

II-278 雨水管マンホール部の流れの特性に関する研究

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
九州大学工学部 正会員 森山 克美 九州共立大学工学部 正会員 荒尾 慎司

1. はじめに

近年、各地で都市型浸水が発生している。我が国では、人口・資産の多くが都市部に集中しているため、ひとたび都市型浸水が発生すれば、その被害・影響は大きくなりやすい。都市型浸水発生の原因としては、都市化の進展による降水の流出量増加などが考えられる。このため、雨水管路網の流下能力の適正な評価が求められているが、この際、マンホール部でのエネルギー損失の取り扱いが問題となる。本研究では、マンホール部でのエネルギー損失の測定・流況の観察を行ない、その結果について検討・考察したものである。

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なったケースに加え、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、という方法で行なった。

3. 実験結果および考察

①マンホール部でのエネルギー損失係数

マンホール部でのエネルギー損失 ΔE は次式で定義される。

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad \cdots (1)$$

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

マンホール部でのエネルギー損失は下流管の速度水頭に比例するとされており、その比例定数を K とすれば、マンホール部でのエネルギー損失係数 K は次式で定義される。

$$\Delta E = K \frac{v^2}{2g} \quad \cdots (2)$$

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る。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。このことについては、後で考察する。

昨年度・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加する。

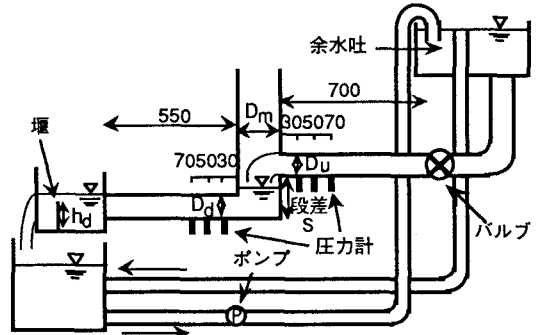


図1 実験装置（直管）
※管勾配は水平、縮尺1/10
曲管流れの場合は、下流管長330cm

表1 実験ケース

ケース	接続 角度	上流管径 D_u (cm)	マンホール 径 D_m (cm)	下流管径 D_d (cm)	D_m/D_d	D_d/D_u
1	180°	5	7	5	1.4	1.0
2		5	9	5	1.8	1.0
3		5	12	5	2.4	1.0
4		5	9	6	1.5	1.2
5	90°	5	9	5	1.8	1.0
6		5	12	5	2.4	1.0

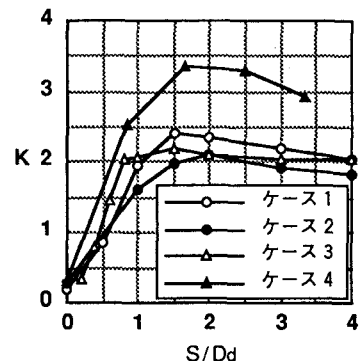


図2 段差と損失係数の関係（直管）

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えなくなり、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/D_d が1.5付近で現われている。曲管流れの場合、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、直管流れの場合と異なり、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/D_d が0.5前後で現われる。

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、その発生状況は条件によって異なる。

直管流れで段差のない場合は、マンホール内には渦は発生せず、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。マンホール内に段差を有する場合、流量が少ない領域では、マンホール流出口で流れが射流となり、下流管内で跳水の発生が見られる。流量が増加し、上・下流管が満管流になると、上流管からマンホールへの流入水によって引き起こされる上昇流のため、マンホール内の水面の激しい変動や、マンホール内に左右交互に周期的に発生する渦、あるいは持続性のある大きな一つの渦とともに水面の大きな傾斜が見られたりする。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水頭は低くなる。さらに流量が増加してマンホール内の水深が大きくなると、マンホール内の渦は消滅し、水面は静穏になる。また、直管流れよりも曲管流れの方が激しい渦が発生し、渦の発生するマンホール内の水深の範囲も広い。

マンホール内の水深と、エネルギー損失の関係を図4に示す。ここで横軸の h は上流管頂から測定したマンホール内の水深（かぶり高さ）、縦軸の K はエネルギー損失を下流管の速度水頭で割り、無次元化したものである。 $S=0$ の場合はエネルギー損失の変動はほとんど見られない。一方、 $S=5$ の場合は h/D_d が1.5付近で K が大きな値をとっているものが集中している。 h/D_d が1.5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。

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。また、雨水管路網の設計にあたって、マンホール内の水深によっては、マンホール内に渦を生じる可能性があることを考慮する必要があるものと思われる。

4. おわりに

マンホール内では、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力を適切に評価するためには、マンホール部でのエネルギー損失機構を明らかにしなければならない。今後も、各種の実験・解析を行っていく予定である。

<参考文献>

- 1) 荒尾ら：“雨水管路網におけるマンホールのエネルギー損失に関する実験的研究”，第47回土木学会年次学術講演会，pp200～201，1992
- 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

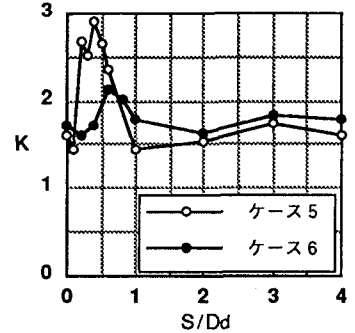


図3 段差と損失係数の関係（曲管）

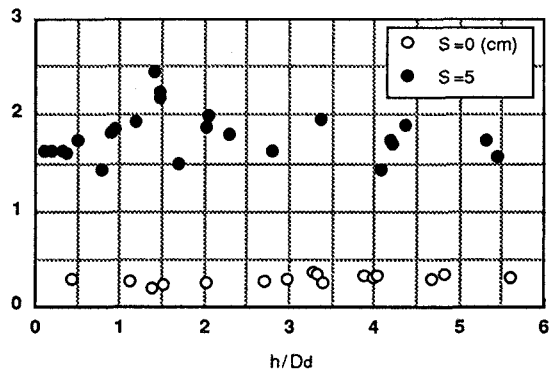


図4 マンホール内の水深とエネルギー損失の関係（ケース2）