

低平地流出のモデル化に関する考察

名古屋大学 学生員 ○織田 重和

名古屋大学 学生員 M.S. イスラム・カン

名古屋大学 正員 高木 不折

ま え が き

低平地における流出解析法として、いくつかの手法が用いられているが、その多くは等価粗度の評価や、貯留量・流出量関係に基礎をおいた、いわゆる系の bulk としての性質を扱っている。その場合やでもすると、流域内部での水の実際の運動機構や、系内の種々の要素がどのように、系全体としての性格に反映するかは見逃されがちのようである。われわれは、とくにこの点に焦点を合わせ、かつ将来の低平地排水問題についての排水路計画にもつなげるよう、流域内部の地形的要素、降雨要素そして流域内部での水の流動特性を解析することによって、流域系全体としての特性を検討している。ここでは、この研究の方向と今日までに得られた結果の一部、とくに低平地地域での流出特性について報告する。

基礎式 いま、図-1のような Field-channel を一体とした単一流出系を考える。この Field について、連続式、運動方程式を示すと、

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = r \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = g(i - \frac{\partial h}{\partial x}) - g \frac{m^2 u^2}{h^{4/3}} \quad (2)$$

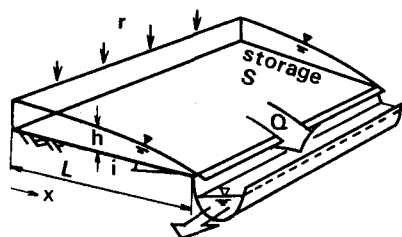


図-1 流出モデル

となる。ここに、 h : 水深、 u : 流速、 i : 勾配、 m : 粗度

g : 重力、 r : 有効降雨である。いま、ある基準の距離、流速、時間、水深、降雨強度、 x_* 、 u_* 、 t_* 、 h_* 、 r_* を用いて、

$$x = X \cdot x_* \quad u = U \cdot u_* \quad t = T \cdot t_* \quad h = H \cdot h_* \quad r = R \cdot r_* \quad (3)$$

$$\text{と記し、さらに、} (t_* \cdot r_*)/h_* = 1 \quad (4) \quad (g m^2 x_*)/h_*^{4/3} = 1 \quad (5)$$

となるようなシステムを選べば、①②式は無次元量 X 、 T 、 U 、 R によって

$$\frac{\partial H}{\partial T} + \frac{\partial(UH)}{\partial X} = R \quad (6)$$

$$\frac{\partial U}{\partial T} + U \frac{\partial U}{\partial X} = \xi - \varepsilon \frac{\partial H}{\partial X} - \frac{U^2}{H^{4/3}} \quad (7)$$

と書きかえられる。ここで、パラメーター ε 、 ξ は

$$\varepsilon = (g^{13/4} \cdot m^{9/2} \cdot x_*^{1/4})/r_*^2, \quad \xi = (g^{5/2} \cdot m^3 \cdot x_*^{1/2} \cdot i)/r_*^2$$

である。なお、計算にあたっては、 x_* の代表値として L を与えた。

初期条件および境界条件

$$\text{初期} \quad T = 0 : \quad U = H = 0$$

$$\text{境界} \quad X = 0 : \quad U = \partial H / \partial X = 0 \quad X = L : \quad U = \sqrt{\varepsilon \cdot H}$$

計算は Two-step Lax-wendroff 法により、安定。
収束条件は $(\Delta T \Delta x)(|U| + \epsilon H^{\frac{1}{2}}) \leq 1$ を用いた。

水平な Field 図-2 は水平勾配 Field の場合、一定の無次元降雨 R が続いた場合の無次元ハイドログラフ $Q(T)$ の上昇部を示したものである。これを実時間、実際のハイドログラフに変換するのはきわめて容易である。

