H3-1

雨水貯留施設に接続する傾斜下水管の排水機能

Drainage Ability of Sloped Pipe connected to Reservoir Facility for Rainwater

安田陽一 [1]，○西井　俊 [2]
Yoichi Yasuda[1] and *Shun Nishii[2]

Abstract: This report presents the drainage ability of sloped pipe connected to reservoir facility. In order to clarify the relationship between the installation of sloped pipe (e.g., slope angle and pipe length) and the drainage ability in pipe, the discharge coefficients were investigated experimentally by using physical models. The experimental results yield that the drainage ability depend on the slope of pipe under given diameter and length of pipe and discharge. Also, for the steep slope of pipe, a supercritical flow is formed in the pipe even if the water level is increased at the upstream of pipe, and the drainage ability diminished drastically.

１．はじめに

近年，ゲリラ豪雨と呼ばれる短時間の集中豪雨時に，雨水管から氾濫することが見られる．従来，下水整備事業として，汚水対策および雨水対策に取り組んでいる一方，最近の降雨に対応する雨水対策に至るまでには課題が多く残されている [1]．雨水管の排水向上のための手段として，ボルテックス管 [2]（排水能力が向上するように管の壁面の形状を工夫した管）を敷設することも行われている．

下水道内の雨水対策は喫緊の課題であり，既設構造からのわずかな改善技術の確立により，自治体の経済状況を考慮した改善の普及速度の向上が可能となる．

最近の著者らの研究 [3), 4)]により，排水機能に着目して，鉛直管内に強制的に強い回転流が形成されるように，螺旋状にチューブを巻きつけたものを管路の中心軸に敷設すると，貯水池内の水深が大きくても螺旋状の渦 (Photo 1.)が形成され，Figure 1.に示すように，Torricelli の定理より定義された流量係数の向上が認められた．

ここでは，矩形水路の途中に設置した鉛直壁に接続した横引管上流端の突出有無および横引管の傾斜角度を変化させて，横引管の排水機能の特性について実験的な検討を行った．

Photo 1. Vortex caused by the spiral tube inserted in vertical pipe

２．実験方法

実験は水路幅 40 cm，水路高さ 60 cm，水路長さ 16m の矩形断面水路で行った．Photo 2.に示されるように，水路の途中に 3 cm 厚の遮閉板を設置し，底部から 9.7cm 上部を中心に内径 0.10 m の塩ビ管(7 mm 厚)が挿入できるように水路中央部に穴をあけ，4 m 長さの塩ビ管を設置した(Photo 2.)．なお，塩ビ管下流端を水路下流端に設置されたゲートに充てて，塩ビ管を固定している．塩ビ管の勾配は水平，1/100, 1/267, 1/400, 1/800 程度の最大 5 種類に変化させ，管路上流端を鉛直板の表面から 0 mm, 20 mm, 38 mm, 60 mm 程度突出した場合(Photo 3.)の最大 4 種類について検討した．

Photo 2. Installed condition in vinyl chloride pipe

３．流量係数の定義

貯留池模型から鉛直管が接続している場合，流量係数は Torricelli の定理より次式によって定義される．

$$Q = C\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2gh} \qquad (1)$$

ここに，D は管径，h は貯留池内の水深である．ただし，鉛直管下流端は自由放流端としている．

Figure 1. に示されるように，螺旋型チューブの挿入によって，h/D の値が 1.5 以上になると，流量係数が向上することが確認できている．

水路の途中に設けた鉛直壁より横引管を設置した場合，流量係数については次式によって定義するものとする．

$$Q = C_d\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2g\left(h_u - \frac{D}{2} - S\right)} \qquad (2)$$

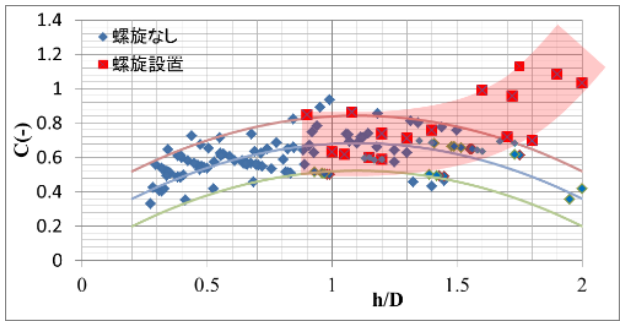

Figure 1. Discharge coefficient in vertical pipe connected reservoir facility mode

Photo 3. Connecting condition in upstream edge of vinyl chloride pipe (with projection)

