

II-39

雨水浸透量の計算モデルと流出解析への適用

京都大学 防災研究所

岡 太郎

1. はじめに kinematic 流出モデルを用いて流出解析を行う場合、直接流出成分(有効雨量)の算出が必要である。ここでは、直接流出成分算出の基礎となる雨水浸透量の計算モデルを提示するとともに、それを住宅地の流出解析に適用した結果を報告する。

2. 雨水浸透量の計算モデル

地表面よりの浸透量は(1)~(3)式で表される。^{1),2)}

$$I \cdot -1 = 0.5 (t - t_0)^{-1/2} \quad \dots (1)$$

$$t_p = \alpha (r)^{-\beta} \quad \dots (2)$$

$$t_0 = t_p - [0.5 / (r - 1)]^2 \quad \dots (3)$$

ここで、 $r = R/B$ 、 $I = I/B$ 、 $t = t/T_0$ 、 $T_0 = [2A/B]^2$ 、 I : 浸透量、 t : 降雨開始後の時間、 t_0 : 表面流発生までの時間(t_p)を考慮するための修正量、 R : 降雨強度、 $A \cdot \alpha \cdot \beta$: 定数、 B : 定数(飽和透水係数)。 T_0 は降雨強度、 $\alpha \cdot \beta$ は初期土壤水分とほとんど無関係である。また、 T_0 、 $\alpha \cdot \beta$ と飽和透水係数との間にはそれぞれ図1、2の関係がある。³⁾

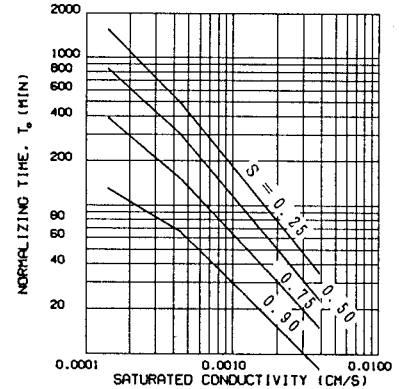
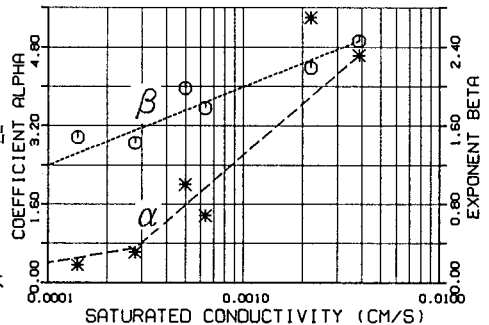
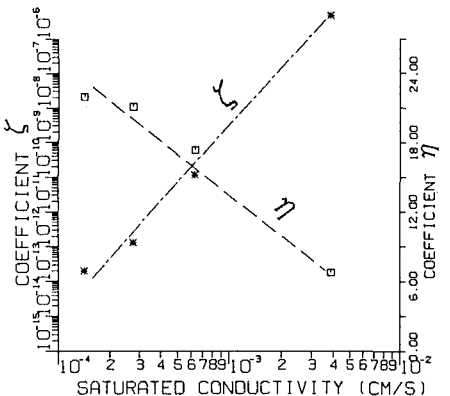
一方、表層の土壤水分の消長は(4)・(5)式で表さ

$$\text{れる。} \quad q_s = -\zeta \exp(\eta s_s) \quad \dots (4)$$

$$\partial \theta_s / \partial t = -\partial q / \partial z \quad \dots (5)$$

$q_s \cdot s_s$: それぞれ表層部の降下浸透量と飽和度、 $\zeta \cdot \eta$: 土壤によって決まる定数。いま、地表面よりの流入・出量を q_0 とすれば、(4)、(5)式の差分式を用いて、 θ_s^{t+4t} が計算できる。4種類の土壤について、数値実験を行い、降雨停止後の q_s と s_s との関係より係数 $\zeta \cdot \eta$ を求めた結果を図3に示してある。なお、表層土層厚は10cmである。したがって、対象流域の飽和透水係数、土壤水分量及び降雨強度が与えられれば、図3より $\zeta \cdot \eta$ を得たのち、(4)(5)式を用いて表層土壤水分量を連続的に計算するとともに、図1より T_0 、図2より α 、 β を求め、(1)~(3)式を用いて浸透量が計算できる。

3. 流出解析 (1)解析対象流域 ここで提示した雨水浸透量の計算モデルを宇治市のほぼ中央の城南荘流域(図4)に適用する。この流域は、丘陵地に造成された宅地域であり、雨量・水位計の設置地点の流域面積は8.8ha、このうち不浸透域は5.8ha、浸透域は3.0haである。図4では、道路が浸透域となっているが、すべて舗装されており、不浸透域に属する。流域内に自然河川は存在せず、宅地の雨水はコンクリート排水路に排水される。なお、雨量・流量データの分析結果より、基底流量は下水流出であり、降雨流出は表面流出のみであることが明らかになっている。

