

横引き管の排水機能に対するマンホール高さの影響

The effect of manhole height on drainage function for 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 ○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。内水氾濫は雨水が短時間で下水道施設に一挙に流入し、下水道の設計流量を超過することで発生するが、氾濫時のマンホール内の水の挙動は解明されていない。マンホール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。本研究室では、横引き管の排水機能を検討している^{1),2),3)}。横引き管の相対管路長さ、管路勾配、相対水深、相対突出し長さを変化させて検討している。その一つとして、マンホール上部から越流する場合を対象とし、マンホールの相対高さ H/d の違いによる排水機能の影響を検討している。ここでは、 H/d が 1.03, 2.31 の場合の実験を行い、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、流況観察、流速ベクトル、および流量係数 C_d を通じて検討を行った。

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ため、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マンホール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. 流量係数に対する相対マンホール高さの影響

図 2 は遮蔽板に接続する横引き管の流量係数 C_d が大きくなる相対管路長さ L/D 、管路勾配 i 、相対突出し長さ t/d のもと¹⁾、異なる相対マンホール高さ 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 Torricell の定理に準じて定義している¹⁾。

写真 1, 2 のように、各 H/d においてマンホール内の水位がマンホール上縁より低い場合、落下流が生じ、また、高い場合では水面に沿う流れが生じる。

$(h_u-D/2-S)/D$ が約 2.0 から 5.0 の範囲では、 C_d の値が

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 (-)	S/D (-)	H/d (-)
7.48-16.5	1.39-3.46	19.4	0	0	0.258	0.437	1.03
5.43-24.6	0.636-7.87						2.31
18.4	4.35						1.28

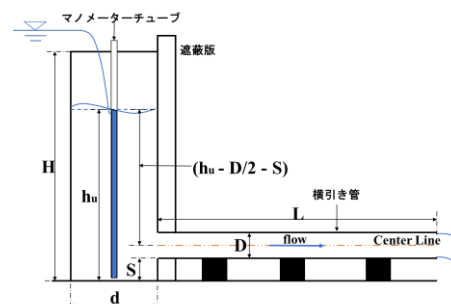


図 1 マンホールに接続した横引き管の概略図

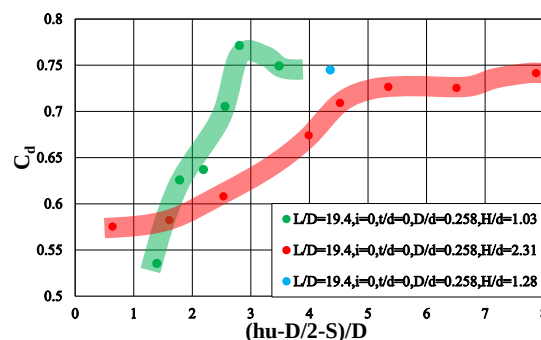


図 2 相対水深 $(h_u-D/2-S)/D$ による流量係数 C_d の変化

H/d が 1.03 より 2.31 の方が小さくなっている。 $H/d=2.31$ において、落下流が加速し易くなり、図 3(水路中央 x,z 平面における流速の合成ベクトル)に示すように、下向きの流速が速く気泡を多く含んだ気泡混入流れが生じる。 $H/d=1.03$ の場合、 $(h_u-D/2-S)/D$ が 2.0 より大きくなると、写真 1 に示されるように、気泡混入が少ない。すなわち、マンホールの相対高さおよび相対水深によって流入口付近で横引き管への流れが遮られ、 C_d の値が低下し、 $(h_u-D/2-S)/D$ が約 2.0 から 5.0 の範囲で C_d の差異が大きくなる。

マンホール上部で水面に沿う流れが形成されると、気泡混入が生じにくいいため、横引き管への気泡混入も少なくなる。水面に沿う流れが形成される場合 ($H/d=1.28$, $(h_u-D/2-S)/D=4.35$ の場合、 $H/d=2.31$, $(h_u-D/2-S)/D=7.87$ の場合)、図 3, 4 に示されるように、壁面に沿う流れが生じ、マンホール内において同様な流れとなるため、 H/d に関わらず C_d の値が 0.74 程度となったものと考えられる。

キーワード マンホール、横引き管、排水能力、内水氾濫、気泡混入流れ

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

4. 流量係数の変化傾向の考察

H/d が 1.03 の場合, $(h_u-D/2-S)/D$ が 1.39 から 2.80 にかけて, C_d が 0.536 から 0.771 まで増加している. 写真 1(1)に示されるように, $(h_u-D/2-S)/D$ が小さい場合, 越流面から水面まで落差が生じるため, 落下流の曲率が大きくなり, マンホール中央付近に落下流が入水する. そのため, マンホール内に気泡を多く含んだ気泡混入流れが生じ, その流れを横引き管で連行することで, C_d が小さくなったと考えられる. 写真 1(2)のように $(h_u-D/2-S)/D$ が大きくなると, 落下流の曲率が小さくなるため, マンホールの壁に沿って流入口へ向かう流れが生じることで, 横引き管による排水能力の向上に繋がったと考えられる. ただし, $(h_u-D/2-S)/D$ が 2.80 から 3.48 にかけて, C_d が 0.771 から 0.749 まで低下していることが分かる. これは, 写真 1(3)のように, 水面に沿う流れが生じるため, 旋回するような流れが形成され, マンホールからの流れが横引き管へ流入する状態が異なり, C_d の変化傾向が異なったものと考えられる.

