

大阪大学大学院 学生員 ○梅村 恭平 大阪大学大学院 学生員 大西 貴之
 大阪大学大学院 正会員 小田 和広 大阪大学大学院 正会員 小泉 圭吾

1. はじめに

豪雨による斜面災害の解決のためには、雨水の浸透に伴う斜面中の水分の挙動を把握する必要がある。つまり、初期に不飽和状態にある土が雨水の浸透により飽和状態に達する。その後、斜面内に浸透流が発生する過程を追跡しなければならない。圃場における土中の水分・溶質移動を対象として開発されてきた解析コード HYDRUS¹⁾²⁾ は、様々な自然条件を再現しうる。そして、土壌物理学の分野では非常に高い評価を得ている。但し、現状では地盤工学の分野における適用例は多くない。本研究では、実大模型斜面を用いた降雨実験に対し HYDRUS を適用し、土中における水分の移動に関する再現性について検証する。

2. HYDRUS における基本方程式

不飽和状態にある土中の水分移動については、HYDRUS では Richards 式から解を得ている。Richards 式は式(1)によって与えられる。

$$C(h_p) \frac{\partial h_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k_x(h_p) \frac{\partial h_p}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k_y(h_p) \frac{\partial h_p}{\partial y} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k_z(h_p) \left(\frac{\partial h_p}{\partial z} + 1 \right) \right\} \quad (1)$$

ここに、 C : 水分容量関数、 h_p : マトリックポテンシャル(水頭単位)、 k_x, k_y, k_z : それぞれ x, y, z 方向の透水係数である。また、HYDRUS では van Genuchten によって提案された水分特性曲線(式(2))と透水係数の式(式(3))が用いられている。

$$S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) = \{1 + (-\alpha \psi_m)^n\}^{-m} \quad (2)$$

$$k = k_s \times S_e^l \{1 - (1 - S_e^{1/m})^m\}^2 \quad (3)$$

ここに、 S_e : 有効飽和度、 θ : 体積含水率、 θ_r : 残留体積含水率、 θ_s : 飽和体積含水率、 ψ_m : マトリックポテンシャル、 k : 透水係数、 k_s : 飽和透水係数、 α, n, l : 材料パラメータである。なお、 $m = 1 - 1/n$ である。ここで、式(2)から分かるように ψ_m は θ の関数である。 C は ψ_m と θ の関係、すなわち水分特性曲線の勾配の逆数に等しい。

3. 実大模型斜面に対する降雨実験とそのモデル化

図-1 は模型斜面の概要を示している。斜面は筑波山真砂土で作成された。斜面は、法先から鉛直方向に 0.2m ずつ鉛直方向に盛土を行い、所定の間隙比(0.62)になるよう人力で踏み固めて作成した。斜面内にはサクシオンを測定するためのテンシオメータが下段・中段・上段にそれぞれ 4 基ずつ設置されており、その設置深度は表面から 0.15m・0.45m・0.85m・1.15m である。

図-2 は解析モデルを示している。サクシオンの初期値について、中段・上段のテンシオメータの実測値を基に、表面から底面までの線形分布を仮定して決定した。境界条件について、法先の底面は浸出境界とした。この条件とは、飽和している箇所のみ圧力勾配が無く重力のみで水分が移動する。一方、不飽和部は不透水とする。斜面と上面は降雨境界とした。この面では設定し

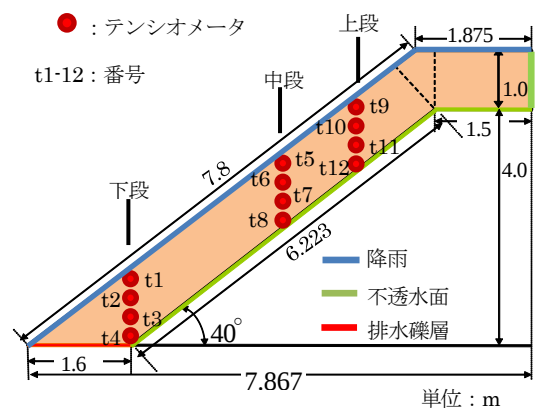


図-1 模型斜面の概要図

