

都市域における雨水排除モデル：NUMEROUS

長崎大学工学部 学生員 ○池崎 雄一
 長崎大学大学院 学生員 高西 春二
 長崎大学工学部 正 員 野口 正人
 長崎大学工学部 正 員 中村 武弘

1. まえがき

近年、都市域が著しく発達するなかで、生活水準の向上とともに流出機構や都市排水の形態が変わりつつある。それに伴って浸水防止効果を高めるため、社会基盤の一つである下水道が急速に普及してきた。このような状況下で都市域における雨水排除を円滑に行うためには、河川管理と下水道整備とが十分に調和したものでなければならない。また、雨水排除機能を十分に発揮するためには、河道と下水道とを都市域の水制御構造物として一体的に取り扱う必要がある。この種の水理モデルとして、著者らはこれまでに、都市域における氾濫シミュレーションモデルをいくつか提案し、その有用性について議論してきた¹⁾²⁾。本論では排水路網を考慮した都市域での排水計算手法について述べるとともに、その適用例を示す。

2. 都市排水モデル

都市域の洪水流の挙動を明らかにするためには、異なる経路の流れを総合的に評価する必要があり、下水管における雨水の流出入などを氾濫流、河道流との関連で考慮することが重要である。本モデルでは、それらに河道流、下水道流および氾濫流の3種の流れを考える。本モデルで取り上げた流れの基礎方程式を以下に示す。

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\xi_1 M^2/h_1) + \frac{\partial}{\partial y} (\xi_2 MN/h_1) = -g h_1 \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xx}}{\rho} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\xi_2 MN/h_1) + \frac{\partial}{\partial y} (\xi_3 N^2/h_1) = -g h_1 \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yy}}{\rho} \quad \dots\dots\dots (3)$$

洪水時に、これらの流れは相互に影響を及ぼしあうため、その影響は境界条件として考慮されなければならない。(1)～(3)式は2次元氾濫解析で常用されるものであり、詳しい説明は省略する。下水道流は、Saint-Venant方程式を差分表示した次式を適用する。

$$\Sigma Q_{i,j} = A_{n,j} \frac{\Delta H_j}{\Delta t} - Q_{n,j} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$H_i - H_{i+1} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} g + (\alpha \frac{v^2}{2g})_{i+1} - (\alpha \frac{v^2}{2g})_i + \frac{1}{2} \left(\left(\frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} \right)_{i+1} + \left(\frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} \right)_i \right) \cdot g \quad \dots\dots\dots (5)$$

最近の数値シミュレーション技術の発達は著しく、解析精度も向上してきた。一方、広範囲で長時間の解析を行うための適切な簡化がなされたモデルの開発も必要である。ここでは、一般によく使われる2次元氾濫解析に、下水道流を考慮した実用的なモデルについて述べる。なお、本モデルの概要は次のとおりである。(1) 主要な河道の流れならびに氾濫流は、2次元流として計算する。(2) 側溝を含めた雨水排水路の流れは、1次元管網計算(開渠・管渠)により求める。(3) 開渠の雨水排水路では流路に沿った越流量を、また、管路ではマンホール部の吹き出し・吸い込み流量を、2次元流とのヘッド差により計算する。

ここに、 H_i :ピエゾ水頭、 $Q_{n,j}$:節点での横流入量、 $A_{n,j}$:マンホール部の水平面積であり、その他の記号は慣用されるものである。実際の計算は、基礎方程式に対する未知量を節点でのピエゾ水頭ならびに管路の流速に選び実行される。

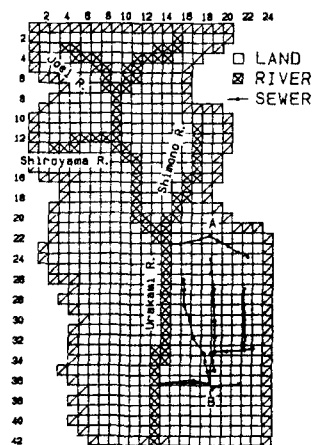


図-1 2次元の計算格子

3. 都市排水域への適用

前述されたモデルの妥当性を検討するため、昭和57年7月の長崎水害時の降雨を対象にし、浦上川下流域を取りあげて都市排水計算を行った。この河川の下流端は長崎港で、流域面積：38.1km²、流路延長：13.3kmの2級河川である。また長崎市北部市街地を流れ、河川周囲は低平地であるため絶えず浸水の危険性が問われてきた。図-1は、今回の計算に用いた計算

