

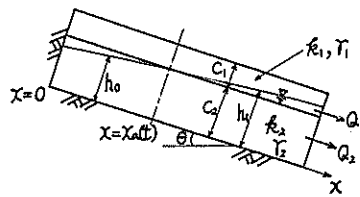
広島大学工学部 正員 工博 金丸 昭治

〃 〃 工修 三島 隆明

広島大学大学院 学員 ○ 堀玉 一夫

流域からの雨水流出現象のうち、表面流出については米水解析として従来多くの研究がなされ、定性的、定量的にほぼ明らかにされているが、中間流出および地下水流出に関する研究においてははまだ定性的な段階にあり、とくに中間流出については一般に軽視されがちである。しかし、この中間流出は短期的な利水資源として、また地下水の涵養源として重要な役割を演じているものと考えられる。したがって、有効な利水計画を立案するためには、まずこの中間流出時の流出機構を明らかにする必要がある。

このような観点から、既に発表したように、右図に示すような比較的透水性の大きい上層と、透水性の小さい下層との二層によって構成された斜面を考え、この斜面からの流出全般について究明中であるが、ここではとくに中間流出時、すなわち雨水が両層中を流動する期間における現象



について検討した結果を述べる。まず、図中に示す記号は、 Q_1 : 上層内単位幅流量、 Q_2 : 下層内単位幅流量、 r_1 : 上層の透水係数、 r_2 : 下層の透水係数、 C_1 : 上層の層厚、 C_2 : 下層の層厚、 γ_1 : 上層の有効空隙率、 γ_2 : 下層の有効空隙率、 h_0 : 斜面に垂直に測った水深(下層のみに水面がある場合)、 h_1 : 斜面に垂直に測った水深(上層に水面がある場合)、 θ : 斜面勾配、 x : 斜面方向にとった距離、 $x_0(t)$: 浸出点の位置、 $x_0(t)$: 水面の始まる位置をそれぞれ表わすものとする。この斜面各層の空隙率は一定と考えて、中間流出時における斜面の単位幅流量 Q と単位幅貯留量 S との関係を求めると、

$$Q = -\frac{\partial S}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \left\{ r_1 \int_{x_0(t)}^{x_0(t)} h_0 \cdot dx + r_1 \left((h_1 - C_2) \cdot dx + r_2 C_2 (x - x_0(t)) \right) \right\}$$

$$= - \left\{ r_1 \frac{\partial h_0}{\partial t} \cdot dx + r_1 \left(\frac{\partial h_1}{\partial t} \cdot dx \right) \right\} \quad \text{--- (1)}$$

と表わされる。ここに $x_0(t)$ は $0 \leq t < t_0$ では 0 となり、 $t_0 \leq t$ では時間の関数となる。ただし、 t_0 は $x = 0$ で $h_0 = 0$ となる時間である。この式は浸出点 $x_0(t)$ における連続の条件を含んでおり、以下に述べる各層の流動式に含まれる任意定数はこの式を満足するように決める必要がある。つぎにその流動式を求めるが、各層の透水係数は一定であり、流動は Darcy 則にしたがうものとするれば、浸出点の上流側の運動方程式および連続方程式は、

$$\begin{cases} Q'_1 = r_1 h_0 (\sin \theta - \cos \theta \frac{\partial h_0}{\partial x}) \end{cases} \quad \text{--- (2)}$$

$$\begin{cases} r_1 \frac{\partial h_0}{\partial t} + \frac{\partial Q'_1}{\partial x} = 0 \end{cases} \quad \text{--- (3)}$$

となり、また下流側については、

$$\begin{cases} Q_1 = f_1(h_1 - C_2 X \sin \theta - \cos \theta \frac{\partial h_1}{\partial X}), Q_2 = f_2(C_2 X \sin \theta - \cos \theta \frac{\partial h_2}{\partial X}) \quad \text{--- (4)} \\ \gamma_1 \frac{\partial h_1}{\partial t} + \frac{\partial (Q_1 + Q_2)}{\partial X} = 0 \quad \text{--- (5)} \end{cases}$$

となる。上記の二組の式を変数変換して解くといずれも熱伝導型の方程式となり、さらに境界条件および初期条件を入れてこれらの式を解くと、水深の一般式は、

$$h_1 \text{ or } h_2 = A_1 + \frac{1}{A_2(t+A_3)} \{ A_4(X-A_5t)^2 + A_6(X-A_5t) + A_7 \} \quad \text{--- (6)}$$

となる。またこの(6)式に境界条件 $X = X_a(t)$ で $h_1 = C_2$ および $X = X_a(t)$ で $h_2 = 0$ を代入して $X_a(t)$ および $X_a(t)$ を求めると、その一般式は、

$$X_a(t) = B_1t + B_2 + B_3\sqrt{t+B_4}, \quad X_b(t) = D_1t + D_2 \quad \text{--- (7)}$$

となる。したがって(6)、(7)式を(5)式に代入して単位橋流量 Q の一般式を求めると、

$$Q = E_1t + E_2 + \frac{E_3 + E_4t}{t + E_5} + E_6\sqrt{t + E_7} + \frac{(E_8t + E_9)(E_{10}t + E_{11})}{(t + E_5)^2} \quad \text{--- (8)}$$

となる。この流量の一般式を基本にして実測流量記録について検討した結果、 Q は一般に

$$Q = F_1t + F_2 + \frac{F_3}{t + F_4} + \frac{F_5}{(t + F_4)^2} \quad \text{--- (9)}$$

と表わしたものが最も適合度が良いようである。

この(9)式は(8)式を簡略化した式になっており、流域によってはさらに簡略化した式で近似できる。つぎに検討例を挙げるが、右図は中国地方の一河川である吉井川水系の流域面積が490km²である一流域からの流出記録と(9)式を用いて表わされる曲線とを比較したものである。図に見るように両者はかなり良く一致しており、中間流出時の流出は(9)式で表現できるものと考えてもよからう。このように流出が表現されるとすれば、(9)式の中の係数が流域の特性あるいは水文要素と密接な関係を持っているはずであり、流域の評価としてはこれらの係数のうち主要なものを単独で、あるいはそれらの複合された係数を評価することによって数

量的に把握することが可能となろう。現在のところ蒐集された資料が不足しており、具体的な評価を行っていないが、今後資料を整えてこの方面の研究を進めていく予定である。また水面の移動を表す $X_a(t)$ も流域の特性を表わし得るものと考えられるので、合わせて研究してみたいと考えている。

