

締固めた火山灰砂層への雨水の不飽和浸透

鹿児島高専 正員 岡林巧 学生員○豊島滝也
 鹿児島高専 正員 平田登基男 学生員 飯伏信也
 鹿児島高専 正員 前野祐二 正員 木原正人

1. まえがき

桜島は、火山活動を1955年に再開して以来、今日までたびたび大小の噴火を繰り返しており、雨期に土石流などの二次災害も頻発する。この土石流の主要因でもある中腹部以高の火山灰斜面の降雨による侵食崩壊は著しいものがあり、山体は年々荒廃の一途をたどっている。したがって、火山灰斜面の降雨下における侵食崩壊機構を解明し、防災対策を確立することは、重要な研究課題である。この降雨下における火山灰斜面の安定性を検討するには、火山灰砂層の雨水の不飽和浸透機構を明らかにする必要がある。雨水の不飽和浸透機構に関する研究は、国の内外の研究機関でかなり行なわれているものの解析に偏り、土の水分保持特性等の基礎データに乏しい。本論文は、火山灰斜面の降雨下における安定性を検討するために行なっている一連の研究の内、火山灰砂層の水分保持特性に関するものである。

2. 試料および試験方法

試験に用いた試料は、桜島で採取した粒径2mm以下の流出火山灰砂である。表-1に試料の指数的性質を示す。粒度組成は、れき分35%、砂分48%、シルト分以下17%である。圧力水頭と体積含水率の検定は、図-1に示すCBRモールドに試料を締固めた後、テンシオメーター（容量1kgf/cm²）を用いて行なった。不飽和透水係数の計測は、図-2に示す鉛直一次元浸透装置を用いて行なった。本装置は、アクリル製試料円筒、定圧タンク、積算流量計、間隙水圧計およびテンシオメーター等で構成されている。また、試験条件は排水試験とした。

3. 火山灰砂層の浸透特性

図-3は、各種の体積含水率に関する圧力水頭と経過時間を示したものである。圧力水頭は、体積含水率が小さくなるほど大きな負の値を示すことが判る。この圧力水頭は、体積含水率に対応して時間的に早期に定常値化しやすいと言える。この体積含水率 θ は間隙率 n と飽和度 S_r を用い次式により求めている。

$$\theta = n S_r (10^{-4}) \dots (1)$$

ピエゾメーターにより計測した土中水位の低下とともに各深度ごとの間隙水圧の挙動を示したものが図-4である。図から明らかに、間隙水圧は、土中水位の低下とともに漸次低減する傾向を認めることができる。また、土中水位が間隙水圧計の位置以下になった時点から

表-1 試料の指数的性質

比重 G_s	2.616
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.300
間隙率 n (%)	50.31
飽和透水係数 K (cm/sec)	2.3×10^{-2}

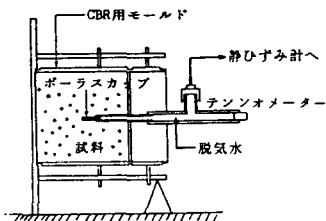


図-1 圧力水頭と体積含水率の検定装置

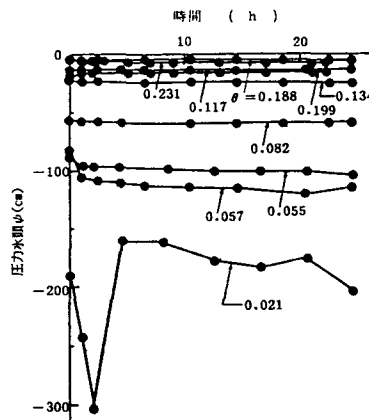


図-3 圧力水頭と経過時間

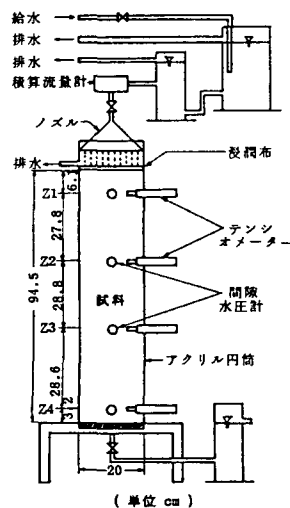


図-2 鉛直一次元浸透装置

どの間隙水圧計も負の間隙水圧を示すことが判る。ただその負の間隙水圧は、限度を有するものと考えられる。

図-5は、体積含水率と排水時間の関係を示したものである。体積含水率が初期段階で約0.5を示しているのは、完全飽和状態を意味している。この体積含水率の算定は、先に検定したテンシオメーターによる圧力水頭と体積含水率曲線を用いて行なっている。図-4に示した土中水位の変化にしたがって各位置の体積含水率が急減する様子が判る。

