恵* 樽屋啓之*

Yoshikazu TANAKA*, Akie MUKAI*, Hiroyuki TARUYA*

1. はじめに

農業用パイプラインにおける直線管路の通水能力は、ヘーゼン・ウィリアムズ式における流速係数で表現されてきた。これまで、流速係数は管種と管径によって分類されているが、管種によって異なる形状を持つ継ぎ手の違いによる影響が十分考慮されているとは言えない。適切な流速係数の解明に資するためには、管種によって異なる継ぎ手形状が直線管路内の流れに対して及ぼす影響を計測する必要がある。

そこで、本研究では、PIV（粒子画像流速測定法）を用いて、管路内の流速を測定し、継ぎ手の下流側の流れの特性を考察した。

2. 実験

アクリル製矩形管路内を流れるトレーサー粒子を高速カメラにて撮影し、その連続写真を用いてPIVにて2次元流速を計測した。この操作を継ぎ手の上下流の区間において行い、流速や乱れエネルギーなどの分布を考察した。

装置

管路内の可視化のために、管材はアクリルとした。管路形状が円管の場合、曲率と屈折率の補正が必要であるため、今回は矩形管とした。矩形断面の寸法は4×1 (cm)とした。10mの管路の上流に整流器と5mの整流区間を設け、循環水槽から管路内へポンプ圧送した (Fig.1)。

継ぎ手形状は、押し込み型、フランジ型、および溶接型の3種類とした (Fig.2)。

方法

直線矩形管路の側面からキセノンスリット光源 (カトウ光研 KS150-100) によって、シート状光線を照射して、シート状光線面の法線方向から高速 CMOS カメラ (Vision Research Phantom V4.1) にて、矩形管路中心を流れるトレーサー粒子 (KANOMAX Orgasal 密度

1.03 平均粒径 50 μm) を撮影した。撮影速度は2100コマ毎秒とした。粒子画像の連続写真からPIVによって2次元2成分の流速を測定した。流速の測定点は壁から1/8D (Dは管路幅) 1/4D、3/8D、および1/2D離れた距離において、継ぎ手の上流側20cmから下流側100cmまでの区間を1cm間隔とした192点とした (Fig.2)。レイノルズ数は70000の乱流状態であった。測定した流速より、レイノルズ応力、乱れエネルギー、乱れ強度およびそのスペクトルなどを計算した。

3. 結果と考察

管軸方向の流れについて、流速分布は Fig.3 のような釣鐘型であったのに対し、乱れ強度 u' とレイノルズ応力は、壁から1/8D、3/8D、1/4D、および1/2Dの順に大きいことが明らかになった (Fig.4)。また、継ぎ手を通過した後の乱れエネルギーの分布は、Fig.5に示すように、フランジ継ぎ手型と押し込み継ぎ手型においては減少したのち増加したが、溶接継ぎ手型においては増加したのち減少して、継ぎ手形状によって異なった。しかし、それぞれおよそ10D程度下流においてかなり減衰することが明らかになった。乱れエネルギーが高い位置と低い位置において、Fig.5の丸数字で指した位置の管中心の流速の時間領域を高速フーリエ変換にてスペクトル解析した。その結果、乱れエネルギーが増加したときは低周波から高周波の全領域において増加していることが明らかになった (Fig.6)。

