

3 方向接合円形マンホールの損失特性に関する実験的研究

建設技術研究所 正会員 坂本 洋 九州共立大学工学部 正会員 荒尾慎司
建設技術研究所 正会員 石本俊亮 九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

浸水防除施設として、道路下に設置されている雨水管の普及率（整備済区域面積／整備対象区域面積×100%）は、平成13年度末時点で50.6%（全国平均）となっている。政令都市及び一般都市での整備率はそれぞれ75.8%、44.8%であり、一般都市での整備は大都市に比べかなり遅れている。公共事業費が大幅に削減され、厳しい国家財政ではあるが、現状での浸水被害が特に大きいと予想される都市においては、雨水管の整備を進める必要がある。雨水管の接合部であるマンホールは、その構造上、雨水をスムーズに流下させるものとはなっておらず、上流管からの流入水がマンホール壁面へ衝突したり、スケールの大きな渦が発生することにより、管路の摩擦損失に匹敵するほど大きな損失を生じることがある。そのため、この損失がマンホール水位の上昇をもたらし、都市型浸水の一因になっていると思われる。T字路等の交差点下では、3方向接合（流入管2本、流出管1本が接合）マンホールが設置されている。3方向接合マンホールの損失特性に関する研究は、これまでにいくつか見られるが^{1), 2)}、未だ検討課題が残されている。本研究の目的は、マンホール水深の変化が3方向接合円形マンホールの損失に及ぼす影響を実験的に明らかにすることにある。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置の概要

実験装置（模型）の概要を図-1に示す。上流管長 L_u は2.14m、横流入管長 L_l は2.07m、下流管長 L_d は1.04mである。いずれの管も水平に設置されており、上流管内径 D_u 及び横流入管内径 D_l はともに5cm、下流管内径 D_d は6cm、マンホール内径 b は18cmである。本研究で用いたマンホールと管路は、実物の1/5の縮小模型である。以下では、上流管から下流管への流れ（直管）を主流方向、横流入管から下流管への流れを横流入方向と呼ぶことにする。

2.2 実験方法

実験方法は以下の通りである。①2ヶ所の流量調節バルブにより、上流管流量 Q_u と横流入管流量 Q_l を所定の流量に設定する（図-1参照）。②下流管内壁頂部から水面までの距離をマンホール水深 h とし、それが所定の水深（ $0 < h/D_u < 8$ ）になるように下流管末端部の越流水槽内の堰高を設定する。③マンホール水深 h は、3本の管とマンホールとの接合部及び主流方向の上流管から見てマンホール右側壁面に取り付けた4ヶ所のメジャーにより測定し、それらの平均値を測定値とする。④上・下流管及び横流入管にそれぞれ3ヶ所ずつ取り付けたマンノメーターによって管内の圧力水頭を測定し、動水勾配線を計算することにより、マンホール部の圧力損失水頭 ΔP を求める（図-2参照）。(1)式により圧力損失係数 K_{p*} を算定する。

$$K_{p*} = \Delta P / (V_d^2 / 2g) \quad (1)$$

ここに、 K_{p*} の添字*は、uのとき主流方向を、lのとき横流入方向を表す。 V_d は下流管の断面平均流速、 g は重力加速度である。

3. 実験結果と考察

3.1 主流方向の上流管流量 Q_u を一定とした場合

図-3と4は、主流方向の上流管流量 Q_u を約1.0l/sとして、横流入量 Q_l を0から約1.0l/sに増加させた場合の主流方向と横流入方向の圧力損失係数の変化状況を表している。横流入量 Q_l を0l/sとすると、マンホール水深が小さいところで、スケールの大きな渦の影響で損失係数はかなり大きくなる。マンホール水深比 h/D_u が1を超えるとこのような渦が発生しないため、損失係数は小さくなり、水深の変化に伴う損失係数の変化も小さくなる。また、横流入量が増加する

