

4 方向接合円形マンホールにおけるエネルギー損失係数の算定式の改良

松江工業高等専門学校 生産・建設システム工学専攻 学生会員 ○岡本 彩果
 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 荒尾 慎司

1. はじめに

地表面に降った雨水を速やかに排除する目的で、雨水管や合流管が整備されている。雨水管の設計や浸水予測計算においては、管路の接続部であるマンホールでのエネルギー損失が無視あるいは軽視されることが多く、計算水位を実際の水位よりも低めに評価している可能性がある。既往研究^{1),2)}よりマンホールでのエネルギー損失の重要性が指摘されている。

そこで本研究では、図1に示す4方向接合マンホールにおいて接合管路の管径や流量配分を種々変化させてエネルギー損失を調べ、その結果より水理学的要因と種々の構造要素を考慮したエネルギー損失の計算式を開発することを目的とする。

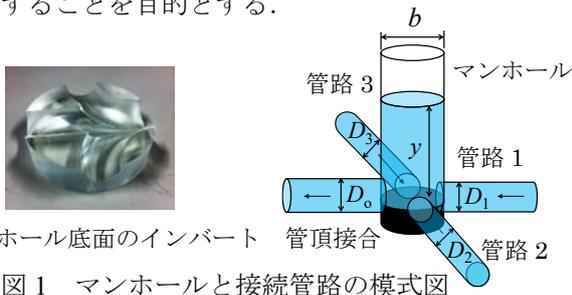


図1 マンホールと接続管路の模式図

2. 算定式の概要

既往研究¹⁾では4方向接合円形マンホールにおけるエネルギー損失係数の算定式(1)~(7)が開発されている。マンホールに対して直管として流入する管路1に関するエネルギー損失係数を K_{e1} 、直管に対して90度の角度で流入する横流入管2と3に関するエネルギー損失係数を K_{e2} 、 K_{e3} と定義する。

$$K_{e1} = K_0 C_{Q1} C_B + C_{D1} \tag{1}$$

$$K_{e2} = K_0 C_{Q2} C_B + C_{D2} \tag{2}$$

$$K_0 = 0.702 \left(\frac{b}{D_0}\right)^{0.63} \tag{3}$$

$$C_{Q1} = -0.1416 \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^2 + 0.2409 \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right) + 0.2012 \tag{4}$$

$$C_{Q2} = -0.7289 \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^2 + 1.6626 \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right) - 0.5167 \tag{5}$$

$$C_{D1} = 0.25 \left\{ \left(\frac{D_0}{D_1}\right)^4 - 1 \right\}^{1.3} \left(1 - \frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^{1.7} + 0.1 \left\{ \left(\frac{D_0}{D_2}\right)^4 - 1 \right\}^{0.45} \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^{1.0} \tag{6}$$

$$C_{D2} = 0.25 \left\{ \left(\frac{D_0}{D_2}\right)^4 - 1 \right\}^{1.0} \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^{2.2} - 0.9 \left\{ \left(\frac{D_0}{D_1}\right)^4 - 1 \right\}^{0.65} \left(1 - \frac{Q_{lat}}{Q_0}\right)^{3.3} \tag{7}$$

ここに、 K_0 はマンホール径比 b/D_0 に関する係数、 C_{Q1}, C_{Q2} は流量比に関する係数、 C_B はマンホールの底面形状に関する係数、 C_{D1}, C_{D2} は流入管と流出管の内径が異なる場合に付加する値である。既往研究では、この算定式が実測値を再現し得ることが確認されているが、3本の流入管の平面的な配置を変えた検討が残されている¹⁾。

3. 流入管の平面的な配置を変えた場合の算定式の検証

図2と図3はエネルギー損失係数 K_{e1} 、 K_{e2} 、 K_{e3} と流量比 Q_{lat}/Q_0 の関係を示す。図中の凡例で TypeF(4-5-3-6)の()の中の数字は、左から管路の直径 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_0 を表している(図1参照)。横軸の Q_{lat} は $Q_{lat} = Q_2 + Q_3$ (実験では $Q_2 = Q_3$)と定義している。

図2と図3において、いずれも K_{e1} と K_{e3} は実測値と計算値がほぼ一致しているが、 K_{e2} は Q_{lat}/Q_0 が0.5より大きくなるにつれて実測値と計算値の差が大きくなっている。

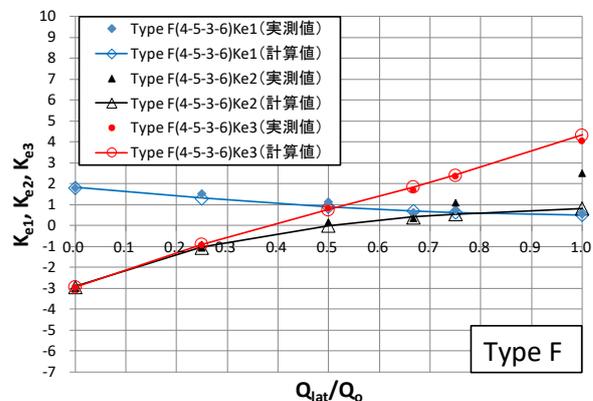


図2 実測値と計算値の比較 (Type F)