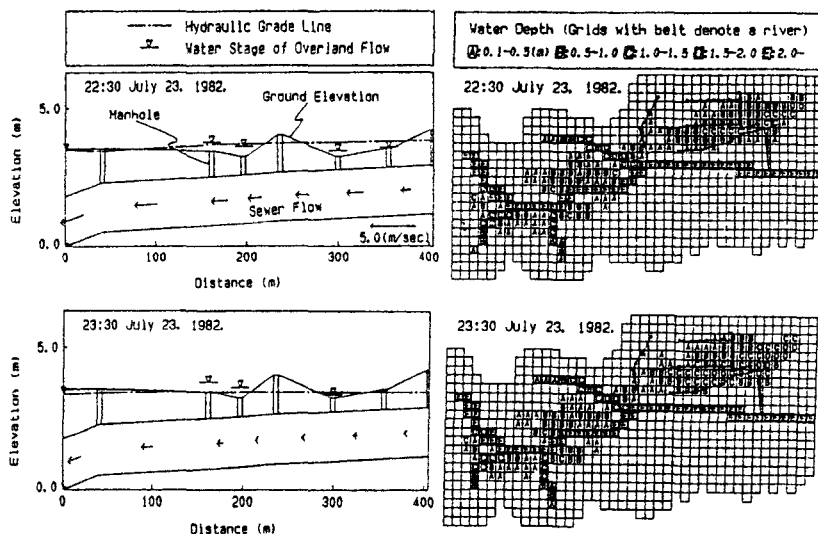


図-2 排水系統-Aの動水勾配線と浸水深

格子を表しており、支川には下の川、城山川、城栄川の3川が含まれる。ここでは、同図中に示された2系統の排水路を取りあげ、空間差分間隔は50m×50m、時間差分間隔は0.2秒を用いた。次に、計算結果について述べる。まず、下水道流とそれに対応する同時刻の浸水の平面的広がりを図-2に示した。下水道流の計算結果においては、排水系統-Aを取り上げ、横軸には本川合流部を始点とした追加距離を取り、動水勾配線と氾濫流の水位を示す。本図に取り上げた時刻22:30分頃は、雨量のピーク時であり、堤内地へ流出していることが分かる。また、23:30分には管路の疎通能力が著しく低下している。また、動水勾配線と氾濫流の水位が異なっているが、局所的にみると両者の水位は等しいはずである。しかし、2次元平面流では、下水道流と比較して諸量が著しく巨視的な扱いをされており、その空間的スケールの相違により、計算上このようになっている。これら両者の水位差により、氾濫流が下水道に負荷しているか、またはその逆であるかといった、平均的な状態が把握でき

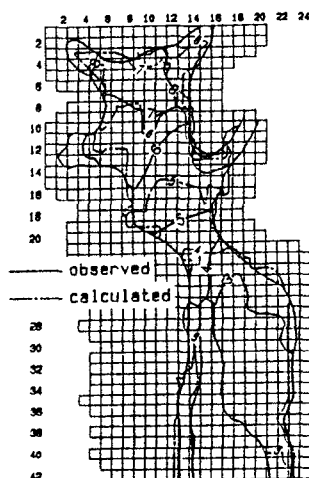


図-3 水位の計算値と実測値

る。次に、水位の計算値を実測値とともに図-3に示すが、必ずしも良好な結果が得られたとはいいがたい。これは、河道線形を忠実に考慮したモデル（河道・堤内地共存格子を用いた氾濫解析法）¹⁾等を用いてないことに関わるものと思われる。また、他のモデルとの比較は講演時に述べる。

4. あとがき

都市域における雨水排除モデル（NUMEROUS）について述べ、長崎水害の氾濫流に適用した。このモデルによると、管路・開水路、ループ状・樹枝状の、いずれのシステムに対しても計算することができる。これにより、河道流と下水道流との相互関係がある程度明らかになり、氾濫状況を予測するとともに、雨水の排除計画策定にも有効に利用できる等、本モデルは実用的であると思われる。

参考文献

- 1) Iwasa, Y., M. Noguchi and T. Nakamura : Simulation of urban storm drainage involving river and overland flows, Proc. 22nd Congress, IAHR, Aug. 1987, pp. 208-213
- 2) 中村武弘・岩佐義朗・野口正人（平成元年）：都市域における洪水排水システムの総合的評価法、第33回水理講演会論文集