

H-3

横引き管の排水機能に対するマンホール落差高さの影響

The effect of drop height in manhole on drainage function for horizontal pipe connected to manhole

安田陽一¹, ○石塚公隆²

Youichi Yasuda¹, *Kimitaka Ishitsuka²

Abstract: This study presents experimental results on the effect of drop height in manhole on drainage function for horizontal pipe connected to manhole. The relative depth in manhole $(h_u - D/2 - S)/D$ was varied. Two different relative drop heights in manhole were used. If the relative drop height H/d is large, the drainage function of the pipe affects air-concentration due to plunging flow. The experiments revealed that the discharge coefficient defined from Torricelli theorem depend on the relative depth in manhole. Also, the comparison in two different drop height yields that the discharge coefficient for large drop height is smaller than that for low drop height under given the relative depth in manhole.

1. まえがき

近年、市街地内を中心に集中豪雨による内水氾濫が各地で多発している。内水氾濫は雨水が短時間で下水道施設に一気に流入し、下水道の設計流量を超過することで発生するが、氾濫時の雨水枳内の水の挙動は解明されていない。雨水枳内の流れ方を把握し排水能力の向上に繋げることは喫緊の課題である。排水能力の向上として、雨水枳から雨水本管へ繋ぐ横引き管による排水能力の向上が挙げられ、既往研究により排水が最も期待できる相対管路長さ L/D および管路勾配 i 、相対突出し長さ t/d が明らかとなっている^{[1],[2],[3]}。ただし、相対落差高さ H/d が 1.03 のみの検討であるため、落差高さが横引き管の排水能力に与える影響は不明である。本研究では排水が最も期待できる条件のもと、 H/d が 2.31 での排水能力の検討を行い、落差高さが横引き管の排水能力に与える影響について流況および流速ベクトル、流量係数 C_d より検討を行った。

2. 実験方法

実験は水路幅 0.40 m、水路高さ 1.0 m、水路長さ 18 m を有する長方形断面水平水路に、Figure 1 に示すように、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実験を行った。マンホール模型については、厚さ 5 mm、内径 0.39 m、高さ 0.40 m および 0.50 m の透明塩ビの材料で作成した半割の模型を組み合わせて実験に用いた。なお、マンホール内の水深を測定するため、内径 10 mm のビニールチューブを用いてピエゾ水頭を測定した。また、マンホール内の流速を測定するため、L 型電磁流速計を用いた。なお、採取時間は 30 sec とし採取間隔は 50ms とした。表に示す B は水路幅、 t は横引き管の突出し長さである。

3. 流量係数に対するマンホール落差高さの影響

Figure 3 は排水が最も期待できる相対管路長さ L/D 、管路勾配 i 、相対突出し長さ t/d の条件のもとで、各相

Table 1. Experimental conditions

$Q(\ell/s)$	$(h_u - D/2 - S)/D$ (-)	L/D (-)	i (-)	t/d (-)	D/d (-)	H/d (-)
5.43-24.6	0.636-7.87	19.4	0	0	0.264	2.31
7.48-16.5	1.39-3.46					1.03

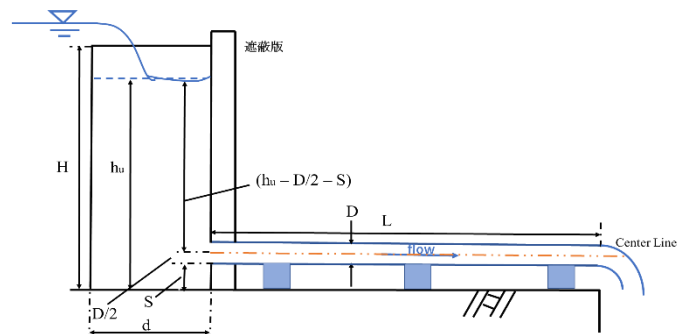


Figure 1. Definition sketch of pipe connected to manhole

対落差高さ H/d に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - S)/D$ による流量係数 C_d の変化を示す。 C_d は横引き管直上流部における断面と流入口における断面との間で Torricelli の定理を適用して算定している。また、 H/d が 2.31 の場合を対象に、水路中央断面における流速の合成ベクトル（鉛直方向および流下方向の流速を合成したもの）を Figure 2 に示す。

$(h_u - D/2 - S)/D$ が 2 以下では、 H/d が大きい方が C_d の値が大きくなっている。これは、落下流が加速した後、マンホール内の水に突入し、水路床に衝突するため、Figure 2 (1) に示すように、下流側へ分岐した流れの勢いが、落差が小さい場合より大きくなり、横引き管の排水能力の向上に繋がったと考えられる。

