

H3-4

横引き管の排水機能に対するマンホール形状の影響

The effect of manhole shape on drainage function for pipe flow connected to manhole

安田陽一¹, ○石塚公隆²Youichi Yasuda¹, *Kimitaka Ishitsuka²

Abstract: The hydraulics of pipe flow connected to manhole is important for the drainage function of heavy rainfall. But, there is little information on the drainage function for pipe flows connected to manhole. This report presents experimental results on the drainage function for pipe flows connected to manhole. The discharge coefficient and the local coefficient for the head loss at the inlet section were investigated experimentally by arranging the overhang length of pipe in manhole, diameter of pipe, the height of manhole, and discharge. The discharge coefficient and the local coefficient at the inlet section depends on the relative overhang length and the relative depth in manhole under given relative pipe length and slope of pipe.

1. まえがき

近年ゲリラ豪雨等による内水氾濫が各地で発生している。内水氾濫は下水道の設計流量を超過することで発生するが、氾濫時の雨水管内の水の挙動は解明されていない。管路内の流況を把握し管路内の雨水を速やかに排水することは喫緊の課題である。本研究では横引き管の排水機能を向上させるための実験を行い、横引き管内が満水状態である時、横引き管の長さを小さくし、横引き管の勾配を大きくすることで排水能力が向上することを明らかにした^{[1],[2]}。この実験では遮蔽板が鉛直板であるため、横引き管がマンホールに接続された場合、マンホール上部からの落下流による気泡混入の影響およびマンホール形状による排水能力の影響は不明である。ここでは、マンホール模型を遮蔽板に設置し、落下流による気泡混入の影響を変化させるためにマンホール内の管路の突起長さを変化させて実験を行い、管路の相対突起長さによって排水能力が変化することを示した。

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、Photo 1 に示されるように、遮蔽板、マンホール模型、管路を設置し、Table 1 に示す実験条件のもとで自由放流端を有する単線管路として実験を行った(Figure 1)。表に示す d はマンホールの内径である。なお、マンホール内の水深を測定するため、内径 10 mm のビニールホースを用いてピエゾ水頭を測定した。

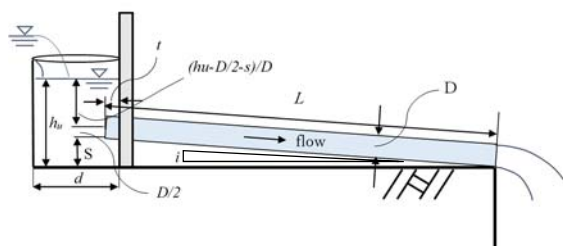


Figure 1. definition sketch of pipe

Table 1. Experimental conditions

流量 Q (ℓ/s)	相対水深 ($h_w - D/2 - s$)/D	D/B (—)	i (—)	L/D (—)	t/d (—)
9.04-28.6	0.82-3.26	0.328	0	19.42	0.000
6.38-18.3	1.22-4.18	0.258	0	20.44	0.000
7.48-16.5	1.39-3.48	0.258	0	22.90	0.000
6.27- 16.2	1.08-4.01 (H=40cm)	0.258	0	19.42	0.205
6.77- 16.6	0.879-3.85 (H=40cm)	0.258	0	19.42	0.513
6.44- 18.5	1.03-4.85 (H=40cm)	0.258	0	19.42	0.692
7.61- 17.7	1.13-4.71 (H=50cm)	0.258	0	19.42	0.692

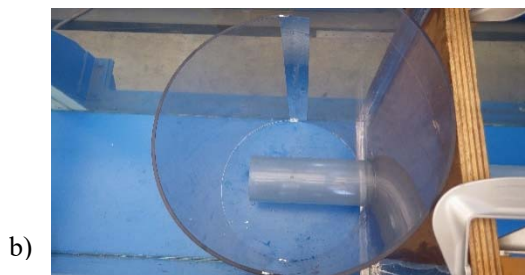
Photo 1. Overhang pipe connected to Manhole model
($i=0$, $D/B=0.258$, $L/D=19.42$, $t/d=0.692$)



Photo 2. Flow condition for $i=0$, $t/d=0$, $(hu-D/2-S)/D=1.7$, and $L/D=19.42$.