1：日大理工・教員・土木，2：日本大学・院（前）・土木

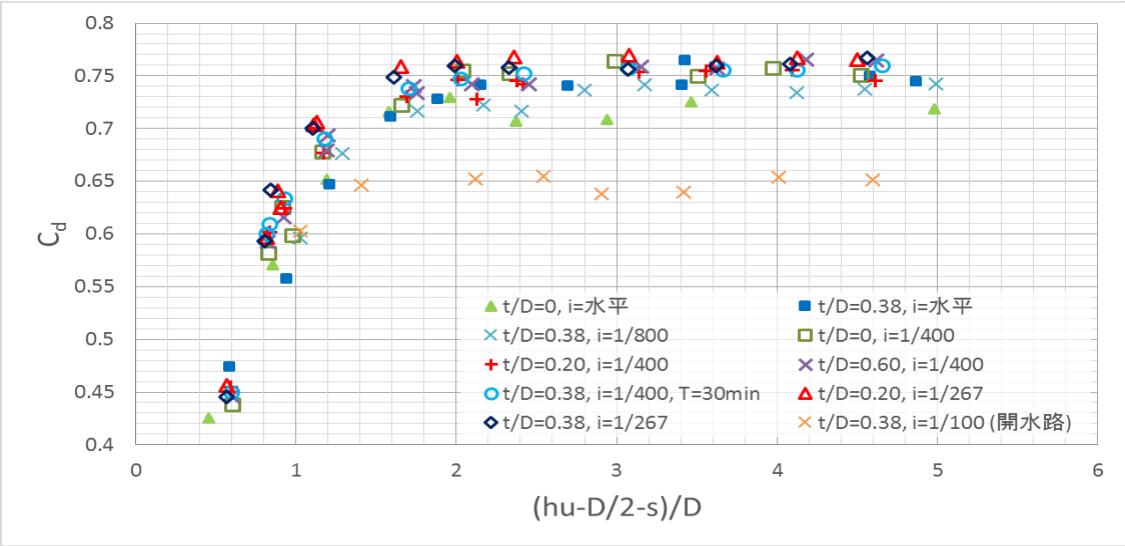

Figure 2. Discharge coefficients and relative depth in sloped pipe connected to reservoir facility

ここに，D は塩ビ管の内径，h_u は貯留内の底面から水面までの深さ，S は底面から接続された円管の下縁までの高さである．

4．実験結果

(2)式を用いて流量係数を算定し，次式の関係で整理したものを Figure 2.に示す．

$$C_d = f\left(\left(h_u - \frac{D}{2} - S\right)\frac{1}{D}, i, \frac{t}{D}\right) \qquad (3)$$

ここに，t は鉛直壁から塩ビ管上流端までの突き出し長さを示す．

Figure 2.に示されるように，流量係数 C_d は相対深さ $(h_u - 0.5D - S)/D$ばかりでなく，横引管の勾配 i によって変化する．また，突き出し有無(t/D)による流量係数 C_d の変化が認められるが，t/D の検討範囲を広げて検討する必要がある．なお，横引管の勾配を i = 1/100 にした場合，$(h_u - 0.5D - S)/D$によらず，常に管路内の流れは開水路射流になる．このことから相対水深が大きくなると，流入部で剥離流れが生じ(Photo 4.参照)，流積が小さくなり，他の場合より流量係数が小さくなる．横引管の勾配が水平または 1/800 の場合，上流側の水位が管路上端付近に位置すると管路内が常に満水状態となる．この場合，C_d の変化に対する勾配の影響は小さい．管路の勾配が 1/400 および 1/267 の場合，上流側の水位が管路上端付近に位置すると管路内の水位が満水状態になる(Photo 5.)．この場合，自然と満水状態となるため，横引管の勾配が水平，1/800 の場合に比べて吸い込み渦が大きくなり，流量係数 C_d が大きくなる．特に，勾配が 1/400 の場合に比べて勾配が 1/267 の場合の流量係数 C_d が大きくなる．

Photo 4. Flow conditions in sloped pipe (i = 1/100)

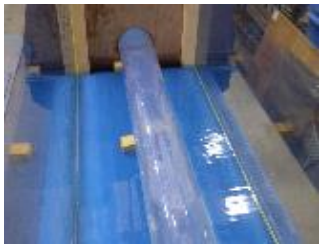

Photo 5. Right before the condition filled with water in sloped pipe (i = 1/400)

5．まとめ

横引管の排水機能を検討するために，流量，横引管の勾配，鉛直壁と横引管との接続部での突出有無を変化させて実験的に明らかにしたことをまとめる．

・流量の増加に伴って自然に満水状態になる場合，横引き管の勾配を大きくすることで，流量増加に伴う排水機能の向上が認められることが分かった．

・横引管の勾配を過剰に大きくすると（ここでは 1/100），流量が増加しても，管路内の流れが常に開水路射流の状態となり，流入部に剥離が継続するため，排水機能が極度に低下することが分かった．

・管路上流端で鉛直壁から突出させた場合，本実験条件では突出有無による流量係数の違いは小さかった．

以上のことから，横引き管の排水機能を向上させるためには，管路内が自然に満水状態となる範囲で，勾配を大きくすることが重要である．

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, 628 pages, 1999（日本語版、公共投資ジャーナル社，554 頁，2008 年）．

[3] 安田陽一，坂本　圭司「駅舎の上家に設置された谷樋の排水機能の推定」,土木学会論文集 B1（水工学）, Vol. 71, No.4, pp. 625-630, 2015.

[4] 安田陽一，石川眞，西井俊「雨水貯留施設流入部における渦流の形成を利用した流入制御の試み」,第 59 回日本大学理工学部学術講演会, H3-1 CD-ROM, 2016.