

マンホールにおける出口部の形状がエネルギー損失に及ぼす影響について

九州大学工学部 学生員 〇三宅 寿宜
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
九州大学工学部 学生員 長尾 齊
九州共立大学工学部 内藤 文仁

1. はじめに

近年、都市化の進展にともない雨水の地下浸透率が低下し、降水の流出量が増加している。その結果、各地で都市型浸水が起きている。これに対処するためには、雨水管路網の接続部であるマンホール部のエネルギー損失を軽減することがひとつの手法として考えられる。従来より、マンホール部のエネルギー損失を軽減する手法について検討がなされている。例えば、マンホールと上・下流管との接続を管底接合としたときに、管径と同じ深さのインバートを用いる方法¹⁾や、マンホール出口部の形状を滑らかにする方法²⁾等がある。しかし、マンホールの上流管と下流管との段差を考慮したものについて、マンホール部におけるエネルギー損失の軽減効果を検討した例はほとんど見られない。本研究では、マンホール出口部の形状をベルマウス型にすることにより、マンホール部のエネルギー損失が上・下流管の段差の変化に伴い、どの程度軽減されるのかを実験的に検討した。

2. 実験装置および実験方法

(1) 実験装置の概要

図1に示すとおり本実験では、マンホール出口部の形状として角端型とベルマウス型の二種を用いた。両ケースとも上・下流管のなす角度は180°(直管流れ)で、上流管径 $D_u=5\text{cm}$ 、マンホール径 $D_m=9\text{cm}$ 、下流管径 $D_d=5\text{cm}$ である。なお、今回採用したベルマウスの形状は、図2のように加工したものである。

(2) マンホール部のエネルギー損失の算定法

実験は上・下流管にそれぞれ圧力計を3箇所ずつ取り付け、管内の圧力水頭を測定して得られた上流側、下流側のエネルギー勾配線をそれぞれ延長したものが、マンホール部の上流壁、下流壁に交差するところの差をマンホール部のエネルギー損失 ΔE とした。

また、管内の流れが定常状態でかつ満管流れのときマンホール部のエネルギー損失を、整理の都合上、下流管の速度水頭を基準として表現することにし、損失係数を K とするとマンホール部のエネルギー損失は次式で表される。

$$\Delta E = K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \cdots \cdots (1)$$

ここに、 v : 下流管の断面平均流速

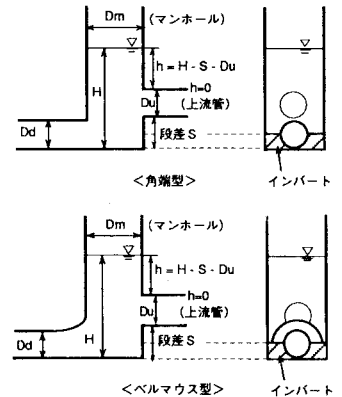
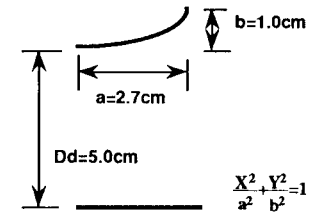


図1 マンホール出口部の形状



ベルマウスの形状は1/4長円の方程式で表される。

図2 ベルマウスの詳細図

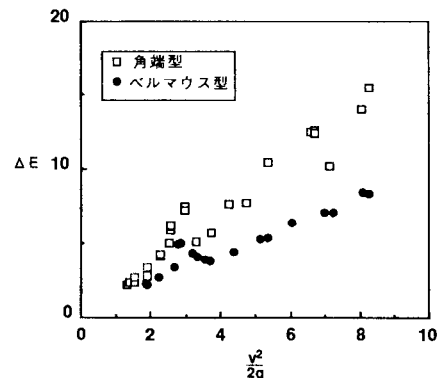


図3 エネルギー損失と速度水頭の関係

3. 実験結果および考察

(1)マンホール出口部の形状とエネルギー損失
上・下流管の段差比 S/Dd (S :上・下流管の段差、 Dd :下流管の管径)が1のときの速度水頭とエネルギー損失の関係を図3に示す。この図において、(1)式で K を一定としたときの関係から外れているところでは、マンホール内に渦が発生していることが確認された。

