

下水管渠網におけるマンホールの圧力解放効果に関する検討

愛媛大学工学部 正 員 渡辺政広
株式会社建設 正 員 ○荒巻智彦
戸田建設(株) 中崎一志
三建設備(株) 新山裕二

1. はじめに

都市下水道管渠網におけるサーチャージ流の解析にあたり、下水管渠の圧力波伝播速度 c' は 10 ～ 100 m/sec 程度の値をとる。したがって、これと CFL 条件より定まるサーチャージ流れ時の計算時間間隔 Δt は、一般に、 $10^{-1} \sim 10^1$ sec のオーダーのかなり小さいものとなる。本報告では、下水管渠網に多数存在しているマンホールの圧力解放効果を下水管渠に分散させ、見掛け上、 c' を小さい値 (Δt を大きい値) に設定して流出解析を遂行し得る手法の適用性について、流出実験を行って検討した。

2. 圧力解放効果と流れの基礎式^{1), 2)}

下水管渠には、雨水・汚水排水用の取付管 (lateral pipe) が多数接続されている (図1)。これら取付管は、サーチャージ流に対して予想外に大きい圧力解放効果を及ぼし、弾性波の圧力波伝播速度 $a = 1000 \sim 1400$ m/sec に比べ、下水管渠の圧力波伝播速度をかなり小さいものとしている。既に明らかにしているように、取付管の 数10～数100 倍の断面積をもつマンホールは、取付管に比べてはるかに大きい圧力解放効果を及ぼす。したがって、マンホールの圧力解放効果を下水管渠に分散させ得るとすると、見掛け上、下水管渠の c' をかなり小さい値 (Δt を大きい値) に設定した解析が可能となる。

すなわち、マンホールの一部あるいは全て (面積 ΔF_M) を、取付管として、その上流側あるいは下流側の下水管渠に付け替え得るものとする (図1)。このとき、下水管渠の運動および連続の式は、式 (1) および (2) のように、またマンホールにおける連続の式および下水管渠の c' の式は、 ΔF_M の値に応じて、式 (3) ～ (5) のように表される。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{R^{4/3}} = 0 \cdots (1), \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{c'^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \cdots (2)$$

$$F_M \frac{dh_M}{dt} = EQ_{in} - EQ_{out}, \quad c' = \sqrt{g \frac{L}{N} (\sin \theta) \frac{A_p}{A_l}} \quad \text{for } \Delta F_M = 0 \cdots (3)$$

$$(F_M - \Delta F_M) \frac{dh_M}{dt} = EQ_{in} - EQ_{out}, \quad c' = c'' = \sqrt{g \frac{L \cdot A_p}{\Delta F_M + N(A_l / \sin \theta)}} \quad \text{for } 0 < \Delta F_M < F_M \cdots (4)$$

$$0 = EQ_{in} - EQ_{out}, \quad c' = c'' = \sqrt{g \frac{L \cdot A_p}{F_M + N(A_l / \sin \theta)}} \quad \text{for } \Delta F_M = F_M \cdots (5)$$

ここに、 V : 断面平均流速、 h : 管渠底から測った圧力水頭、 R : 径深、 c' : 取付管が接続する下水管渠の圧力波伝播速度、 c'' : 下水管渠の見掛け上の圧力波伝播速度、 S_0 , n , L , A_p : 下水管渠の勾配、Manning の粗度係数、長さ、断面積、 A_l , N , θ : 取付管の断面積、接続本数 (L 当たり)、接続角度、 h_M , F_M , EQ_{in} , EQ_{out} : マンホールにおける水深、断面積、流入流量の合計、流出流量の合計、 ΔF_M : 下水管渠に付け替えるマンホールの面積、 g : 重力加速度、 x : 距離、 t : 時間。

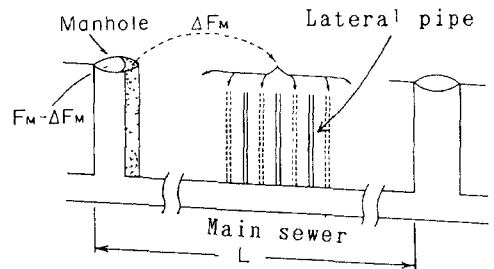


図1 マンホールの取付管への付け替え

3. 水理模型実験と適用性

上述の手法の適用性について、管渠水理模型²⁾ (図2) による流出実験を行って検討した (図3, 4)。

図3は、本法 (adjusted) および従来の方法 (non-adjusted) によるシミュレーション結果の実測結果に対する誤差 $E_h = \{ \int_0^T |H_c - H_o| dt \} / T$ の例である (H_c : 計算値, H_o : 実測値, T : 計算期間)。ここに従来の手法とは、経済上の理由から、 c' を単にかつ強制的に小さい値 c'' に設定して行う流出シミュレーションの方法である。図4は、両シミュレーション結果を実測結果と対比した例である。

