

雨水管マンホール部のエネルギー損失発生機構について

九州大学工学部 学生員 長尾 斉

九州大学工学部 正会員 楠田 哲也

九州共立大学工学部 正会員 荒尾 慎司

1. はじめに

下水道の普及している地域においては、主に雨水管が降水の排除を担う。しかし近年、雨水管のマンホール部で雨水が溢れるなどの都市型浸水と呼ばれる浸水災害が、設計時に想定した確率降水量以下の降水量でも発生しており、大きな問題になっている。これは、雨水管路網の設計の際に、マンホール部のエネルギー損失を考慮していないことが、その一因となっているものと考えられる。そこで、本研究ではマンホール部のエネルギー損失の発生機構について考察した。

2. マンホール部のエネルギー損失

満管流下のマンホール部のエネルギー損失は、下流管の速度水頭に比例するものとして、従来から次の式で表わされてきた。

$$\Delta E = K \frac{v_d^2}{2g} \dots (1)$$

ここに、 ΔE ：マンホール部のエネルギー損失

K ：マンホール部のエネルギー損失係数

v_d ：マンホール下流管の平均流速

g ：重力加速度

これを、マンホール付近の流体の動きから考えると、マンホール部のエネルギー損失は、それぞれ流体が、上流管からマンホールへ流入する際に起こす損失（流入損失）、マンホール内部を流下する際に起こす損失（マンホール内部の損失）、マンホールから下流管へ流出する際に起こす損失（流出損失）の3種類のエネルギー損失の合計と考えることができる。

流入損失・マンホール内部の損失・流出損失はそれぞれ、マンホール部の段差により、その発生状況が異なる。以下では、マンホール部の段差により、次のとおり3ケースに区分して考える（図1参照）。

(1) 段差が無い場合 ($S/D_d = 0$) … ケース A

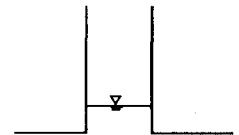
(2) 段差が有り、かつ上流管からマンホールへ流入水の一部が、直接下流管へ流出する場合 ($0 < S/D_d < 1.2$) … ケース B

(3) 段差が有り、かつ上流管からマンホールへの流入水が、直接下流管へ流出し得ない場合 ($S/D_d \geq 1.2$) … ケース C

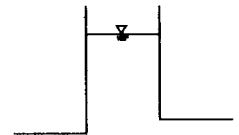
なお、本研究では図2に示すように、マンホールの底部に下流管径の1/2の深さのインパートを付けた円形のマンホールを用いた。

3. マンホール内部の流況の可視化

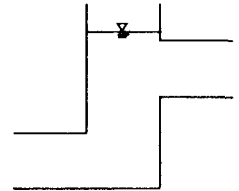
マンホール上流管に小孔を開け、そこからトレーサーを注入することにより、マンホール内部の流体の動きを可視化する実験を行なった。



(1) ケース A



(2) ケース B



(3) ケース C

図1 段差による流れの区分

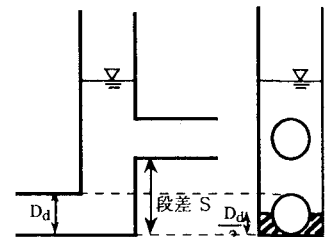


図2 マンホールの形状

3-1. ケースAの場合

上流管からの流入水は、マンホールの底部にあるインバート部では拡がらず、インバート以外の部分でのみ拡がるので、大部分の流入水が直接下流管へ流出する。したがって、マンホールの内壁に衝突する流入水はわずかで、上昇流などのマンホール内部の流体の動きは静かであるので、マンホール内部のエネルギー損失は少なく、エネルギー損失はほとんどが流入損失と流出損失である。

3-2. ケースBの場合

上流管からの流入水のうち、一部は下流管へ直接流出する。一方、下流管へ直接流出しない流入水は、マンホールの内壁に衝突したのち、下流管へ流出する流れに合流して、下流管へ流出していく。また、段差が増加するにつれて、直接下流管へ流出する流量が減少していき、流入損失・マンホール内部の損失・流出損失の全てが増加する。

3-3. ケースCの場合

このケースでは、上流管からの流入水は全てマンホールの内壁に衝突し、流向を変えて上昇流を形成したり、螺旋を描きながらマンホールの内部を流下し、マンホールの底部で再び流向を変えて、下流管へ流出する。

4. 計算によるマンホール部のエネルギー損失

マンホール上流管からマンホール内部へ流入した流体は、流入端から流出端へと向かうにつれて、その断面積を拡大させていながら、外縁部は周囲の流体との摩擦により、その速度を失っていく。このような流体の動きから、マンホール部のエネルギー損失を説明する際には、噴流理論がよく用いられる。

ここでは、実験値は上流管径：マンホール径：下流管径＝5：12：5 K (cm) のケースのデータを用いた。また、噴流の特性値は、Rajaratnamらが実験から求めた近似式を用いて算出した。

流入損失は、マンホール上流管からの流入水の持つ運動エネルギーのうち、下流管へ直接流出しない運動エネルギーの割合に比例すると考え、流出損失係数については、0.99 (90° 屈折管の損失係数) として、計算を行なった。実験値および得られた計算結果を図3に示す。

計算によるマンホール部のエネルギー損失は、比較的实验値と一致しており、実験値の傾向を表わしている。マンホール内部の流体の動きを、噴流理論を用いて説明できることが分かる。

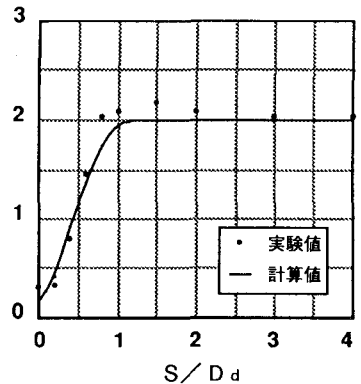


図3 実験値と計算値の比較

5. おわりに

マンホール部のエネルギー損失をそれぞれの発生形態に応じて、流入・マンホール内部・流出の3部分に分けて考えた。今後は、マンホール内のエネルギー損失（渦による影響なども含む）や段差の増加に伴うエネルギー損失の減少などについて考察していきたいと考えている。

<参考文献>

- (1) Pedersen, F.B. and Mark, O. (1990) "Head Losses in Storm Sewer Manholes :Submerged Jet Theory." J.Hydr.Engrg., ASCE, 116(11), 1317-1328
- (2) 長尾ら (1993) "雨水管マンホール部の流れの特性" 平成5年度土木学会年次講演会, II -278
- (3) N Rajaratnam 原著, 野村 安正訳 "噴流", 森北出版