

II-155

円形マンホール部のエネルギー損失特性（圧力流れ）

九州共立大学工学部 正会員○荒尾 慎司
 アミノ企業 高田 陽一
 九州共立大学工学部 正会員 粟谷 陽一
 九州大学工学部 正会員 楠田 哲也

1. はじめに

雨水管路はそのほとんどがマンホールで接続されており、マンホール間の距離が短いとき、あるいは、流入管と流出管との間に大きな段差があるとき等は、マンホールでのエネルギー損失を無視できないことがある。長尾ら¹⁾は、上流管と下流管との接合角度が180度のものについて落差マンホールでのエネルギー損失に関する実験的検討を行った。また、Lindvall²⁾は、マンホール内に大きなスケールの渦が発生すると損失係数が最大で10倍近くまで増加することを示している。本研究では、長尾らが設定した実験条件に加えて、マンホール内径 D_m と上流管内径 D_u との比 D_m/D_u を3.6（雨水管路網の中で多く採用されている）とした円形マンホール部のエネルギー損失特性について報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。実験装置として、管路勾配0、上流管長220cm、下流管長105cm、上流管内径 $D_u=5$ cm、下流管内径 $D_d=5$ 及び6cm、マンホール内径 $D_m=7, 9, 12, 18$ cmのものをを用いた（表-1）。また、上・下流管の段差 S を0, 1, 1.75, 2.5, 4, 5, 7.5, 10, 15, 20cmの10種類に設定した。実験条件は以下の2種類とした。

①堰高を固定して流量を変化させた場合

本実験条件の目的は、図-2に示すように、マンホール内の水深が十分大きく、しかも、吸い込み渦が発生しないときのエネルギー損失係数を算定することにある。上流管の管頂（内径）から測定したマンホール水深 h が上流管内径の2倍から6倍程度になるように、各段差毎に下流管末端部の越流水槽内の堰高を設定（固定）した。また、管路の流量を6から10種類程度変化させた。この条件下では、表-1の全ての実験ケースについて検討した。

②流量を固定して堰高を変化させた場合

本実験条件の目的は、図-3に示すように、目視で観察した時にマンホール内に水面変動

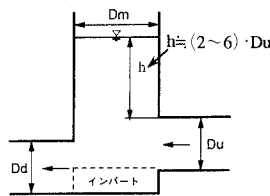


図-2 実験条件1

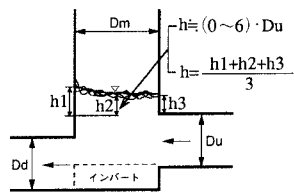


図-3 実験条件2

や渦が発生するのに伴いエネルギー損失が増加するときの検討を行うことにある。上流管の管頂（内径）から測定したマンホール水深 h が0cmから上流管内径の6倍程度になるように、各段差毎に管路の流量を3, 4種類、各流量毎に堰高を15から25種類程度変化させた。この条件下では、表-1の実験ケース1と4について検討した。

3. 実験結果および考察

①堰高を固定して流量を変化させた場合

上・下流管内径が5cm（表-1の実験ケース1から4）のものを対象としたときの実験結果を図-4に示す。段差比（ S/D_u ）が0と0.2では、マンホール径の大きい方が損失係数の値も大きい。段差比0.5と0.8では、 $D_m/D_u=2.4$ のものが他のマンホール径よりも損失係数は大きくなる。また、段差比が1.5を越えるとマンホール径によらず、損失係数は実験誤

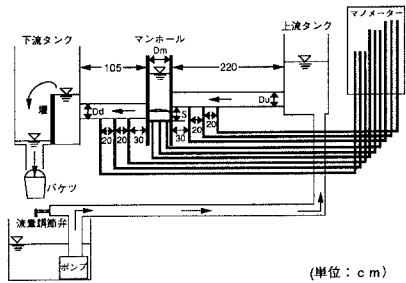


図-1 実験装置の概要

表-1 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/D_u	Dm/D_d	Dd/D_u
1	180度	5	7	5	1.4	1.4	1.0
2			9		1.8	1.8	
3			12		2.4	2.4	
4			18		3.6	3.6	
5			9	1.8	1.5	1.2	
6			12	2.4	2.0		
7			18	3.6	3.0		

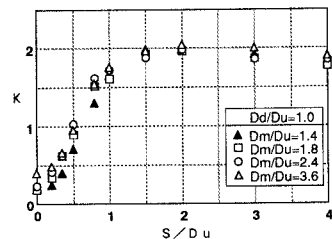


図-4 損失係数と段差

差の範囲内程度ではほぼ同一になる。

下流管内径が6 cm（表－1の実験ケース5から7）のときの実験結果を図－5に示す。段差比が0から0.35までは、マンホール径の大きい方が損失係数も大きい。段差比が0.5以上では、 $D_m/D_u=2.4$ のものが他のマンホール径よりも損失係数は大きくなる。これは、 $D_m/D_u=2.4$ のときには目視では確認できないが、このマンホール径特有の大きなスケールの渦（吸い込み渦ではない）が発生していることが推測され、損失係数が大きくなる原因のひとつと考えられる。

