

マンホール蓋飛散防止に果たす取付管の効果

愛媛大学大学院 学生員 ○八島 史直
愛媛大学大学院 正 員 藤森 祥文
愛媛大学大学院 学生員 村上 裕紀
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、人口の集中、土地利用の高度化、道路の舗装化、集水域の拡大などの都市化現象が急速に進展しており、不浸透域が著しく増大してきているとともに、流域の保水機能も極度に低下してきている。このため、強雨時あるいは豪雨時には、計画を上回る大量の雨水が下水道管渠網に流れ込み、下水道管渠網内で空気塊を封入する圧力流れが発生して、マンホール蓋飛散現象がしばしば発生するようになってきている。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。

本報告では、図-1 に示す斜壁部と直壁部からなるマンホールを対象に、蓋飛散シミュレーション・モデルを提案するとともに、本シミュレーション・モデルを用いて、蓋飛散とマンホール内水面上昇速度、蓋の食い込み力、蓋の空気孔断面積、取付管の接続本数・位置、初期の空気層厚さとの関係を調べ（表-1）、蓋飛散防止対策を立案する際に活用できる図表を作成した。

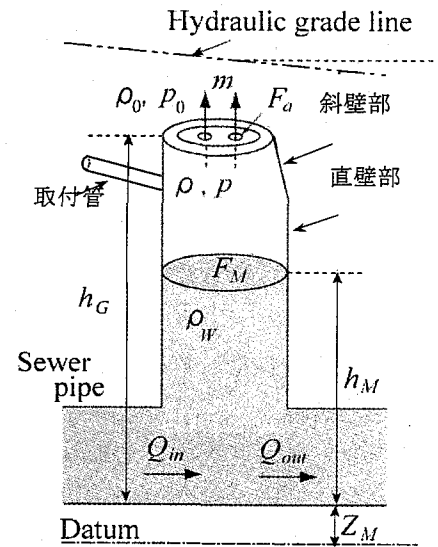


図-1 マンホール

2. マンホール蓋飛散シミュレーション・モデル¹⁾ マンホール蓋飛散シミュレーション・モデルの基礎式は、以下のように表される。

(1) マンホール内空気塊の運動方程式：

$$m = C_m F_A \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1} \rho_0} \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right] \quad (1)$$

(2) マンホール内空気塊の質量保存の式：

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

；水面が直壁部にあるとき (2)

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

；水面が斜壁部にあるとき (3)

(3) 空気塊の圧縮性の式：

$$\frac{p}{\rho^\gamma} = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma} \quad (4)$$

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 ：空気が流出入する蓋空気孔および取付管の断面積の総和、 γ ：空気の比熱比（=1.4）、 m ：空気孔および取付管を通じて流出入する空気の質

表-1 シミュレーション諸量

マンホール直径	1.5m
マンホール蓋直径	0.6m
斜壁部の鉛直高さ	0.6m
取付管直径	0.2m
水面上昇速度	0.1~2.0m/s
蓋空気孔断面積	1~7%
取付管本数	0,1,2,3本
食い込み力	100~10000kgf
取付管設置位置	地表面から 0.3,0.5,1.0m

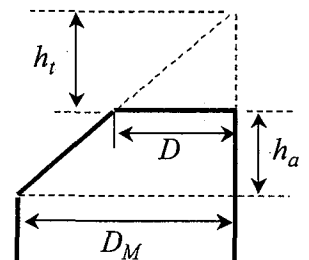


図-2 斜壁部詳細図

量 flux, C_m : 縮流係数, F_M : マンホールの断面積, h_M : 水深, h_G : マンホール深さ, h_a : 斜壁部の鉛直高さ, h_t : 図-2 に示す鉛直高さ, D , D_M : マンホール蓋底面直径, マンホール直径, t : 時間である。

また, マンホール蓋が飛散するか否かは, 次式により判断される。

$$(4) \text{マンホール蓋浮上・飛散判別式: } (p - p_0)(F_c - F_a) > R_f \Rightarrow \text{浮上・飛散する} \quad (5)$$

ここに, F_c : マンホール蓋の底面積, F_a : マンホール蓋空気孔断面積, R_f : (蓋の自重) + (食い込み力) である。

3. 蓋飛散シミュレーション結果

表-1 に示す諸量をもつマンホールに一定の流入流量 (水面上昇速度) を与え (初期の空気層厚さは 3m に固定), 先述した 5 つのパラメータ (表-1 の下 5 つの物理量) を種々に変化させて蓋飛散のシミュレーションを行った。

