

3方向接合マンホールの損失特性に関する従来の研究と課題

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
 九州大学工学研究院 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

都市域の浸水防除を目的とした雨水管きよの設計や浸水予測シミュレーションにおいて、マンホールでのエネルギー損失を考慮することは重要である。雨水管きよは道路に沿って設置されるため、マンホールに接合する流入管きよと流出管きよの平面的な接合形態は様々である。著者らは、これまでに、流入管きよと流出管きよがそれぞれ1本ずつ接合する2方向接合円形落差マンホールのエネルギー損失に関する実験的検討を行い、その損失特性を明らかにしてきた^{1),2)}。道路の交差点下においては、2本あるいは3本の流入管きよがマンホールへ接合するため、流水間の衝突や渦の影響で2方向接合マンホールよりも大きな損失を生じる。このため、これらの損失特性を明らかにすることは、さらに重要である。本報告では、流入管きよ2本と流出管きよ1本が接合する3方向接合マンホールの損失特性に関する従来の研究及び今後の課題について述べる^{3),4)}。

2. エネルギー損失に関する3方向接合マンホールの構造上及び水理学的要因

3方向接合マンホールのエネルギー損失に関する構造上及び水理学的要因を分類すると以下のようになる。

・構造上の要因

- ①マンホール形状(正方形、長方形、円形、マンホール底面のbenching形状)、マンホール径
- ②接合管きよ形状(円形、矩形)、管径、管勾配
- ③接合管きよの水平面接合形態(図-1参照)
- ④接合管きよの鉛直接合形態(管頂接合、水面接合、管中心接合、管底接合、段差接合(図-2参照))

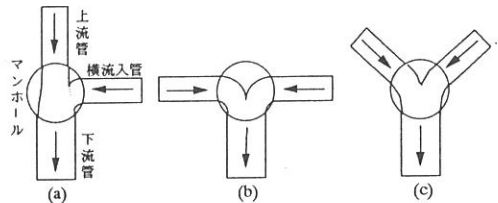


図-1 雨水管きよの水平面接合形態

マンホールのエネルギー損失に特に大きな影響を与える構造上の要因は、マンホール径比(マンホール径/管きよ径)、管径比(流入管きよ径/流出管きよ径)、接合管きよの水平面接合形態及び鉛直接合形態である。

・水理学的要因

- ①開水路流れ、管水路流れ、②常流、射流、③マンホール内の水深

開水路流れでは、管きよの摩擦損失に比べてマンホール損失は小さくなる。この理由は、開水路流れでは、管きよ内の流速が遅いことと、マンホール底面のインバートに沿って雨水が流下するためである。一方、管水路流れでは、マンホール内でのスケールの大きな渦の発生や2本の流入管きよからの流入水の衝突等により、損失は非常に大きくなる。

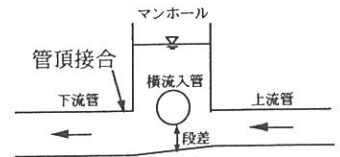


図-2 雨水管きよの鉛直接合形態

3. 従来の研究と検討課題

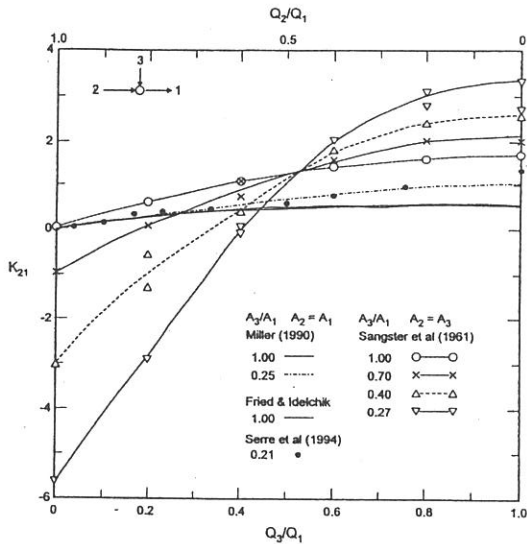
表-1は管水路流れにおける3方向接合マンホールの損失特性に関する従来の研究概要である。従来の研究では、図-1のタイプ(a)が多用されている。マンホール径、管径の構造上の要因を種々変化させて検討しているのは、Sangsterら^{3),4)}だけである。他の研究では、実験条件を限定しているため、現場への適用も限られたものとなっている。2方向接合マンホールに関する従来の研究^{1),2)}により、マンホール水位が管頂付近にあるとスケールの大きな渦の影響で、損失は非常に大きくなることが明らかにされている。しかし、表-1の備考欄にも示すように、3方向接合マンホールに関する従来の研究では、マンホール水位と損失係数との関係を明らかにしたものはない。また、流入管きよと流出管きよの段差を考慮した研究例は皆無である。図-3に、図-1のタイプ(a)を用いたSangsterらの研究成果⁴⁾(損失係数と流量比との関係)を示す。この結果からは、マンホール水位の影響を把握することはできない。図-3中における他の研究成果は、マンホールを介せず管きよのみが単純に接合した場合のものである。

