

3 方向接合円形マンホールの損失特性

建設技術研究所 正会員 坂本洋 九州共立大学 正会員 荒尾慎司
 九州共立大学 非会員 村上政宣 村上周作 保手浜圭祐 堀口貴史
 九州大学 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きよの普及率(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、雨水管きよの整備を進める必要がある。雨水管きよ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、上流管きよ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、管きよ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。近年、各市町村で浸水予想マップが公表されるようになってきているが、洪水時の避難等を考慮した場合、必ずしも十分な浸水予想結果を提供しているとは言いがたい。より精度の高い浸水予測計算を行うためには、マンホールでの損失を適正に評価する必要がある。T字路等の交差点下では、3方向接合(流入管きよ2本、流出管きよ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、これまでもいくつか見られるが¹⁾、未だ検討課題が残されている。本報告の目的は、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、それが所定的水深($0 < h/D_u < 8$)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られた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ヶ所ずつ取り付けられたマンノメーターによって管内の圧力水頭を測定し、これに速度水頭($V^2/2g$)を加えたものからエネルギー線を計算することにより、マンホール部のエネルギー損失水頭 ΔE を求める(図-2参照)。(1)式によりエネルギー損失係数 K_{E*} を算定する。
$$K_{E*} = \Delta E / (V_d^2/2g) \quad (1)$$
ここに、 K_{E*} 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。また、マンホールでの圧力損失水頭 ΔP を下流管の速度水頭($V_d^2/2g$)で除した圧力損失係数 K_{P*} は(1)式の K_{E*} を基に(2)式より算定される。
$$K_{P*} = K_{E*} + 1 - V_*^2/V_d^2 \quad (2)$$

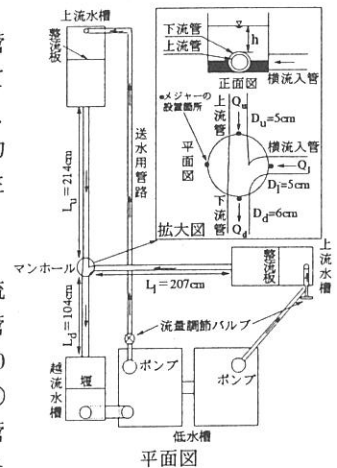


図-1 実験装置の概要

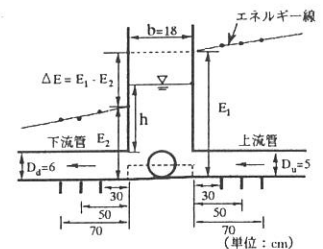


図-2 損失水頭 ΔE の定義

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

上流管流量 Q_u を一定とした場合の主流方向及び横流入方向のエネルギー損失係数の変化状況をそれぞれ図-3と4に示す。横流入管流量 Q_l の増加に伴って損失係数の変化幅(最大値と最小値の幅)は小さくなるのがわかる。これは、横流入量の増加に伴い、マンホール内部での流況(渦)がかなり変化するためである。横流入量が0 l/sの場合、マンホール水深比 h/D_u が1を超えると主流方向の損失係数は0.2~0.4程度であり、他の流量条件よりも損失係数は小さい。この水深比では、横流入量の増加に伴って、損失係数は大きくなる傾向にある。図-4において、横流入方向の損失係数が負の値になっているものは、横流入管の圧力水頭が下流管よりも小さいこと、横流入管の速度水頭が非常に小さいためである。管路において動水勾配線を計算するには、圧力損失係数が必要となる。(2)式から求めた主流方向及び横流入方向の圧力損失係数の変化状況を図-5と6に示す。横流入管流量 Q_l の増加に伴い、主流方向の圧力損失係数はエネルギー損失係数よりも大きく変化する。

