

圧力管渠システムにおけるマンホール内の3次元局所流に関する研究

高知大学理工学部 正会員 ○張 浩
 高知大学理工学部 非会員 佐々 浩司
 高知大学農林海洋科学部 非会員 松田 亮
 高知大学農林海洋科学部 正会員 藤原 拓
 京都大学防災研究所 正会員 川池 健司

1. はじめに

下水道マンホールは、一般に管渠が会合する箇所、勾配や管径が変化する箇所及び維持管理上必要な箇所に設けられ、都市部の市街地を中心に、数多く存在している。下水道の流下能力評価及び都市域の氾濫予測においては、マンホール部のエネルギー損失の考慮が重要である。これまで模型実験を中心に下水道管渠におけるピエゾ水頭の計測結果を用いた研究が数多くなされ、マンホール部における局所損失を評価できる経験式も数多く提案されている（荒尾ら，1999；平塚ら，2013）。一方、マンホール部におけるエネルギー損失はマンホールの形状、流入流出管渠の物理特性、マンホールと流入流出管渠との接続状態、流入流量や下流側排水水深等要因との関連性は指摘されているが、根本的なところでは大規模な渦構造をはじめ、マンホール部の複雑な3次元局所流に支配される。マンホール内の流れの詳細な構造を考慮したエネルギー損失の評価が求められる。

本文ではマンホール部のエネルギー損失評価手法の高度化を図り、エネルギー損失過程において無視できない大規模渦などに代表されるマンホール内の複雑な流れ構造を室内実験で調べた。特に、マンホールと下水道管渠の接続状況の変化がマンホール内の3次元流れ構造に与える影響に着目した。

2. 実験方法

京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの既設下水道管渠流れ実験模型を用いた水理実験を実施した。装置の諸元は図1に示し、主管と支管の2本の流入管と1本の流出管がマンホールで接合する構造になっている。本研究においては、主管と支管に流量 $Q_1=Q_2=1.0\text{L/s}$ を流下させ、接合角度を 0° 、 45° と 90° の三種類に変化させた。代表的な水平断面と鉛直断面を複数選定し、レーザー照射とカメラ撮影を行い（図1）、粒子画像流速測定法（PIV）を用いて、マンホール内の流れの構造を可視化し定量化した。

