

取付管によるマンホール蓋飛散防止対策について

愛媛大学大学院 学生員 ○村上 裕紀
 愛媛大学大学院 学生員 八島 史直
 愛媛大学大学院 学生員 右近 雄大
 愛媛大学大学院 正 員 渡辺 政広

1. はじめに

近年、都市域の下水道流域では、豪雨時にマンホール蓋の飛散現象が多発するようになってきている。その原因として、土地利用の高度化、道路の舗装化などの都市化現象の急激な発展に伴う不浸透域の増大により、当初の計画を遥かに上回る大量の雨水が下水道管渠網へ流れ込み、下水管渠システム内で空気塊を封入する圧力流れが発生することが挙げられる。マンホール蓋飛散現象の発生メカニズムは未だ解明されておらず、蓋飛散防止のための根本的な解決策が見いだされていないのが現状であり、早急にこうした方面の研究の進展が望まれている。

本文では、既に得られている、空気排気断面積を大きくすることがマンホール蓋飛散防止に繋がるという知見から、マンホール部に排気のための取付管を設置して蓋飛散を伴う流出シミュレーションを行い、その有用性について検討した。

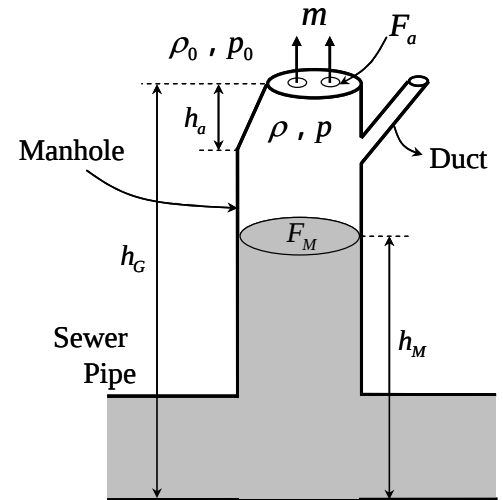


図-1 マンホール部諸量

2. マンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル

本検討には、既に提案しているマンホール蓋浮上・飛散モデル¹⁾を用いた。マンホール部における諸量を図-1に、本モデルに用いた基礎式を以下に示す。

空気の質量保存則：

1) 水面が直壁部にある場合

$$\rho \frac{\pi D_M^2 (h_t + h_G - h_M)^2}{4(h_t + h_a)^2} \frac{dh_M}{dt} - \left\{ \frac{D_M^2 (h_t + h_G - h_M)^3}{12(h_t + h_a)^2} \pi - \frac{\pi D^3 h_a}{12(D_M - D)} \right\} \frac{d\rho}{dt} = m \quad (1)$$

2) 水面が斜壁部にある場合

$$\rho F_M \frac{dh_M}{dt} - \left\{ F_M (h_G - h_M - h_a) + \frac{1}{12} \pi h_a (D_M^2 + D_M D + D^2) \right\} \frac{d\rho}{dt} = m \quad (2)$$

$$; \begin{cases} m = C_m \cdot F_A \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}} \rho_0 \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} \sqrt{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1} & (\text{排気}) \\ m = -C_m \cdot F_A \sqrt{\frac{2}{\gamma-1}} \rho_0 \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \sqrt{1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} & (\text{吸気}) \end{cases}$$

$$\text{空気の圧縮性の式: } \frac{p}{\rho^\gamma} = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma} \quad (3)$$

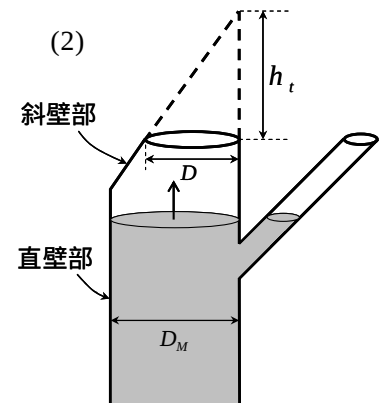


図-2 マンホール部

キーワード 取付管、設置位置・本数、圧縮性、空気圧、マンホール蓋浮上・飛散

連絡先 〒790-8577 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

ここに, ρ , ρ_0 : マンホール内空気密度, 大気密度, p , p_0 : マンホール内空気圧, 大気圧, F_A : 空気が流入する空気孔および吸排気管の断面積の総和, γ : 空気の比熱比 (=1.4), m : 空気孔および吸排気管を通じて流入する空気の質量 flux, C_m : 縮流係数, F_M : 直壁部のマンホールの断面積, h_M : 水深, h_G : マンホール深, h_a : 斜壁部の鉛直, h_t : マンホール蓋を底面とする円錐の高さ, D_M : 直壁部のマンホール直径, D : マンホール蓋直径, t : 時間である. また, 次式を満たすとき, マンホール蓋は浮上・飛散したとする.