表-1 管水路流れにおける3方向接合マンホールの損失特性に関する従来研究

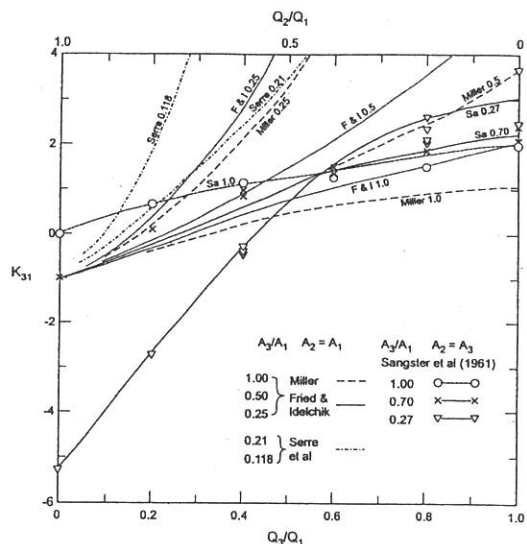
研究者	マンホール形状とマンホール径(b)	管きよ形状と上流管きよ径(Du) 横流入管きよ径(Dl) 下流管きよ径(Dd)	マンホール径比 $\left(\frac{b}{Dd}\right)$	流入管と流出管の比率		管きよの水平面接合形態 図-1中のタイプ	管きよの鉛直方向の接合形態	備考
				$\left(\frac{Du}{Dd}\right)$	$\left(\frac{Dl}{Dd}\right)$			
Sangsterら (1958,1961)	正方形 152,159,178,254mm 円形 175,251mm	円形 Du=76,95,121,145mm Dl=76,95,121,145mm Dd=76,95,121,145mm	正方形 1.00,1.05,1.09,1.22,1.32,1.47,1.75,1.87,2.10 円形 1.20,1.73,2.08	0.52, 0.63, 0.80, 0.83	0.65, 0.79, 0.83, 1.00, 1.20	(a), (b)	管底接合	いずれも定常流 マンホール水深と損失係数との関係の記述なし
Lindvall (1984)	円形 245,374,590mm	円形 Du=Dd=144mm Dl=56,99,144mm	1.7, 2.6, 4.1	1.0	0.389, 0.688, 1.00	(a)	管中心接合	
Marsalek (1985)	正方形 344mm 円形 344mm	円形 Du=Dd=75,152mm Dl=75,152mm	正方形 2.26,4.59 円形 2.26,4.59	1.0	0.5,1.0	(a), (b)	管底接合	
Johnston (1990)	正方形 160mm	円形 Du=45mm Dl=64mm Dd=70mm	2.29	0.64	0.914	(a)	管底接合	

なお、図-3中の K_{ii} は圧力損失係数であり、(1)式により算定される。 K_{ii} の添字のiは、主流方向の上流管あるいは横流入管を、添字の1は下流管を表している。 h は圧力水頭、 Z は位置水頭、 V_1 は下流管の断面平均流速、 g は重力加速度である。

$$K_{i1} = \frac{(h_i + Z_i) - (h_1 + Z_1)}{V_1^2 / 2g} \quad (1)$$



(a) 主流方向 (2→1) の圧力損失係数 K_{21}



(b) 横流入方向 (3→1) の圧力損失係数 K_{31}

図-3 管水路流れにおいて2本の流入管きよが接合する場合の圧力損失

<参考文献>

- 1) 荒尾, 楠田: 2方向接合円形落差マンホール部のエネルギー損失特性, 下水道協会誌論文集 No.18, pp14-28, 1997.
- 2) 荒尾, 楠田: 上・下水管の水平接合角度の違いが2方向接合円形落差マンホール部のエネルギー損失に及ぼす影響, 環境工学研究論文集 Vol.35, pp.467-475, 1998.
- 3) 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.
- 4) Larry W. Mays: STORMWATER COLLECTION SYSTEMS DESIGN HANDBOOK, McGraw-Hill, pp.6.65-6.84, 2001.