

都市下水道管渠網のサーチャージ流出解析におけるマンホールの 水理学的役割とそれらのランピング手法

愛媛大学工学部	正 員	渡辺 政広	
復建調査設計㈱	正 員	栗原 崇	
愛媛大学大学院	学生員	右近 雄大	
愛媛大学大学院	学生員	○恩地 研輔	

都市域の下水道管渠網におけるサーチャージ流れ時のマンホールの水理学的役割について、理論的および数値実験的な検討を進めてきている¹⁾。本報告では、提案しているマンホール（マンホール水面積）のランピング手法の有用性について、SWMモデル²⁾を用いて数値実験的に検討した結果を述べる。

1. サーチャージ流れの基礎式（圧力波伝播速度の式）¹⁾

マンホールを数百本の仮想の取付管の集合体と見なし、これら仮想取付管を全て下流の下水管渠に付け替えてもサーチャージ流れの流出特性には何の変化も生じないと仮定するときを得られる下水道管渠網におけるサーチャージ流れの基礎式（無次元）より、流れを規定する最も重要なパラメータは圧力波伝播速度であり、次式（1）のように無次元表示されることがわかる。

$$c^* = \frac{c}{\sqrt{gD}} = \sqrt{\frac{L \cdot A_p}{F_M + N(A_1/\sin\theta)}} / \sqrt{gD} \approx \sqrt{\frac{L \cdot A_p}{F_M}} / \sqrt{gD} \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 L 、 D 、 A_p ：下水管渠の長さ（マンホール間の距離）、直径、断面積、 N 、 A_1 、 θ ：取付管の接続本数（ L 当たり）、断面積、接続角度（水平面となす角）、 c ：実在する取付管と仮想の取付管の両者によって規定される圧力波伝播速度、 F_M ：マンホールの水面積、 g ：重力加速度。また、下添字 * は無次元量を表す。

2. 基本仮定の妥当性に関する検討¹⁾

上述した基本仮定の妥当性について、図1および下に示す2種の下水管渠システムを対象に流出シミュレーションを行って検討した。シミュレーション結果の一例（ $D=0.25\text{m}$, $L=30\text{m}$, $T_G=1.75\text{m}$, $S_0=0.0083\text{m/m}$, $L_T=510\text{m}$, $F_M=0.611\text{m}^2$ 、下流端境界条件：水位一定 $=0.30\text{m}$ 、上流端境界条件：sine型の流入流量ハイドログラフ、周期 $=300\text{sec}$ 、ベース流量 Q_b = マニング型の満管等流流量 $=0.04695\text{m}^3/\text{s}$ 、ピーク流量 $Q_p = 1.7 \times Q_b$ ）を図2に示す。

- ・ 通常の下水管渠システム（Pipe System with Manholes and Real Laterals、図1の上図）
- ・ 全てのマンホールを仮想取付管として下流管渠へ付け替えた下水管渠システム（Pipe System with Hypothetical and Real Laterals、図1の下図）

図2からも明らかなように、両流出シミュレーション結果の流出特性には実用上問題となるような差異は生じておらず、先の基本仮定が妥当なものであることが明らかとなった。

3. ランピング手法の有用性に関する検討³⁾

先の基本仮定が妥当であることより、図3および以下に示

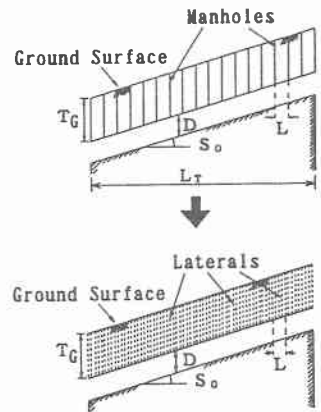


図1 検討に用いた下水管渠システム

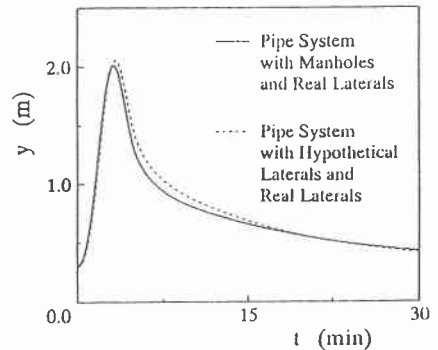


図2 水深ハイドログラフの比較（上流端）

す考え方・手順で、マンホール水面積のランピングを遂行しえるものと考えられる。

- ① 2. より、 L 区間の（仮想）取付管について、それらをランピングして上流端に 1 個のマンホールとして集中させても圧力流れの流出特性には何の変化も生じない。
- ② そこで、 $2L$ 区間の（仮想）取付管について、それらをランピングして上流端に 1 個のマンホールとして集中させても圧力流れの流出特性には大きな変化が生じないことが十分に予測される。
- ③ さらに、連続する幾つかの L 区間 ($\geq 3L$) について、同様の予測が成立することが十分に考えられる。