図1 T_0 と飽和透水係数図2 $\alpha \cdot \beta$ と飽和透水係数図3 $\zeta \cdot \eta$ と飽和透水係数

(2) 雨水浸透量の計算 1984

年7月25日と1984年8月27日の降雨について解析を行った。3回の試算を行って得られた浸透域よりの流出成分を図5に示してある。ここで、浸透域よりの流出高の観測値と計算値の差は1.6mm、3.8mmである。なお、最終的に用いた定数は、 $k_s = 0.0003 \text{ cm/s}$ 、 $\zeta = 8.0 \times 10^{-12}$ 、 $\eta = 18.9$ 、 $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 1.5$ 、 $T_0 = 90.0$ 、 $s = 0.874$ （7月25日15時55分の飽和度）、 $T_0 = 150.0$ 、 $s = 0.816$ （8月27日14時50分）であった。

(3) Kinematic 流出モデルによる解析 城南荘流域を、5個の支流域に分割したのち、不浸透域からは全降雨が、浸透域からは前述の計算で得られた流出成分が流出するものとし、各支流域の有効雨量を、(6)式を用いて求めた。

$$Re = Ri(A_i/A) + Rp(A_p/A) \dots (6)$$

ここで、 Re ：各支流域の有効降雨、 Ri ：不浸透域の有効雨量（＝観測降雨）、 Rp ：浸透域の流出高、 A 、 A_i 、 A_p ：それぞれ支流域面積、不浸透域面積、浸透域面積。斜面の等価粗度を0.02、排水路の粗度

係数を0.01として、kinematic 流出モデルを用いて行った流出解析結果を図5に示す。計算結果は、観測ハイドログラフをうまく再現しており、ここで示した一連の解析が妥当であることが明らかになる。

4. おわりに 雨水浸透量の簡易計算法を提示したのち、住宅主体流域の流出解析に適用した。今後、対象流域を代表する飽和透水係数を決める手法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) J.R. Philip: The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution, Soil Sci., Vol. 83, 1957, pp. 345-357.
- 2) R.E. Smith: The Infiltration Envelope, J. Hydrology, Vol. 17, 1972, pp. 1-21.
- 3) 岡：雨水浸透の簡易計算法に関する数値実験の検討、土木学会第45回年講、II、1990, pp. 216-217.
- 4) 岡・角屋：丘陵斜面域に於ける雨水の浸入・流出過程（2）、京大防災研年報、No. 19B-2, 1976, pp. 153-165.

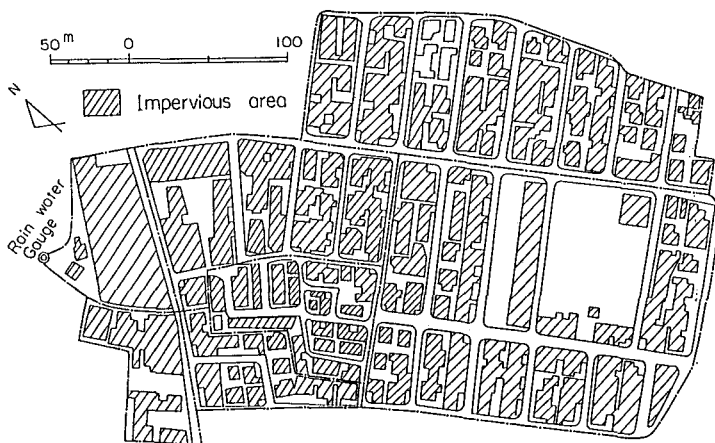


図4 城南荘流域の概要

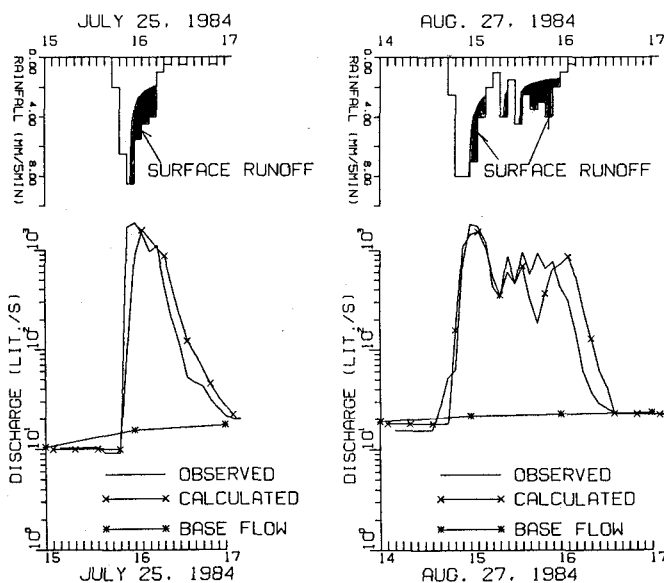


図5 流出解析結果