

落差マンホールの排水機能に関する実験的検討
Experimental investigation on drainage ability at drop manhole

日本大学理工学部土木工学科 正会員 ○安田陽一
日本大学理工学部土木工学科 学生会員 上野真由
ゼニス羽田株式会社 手嶋良祐

1. はじめに

市街地内で集中的に豪雨に見舞われることが多く、浸水被害が多発している。氾濫被害を抑えるためにも、雨水対策が喫緊の課題とされている。その一方、雨水管およびマンホール内における水理学的な検討が数値解析として行われているが、実現象の把握ができていないため、信ぴょう性に欠けることが多い^{1),2)}。また、雨水管内およびマンホール内の現象解明が実験的に行われることが少ない。最近、マンホールに接続する横引き管内の排水機能について実験によって系統的に検討している。その一方で、落差が大きい場合に用いられるらせん形の落差マンホールにおける水理特性（流入部の流況および排水能力、落差マンホールに接続した横引き管内の気泡混入率、射流・常流の判定など）について不明な点がある。ここでは、ゼニス羽田社提案の落差マンホールの水理特性について 7.143 分の 1 の縮尺模型を用いて検討を行った。

2. 実験概要

実験は日本大学理工学部船橋校舎内テクノプレイス環境水理実験室内にある水路幅 0.40 m、水路高さ 1.00 m（上流部）、0.6 m（下流部）、水路長 17 m を有する可変勾配型矩形開水路内に管路模型を設置して排水機能に関する実験的な検討を行った。なお、落差マンホールに接続する横引き管は排水能力が最も良好な状態になる相対長さに設定した。落差マンホール総落差高さは 1.574 m（0.275 m, 0.665 m, 0.332 m, 0.302 m の組み合わせ）、落差マンホール上部の流入口中心から下部の流出口中心までの高さは 1.422 m、落差マンホールの内径は 0.28m、アクリル厚さ 0.009 m (9 mm)、木製ボックス（外寸：高さ 0.711 m、幅 1.22 m、奥行き 1.57 m）から落差マンホール流入口までの水平長さは 0.145 m、落差マンホール流出部から自由放流端までの水平長さは 3.15 m、流出部に接続する管路の勾配は水平として設定した。流量は水路下流端に設置された JIS 規格の全幅堰を用いて測定している。また、流況を記録するためにデジタルカメラを用いている。

表 1. 実験条件

$Q(m^3/s)$	$h_u(m)$
0.034448	0.597
0.031319	0.515
0.025781	0.36
0.02453	0.35
0.020198	0.33
0.018405	0.315
0.014524	0.315
0.010237	0.282

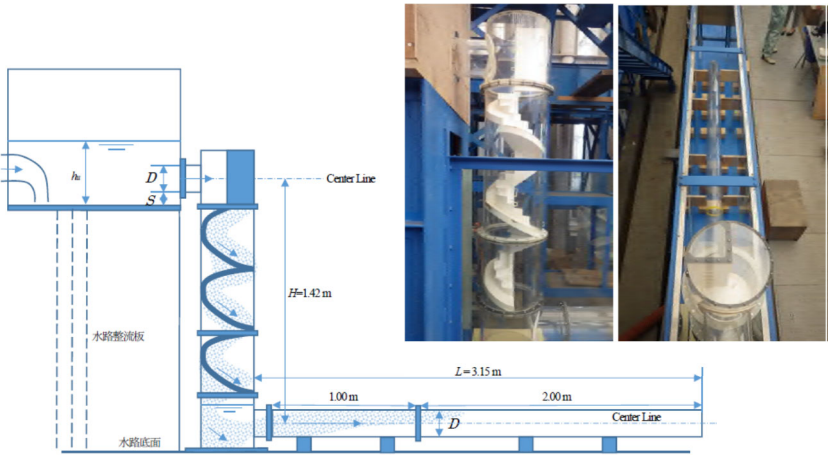


図 1. 記号定義図

キーワード 落差マンホール, 排水能力, 空隙率, 流量係数, 下水水理学
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

