

市街地の地表面氾濫解析モデル

愛媛大学大学院 学生員○友近榮治

愛媛大学大学院 学生員 萩原雅貴

(株)荒谷建設コンサルタント 正会員 重田尚秀

愛媛大学大学院 正会員 渡邊政広

1. はじめに

近年、各地の都市下水道流域で、豪雨時、地表面氾濫流れが発生し、甚大な水害が多発するようになってきている。このため、都市流出の研究分野では、これら災害を軽減・防止するためにも、市街地の地表面氾濫流れを精度高くかつ実用的に解析できる解析モデル¹⁾の開発が進められてきている。

本報告では、市街地の地表面氾濫流れは、両サイドに貯留域をもつ街路・道路上の一次元流れを主体として記述することができるとする市街地の地表面氾濫流解析モデルの適用性について数値実験的に検討した結果を述べる。

2. 市街地地表面氾濫流解析モデルと流れの基礎式

市街地の地表面氾濫流解析モデル

市街地の地表面氾濫流れは、図-1に示すように、両サイドに貯留域をもつ街路・道路上を流下・伝播する地表面一次元流れを主体に記述できると考える。

流れの基礎式

両サイドに貯留域をもつ道路面上の地表面流は、次の連続の式および運動方程式により記述できる。ここに、運動方程式において、場所的加速度項 $V(\partial V/\partial x)$ は省略されている。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{B}{B+B'} h \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{B}{B+B'} V \frac{\partial h}{\partial x} = r_e + \frac{q}{B+B'} \quad (1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \left(1 + \frac{V^2}{gh} - \frac{V^2}{gh} \cdot \frac{B}{B+B'} \right) \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{R^{4/3}} + \frac{V}{gh} \left(r_e + \frac{q}{B+B'} \right) = 0 \quad (2)$$

ここに、 h ：水深、 V ：流水域の断面平均流速、 B ：流水域の水面幅、 B' ：貯留域の水面幅、 R ：径深、 S_0 ：道路（縦断）勾配、 n ：マンニングの粗度係数、 r_e ：有効降雨強度、 q ：単位長さ当たりの横流入流量、 g ：重力加速度、 x ：距離、 t ：時間、である。

数値計算式

式 (1), (2) の数値解析には、特性曲線法を用いる。特性曲線式および特性方程式は、それぞれ、式 (3) および式 (4) のように表わされる。ここに、簡単のため、 $r_e = 0$ 、 $q = 0$ としている。

$$\frac{dx}{dt} = V \pm \alpha^{\mp} \cdot c \quad : \quad \Psi^{\pm} \quad (3)$$

$$\frac{1}{g} \frac{dV}{dt} \pm \frac{\beta^{\pm}}{c} \frac{dh}{dt} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{R^{4/3}} = 0 \quad (4)$$

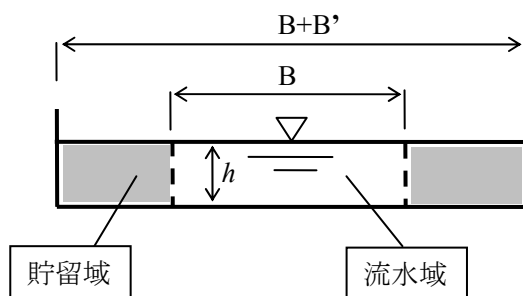


図-1 貯留域をもつ道路面上の一次元流れ

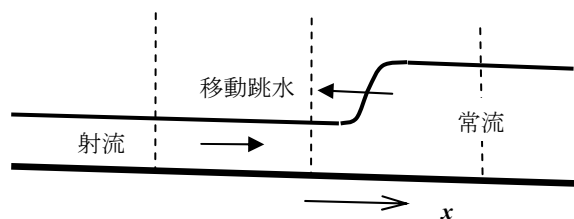


図-2 道路面上を上流へと伝播する移動跳水

$$; \alpha^{\mp} = \sqrt{\frac{B}{B+B'} \left\{ 1 + \frac{V^2}{c^2} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{B}{B+B'} \right) \right\}} \mp \left(1 - \frac{1}{2} \frac{B}{B+B'} \right) \frac{V}{c} \quad (5)$$

$$; \beta^{\pm} = \frac{1}{2} \frac{V}{c} \pm \sqrt{\frac{B+B'}{B} \left\{ 1 + \frac{V^2}{c^2} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{B}{B+B'} \right) \right\}} \quad (6)$$

