

新燃岳噴火災害への地盤工学からの取組み (その1)

鹿児島大学大学院 学生員○川畑健祐

鹿児島大学大学院 正会員 北村良介

立命館大学 正会員 酒匂一成

1. まえがき

宮崎県と鹿児島県の県境にある霧島火山の新燃岳では爆発的噴火が1月27日～3月1日まで13回あり、多量の火山噴出物が周辺市町村に供給された。鹿児島地方気象台は、1月26日に噴火警戒レベルを2から3に引き上げ、3月末現在も継続中である。また、3月末現在、火口から半径3キロには立ち入ることが規制され、この範囲の火山灰の堆積状況がわかっていないため、土石流の発生と関連する精度の高い情報が得られていない。

本稿では、都城市や高原町での火山灰の堆積構造と不飽和浸透特性に関する速報的な考察を加えている。

2. 火山灰の分級メカニズム

2月6日、3月15日、3月21～22日に行った火山噴出物(以下、火山灰という)の堆積調査では、何れの場所においても写真-1に示すように地表面から数mmの厚さで細粒の火山灰(以下、細粒火山灰という)、その下層には粒径が1～数mmの軽石(以下、粗粒火山灰という)が堆積している状況が数多く見られた。本章では、このような分級メカニズムを考えてみる。

噴火によって上空に上った火山灰は大きな粒径から順次地上に堆積していく。この時、火山噴出物は空気中あるいは地表面に含まれるわずかな水蒸気を吸収



写真-1 細粒・粗粒火山灰

するのみであり、その飽和度はほとんど0%である。この状態では土粒子接点でメニスカスは発生せず、マトリックサクション(粒子間力)はゼロである。従って、地表面に到達した細粒火山灰は風によって容易に巻き上げられ、さらに別の場所に堆積することになる。いずれにしても地表最上面に細粒火山灰、その下層に粗粒火山灰が堆積することになる。このような分級メカ

ニズムを「分級メカニズムその1」と称することにする。

その後の小雨(例えば、累積雨量が数mm)によって細粒火山灰中に水が供給されると、土粒子接点にメニスカスが形成され、粒子間力が生じる。すなわち、細粒火山灰は硬くなる(いわゆる水締め)。さらに、少し多めの雨(例えば、時間雨量が数mm程度、累積雨量が10～20mm程度)があると雨水は細粒火山灰中を浸透し、一部は粗粒火山灰との境界まで到達する。その間、火山灰中の間隙では浸透してきた間隙水(雨水)と間隙空気(気泡)の入れ替えが行われる。すなわち、密度の小さな間隙空気(気泡)が地表面に向かって移動し、最終的には地表面で間隙空気(気泡)は消滅する。間隙空気(気泡)が移動する際に粗粒火山灰中に含まれる細粒火山灰は間隙空気と間隙水の境界(気泡表面)に付着し、間隙空気(気泡)とともに地表面に運ばれる。このようにして粗粒火山灰層にある細粒火山灰が地表面に供給され、さらに分級が進む。以下、このような分級メカニズムを「分級メカニズムその2」と称することにする。

まとまった雨(例えば、最大時間雨量が10mm程度、累積雨量が50～100mm程度)があると、雨水は火山灰が降る前の地表面(以下、地山表面という)に達し、火山灰層の含水量は増加し、「分級メカニズムその1」で述べたような間隙空気の移動は減少していく。このような含水状態になると、間隙水(雨水)が火山灰層を流下する際に間隙水は泥水となり、泥水が地山表面に達する。地山表面には口蹄疫・鳥インフルエンザ対策のために路上等に散布され、その後の風や雨によって飛散した消毒用の消石灰(水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$))が広範囲に残存しているものと推定され、地山表面に消石灰が分布する地域では火山灰中のシリカ(SiO_2)と反応し、細粒火山灰は硬化・緻密化する(ポズラン反応)。すなわち、地山表面と粗粒火山灰層

