

下水道管渠網におけるサーチャージ流れの圧力開放効果に関する検討 (2)

愛媛大学工学部 正 員 渡辺政広
愛媛大学大学院 学生員 石丸久人

これまで、下水道流域の管渠システムで発生する流出をシミュレートする水理解析モデルについて検討を進めてきた。この中で、サーチャージ流れ（圧力流れ）時の圧力波伝播速度 c' は、マンホールの圧力開放効果によって、取付管により規定される下水管渠の圧力波伝播速度 c' の $1/3 \sim 1/5$ 程度まで小さくなることを指摘した。さらに、この特性を利用して、計算時間間隔を従来の $3 \sim 5$ 倍程度大きくとり得るサーチャージ流れの流出計算手法を提案し、その適用性を検討してきた。

本報告では、下水道流域の流出の特性を議論するとき、これまでほとんど取り上げられることのなかった下水管渠システムのマンホールに着目し、これらが流出（圧力流れ）の特性に及ぼす効果（影響）について、実流域で見られる平均的な諸元をもつ簡単な管渠システムを対象に数値実験により検討した。

1. 取付管とマンホールの圧力開放効果^{1), 2)}

取付管が接続している下水管渠におけるサーチャージ流れの圧力波伝播速度 c' は、次式のように表される。すなわち、取付管は、その断面積は小さいとは言え、サージ・タンクと同様のしかもかなり大きい圧力開放効果をサーチャージ流れに及ぼしている。

$$c' = \sqrt{g \frac{L}{N} (\sin \theta) \frac{A_p}{A_1}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 c' ：下水管渠（マンホールを含まない）部分の圧力波伝播速度、 L ：管渠長、 A_p ：管渠断面積、 A_1 、 θ 、 N ：取付管の断面積、接続角度、 L 当りの接続本数、 g ：重力加速度。また、実流域での調査結果より、 D （管渠径）= 0.25~2.0 m の管渠に対し、 $c' \approx 10 \sim 100$ m/sec である。

一方、マンホールを取付管の集合体と仮定すると共に、これらが下流の管渠に付け替えられるとする（図-1）ときの圧力波伝播速度 c'' は、次式のように表される。すなわち、数100本もの取付管の集合体と考えられるマンホールは、サーチャージ流れに対し、取付管に比べてはるかに大きい圧力開放効果を及ぼしており、管渠システムの圧力流れの伝播特性はほぼマンホールに規定されていると言える。

$$c'' = \sqrt{g \frac{L \cdot A_p}{F_M + N (A_1 / \sin \theta)}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 F_M ：マンホールの水面積。
また、同上の調査結果より、 $D = 0.25 \sim 2.0$ m の管渠に対し、 $c'' \approx 5 \sim 30$ m/sec である。

2. 数値実験による検討

都市流域の流出・水質モデルである SWMM²⁾ は、アメリカ、カナダおよびヨーロッパの諸国で現在も広く用いられているが、その管渠流出のサブ・モデルである EXTRAN ブロックにお

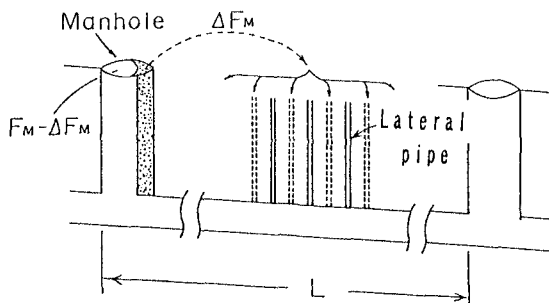


図-1 マンホールと取付管の付け替え

いて、通常のマンホールでの貯留作用については、特に考慮しないとして取り扱われている。

しかし、前述したように、サーチャージ流れ（圧力流れ）の伝播特性は通常のマンホールによって規定されており、したがって、こうした貯留作用を無視した流出解析結果には、致命的な誤差が引き起こされることも十分に考えられる。そこでここでは、松山市街地の下水道流域で見られる平均的な諸元をもつ3種の簡単な管渠システム（表-1、図-2）を対象に、マンホールがサーチャージ流れの流出特性に及ぼす影響について、流出シミュレーションを行って検討した。ここに、管渠システムの流れは、dynamic wave 流れとして取り扱っている。

