

都市下水道管渠網のマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションモデル

三原市役所	正 員	○八島史直
愛媛大学大学院	正 員	渡辺政広
(株)大気社	正 員	村上裕紀
日本興業(株)	正 員	右近雄大

1. はじめに

近年、都市下水道流域では、豪雨時にマンホール蓋が浮上・飛散する現象が多発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。

本研究では、既に、単路線の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により、ある1つのマンホールが飛散すると、マンホール内の水位が急激に変動し、その影響から上流側マンホール蓋が連動して飛散するという知見を得ている。

ここでは新たに、図-2 に示す2経路の合流地点を含む下水道管渠システムを想定したマンホール蓋浮上・飛散シミュレーションを行い、下水道管渠システムにおける各マンホール内空気圧の変動特性と、1つのマンホール蓋飛散が他のマンホールに及ぼす影響を調べた。

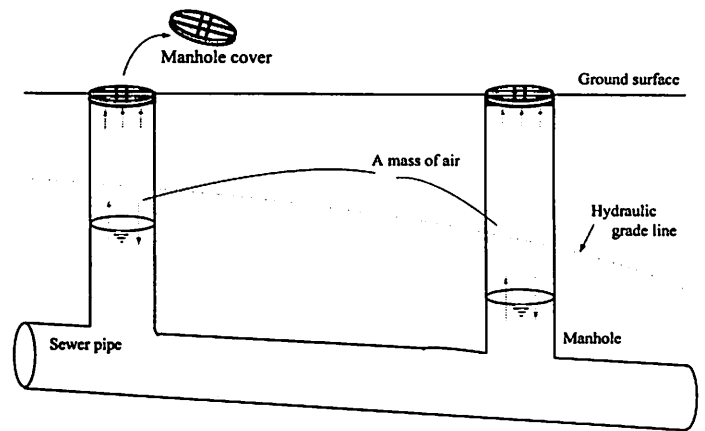


図-1 空気塊を封入した圧力流れ

2. 下水道管渠システムのマンホール蓋浮上・飛散解析モデル

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道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）。

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は、下水道管渠における流出水の圧力流れの基礎式と、マンホール地点における空気の圧縮性の式と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。

3. 流出シミュレーションの概要

検討に用いた下水道管渠システムは2経路の合流地点を含むもの（図-2）とし、表-1 に示す諸量の下、上流端2箇所に流量（ $=1.3\text{m}^3/\text{s}$ ）、下流端に水位変動（周期200s、波高5mのsine型）を与え、各マンホール蓋の空気孔断面積、食い込み力の値を種々に変え、下水道管渠システムにおけるマンホール蓋浮上飛散シミュレーションを行った。ここで、マンホール蓋が飛散したか否かは、次式により判断する。

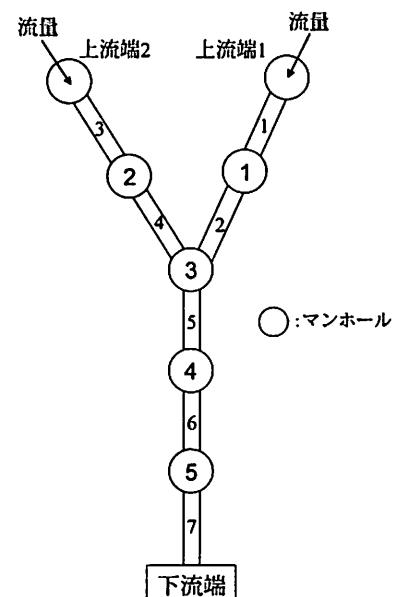


図-2 下水道管渠網の概略図

マンホール蓋浮上・飛散判別式

$$(p - p_0)(F_c - F_a) > R_f \Rightarrow \text{浮上・飛散する} \dots \dots (1)$$

ここに、 F_c :マンホール蓋底面積、 F_a :マンホール蓋空気孔断面積の総和、 R_f :蓋の自重+食い込み力、である。

4. シミュレーション結果

はじめに、すべてのマンホール蓋の空気孔断面積を蓋面積に対して1%、食い込み力を950kgfとして、蓋飛散シミュレーションを行った。この結果、すべてのマンホール蓋は飛散しなかった。

