

新規細粒火山灰堆積地への土壌水分特性を考慮した物理的雨水浸透モデルの適用性

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム

正会員 ○若林 栄一

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム

正会員 山越 隆雄

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム

正会員 小山内 信智

国土交通省河川局砂防部保全課

正会員 笹原 克夫

1. はじめに

火山噴火に伴い、火山灰のような細粒火砕物が周辺の流域に降下・堆積すると、地表の浸透能が低下して降雨時の表面流出が増大し、その結果、泥流の頻発を招いたり、泥流の規模が増大したりすることが考えられる。

筆者らは、火山地域での火山噴火後の土砂災害対策に資することを目的として、2000年7月に噴火した三宅島雄山山腹の小流域において、2002年から水文観測を開始した。また、調査地より採取した不攪乱土壌サンプルを用いて、土壌水分特性試験を行う¹⁾とともに、その結果を用いて、雨水浸透過程のモデル化を行った²⁾。本報告では、既報において作成した雨水浸透モデルによって計算される浸透余剰雨量を有効雨量として、kinematic wave 法により斜面の流下過程を再現し、観測された流出データとの比較を行った。

2. 観測斜面の概要

図-1に示す三宅島雄山の東側斜面に、集水面積約35m²の観測斜面を設け、三角堰により降雨時の表面流出を計測した。また、観測斜面の近傍においては表面からの深さ5cmおよび20cmの位置に設置したテンシオメータによって、土壌水分状態の時間的変化を観測するとともに、転倒マス式雨量計によって雨量観測を行った。観測斜面は平均傾斜角25°であり、2000年の噴火によって平均して46cmの厚さの火山灰で覆われている。堆積している火山灰の土粒子密度は2.903g/cm³、粒度の構成は粗粒分60.2%（砂分56.8%、礫分3.4%）、細粒分39.8%であった。

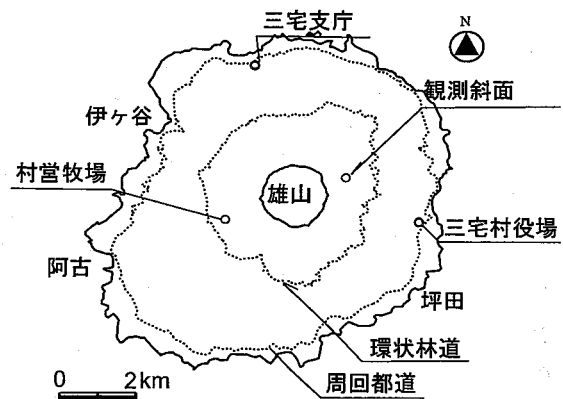


図-1 観測斜面位置図

3. 観測斜面における表面流発生状況

観測斜面は、細粒火山灰が表層を覆っており、一般の山地斜面等に比較して、土壌の浸透能は大幅に低下している。降雨時の表面流の発生とテンシオメータの計測値を見ると、降雨開始とともに、まず5cmの深度の土層のサクションが急激に低下し、次いで深い層（深度20cm）のサクションが緩やかに低下した。すなわち、観測斜面における表面流の発生は、地下水面の上昇により発生する飽和地表流ではなく、ホートン型の地表流によるものであると考えられる。

4. 土壌水分特性

観測斜面の近傍において、表層の火山灰層を不攪乱の状態にて採取し、水分特性試験を行い、含水率(θ)とマトリックポテンシャル(ψ)の関係を求めた。試験により求めた結果

より、van-Genuchtenのモデルを用いて土壌水分特性曲線のモデル化を行った。van-Genuchtenモデルのパラメータ決定に際しては、恣意性なるべく排除するために、杉井らの提案するロジスティック曲線を応用した方法³⁾を用いた。図-2に、このようにして推定した水分特性曲線を示す。

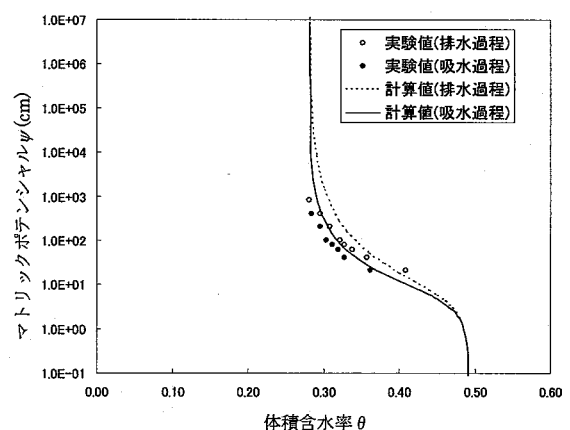


図-2 土壌水分特性曲線($\theta - \psi$)

キーワード 細粒火山灰、土壌水分特性、物理的雨水浸透モデル、三宅島

連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 TEL 029-879-6785 E-mail: wakaba44@pwri.go.jp

5. 一次元不飽和浸透流計算

求めた土壌水分特性曲線を用いて, Richards の式を基礎方程式とする一次元不飽和浸透流モデルを作成し, 計算を行った. 当モデルでは, ある時刻の降雨量から, 算出された当該時刻の土壌への浸透量を差し引き, 土壌に浸透できなかった水量を浸透余剰雨量として算出した. モデルに与える各土層のサクシンの初期値は, 現地にて計測した結果を用いた. また, モデルパラメータの一つである飽和透水係数は, 不攪乱試料から事前に求め, その値は $2.33 \sim 6.69 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ であった. 図-3 に 2003 年 4 月 30 日の降雨データを用いて一次元不飽和浸透流計算を行った結果を示す.

