

雨水管路網の流入水流下能力に関する研究

九州大学大学院 学生員○山下 孝光
九州共立大学工学部 正 員 荒尾 慎司

九州大学工学部 正 員 楠田 哲也
九州大学工学部 正 員 森山 克美

1. はじめに

近年、都市基盤施設の集中した都市部において豪雨による浸水が顕在化しており、問題となっている。下水道の普及した地域では、雨水排除システムとしての下水道が重要な役割を担っており、その流下能力の把握が必要となってくる。特に雨水管路網は樹枝状構造をしており、降雨の時間的・空間的非一様性から非定常流れとして取り扱わねばならない。

そこで本研究では、雨水管路網をモデル化する際のナンバリング手法を開発し、これを浸水実績のある川崎市刈宿地区に適用し、非定常流・準定常流（不等流）計算を実施することにより流下能力の検討を行った。

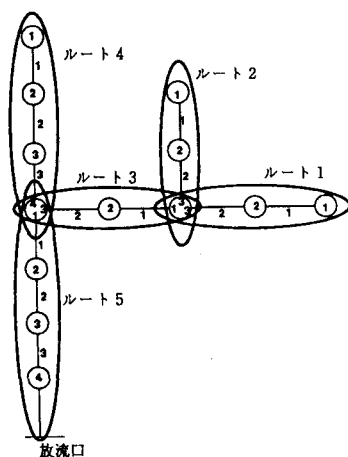
2. 雨水管路網の取り扱い

一般に雨水管路網は管路と接合部からなり、トポロジー・モデルで表すことができる。それらにグラフ理論の概念を導入することで管路と接合部の接続状態を表現できる。しかし、これらの接続状態を表現するだけでは行列の大規模化は避けられない。

本研究では、この行列の大規模化を避けるため、図-1に示すような管路網のナンバリング手法を提案する。

その接続行列を式（1）に示す。

$$A = \begin{matrix} \begin{matrix} \text{ルート} \\ \text{番号} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{接続している} \\ \text{ルート番号} \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 2 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 3 & 4 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \cdots(1)$$



管路網のナンバリングは、3本以上の管路が接続している接合部を境界として各ルートに分割し、上流から番号をつけ、それぞれ分割されたルート内の接合部に上流から番号をつけていくというものである。

この接続行列のn行1列はルート・ナンバを表し、n行2・3・4列はそのルート・ナンバと接続している上流側のルート・ナンバを表している。

接合部の連続の式は式（2）を採用した。

$$\sum Q_i + Q_{in} = 0 \quad \cdots (2)$$

ここで、 Q_i : 管路からの流入・流出量

Q_{in} : 地表面からの流入量

3. 単一管路の取り扱い

本研究で用いた非定常流計算の計算式と差分式を以下に示す。

（計算式）

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Qv)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(S - S_f) \quad \cdots (2)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \cdots (3)$$

（差分式）

$$Q_p = Q_m + gA(S - S_f)\Delta t + \frac{\Delta L}{\Delta x}(Q_1 V_1 - Q_m V_m) + gA \frac{\Delta L}{\Delta x}(h_1 - h_m) \quad \cdots (4)$$

$$A_0 = A_1 + \frac{\Delta L}{\Delta x}(Q_1 - Q_m) \quad \cdots (5)$$

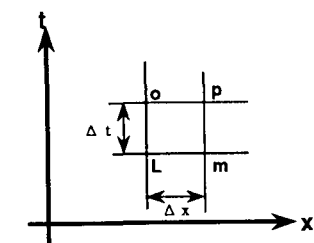


図-2 差分式の添字の説明

ここで、 Q : 流量、 h : 水深、 A : 断面積
 S : 管勾配、 S_f : 摩擦勾配
 g : 重力加速度、 Δx : 距離きざみ
 Δt : 時間きざみ、添え字は図-2を参照

満管流の取り扱いについては、スロットモデルの概念を採用した。また、圧力伝播速度を 30m/s であると仮定しスロット幅を設定した。

4. 対象地域

計算対象地域には川崎市刈宿地区を選んだ。この排水区は主に5系統からなり、ここではH幹線を取り上げた。この幹線の地形特性は、渋谷・矢上川に挟まれた窪地で昔から浸水しやすい地区であった。

