

CFD による 2 方向接合円形マンホール部のエネルギー損失特性

岸本建設(株) 正会員 ○森 明広
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正に評価することは、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)が用いられるようになってきた。この方法は、乱流構造や境界条件を適切にモデル化し離散化を行えば、比較的精度の高い流れの構造を得ることができる。しかし CFD をマンホールとその近傍の流れに応用した研究はきわめて少なく、境界条件や適用限界などが十分に検討されているとはいえない。そこで本研究では、3次元的な流れの構造や圧力分布を計算し、マンホールの流れの解析における CFD 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、 $k-\epsilon$ 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。

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

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

ここで、 ρ : 密度、 t : 時間、 \mathbf{u} : 速度ベクトルであり、(2) 式の ϕ 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、 e : 散逸率である。それぞれの拡散項 Γ 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¹⁾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。

3. 解析モデル

解析モデルの概要を図 1 に示す。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、1.05m である。マンホールの内径は 0.18m であり、管径 D_u とマンホール部の高さの比 (h/D_u) を 1~6 の範囲で、流量 Q は 0.5~2 l/s の範囲で変化させた²⁾。

4. 解析結果

解析結果の一例を示す。図 2 は流量 $Q=2\text{l/s}$ の場合における中央鉛直断面の絶対速度 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ の分布である。

表 1. 各 ϕ に対する Γ と S

ϕ	Γ	S
u	$\mu_t + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial x}$
v	$\mu_t + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial y}$
w	$\mu_t + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial z} - \rho g$
k	$\mu_t + \frac{\mu_t}{\sigma_k}$	$G_k - \rho \epsilon$
e	$\mu_t + \frac{\mu_t}{\sigma_e}$	$C_1 G \frac{\epsilon}{k} - C \frac{\epsilon^2}{k}$

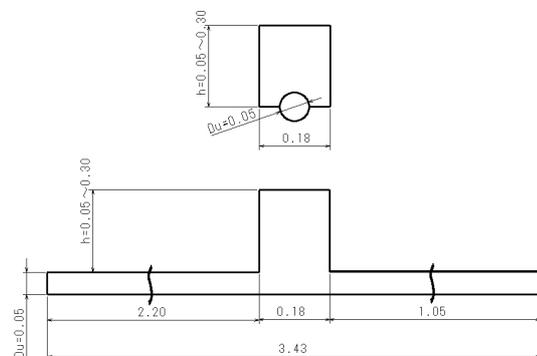


図 1 解析モデル(上:正面図, 下:側面図) 単位:(m)

キーワード CFD, 2 方向接合円形マンホール, 数値解析

連絡先〒807-8585 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 TEL093-693-3215

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、マンホールの直下では一定値を示していることがわかる。一方、マンホール部と下流側の管路の境界付近では、圧力が著しく低下している様子が見られる。

図5に、マンホール最上部の水平断面における速度ベクトルの分布を示す。管路部からはく離し、マンホール右壁面に衝突して上昇した流れが、右壁面に沿って管路の流れとは逆方向の流れに転じていることがわかる。

5. まとめ

本研究では、マンホールとその近傍の流れについてCFDを用いて計算を行った結果、詳細な速度分布や圧力分布を得ることができた。

得られた結果より、マンホールとその下流側の管との境界付近における流れと圧力分布がエネルギー損失に大きく影響を及ぼすことが分かった。今後の課題として、実験データとの詳細な比較を行い、計算モデルやパラメータ等の改良を行っていきたい。

謝辞：元九州共立大学工学部土木工学科教授荒尾慎司氏には実測データの提供ならびに本研究に対する助言をいただき大変お世話になった。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Launder, B.E., Spalding D.B: The numerical computation of turbulent flows, Computer methods in applied mechanics and engineering, Vol.3, p.269(1974)
- 2) 荒尾慎司, 楠田哲也: 2方向接合マンホール部のエネルギー損失特性—レビューと課題—, 下水道協会誌, Vol.33, No.396, p.75 (1996)

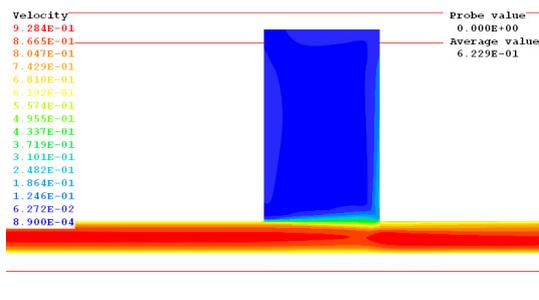


図2 中央鉛直断面における絶対速度

$\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ の分布 ($h/Du=6, Q=20/s$)

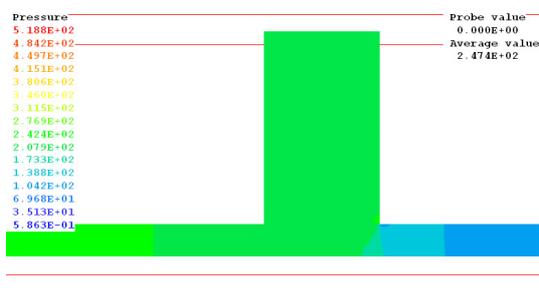


図3 マンホール中央鉛直断面における
圧力分布 p ($h/Du=6, Q=20/s$)

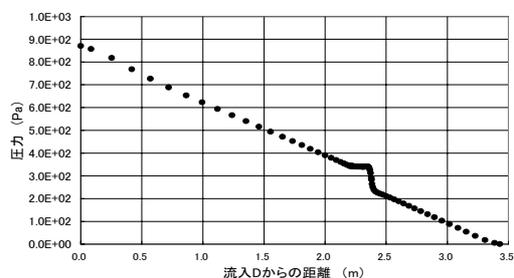


図4 管路中心線の圧力分布 ($h/Du=6, Q=20/s$)

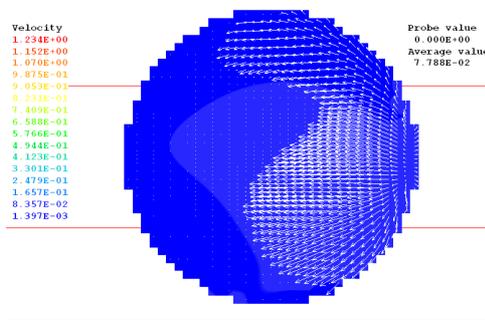


図5 マンホール最上部における絶対速度
 $\sqrt{u^2+v^2+w^2}$ と水平方向速度ベクトルの分布
($h/Du=1, Q=20/s$)