H/d が 2.31 の場合, $(h_u-D/2-S)/D$ が 0.636 から 4.52 にかけて, C_d が 0.575 から 0.709 まで増加している. 写真 2(1),(2)のように, 落下流が形成され, 図 3(1),(2)のように, 流入口付近に下向き流れが生じている. $(h_u-D/2-S)/D$ の増加とともに, 下向き流れの形成位置が上方に変化し, 流入口付近までマンホール上縁からの流れの勢が届きにくくなっている. したがって, 流入口付近の下向きの流れの勢いが減勢し, 横引き管の引き込みを遮ることが無くなり, C_d が増加傾向となったと考えられる. $(h_u-D/2-S)/D$ が 7.87 になると, マンホール上縁からの流れが水面に沿う流れになることから, $(h_u-D/2-S)/D$ が 6.51 から 7.87 にかけて, C_d の変化傾向が異なっている. 水面に沿う流れが形成されると, 気泡混入が小さく, 横引き管への気泡の連行が少なくなったものと考えられる.

5. まとめ

相対マンホール高さ H/d が横引き管の排水能力に与える影響について実験的に検討した結果, 同一の相対水深 $(h_u-D/2-S)/D$ に対して, H/d が大きい場合では, 落下流が加速しやすくなり, 流入口付近の下向き流れの勢が増し, 横引き管の引き込みを妨げることで排水能力が低下することが分かった. ただし, 越流する流れが水面に沿う流れとなると, いずれの H/d においてもマンホール内で同様な流れとなり, 流量係数 C_d が 0.74 程度となる.

C_d の変化傾向に対して, H/d が小さい場合, 落下流の曲率の程度が支配的であり, H/d が大きい場合, 下向き流れの勢いが支配的であると考えられる.

参考文献

- 1) 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.

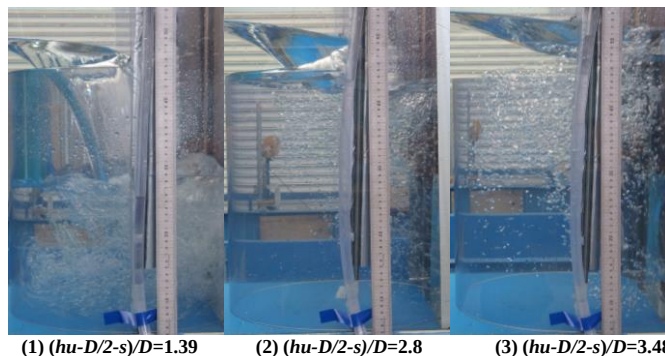


写真 1 マンホール内の流況 ($L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=1.03$)



写真 2 マンホール内の流況 ($L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31$)

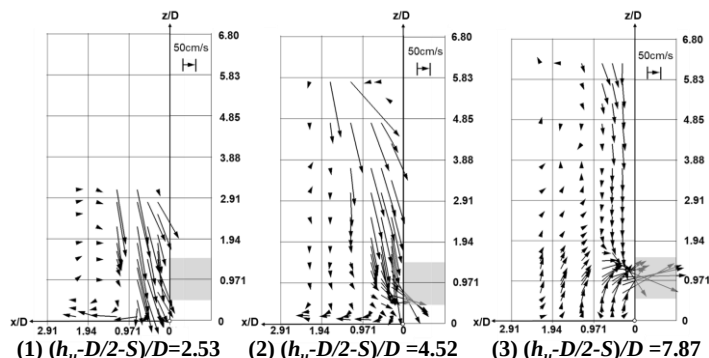


図 3 マンホール内の流速ベクトル
($L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=2.31$)

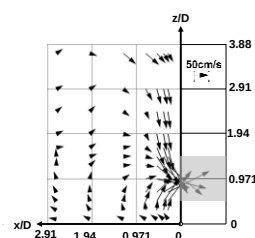


図 4 マンホール内の流速ベクトル
($L/D=19.4, i=0, t/d=0, H/d=1.28, (h_u-D/2-S)/D=4.35$)

- 2) 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.
- 3) 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落差高さの影響, 第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会, II-66, CD-ROM, 2020