

II-144 エネルギー損失の軽減を目的としたマンホール構造の一提案

九州共立大学工学部 正会員○荒尾 慎司
 ワコーエンジニアリング 荒木 良一
 安井建設 曾我 茂
 九州大学工学部 正会員 楠田 哲也

1. はじめに

雨水管路の設計流量を超える降水量が流入する場合や管路最下流端吐き口の水位が放流先河川・海等の影響で堰上げられるような場合には、雨水管路の流れは圧力流れとなり、管路間の接合部であるマンホールでは水表面でのスケールの大きな渦の発生や水面変動の影響でマンホールでの損失が管路の摩擦損失に比べて無視しえないほど大きくなることがある。このことが結果としてマンホール水位の上昇をもたらし、市街地での浸水発生原因のひとつとなっている。マンホールの出口形状をベルマウス型にし、上・下流管の段差を変化させた場合、マンホール水位が比較的高いときにマンホールでの損失を10%から40%程度軽減できることが明らかにされている¹⁾。本研究では、マンホールの出口形状をベルマウス型にすることに加えて底面形状を改良することによるエネルギー損失の軽減効果を実験的に明らかにし、浸水防除の一手法を提案する。

2. 実験装置

本研究で用いた実験装置の概略を図-1に示す。上流管と下流管の水平方向の接合角度を180度、管勾配を水平とした。上流管径 D_u 、下流管径 D_d はともに5cm、マンホール径 D_m は9cm、上・下流管の段差 S は0cm、2.5cm、5cmの3種類である。本実験で用いた2種類のマンホール部の概要を図-2と図-3に示す。

図-2は現場で一般的に用いられている円形マンホールを簡単にモデル化したもの（マンホール出口形状が角端なので以下ではこれを角端型と呼ぶ）で、図-3はマンホール出口形状をベルマウス型に改良し、さらに、段差が小さいときに上流管からの流入水が側壁方向へ広がるのを抑制することによりエネルギー損失を軽減させる目的で、インバートの天端を管頂付近まで高くしたもの（以下ではこれをベルマウス型と呼ぶ）。

3. 実験方法

流量調節バルブにより管路内の流量を一定にし、管路内の流れが圧力流れで、しかもマンホール水位が上流管頂とほぼ等しくなるように下流水槽内で堰高を調節した。流量一定のもとで、堰高を少しずつ高くすることによりマンホール水位を変化させた。マンホール水深 h は、マンホール内の水面から上流管頂（内径）までの深さをマンホールの上・下流壁及び中央部側壁に取り付けた物差しにより測定し、それらの単純平均値とした（図-4）。また、上・下流管にそれぞれ3ヶ所ずつ取り付けつけたマンノメーターによって管内の圧力水頭を測定した。その測定値と速度水頭（ $v_d^2/2g$ ）を加えたものから最小自乗法により全エネルギーを計算し、エネルギー勾配線を外挿したものがマンホー

