

## SEM による 2 方向接合円形マンホール部の流れ解析

九州共立大学工学部 ○正会員 中山 伸介  
九州共立大学工学部 正会員 成富 勝

## 1. はじめに

マンホールにおけるエネルギー損失を適切に評価することは、雨水管路網などを効果的に構築し維持するために重要である。従来、マンホール部における流れの研究は、実験的手法により行われることが多く、これまでに多くの成果が得られている。流れのパターンや圧力分布をより詳細に調べ、その結果を設計に応用するため、近年、各分野において CFD(Computational Fluid Dynamics; 数値力学的手法)が用いられている。

CFD をマンホールとその近傍の流れに応用した研究は少なく、境界条件や適用限界などが十分に検討されているとは言い難い。そこで本研究では、SEM (Scalar-Equation Method; スカラー方程式法)を用いて水面を考慮した流れを計算し、マンホール流れの解析における CFD と SEM の適用可能性について調べた。

## 2. 解析方法

数値解析に用いた基礎式は、連続の式、N.S.方程式、 $k-\varepsilon$  の輸送方程式である。連続の式は、(1) 式により、運動及びエネルギーの式は (2) 式で表すことができる。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{u}) = 0 \quad \dots \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{u} \phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad} \phi) + S \quad \dots \quad (2)$$

ここで、 $\rho$ : 密度,  $t$ : 時間,  $\mathbf{u}$ : 速度ベクトルであり、(2) 式の  $\phi$  は、 $u$ :  $x$  方向速度,  $v$ :  $y$  方向速度,  $w$ :  $z$  方向速度,  $k$ : 乱流エネルギー,  $\varepsilon$ : 散逸率である。それぞれの拡散項  $\Gamma$  とソース項  $S$  は、表 1 に示すとおりである。乱流モデルの各種定数は、Launder らの標準的な値を用いた。SIMPLE 法を用いて離散化し、波状圧力を抑制するためスタッガードメッシュを用いた。

水面を考慮するため、“流体マーカー”保存式の解から界面の位置を推定する SEM を採用した。

## 3. 解析モデル

解析モデルの概要を図 1 に示す。本学で行った実験装置との対比を考慮し、解析モデルの寸法は実験装置と同一にした。

上流管と下流管の内径  $D_u$  は 0.05m であり、それぞれの長さは、2.2m、1.25m である。マンホールの内径と高さはそれぞれ 0.18m、0.5m であり、マンホール部の水面高さ  $h$  は下流端に設けた堰の高さ  $h_s$  と流量により変化させた。

空気の流出境界条件を統一するため、マンホール上部と堰の上部を貫通させ、計算領域の右端には堰と水の流出口を設けた。堰の幅は 0.20m であり、堰の高さ  $h_s$  を 0.20m~0.05m の範囲で変化させた。

## 4. 解析結果

解析結果の一例を示す。図 2 に流量  $Q=20\text{ l/s}$  の場合における中央鉛直断面の絶対速度  $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$  と速度ベクトル分布図を示す。

表 1 各  $\phi$  に対する  $\Gamma$  と  $S$ 

| $\phi$        | $\Gamma$                                   | $S$                                                              |
|---------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| $u$           | $\mu_l + \mu_t$                            | $-\frac{\partial p}{\partial x}$                                 |
| $v$           | $\mu_l + \mu_t$                            | $-\frac{\partial p}{\partial y}$                                 |
| $w$           | $\mu_l + \mu_t$                            | $-\frac{\partial p}{\partial z} - \rho g$                        |
| $k$           | $\mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_k}$           | $G_k - \rho \varepsilon$                                         |
| $\varepsilon$ | $\mu_l + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}$ | $C_1 G \frac{\varepsilon}{k} - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$ |

キーワード: マンホール、数値解析、CFD、SEM

連絡先: 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8 九州共立大学工学部環境サイエンス学科  
naka@kyukyo-u.ac.jp

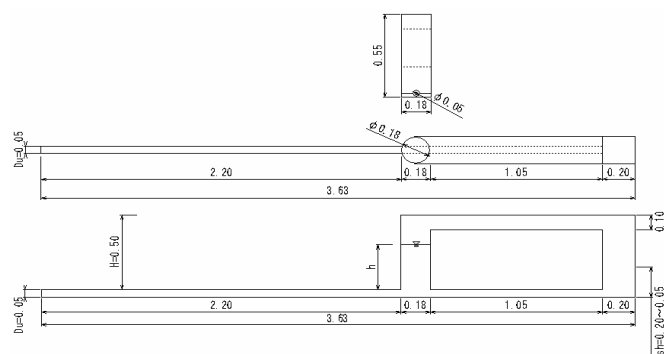


図1 解析モデル(上:正面図, 下:側面図) 単位: (m)

