

90 度接合マンホールおよび管路における水理特性

建設技術研究所 正会員 坂本 洋 九州共立大学工学部 正会員 荒尾 慎司
建設技術研究所 非会員 石本 俊亮 九州大学工学研究院 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

著者らは、昨年度、都市型浸水防除のための 1 手法として、上流管と下流管の水平面接合角度を 90 度とした新しいマンホール構造を提案した。本案は日本で一般的に利用されているマンホール形状のものよりも管路内の空気がマンホールから排出しにくい上に、マンホール底面のインバートを覆う平たいカバーに設けられた 5 つの孔を通して空気や雨水がマンホール内を鉛直上向きに噴出するような構造となっている。本研究では、下流管出口を急遮断し水の流出を止めた条件下で、下流管出口からマンホールへ向かって移動する水・空気界面の移動速度、空気塊の形状およびマンホール底面から鉛直上向きに噴出する水の高さ等の水理特性について考察する。

2. 昨年度提案したマンホール形状

図 - 1 のマンホール形状 TypeB は上流管から流入する雨水が下流管へスムーズに流出するように TypeA (日本で一般的に用いられているものを簡単にモデル化) のマンホール底面形状を改良したもので、形状損失はかなり小さくなるものの、インバートが直径 7 mm の排気用の孔を 5 つ設けた平たいカバーで覆われているため、TypeA よりも管路内の空気がマンホールから排出しにくい構造となっている。

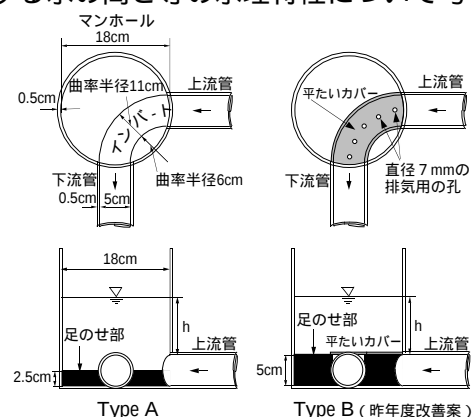


図 - 1 マンホール形状

3. 実験方法と実験条件

実験方法は以下の通りである。下流管の流れを開水路流れ(定常流)とし、流量とマンホール出口から下流側へ 30、50、70、90cm の 4 地点で下流管の水深を測定する(図 - 2 参照)。管路に接続する排水用ポンプの停止を想定し、ゴム栓にて下流管出口での水の流出を瞬時に遮断する。これにより、下流管内の水・空気界面が上流へ向かって移動する(図 - 3 参照)。この様子をビデオカメラで撮影した後、再生させながら、1/30 秒間隔の画像データをもとに水・空気界面の移動速度を算定するとともに、水・空気界面付近の形状の変化やマンホール底面に設置された平たいカバーの 5 つの孔から吹き上げる水の高さを観察する。なお、水・空気界面の移動速度の算定には、管路内のある 2 点間で水・空気界面の輝度変化をもとに移動速度を解析できるソフト Gray-val32 を用いている。また、本実験ではマンホールから排出される空気量については測定していない。

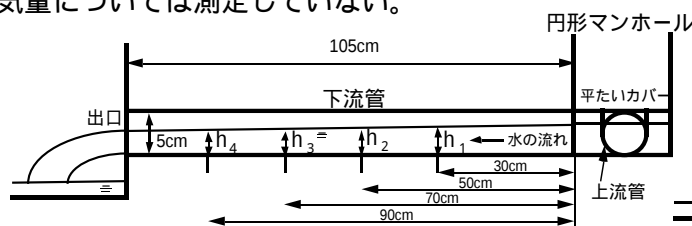


図 - 2 実験装置の概要(下流管とマンホール)

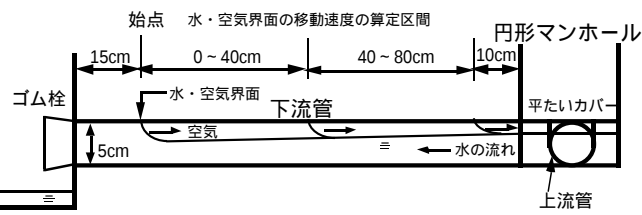


図 - 3 円形管路内の水・空気界面の移動

今回設定した実験条件を表 - 1 に示す。上流管の勾配は水平とし、下流管の勾配を 3 種(水平、1/100、1/50)変化させている。下水道の計画では、一般的に下流管の勾配を緩やかにするが、敷設対象地区の地形状況によっては止むを得ず下流管の勾配を上流管よりも急な勾配にすることもあるため、これを検討対象とした。流量は勾配によって 3 種あるいは 4 種、設定流量一種につき下流管出口水深を 4 ~ 6 段階変化させている。下流管出口水深の最大値を 4.5cm としたのは、これ以上水深を増加させると下流管が瞬時に満管となるためである。

キーワード：雨水排除、下水道、雨水管路、マンホール、エネルギー損失軽減

連絡先：〒 807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8、TEL 093-693-3223、FAX 093-603-8186

4. 実験結果と考察

1) 水・空気界面の移動速度と空気塊の形状

図 - 4 と 5 は、マンホール形状 TypeA において上・下流管の勾配を水平とした条件下（実験番号 1 ～ 3）で、図 - 3 に示す 0 ～ 40cm 区間と 40 ～ 80cm 区間における定常状態での平均水深と水・空気界面の移動速度の算定結果を示している。図 - 4 と 5 を比較するといずれも水深の増加に伴い、界面の移動速度は大きくなる。また、40 ～ 80cm 区間の方が水深がより大きいいため移動速度も速く、その速度は最大 300cm/s 程度となる。図 - 6 と 7 は、TypeB（昨年度提案）において上・下流管の勾配を水平とした条件下（実験番号 4 ～ 6）での結果である。これらの図を TypeA（図 - 4、5 参照）と比較すると、TypeB の方が同一水深では明らかに界面の移動速度は小さくなるのがわかる。また、TypeB では水深が大きくなると、移動速度はより小さくなる。これは、下流管が満管流れに近づく上流管からの水流の影響とインバート上にカバーを設置しているため上流側へ空気が移動しにくくなるからである。このときの様子を写真 - 1 に示す。界面がマンホールに近づくにつれて空気塊が圧縮されながら水深方向にその厚みを増している様子が見られる。

