

## 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

日本大学 正会員 安田陽一  
日本大学 学生会員 ○石塚公隆

### 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。雨水が短時間でマンホール内に一挙に流入し、下水道の設計流量を超過、または設計流量を超過せずとも下水道施設での水理特性によっては内水氾濫が生じる。マンホール内の水の挙動はマンホールと雨水本管を接続する横引き管の設置状況により大きく変化し、内水氾濫の対策として、横引き管の排水機能の向上が挙げられる。既往研究により、排水が最も期待できるとされる、横引き管の相対管路長さ  $L/D$  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<sup>1),2),3),4)</sup>。ただし、マンホールの相対落差高さ  $H/d$  が 1.03 のみの検討であるため、マンホール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、マンホール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、図 1 に示すように、遮蔽板、マンホール模型、管路を設置し、表 1 に示す実験条件のもと横引き管による排水実験を行った。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 と 0.50 m および高さ 0.30 m と 0.60 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、マンホール高さを 0.90 m として実験に用いた。なお、マンホール内の水位の変動が大きかった為、内径 10 mm のビニールチューブを用いて時間平均的な水位(ピエゾ水頭)を測定した。また、L型電磁流速計を用いて水路中央断面での流速の測定を行った。なお、採取時間は 30 sec とし採取間隔は 50ms とした。表 1 に示す  $B$  は水路幅、 $t$  は横引き管のマンホール内へ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

図 2 は排水が最も期待できる横引き管の相対管路長さ  $L/D$ 、管路勾配  $i$ 、相対突出し長さ  $t/d$  の条件のもと、各相対落差高さ  $H/d$  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 の定理に準じて定義している。図に示され

表 1 実験条件

$Q \times 10^{-3}$ ( $m^3/s$ )	$(h_u - D/2 - S)/D$ (-)	$L/D$ (-)	$i$ (-)	$t/d$ (-)	$D/B$ (-)	$H/d$ (-)
5.43-24.6	0.636-7.87	19.4	0	0	0.258	2.31
7.48-16.5	1.39-3.46					1.03

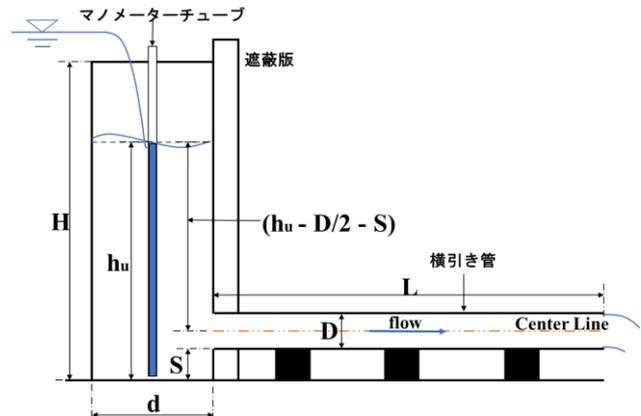


図 1 マンホールに接続した横引き管の概略図

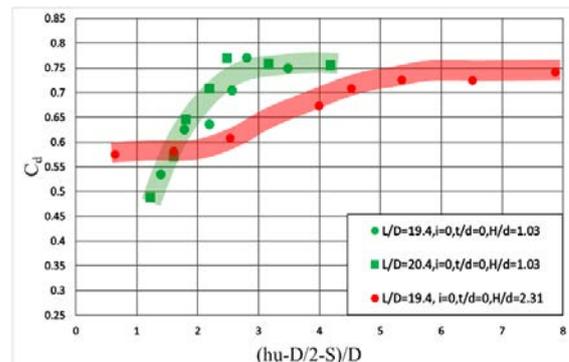


図 2 相対水深  $(h_u - D/2 - S)/D$  による流量係数  $C_d$  の変化

るように、 $(h_u - D/2 - S)/D$  が 2 以上 5 以下では、 $H/d=1.03$  の場合より  $H/d=2.31$  の場合の  $C_d$  の値は小さくなる。これは同一の  $(h_u - D/2 - S)/D$  に対して、 $H/d$  が大きい場合、マンホール内に落下した流れによって、気泡を多く生じさせ、その気泡混入流れを横引き管が引き込み、横引き管への気泡混入量が増加することで、 $C_d$  の値が低下したものと考えられる。なお、 $(h_u - D/2 - S)/D$  が 2 以上 5 以下において、 $(h_u - D/2 - S)/D$  が増加すると、マンホール内の気泡は浮力の影響により浮上し易くなり、横引き管への気泡混入量が減少し  $C_d$  の値が増加傾向を示す。なお、 $(h_u - D/2 - S)/D$  が 5 以上では、 $H/d$  に関わらず  $C_d$  の値が 0.75 程度となる。また、 $(h_u - D/2 - S)/D$  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。

キーワード マンホール、横引き管、排水能力、内水氾濫、気泡混入量

連絡先 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL:03-3529-0409 E-mail: yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