排水時間に対する各深度と対積含水率の関係を示したものが図-6である。図から排水時間の増加にしたがって土中水は、上層部から下層部へしだいに不飽和領域を拡大しつつ移動することが明らかである。図中に示すことく、 t_1 から t_2 時間に Z_1 断面を通過する水量は、図中の斜線部分の面積である。この面積をAとすると、単位時間に単位面積を通過する水量 q_z は近似的に次式で求められる¹⁾。

$$q_z \approx \frac{A}{t_2 - t_1} \quad \text{-----}(2)$$

一方、 $(t_1 + t_2)/2$ 時間における Z_2 点での動水勾配 i_z は、 Z_1, Z_3 点での圧力水頭 ψ_{z1}, ψ_{z3} の計測値を用いると近似的に次式で求められる。

$$i_z \approx \left\{ \frac{\psi_{z1} - \psi_{z3}}{Z_1 - Z_3} \right\} + 1 \quad \text{-----}(3)$$

上式(2)、(3)を用いると不飽和透水係数 $K(\theta)$ は次式で求められる。

$$K(\theta) \approx q_z / i_z \quad \text{-----}(4)$$

図-7は、火山灰砂の水分保持特性曲線を示したものである。特に、不飽和透水係数の算定は、上述した近似式を用いて行なった。図から明らかなように体積含水率が増加するにつれて負の圧力水頭は急減するのに比べ、不飽和透水係数は、漸次増大し、終局的には飽和透水係数と等しくなると言える。

最後に本研究の遂行にあたり、有益な御助言を頂いた宮崎大学工学部 杉尾哲 助教授に感謝の意を表す。また、本研究は、昭和63年度文部省特定研究経費（研究代表者 平田登基男）の補助により行なった成果の一部であることを付記する。

【参考文献】

- 1)大西、西垣：有限要素法による飽和・不飽和浸透流解析、飽和・不飽和浸透解析研究会、PP.2-82、1981。

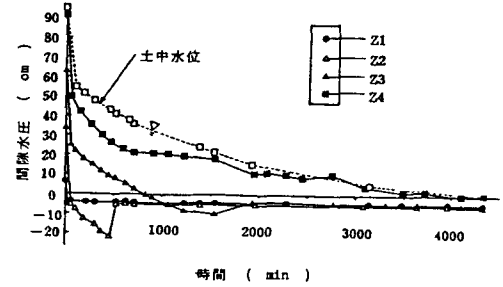


図-4 間隙水圧と排水時間

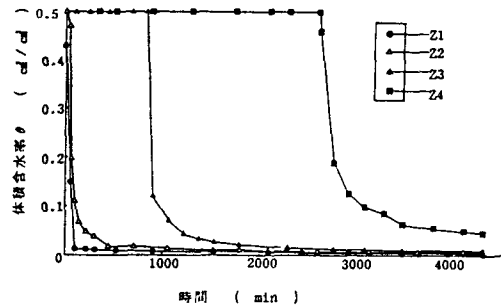


図-5 体積含水率と排水時間

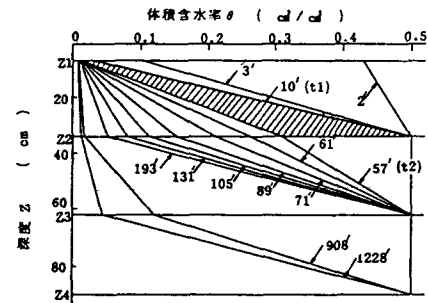


図-6 深度と体積含水率

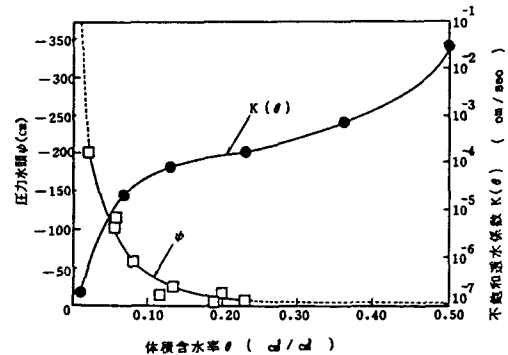


図-7 水分保持特性曲線