

II-61

都市域の氾濫解析モデルの研究

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○清宮 洋
東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

近年の都市機能の高度化，都市への人口集中に伴い，治水対策の重要性が益々高まっている。そのためには，都市域における氾濫水の挙動を把握する必要がある，実用的な氾濫解析モデルの構築および精度向上は重要となる。そこで，本研究では，解析モデルを構築する上で問題となる下水道マンホールからの逆流等の内水氾濫解析と道路と構造物の区別に着目し，集中豪雨に対する都市域の雨水排除を目的とする氾濫解析を行う。表面流出計算では，道路と住区それぞれに異なる氾濫原粗度係数を与え，道路は長方形断面水路とみなした1次元解析を行い，住区は面積を有する1つの格子として周囲を構成する道路との流入出力から水位を求める。下水道システムについては，地表面流との受け渡しをマンホール部で行い，マンホール部を node，下水管を link として扱い，それぞれで水位および流量を求める。今回は，それぞれの入力データ及び計算式を示し具体的な解析方法を説明する。また，小区画において排水を考慮した簡便なモデルを適用し，その解析結果を示す。

2. 氾濫モデルの解析方法

2.1 入力データ

Table1. 氾濫解析モデルへの入力データ

道路	番号, 始点, 終点, 長さ, 幅, 粗度係数, 標高データ
住区	番号, 周囲道路番号, 表面積, 粗度係数, 標高データ
下水道	番号, 長さ, 断面形状・大きさ, 粗度係数, 両端高さ, 両端のマンホール番号
マンホール	番号, 地表面高さ, 底面高さ, 断面積, 地表面流入出力, 下水道流入出力

2.2 地表面流出計算（道路・住区）

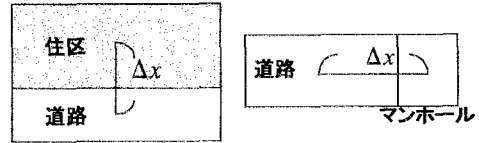


Fig.1 道路および住区の格子設定

地表面流出の計算式を以下に示す。格子設定は Fig.1 の通りで，図心間距離を空間ステップとする。粗度係数は，道路では $n=0.043$ ，住区では $n=0.067$ 。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \tau_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) = -gD \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \tau_y \quad (3)$$

$$\tau_x = \frac{\rho g n^2 U \sqrt{U^2 + V^2}}{\zeta^{1/3}} \quad (4) \quad \tau_y = \frac{\rho g n^2 V \sqrt{U^2 + V^2}}{\zeta^{1/3}} \quad (5)$$

式中では， ζ ：基準面から上方にとった水面変位， $D=z+\zeta$ ：水面から水底まで鉛直方向に計った全水深， z ：基準面から水底までにとった静水深， $M=UD, N=VD$ ： x, y 方向の単位幅流量， U, V ： x, y 方向の断面平均流速， τ ：水底に働くせん断応力で， x, y の下添え字はそれぞれの方向の成分， ρ ：密度， g ：重力加速度， n ：粗度係数， r ：降雨強度である。

また，マンホールへの落ち込み及び逆流流量は(6)，(7)式の越流公式を用いる。ここで， h_1 ：越流水深， h_2 ：下流水深とする。

・完全越流 ($h_2/h_1 < 0.45$) の場合

$$Q_0 = 0.35 B h_1 \sqrt{2gh_1} \quad (6)$$

・不完全越流 ($0.45 < h_2/h_1 < 0.8$) 及びもぐり越流 ($0.8 < h_2/h_1$) の場合

$$Q_0 = 0.91 B h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad (7)$$

2.3 下水道管渠網流出の計算

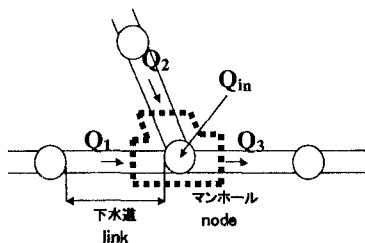


Fig. 2 下水道管渠網の模式図

Q_{in} は地表面からの流入量

本計算では、道路からの流入量

下水道システムを link(下水道)および node(マンホール)の各要素に分割する (Fig. 2). 流出計算には Kinematic Wave 法を用いる. 空間ステップは link 長とし, link 区間の流量は一定とする. link で流量, node で水位を求める. また, node の水位が管径以上であれば満管であると仮定し, 運動量式は満管状態では Manning 則に従い, それ以外は, 円形断面の水理特性線¹⁾に従うとする.