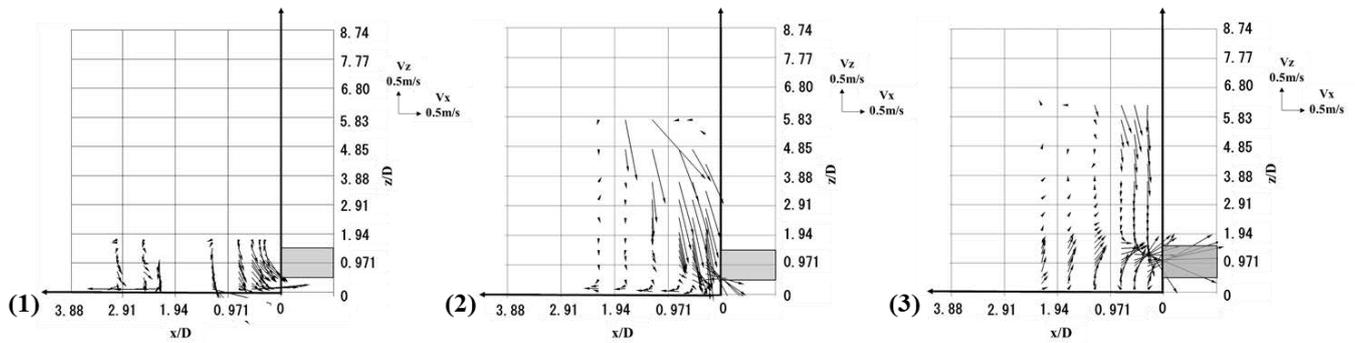


図3 マンホール内の流速ベクトル図

- (1)  $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31$ , and  $(h_u-D/2-S)/D=0.65$  (2)  $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31$ , and  $(h_u-D/2-S)/D=4.52$   
 (3)  $L/D=19, i=0, t/d=0, H/d=2.31$ , and  $(h_u-D/2-S)/D=7.87$

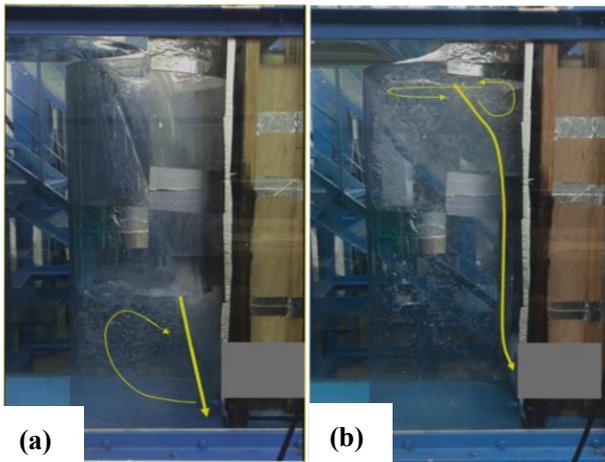


写真1 マンホール内の流況

- (a)  $L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31$ , and  $(h_u-D/2-S)/D=2.53$   
 (b)  $L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31$ , and  $(h_u-D/2-S)/D=7.87$

#### 4. 流量係数の変化傾向の考察

$H/d$  が 2.31 の場合を対象に、水路中央断面での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）を図 3 に示す。 $(h_u-D/2-S)/D$  が 2 以下では、落下流は加速した後、マンホール内の水に入水し、水路床に衝突した後、図 3(1) に示すように、下流側へ分岐した流れを生じさせる。この下流側へ分岐した流れの勢いは  $H/d=1.03$  と比べて  $H/d=2.31$  の場合が大きく、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、写真 1(a) および図 3(2) に示されるように、横引き管の流入口付近において、落下流により下向き流れが形成されることで、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、 $(h_u-D/2-S)/D$  が大きくなるにつれて、下向き流れが減勢され、横引き管へ通水され易くなり、 $C_d$  の値が増加したものと考えられる。 $(h_u-D/2-S)/D$  が 5 以上では、写真 1(b) および図 3(3) に示すように、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。

#### 5. 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。

相対水深  $(h_u-D/2-S)/D$  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、水路床に衝突する為、横引き管へ流入する水の勢いが増し、 $C_d$  が増加することが分かった。

$(h_u-D/2-S)/D$  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、横引き管による通水を妨げることで  $C_d$  が低下することが分かった。また、 $H/d$  が大きくするとマンホール内で生じる気泡の量が増加し、横引き管への気泡混入量が増加することで、 $C_d$  が低下したと考えられる。

$(h_u-D/2-S)/D$  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、さらには、下向き流れが形成されなくなり、 $H/d$  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。

#### 参考文献

- 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, CD-ROM, 2018.
- 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), 2017. Vol. 73, No.2 (応用力学論文集 Vol. 20), 2017, pp.I-571-I-578.
- 安田陽一, 石塚公隆, 横引き管の排水機能に対するマンホール形状の影響, 第 56 回下水道研究発表会, N-2-2-5, 2019.
- 安田陽一, 石塚公隆, 横引き管の排水機能に対するマンホール形状の影響, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, II-098, 土木学会, CD-ROM, 2019.