

下水道網におけるマンホール蓋飛散シミュレーション

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
日本興業株式会社	正員	右近	雄大
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、豪雨時、マンホール蓋飛散現象が多発するようになってきている。この原因は、都市域において、人口の集中、土地利用の高度化、道路の舗装化などに代表される都市化現象が急速に進展し、不浸透域が増大する一方、保水機能が著しく低下して、豪雨時、当初の計画を遥かに上回る大量の雨水が下水管渠網に流れ込み、下水管渠システムの各所で開水路流れから圧力流れへの遷移流れなどのいわゆる（下水管渠内やマンホール内に空気塊を封入する）サーチャージ現象が発生することによるものである。マンホール蓋が飛散した場合、マンホールに人が転落するなどの危険性が高いため、マンホール蓋飛散現象の発生メカニズムを早急に解明し、その防止対策をとる必要がある。

本研究では、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・飛散解析モデルを用いて（圧力流れあるいは満管流れの）流出シミュレーションを行い、マンホール部に取付管を接続するマンホール蓋飛散対策の有用性と本対策を実施する場合の留意点について検討した。

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使用する。本モデルの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取り扱われている（図-1）。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、蓋の浮上・飛散はニュートンの運動の第2法則で記述されている。

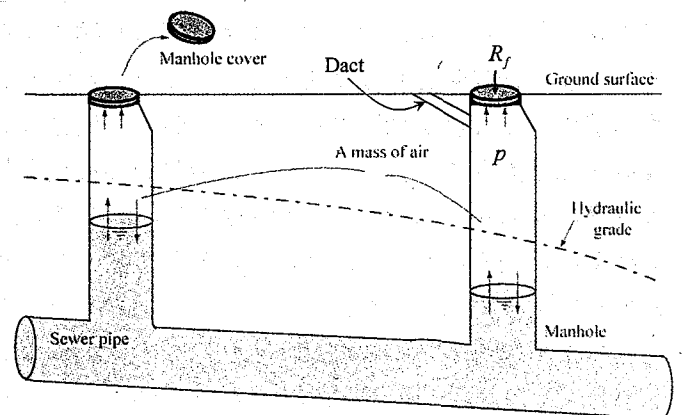


図-1 圧力流れで運用されている下水道管渠

これまでの検討により、下水道管渠網においては、ある1つのマンホールで蓋が飛散すると、そのマンホール内水位が急激に上昇し、これが近傍の他のマンホールに伝播・波及して、近傍の幾つものマンホール蓋が連動して飛散するという現象が生じ易いという結果を得ている。ここでは、こうした連動して発生する蓋飛散を防止する対策として、マンホール内の空気排気能力向上を目的としてマンホール部へ取付管を接続する対策について、その有用性と本対策を実施する場合の留意点について検討する。

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-2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（ $= 2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ）、下流端では水位変動（波高5m、周期72sのsine型）を与え、各マンホール蓋の食い込み力の値、取付管本数を種々に変え、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、取付管は直径0.2mのものを採用し、設置位置は地表面から0.5mとしている。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。

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

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

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） $+M'g$ （蓋の食い込み力）で表されるマンホール蓋の抗力、である。

4. 流出シミュレーション

結果 1) はじめに、①～⑤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③の食い込み力のみ 900kgf に低下させ、流出シミュレーションを行った（ケース 2）。この結果、既に得られている知見の通り、まず、マンホール③において蓋は飛散し、その直後にマンホール②においても蓋が飛散した。

3) ここで、マンホール③のみに取付管を 1 本、接続し、流出シミュレーションを行った（ケース 3）。シミュレーション結果を図-3 に示す。取付管によるマンホール内空気の排気機能により、マンホール③内の空気圧は初期の 0 気圧からほとんど変動していない。これにより、マンホール③における蓋の飛散が防止できていると共に、マンホール②における蓋の飛散も防止できていることが分かる。4) 取付管をマンホール②～⑤にそれぞれ 1 本ずつ接続し、流出シミュレーションを行った（ケース 4）。シミュレーション結果を図-4 に示す。これまで蓋が飛散しなかったマンホール①において蓋が飛散している。すなわち、排気を促すために取付管を接続することは有効であるが、ただ闇雲に接続すると、新たなマンホール蓋飛散を引き起こしかねないことが分かる。

