

II-149

都市下水道管渠網の簡易化に関する検討

日本建設コンサルタント(株) 正員 藤田和博, 愛媛大学工学部 正員 渡辺政広
横 浜 市 正員 時尾嘉弘, 愛媛大学大学院 准員 右近雄大

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、すなわち、マンホールおよび取付管の貯留作用がサーチャージ流れの圧力を開放して流れの伝播を緩やかにし流出ハイドログラフを扁平化させる効果について、理論的および実験的な検討¹⁾を進めてきている。

本報告では、下水道管渠網を簡易化する際に（具体的には、マンホールあるいはマンホール水面積を無視した取扱いを行う際に）留意すべき事項について、SWMMモデル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¹⁾

マンホールが数100本の仮想の取付管からなる集合体であり、かつこれら仮想の取付管の全てを直下流の下水管渠に付け替えても、サーチャージ流れの伝播特性には実用上からは影響が及ばないので、下水道管渠網におけるサーチャージ流れの基礎式、すなわち、下水管渠における運動方程式および連続の式と、マンホール地点における連続の式は、それぞれ、式(1)、(2)および(3)のように無次元表示される。

$$\frac{\partial V_*}{\partial t_*} + V_* \frac{\partial V_*}{\partial x_*} + \frac{\partial H_*}{\partial x_*} + \frac{\alpha_1}{\alpha_2^2} \frac{|V_*| V_*}{R_*^{4/3}} = 0 \quad \cdots \cdots (1), \quad \frac{\partial H_*}{\partial t_*} + c''_* \frac{\partial V_*}{\partial x_*} = 0 \quad \cdots \cdots (2)$$

$$0 = \Sigma(Q_{in})_* - \Sigma(Q_{out})_* \quad \cdots \cdots (3); \quad \alpha_1/\alpha_2^2 = 0.014 \cdot (L/D^{4/3}) \quad \cdots (4)$$

$$; c''_* = \frac{c''}{\sqrt{gD}} = \sqrt{g \frac{L \cdot A_p}{F_M + N(A_L/\sin \theta)}} / \sqrt{gD} \doteq \sqrt{g \frac{L \cdot A_p}{F_M}} / \sqrt{gD} \quad \cdots \cdots (5)$$

$$; V_* = V/\sqrt{gD}, H_* = H/D, R_* = R/(D/4), Q_* = Q/(\sqrt{g} \cdot D^{5/2}), x_* = x/L, t_* = t/(L/\sqrt{gD}) \quad \cdots (6)$$

ここに、V：断面平均流速、H：圧力水頭（水位）、R：径深、Q：流量、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_L、θ：取付管の接続本数（L当り）、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、Σ(Q_{in})：マンホールへの流入流量の合計、Σ(Q_{out})：マンホールからの流出流量の合計、g：重力加速度、t：時間、x：距離。また、下添字*は無次元量を示す。

流れの伝播速度 c''* の式(5)から明らかに、幾つかのマンホールを、いわゆる「間引いて」、下水道管渠網の簡易化を図ろうとする場合、間引いたマンホールの水面積を近接する他のマンホールに振り分けておけば、すなわち下水道管渠網全体のマンホール水面積の総計値を保存しておけば、流れの伝播特性はほぼ等価に保たれ、したがって流出特性にも変化が表れ難いこと、すなわち、「間引き」に起因する解析誤差を小さく抑え得るであろうことが指摘できる。

2. 下水道管渠網の簡易化に関する数値実験による検討

上述したマンホールの取扱いに関する指摘の妥当性を明らかにするため、幾つかのプリズマチックな管渠システム¹⁾を対象に、以下の3つの簡易化が、サーチャージ流れの流出シミュレーションの解析精度に及ぼす影響について、SWMM²⁾を用いて数値実験的に検討した。