3. 流況の説明

Photo 2 はマンホール模型から落下した流れによって気泡混入した流れが形成され、横引き管に流入している流況を示す。鉛直面を有する遮蔽板に接続した横引き管に流入する場合^{[1][2]}、同一の相対深さ $(hu-D/2-S)/D$ 、相対長さ L/D 、突き出し長さ $(t=0)$ に対して、気泡混入した流れは形成されない。その一方、マンホールを設置した場合、気泡混入した流れが直接、横引き管に流入する。なお、マンホールに接続する管路をマンホール内に突出することによって、気泡の混入を遮ることができるが、同一の流量で比較すると、排水能力が小さくなり、マンホール内の水深が大きくなる。

4. 入口での損失係数および流量係数に対するマンホール形状の影響

Figure 2, Figure 3 は、与えられた管路勾配 i 、相対管路長さ L/D 、相対突き出し長さ t/d に対して、相対水深による入口での損失係数 f_e および管路の流入部での流量係数 C_d の変化を示す。なお、入口での損失係数 f_e は管路内が満水状態を対象に管路直上流断面と自由放流端との間で Bernoulli の定理を適用し、管路内の摩擦による損失水頭は滑面の摩擦抵抗数の実験式を用いて計算している^{[1][2]}。また、流量係数は Toriccelli の定理を用いて算定している^{[1][2]}。図中の小さなマークは鉛直面を有する遮蔽板に横引き管を接続した場合を示し、同一の相対水深 $(hu-D/2-S)/D$ に対して f_e が最も小さく、 C_d が最も大きくなる場合を対象にプロットされている。図に示されるように、相対突出長さ t/d によって損失係数 f_e および流量係数 C_d の変化傾向が異なり、遮蔽板に横引き管を設置した場合^{[1][2]}よりも排水能力が小さいことが分かる。

入口での損失係数 f_e について、相対突出長さ t/d がゼロの場合、相対水深 $(hu-D/2-S)/D$ が 2.5 以上になると、マンホール内の水位が大きいため、気泡混入の影響が無視できるほど小さくなり、マンホール模型を設置していない場合と同様となる。また、相対突出長さが大きくなるにつれて、形状抵抗が大きくなり、 f_e が大きくなる。

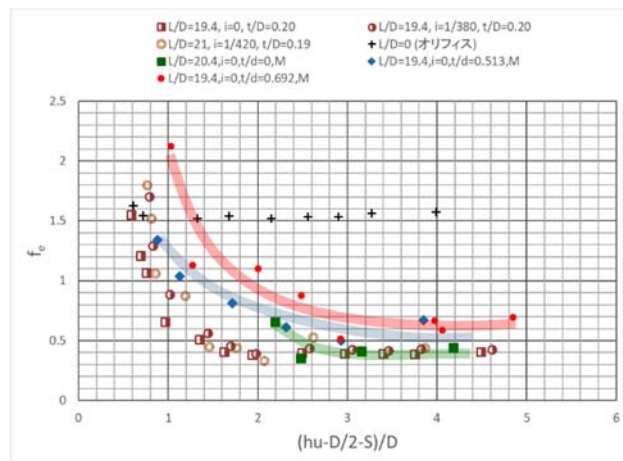


Figure 2. Change of f_e with $(hu-D/2-S)/D$

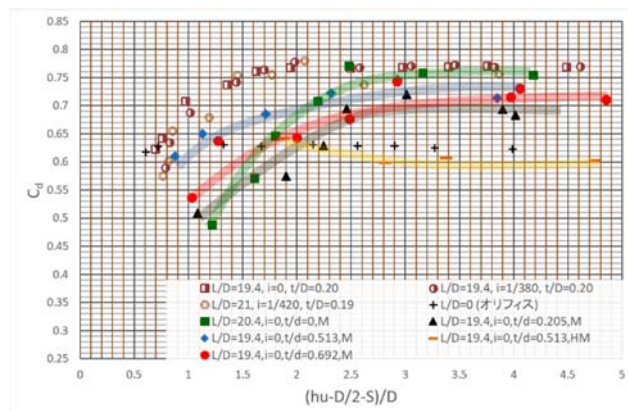


Figure 3. Change of C_d with $(hu-D/2-S)/D$

流量係数 C_d について、相対水深 $(hu-D/2-S)/D$ が小さい場合、相対突出長さ t/d によって横引き管に流入する気泡混入量が異なり、流量係数 C_d の大きさが異なる。また、相対水深 $(hu-D/2-S)/D$ が大きくなると、気泡混入の影響は小さくなるが、マンホール形状の影響を受けて相対突出長さ t/d がゼロであっても流量係数 C_d が小さくなる。さらに、相対突出長さによって、マンホール内の流れが異なり、相対長さ t/d が 0.2 の場合、0.51, 0.69 の場合より C_d が小さくなっている。なお、相対長さ t/d が 0.51 となるときを対象に、マンホールの半分を下流面に設置した場合、Figure 3 に示されるように、遮蔽板に管路を設置しない場合（オリフィスの場合）^[2]と同様に流量係数が極度に小さくなる。

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.I_571-I_578.