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

ここに, 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 : Mg (蓋の自重) + $M'g$ (食い込み力) で表されるマンホール蓋に働く抗力である.

3. マンホール蓋の浮上・飛散シミュレーション

3.1 流出シミュレーションの条件

本シミュレーションで使用するマンホール蓋は勾配受け型 (直径 0.6 m, 重量 50 kgf, 勾配受けの角度 10°) とし, マンホール直径を 1.5 m, 斜壁部の鉛直高さを 0.6 m, 取付管直径を 0.2 m, 初期の空気層 3 m で一定とした. なお, マンホール内の水位が上昇し, 取付管位置を上回るようになると, マンホール内の流出水の一部は, 取付管内へと流出してゆくが, ここでは, その流出はないとして取り扱っている.

3.2 蓋飛散を伴う流出シミュレーション結果

蓋面積に対する排気断面積の割合 (1% ~ 7%), 取付管本数・設置位置 (0 ~ 3 本, 地表面から 0.3 ~ 1.0 m), マンホール内に流入する流量 (0.53 ~ 1.24 m^3/s , マンホール直壁部における水面上昇速度: 0.30 ~ 0.70 m/s) を種々に変化させ, 1) 蓋が飛散しない最小食い込み力と蓋の排気断面積および取付管本数の関係 (図-4), 2) 蓋が飛散しない最小食い込み力と蓋の排気断面積および取付管設置位置の関係 (図-5), 3) 蓋が飛散しない最小食い込み力とマンホール水面上昇速度 (流入流量) の関係, などを調べた.

これらのシミュレーション結果から, 1 本の取付管を接続することにより, 蓋飛散防止効果が十分に発揮されることが分かる. また, 取付管設置位置が地表面に近いほどその排気機能が長く保たれて減圧効果が大きくなり, 蓋が飛散し難くなることも分かる.

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 年

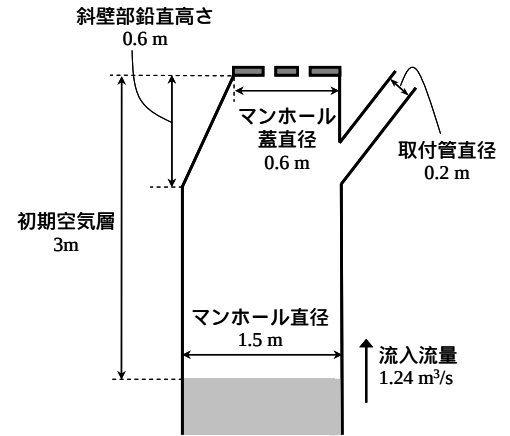


図-3 流出シミュレーション諸量

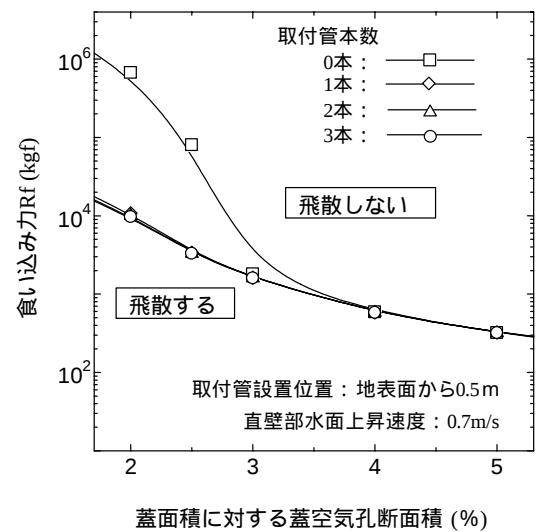


図-4 蓋が飛散しない最小食い込み力と総排気断面積および取付管本数の関係

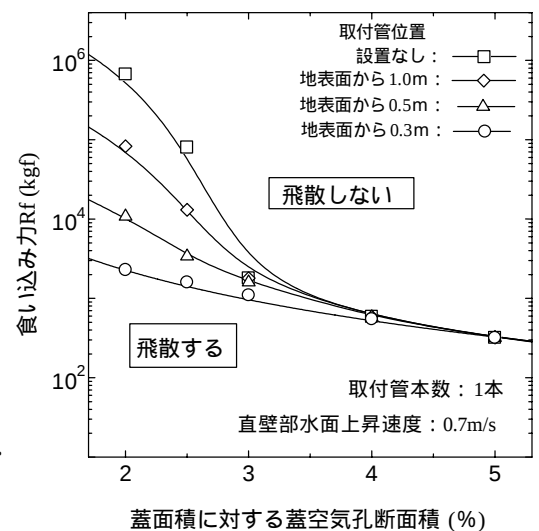


図-5 蓋が飛散しない最小食い込み力と総排気断面積および取付管設置位置の関係