

都市域における雨水排除と浸水解析に関する研究

名古屋大学大学院 学生員 ○ 平野 貴康
 名古屋大学 教授 正員 高木 不折
 名古屋大学助教授 正員 松林宇一郎

1. はじめに

近年、水害における被害のうち、内水氾濫による浸水に起因するものの割合が増大しつつあり、その原因としては、水田等の浸透域の減少や、都市内中小河川の整備の立ち後れなどがあげられる。この傾向は特に大都市圏では顕著であり、現在、その対策として大規模貯留施設や透水性舗装などの施工が行われている。

名古屋市内では1991年9月19日、台風18号の影響による秋雨前線の活発化により大きな浸水被害を受けた。床上浸水は市全域で2408戸、床下浸水4781戸、さらに道路の冠水、鉄道の混乱などの様々な大都市の弱点を浮き彫りにしている。このような浸水への対策として前述のような施設を計画する際にはあらかじめ、雨水排除と地表面の雨水の挙動を詳しくモデル化した浸水シミュレーションを行い、施設の妥当性等を検討する必要がある。そこで本研究では管渠システムにおける流れと地表面の浸水の両者を合理的に解析する手法を提案し、その問題点を探ることを目的としている。

2. 対象流域

対象流域は、名古屋市南部に位置する天白川水系扇川の汐田排水区とした(図-1)。排水区面積は約1.63km²であり、排水区の南部には畑や緑地等の浸透域が広がっており、北部は工場や住宅地などの不透透域となっている。下水道施設は分流式をとっており、雨水は汐田ポンプ所から扇川に排水されている。

3. 解析方法

前述したように浸水シミュレーションにおいては、地表面の雨水の挙動と、地表から管渠システムに流入した雨水の挙動の両方を詳しく解析する必要がある。

3. 1 地表面の解析法

地表面の雨水流の解析はNavier-Stokesの運動方程式を水深方向に積分した2次元平面流式(式-1はX方向のもの)と連続式(式-2)を基礎方程式とする。実際の解析ではこれらの式をStaggered Schemeにより流量フラックス、水深を交互に求める。メッシュの大きさとしては、 $\Delta x=50\text{m}$ を採用している。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = -g h \frac{\partial H}{\partial x} - g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad \dots\dots (1)$$

$$\lambda_s \frac{\partial h}{\partial t} + \lambda_x \frac{\partial M}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial N}{\partial y} = r_e - I_s \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 $M=u \cdot h$: x方向の流量フラックス、 h : 水深、 $H=h+z$: 水位(z : 地盤の標高)、 r_e : 有効降雨、 n : マニングの粗度係数、 λ_s : 平面的にみた浸水体積率、 λ_x 、 λ_y : x、y方向に垂直な鉛直面でみた浸水面積率、 I_s : 管渠システムに排水される雨水である。

3. 2 管渠システムの解析法¹⁾

管渠システムの流出を詳しく再現するために、Dynamic Waveモデルを考え、開水路流れとサーチャージ流れをとともに不定流の式で表す(式-3, 4, 5, 6)。

$$\text{開水路流れ} \quad \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - 1 + \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} \right) = 0 \quad \dots\dots (3) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + v \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{A}{B} \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{サーチャージ流れ} \quad \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - 1 + \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} \right) = 0 \quad \dots\dots (5) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + v \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{C^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots (6)$$

ここに、 v : 断面平均流速、 A : 流水断面積、 B : 水面幅、 R : 径深、 h : 開水路流れでは水深、サーチャージ流れでは管底からのピエゾ水頭、 C : サーチャージ流れでの圧力伝播速度、 n : マニングの

粗度係数, I : 勾配, g : 重力加速度, x : 距離, t : 時間である。

サーチャージ流れに対しては、管頂部に図-2に示すような仮想のスロットを考える。この幅 B が式-7を満たし、スロット自体が管路の断面積、径深に影響を及ぼさないとすれば、開水路流れとサーチャージ流れの基礎式は同一の扱いができる。

$$C = \sqrt{g A / B} \quad \cdots \cdots (7)$$

ここに、 C : 開水路流れの伝播速度, A , B : 開水路流れでは流水断面積, 水面幅, サーチャージ流れでは管渠断面積, スロット幅である。

実際にはこれらの式を1次元のStaggered Schemeにより、流速、水深を交互に求める。メッシュの大きさとしては $\Delta X=20\text{m}$ を採用している。

3. 3 地表面と管渠システムの結合¹⁾

個々のマンホールと地表面のある一つの水深計算メッシュを連結し、地表面に降った雨水をマンホールを通じて管渠システムに排除すると考える。その際に、マンホールでの連続式を与える(式-8)。

$$A_m \frac{dh}{dt} = \sum Q_{in} - \sum Q_{out} + Q_s \quad \cdots \cdots (8)$$

ここに、 A_m : マンホール断面積, h : マンホール部の水深, $\sum Q_{in}$: マンホール部への流入量, $\sum Q_{out}$: マンホール部からの流出量, Q_s : 地上からマンホールへの流入量である。

地表からの流入量 Q_s の設定に際しては、下水道計画の 30mm/hr に見合う値を与えることにする。

4. おわりに

まだ解析等は進めていないが、本研究では都市域での浸水シミュレーションの詳細なモデルを提案した。しかしながらモデル中の圧力伝播速度 C の取扱や、地表面と管渠システムの結合法など検討を進める必要のある部分が多数あり、現在研究中である。また、実際の貯留施設や浸透施設の設置についての効果等もシミュレートできるはずであり、これらを今後の課題としたい。

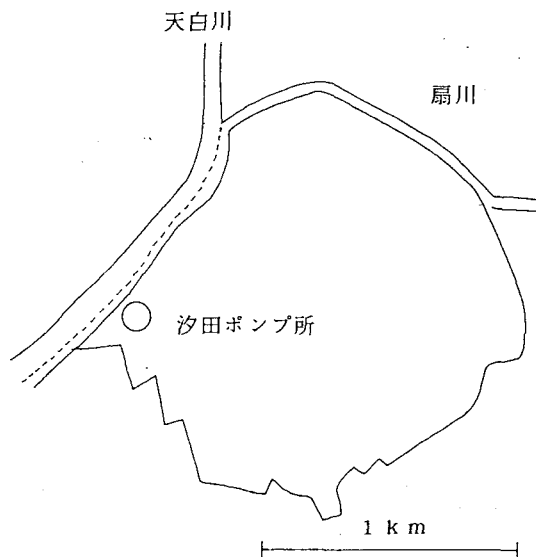


図-1 対象流域

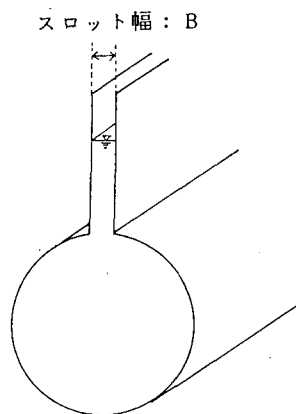


図-2 スロットを持つ管渠

参考文献

- 1) 渡辺政広 : 都市下水道流域の流出解析と流出制御に関する基礎的研究, 1989