このようなランピング手法の有用性について、以下の 3 タイプの下水管渠システム（図 4）を対象に、SWM モデル²⁾ による流出シミュレーション（2. とほぼ同様の計算条件、上流端で sine 型洪水流入、下流端で一定水位）を行って検討した。

- ・ STRG：全てのマンホールをそのまま取り扱う通常の下水管渠システム
- ・ SA：幾つかのマンホールを単に無視して取り扱った下水管渠システム（図 4 (a)）
- ・ SB：幾つかのマンホールをランピングして取り扱った下水管渠システム（図 4 (b)）

検討結果の一例として、SA および SB タイプの下水管渠システムにおける流出シミュレーション結果の STRG タイプのそれに対する上流端ピーク水深の相対誤差 E_r を図 5（管渠径 D 、洪水周期 $T=300\text{sec}$ ）に示す。

これらより、マンホール水面積を単に無視して簡易化を図った下水管渠システム（SA）の場合、無視するマンホール水面積の割合がわずかに増えると致命的ともいえる解析誤差が生ずるが、提案するランピング手法に基づいてマンホール水面積の簡易化を図る（SB）場合には、実用上問題となるような誤差はほとんど生じてこないことがわかる。また、こうした傾向（特性）は、管渠径 D 、洪水周期 T が大きくなるほど顕著となる。以上より、提案しているマンホール（水面積）のランピング手法の有用性はかなり高いものになると考えられる。

参考文献： 1) 渡辺・栗原・時尾・森嶋：都市下水道管渠網の簡易化と SWM M による豪雨流出シミュレーションに関する検討，平成 7 年度土木学会四国支部技術研究発表講演概要集，pp. 144～145，1995 年。 2) Roesner, L. A. et al. : Storm Water Management Model, Ver. 4, Part B; Extran Addendum, U.S.EPA/600/3-88/001b, 1988. 3) 渡辺・栗原・右近・恩地：都市下水道管渠網の浸水はんらん解析におけるマンホールの水理学的役割とそのランピング手法，水工学論文集，第 40 巻，pp. 661～668，1996 年。

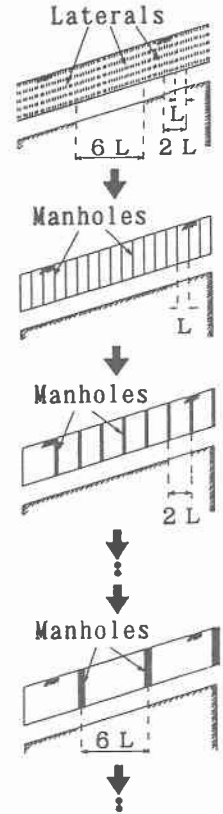


図 3 マンホール水面積のランピングの概念図

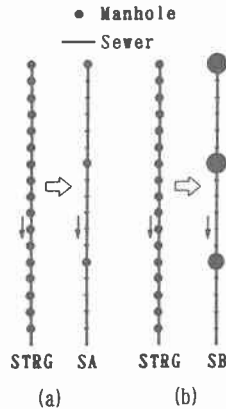


図 4 検討に用いた下水管渠システム

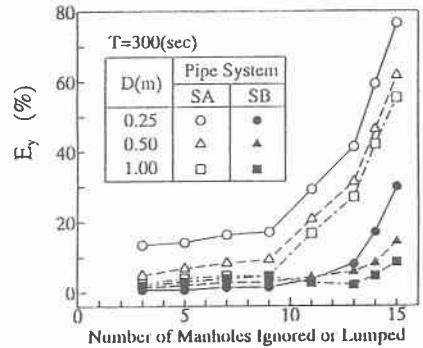


図 5 相対誤差の比較