$$; c = \sqrt{gh} \quad (7)$$

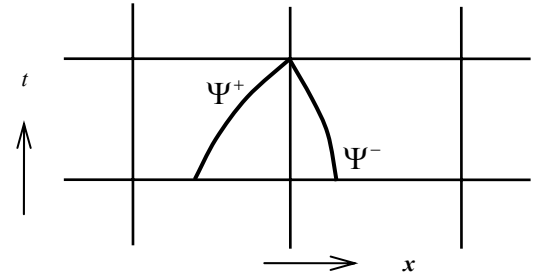


図-3 $x \sim t$ 平面上の特性曲線

図-2、図-3 および式 (3)、式 (5) から明らかなように、本解析モデルでは、特性曲線 Ψ^- は常に下流から上流方向へと向かって進んでいるため、たとえ流れが射流であっても、微小擾乱は下流から上流へと伝播し、移動跳水などを、特別な数値計算上の工夫を必要とすることなく、追跡計算することが可能である。

3. モデルの適用性に関する数値実験的検討

長さ 1 km、幅 10 m、貯留域幅 10 m、勾配 1/1 000、粗度係数 $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ の道路上を洪水が流下する流出シミュレーションを行い、これらシミュレーション結果を、従来の貯留域をもたない道路面上の流れ（粗度係数は $0.070 \text{ s/m}^{1/3}$ ）とした流出シミュレーション結果と対比したものを、図-4～図-6 に示す。

図-4、図-5 より、本モデルによりシミュレートされた、貯留域をもつ道路面上を洪水が流下する様子は、貯留域をもたない道路面上を全面（全幅）にわたって洪水が流下する様子とほぼ一致していることが分かる。ただし、図-6 から明らかなように、流れの流速は、流水断面積の違いと同じオーダーだけの、すなわち 2 倍程度の違いが見られる。

4. おわりに

本報告では、市街地の地表面氾濫流解析モデルを提示するとともにその適用性について数値実験的に検討を進めた。その結果、本モデルを実用しえるであろう見通しが得られた。

参考文献

- 1) 井上和也：洪水氾濫解析モデル，京都大学防災研究所年報，第 48 号 A，pp. 1～13，2005 年。

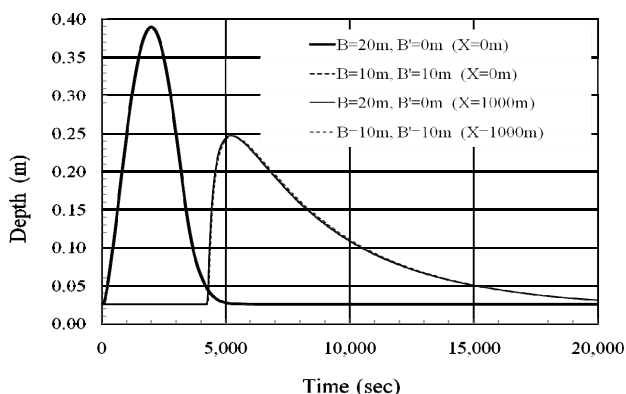


図-5 水深ハイドログラフの比較

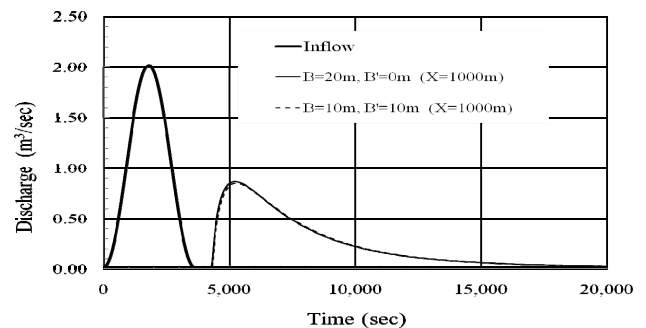


図-4 流量ハイドログラフの比較

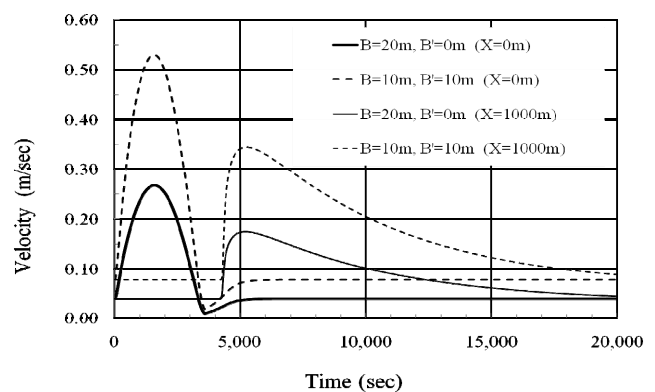


図-6 流速ハイドログラフの比較