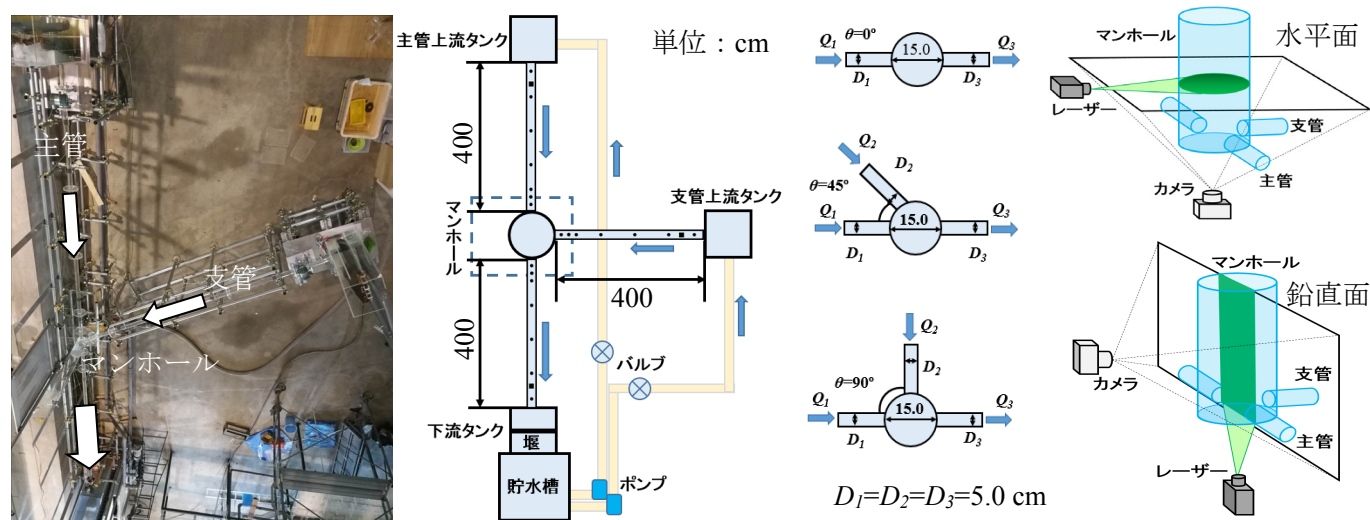


図1 実験装置概要図：(a)下水道管渠模型；(b)実験装置平面図；(c)管渠配置図；(d)PIV撮影とレーザー照射方法

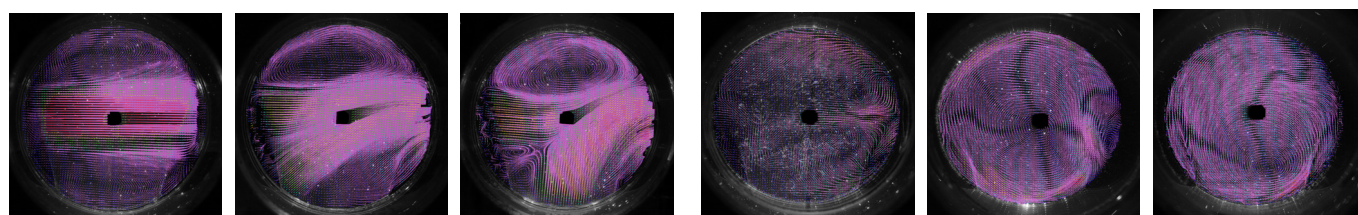
キーワード 下水道，マンホール，氾濫予測，PIV，局所流，接合角度

連絡先 〒780-8520 高知県高知市曙町2-5-1 高知大学理工学部 TEL 088-844-8277

3. 結果と考察

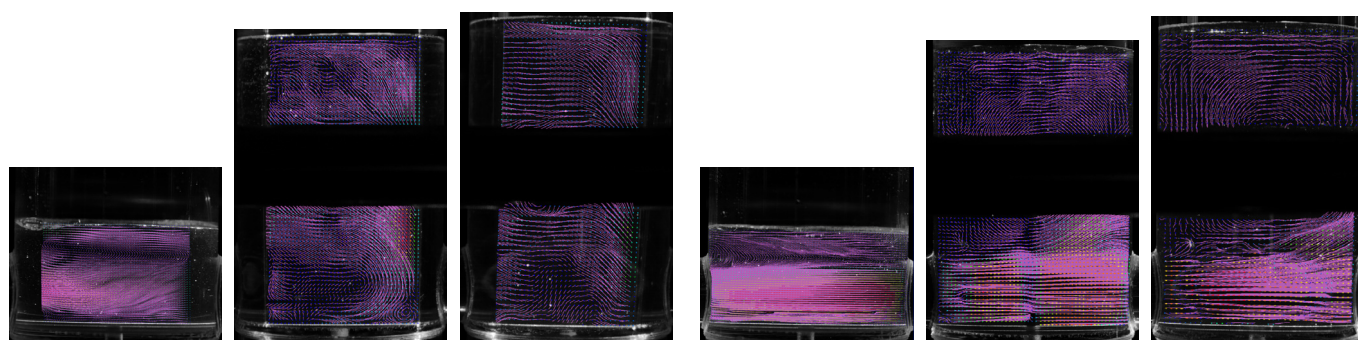
代表的な水平断面及び鉛直断面における平均流速ベクトルと流線を図2及び図3に示す。なお、カメラを設置している側のマンホールの側面から対象とする撮影断面までの距離を y とし、マンホール内部の底面から対象とする撮影断面までの距離を z とする。 $z=2.5\text{cm}$ 断面は下水管渠の中心を通る断面であり、 $z>5.0\text{cm}$ 断面は管渠より高いところに位置している。また、 $y=7.0\text{cm}$ 断面は管渠の中心付近を通る断面である。

実験結果から、主管と支管の接合角度に関係なく、マンホール内においては流速の速い区域と遅い区域が形成され、3次元性の強い大きなスケールの渦構造も確認された。接合角度 0° では、流れがマンホールの中心付近から広がり、主流の両側にほぼ対称な大規模渦が確認された。接合角度 45° では、支管からの流入水が主管の流れに潜り込むように合流し一体化するような流れが確認され、 90° では主管の流れと支管からの流入水が互いの勢いを打ち消し合うような流れが確認された。接合角度ごとに、特徴のある流れ構造が形成されることが明らかになった。



(a) $\theta=0^\circ, z=2.5\text{cm}$ (b) $\theta=45^\circ, z=2.5\text{cm}$ (c) $\theta=90^\circ, z=2.5\text{cm}$ (d) $\theta=0^\circ, z=7.0\text{cm}$ (e) $\theta=45^\circ, z=18.0\text{cm}$ (f) $\theta=90^\circ, z=20.0\text{cm}$

図2 代表的な水平断面における平均流速ベクトルと流線



(a) $\theta=0^\circ, y=3.0\text{cm}$ (b) $\theta=45^\circ, y=3.0\text{cm}$ (c) $\theta=90^\circ, y=3.0\text{cm}$ (d) $\theta=0^\circ, y=7.0\text{cm}$ (e) $\theta=45^\circ, y=7.0\text{cm}$ (f) $\theta=90^\circ, y=7.0\text{cm}$

図3 代表的な鉛直断面における平均流速ベクトルと流線

4. 結論

本研究は、粒子画像流速測定法を用いて、下水管渠主管・支管の接合角度によるマンホール内の局所流の違いについて可視化と定量化を実施した。マンホール内では、複雑な渦に代表する3次元性の強い流れが存在し、主管および支管からの流入水の衝突によって生じる流れ構造は接合角度によって全く異なることが明らかになった。今後、流れの詳細な構造がマンホール内の局所エネルギー損失に与える影響を調べる予定である。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費(若手研究(A))(16H06100)「河川と下水道の連携による雨水管理技術の開発とタイムライン防災への応用に関する研究」および京都大学防災研究所地域防災実践型共同研究(特定)28R-01「レーダネットワークを活用した総合防災システムの構築」の助成を受けたものである。

参考文献

- ・荒尾慎司・三原徹治・楠田哲也, マンホール損失を考慮した雨水管路網設計の最適化に関する研究, 土木学会論文集, No.614/II-16, pp.109-120, 1999.
- ・平塚俊祐・荒尾慎司・楠田哲也, 管路流れにおける3方向接合円形マンホールのエネルギー損失の定式化, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, I_661-I_666, 2013.