管路内部ではほぼ全域にわたり壁面付近で速度が小さく、中心部で速度が大きい典型的な円管流れの流速分布を示している。マンホール部と管路部の境界領域では速度差が著しいため、管路の流れの一部がはく離し、マンホール内の右壁面に衝突後、上部にまで達している。

同一断面における圧力分布を示すと図3のようになる。さらにこの断面の管路中心線における圧力と流入口までの距離の関係を示すと図4のようになる。

これらの図より、マンホール部を除いた領域で圧力は管路に沿ってほぼ一定の割合で低下しているが、マンホール部にさしかかると一定値を示し、下流管との境界付近で急激に低下することがわかる。

図5は、管路の水平中央断面における絶対速度と速度ベクトルの分図を示したものである。上下の管路内部に典型的な円管流れのパターンが見られる。

上流管の流れがマンホール部へ流入することにより、マンホール部では噴流に近い流れのパターンを示していることが速度ベクトル図からわかる。また、マンホール部で流速は低下するが、下流管において流速が再び回復している様子がわかる。

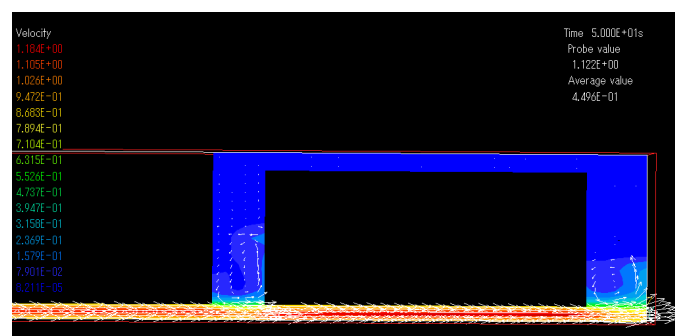
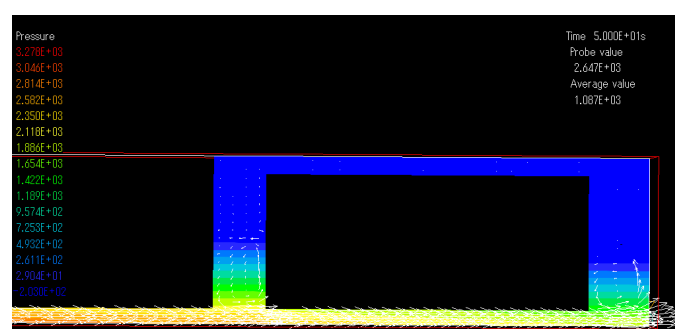
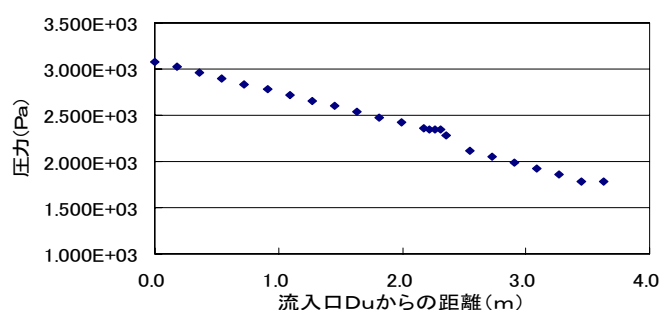
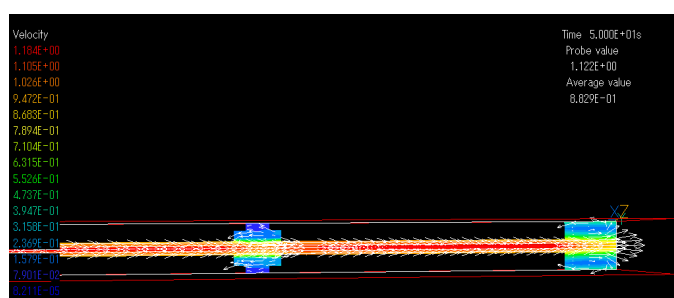
## 5. まとめ

マンホールとその近傍における流れを調べるため、水面を考慮したCFDによる数値解析を行った結果、詳細な速度分布や圧力分布を得ることができた。

今後、実験データとの詳細な比較および計算モデルやパラメータ等の改良を行い、CFDの適用可能性についてさらに調べる予定である。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、(株)建設技術研究所の荒尾慎司氏には大変お世話になりました。

図2 中央鉛直断面における絶対速度 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ と速度ベクトルの分布( $Q=20/s$ ,  $hs=0.2m$ )図3 中央鉛直断面における圧力(p)と速度ベクトルの分布( $Q=20/s$ ,  $hs=0.2m$ )図4 管路中心線の圧力変化 ( $Q=20/s$ ,  $hs=0.2m$ )図5 水平中央断面における絶対速度 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ 及び速度ベクトルの分布 ( $Q=20/s$ ,  $hs=0.2m$ )