3. 実験結果

落差マンホール下部に接続された管において、気泡が浮上し、管路下流部で空洞の空間として形成されるため、管路上部に見られる水面幅 T を知ることによって空隙率 C を評価することができる。空隙率 C は A_a/A_o として定義できる。ここに、 A_o は横引き管の断面積、 A_a は気泡浮上による空洞面積である。図 1 は空隙率と落差マンホール直上流部の相対水深との関係を示す。相対水深 $(h_u-D/2-S)/D = 3.07$ (h_u は落差マンホール上流部の木製ボックス内の水深、 S は木製ボックス底部から流入管底部までの高さ) の場合 (原型規模の流量 $Q_p = 4.92 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合)、落差マンホール上部では満水状態になり、らせん形のマンホール内では気泡混入した流れが形成される (写真 1)。また、落差マンホール下部の管路内では気泡混入された管路流が形成され、その下流側で気泡が浮上し、空洞が管路上部に形成される。そのときの空隙率は $C = A_a/A_o = 2.86\%$ となる。木製ボックス内の相対水深が 1.2 以上になると満水状態になり、図 1 に示されるように、 C の値は 3% 以内になる。Torricelli の定理に基づいて算定した流量から流量係数 C_d を定義する^{3),4)}と、図 2 に示されるように、相対水深が 1.5 以上になると、流量係数 C_d が一定になる。この場合、図 3 に示されるように、流量増加に伴う、相対水深の増加率が大きくなる。このことは、落差マンホールに流入するときの流出能力が低下することを意味する。



写真 1 $(h_u-D/2-S)/D=3.07$ の場合の流況

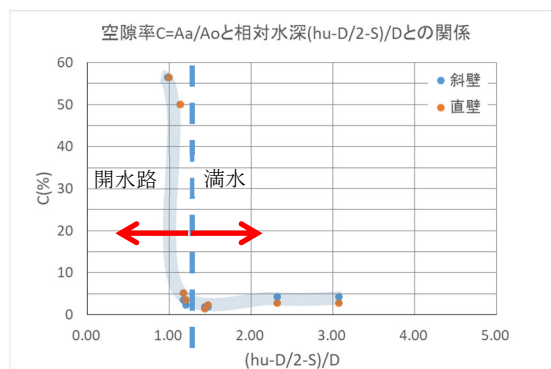


図 1 空隙率と相対水深との関係

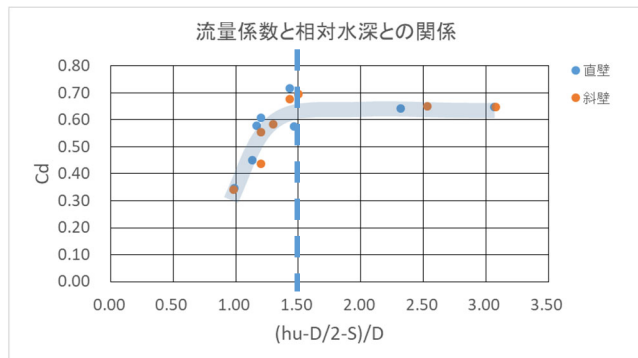


図 2 流量係数と相対水深との関係

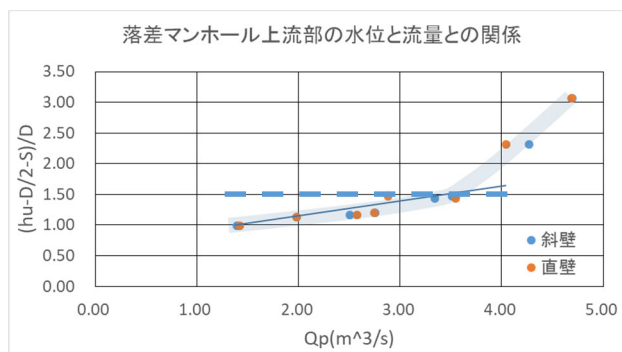


図 3 相対水深との原型換算流量との関係

4. まとめ

7.143 分の 1 縮尺の落差マンホール模型を用いてマンホール下部に接続する管路内の流況を検討すると、満水状態になる流量ではマンホール下部の水深が大きくなるため、気泡の浮上に伴い、管路内に入る気泡混入が軽減されていることが認められた。また、落差マンホール下部に接続する管路内の空隙率の変化について、満水状態で気泡混入した流れが形成された場合、空隙率が 5% 以下になることを確認した。落差マンホール上部に接続する木製ボックス接合部での流量係数の変化について、相対水深 $(h_u-D/2-S)/D$ が 1.5 を境に流量係数 C_d の変化傾向が異なることを示した。また、原型換算した流量が $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ を境に変化傾向が異なることを明らかにし、 $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上になった場合、落差マンホールの排水能力ではなく、落差マンホールに流入する流出能力が接続環境によって低下することを示した。

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 2015 年 8 月 26 日 9 頁掲載 (第 2269 号)。
- 2) Hager, W.H., Wastewater Hydraulics Theory and Practice, Springer, New York, 1999, 628 pages (日本語版、公共投資ジャーナル社, 2008 年, 554 頁)。
- 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, 2018.08.30, CD-ROM.
- 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), 2017, pp.571-578.