

II-29 不飽和浸透としての斜面流れに関する研究

北海道大学工学部 正員 山田 正
 鹿島建設(株) 正員 山脇健治
 水資源開発公団 正員 嶋田啓一

1. 緒言 本研究では不飽和浸透としての斜面流れに関する新しい流出モデルを提案した。

2. 本研究で新たに提案する降雨-流出モデル

2.1 基礎式の導出 流出を小河道近傍の湿润領域からの浸透流と考えKinematic Wave法により式(2.1)を、流速式として式(2.2)の抵抗則を、浸透流の流出高 $q_*(t)$ に式(2.3)の近似を用いると、流出の基礎式として式(2.4)を得る¹⁾。

$$\frac{\partial(\lambda h)}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r(t) \quad \dots(2.1) \quad v = \frac{1}{n} h^m i^p \quad \dots(2.2)$$

$$q(x, t) = x q_*(t) \quad \dots(2.3)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{\lambda} (m+1) \alpha^{\frac{1}{m+1}} \frac{1}{q^{\frac{m}{m+1}}} (r(t) - \frac{\partial q}{\partial x}) \quad \alpha = \frac{1}{n} i^p, m: \text{定数(指数)} \quad \dots(2.4)$$

2.2 等価粗度係数の決定 従来、降雨流出のシミュレーションにおいては実測のハイドログラフに合うように等価粗度係数が決められているが、本研究では浸透流に対しての等価粗度係数 n に関して新しい提案を以下に行う。Manning則は表面流に対する経験式でありDarcy則は浸透流に対する式であることを考え、式(2.2)の $p=1$ を浸透流に対する抵抗則と考えると、

$$v = \frac{1}{n} h^m i \quad \dots(2.5)$$

ここで式(2.5)の等価粗度係数 n は従来のManning則における粗度係数 n とは異なるもので、浸透流れに対する抵抗を考えるものであり、新しい意味での等価粗度係数である。不飽和土における連続の式²⁾は土層断面平均飽和度 S 、表層土層厚 d とすると、

$$\lambda d \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r(t) \quad \dots(2.6)$$

式(2.1)と式(2.6)は、等価な式であることより

$$h = S d \quad \dots(2.7) \quad \text{また、透水係数については経験式として}$$

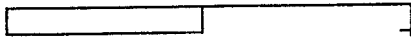
$$k = k_s S^N, \quad k_s: \text{飽和透水係数}, N: \text{定数} \quad \dots(2.8)$$

が使用されることが多い。ここに以上の式(2.5)、(2.6)、(2.7)、(2.8)より等価粗度係数と土の性質を表す諸量の間に

$$n = \frac{1}{k_s} d^m \quad \dots(2.9)$$

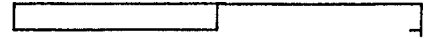
の関係が導かれる。式(2.9)で注目すべきことは等価粗度係数 n が、流域の土壌構成および土壌特性を示す表層土層厚と飽和透水係数によって決定づけられるようになったことである。

2.3 室内実験との比較 著者らの行った室内実験³⁾⁴⁾では飽和に達した砂層内は以下の状況で流出が起きた。つまり飽和透水係数 0.00027m/s 、砂層厚 0.16m 、間隙率 0.44 、傾き 3° 飽和状態(=指数 $m=0$)、降雨形態 25mm/hr の矩形降雨、降雨時間 2.58hr である。いま、基礎式(2.4)を上記の条件でシミュレートしてみると以下の結果(図2.1～図2.6)となり、図2.3に見るようにハイドログラフと理論解を適合させるには、飽和透水係数 k_s を100倍程度しなければならないことがわかった。



$$T_r = 2.58 \text{ hr}$$

$$R = 25 \text{ mm/hr}$$



$$T_r = 2.58 \text{ hr}$$

$$R = 25 \text{ mm/hr}$$



図2.1 $m=0$, $k_s=0.00027(\text{m/s})$

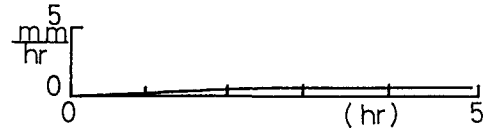
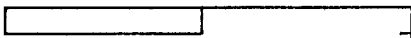
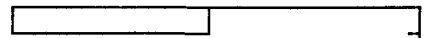


