

都市域雨水排除モデル“NUMEROUS”の汚濁流出予測への適用

長崎大学工学部 学生員 ○喜井 克浩 長崎大学大学院 学生員 中島 隆信
 長崎大学工学部 正 員 野口 正人

1. まえがき

人々の生活水準の向上とともに、様々な形で社会基盤を整備せねばならなくなってきた。そのようなものの一つとして、河川の水辺環境整備事業が上げられ、さらには、都市部を中心とした下水道整備事業が上げられる。これらはいずれも、われわれを取り巻く水環境を良好なものにして、より質の高い生活環境を実現しようとしたものである。

ところで、急速な都市の発展は、ともすれば耐水強度の面で脆弱な体質を助長し、同時に劣悪な環境を惹起させる。したがって、都市部においても適切な水管理を実施し、好ましい水量・水質制御を行う必要がある。筆者らは、既にこれらの問題に係って都市域雨水排除モデルの“NUMEROUS”を既に提案しているが¹⁾、ここでは、本モデルにより汚濁流出予測をすることに関連して若干の考察を行った。

2. “NUMEROUS”の概要

“NUMEROUS”(Nagasaki University Model for Estimating the Rates Of Urban Stormwater)は、強雨時における都市域の複雑な洪水流を表現しようとした数値シミュレーション・モデルであり、都市域の雨水排除計画に資する目的で作成された。そのため、本モデルでは、河道流や開渠、暗渠の下水道流とともに、堤内地における氾濫流を同時にシミュレートすることができ、相互の流れの影響を評価することが可能である。すなわち、前二者の流れでは1次元解析法による連続方程式(1)ならびに運動方程式(2)が解かれるのに対して、後者の流れでは2次元解析法による連続方程式(3)ならびに運動方程式(4)が解かれる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1) \quad \frac{\eta}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \alpha \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (h \cdot \cos \theta) - \sin \theta + \frac{\tau_b}{\rho \cdot g \cdot R} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M_\nu}{\partial x_\nu} = r - i \quad (\nu = 1, 2) \quad (3) \quad \frac{\partial M_\mu}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_\nu} \left(\frac{M_\mu \cdot M_\nu}{h} \right) = -g \cdot h \cdot \frac{\partial H}{\partial x_\mu} - \frac{\tau_{\mu b}}{\rho} \quad (\mu, \nu = 1, 2) \quad (4)$$

ここに、両者の流れが接するところでは次式により越流量が算定される。

$$Q_{\mu, \nu} = s i g n(\Delta h) \cdot C_{D, \nu} \cdot A_{\mu, \nu} \sqrt{2 \cdot g \cdot |\Delta h|} \quad (5)$$

なお、式中の $A_{\mu, \nu}$ は、暗渠システムにあってはマンホールや枝管の取付孔より評価される水平面面積であり、開渠システムにあっては次式により計算される。

$$A_{\mu, \nu} = \begin{cases} \sum l_i \cdot \Delta h & ; \Delta h \leq B/2 \\ \sum B \cdot l_i / 2 & ; \Delta h > B/2 \end{cases} \quad (6)$$

本モデルを用いれば、浸水域においても下水道流の見積りが合理的になされる²⁾。

3. “NUMEROUS”の汚濁流出予測への適用

都市域の水量・水質制御を適切に行うためには、河道流、下水道流、氾濫流の相互の影響を評価しなければならない。前節では、水量制御に係って“NUMEROUS”の概要が述べられた。本モデルにおける氾濫流の基礎方程式(3)より分かるように、各2次元格子で降雨による流入と下水道システムへの流出(下水道からの溢水では符号が負になる)が考慮されているため、計算対象範囲内の降雨は氾濫流とともに下水道に流れ込むことになる。

最近、各種の河川環境整備事業が進められ、水辺を潤いとやすらぎの場にしようとの試みが各地でなされている。この種の目的を達成するためには多方面からの検討を要するが、その一つは水質を良好に保つことであろう。今後益々水質制御の重要性が増すことを考えれば、都市域の水路システムを考慮した合理的な水質予測手法の確立が望まれる。実際、この種の試みは各所でなされ始めているが³⁾、“NUMEROUS”に

