

下水道管渠網における空気封入を伴う豪雨時の雨水流出に関する検討(2)

愛媛大学工学部 正 員 ○渡辺政広・栗原 崇
愛媛大学大学院 学生員 時尾嘉弘・藤田和博

都市域の下水道管渠網においてしばしば発生する豪雨時の空気封入を伴う雨水流出を実用的にシミュレートし得る流出解析モデルの開発を目指して検討を進めてきている¹⁾。

本報では、上述した検討の一貫として、密封型のマンホール内の空気が封入される非定常圧力流れの流出特性について、プリズマチックな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結果を述べる。

1. マンホールでの空気封入を伴う圧力流れの基礎式

1.1 管渠における運動方程式および連続式²⁾

下水管渠の頂部には、通常のように、取付管が接続しているとする。これら取付管における流出水の貯留を考慮すると、管渠における運動方程式および連続式は、それぞれ次式のように表される。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |V| V}{R^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{c'^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots (2) \quad ; \quad c' = \sqrt{g \cdot \frac{L}{N} (\sin \theta) \frac{A_p}{A_t}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 V ：断面平均流速、 H ：水位、 R ：径深、 L 、 A_p 、 n ：管渠の長さ（マンホール間の距離）、断面積、Manning の粗度係数、 c' ：圧力波伝播速度、 N 、 A_t 、 θ ：取付管の接続本数（ L 当り）、断面積、接続角度、 g ：重力加速度、 x ：距離、 t ：時間。

1.2 マンホールにおける連続式および空気圧の式（図1）¹⁾

まず、マンホールにおける入口・出口損失が管渠の粗度係数の中に入れて取り扱えらるとすると、マンホールにおける連続式は式（4）のように表される。次に、マンホールは完全な密封型であり、圧力と空気体積の間にポリトロプ変化³⁾を仮定すると、式（5）～（7）が成立する（ここでは、簡単のため、マンホールの水面積は水深に係わらず一定（ $=F_M$ ）としている）。

$$F_M \cdot (dh_M / dt) = \Sigma Q_{in} - \Sigma Q_{out} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$H_M = p / (\rho g) + h_M + z_M \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$p = (V_o / V)^m \cdot (p_o + p_a) - p_a \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$dV / dt = -F_M \cdot (dh_M / dt) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 H_M ：圧力水頭（水位）、 h_M ：水深、 V 、 p ：封入空気の体積、圧力（絶対圧力で、大気圧を上回る成分）、 V_o 、 p_o ：初期状態（ $t = 0$ のとき）の V 、 p 値、 p_a ：大気圧（絶対圧力）、 F_M 、 z_M 、 h_G ：マンホールの断面積、底高、深さ、 ΣQ_{in} 、 ΣQ_{out} ：流入流量、流出流量の合計、 m ：ポリトロプ指数（図2参照、 $m=1.0 \sim 1.4$ であるが、実用上は、 $m=1.2$ とする）、 ρ ：水の密度、 D ：管渠径。

なお、上述した流れの基礎式（1）～（7）の数値計算法として、ここでは、特性曲線法を用いている。

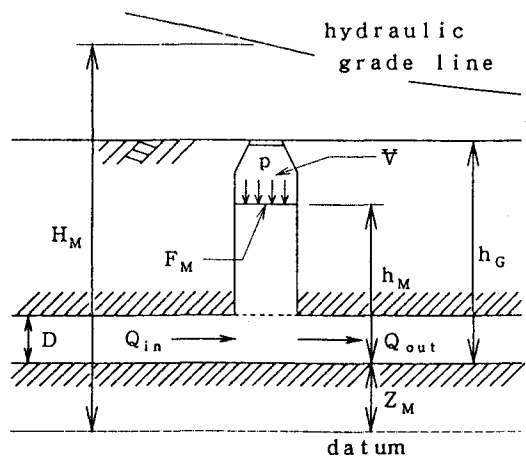


図1 マンホールにおける各種水理量