3.2 横流入管流量 Q_l を一定とした場合

横流入管流量 Q_l を一定とした場合の主流方向及び横流入方向のエネルギー損失係数の変化状況をそれぞれ図-7と8に示す。上流管流量 Q_u が0 l/sの場合、横流入管からの流入水の上半分の流れがマンホール壁面へそのまま衝突することとスケールの大きな渦の影響で、主流方向、横流入方向いずれでもエネルギー損失係数は水深によってかなり変化する。いずれの流量条件でも、マンホール水深比 h/D_u が2~3付近で損失係数は極大値をとることがわかる。これは、上流管流量 Q_u を一定とした場合の結果(図-3)と異なっており、渦が発生する条件(流れの方向、水深)に起因している。図-9と10にそれぞれ主流方向及び横流入方向の圧力損失係数の変化状況を示す。この考察については、紙面の都合上、発表時に補足説明したい。

<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.

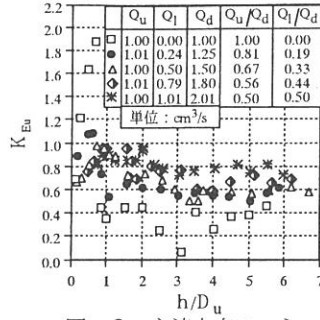


図-3 主流方向のエネルギー損失係数

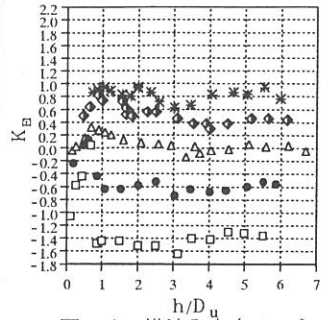


図-4 横流入方向のエネルギー損失係数

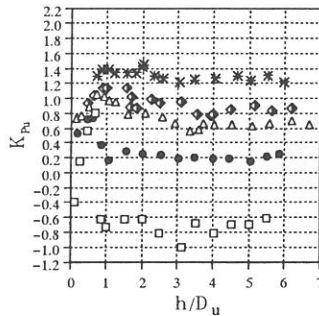


図-5 主流方向の圧力損失係数

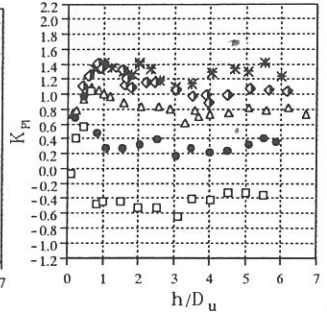


図-6 横流入方向の圧力損失係数

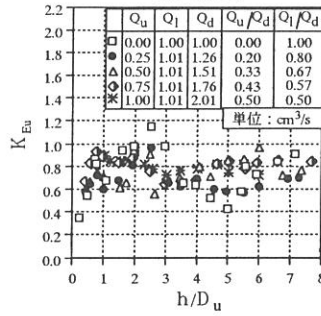


図-7 主流方向のエネルギー損失係数

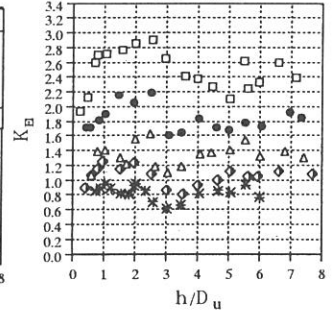


図-8 横流入方向のエネルギー損失係数

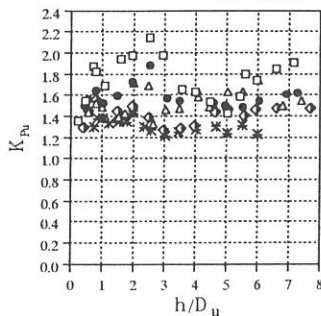


図-9 主流方向の圧力損失係数

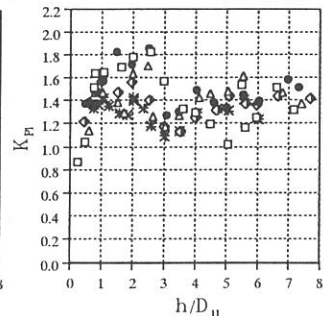


図-10 横流入方向の圧力損失係数