

マンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル

愛媛大学大学院 (株)ゼロ	学生会員	○重田 尚秀
日本興業(株)	正会員	魚谷 牧夫
南海測量設計(株)	正会員	右近 雄大
愛媛大学大学院	正会員	友近 榮治
	正会員	渡辺 政広

1. はじめに

都市下水道流域では、近年、豪雨時にマンホール蓋の浮上・飛散現象が多発している。マンホール蓋の浮上・飛散現象は人命を失う事故の発生に繋がる現象であり、防止対策を早期に確立する必要がある。

本文では、マンホール地点におけるマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデルを構築するとともに、空気圧縮実験を行い、本シミュレーションモデルの適合性について検討した結果を報告する。

2. マンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル¹⁾

マンホール内に封入された空気が図-1 に示す全水頭 H_M の上昇に伴って圧縮され、この空気圧上昇に伴ってマンホール蓋が浮上・飛散する現象を記述する基礎式は以下のように表される。

空気の質量保存則：
$$\frac{d(\rho V)}{dt} = -m \tag{1}$$

空気の圧縮性：
$$\frac{p}{\rho^\gamma} = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma} \tag{2}$$

全水頭の式：
$$H_M = h_a + h_M + z_M \tag{3}$$

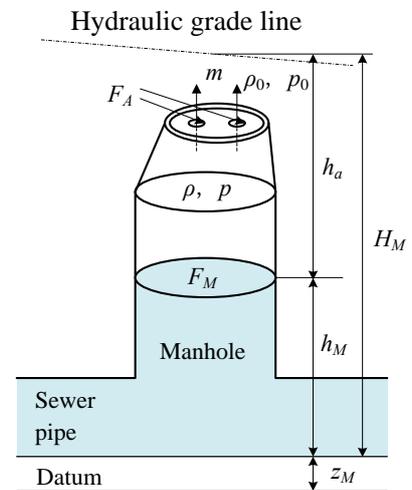


図-1 マンホール

空気の運動方程式：
$$\begin{cases} m = C_m F_A \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}} \rho_0 \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} \sqrt{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1} & \text{(排気)} \tag{4} \\ m = -C_m F_A \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}} \rho_0 \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \sqrt{1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} & \text{(吸気)} \tag{5} \end{cases}$$

ここに、 V ：マンホール内空気容量、 ρ ：マンホール内空気密度、 ρ_0 ：大気密度、 p ：マンホール内空気圧、 p_0 ：大気圧、 F_A ：空気が流出入する排気孔断面積の総和、 γ ：空気の比熱比 (= 1.4)、 H_M ：全水頭、 h_a ：圧力(空気圧)水頭、 h_M ：水深、 z_M ：底高、 m ：排気孔より流出入する空気の質量 flux、 C_m ：縮流係数、 t ：時間である。

3. 模型実験によるシミュレーションモデルの適合性の検討

本モデルの適合性について、 h_M が既知である場合の空気圧縮実験を行い、実験結果と計算結果の比較を行った。

(1) 実験方法

実験装置は図-2 に示すように、直径 0.03 m、長さ 2.0 m、の塩ビパイプである。実験はパイプの先端に直径 0.003 m の排気孔を空けたキャップを取り付け、反対側からピストンを押し、管内の圧力をキャップに取り付

キーワード 圧縮性、空気圧、マンホール蓋浮上・飛散、下水道管渠網

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻 TEL 089-927-9828

けた圧力センサーで測定し、ピストンの位置をビデオ撮影により測定した。

(2) 実験結果と計算結果の比較

実験結果と計算結果の比較を図-3 および図-4 に示す。

図-3 より、排気孔から排出される空気の風速が音速を超えないような比較的緩やかな空気圧縮の場合では、縮流係数 C_m を 0.6 にすると計算結果と実験結果がほぼ一致し、実測値を精度よく再現している。