図-3 は無次元の貯留量～流出量関係 ($S \sim Q$) を ϵ をパラメーターとして示したものである。水位上昇時と下降時では若干の差違があるが、グラフから

$$S = C Q^{0.5} / \epsilon^m$$

の関係があることがわかる。ここで、ほぼ $C \approx 1$ 、 $m = 0.233$ と推定される。なお、これを実際の貯留量 S_r と流量 Q_r に変換すると、降雨強度に関係なく

$$S_r = K Q_r^{0.5} \quad , \quad K = m^{0.45} L^{1.19}$$

となり、流量の 0.5 乗に比例することがわかる。

Field が勾配 i をもつとき 図-4 にハイドログラフを、図-5 に $S \sim Q$ 関係を示す。ハイドログラフの様子より水平勾配の場合に比し、定常状態に達するまでの時間が短くなるようすが見られよう。貯留量～流出量関係は $i = 10^{-4}$ の場合には水平 Field の場合より上昇部、下降部の差は小さくなっているが、勾配が大きくなるにしたがって、その差は大きく、かなりぼつぼつとした loop をえがくようになっていくことがわかる。また、この関係を示す線の勾配も水平の場合とはかなり異なっている。

まとめ ここでは、Field の場合についてのみ触れたが、channel の場合、両者を合わせた系とした場合については講演時に触れる。こうした流域内の各要素と流出現象との係わりを検討することによって、低平地排水計画の基礎的基準を求めるべく努めている。

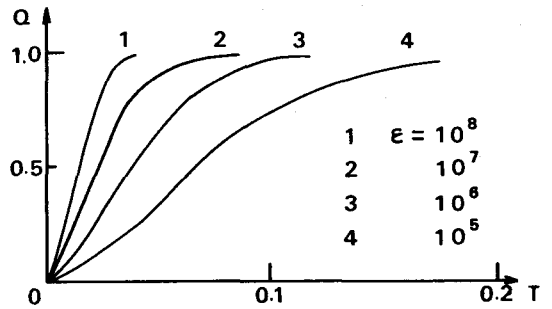


図-2 ハイドログラフ

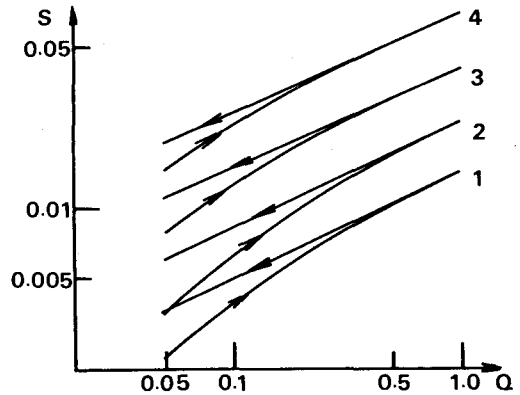


図-3 貯留量～流出量関係

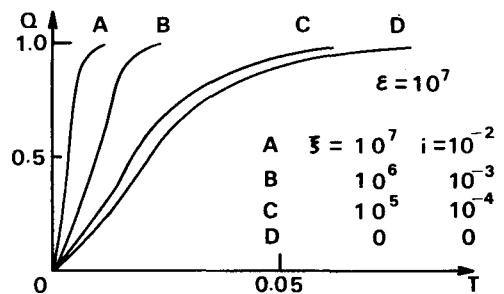


図-4 ハイドログラフ

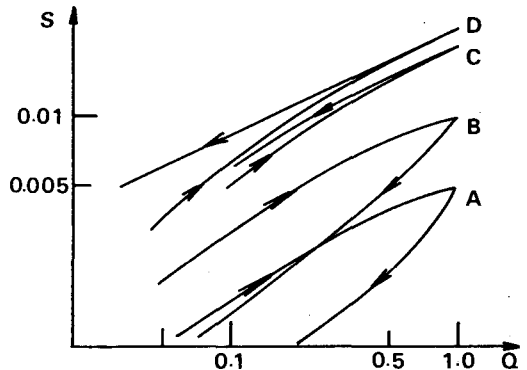


図-5 貯留量～流出量関係