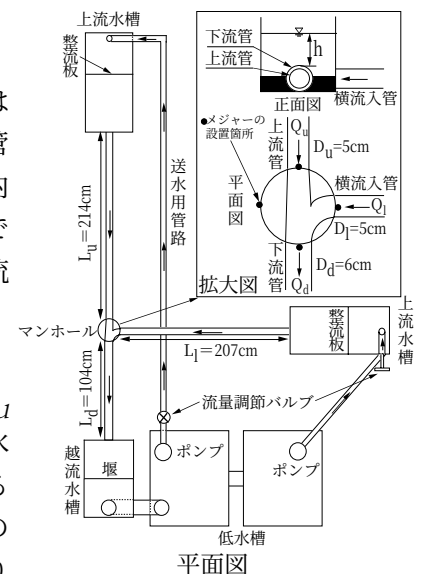


図-1 実験装置の概要

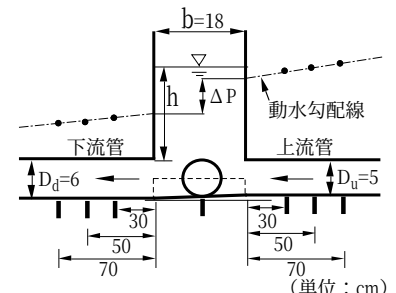


図-2 損失水頭 ΔP の定義

キーワード：雨水排除、下水道、雨水管、マンホール、圧力損失

連絡先：〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8、九州共立大学、TEL 093-693-3223、FAX 093-603-8186

につれて、損失係数は増加する。これは、横流入量が増加するのに伴い、上流管の動水勾配線を押し上げるためである。横流入方向の圧力損失係数についても、主流方向と同様の結果となっている。

3.2 横流入管流量 Q_I を一定とした場合

横流入量 Q_I を一定として、主流方向の上流管流量 Q_u を変化させた場合の結果を図-5及び6に示す。図-5に示すように、横流入量 Q_I を約1.0l/s、上流管流量 Q_u を0l/sとすると、マンホール水深比 h/D_u が2.5付近で主流方向の圧力損失係数が極大値となることがわかる。他の流量でも、 h/D_u が2から2.5付近で極大値を示している。この結果は、前述した横流入量比 Q_I/Q_d が小さい場合とは異なる結果となっている。これは、 Q_I/Q_d が小さい場合と大きい場合とでは、マンホール内で発生する渦のスケールや渦の形成機構が異なるためと思われる。これについては、本実験では目視でしか観察しておらず、損失係数と渦との関係については、別途検討する必要がある。また、図-5に示す通り、上流管の流量が増加するのに伴い、主流方向の圧力損失係数は減少する。これは、上流管流量が増加するにつれて、下流管の管内径が大きい分だけ、下流管の動水勾配線が上流管の動水勾配線より、より上昇するためである。しかし、横流入方向の圧力損失係数に関しては、必ずしも、このような傾向は見られない。

3.3 Sangster らの結果との比較

主流方向及び横流入方向の圧力損失係数に関するSangsterらの結果²⁾と本実験結果との比較をそれぞれ図-7と8に示す。なお、Sangsterらの結果は、いずれの水深で損失係数を求めたのか不明である。図-7及び8中の本実験結果は、それぞれの設定流量比 Q_I/Q_d において、マンホール内の水深の変化に伴う圧力損失係数の変化幅を示している。 Q_I/Q_d が0.5付近よりも大きくなると、Sangsterらの結果よりも圧力損失係数は小さくなっており、これはマンホール底面のインバートの効果であると考えられる（図-10参照）。しかし、 Q_I/Q_d が0.5付近よりも小さくなると、本実験結果の方がSangsterらの結果よりも、主流方向、横流入方向いずれの圧力損失係数も大きくなっている。 Q_I/Q_d が小さい場合に、Sangsterらは損失係数をやや過小評価している可能性もあり、現時点では、この原因は明らかではない。

<参考文献>

- 1) 荒尾, 楠田: 3方向接合マンホール 部のエネルギー損失特性—レビューと課題—, 下水道協会誌, Vol.33, No.397, pp.67-75, 1996.
- 2) Larry W. Mays: STORMWATER COLLECTION SYSTEMS DESIGN HANDBOOK, McGraw-Hill, pp.6.65-6.84, 2001.

