

H-7

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
EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON DRAINAGE FUNCTION OF DRAIN
PIPES CONNECTED TO MANHOLE

安田陽一¹, 石塚公隆², 〇村野哲太³
 Youichi Yasuda¹, kimitaka ishitsuka², *Tetta Murano³

Abstract: This report presents the drainage function of pipe connected to manhole. The experimental investigation on the drainage function yields that the discharge coefficient at the inlet of pipe depends on the connecting level of pipe, the angle of junction at manhole, diameter and length of pipe, slope of pipe, and discharge. The physical model was settled as 1/6 scale, and Froude similarity was applied. Also, the top of manhole was opened, and a lot of air was entrained easily into a local flow in the manhole. Recent research reveals that the formation of local flow with a stable spiral eddy in the manhole is the most significant for the drainage function of pipe connected to manhole. If the angle of the junction is settled as 90 or 120 degree under different connecting level of pipe and non-air entrainment from the top of manhole, a local flow with a stable spiral eddy is formed in the manhole, and the discharge coefficient can be improved.

1. はじめに

雨水排水対策として、雨水幹線に接続する管路の排水機能の解明が重要となるが、雨水管内の水理学的な検討が不足している^{[1][2]}。特に、マンホールに接続する管路内の流れの特性が不明である。

本研究室では、横引き管の排水機能に関する実験的な検討を行っている。遮蔽板に横引き管を接続する実験では、横引き管内が満水状態である時、横引き管の相対長さ L/D が小さく、横引き管の勾配が水平から $1/400$ の時に排水能力が向上することを明らかにした^{[3][4]}。また、マンホール模型を設置した実験ではマンホール上部からマンホール内底部に越流する流れによる気泡混入の影響、マンホール形状による排水能力の影響を検討した^[5]。さらに、マンホール内の管路の突起長さを変化させることで排水能力が変化することを示した^[5]。接続角度が 180 度で流入管、流出管に落差がない場合のマンホールからの排水能力を検討した^[6]。接続角度が 120 度で流出管が急勾配で接続する実験では、流入管、流出管に管径の半分の段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た。この場合、マンホール模型は円筒形のもので上部は開放した状態で行っている。ここでは、マンホールに流入・流出する横引き管の接続角度を 120 度、 90 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、マンホール内の流況および流入管の流量係数に着目し実験的に検討を行った。

2. 実験方法

原型の 6 分の 1 に縮尺した模型を水路幅 80 cm, 水路高さ 60 cm, 水路長さ 15 m を有する可変勾配式矩形水路に設置し実験を行った。マンホール流入・流出の管路の設置位置（高さ）に管径の半分の段差を設けている（流入口の方が上方に位置する）。接続角度 120 度、 90 度それぞれの場合で、マンホール上部を開放した場合と閉塞した場合の2通りで実験を行った。実験条件を **Table 1** に示す。**Table 1** に示すように、流出管は急勾配となるように勾配を設定している。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を測定した。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を行った。

Table 1. Experimental conditions

	Diameter(cm)	Length(cm)	Horizontal(%)	
Inlet pipe	10.3	50	0	
Outlet pipe	10.3	68	470	
	Diameter(cm)	Height(cm)	Bottom thickness(cm)	Drop height(cm)
Manhole	15.5	30	3.8	5.15

3. 流況の説明

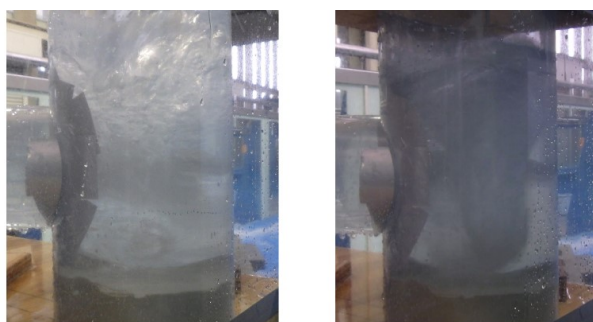
Photo 1 は同じ接続角度 90 度を対象に同一な流量規模におけるマンホール上部を開放した場合と閉塞した場合のマンホール内の流況を示す。左はマンホール上部が開放された状態を示し、右は閉塞した状態を示す。

