

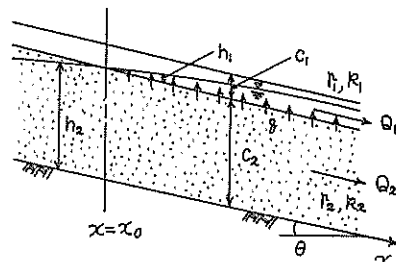
流量減衰部の特性について

広島大学工学部 正員 工博 金丸昭治

〃 〃 工修 三島隆明

広島大学大学院 学生員 ○ 佐々木祐三

雨水の流出現象のうち流量減衰部は、一般に表面流出、中間流出および地下水流出の三段に変化するものと考えられているが、その機構はいまだ明確にされていない。従来このような流出機構の研究においては、その生起する場として均質な単一層よりなる場が仮定されていることは周知の通りである。ところが、一般に流出の場は、このような単一層とはみなしえないし、現象自体も単一層では十分に説明できない。そこで、この研究においては、流出の場として比較的透水性の大きい上層と、透水性の小さい下層によって構成された二層よりなる斜面を考え、さらに、各層内の流れはDarcy則に従うものと考えて、流出過程、とくに中間流出時について検討した。いま斜面として、下図に示すような二層を考える。ここに、 C_1 : 上層厚、 k_1 : 上層の透水係数、 n_1 : 上層の空隙率、 h_1 : 上層底面の圧力水頭、 Q_1 : 上層からの単位幅流出量、 C_2 : 下層厚、 k_2 : 下層の透水係数、 n_2 : 下層の空隙率、 h_2 : 下層底面の圧力水頭、 Q_2 : 下層からの単位幅流出量、 ϕ : 下層から上層への単位面積当り浸出量、また斜面の下流方向に x 軸を取り、浸出の発生する点を x_0 とし、斜面こう配を θ とする。このような二層からの流出



成分のうち表面上を流れる成分が表面流出成分であり、上層内を流下する流れが中間流出成分である。また、下層内を流下する流れが地下水流出成分になる。このように考えると、表面流出成分については、従来おこなわれている単一層からの浸出を取り扱った表面流の解析法によって計算すればよい。ところが、近年問題になっている表面流出終了時以後の流れは、少なくとも以下に述べるような二層からの流出にもとづくものと考え方がより合理的、かつ実地的である。そこで、まず基礎方程式から検討してみよう。層内の流れはすべてDarcy則に従い、下層から上層への浸出は境界面における圧力差に比例するものと考えれば、上層および下層における連続方程式および運動方程式は、

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1 \cos \theta \frac{\partial h_1}{\partial t} + \frac{\partial Q_1}{\partial x} = \phi \cos \theta \end{array} \right. \quad \text{----- (1)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = k_1 h_1 \cos (\alpha \sin \theta - \frac{\partial h_1}{\partial x}) \end{array} \right. \quad \text{----- (2)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Q_2}{\partial x} = -\phi \cos \theta \end{array} \right. \quad \text{----- (3)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_2 = k_2 C_2 \cos \theta (\alpha \sin \theta - \frac{\partial h_2}{\partial x}) \end{array} \right. \quad \text{----- (4)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi = \alpha_1 (h_2 - C_2 - h_1) \end{array} \right. \quad \text{----- (5)}$$

となる。ここに、 α_1 は k_1 、 k_2 および C_2 によってきまる定数である。ところが、一般に、 $h_1 \ll h_2$ であ

と思われるので、一般(5)式における h_1 の影響を無視し、その影響を α'_1 に含めることにすると、(5)式は、

$$q = \alpha'_1 (h_2 - C_2) \text{ ----- (6)}$$

となる。まず、(3)、(4)および(6)式を用いて下層について解き、境界条件として $x=x_0$; $h_2=C_2$ を入
れると、下層底面の圧力水頭 h_2 、下層からの単位幅流量 Q_2 および下層から上層への単位面積当り浸出
量は、それぞれ、

$$h_2 = \alpha_2 \left\{ e^{\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} - e^{-\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} \right\} + C_2 \text{ ----- (7)}$$

$$Q_2 = k_2 C_2 \cos \theta \left[\sin \theta - \frac{d_2}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} \left\{ e^{\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} + e^{-\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} \right\} \right] \text{ --- (8)}$$

$$q = \alpha'_1 \alpha_2 \left\{ e^{\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} - e^{-\frac{1}{\sqrt{k_2 C_2 / d_1}} (x-x_0)} \right\} \text{ ----- (9)}$$

となる。ここに、 α_2 は定数である。次に上層については、(1)、(2)および(9)式を用いて解くが、一般
に、 $\sin \theta \gg \frac{\partial h_2}{\partial x}$ であると考えられるから $\frac{\partial h_2}{\partial x}$ の影響を無視して特性曲線法で解き、特性曲線の出発
点を時間原点に取り、 $\xi = x - (k_1 \sin \theta t) / h_1$ を満足するように ξ を取って、さらに各係数を簡素化す
ると、上層の単位幅流量 Q_1 は、

$$Q_1 = k_1 \sin \theta \cos \theta \left[h_1(0, \xi) + \alpha_3 \left\{ e^{\frac{1}{\alpha_4} (x-\xi_1)} \left\{ e^{-\frac{t}{\alpha_5}} - e^{-\frac{t}{\alpha_6}} \right\} \right. \right. \\ \left. \left. - e^{-\frac{1}{\alpha_4} (x-\xi_1)} \left\{ e^{\frac{t}{\alpha_5}} - e^{\frac{t}{\alpha_6}} \right\} \right\} \right] \text{ --- (10)}$$

となる。ここに、 α_3 、 α_4 、 α_5 および α_6 は定数であり、 $h_1(0, \xi)$ は特性曲線の出発点における h_1 を表わ
す。また、 ξ_1 は $t=0$ において、中間流出の始まる位置である。これを x_0 に取れば、この x_0 するわう ξ_1
は単一層からの定常流出に関する既往の研究¹⁾によって求めることができる。

以上の考察の結果より、中間流出は(8)式と(10)式との和で表わされ、地下水流出は(8)式で表わされる
ことになるが、ここでは、中間流出成分を表わす(10)式について、さらに詳しく考究してみる。一般に
一流域については、斜面長は一定と考えられるから(10)式の x を固定すると、一般に、

$$Q_1 = f(\alpha_7 + \alpha_8 t) + \sum_{i=1}^2 (\alpha_{9i} e^{-\alpha_{10i} t} + \alpha_{11i} e^{\alpha_{12i} t}) \text{ ----- (11)}$$

と表わされる。ここに、 α_7 、 α_8 、 α_{9i} 、 α_{10i} 、 α_{11i} および α_{12i} は定数である。中間流出成分を表わす(11)式
からわかるように、流出成分を構成する要素のうち、 $\alpha_7 + \alpha_8 t$ で表わされる要素が含まれており、
この函数 $f(\alpha_7 + \alpha_8 t)$ は必ずしも指数函数では表わし得ないものである。したがって、流量減衰部の時
間的変化は、従来から提案されている指数函数のみの複合の型では不十分であることが指摘できる。
なお、函数型あるいは係数の実際計算例については講演時に述べる予定である。

参考文献

- 1) 金丸昭治・星健三：山腹斜面からの雨水流出に関する一考察，広島大学工学部報告書，オ15巻，
オ2冊，1967.