次に、マンホール番号③のみ空気孔断面積を0.1%、食い込み力を900 kgfとして、蓋飛散シミュレーションを行った。マンホール蓋飛散時のシミュレーション結果を図-3～5に示す。まず、食い込み力が最も小さいマンホール③において、マンホール蓋に作用する空気圧力が食い込み力+蓋自重(950 kgf)を超えた時点で蓋が飛散した(図-3)。蓋が飛散すると、マンホール内の空気が外部に流出しやすくなり、空気圧が急激に低下し、水位が急上昇していることが分かる(図-4)。このことが影響して、他のマンホールにおいても水位、空気圧が大きく乱れ、それに伴い、マンホール④では蓋の食い込み力を上回る空気圧力を得ることによって蓋飛散に至っている(図-5)。このように、2経路の合流地点のマンホール蓋が飛散する場合は下流側のマンホールに大きな影響を与え、蓋飛散を誘発させる危険があることが分かった。

5. おわりに

本研究では、圧力流れ状態における下水道管渠システムでのマンホール蓋の浮上・飛散シミュレーションを行い、1つのマンホール蓋飛散が、隣接するマンホールの水位変動や圧力変動を大きく乱し、更なる蓋飛散現象を発生させる危険があることを明らかにした。

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.
- 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.

表-1 管渠システム諸元

管渠直径 (マンホール③より上流側)	1.0m
管渠直径 (マンホール③より下流側)	1.2m
管渠長	50m
粗度係数	$0.014\text{m}^{-1/3}\text{s}$
マンホール直径	1.5m
マンホール蓋の直径	0.6m
マンホール深	8.0m
マンホール蓋の重量	50.0khf
縮流係数	0.7
管渠勾配	3.0‰

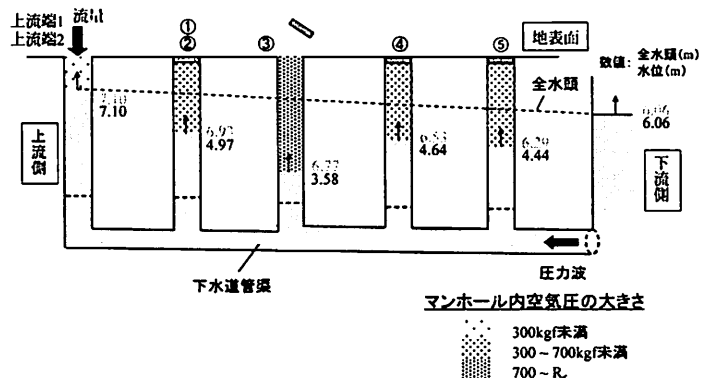


図-3 流出シミュレーション結果 ($t=262\text{s}$)

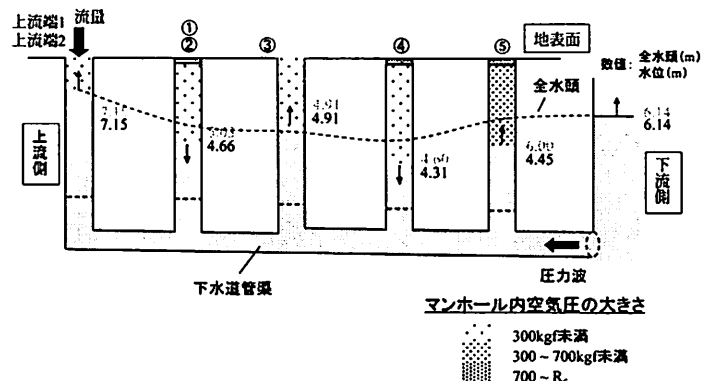


図-4 流出シミュレーション結果 ($t=264\text{s}$)

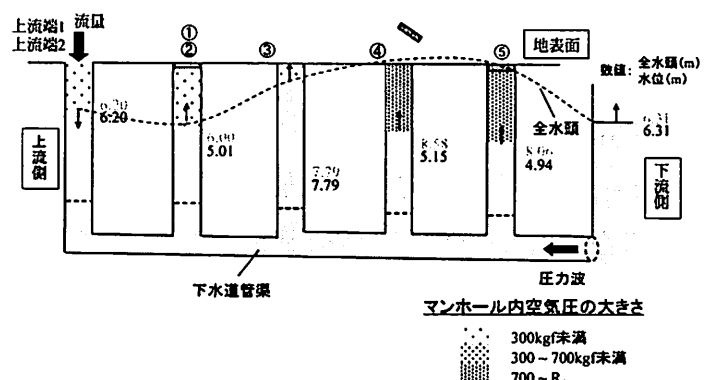


図-5 流出シミュレーション結果 ($t=270\text{s}$)