6. 流出モデルの適用

次に, 流下過程を表現するため kinematic wave 法による流出計算を行った. 観測された降雨をそのまま入力した場合の計算結果を図-4 に示す. この場合, 計算された流出波形は, 降雨と同時に立ち上がり, 初期損失の部分表現できていない. また, ピークや低減部についても実測に比べて大きなものとなっている. さらに, 一次元不飽和浸透流計算により求めた浸透余剰雨量を入力した場合の計算結果を図-5 に示す. この場合, 流出初期の立ち上がり部分は, かなり精度よく再現された.

7. まとめ

以上の結果をまとめると, 以下の通りとなる.

新規細粒火山灰堆積地における降雨流出の形態であるホートン型地表流を再現するため, 雨水の浸透を表す一次元浸透流モデルにより, 降雨量から浸透量を差し引いて浸透余剰雨量を求めた.

モデルは Richards の基礎方程式に基づき, モデル

中の土壌水分特性は, 現地で採取した試料を用いて, ロジスティック曲線に近似させて客観的に求めた. このモデルに, 現地観測により得られた土壌の初期サクシン値および降雨波形を与えたところ, 現地観測の結果を良好に再現することができた. すなわち, 火山灰の物性を調べることで, 火山灰堆積地における浸透能の変化の状況を決定論的に求めることが可能であり, また新規火山灰堆積地のような比較的, 場の状態が均一な場合には, サンプル規模から斜面規模へのスケールアップが可能であることが示された.

参考文献

- 1) 竹島秀大, 石田哲也, 山越隆雄, 渡正昭: 2000 年に噴火した三宅島での堆積火山灰の土壌水分特性, 平成 15 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.232-233, 2003.
- 2) 山越隆雄, 石田哲也, 竹島秀大: 三宅島の新規細粒火山灰堆積物における雨水浸透過程モデル化の試み, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, pp.353-354, 2003.
- 3) 杉井俊夫, 宇野尚雄: 新しい土壌水分特性曲線のモデル化について, 土木学会第 50 回年次学術講演会, pp.131-132, 1995.

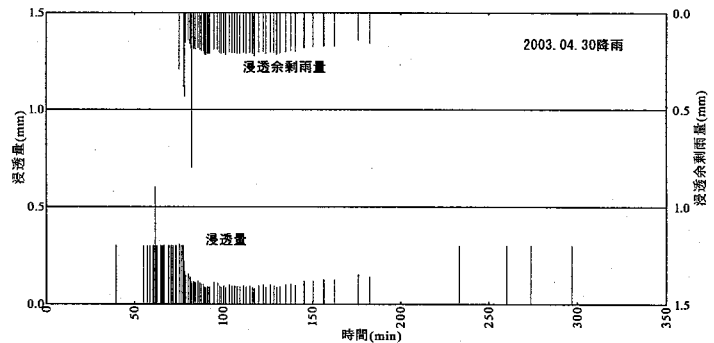


図-3 一次元不飽和浸透流解析結果

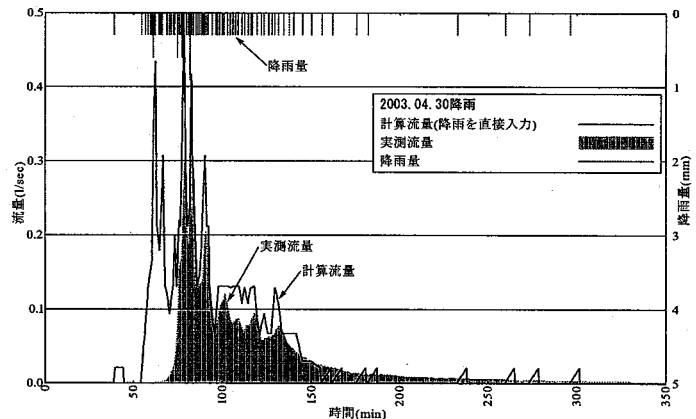


図-4 流出モデル適用結果 (降雨を直接入力)

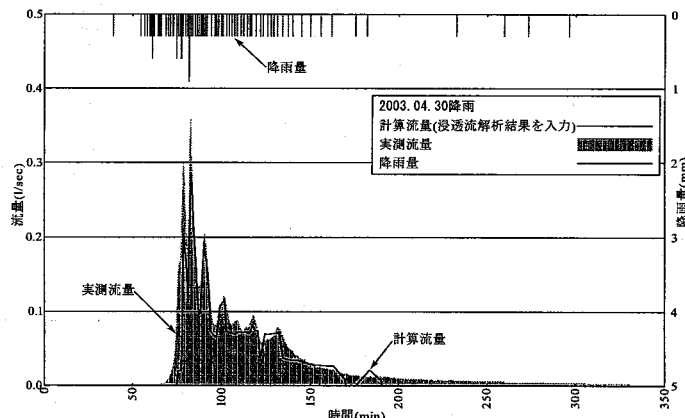


図-5 流出モデル適用結果 (浸透流解析結果を入力)