河川からの逆流を考慮した3方向接合円形マンホール部の損失特性

建設技術研究所 正会員 岸上直之、石本俊亮、荒尾慎司 九州共立大学 正会員 森山克美、九州大学 フェロー 楠田哲也

<u>1. はじめに</u>

近年、都市型浸水防除を目的とした雨水浸透施設や貯留管等の整備が進められているが、計画規模を上回る局地 的集中豪雨の影響で都市域での雨水流出量が増加している。その結果、河川水位が計画高水位を越え、背水の影響 で雨水管での滞水や逆流が生じ、低平地では大きな浸水被害に見舞われている。河川からの逆流が生じる場合、雨 水管の接合部であるマンホールで雨水は分流し、さらに上流側へ移動することになる。これまで、雨水管が合流す る3方向接合マンホール部の形状損失に関する研究は、Sangster ら、Lindvall、Marsalek、荒尾ら等により数多 くなされている。しかし、現在まで河川からの逆流を伴うマンホール部での形状損失を検討した例は未だ見られな い。そこで、本研究では、河川からの逆流を想定し、日本で一般的に利用されている3方向接合円形マンホールを 対象に、マンホール内の水深や2本の分流管の流量比がマンホール部の損失に与える影響を実験的に明らかにする。

2.実験装置と実験方法

実験装置(模型)の概要を図-1に示す。この装置で設定したマンホールと管路は、実規模で多用されている構 造寸法の縮小模型である。河川からの逆流を想定した実験を行うため、あらかじめ低水槽に貯留した水を一定流量 *Q*=2.01/sにてポンプで上流水槽へ送水し、その水が内径5cmの管路を流下し、マンホール内へ流入する。マンホ ールへ流入した水は、2本の管に分流され、越流水槽へ流出する。実験では、流量を一定に保ったまま、まず、横 流出管の末端部を自由放流とし、直管路末端部の堰高を少しずつ上げることにより、マンホール内の水深と分水量 を変化させる。直管路末端部の堰高をある程度高くした後、流入管から横流出管への分水量が多くなると、マンホ ール内の水位をある高さ以上には変化させることができなくなるため、次に、横流出管末端部の越流水槽内の堰高 を少しずつ高くすることにより、マンホール内の水深と分水量を変化させる。マンホール水深 *h* は、マンホール外

壁に取り付けた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。上・下流管及び横流出管にそれぞれ3ヶ所ずつ 取り付けたマノメーターによって管内の圧力水頭を測定し、これ に速度水頭を加えて得られたエネルギー線をマンホールまで外 挿することによりマンホールでのエネルギー損失水頭 *E*を求め る((1)式参照)。

$$\Delta E = E_d - E_*$$

$$= \left[\frac{V_d^2}{2g} + h_d + Z_d \right] - \left[\frac{V_*^2}{2g} + h_* + Z_* \right] = \left[\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_*^2}{2g} \right] + \left[h_d + Z_d \right] - (h_* + Z_*) = \left[\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_*^2}{2g} \right] + \left[A_d + Z_d \right] - (h_* + Z_*) = \left[\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_*^2}{2g} \right] + \Delta P \qquad (1)$$

ここに、*V*は管路の断面平均流速、*h*は圧力水頭、*Z*は位置水頭、 g は重力加速度である。添字 * は、*u* のとき主流方向(直管), / のとき横流出方向(90 度曲がり)を表す。さらに、(2)式よりエ ネルギー損失係数 *K_P*を算定する。また、圧力損失係数 *K_P*は、(3) 式より算定する。

$$K_{E*} = \frac{\Delta E}{V_d^2 / 2g} (2) , \qquad K_{P*} = \frac{\Delta P}{V_d^2 / 2g} = K_{E*} - 1 + \frac{V_*^2}{V_d^2} (3)$$



3.実験結果と考察

3.1 エネルギー損失係数

主流方向及び横流出方向のエネルギー 損失係数 K_{Eu} K_{El} とマンホール内の水深比 *h*/*D*_{*u*}との関係を図−2と3に示す。主流方 向では、マンホール内の水深比 h/D,が 0.6 から2.1までは水深の増加に伴い損失係数 は減少し、*h/D*,が2.1から3.2までは逆に 水深の増加に伴い損失係数は増加してい る。さらに、水深を増加させると損失係数 は若干変動する程度である。一方、横流出 方向では、水深の変化に伴う損失係数の変 化状況はマンホール水深比 h/ D,,が0.6から 3.2 までは主流方向とは全く逆のパターン となっている。エネルギー損失係数 K_{FI}、K_{FI} と横流出管の流量 Q/をマンホールへの流 入量 Q_q で割った流量比 Q_1/Q_q との関係を図 - 4と5に示す。主流方向のエネルギー損 失係数 K_{Eu}は、同じ流量比でも損失係数が 異なるところもあり、流量比との相関は認 められない。一方、横流出方向では、流量 比 Q₁/Q_aの増加に伴いエネルギー損失は増 加している。

Ы

3.2 圧力損失係数

主流方向及び横流入方向の圧力損失係 数 Kp, Kp, とマンホール内の水深比 h/D,と の関係を図-6と7に示す。主流方向と横 流出方向では、マンホール内の水深比の変 化に伴う圧力損失係数の変化状況が全く 逆のパターンになることがわかる。圧力損 失係数の変化幅はエネルギー損失係数の 変化幅の約2倍である。流量比 Q₁/Q₄との 関係を図-8と9に示す。主流方向の圧力 損失係数 K_{Pu}は、流量比 Q₁/Q_aの増加に伴い 減少するが、横流出方向では、エネルギー 損失係数と同様、流量比 Q/Q の増加に伴 い圧力損失係数 K_P は増加する。圧力損失 係数の算定式を図上に示す。

4.まとめ

主流方向と横流出方向の圧力損失係数 に関しては、横流出管と流入管の流量比と の間に相関があることがわかった。また、 圧力損失係数を流量比 Q₁/Q_dの関数として 定式化した。今後は、他の流量でも提案式 の有用性を検討する予定である。