これらより、従来の方法を用い、 c' を単にかつ強制的に小さくする場合、適合度が大きく低下してくるのに対し、本法を用いる場合には、こうした適合度の低下はほとんど生じないことが分かる。なお、本法を用いるときの Δt の値として、本来のものに比べ、5~10 倍程度まで大きい値を採用し得るであろう結果を得ている。参考文献

1) 渡辺・越智・石本: マンホールの調圧効果を利用した実用的な流出シミュレーション法, 第41回土木学会中四支研究発表会要集, pp. 84-85, 1989.

2) 渡辺・山内・小池: 取付管の調圧効果を考慮したサーチャージ流れの水理模型実験, 第41回土木学会中四支研究発表会要集, pp. 88-89, 1989.

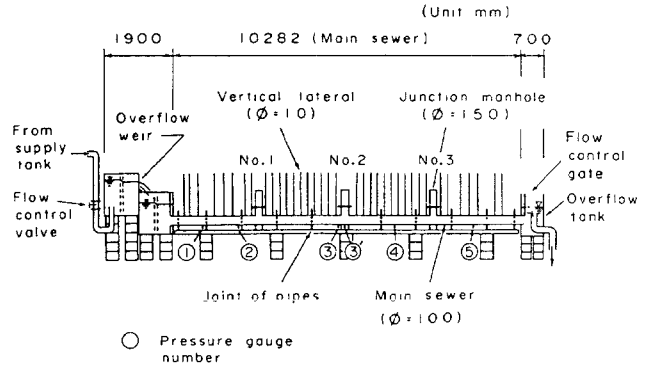


図2 下水管渠の水理模型

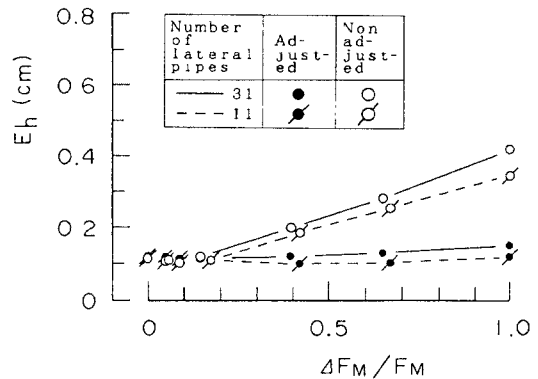
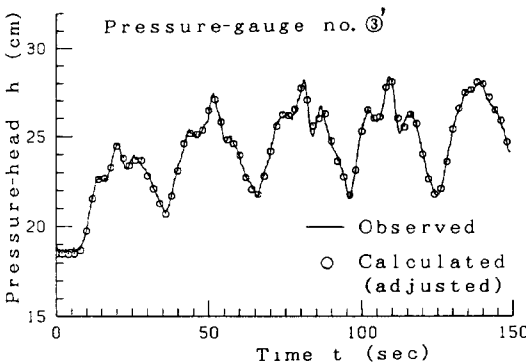
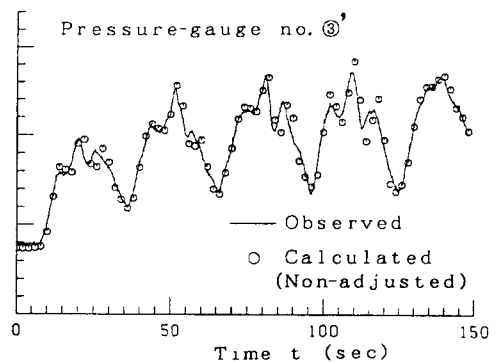


図3 流出シミュレーション結果の実測結果に対する誤差 (圧力センサー ①~⑥ 間の取付管本数が 31 および 11 本の場合)



(a) マンホールの圧力解放効果を利用する場合 (本法)



(b) マンホールの圧力解放効果を利用しない場合 (従来の方法)

図4 流出シミュレーション結果と実測結果の比較 (取付管本数が 31 本の場合)