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、流出管に向かって流れる。この場合、マン

1 : 日大理工・教員・土木 2 : 日大理工・院 (前)・土木 3 : 日大理工・学部・土木

ホールの壁に衝突した後に流出管に向かって流れる。流量を増加させると、流入管から流出する運動量が大きくなり、マンホールの壁に衝突する力が大きくなり、水面変動が大きくなる。特に、マンホール内でらせん状の流れが見られるが水面変動が大きいために、安定した渦は形成されない。また、マンホールから流出管への流入部で剥離が生じ、流出管内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 度の場合も同様である。

マンホール上部を閉塞した場合、流量が少ないとき、開放した場合と同様に潜り込む流れが確認される。しかし、流出管に向かう流れが回転した状態となる。流量を増加していくと、マンホール内の水位は上昇し、らせん状に下向きに引き込まれるようになる。さらに流量を増加させると、マンホール内の水面は上部に達し、安定したらせん形の渦が形成されるようになる。このらせん形の渦は流出管に直接流入する流れと一体化した渦となっている。また、一体化した流れが流出管内でらせん状になるため、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。



(A) Open state

(B) Blocked state

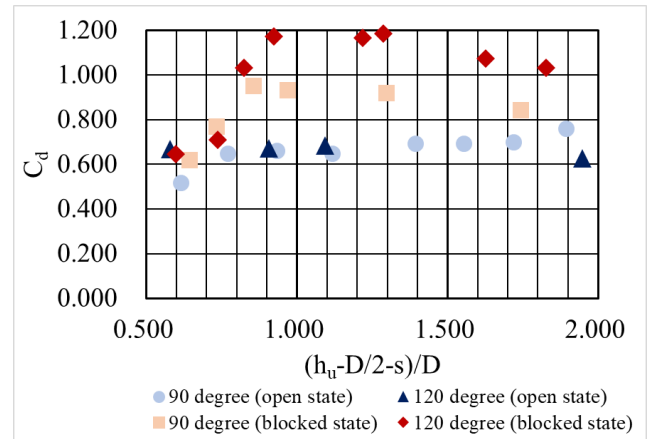
Photo 1. Flow conditions in manhole

4. 管路流入部での流量係数の比較

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を算定した^{[1][2]}。流量係数と管路直上流部での相対水深との関係について整理したものを Figure 1 に示す。

相対水深が小さいとき、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。相対水深が大きくなると、接続角度 120 度の場合、閉塞状態とした場合の流量係数は開放状態に比べて最大約 1.7 倍増加した結果となる。接続角度 90 度の場合、閉塞状態とした場合の流量係数は開放状態に比べて最大約 1.5 倍増加している。相対水深が大きいとき、マ

ンホール上部を開放した場合と閉塞した場合を比較すると、閉塞することで、マンホール内に安定してらせん状の渦が形成されるようになり、流出管内を満管に近い状態で流れるようになったため、排水能力が改善されたものと考えられる。

Figure 1. Relation between C_d and $(h_u-D/2-s)/D$

5. まとめ

マンホールに接続する横引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、マンホール内に安定したらせん形の渦が形成され、流出管内では満管に近い状態で流れるようになった。このことによって、流量係数が改善されることを示した。

6. 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), pp.9, 2015.
- [2] W.H.Hager, Wastewater Hydraulics Theory and Practice, Springer, New York, pp628, 1999.
- [3] 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.
- [4] 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), I_571-I_578, 2017.
- [5] 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.
- [6] 安田陽一・上野真由：「マンホールに接続された横引き管流入口での排水機能に関する実験的検討」, 第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会, II-67, CD-ROM, 2020.