

II-127 定常流れ下水管網の水面形計算法

北海道大学工学部 (正) 高桑哲男・(正) 船水尚行

1. はじめに

合理式方法で設計された下水管網の能力評価や長時間継続降雨時の流出解析においては定常流れの水面形計算法が必要となる。本報告では、マンホールを含む多節点構造であり、かつ、開水路流れと管水路流れが共存する下水管網の特徴を考慮するとともに、今後の課題である非定常流計算の基礎としても利用できる形の定常流計算法とその計算例を示す。

2. 計算法

通常の定常流計算法では、水深を与えて距離を求める数値積分法が多用されるが、下水管網ではマンホール間距離が定まっているために適用しにくい。そこで、非定常流の差分運動方程式の非定常項を除いた次式

$$\frac{1}{\Delta x} \left\{ \left(\frac{Q^2}{A} \right)_{L, i+1} - \left(\frac{Q^2}{A} \right)_{L, i} \right\} + \frac{g}{2} (A_{L, i+1} + A_{L, i}) \left\{ \frac{1}{\Delta x} (H_{L, i+1} - H_{L, i}) + \frac{1}{2} (S_{L, i+1} + S_{L, i}) - S_{B, i} \right\} = 0 \quad (1)$$

ここに、 Δx は格子点間隔、 L は管路番号、 i は管路内格子点番号、 Q は流量、 A は流水面積、 H は水深、 S は摩擦勾配、 S_B は水路底勾配

を1次化して用い、放流水面水位すなわち最下流点水深を与えて順次上流側へ水深 H を求めることとする。そのほか、(1)摩擦勾配は $S = [n_m Q / \{A \cdot (D/4)^{2/3} \cdot \phi\}]^2$ で求め、ここで管水路状態では $\phi = 1$ 、開水路状態では

$$\phi = -\frac{10}{9} \left\{ \frac{H}{D} - 0.95 \right\}^2 + 1 + \frac{0.025}{9} \quad (2)$$

とおく。 D は直径、 n_m は粗度係数であり、式(2)は図1でCampの水力特性曲線に近接する単調増加関数を表す。(2)式(1)第1項の速度水頭勾配に対応させるために、不連続点であるマンホールへ流入するときは速度水頭を失うものとする。(3)開水路から管水路状態への遷移はなめらかであると仮定する。なお、他の計算法と同様に、射流状態で流れる場合すなわち急勾配管路の小流量時に本計算法は適用できない。

3. 解析法の応用例

図2の各管路長240m、管底勾配0.002、各排水区面積5.76haの管網について、管路分割数が4のときの計算結果を図3に示す。ただ

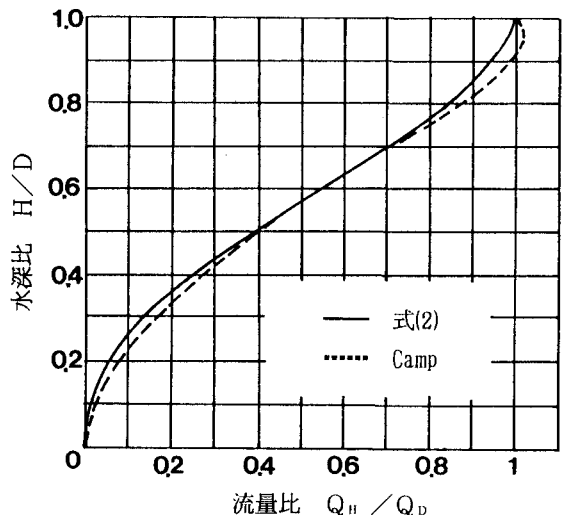


図1 水力特性曲線

表1 管路直径

管路	直径(m)
1, 6, 11, 16, 21	0.817
2, 7, 12, 17, 22	1.027
3, 8, 13, 18, 23	1.162
4, 9, 14, 19, 24	1.260
5	1.336
10	1.693
15	1.928
20	2.103
25	2.242

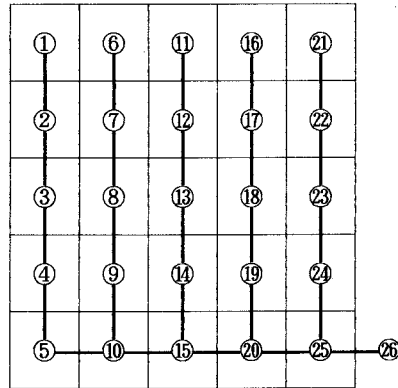


図2 対象管網図

し、各管径は表1のとおりであり、流出係数0.5，流入時間6分，流下速度1m/S，降雨強度式 $i = 3600 / (t + 40)$ とおいた合理式の流量に対し、粗度係数0.013とおいたマンニング式で求めた。

最下流管路までの流達時間38分に対応する各マンホールへの流入雨量は $q = 0.369 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、このときの水面形が図3(b)である。速度水頭の効果が大きく、流下流量が設計流量を下まわる上流側管路においても余裕は生じていない。これよりも流下流量が約2割少ない $q = 0.300 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合にも、中流部では水深が管頂を超えている。

4. まとめ

定常流れ下水管網の水面形の計算法と、その応用例として合理式方法で設計された管網の能力評価例を示した。

本法を非定常計算へと展開するためには、差分化連続方程式を含む連立方程式の縮約化と、急傾斜管路における降雨初期の取扱いが課題となろう。

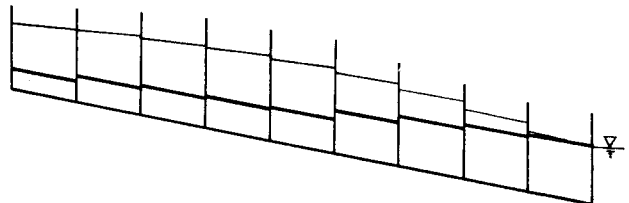
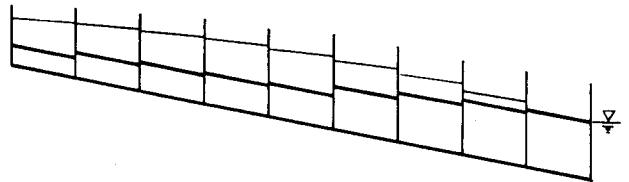
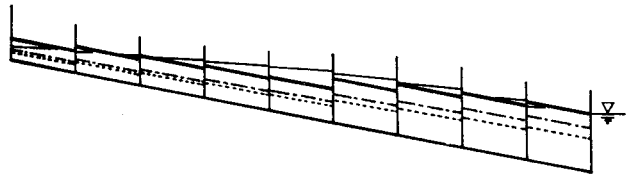
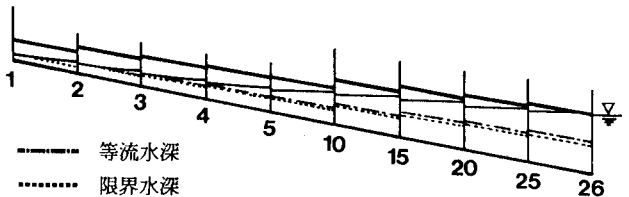
(a) $q = 0.400 \text{ m}^3/\text{s}$ (b) $q = 0.369 \text{ m}^3/\text{s}$ (c) $q = 0.300 \text{ m}^3/\text{s}$ (d) $q = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$

図3 水面形の計算例