①水面上昇速度の違いが蓋飛散に及ぼす影響を図-3 に示す。水面上昇速度 (流入流量) が大きくなると, マンホール内の空気塊がより急激に圧縮されるため, マンホール蓋が飛散しないためにはより大きい食い込み力が必要となること, すなわちマンホール蓋はより飛散し易くなることが分かる。②また, 蓋空気孔断面積が大きくなるにつれ, マンホール蓋は飛散し難くなることが分かる。なお, 蓋空気孔断面積を大きくすると, 自動車荷重などに対する蓋の耐圧強度が低下するため, 空気孔断面積は実用上からは無制限には大きくできない。

③取付管の接続本数 (接続位置は地表面から 0.5m に固定) が蓋飛散に及ぼす影響を図-4 に示す。取付管の接続本数を 1, 2, 3 本と増やしても, 蓋が飛散しないための食い込み力に変化が見られないことから, マンホール蓋飛散防止のために接続する取付管の本数は 1 本で充分であることが分かる。④また, 蓋空気孔断面積が 4% 以下では, 1 本の取付管を接続することにより, マンホール蓋は著しく飛散し難くなることが分かる。⑤取付管の接続位置 (取付管接続本数は 1 本に固定) が蓋飛散に及ぼす影響を図-5 に示す。蓋空気孔断面積が 4% 以下では, 取付管が地表面に近い程, マンホール蓋は次第に飛散し難くなることが分かる。ただし, 接続位置の最小値は, 実用上は, 30cm 程度になると考えられる。

4. おわりに ここでは, マンホール蓋飛散シミュレーション・モデルを提案するとともに, 本モデルを用いて蓋飛散シミュレーションを行い, マンホール蓋の飛散特性を調べた。その結果, 1 本の取付管 (直径 0.2m) を地表面に近い位置に接続することにより, 効果的にマンホール蓋飛散防止を図りうるということが分かった。

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。

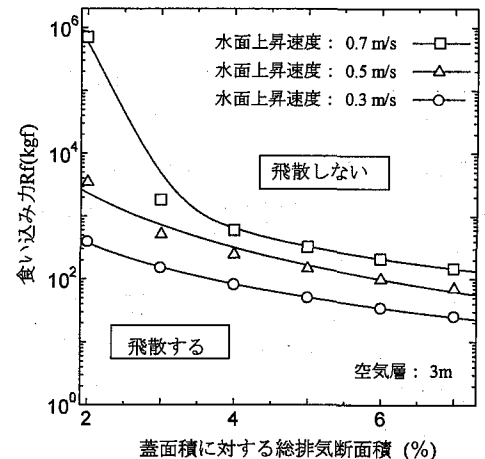


図-3 蓋が飛散しない最小食い込み力と蓋空気孔断面積および水面上昇速度の関係

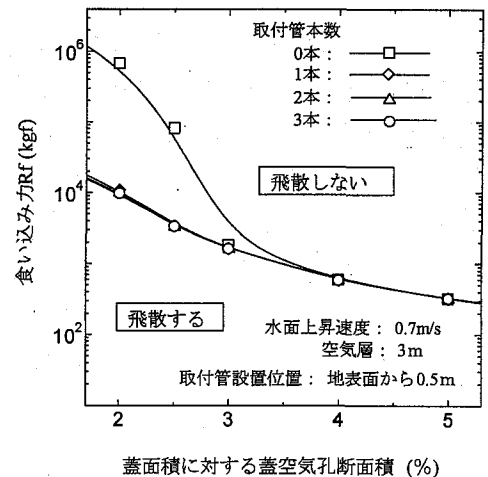


図-4 蓋が飛散しない最小食い込み力と蓋空気孔断面積および取付管接続本数の関係

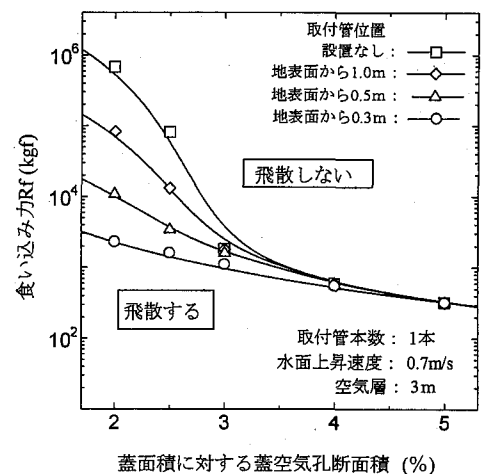


図-5 蓋が飛散しない最小食い込み力と蓋空気孔断面積および取付管接続位置の関係