

マンホールに接続された横引き管の排水機能に関する実験的検討
Experimental investigation on drainage function in horizontal pipe connected to manhole

日本大学理工学部 正会員 安田 陽一
日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○上野 真由

1. まえがき

近年台風や前線に伴う豪雨により内水氾濫が多く発生しているが、氾濫時の雨水管内の流れの解明は進んでいない。本研究室では、横引き管の排水機能に関する実験的な検討を行っている。遮蔽板に横引き管を接続する実験では、横引き管内が満水状態である時、横引き管の相対長さ L/D が小さく、横引き管の勾配が水平から $1/400$ の時に排水能力が向上することを明らかにした^{1),2),3)}。また、マンホール模型を設置し、マンホール内の管路の突起長さを変化させることで排水能力が変化することを示した⁴⁾。マンホール模型を設置した実験ではマンホール上部からマンホール内底部に越流する流れによる気泡混入の影響、マンホール形状による排水能力の影響を検討した⁴⁾。横引き管からマンホール模型を経て横引き管へ接続されている場合の横引き管の排水能力については不明であることから、本実験では、マンホール模型に接続する横引き管の排水能力について、既存の結果を含めて比較検討を行った。

2. 実験方法

実験では、水路幅0.40m、水路高さ0.60m、水路長さ18mを有する長方形断面水平水路に遮蔽板、管路、マンホール模型、管路を設置し、表1、2に示す実験条件のもとで実験を行った。流量係数は最上流の遮蔽板直上流側およびマンホール内の断面と横引き管路流入口の間でBernoulliの定理を適用し、Torricelliの定理に準ずる式より算出した。マンホール模型は厚さ5mm、内径0.39m、高さ0.60mの透明塩ビで作成した半割の模型を組み合わせて実験に用いた。図1に実験模型概略図を示す。水は遮蔽板から上流側の横引き管へと流入し、マンホール模型と下流側の横引き管を通して排水される。この場合、マンホール直上流側の水位とマンホール内の水位が同じになった段階で、マンホール内のピエゾ水頭をマノメータを用いて測定した。マンホール内の流況は風糸により目視で観察した。

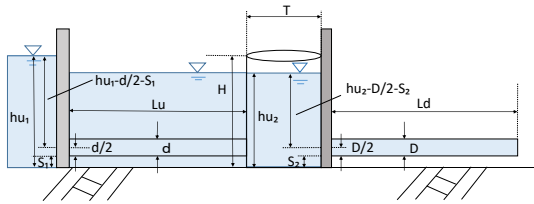


図1 実験模型概略図

表1 実験条件($d/D=1.00$)

	$(hu_2 - D/2 - S_1)/D(1 \text{ 回目})$	$(hu_2 - D/2 - S_1)/D(2 \text{ 回目})$	D/B	i	Lu/d	Ld/D
	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
case0	0.364	0.374	0.258	0	19.4	18.5
case1	0.607	0.587	0.258	0	19.4	18.5
case2	0.830	1.07	0.258	0	19.4	18.5
case3	1.14	1.22	0.258	0	19.4	18.5
case4	1.43	1.48	0.258	0	19.4	18.5
case5	1.90	1.95	0.258	0	19.4	18.5
case6	2.34	2.57	0.258	0	19.4	18.5

表2 実験条件($d/D=1.51$)

	$(hu_2 - D/2 - S_1)/D$	D/B	i	Lu/d	Ld/D
	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
case0	0.267	0.258	0	12.9	19.4
case1	0.704	0.258	0	12.9	19.4
case2	1.23	0.258	0	12.9	19.4
case3	2.15	0.258	0	12.9	19.4
case4	2.76	0.258	0	12.9	19.4
case5	3.59	0.258	0	12.9	19.4
case6	4.63	0.258	0	12.9	19.4

3. $d/D=1.00$ の場合の流況説明

表1に示す実験条件では、水面付近に気泡の混入が見られた。流量が大きい場合、水位上昇に伴い下流側の横引き管への気泡混入は小さい。

case5での風糸による流況を写真1に示す。case2からcase6のマンホール底面付近ではマンホール中央に向かって底面に沿うような流れが形成されていることが分かった。また中段、上段においてはcase2を除きマンホール内上流部へ向かう流れ、およびマンホール上部へ向かう流れが見られることが分かった。case2ではマンホール底部へ向かう流れが多く見られた。

4. $d/D=1.51$ の場合の流況説明

流量が小さい場合は気泡の混入が見られない。流量が大きい場合、水面の乱れにより気泡の混入がわずかに見られた。

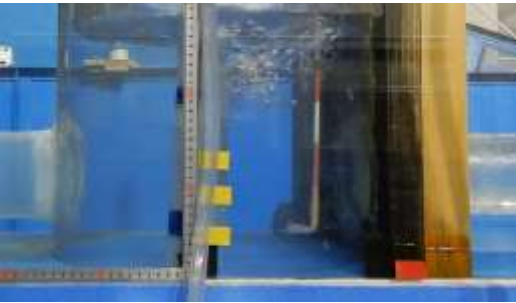


写真1 マンホール内の流況($d/D=1.00, \text{case5}$)

case 0, case 1, case 2 の場合, 風系の動きが小さいことから, マンホール内の流れは穏やかであることが分かった. case 3 では風系が様々な方向を向いていることからマンホール内で多様な流れが生じていることが分かる. case 4 では下段を除き, 流れはマンホール上部へ向かっていた. case 5 では中段においてマンホール上部へ向かう流れとマンホール下部へ向かう流れにわかれた. case 6 では中段において, case 5 と比較して横引き管路流入口へ引き込まれる結果となった.