②流量を固定して堰高を変化させた場合

$D_m/D_u=1.4, 3.6$ のものについて、実験結果の一例を以下に示す。

a) $D_m/D_u=1.4$

段差比が0のとき（図－6、7）、 $Q=0.50$ l/sでは、マンホール内の水深比 h/D_u が上流管の管頂高さ付近でエネルギー損失係数が最大となり、他の流量のときよりも2倍近く大きくなる。また、 $Q=2.031$ l/s では損失係数が最大値を示す付近でマンホール下流部の水面が上昇し波が発生した。

段差比が1のとき（図－8、9）、損失係数が最大となる時の h/D_u は1付近にあるが、マンホール水位が高いときと比べて損失係数の増加率はそれほど大きくない。また、流量が大きいときには、吸い込み渦が発生しやすい状況にあったが、 $Q=0.531$ l/s では、水面は静穏でほとんど変化はなかった。

b) $D_m/D_u=3.6$

段差比が0のとき（図－10、11）、マンホール内の水深比 h/D_u が1より小さいところで損失係数は最大となるが、Lindvallの実験結果では、 h/D_u が1よりやや大きいところにある。また、損失係数の最大値を比較すると、本実験結果の方が同程度かやや大きな値となっている。 $Q=0.481$ l/s では、損失係数が最大値を示すところでもマンホール内の水面は比較的静穏であった。他の流量では、流量の大きい方がより激しい水面変動や渦が発生している。

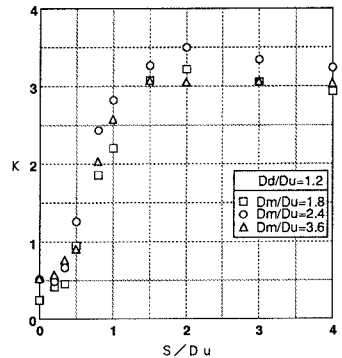
段差比が1のとき（図－12、13）、損失係数の最大値を示すときの h/D_u は、段差比が0のときに比べて流量により大きく変化する。また、損失係数の最大値は、流量の増加に伴って小さくなる傾向にある。 $Q=2.001$ l/s では、水面変動も大きく渦も発生しているが、マンホール水位が高いときと比べて損失係数にはほとんど変化はない。

4. 終わりに

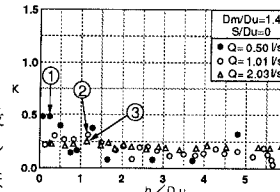
本報告では、マンホールを含む種々の構造寸法を考慮した円形マンホール部のエネルギー損失特性を明らかにした。本実験結果から、必ずしもマンホール内の水面の流況とエネルギー損失がリンクしているわけではなく、今後、マンホール内部の流況とエネルギー損失との関係を詳細に検討する必要がある。

<参考文献>

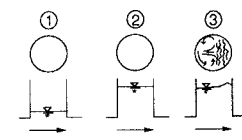
- 1) 長尾ら：“雨水管マンホール部の流れの特性に関する研究”，平成5年度土木学会第48回年次学術講演会，pp.654-655, 1993.
- 2) G.Lindvall：“Head Losses at Surcharged Manholes with a Main Pipe and a 90° Lateral”，Proc. Int. Conf. Urban Storm Drainage, 3rd, 1, pp.137-146, 1984.



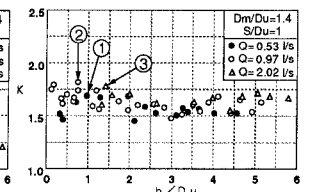
図－5 損失係数と段差



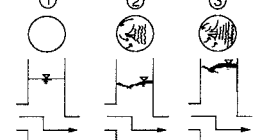
図－6 損失係数と水深



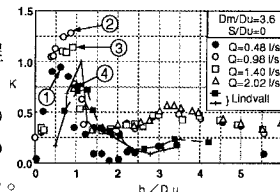
図－7 水面の状況



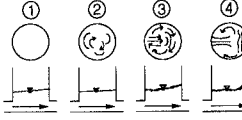
図－8 損失係数と水深



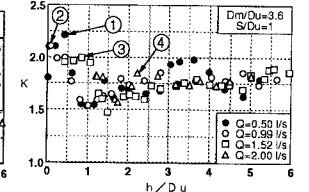
図－9 水面の状況



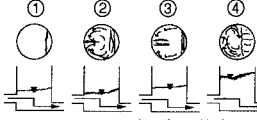
図－10 損失係数と水深



図－11 水面の状況



図－12 損失係数と水深



図－13 水面の状況