

Ⅱ-34 圧力運用されている下水道管渠システムのマンホール蓋飛散

(株)荒谷建設コンサルタント 正 員 ○重本 直人

愛媛大学大学院 学生員 サジ クマル パンデイト

愛媛大学大学院 正 員 藤森 祥文

愛媛大学大学院 正 員 渡辺 政広

1. はじめに 都市域の下水道流域では、人口の集中、土地利用の高度化、道路の舗装化などの都市化現象が急速に進展し、不浸透域が増大している。このため、流域の保水機能が著しく低下し、豪雨時には、大量の雨水が下水道へ流れ込み、下水道管渠システム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の浮上飛散現象が発生するようになってきている。しかし、こうしたマンホール蓋飛散現象の発生メカニズムは未だに解明されておらず、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。

本研究では、はじめに、マンホール内に空気塊を封入する下水道管渠網の圧力流れの水理解析モデルに、マンホール蓋の浮上・飛散シミュレーションモデルを組み込んだ、下水道管渠システムのマンホール蓋浮上・飛散解析モデルを提案する。次に、このモデルを用いて数値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マンホール蓋の浮上飛散特性について調べる。

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^{1), 2)}

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提案する。既に提案している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(図-1)とマンホール部分(図-2)から成るとして扱われている。

本研究では、新たに、マンホール内空気圧の変動とそれに伴うマンホール蓋の浮上・飛散を記述する式を提案して導入している。

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は、下水道管渠における取付管を考慮した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(質量保存則)により表される。マンホール蓋の浮上・飛散の解析モデルでは、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、図-3に示すような、長さ 50m、直径 1.0m の 6 本の下水道管渠と直径 1.5m、深さ 10m の 5 個のマンホールから成る。上流端で流量 (= 2.0 m³/s)、下流端では水位変動(波高 5m、周期 72s 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の浮上飛散シミュレーションを行った。なお、本検討に用いたマンホール蓋は、自重 50kgf の勾配受け型マンホール蓋である。ここで、マンホール蓋が飛散したか

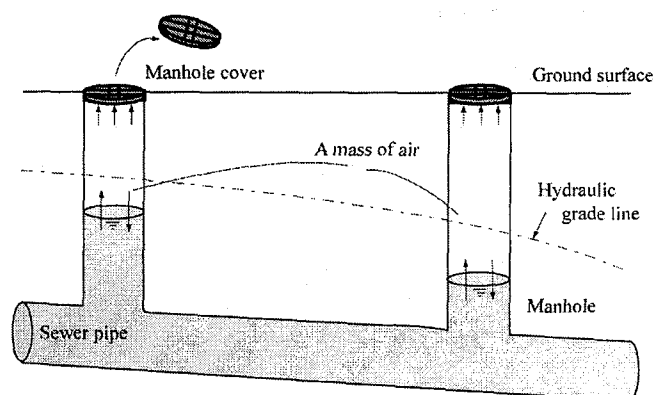


図-1 圧力流れで運用されている下水道管渠

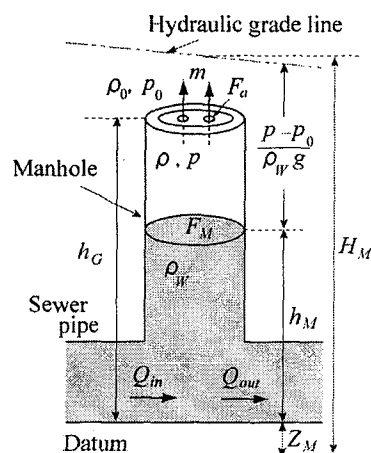


図-2 マンホール部の諸量

否かについては、次式により判別される。

$$(p - p_0)(F_C - F_a) < R_f \Rightarrow \text{飛散する} \quad (1)$$

$$(p - p_0)(F_C - F_a) < R_f \Rightarrow \text{飛散しない} \quad (2)$$

ここに、 p :マンホール内空気圧(絶対圧力),
 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 : Mg
(蓋の自重) + $M'g$ (食い込み力) で表される
マンホール蓋の抗力, である。

4. シミュレーション結果 1) はじめに、全てのマンホールの食い込み力を 1200kgf、空気孔断面積は 0 として、流出シミュレーションを行った(ケース 1)。この結果、全てのマンホール蓋は飛散しなかった。2) 次に、マンホール蓋②の食い込み力のみ 1000kgf に変え、流出シミュレーションを行った(ケース 2)。マンホール蓋飛散時の流出シミュレーション結果(全水頭)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②において、マンホール蓋に作用する空気圧が食い込み力と蓋の自重の和(1050kgf)を超えたため、蓋は飛散している(図-3)。蓋が飛散すると、マンホール内の空気は外部へ流出するため、空気圧は急激に低下している。それに伴って、空気圧によって抑えられていたマンホール内の水位は急激に上昇している(図-4)。マンホール蓋②の飛散後、マンホール②には水が大量に流入する。このため、マンホール①の水位は一時、低下するが、再び急激に上昇し始める。この急激な水位上昇により、マンホール①内の空気は急激に圧縮され、ケース 1 では飛散しなかったマンホール蓋①も飛散してしまっている(図-5)。