* 簡易化1 (Regular Type)：全てのマンホールとマンホール水面積を無視する（間引く）場合。

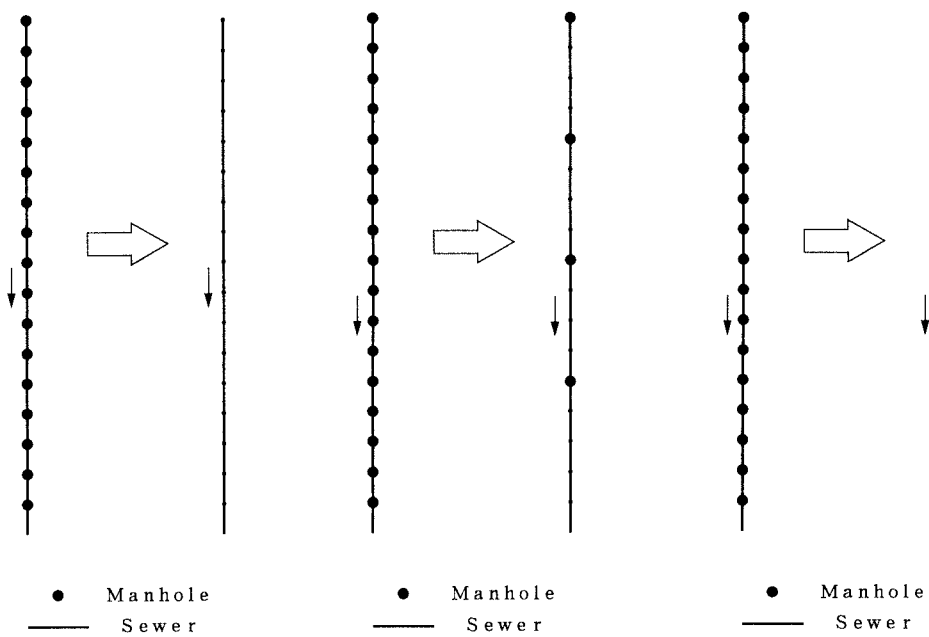
* 簡易化2 (Storage-A Type)：一部のマンホールとマンホール水面積を無視する場合。

* 簡易化3 (Storage-B Type)：一部のマンホールを無視するが、無視するマンホールの水面積は近接する他のマンホールの水面積に振り分けておく（加算しておく）場合。

* 通 常 (Storage Type)：全てのマンホール（マンホール水面積）をそのまま取り扱う場合。

検討結果の一例を、図2に示す。これらの結果は、サーチャージ流れの解析を行う際の下水道管渠網の

簡易化に当たっては、上述した簡易化3の手法を採用する必要があることを明示している。



(a) 簡易化1: Storage $\Rightarrow$ Regular (b) 簡易化2: Storage $\Rightarrow$ Storage-A (c) 簡易化3: Storage $\Rightarrow$ Storage-B

図1 下水管渠システムの簡易化

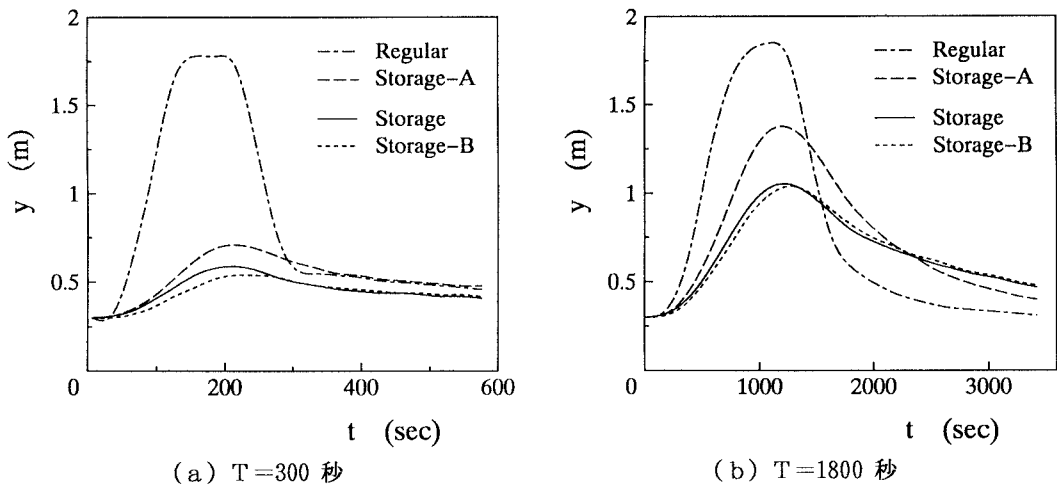


図2 流出シミュレーション結果・上流端水深 ($D=0.25\text{m}$, $L=30\text{m}$, $F_M=0.61\text{m}^2$, 管渠システム全長=510m, 上流端sine型洪水流入(周期= T , 最大流量= $0.0563\text{m}^3/\text{s}$, 初期定常流量=Manning型満管等流流量= $0.0470\text{m}^3/\text{s}$), 下流端一定水位= 0.30m)

参考文献: 1) 渡辺政広・栗原崇・時尾嘉弘・藤田和博: 下水道管渠網・地下河川網におけるマンホール・立坑の水理学的役割, 水工学論文集, 第38巻, pp. 525~530, 1994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.