

Diffusion Wave Model による地表面氾濫解析

愛媛大学大学院 学生員 ○萩原 雅貴
 南海測量設計(株) 正会員 友近 栄治
 (株)荒谷建設コンサルタント 正会員 重田 直秀
 愛媛大学大学院 正会員 渡邊 政広

1. はじめに

各地の市街地域で、近年、いわゆるゲリラ豪雨などにより、浸水氾濫災害が頻繁に発生するようになってきているが、この災害（被害）を軽減・防止するため、市街地の地表面氾濫流れを精度高くシミュレートできる地表面流出解析モデルの開発が進められてきている。こうした地表面流れの解析において、通常、流れは dynamic wave 流れとして取り扱われてきているが、この場合、解析精度は保障される半面、たとえば移動跳水を追跡計算するなどのため、数値解析上の幾つかの困難さを伴うとともに幾つもの特別の工夫を必要とすることが多い。本報告は、dynamic wave 流れの運動方程式における場所的加速度項を省略した運動方程式を用いることで、その困難さを乗り越えられるか、また解析精度の低下を引き起こすことはないか検討したものである。

2. 地表面氾濫流れ（Diffusion Wave 流れ）の基礎式とその数値計算法

2.1 Diffusion Wave 流れの基礎式

市街地の地表面氾濫流れが、次式 (1)、(2) により記述できるとする。ここに、議論を明確なものとするため、一次元流れを考えることとし、横流入出流れは省略している。また、こうした流れを、本来の diffusion wave 流れの基礎式をほぼ踏襲している流れであるという意味で、ここでは diffusion wave 流れと呼んでいる。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{y^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots (1), \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 V ：流速、 y ：水深、 A ：流水断面積、 Q ：流量、 n ：マンニングの粗度係数、 S_0 ：地表面こう配、 g ：重力加速度、 x ：距離、 t ：時間。

2.2 基礎式の数値計算法

特性曲線法を採用し、式 (1)、(2) を連立させて数値解析する。両式を特性曲線・特性方程式表示すると、次式が得られる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = V + \alpha^- \cdot c \quad : \text{特性曲線 } \Psi^+ \quad \dots\dots\dots (3) \\ \frac{1}{g} \frac{dV}{dt} + \frac{\alpha^+}{c} \frac{dy}{dt} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{y^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots (4) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = V - \alpha^+ \cdot c \quad : \text{特性曲線 } \Psi^- \quad \dots\dots\dots (5) \\ \frac{1}{g} \frac{dV}{dt} - \frac{\alpha^-}{c} \frac{dy}{dt} - S_0 + \frac{n^2 |V| V}{y^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots (6) \end{array} \right.$$

$$; \quad \alpha^\pm = \pm \frac{1}{2} \frac{V}{c} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{2} \frac{V}{c} \right)^2}, \quad c = \sqrt{g y} \quad \dots\dots (7)$$

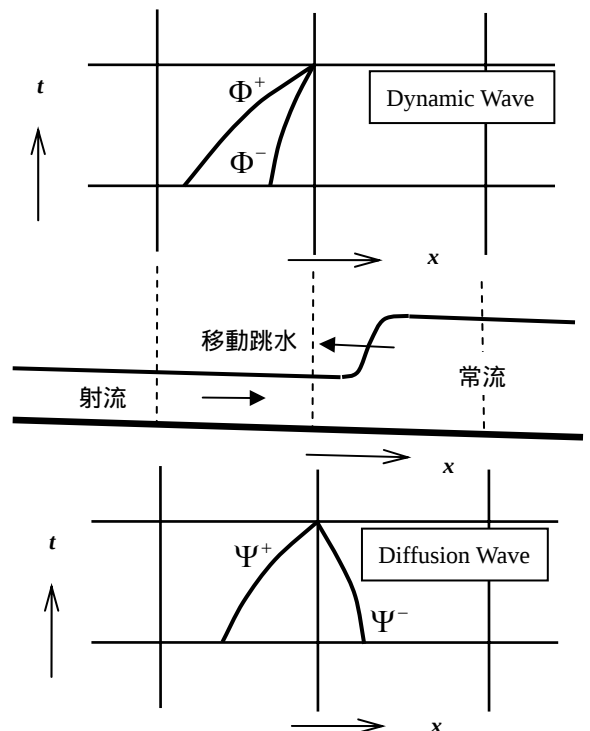


図-1 移動跳水と特性曲線

図-1 および式 (5), (7) より明らかなように, 特性曲線 Ψ^- の傾きは流れのいかんに関わらず常に負をとり, したがってこの diffusion wave 流れでは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することになる. これより, 移動跳水現象を数値解析上の特別の工夫をしなくても普通に追跡計算できることになる.

3. Diffusion Wave 流れの適用性に関する検討

実験水路 (図-2) での移動跳水流れに, 上述した diffusion wave 流れの基礎式とその数値計算法を適用し, それらの市街地地表面氾濫流れへの適用性について検討した. 実験水路は, 幅 15cm, 深さ 10~30cm の透明塩ビ製の矩形水路で, こう配は 27/1 000, 粗度係数は $0.0090\text{s/m}^{1/3}$ である. 初期の定常等流流れ (単位幅流量 $0.0236\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$, 等流水深 2.0cm, $F_r=2.64$) において, 下流端を急閉塞して移動跳水が上流へと伝播してゆく地表面氾濫流れを発生させ, 水深ハイドログラフおよび水面形について, 解析結果と実験結果を比較した (図-3).

4. おわりに

Diffusion Wave 流れとその数値解析法 (特性曲線法) の市街地地表面流れへの適用性について検討し, 実用上, 十分に適用可能であることが確かめられた.