検討結果の1例として、全長が 1,020 m の TYPE M の管渠システムにおいて、初期の等流々れ（水深 $h_0=0.8D$ ）に、上流端より sine 型の洪水ハイドログラフ（ピーク流量 $=1.4 \times$ 満管等流々量）が流入したときの流出シミュレーション結果の例を図-3に示す（ここに、下流端は free-fall としている）。

これをみると、通常のようにマンホールが存在している（マンホール数 $N_M=17$ ）場合に比べ、存在していない（ $N_M=1$ ：上流端に1つだけ）場合の水位・流量ハイドログラフは、流出応答が著しく早まり、かつ流出波形が著しく先鋭化すると共に、ピーク値が異常に大きくなる傾向をもつことがよく分かる。

参考文献

- 1) 渡辺・石丸：マンホールの圧力開放効果を利用したサーチャージ流出の実用的な解析手法、水工学論文集、第36巻、pp. 653～658, 1992. 2) Roesner, L. A. et al.: Storm Water Management Model, Version 4, USEPA/600/3-88, 1988.

表-1 管渠システムの諸元

	管 渠 シ ス テ ム		
	TYPE S	TYPE M	TYPE L
直 径 (m)	0.25	1.00	2.00
管 渠 長 (m)	30	60	90
勾 配 (‰)	8.3	3.8	2.5
土 被 り (m)	1.75	2.50	3.00
マンホール水面積(m ²)	0.6105	2.332	2.935

管渠長：上・下流マンホール間の管渠部分の長さ

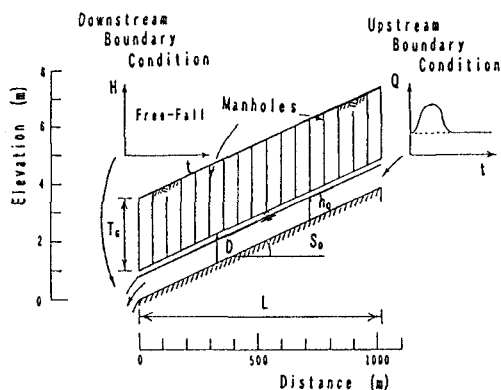
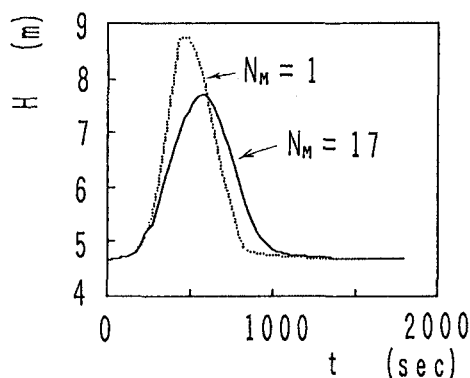
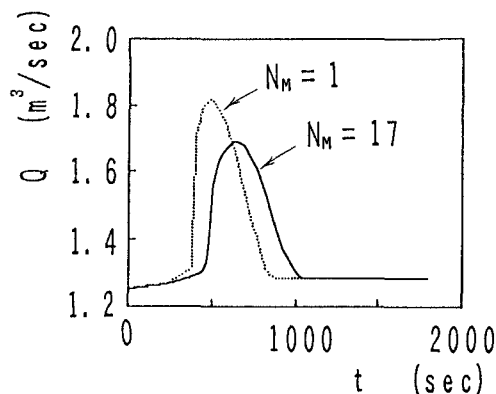


図-2 管渠システム



(a) 水位ハイドログラフ（上流端）



(b) 流量ハイドログラフ（下流端）

図-3 流出シミュレーション結果