図2.4 $m=4$, $k_s=0.00027(\text{m/s})$



$$T_r = 2.58 \text{ hr}$$

$$R = 25 \text{ mm/hr}$$



$$T_r = 2.58 \text{ hr}$$

$$R = 25 \text{ mm/hr}$$

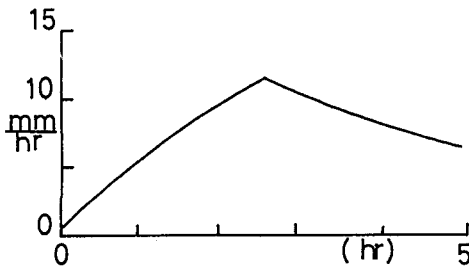


図2.2 $m=0$, $k_s=0.0027(\text{m/s})$

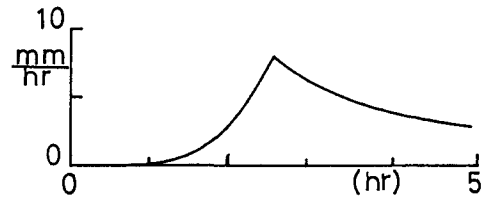


図2.5 $m=4$, $k_s=0.0027(\text{m/s})$

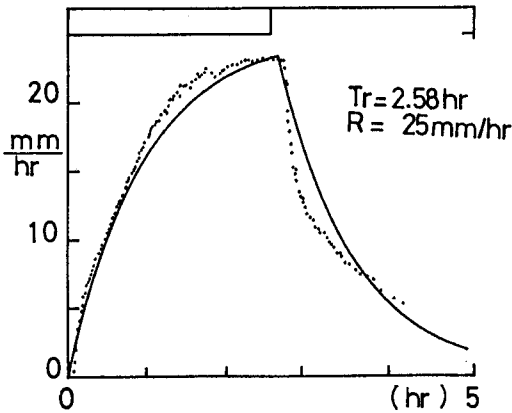


図2.3 $m=0$, $k_s=0.027(\text{m/s})$ (点線は実測値)

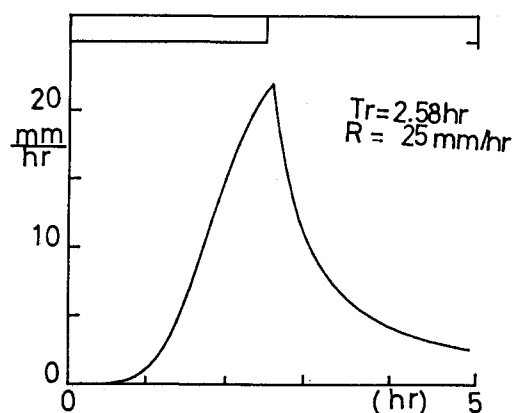


図2.6 $m=4$, $k_s=0.027(\text{m/s})$

謝辞：本研究は文部省科学研究費、重点領域研究(1)および一般研究 C（代表 山田 正）の補助のもとにこなわれている。ここに記して深甚なる謝意を表す。

参考文献：(1)嶋田・山田・藤田、第33回水理講演会論文集、1989。(2)窪田順平、山地源流域の流出形成機構に関する研究、京都大学農学部学位論文、1987。(3)山田・日野・藤田、第26回水理講演会論文集、1982。(4)山田、東京工業大学工学部学位論文、1981。(5)山田・山脇・洪・嶋田、土木学会北海道支部論文報告集、第45号、1989。