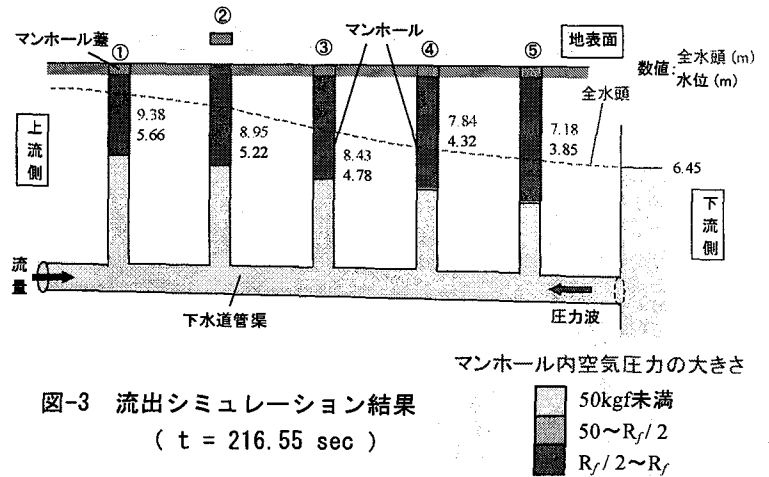


図-3 流出シミュレーション結果
($t = 216.55 \text{ sec}$)

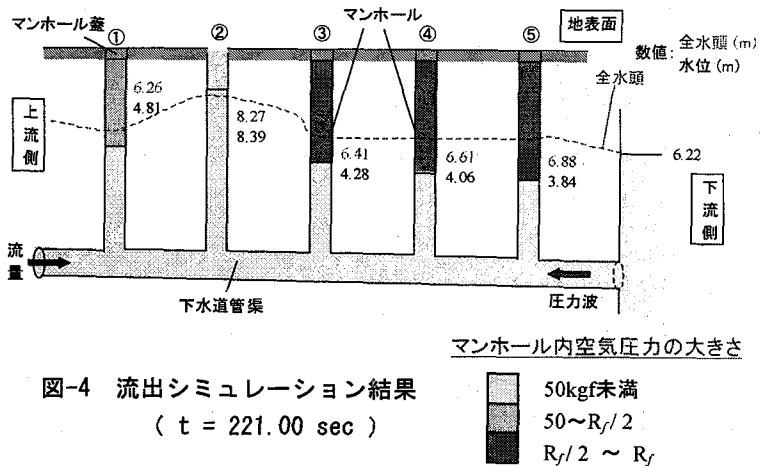


図-4 流出シミュレーション結果
($t = 221.00 \text{ sec}$)

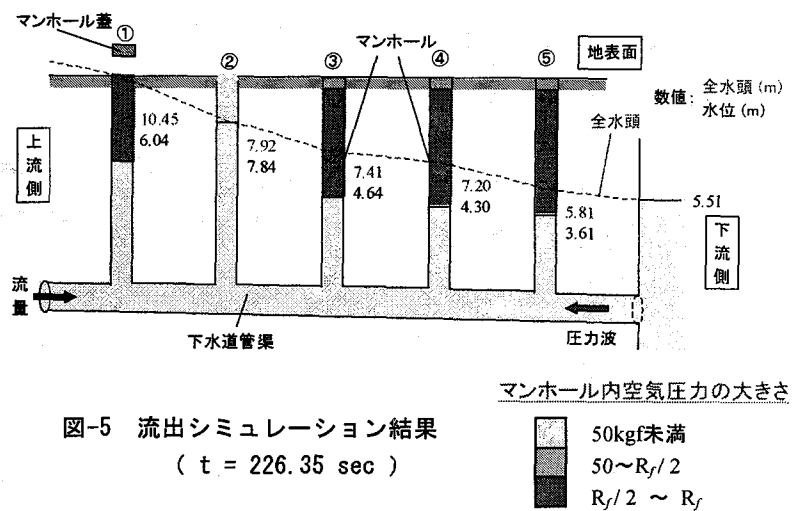


図-5 流出シミュレーション結果
($t = 226.35 \text{ sec}$)

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、あるマンホール蓋が飛散すると、これが他のマンホールにおける空気圧、水位などの急激な変動を引き起こし、本来ならば飛散しない他のマンホール蓋が飛散してしまう可能性があること、などを明らかにした。

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 年. 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 年.