

下水管網が敷設された都市域での洪水排水モデル

長崎大学工学部 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、都市域の発達著しく、流出機構の変化とともに異常出水の危険性が增大してきている。一方、生活水準の向上を目指して、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の耐水性を向上させるためには、河川管理と下水道整備とが十分に調和していなければならないことは言うまでもない。ところで、上述された両者の計画対象降雨には大きな隔りがあり、相互にその影響を知ることは重要である。この種の水理モデルとして、著者らは既に、河道・堤内地共存格子を用いた氾濫解析法の有効性について言及してきた。^{1), 2), 3)} 本論では下水管路網が敷設され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

都市域における洪水流は種々の経路を辿る。即ち、本川・支川の河道や側溝を含めた下水道などである。後者のものは、最近では分流式が一般的であり、開渠・管渠システムの雨水排水路が設けられている。従って、都市域の洪水流の挙動を明らかにするためには、上述された経路の流れを総合的に評価する必要がある。

既に明らかのように、管路・開水路の流れは次式で表される。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\eta}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{\partial}{\partial s} (h_a \cdot \cos \theta) - \sin \theta + \frac{\tau_b}{\rho g R} = 0 \quad \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\xi_1 M^2 / h_1) + \frac{\partial}{\partial y} (\xi_2 MN / h_1) = -g h_1 \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\xi_2 MN / h_1) + \frac{\partial}{\partial y} (\xi_1 N^2 / h_1) = -g h_1 \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \quad \dots \dots \dots (5)$$

洪水時に、これらの流れが相互に影響を及ぼしあうことは明らかであり、実際の計算では、それらを境界条件として考慮しなければならない。この種の数値モデルの一つが河道・堤内地共存格子を用いた都市排水モデルであるが、⁴⁾ 本手法では、複雑な下水管路網を有した都市域に対しては膨大な計算時間が必要とされる。そのため、ここでは実用の便を勘案して、最終的にはパーソナル・コンピュータでも計算が可能な簡略モデルについて述べる。なお、本モデルの概要を示せば、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次元流のピエゾ水頭との差により計算する。

基礎方程式(1), (2)は、差分表示すれば以下のように書ける。

$$\Sigma Q_{i,j} = A_{m,j} \frac{\Delta H_j}{\Delta t} - Q_{m,j} \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$H_j - H_{j+1} = \frac{1}{g} \frac{\Delta v}{\Delta t} + \left(\alpha \frac{v^2}{2g} \right)_{j+1} - \left(\alpha \frac{v^2}{2g} \right)_j + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{n^2 v^2}{R^{4/3}} \right)_j + \left(\frac{n^2 v^2}{R^{4/3}} \right)_{j+1} \right\} \cdot l \quad \dots \dots (7)$$

ここに、 H_j : ピエゾ水頭、 $Q_{m,j}$: 節点での横流入量、 $A_{m,j}$: マンホール部での水平面面積であり、その他の記号は慣用されるものである。(6)式は、連続方程式の(1)式を対象管路について積分し、各節点で表示したものがある。実際の計算は、基礎方程式に対する未知量を各節点でのピエゾ水頭ならびに各管路の流量に選り実行される。

3. 都市排水域への適用例

前述されたモデルの妥当性について検討するため、本明川下流域を取り上げて洪水時の都市排水計算を行った。本明川は流域面積：87 km²、流路延長：21 kmの一級河川である。本明川は一級河川としては小規模であり、行政区域で言えば諫早市一市を流下している。しかし、昭和32年7月の諫早水害の例を挙げるまでもなく、この河川は管理が難しいことでも知られており諫早湾防災干拓事業を初めとする各種のプロジェクトを有している。さらには、河川環境の整備も急速に進められている。これらの背景のもとで、

諫早水害時に経験したレベルの豪雨が再び襲来してきた場合の洪水流について調べておくことは重要である。

図-1は、今回の計算に用いられた2次元格子を表しており、対象河川としては、本明川本川ならびに半造川・中山川・福田川・倉屋敷川の各支川が含まれている。一方、諫早市街地は網の目のような排水路系統で覆われているが、ここでは、

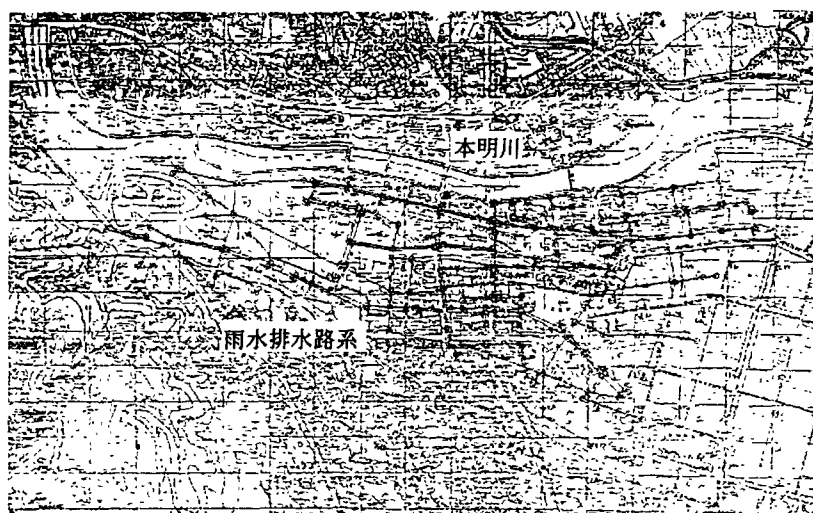


図-1 2次元氾濫解析の計算格子

図-2 本明川右岸排水区の雨水排水路系

図-2に示されたような本明川右岸排水区の17系統の雨水排水路を取り上げて計算が行われた。実際の計算は、空間格子間隔：116.81 m×92.43 m、時間差分間隔：1秒に取られた。本計算では、各管路毎に流出量計算がされるため、都市域での雨水の流下過程をより現実に即した形で表現できる。なお、計算結果については講演時に述べる。

4. あとがき

都市域の耐水性向上を目指して、都市域での洪水排水モデルについて述べ、その適用例を示した。従来から、下水道断面は計画対象降雨による洪水疎通能力を考慮して決められているが同時に超過洪水に対する流況を検討しておくことが重要である。この様な場合に対しても、本論で述べられた方法は有効であると思われる。最後に資料収集等でご協力戴いた建設省九州地方建設局長崎工事事務所、並びに、諫早市役所の皆様に謝意を表します。

(参考文献) 1) Iwasa, Y., Noguchi, M. and Nakamura, T. (1987): Simulation of urban storm drainage involving river and overland flows, Proc. 22nd Congress of IAHR. 2) 野口正人 (昭和63年): 豪雨災害時における都市部低平地の耐水性の評価並びに防災情報の整備に関する研究、昭和62年度文部省科学研究費補助金 (重点領域) 研究成果報告書。3) Iwasa, Y., Noguchi, M. and Nakamura, T. (1989): Simulation analysis of urban storm drainage, Natural Disaster Science, Vol. 10, No. 2. 4) 中村武弘・岩佐義明・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。