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、食い込み力が小さく蓋が飛散し易いマンホールに取付管を接続することで、そのマンホールにおける蓋飛散現象を抑えることができるが、取付管を多く設置し過ぎると、マンホール内空気の排気能力向上により、本来なら飛散しないマンホール蓋を新たに飛散させてしまう可能性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 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。

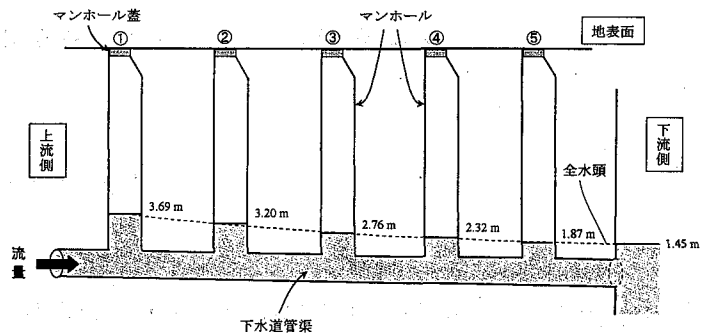


図-2 下水道管渠縦断面図と初期条件

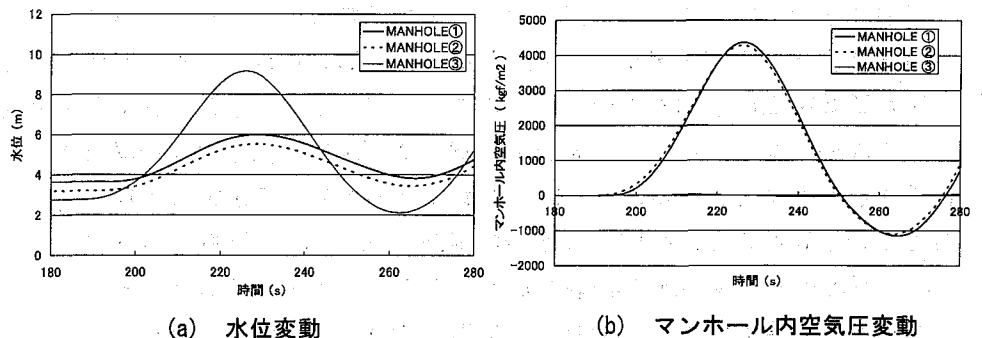


図-3 流出シミュレーション結果（ケース 3）

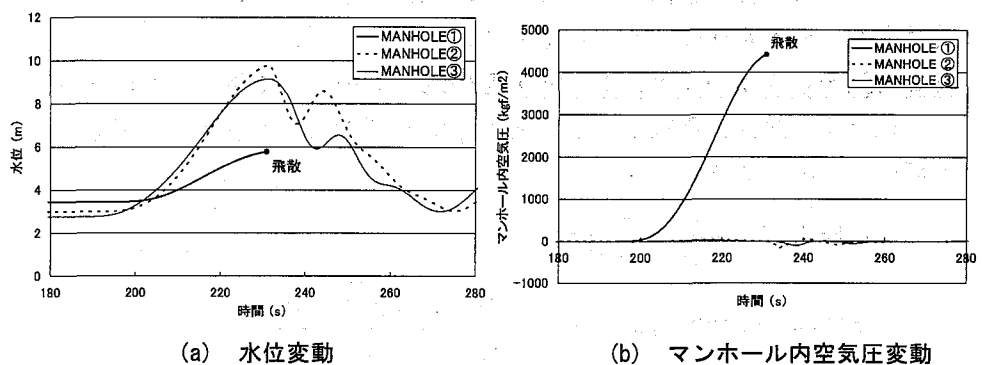


図-4 流出シミュレーション結果（ケース 4）