

MOUSE スロットモデルの適合性の向上について

愛媛大学大学院 学生員 ○重田尚秀
 愛媛大学大学院 正 員 渡辺政広
 扶桑建設工業㈱ 正 員 岡 佳宏
 愛媛大学大学院 学生員 和ジ・カマル・パンデイト

1. はじめに

近年、下水道の浸水対策の立案・検討に市販の流出解析モデルが広く利用されている。その代表的なものが、MOUSE、InfoWorks、XP-SWMM の 3 モデルである。

これらのモデルを使った流出解析では、しばしば、計算時間を短縮するため（実用的な計算時間間隔で計算を安定させるため）、管渠に仮想的に設けたスロットの幅を広げて流出計算がなされる。しかし、スロット幅を広くするにつれ、これらのモデルでは計算水位が実用上問題となる程度まで低下してくることがある。このことは、特に、浸水氾濫を伴うような場合には致命的欠陥である。

本研究では、上記の問題を解消するための方法について MOUSE モデルを対象として検討・考察を行った。

2. MOUSE スロットモデルの基礎式¹⁾

MOUSE では、図-1 に示すように、管頂部に微小幅のスロットを立ち上げ、実際の圧力流れを見かけ上の開水路流れとして取り扱うものとし、以下に示す仮定を設定している。

- ①水は圧縮性である
- ②管壁は弾性変形する
- ③スロット部は流水域ではなく、貯留域として作用する
- ④スロット幅は微小である

上記仮定により、下水管渠の非定常流れ（圧力流れ）に対する運動方程式および連続の式は、それぞれ、次式のように表される。

$$\begin{cases} \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} - I_0 + I_f = 0 \dots\dots\dots (1) \\ \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{Q}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{gA_0}{a^2} \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

$$\rho = \rho_0 \left\{ \frac{1 + g(y - D)}{a_0^2} \right\}, \quad A = A_0 \left\{ \frac{1 + g(y - D)}{a_r^2} \right\}, \quad a_r = \sqrt{\frac{E_r \cdot e}{\rho_0 \cdot D}}, \quad a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + a_0^2 / a_r^2}} \dots\dots\dots (3)$$

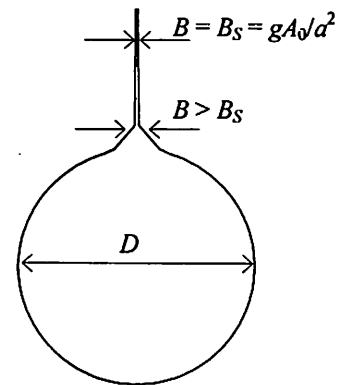


図-1 スロットモデルの横断面図

ここに、 Q ：流量、 A ：流水断面積、 y ：水深あるいは圧力水頭、 g ：重力加速度、 I_0 ：管渠勾配、 I_f ：摩擦勾配、 ρ ：水の密度、 ρ_0 ：自由水面の水の密度、 a_0 ：圧力波の伝播速度、 D ：下水管渠の直径、 A_0 ：下水管渠の断面積、 E_r ：管壁のヤング率、 e ：管厚、 t ：時間、 x ：距離、である。

3. 水位低下補正手法

本研究では、スロット幅を広げることにより生じる水位低下を補正する手法として、マンホールの水理学的役割の一つである貯留作用に着目した。すなわち、スロット幅拡幅による貯留量の増分をマンホール断面積から削減して管渠システム全体の貯留作用のバランスを保ち、水位低下を抑えるものである。

スロット幅とマンホール断面積削減量の関係を次式に示す。

$$\Delta F_M = \alpha (B'_S - B_S) \times L \quad (4)$$

ここに、 ΔF_M ：マンホール断面積削減量、 α ：補正係数（ $0.5 \leq \alpha \leq 1.0$ ）、 B_S ：基準スロット幅、 B'_S ：拡幅した

スロット幅, L : 管渠長 (マンホール間隔), である。

4. 数値実験による水位低下補正手法の有用性に関する検討

本研究で提案する水位低下補正手法の有用性について数値実験による検証を行った。数値実験に用いた管渠システムの諸元は表-1および図-2のとおりである。また、境界条件は、上流端に定常流 (満管等流流量 Q_{full}) を与え、下流端に単一のピーク水位 H_P ($H_P=6.0$ m) をもつ周期 10 分の sine 型の水位変動を与えた場合 (ケース 1) と、上流端に単一のピーク流量 Q_P ($Q_P=1.3 \times Q_{full}$; Q_{full} : 満管等流流量) をもつ周期 10 分の sine 型の洪水を与え、下流端に管底からの高さが管径の 1.05 倍となる一定水位を与えた場合 (ケース 2) の 2 ケースとした。

$B_S=0.001$ m を基準スロット幅とし, $B'_S=0.01 \sim 0.1$ m について、水位低下補正なしの場合と水位低下補正あり ($\alpha=0.5, 0.75, 1.0$) の場合の流出シミュレーションを行った。ここで、補正ありの場合の ΔF_M および補正後のマンホール断面積 F'_M を表-2 に、シミュレーション結果の上流端マンホールの水位ハイドログラフを図-3 および図-4 に示す。

