

マンホール部のエネルギー損失の評価に関する研究

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

我が国では、人口・資産の多くが都市部に集中しており、ひとたび都市型浸水が発生すれば、その被害は大きなものになる。都市型浸水の発生原因として考えられるのは、都市化の進展による降水の流出量増加である。このため、雨水管路網の流下能の適正な評価が求められている。本研究では、雨水管路網の流下能の評価を行う際に、現在の雨水管路の設計法ではほとんど考慮されていないマンホール部でのエネルギー損失について明らかにすることが必要であると考え、検討したものである。

2. 実験装置・実験条件および実験方法

実験装置は図1に示すとおりである。実験条件は昨年度に行ったケース¹⁾に加えて、曲管流れでのマンホール径の違いがエネルギー損失に及ぼす影響を把握するため、新たに $D_m/D_d=2.4$ のケースを追加した。また、段差の条件については、段差7.5cmのケースなどを追加した。実験は、上・下流管にそれぞれ取付けた圧力計によって管内の圧力水頭を測定し、測定値からマンホール流入端・流出端での全水頭を求め、これからマンホール部でのエネルギー損失を算出する、という方法で行った。

表 実験ケース

ケース	接続 角度	上流管径 Du (cm)	マンホール 径 Dm (cm)	下流管径 Dd (cm)	Dm/Dd	Du/Dd
1	180°	5	7	5	1.40	1.00
2		5	9	5	1.80	1.00
3		5	12	5	2.40	1.00
4		5	9	6	1.50	0.83
5	90°	5	9	5	1.80	1.00
6		5	12	5	2.40	1.00

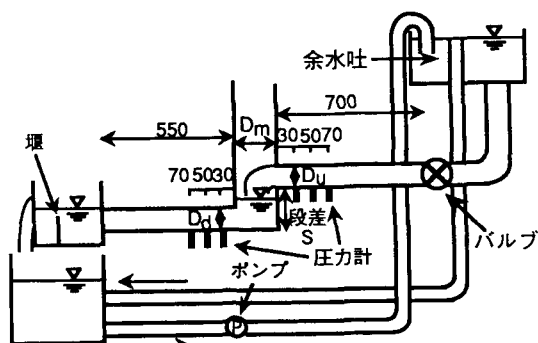


図1 実験装置（直管）（単位：cm）

3. 実験結果および考察

(1) マンホール部のエネルギー損失係数

マンホール部のエネルギー損失は次式で定義される。

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

ここに、 ΔE : マンホール部でのエネルギー損失

E_1 : マンホール流入端での全水頭

E_2 : マンホール流出端での全水頭

マンホール部のエネルギー損失は下流管の速度水頭 $\frac{v^2}{2g}$ に比例するとされており、その比例定数を k とすれば、直管の場合のみ取付け、曲管流れの場合は、下流管長330cm マンホール部のエネルギー損失係数 k は次式で定義される。

$$\Delta E = k \frac{v^2}{2g}$$

ここに、 v : マンホール下流管の断面平均流速

ただし、上式に示した仮定は満管流におけるものであり、また、マンホール内に渦が発生する場合などには、上式の関係は成立しないことがある^{2),3)}。このことについては、後で考察する。

昨年度¹⁾・今年度の実験により求められた段差と損失係数の関係を図2、3に示し、この結果から、考察されることを以下に述べる。

直管流れの場合、上流管からの流入水のポテンシャルコアが下流管に直接流入しうる範囲では、損失係数は段差の増加に伴い比例的に増

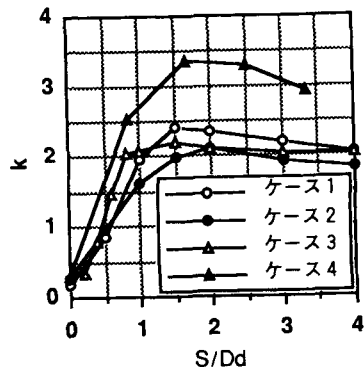


図2 段差と損失係数の関係（直管）

加する。段差がその範囲を越えると、上流管からの流入水はほとんどが直接下流管へ流出しなくなり、損失係数は2.0前後で変動する。また、損失係数のピークは、 S/Dd が1.5付近で現われている。曲管流の場合、上流管からの流入水は直接下流管へは流出せず、一度マンホール壁に衝突し、流下方向を変えてから流出するので、直管流の場合と異なり、損失係数は段差が小さい範囲でも1.5前後の値を示す。また、損失係数のピークは S/Dd が0.5前後で現われる。これは、上流管からの流入水と下流管への流出水が相互に作用しあい、エネルギー損失が増大するためではないかと考えられる。