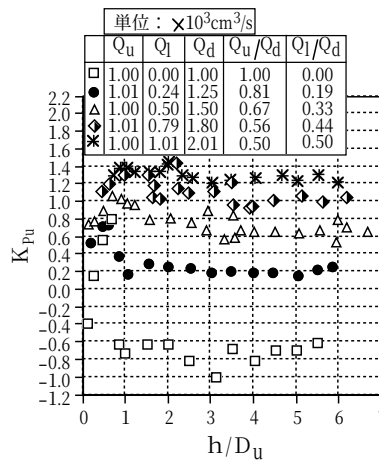


図-3 主流方向の圧力損失係数

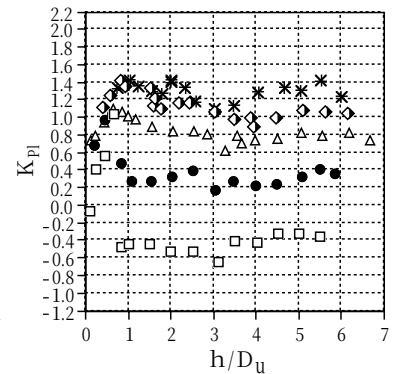


図-4 横流入方向の圧力損失係数

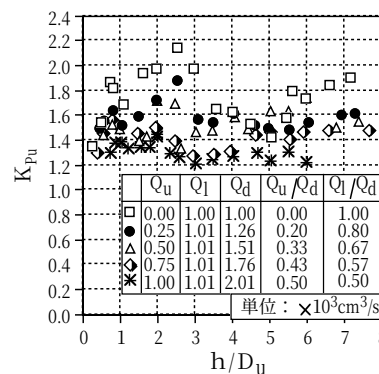


図-5 主流方向の圧力損失係数

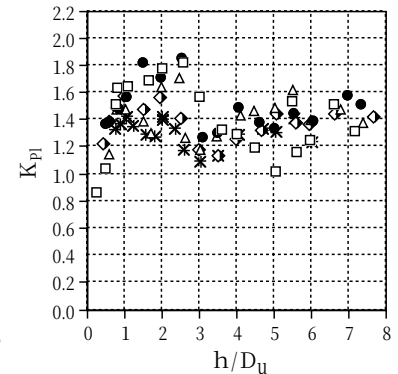


図-6 横流入方向の圧力損失係数

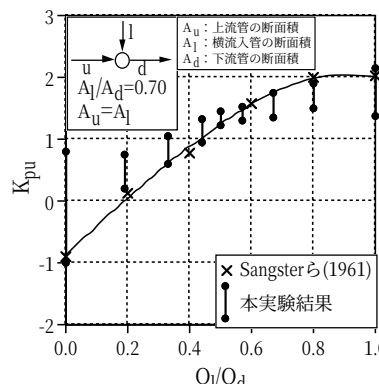


図-7 Sangster らとの比較 (主流方向)

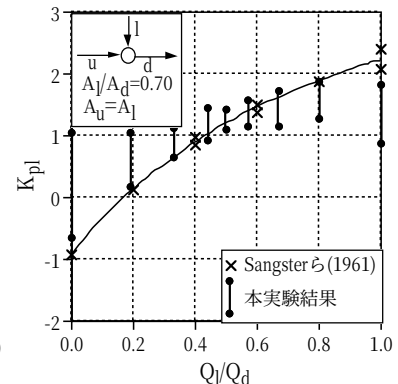


図-8 Sangster らとの比較 (横流入方向)

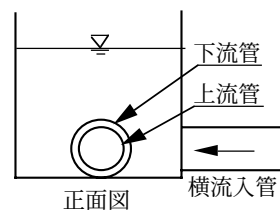


図-9 Sangster らが用いたマンホール形状 (インバートなし)

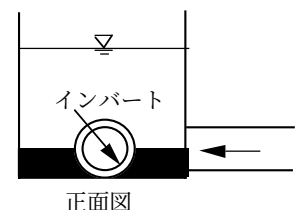


図-10 本実験で用いたマンホール形状 (インバートあり)