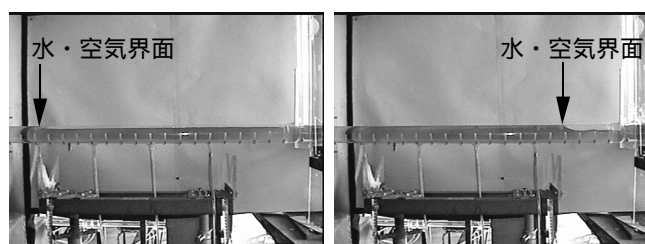


写真 - 1 水・空気界面の移動状況

2) マンホール底面の平たいカバーからの水の噴出高さ

図 - 8 は下流管内の水・空気界面の移動に伴って、マンホール底面の平たいカバーに設けた 5 つの孔から噴出する水が最大の高さになるときを抽出したものの一例である。前述したように、水深が深いほど界面の移動速度は速くなるので水の噴出高さも高くなる。1/5 の模型を使った今回の実験では、噴出する水の最大の高さは 10cm 程度であり、実物のマンホールの埋設深さが最も浅い場合（1 m）でもマンホール蓋に水が到達することはなく、この水がマンホールから溢れることはない。したがって、本実験の範囲内では、損失を軽減することを目的として提案したマンホール形状 TypeB をそのまま用いても空気の排出の問題は別として、水理学的に大きな問題になることはないと考えられる。

5. おわりに

本報告では、浸水被害を軽減するために昨年度提案した 90 度接合マンホールにおいて、下流管末端部を急遮断した条件下で、管路内の水・空気界面の移動速度やマンホール内での水の噴出高さを確認した。しかし、マンホールや上流管への空気の排出量までは明らかにすることはできなかったため、これについては今後の課題としたい。

表 - 1 実験条件

マンホール形状	実験 No.	下流管の勾配	流量 (l/s)	下流管出口の水深 (cm)	上流管の流れ
TypeA (従来型)	1	水平	0.39	2.3, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	2		0.50	2.6, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	3		0.60	2.8, 3.0, 3.5, 4.0	満管
TypeB (昨年度提案)	4	水平	0.39	2.3, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	5		0.50	2.6, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	6		0.60	2.8, 3.0, 3.5, 4.0	満管
	7	1/100	0.41	2.2, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	8		0.49	2.4, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	9		0.61	2.7, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	10	1/50	0.81	3.1, 3.5, 4.0, 4.5	満管
	11		0.41	1.8, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	12		0.51	2.1, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	13		0.60	2.3, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	開水路
	14		0.81	2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	満管

管内径は 5cm、上流管は全て水平としている

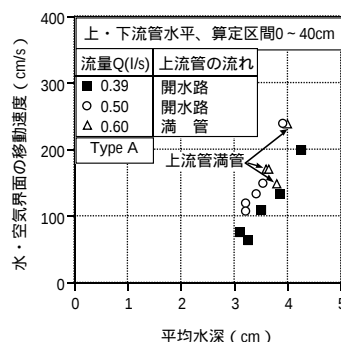


図 - 4 界面の移動速度（算定区間 0 ～ 40cm）

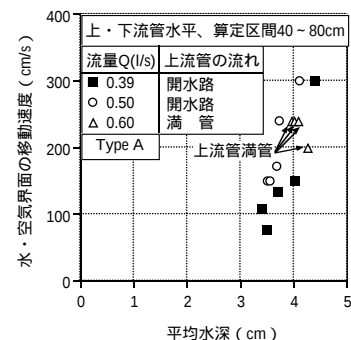


図 - 5 界面の移動速度（算定区間 40 ～ 80cm）

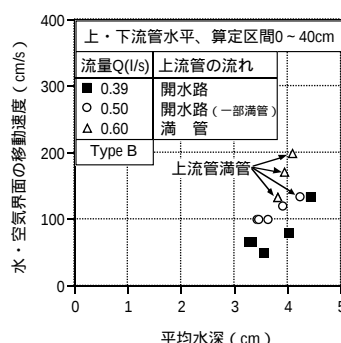


図 - 6 界面の移動速度（算定区間 0 ～ 40cm）

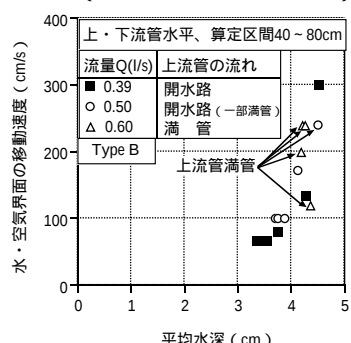


図 - 7 界面の移動速度（算定区間 40 ～ 80cm）

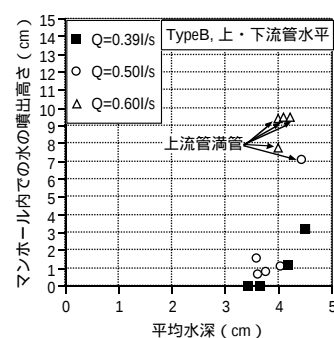


図 - 8 マンホール内での水の噴出高さ（最大値）