

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

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一

日本下水道新技術推進機構 石川 眞, 亀田 瞬

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員○西井 俊

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って,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(写真1)が形成され,図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.

2. 実験方法

実験は水路幅 40 cm,水路高さ 60 cm,水路長さ 16 mの矩形断面水路で行った.写真2に示されるように,水路の途中に 3 cmの板厚の遮閉板を設置し,底部から 9.7 cm 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,4m長さの塩ビ管を設置した(写真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,1/100,1/400,1/800の4種類に変化させ,管路上流端を鉛直板の表面に合わせた場合と鉛直板の表面から約 38 mm 突出した場合(写真3)の2種類について検討した.

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.

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



写真1 鉛直管に螺旋チューブを挿入したことによって螺旋渦が形成されている状態

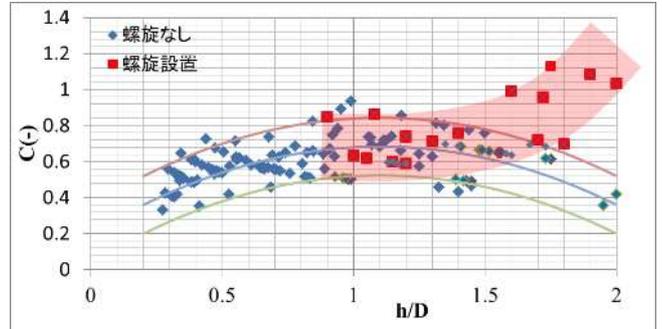


図1 貯留施設模型に鉛直管を接続したときの流量係数の変化



写真2 塩ビ管の設置状態



写真3 塩ビ管上流端の接続状態(張り出した状態)

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.

図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.

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

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.

キーワード 排水機能, 雨水対策, 局所流, 流量係数, 横引管

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14, TEL:03-3259-0409,E-mail:yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

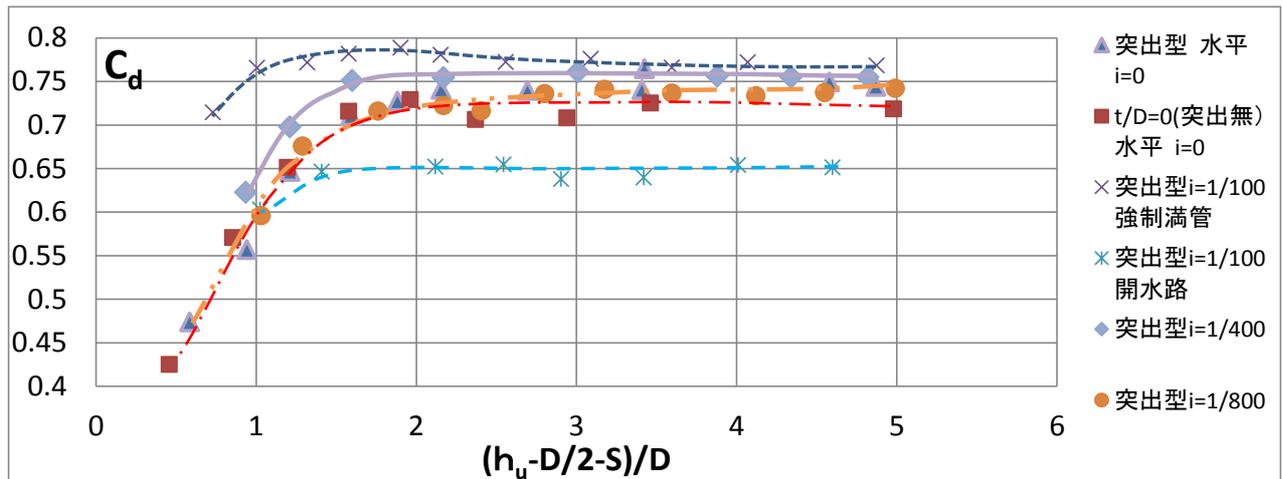


図2 横引管を対象とした流量係数 C_d と相対水深 $(h_u - D/2 - S)/D$ との関係

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図2に示す。

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

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(本実験では $t = 3.8\text{cm}$ としているため、突き出している場合は $t/D = 0.38$ 一定値を示す)。

図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 、突き出し有無(t/D)によって変化する。管路上流端の突出について、突出部での圧力低下によって排水機能の向上が認められ、突出部がない場合比べて流量係数 C_d が5%増加した。また、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(写真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。なお、相対水深が小さい状態で管路内を強制的に満水状態にすると(この場合のデータを×で示す)、相対水深が小さいときに強制的に吸い込み渦が形成されるため、流量係数が大きくなる。その一方、相対水深が大きくなるとその影響は小さくなる。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。また、 C_d の変化に対する勾配の影響は小さい。管路の勾配が $1/400$ の場合、上流側の水位が管路上端付近に位置すると時間経過に伴い管路内の水位が満水状態になる(写真5参照)。これは管路内の水位が流量比で示される水理特性曲線の最大付近となったためである。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。以上のことから、相対水深が大きい場合、 $i = 1/100$ の開水路状態に比べて $i = 1/400$ の場合、流量係数が約15%増加した。

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凹凸有無、を変化させて実験的に明らかにしたことをまとめる。



写真4 $i=1/100$ の場合の管路内の流況



写真5 管路内が満水状態になる直前 ($i=1/400$)

- ・横引管上流端で水位が管路の上端付近に位置した場合に、流量比で示す水理特性曲線が最大となるように横引管の勾配を調整すると、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ることによって、圧力低下が生じ、排水能力の向上につながる事が分かった。

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, 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, 2015, pp.625-630.
- 4) 安田陽一、石川真、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.