図-4 より、排気孔から排出される空気の風速が音速に近い急激な空気圧縮の場合では、縮流係数 C_m の適値は 0.6~0.9 で変化していると考えられる。

C_m の値を図-5 のようにして計算した結果を図-6 に示す。これより、計算結果は実測値を精度よく再現している。

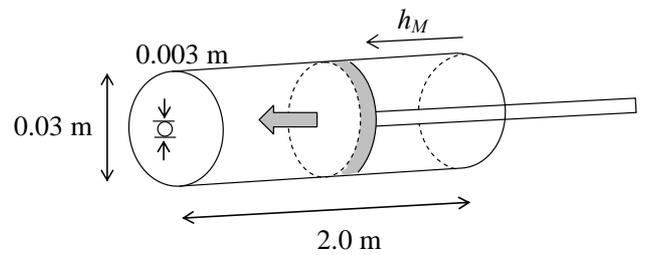


図-2 実験装置

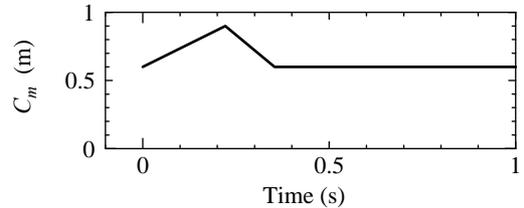


図-5 縮流係数 C_m (RUN 2)

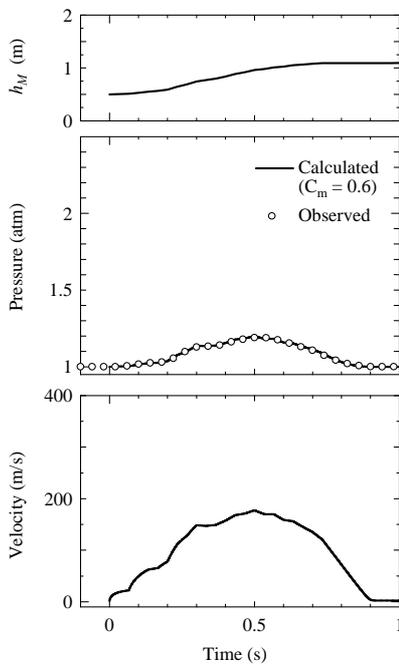


図-3 実験結果と計算結果の比較 (RUN 1)

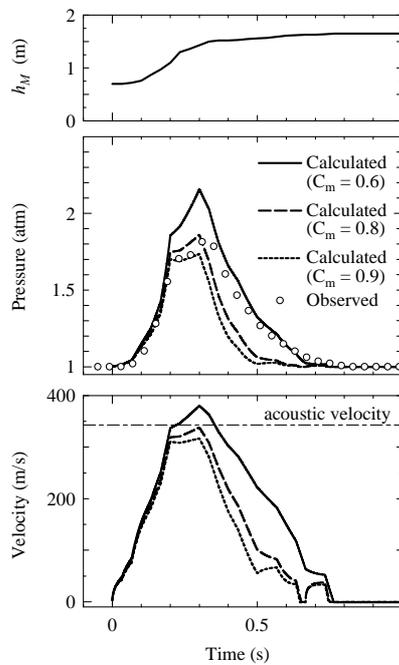


図-4 実験結果と計算結果の比較 (RUN 2)

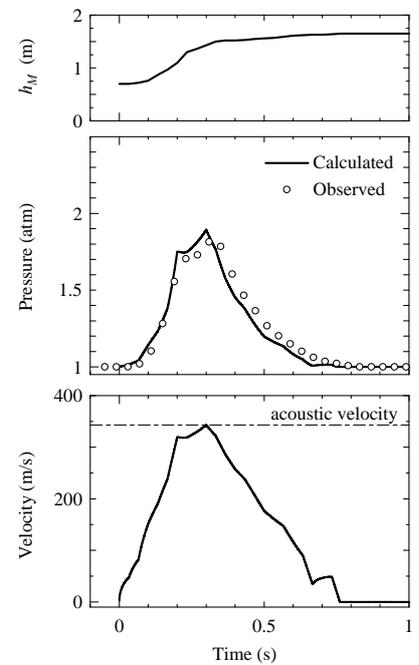


図-6 実験結果と計算結果の比較 (RUN 2)

4. まとめ

本文で提案したマンホール蓋の浮上・飛散シミュレーションモデルによる計算結果は実験結果を精度よく再現することができ、本モデルの基本的な考え方や計算方法は妥当であると言える。また、排気孔から排出される空気の風速が音速に近いとき、縮流係数 C_m は風速に従って変化することがわかった。

参考文献

1) 渡辺政広, 神田徹, 田中祐大, 神吉和夫: マンホール蓋飛散の水理解析モデルと水理模型実験, 水工学論文集, 第45巻, pp. 907-912, 2001年.