横引き管路流入口付近では堆積物を下から上へ巻き上げるような流れが確認できた. また, 流量が大きい場合, マンホール内底部に渦が生じ, 堆積物をマンホール内上流部へ運ぶような流れがあることが確認できた. マンホール内上流部に砂利が堆積した様子を写真 2 に示す.

5. 横引き管路流入口での流量係数

与えられた相対管路長さ L/D に対して, 相対水深($h_u/2-s)/D$ による管路の流入部での流量係数 C_d の変化を検討した. 流量係数は Torricelli の定理を用いて算定している^{1),2),3),4)}. 下流側の横引き管の流量係数について整理したものを図 2 に示す. 図中, 遮蔽板に横引き管を接続して通水した場合, マンホール($H/T=2.31$) 上部から越流させて, マンホール下部に接続した横引き管に通水した場合を含む. 図に示されるように, 表 1 に示す $d/D=1.00$ の場合の流量係数が最も大きくなった. これは, マンホール上部から越流する場合と比べて気泡の混入が少なかったことと, 上流側の横引き管路流出口から下流側の横引き管路流入口へ押し出すような流れによって, 排水能力が最も高くなったものと考えられる.

上流側および下流側の横引き管路流入口での流量係数を比較したものを図 3 に示す. 下流側の横引き管の流量係数は, 相対水深が大きくなると, $d/D=1.00$ の方が $d/D=1.51$ の場合よりも大きくなった. また, 上流側の横引き管について(常に $C_d=0.65$ 以下を示すデータ)も $d/D=1.51$ より $d/D=1.00$ の方が流量係数は大きい. $d/D=1.00$ の場合, 横引き管から流出した流れが拡散することなく下流側の横引き管路流入口に流入していることが流況観察から確認される. その一方, $d/D=1.51$ の場合, 上下流の横引き管の管径の差によって, 横引き管路流入口周辺の壁面に衝突している. これらのことが下流側の横引き管路流入口での流量係数を小さくした



写真 2 マンホール内の流況($d/D=1.51$, case5)

ものと考えられる. また, 上流側の管路から流出する流れの壁面への衝突は上流側の横引き管の排水能力にも影響しているものと考えられる.

6. あとがき

マンホール上・下流側を横引き管で接続した場合の排水能力について表 1, 2 に示す実験条件のもとで検討した結果, $d/D=1.00$ の場合, $d/D=1.51$ の場合より, マンホール壁への衝突が小さくなるため, 横引き管路流入口での流量係数が大きくなることを示した.

参考文献

- 1) 安田陽一, 増井啓登, 自由放流端を有する横引き管の排水能力に関する実験的検討, 平成 30 年度土木学会全国大会 第 73 回年次学術講演会, II-131, 土木学会, 2018.08.30, CD-ROM.
- 2) 安田陽一, 自由放流端を有する管路の排出機能に関する実験的検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 73, No.2 (応用力学論文集 Vol. 20), 2017, pp.1_571-1_578.
- 3) 西井俊, 接続管における排水機能に関する実験的検討, 平成 28 年度修士論文
- 4) 安田陽一, 石塚公隆, 横引き管の排水機能に関する実験的検討, 第 56 回下水道研究発表会, N-2-2-5, 2019.

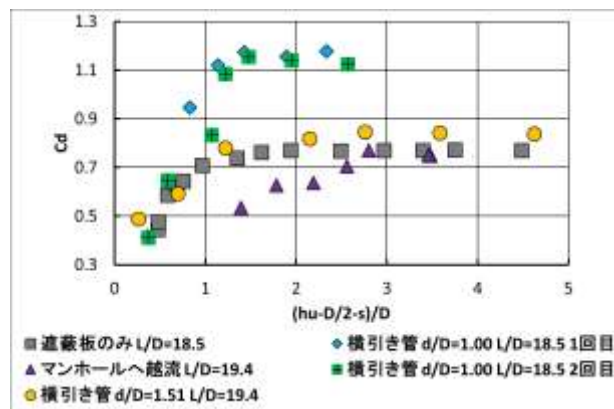


図 2 下流側の横引き管路流入口での流量係数

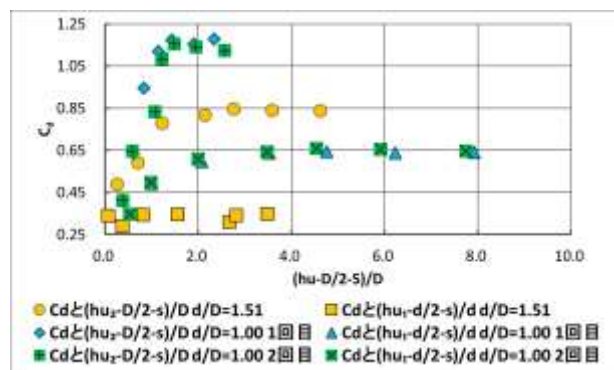


図 3 上, 下流側の横引き管路流入口での流量係数