

横引き管の排水機能に対するマンホール内の圧力の影響

Effect of Pressure in Manhole on Drainage Function of Drain Pipe connected to Manhole

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○村野 哲太

1. はじめに

集中豪雨による内水氾濫に対して、マンホール内の水の挙動やマンホールに接続する横引き管内の流れの特性など、水理的な検討が不足しているために既存の施設では排水機能が低下している場合がある¹⁾。また、市街地では土地利用の制約により雨水幹線を深くすることに伴い貯留機能を持たせている場合があり、流入管からマンホールを経て急勾配で雨水幹線に接続する場合の排水機能の解明が重要となる。

本研究室では、マンホールに接続する横引き管の接続角度を 120 度および 180 度とし、急勾配で流出する場合を対象に、流入管、流出管に管径の半分の落差を設けることで排水能力が向上することを明らかにし、接続角度を 120 度とした場合に、マンホール内に局所流の制御板を設置することで横引き管の排水能力が向上することを示した²⁾。しかし、マンホール内に制御板を入れるなどの行為は堆積物による阻害が懸念されるため、排水機能の改善のために制御板などを導入することは望ましくなく、実際に導入が可能な方法での排水機能の改善が必要となる。これらの実験では、マンホール上部は開放状態であり、上部で大気と通じているため、マンホールの空間内では大気圧を維持した状態となっている。ここでは、マンホール内の圧力に着目し、横引き管の接続角度を 90 度、120 度、とした場合を対象に、マンホール上部を開放した場合と閉塞した場合を比較し、閉塞させたことによるマンホール内の圧力変化が排水能力に与える影響について、流況および流量係数から実験的に検討を行った。

2. 実験方法

水路幅 0.80 m、水路高さ 0.60 m、水路長さ 17 m を有する可変勾配式矩形水路に、図 1 に示すように、横引き管およびマンホール模型を設置し実験を行った。マンホールに接続する横引き管に管径の半分の落差を設けている。マンホールに接続する横引き管の接続角度 θ を 90 度、120 度としている。なお、マンホール底部では流

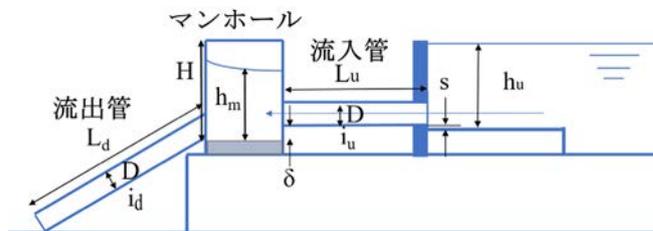


図 1 実験模型概略図

表 1 実験条件

Fr (-)	L_u/D (-)	i_u (-)	L_d/D (-)	i_d (-)	δ/D (-)	θ (°)	マンホール上部
1.17~2.56	4.85	0	6.6	0.467	0.5	90	開放
1.25~3.50	4.85	0	6.6	0.467	0.5	90	閉塞
1.43~2.48	4.85	0	6.6	0.47	0.5	120	開放
1.41~3.94	4.85	0	6.6	0.47	0.5	120	閉塞

出管の上流端下縁まで、固定部材で空洞をなくし、水平に仕上げている。実験条件を表 1 に示す。閉塞状態とする場合、マンホール上部に木版を設置することで閉塞状態としている。実験はフルードの相似則に従う。水深測定については、ポイントゲージを用いて、流入管直上流の水深 h_u を測定した。マンホール内の水深については局所流により水面勾配が大きく、場合によっては水面変動が大きいためマンホール中央部の水深 h_m を鋼尺で参考程度に測定している。マンホール内の流況はデジタルカメラで動画および画像で記録し、流況の考察に利用した。

3. マンホール内の流況の説明

マンホール上部の開閉の有無による流況の違いを写真 1 に示す。マンホール上部を開放した場合、流量が小さいとき、マンホール内で流入管からの下向き流れが潜り込み流れとなり、マンホールの壁に衝突した後に流出管に向かって流れる。このとき流出管では開水路として流れる。流量を増加させると、流入管からマンホールへ流入した流れは流入管から直接流出管へ向かう流れ、流出管からの流れが壁に衝突し回り込む上向き流れと下向き流れに分かれる。このとき、流入管から流入する運動量が大きいため、マンホール内の流れの変動が大きくなる。特に、マンホール内で回転した流れが見られるがマンホール内の変動の影響を受け、排出に

キーワード マンホール、局所流、排水機能、横引き管、雨水対策

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田 1-8-14 TEL:03-3529-0409 E-mail: yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

寄与する回転する流れは形成されない。また、流出管の流入部で剥離が生じ、流出管では開水路流れとなっている。これらの流況は接続角度が 120 度の場合も同様に見られる。