汚濁流出予測モデルの機能を持たせることは、プログラムの性格上容易である。すなわち、雨水排水路システムを取り上げた場合には、非点源の汚濁物質を掃流強度との関連で評価すればよいし、下水道による汚濁流送の過程は、前述された基礎方程式に以下の物質保存式を加えることにより説明される。

$$\frac{\partial (C \cdot A)}{\partial t} + \frac{\partial (C \cdot Q)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \cdot \varepsilon_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) + q_c \quad (7)$$

4. 適用例

前節で述べられた汚濁流出予測の計算を行うために、図-1に示された雨水排水システムを取り上げた。本計算対象領域は4つの排水分区から成り、第一系統のものが最も広範囲に及んでいる。前述されたように、非点源の汚濁物質の現存量については更に検討せねばならないが、ここでは雨水流により洗い出される物質を想定し、その濃度が時間の経過とともに指数関数的に減少するケースを取り上げた。すなわち、マンホールならびに取付管からの流入汚濁物質の濃度が、 $C_{in} = C_0 \exp(-at)$ により与えられるものと仮定して計算を行った。このときの、流入汚濁物質濃度、第一排水系統における第1節点での横流入量ならびに同じ個所の汚濁負荷量の時間的変化を示せば図-2のようである。図-3は第一排水系統の幹線における上流側と下流側との汚濁ハイドログラフを示しており、その流下に伴う時間遅れを知ることができるとともに、受水域の水質に及ぼす影響を評価することができる。

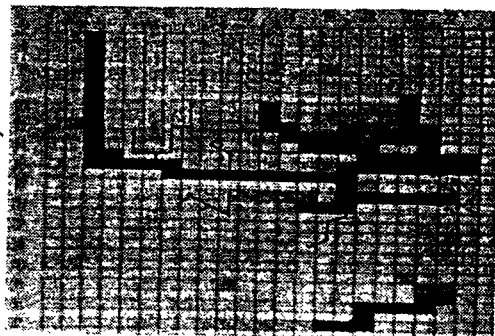


図-1 水深分布と雨水排水系統

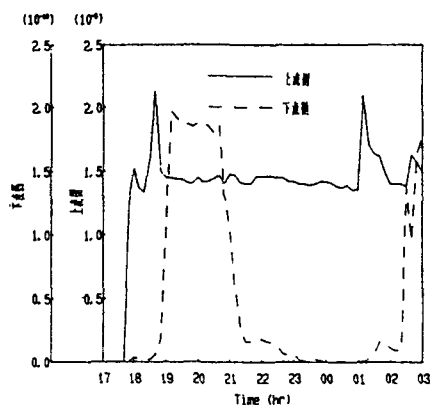
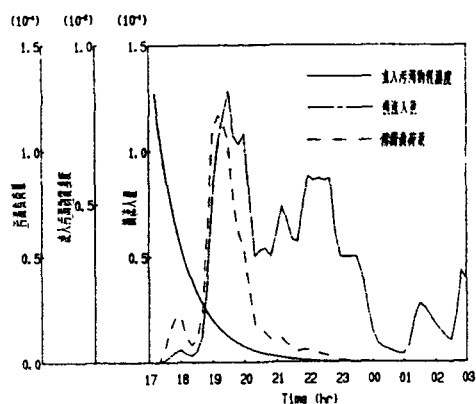


図-2 流入汚濁物質濃度・横流入量・汚濁負荷量の時間的変化 図-3 汚濁ハイドログラフ

あとがき

快適な住環境を整備していくためには、水環境を好ましい状態にする必要があり、好ましい水量・水質制御に基づく水管理が重要である。本論では、都市域雨水排除モデルの“NUMEROUS”が汚濁流出予測に対しても有効であることを示した。

(参考文献)

- 1) S. Takanishi, M. Noguchi & T. Nakamura : Simulation of Urban Stormwater by “NUMEROUS”, Proc. 24 IAHR Congress Madrid, A-99-108, 1991
- 2) M. Noguchi, T. Nakamura, S. Takanishi & T. Nakashima : Estimation of Sewer Flows Under Inundated Conditions, Int. Sym. on Urban Stormwater Management, Sydney, 1992
- 3) 和田彦彦・三浦浩之 : 都市化した中小河川の水質に及ぼす下水道等整備効果のモデル解析、土木学会論文集 No. 429/II-15, pp. 97-105, 1991