キーワード：新燃岳，火山灰，降雨浸透

連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1丁目21-40

Tel. 099-285-8473

Fax. 099-258-1738

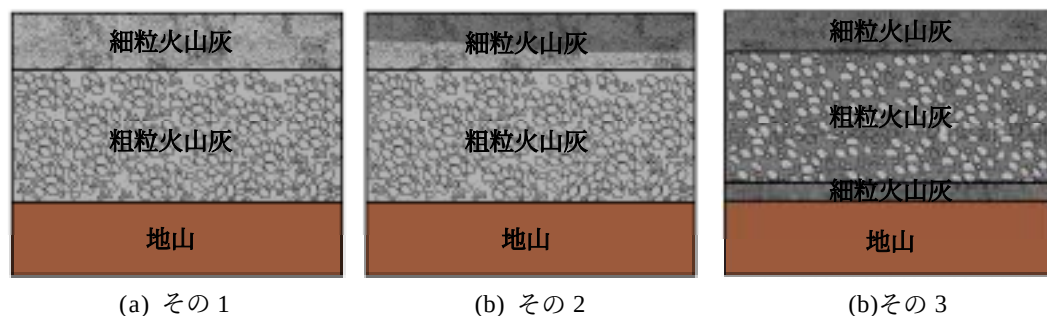


図-1 分級メカニズム

との間に硬化・緻密化した細粒火山灰層が形成される。以下、このような分級メカニズムを「分級メカニズムその3」と称することにする。

図-1 は「分級メカニズムその1～その3」を模式的に示したものである。現場での火山灰の堆積状況は図-1 に示すような単純な構成ではなく、地山表面の地形、気象条件等によって多様なものになっているものと推測される。また、噴火ごとに供給される火山灰は「分級メカニズムその1」に従って堆積し、噴火の間に降雨があれば「分級メカニズムその2、その3」に従って分級がさらに進む。このように細粒火山灰と粗粒火山灰が互層となっている地盤では降雨時に Capillary Barrier が生じることが知られている^{1), 2)}。

3. 保水・浸透シミュレーション

数値シミュレーションでは酒匂・北村が開発中の保水・透水モデル³⁾(以下, KITA-SAKO モデルと称する), 不飽和浸透解析プログラム⁴⁾を適用する。KITA-SAKO モデルを用いると、粒径分布と間隙比が既知なら(すなわち、粒度試験, 土粒子密度試験, 密度試験データが得られたら), 保水特性(水分特性曲線), 透水特性(不飽和透水係数～飽和度関係)が得られる。

入力パラメータの具体値は土質試験より得られたものを用い、水平に堆積した状況での数値シミュレーションを実施した。詳細は省略するが、次のような結果が得られている。

- ・ 初期飽和度 1.5% (火山灰が堆積した直後の状況に対応), 堆積厚さ 5cm, 飽和透水係数を $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ (細粒火山灰に対応)とした時, 時間雨量 4mm が 4 時間継続した場合に表面の数 mm が飽和度 20% 程度, 時間雨量 10mm が 4 時間継続した場合に表面の数 mm が飽和度 45% 程度になった。
- ・ 初期飽和度 1.5% (火山灰が堆積した直後の状況に対応), 堆積厚さ 5cm, 飽和透水係数を $1 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ (粗粒火山灰に対応)とした時, 時間雨量 4mm が 4

時間継続した場合, 全体的に飽和度が 10～20%, 時間雨量 10mm が 5 時間継続した場合に全体的に飽和度 50% 程度になった。保水・浸透シミュレーションを含む土石流発

生予知システムを提案しており⁵⁾, 本システムの構築にむけた努力を続けたい。

4. あとがき

口蹄疫・鳥インフルエンザの防疫のために大量に使用された消石灰が雨水を介して火山灰と反応(ポズラン反応)し、火山灰が硬化・緻密化することが予想される。火山灰の堆積構造を調査する際にはこのような視点からの観察・試料採取が必要になると考える。

謝辞: 2 月 6 日の調査では東京電気大学の安田進先生, 山梨大学後藤聡先生, 砂防エンジニアリング(株)の中濃耕司氏, 3 月 15 日, 21～22 日は国交省宮崎河川国道事務所の皆様にお世話になりました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村良介、酒匂一成、荒木功平、松元真一: 斜面防災における Capillary Barrier の応用, 斜面災害における予知と対策技術の最前線に関するシンポジウム論文集, pp.161～164, 2007.
- 2) 竹原晋平、田中祥司、北村良介: 赤土等流出問題への Capillary Barrier システムの応用に関する一考察, 第 43 回地盤工学研究発表会, pp.1965-1966, 2008.
- 3) K. Sako and R. Kitamura: A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil, Soils and Foundations, Vol.46, No.5, pp.595-604, 2006.
- 4) K. Sako, R. Kitamura and R. Fukagawa: Study of slope failure due to rainfall: A comparison between experiment and simulation, Proc. 4th Int. Conf. On Unsaturated Soils, Arizona, Vol.2, pp.2324-2335, 2006.
- 5) 北村良介、川畑健祐、酒匂一成: 新燃岳噴火災害への地盤工学からの取組み(その2)、第 66 回土木学会全国大会, 2011 (投稿中)。