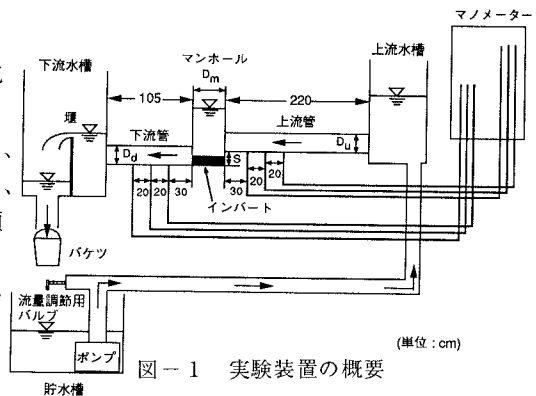


図-1 実験装置の概要

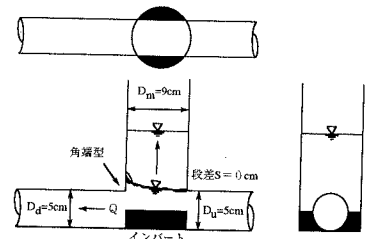


図-2 角端型

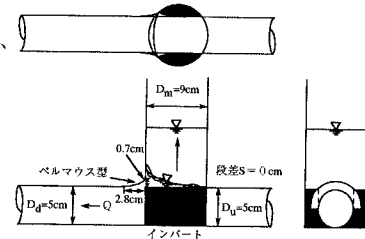


図-3 ベルマウス型

ルの上・下流壁に交差するところのエネルギー差をマンホール部のエネルギー損失水頭 ΔE とした。また、(1) 式によりエネルギー損失係数 K を算定した。

$$K = \Delta E / (V_d^2 / 2g) \quad (1)$$

ここに、 V_d は下流管の断面平均流速、 g は重力加速度である。

4. 実験結果と考察

①上・下流管の段差比 (S/D_u) が0のときの実験結果を図-5に示す。流量が $1.01/s$ のとき、ベルマウス型の方が角端型に比べて損失係数の最大値はやや小さくなる。マンホール水深と上流管径との比 h/D_u が0.4以下ではベルマウス型の方が損失係数が大きくなるところもある。また、流量が $1.01/s$ ではベルマウス型、角端型いずれにおいても水深の変化による損失係数の変化が他の流量に比べて大きく、 h/D_u が0.5以上ではベルマウス型の方が損失係数が0.02～0.14程度小さくなる。流量が1.5、2.01/sでは、ベルマウス型の方が損失係数は0.03～0.10程度小さくなる。

②段差比が0.5のときの実験結果を図-6に示す。流量が0.51/sのときに損失係数の軽減効果は最も大きく、ベルマウス型の方が損失係数は0.4～1.0程度小さくなる。特に、 h/D_u が1より小さいときに軽減効果が大きい。他の流量においてもベルマウス型の方が損失係数は0.4～0.6程度小さくなる。

③段差比が1のときの実験結果を図-7に示す。いずれの流量においても h/D_u が1.0付近で損失係数は最大となり、 h/D_u が1.5以下ではベルマウス型の方が損失係数は0.3～1.0程度小さくなる。 h/D_u が1.5から2付近で損失係数の軽減効果が特に大きく、ベルマウス型の方が損失係数は0.8～1.0程度小さい。 h/D_u が3を超えると0.4～0.6程度の軽減効果がある。

5. おわりに

マンホール出口形状をベルマウス型とし、インバートを改良した結果、上・下流管の段差比が0.5の場合には、いずれの流量においてもマンホールのエネルギー損失係数を最低でも50%程度減少させることが可能で、浸水防除の一手法になりうることを示された。マンホール径がさらに大きくなった場合に本モデルを採用すると、マンホール入口及び出口での流れの急拡、急縮の抑制効果により損失係数の軽減率をさらに大きくすることが期待できる。

〈参考文献〉

- 1) 荒尾ら：マンホール出口部の形状の違いがエネルギー損失に与える影響、第49回土木学会年次学術講演会，pp.276-277，1994。
- 2) Lindvall, G.: Head Losses at Surcharged Manholes with a Main Pipe and a 90° Lateral. Proc. 3rd Int. Conf. on Urban Storm Drainage, pp.137-146, 1984.

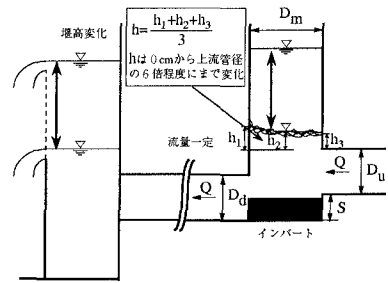


図-4 マンホール水深の算定

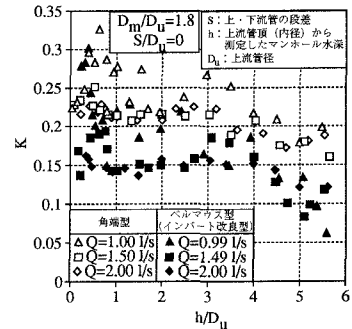


図-5 K と h/D_u の関係 ($S/D_u=0$)

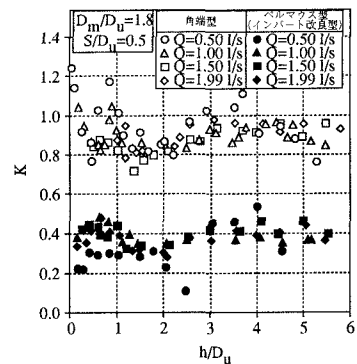


図-6 K と h/D_u の関係 ($S/D_u=0.5$)

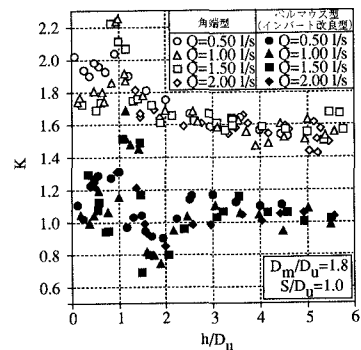


図-7 K と h/D_u の関係 ($S/D_u=1$)