シミュレーション結果より、全シミュレーションを通じて水位低下の改善が確認できた。また、境界条件のケース別に見ると、ケース 1 (動水勾配=水平) では、ピーク水位が $\alpha=1.00$ で補正なしと補正ありの誤差が最小となっており、 α の適値は 1.00 であるといえる。また、ケース 2 (動水勾配>管渠勾配) では、ピーク水位が $\alpha=0.50$ では補正なし>補正あり, $\alpha=0.75$ では $B'_S=0.01$ m で補正なし<補正ありとなっており、 α の適値は 0.50~0.75 の間にあると考えられる。

表-1 管渠システム諸元

下水管渠の直径: D (m)	1.0
マンホール断面積: F_M (m ²)	2.332
管渠長 (マンホール間隔): L (m)	60.0
土被り: T_G (m)	7.5
管渠勾配: S_0 (‰)	3.8
管渠数: N (本)	17
マンニングの粗度係数: n (m ^{-1/3} s)	0.013

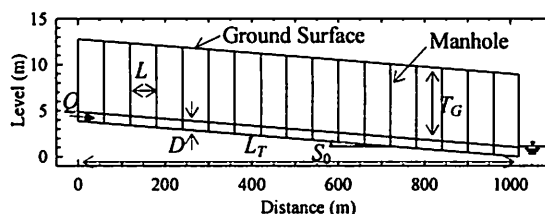


図-2 管渠システムの概要

表-1 管渠システム諸元

α	$B'_S=0.01$ m		$B'_S=0.05$ m		$B'_S=0.1$ m	
	ΔF_M	F'_M	ΔF_M	F'_M	ΔF_M	F'_M
0.50	0.270	2.062	1.470	0.862	2.970	-0.638
0.75	0.405	1.927	2.205	0.127	4.455	-2.123
1.00	0.540	1.792	2.940	-0.608	5.940	-3.608

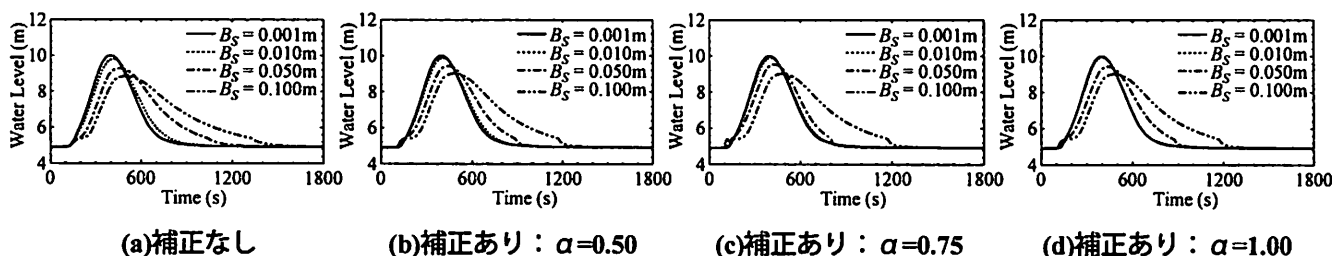


図-3 上流端マンホールの水位ハイドログラフ (ケース 1)

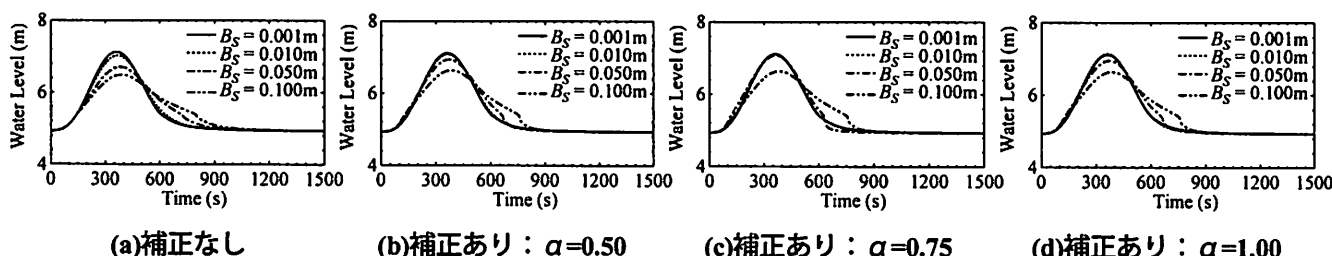


図-4 上流端マンホールの水位ハイドログラフ (ケース 2)

5. おわりに

本研究で提案する水位低下補正手法により、スロット幅を広げることにより生じる水位低下を抑えられることを明らかにした。これにより、本手法による補正を行うことで、計算精度を保ったまま、スロット幅を大きくし、計算時間間隔を大きくすることが可能となる。

参考文献

1) Danish Hydraulic Institute: MOUSE PIPE FLOW – Reference Manual, pp.3.1-3.7, Danish Hydraulic Institute, 2003.