

II-47

都市域における浸水評価への下水道管渠内の雨水流解析の導入

名古屋市	正員	○ 平野 貴康
名古屋大学助教授	正員	松林宇一郎
名古屋大学 教授	正員	高木 不折

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、また都市内中小河川や下水道施設の整備の立ち遅れなどがあげられる。ここで、浸水への対策として下水道や各種貯留浸透施設を計画する際にはあらかじめ、下水道内の雨水の流下状況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

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。メッシュの大きさは、 $\Delta x=50m$ を採用している。

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

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

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_s : 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 管渠流れの解析法

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もに不定流の式で表す(式-(3), (4))。

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} - 1 + \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} \right) = 0 \quad \dots (3)$$

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + v \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{C^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad \dots (4)$$

ここに、 v : 断面平均流速、 A : 流水断面積、 B : 水面幅、 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、

サーチャージ流れに対しては、管頂部に図-2に示すような仮想スロットを考える。この幅 B が式-(5)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。

$$C = \sqrt{gA/B} \quad \dots (5)$$

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 地表面流と管渠流れの結合

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式-(6)で与える．

$$A_m \frac{dh}{dt} = \sum Q_{in} - \sum Q_{out} + Q_s \quad \cdots \cdots (6)$$

ここに， A_m ：マンホール断面積， h ：マンホールでの水深， $\sum Q_{in}$ ：上流側管渠からマンホールへの流入量， $\sum Q_{out}$ ：マンホールから下流側管渠への流出量， Q_s ：地上からマンホールへの流入量である．

4. 解析結果

図-3に示すのは地表面におけるある点での浸水深の時間的变化であるが，解析結果は現地での聞き取り調査によるものに比べて大きめの浸水深となることがわかった．この理由については，本研究における解析は複雑であるために多様なものが考えられるが，現在のところ地表から下水道への排水容量が少なすぎるのではないかと考えている．

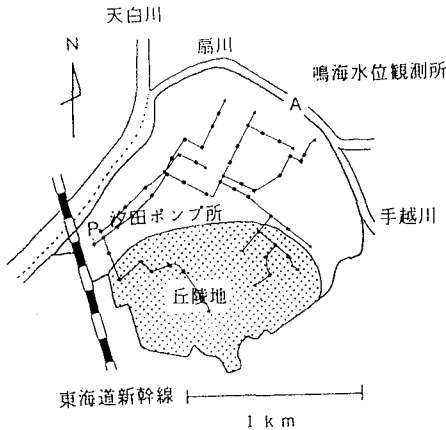


図-1 対象流域

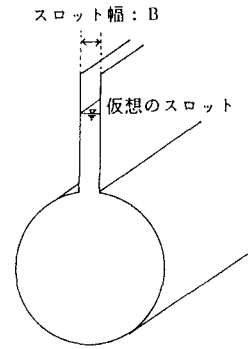


図-2 スロットを持つ管渠

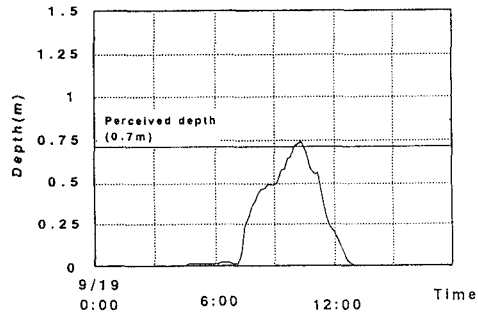
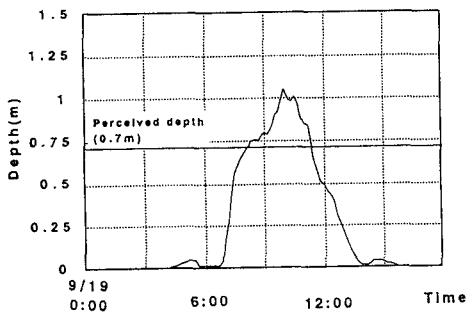


図-3 地表面浸水深の時間的变化

5. おわりに

本研究では，地表面流と下水道内の流れの詳細な解析を結合した浸水解析手法を提案した．また，特に管渠流れの解析の際には様々な計算不安定要素が存在し，それを取り除くために管渠の断面形状を若干変更したり，マンホール連続式の適用箇所を限定するなどの工夫を行った．しかし，実現象に近いパラメータの設定法についてさらに追求する必要がある，これを持って今後の課題としたい．