マンホール出口部の形状が角端型とベルマウス型の両ケースにおいて、段差と損失係数及び損失係数の軽減率の関係を図4に示す。

段差比が0から0.5までのところでは、損失係数 K は段差比の増加に伴い徐々に大きくなっている。一方、損失係数の軽減率で見ると、ベルマウス型の方が角端型のものに比べて10～20%小さくなっている。段差比が0.5を越えると両ケースのエネルギー損失に大きな差を生じる。角端型の場合、損失係数の増加がベルマウス型に比べてかなり大きく、段差比が2の付近で極大値を示すが、ベルマウス型では、段差比が3の付近で極大値を示す。この結果、段差比が1の付近でマンホール部のエネルギー損失の軽減効果は最大となり、軽減率も40%程度になる。これはマンホール出口部がベルマウス型の場合、縮流後の急拡によって生じるエネルギー損失を軽減させる効果に加えて、マンホール出口部の面積が角端型のものよりも広がっているため、上流管からマンホールへ流入した水の持つ運動エネルギーが、直接下流管に流出し易くなるためであると考えられる。

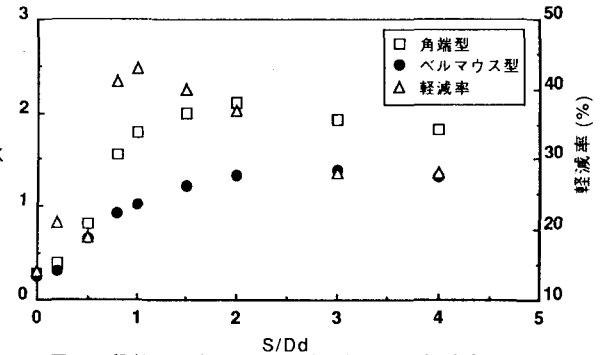


図4 段差と損失係数および損失係数の軽減率の関係

(2)マンホール出口部の形状と渦

満管流れにおいて、マンホール内部に渦が発生するとエネルギー損失が増加することが知られている⁴⁾。本実験においても、角端型とベルマウス型の両ケースについて、渦の発生とそれに伴うエネルギー損失の増加が確認された。段差比が1のときのマンホール内の水位 h/Dd (h :上流管管頂からのかぶり高さ)とエネルギー損失の関係を図5に示す。その結果、ベルマウス型の方が、角端型よりもマンホール水位の低いところで、渦の発生によりエネルギー損失が増加することが示された。

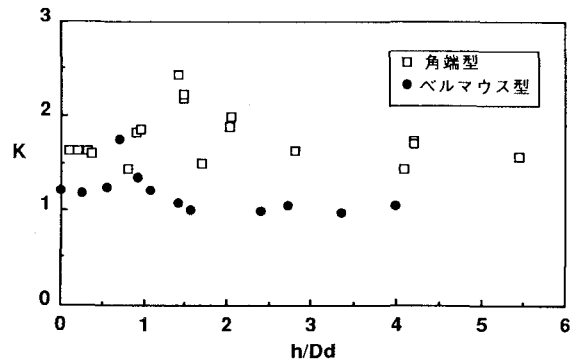


図5 損失係数とマンホール水位の関係

4. まとめ

マンホール出口部の形状を角端型とベルマウス型とで比較した場合、上・下流管の段差比が小さいときには、マンホール部におけるエネルギー損失の軽減効果は小さいが、段差比が0.8を越えると30～40%程度の軽減効果を期待できることが明らかとなった。

<参考文献>

- 1) J. Marsalek: "Head Losses at Sewer Junction Manholes", J. Hydraulic. Eng. Am. Soc. Civ. Eng. 110(8), pp. 1150-1154, 1984.
- 2) W. M. Sangster et al: "Pressure Changes at Open Junctions in Conduit", Trans. Am. Soc. Civ. Eng. 126 Part 1, pp. 364-396, 1961.
- 3) B. Mudgal et al: "Head Losses in Sewer Manholes", 6th, Int. Conf. on Urban Storm Drainage, pp. 134-139, 1993.
- 4) G. Lindvall: "Head Losses at Surcharged Manholes with a Main Pipe and a 90° Lateral", Proc. Int. Conf. Storm Drainage, 3rd, 1, pp. 137-146, 1984.