

愛媛大学大学院 学生員 ○重田 尚秀
 日本興業（株） 正会員 右近 雄大
 愛媛大学大学院 正会員 渡辺 政広
 京都大学大学院 学生員 清水 篤

1. はじめに

都市下水道流域において、集中豪雨等に起因するマンホール蓋の浮上・飛散が問題となっている。マンホール蓋飛散は、人命を失う事故の発生に繋がる現象であり、その発生原因とメカニズムを明らかにし、飛散防止対策を早期に確立する必要がある。

本研究では、既に提案している下水道管渠システムのマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデルによる数値実験を行い、下水道管渠システムにおけるマンホール蓋の浮上・飛散特性について検討した。

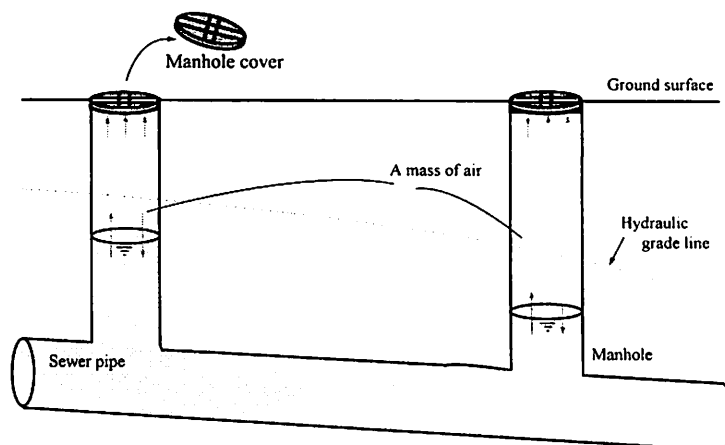


図-1 空気塊を封入した圧力流れ

2. 下水道管渠システムのマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル

本検討では、既に提案している圧力流れの水理解析モデル¹⁾とマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル²⁾を組み合わせたモデルを用いた。水理解析モデルでは、下水道管渠システムは下水管渠部分とマンホール部分から成るとして扱われている（図-1）。

本シミュレーションモデルにおけるマンホール内に空気塊を封入する下水道管渠システムの圧力流れの基礎式は、下水管渠における流出水の圧力流れの基礎式、マンホール地点における空気の圧縮性の式、流入出を考慮した空気と流出水の運動方程式および連続の式により表される。また、マンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデルでは、蓋に作用する空気圧力が蓋の食い込み力を上回るとき浮上が始まるとし、蓋の飛散はニュートンの運動の第2法則で記述されている。

表-1 管渠システム諸元

下水管渠の直径： D (m)	1.0
管渠長（マンホール間隔）： L (m)	60.0
管渠数： N (本)	17
管渠勾配： S_0 (‰)	3.8
マンニングの粗度係数： n ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)	0.014
土被り： T_G (m)	5.0
マンホールの直径： D_M (m)	1.72
マンホール蓋の直径： D_M' (m)	0.6
マンホール蓋の重量： M_g (kgf)	80.0
縮流係数： C	0.7

3. シミュレーション条件

本研究では、17 区間からなるプリズマティックな下水道管渠システムを対象にマンホール蓋の浮上・飛散に関する数値実験的検討を行った。数値実験に用いた管渠システムの諸元は表-1 および図-2 のとおりである。数値実験に用いる境界条件

として、上流端に満管等流流量 $Q_{full} = 1.37 \text{ m}^3/\text{s}$ を与え、下流端に、雨水排水ポンプ場流入ゲートの遮断を想定した水位変動幅 H 、周期 T 秒の sine 型の水位変動（図-2、図-3）を与えた。また、マンホール蓋の食い