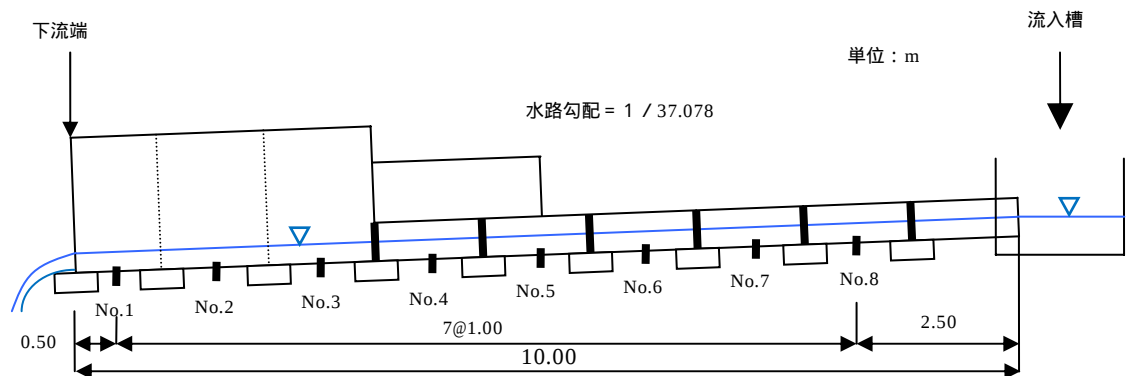


図-2 実験水路

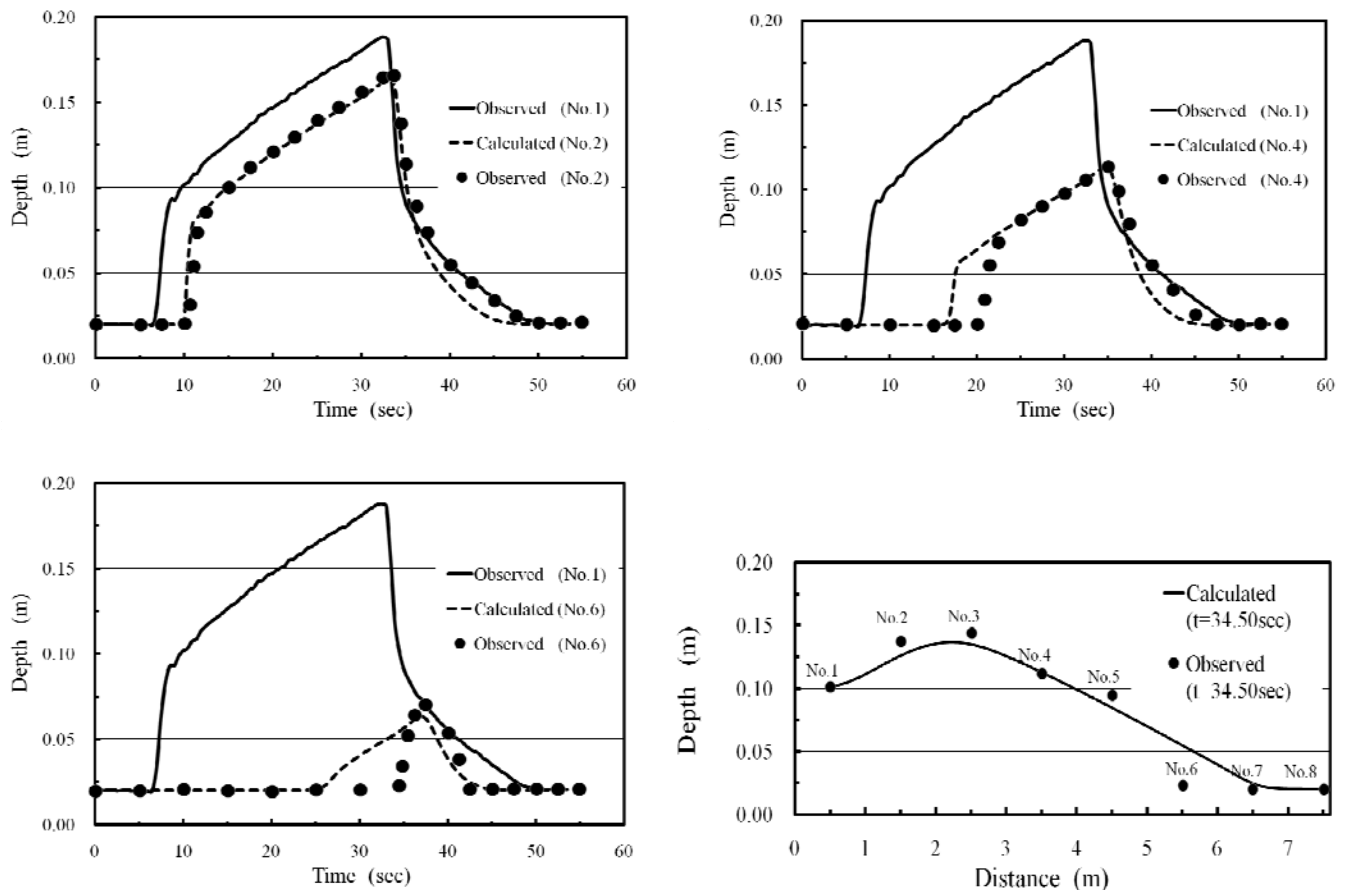


図-3 水深ハイドログラフと水面形 ($t=34.5\text{s}$) の実験結果と解析結果の比較