2.4 マンホール部の計算²⁾

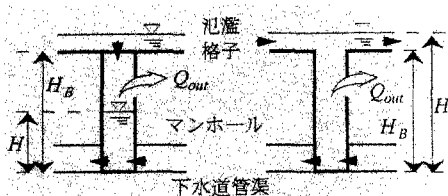


Fig. 3 マンホール部の模式図

道路からの流入量, 下水管からの流入出流量, ポンプ排水流量から, マンホール部での水位を求める. 計算式は(5)式である.

$$A \frac{dH}{dt} = \sum Q - Q_{out} \quad (5)$$

ここで Fig. 3 から, H : 水位, A : 面積 ($H \leq H_B$ のときはマンホールの面積, $H \geq H_B$ のときは氾濫格子の面積 (H_B : 地盤高)), $\sum Q$: 流入出流量 ($H \leq H_B$ のときは下水道からの流入出流量と氾濫域からの落ち込み流量, $H \geq H_B$ のときは下水道からの流入出流量と氾濫域への流入出流量), Q_{out} : ポンプ排水流量, t : 時間である.

3. 解析結果と考察

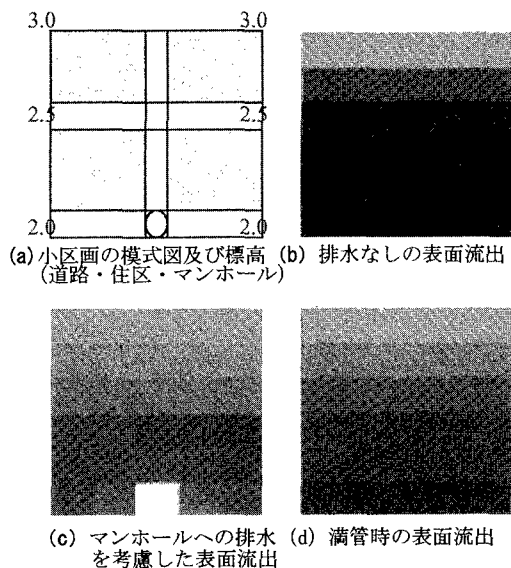


Fig. 4 小区画における降雨排水の模式図

単位 (m)
0.25 0.30 0.35 0.40 0.45

今回は, Fig. 4-(a) の 1 つのマンホールを有し任意の標高を与えた小区画において, 10.0mm/h の一定降雨を与え, 計算時間を 10 時間とし, マンホールによる排水を考慮しない場合 (Fig. 4-(b)), 排水 ($0.5\text{m}^2/\text{s}$) を考慮する場合 (Fig. 4-(c)) 及び満管状態における下水道から氾濫域への流出を考慮する場合 (Fig. 4-(d)) のそれぞれの浸水深を示した. 標高の低い下部に水位は集中するが, 排水による水位の減少及び満管時の下水道からの流出による水位の増加を示すことができた.

4. まとめと今後の予定

今回は, 小区画においてマンホール部の計算を行いその解析を示したが, 今後は対象領域をさらに広げていく. 最終的には, 東海豪雨災害時の新川破堤氾濫領域にモデルを適用し, 住民からのアンケート結果と比較して精度の検証を行う.

参考文献

- 1) 本間仁他: 物部水理学, 岩波書店, pp127, 1969.
- 2) 武田誠, 松尾直規: 氾濫水に与える下水道システムの影響に関する数値解析的検討, 水工学論文集, 第 44 巻, pp467-472, 2000.