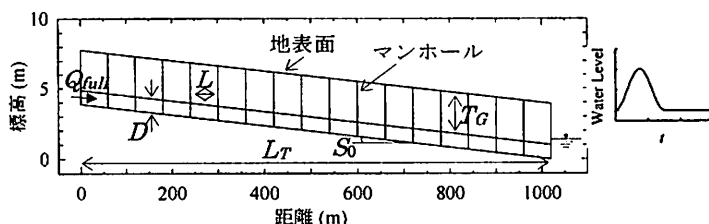


図-2 管渠システムの概要

込み力 M_g' を 100 ～ 400 kgf とし, H , T , M_g' の組合せを種々変更してシミュレーションを行った (表-2)。ここで, マンホール蓋が飛散したか否かについては, 次式により判別される。

$$(p - p_0)(F_c - F_a) < R_f \Rightarrow \text{浮上・飛散しない} \quad (1)$$

$$(p - p_0)(F_c - F_a) \geq R_f \Rightarrow \text{浮上・飛散する} \quad (2)$$

ここに, p : マンホール内空気圧, p_0 : 大気圧, F_c : マンホール蓋の底面積, F_a : マンホール蓋の空気孔断面積の総和, $R_f: M_g + M_g'$ で表されるマンホール蓋の浮上に対する抵抗力である。

4. シミュレーション結果

表-2 に示す H , T , M_g' の組合せを種々変えてシミュレーションを行い, マンホール蓋浮上・飛散の有無を確認した。シミュレーション結果より, 下水管渠径 1.0 m の管渠システムにおけるマンホール蓋の浮上・飛散判定図 (図-4) を得た。図中の食い込み力別の曲線は, マンホール蓋が浮上・飛散する境界を示しており, 水位変動幅 H , 周期 T の組合せが曲線より上の領域であれば浮上・飛散し, 下の領域であれば浮上・飛散しないことを示す。

5. まとめ

マンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデルを用いた蓋浮上・飛散判定のシミュレーションを行った結果, 下水管渠径 1.0 m の管渠システムにおけるマンホール蓋の浮上・飛散判定図を得た。本図を実流域におけるマンホール蓋浮上・飛散対策に活用する方法を以下に示す。

- ①管径 0.7 m ～ 1.2 m の下水管渠が接続するマンホールを抽出する。
- ②抽出したマンホールを交通量, 通行車種等の車両通行状況によって分類する。
- ③マンホール蓋の引抜き試験を分類毎に数箇所ずつ行い, マンホール蓋の食い込み力を測定する。
- ④対策対象とする水位変動幅 H , 周期 T を設定し, ③で測定したマンホール蓋の食い込み力と図-4 より危険箇所を選定する。

実際の下水道管渠網は, 管径 0.25 m ～ 5.0 m の円形管および矩形管から構成されており, 管径毎に浮上・飛散判定図が必要になる。

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.
- 2) 重本直人, 渡辺政広, 西村文武, 藤森祥文: 下水道マンホールにおける空気圧変動解析, 平成 17 年度土木学会四国支部第 11 回技術研究発表会講演概要集, pp.152～153, 2005.

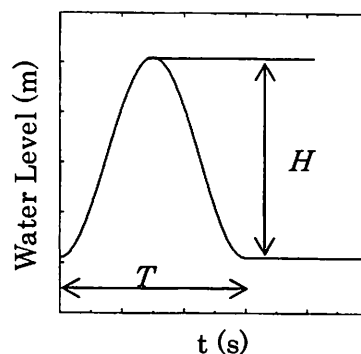


図-3 下流端水位

表-2 シミュレーション条件

T (s)	15, 30, 60, 120, 240, 480, 960
H (m)	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0
M_g' (kgf)	100, 200, 300, 400

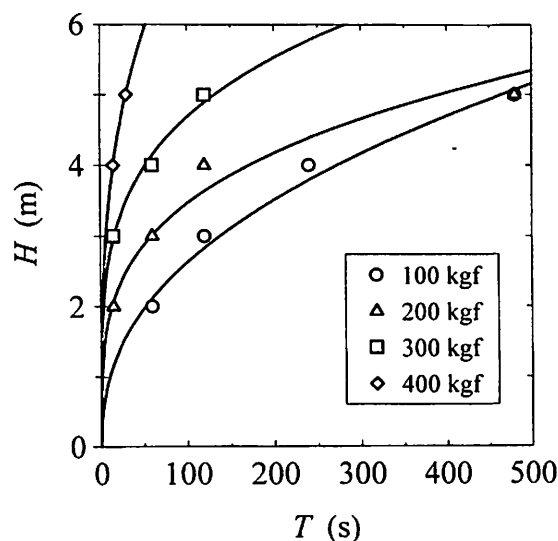


図-4 マンホール蓋浮上・飛散判定図
($D = 1.0$ m)