キーワード： 十字路交差点, 4方向接合マンホール, エネルギー損失, 算定式の改良

連絡先：〒690-8518 島根県松江市西生馬町14-4 松江工業高等専門学校 TEL:0852-36-5225

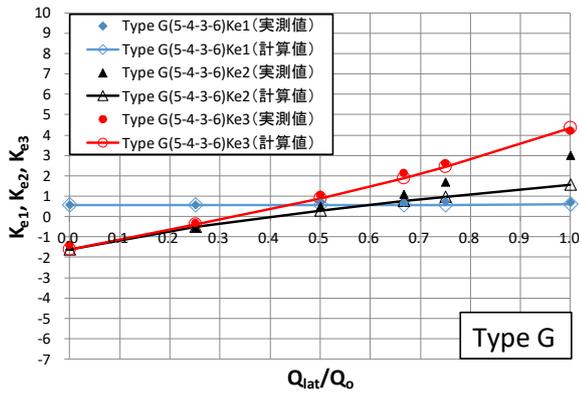


図3 実測値と計算値の比較 (Type G)

この理由は以下の通りである。2本の向かい合う横流入管において、それぞれの流量が同じ場合、管径が異なると圧力水頭と速度水頭が変化する。太い方の管に比べ細い方の管は流水断面積が小さいため流速(速度水頭)は大きくなる。Type FとType Gの両方とも $D_2 > D_3$ となっている。流入管2より流入管3の流速が大きくなることから流入管2の圧力水頭が大きくなる。このため、損失係数 K_{e2} の実測値が式(2)による計算値より大きくなったと考えられる。

4. 算定式の改良

横流入管の細い方の管の流速が、対向する太い方の管の流速よりも大きいときに、細い方の管が太い方の管に及ぼす圧力上昇分を式(2)に考慮する必要がある。この影響を反映できるように式(2)に C_{H2} を加えて式(8)のように改良する。 C_{H2} は向かい合う横流入管の速度水頭の差と流量比を用いた関数形であり、式(9)と式(10)のように表される。 C_{H2} は、式(9)の右辺に示すように流入管3と流入管2の速度水頭の差を流出管の速度水頭で割ることで無次元化している。また、図2と図3より Q_{lat}/Q_0 が0.5より大きいときに K_{e2} の実測値と計算値が一致していないため、この改良式に加えられた C_{H2} は $Q_{lat}/Q_0 > 0.5$ のときに考慮する必要がある。横流入管の流量比 $Q_{lat}/Q_0 \leq 0.5$ のときは、 C_{H2} の値は無視し得るほど小さくなる。したがって、 $Q_{lat}/Q_0 \leq 0.5$ のとき、式(10)のように $C_{H2} = 0$ とした。なお、式(9)は向かい合う2本の管において、流入管2より流入管3の管径が小さいときに用いる式形である。

$$K_{e2} = K_0 C_{Q2} C_B + C_{D2} + C_{H2} \quad (D_2 > D_3) \quad (8)$$

$$C_{H2} = \left(\frac{V_3^2 - V_2^2}{V_0^2} \right) \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0} - 0.5 \right) \quad \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0} > 0.5 \right) \quad (9)$$

$$H_2 = 0 \quad \left(\frac{Q_{lat}}{Q_0} \leq 0.5 \right) \quad (10)$$

V_0 は流出管の断面平均流速、 V_2 は流入管2の均流速、 V_3 は流入管3の断面平均流速を表す。図5はエネルギー損失係数 K_{e2} における計算式前の計算値と改良後の計算値の比較結果を示す。図5からわかるように、改良前の計算値に比べの計算値はかなり実測値に近づいた。

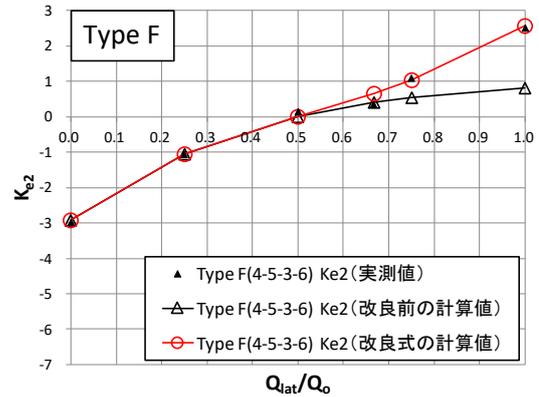


図4 改良前と改良後の計算値の比較 (Type F)

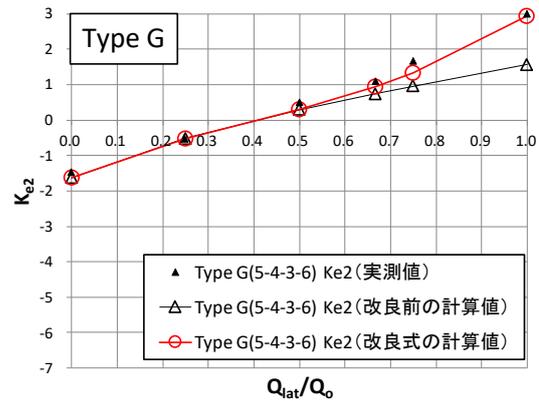


図5 改良前と改良後の計算値の比較 (Type G)

5. まとめ

4方向接合円形マンホールの横流入管におけるエネルギー損失係数の算定式を改良し、3本の流入管の平面的な配置を変えても計算値が実測値をほぼ再現できることを確認した。

参考文献

- 1) 荒尾慎司, 平塚俊介, 楠田哲也: 管水路流れにおける4方向接合円形マンホールのエネルギー損失の定式化, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.75, No.1, pp.49-60, 2019.
- 2) 荒尾慎司, 平塚俊介, 楠田哲也: 管水路流れにおける3方向接合円形落差マンホールのエネルギー損失の定式化, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.69, No.2, pp.105-122, 2013.