(2) マンホール内に発生する諸現象について

流量の変化に伴い、マンホール内には渦が生じたり、激しい水面の変動などの現象が起こり、その発生状況は段差や、直管・曲管流の違いによって異なる。直管流で段差が0cmの場合は、マンホール内に渦は発生せず、マンホール内の下流側の水面が盛り上がる現象が時折見られる程度であり、水面は概ね静穏を保つ。マンホールに段差を付けた場合は、次のようになる。流量が少ない領域では、マンホール下流管が開水路流となり、その流れがマンホール出口で射流となり、下流管内で跳水を生じる場合もある。流量が増加し、上流管が満管流になると、いったんマンホール内の水面は流入水の影響で不規則な形状を示した後、マンホール内に左右交互に周期的に発生する渦が生じる。さらに流量が増加すると、マンホール内の渦は持続性のある大きな一つの渦となり、水面が大きく傾斜する。マンホール内に渦が発生した場合、渦のない場合と比較して、マンホール下流管内の圧力は低くなる。その後、マンホール内の渦は消滅し、水面は静穏になる。また、直管流と曲管流を比較すると、曲管流の方が激しい渦が発生し、渦の発生するマンホールの水深の範囲も広い。

マンホールの水深と、損失係数の関係を図4に示す。 h/Dd が3.5付近で損失係数が大きな値をとっているものが集中している。 h/Dd が3.5付近では、マンホール内に渦が発生しており、渦の発生によりエネルギー損失が増大することが裏付けられる。渦の発生に関与するパラメータとしては、段差・マンホール内の水深・流量などが考えられる。雨水管路網の流れの数値計算にあたり、マンホール内に渦が発生した場合のエネルギー損失増加を考慮しなければ、計算値に大きな誤差を生じる可能性があると考えられ、今後検討すべき課題の一つである。

4. おわりに

マンホール内部では、急縮・急拡・段落ち・曲がり・渦などの影響により、流体が複雑な動きを示し、エネルギー損失機構の解明を困難なものにしている。雨水管路網の流下能を適切に評価するため、今後もマンホール部でのエネルギー損失機構を明らかにすべく、各種の実験・解析を行なっていく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 脇田ら：「雨水管路マンホール部におけるエネルギー損失の実験的研究」，平成3年度土木学会西部支部研究発表会，pp364～365，1992
- 2) G. Lindvall：「Head Losses at Surcharged Manholes with a Main Pipe and a 90° Lateral」，Proc. 3rd Int Conf. on Urban Drainage, 1, pp137～146, 1984
- 3) 宇井ら：「管路接続用チャンバーによるエネルギー損失」，第31回水理講演会，1987

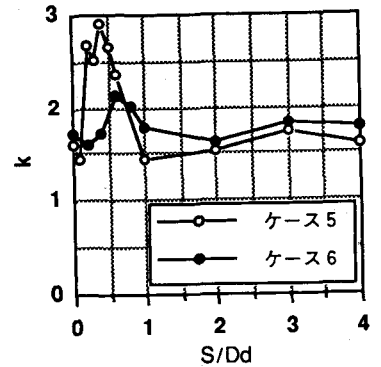


図3 段差と損失係数の関係(曲管)

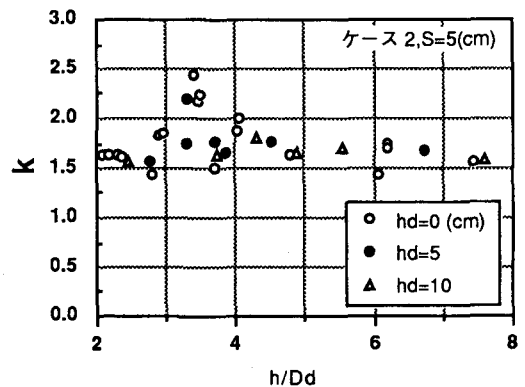


図4 マンホール水深(h)と損失係数の関係