$(h_u - D/2 - S)/D$ が 2 以上 5 以下では、相対落差高さが大きい方が C_d の値は小さくなっている。これは同一の

1 : 日大理工・教員・土木 2 : 日大理工・土木・学部

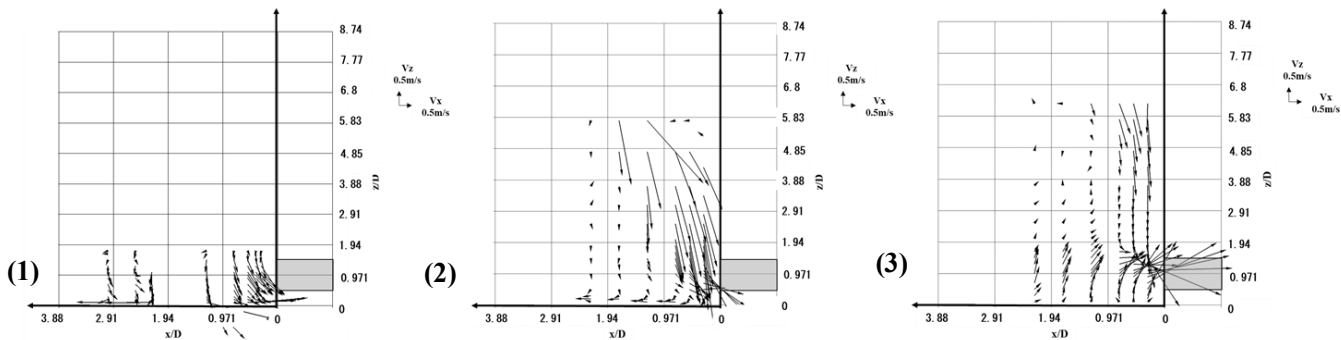


Figure 2. Flow velocity vectors in manhole
 (1) $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31,$ and $(hu-D/2-S)/D=0.65$
 (2) $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31,$ and $(hu-D/2-S)/D=4.52$
 (3) $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31,$ and $(hu-D/2-S)/D=7.87$

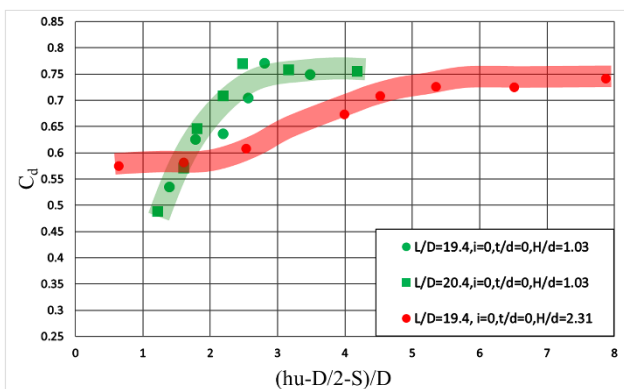


Figure 3. Change of C_d with $(hu - D/2 - S)/D$

$(hu-D/2-S)/D$ に対して、突入するとき気泡が多く含まれ、横引き管への気泡混入量が増加することで、 C_d の値が低下したと考えられる。なお、 $(hu-D/2-S)/D$ が増加すると、マンホール内の気泡は浮上し、気泡混入の影響が小さくなり C_d の値が増加傾向になる。また、**Photo 1 (a)**および**Figure 2 (2)**に示されるように、横引き管の流入口付近において、下向き流れが形成され横引き管による引き込みを妨げていると考えられる。ただし、 $(hu-D/2-S)/D$ が大きくなるに従い、下向き流れの流速が減勢され、通水されやすくなり、 C_d の値が増加したと考えられる。 $(hu-D/2-S)/D$ が5以上では、 H/d に関わらず C_d の値が0.75程度となった。これは、**Photo 1 (b)**および**Figure 2 (c)**に示すように、 $(hu-D/2-S)/D$ が5以上では、マンホール上部からの落下の影響が小さくなり、 H/d の大小によらず、 C_d の値が一定になったものと考えられる。

4. まとめ

相対落差高 H/d が横引き管の排水能力に与える影響を検討するため、排水が最も期待できる条件のもとで H/d が1.03, 2.31の場合を対象に実験的検討を行い、流況および流速ベクトル、流量係数 C_d より検討を行った。 $(hu-D/2-S)/D$ が2以下の場合、 H/d を大きくすることで、落下流が十分に加速した後、水路床に衝突

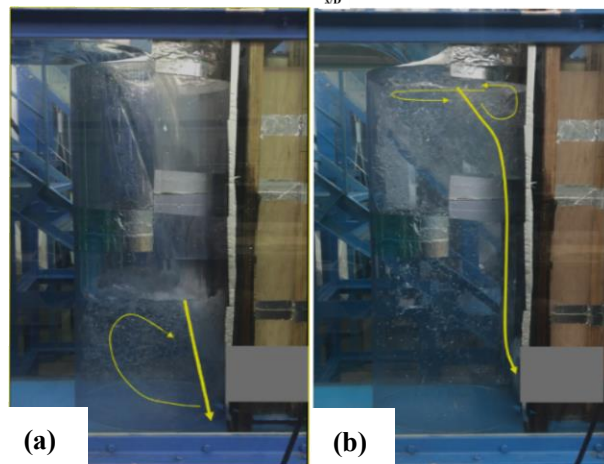


Photo 1. Flow conditions in manhole
 (a) $L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31,$ and $(hu-D/2-S)/D=2.53$
 (b) $L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31,$ and $(hu-D/2-S)/D=7.87$

する為、横引き管へ流入する水の勢いが増すことで C_d が増加することが分かった。

$(hu-D/2-S)/D$ が2以上5以下の場合、 H/d を大きくすると横引き管流入口付近での下向き流れの勢いが増し、引き込みを妨げることで C_d が低下することが分かった。さらに、 H/d が大きくなると生じる気泡の量が H/d が小さい場合と比べ多くなり、横引き管への気泡混入量が増加し、 C_d が低下したと考えられる。

$(hu-D/2-S)/D$ が5以上の場合、マンホール内の水深により下向き流れの勢いが減勢されることで、 H/d が排水能力に与える影響が小さくなり、 C_d が0.75程度と同程度の値となった。

5. 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.
 [3] 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.