5. モデル図と計算条件

H幹線のモデル図を図-3に示す。

流入ハイドログラフ（平成元年8月1日降雨²⁾）を図-4に示す。流入ハイドログラフは集水域に降った降雨をもとに算定し、各接合部にそれぞれ均等に分割した。また下流端の境界条件は、ポンプ場の実績水位がないため、「ポンプ場の天端に水位がこなかった」という証言から逆算して求めた。

粗度係数は $n = 0.013$ とした。

非定常流計算のきざみは x = 管長、 $t = 0.01$ 秒にした。

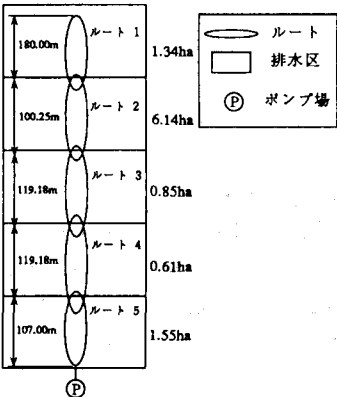


図-3 管路網のモデル図

6. 計算結果および考察

非定常流計算の結果を図-5に、準定常流（不等流）計算の結果を図-6に示す。

非定常流・準定常流計算とともにR2域で急激な水面上昇を示している。これはR2域からの流入量が大きく、しかも管径が60cmから90cmに急変するためであると考えられる。

R1、R2域で浸水するという結果が得られたが、これは、管径が50、60cmと比較的小さい管を使用しているためである。

R4域で浸水するという結果はR4の地形特性によるものである。

非定常流計算より、R3、R5域では浸水しないという結果が得られたが準定常流（不等流）計算ではR5域以外の全域で浸水するという結果が得られた。これは、非定常流が動的モデルであるのに対して、準定常流が静的モデルであるために現れているものと考えられる。

同一時刻（例えば、 $T = 280$ 分）で、非定常流の計算結果が準定常流の計算結果よりも低い水位を示すのもモデルの違いによるものと考えられる。

7. おわりに

今後、問題となっている接合部でのエネルギー損失を考慮したモデルを構築していく予定である。

8. 参考文献

- 1) 金本 満：グラフ理論による河川網不定流の水理解析、土木学会論文集、第429号、pp67-75、1991年5月
- 2) 山下ら：雨水管路における流下モデルの開発、土木学会西部支部講演概要集、II-103、平成3年度
- 3) 川崎市下水道局：川崎市下水道局技術調査年報、平成2年度
- 4) 渡辺 政広、江藤 剛治、室田 明：取付管の調圧効果を考慮した下水管網内の遷移流計算法、土木学会論文集、No411/II-12、pp 81-90、1989.
- 5) 高桑 哲男(1978)：配水管網の解析と設計、森北出版。

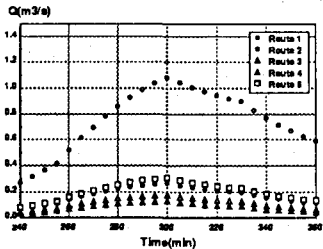


図-4 ハイドログラフ

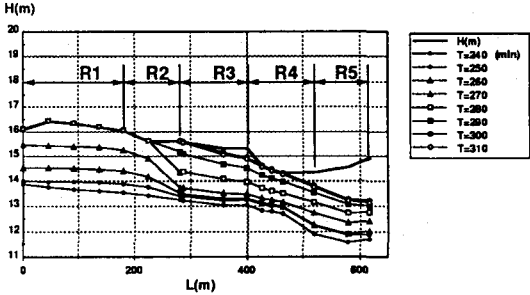


図-5 計算結果（非定常流）

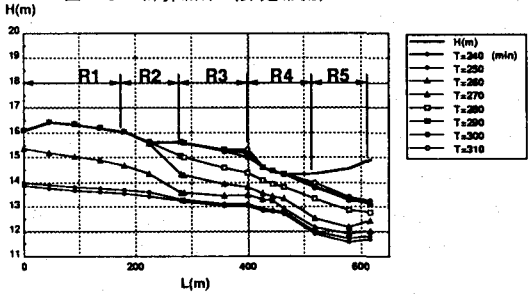


図-6 計算結果（準定常流）