マンホール上部を閉塞した場合、流量が小さいとき、開放した場合と同様に潜り込む流れが確認される。流量を増加していくと、マンホール内の水位が上昇する。このとき、流入管からの流れは直接流出管へ向かう流れや壁に衝突し回り込む上向き流れや下向き流れとなるが、これらの流れによりマンホール内で排水に寄与する回転した流れが形成され、流出管へ流出する。また、マンホール内で形成された回転した流れが流出管内まで続くため、流出管流入部で剥離が生じにくくなり、急勾配であっても満管に近い状態で流れる。接続角度が 120 度の場合も同様な状態が見られる。

4. 流量係数の変化特性

流入管への流入口での排水能力を検討するために、流入管直上流と流入管流入部との間で Bernoulli の定理を適用し流量係数 C_d を(1)式で定義した。実験により得られた測定データ（流量 Q 、流入管直上流の水深 h_u ）を(1)式に代入して流量係数 C_d を算定している。与えられた L_u/D 、 i_u 、 L_d/D 、 i_d 、 δ/D 、 θ に対して流入管流入部でのフルード数 Fr による流量係数 C_d の変化を図 2 に示す。

$$C_d = \frac{4Q}{\pi D^2 \sqrt{2g(h_u - \frac{D}{2} - s)}} \quad (1)$$

フルード数が小さいとき、排水状態に違いが見られないため、開放、閉塞による流量係数の違いは小さい。フルード数が大きくなると、マンホール上部を開放した場合の流量係数が 0.6-0.7 程度であるのに対し、マンホール上部を閉塞した場合では、接続角度を 90 度とした場合に流量係数が 1.0 程度まで向上し、接続角度を 120 度とした場合に流量係数が 1.2 程度まで向上した結果となる。フルード数が大きいとき、マンホール上部を開放した場合、マンホール空間内で大気圧を維持した状態であるために、流出管からの引き込む力が一定以上にならず、流出管流入部で剥離が生じているものと考えられる。一方、マンホール上部を閉塞した場合、流出管へ空気が連行されることで、マンホール空間内での圧力は大気圧よりも低くなっているものと考えられる。圧力が低くなったことにより、流出管からの引き込む力が大きくなることに加え、マンホー

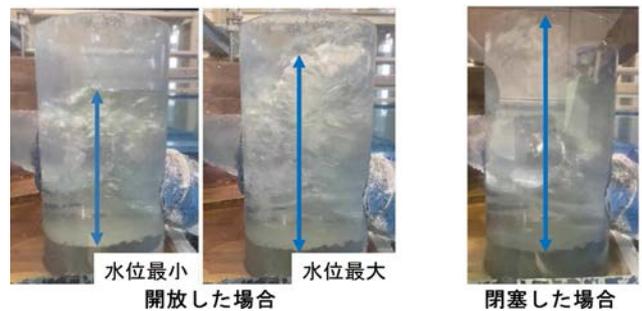


写真1 マンホール上部の開閉の有無によるマンホール内の流況の比較

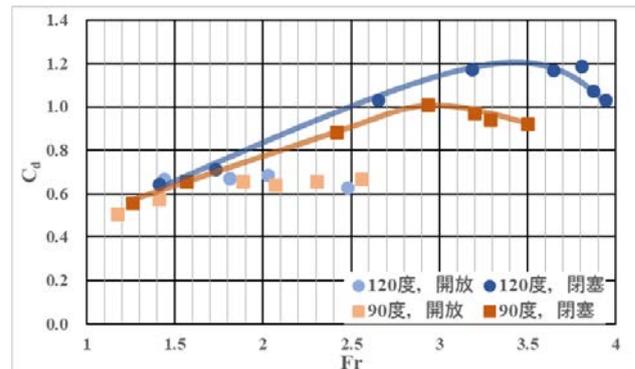


図2 マンホール上部の開閉有無による C_d の比較

ル内で生じた回転した流れが流出管内で維持されることで、流出管流入部で剥離が生じにくくなり、排水機能が向上したものと考えられる。

また、マンホール上部を閉塞状態からわずかに開放することを実験的に行った結果、排水機能が急激に低下することが確認されたため、マンホール空間内の圧力変化は排水機能に影響しているものと考えられる。

5. まとめ

マンホール内の圧力に着目した接続する横引き管の排水機能について、マンホール上部を開放した場合と閉塞した場合の比較を行った。実験結果より、接続角度が 90 度、および 120 度とした場合、マンホール上部を閉塞することで、マンホール空間内の圧力の低下により、マンホールから流出管へ向かう回転した流れが形成されるようになり、流出管内で満管に近い状態で流れるようになったものと考えられ、マンホール上部を開放した場合よりも流量係数が向上することを示した。

参考文献

- 1) 安田陽一：管きょ内の水理学の今後の展開，日本下水道新聞，第2269号，9頁掲載，2015
- 2) 安田陽一他2名：マンホールに接続する横引き管の排水機能に関する実験的検討，土木学会論文集 A2(応用力学)，Vol.76, No.2(応用力学論文集 Vol.23), I_423-I_430, 2020.