4. おわりに

今後、損失水頭の測定と円管路における3次元の流れ可視化を行い、異なる継ぎ手形状による流速係数への影響を考察する予定である。

* 農業工学研究所 National Institute for Rural Engineering

キーワード：PIV、流れの可視化、管路、継ぎ手

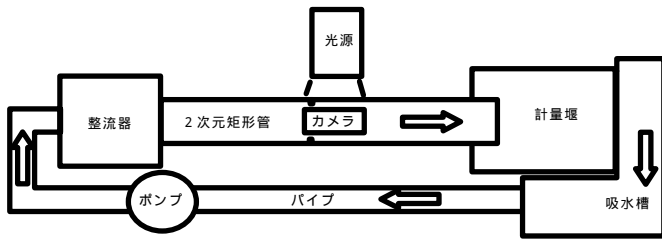


Fig.1 実験装置

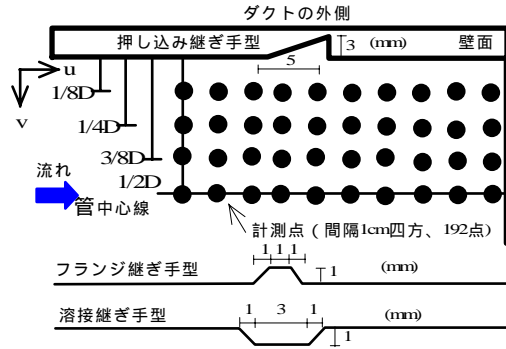


Fig.2 実験条件

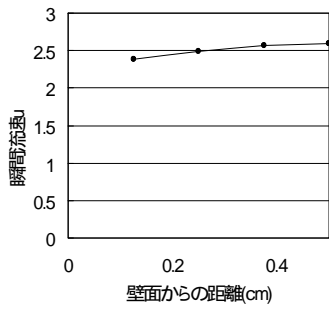


Fig.3 平均流速の分布図
(断面)

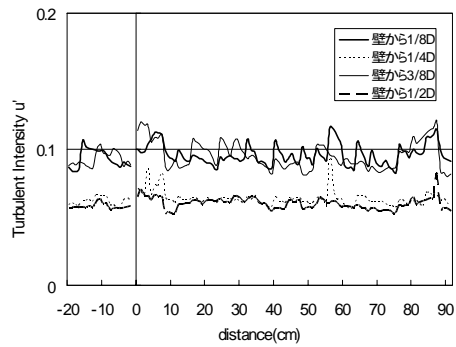


Fig.4 乱れ強度の分布図
(流れ方向)

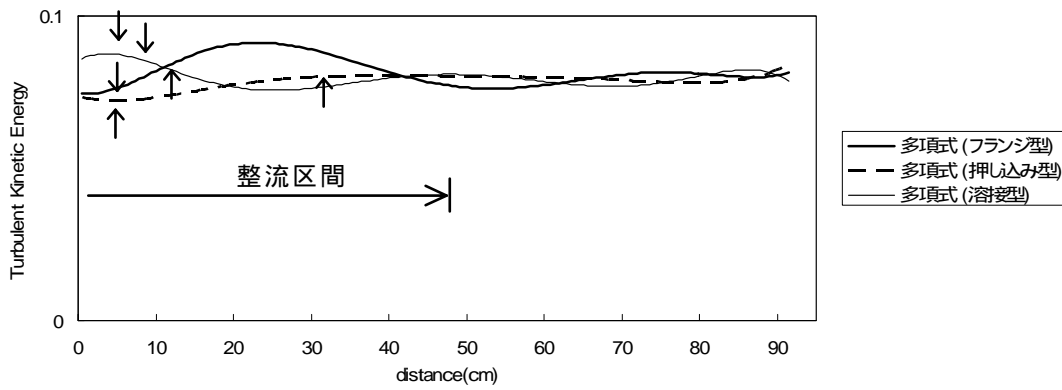


Fig.5 乱れエネルギーの分布図

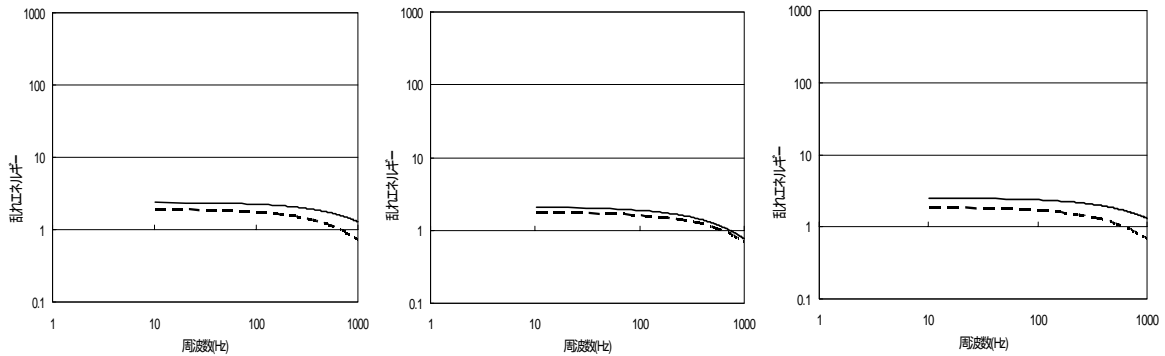


Fig.6 乱れエネルギーのスペクトル