

主要な火山における火山灰の透水性と透水係数の簡易推定手法

(独)土木研究所 正会員 ○田方 智, 武澤永純, 山越隆雄, 栗原淳一
アジア航測(株) 非会員 平川泰之

1. はじめに

火山噴火に伴って火山灰や火砕流が堆積した流域では、噴火後の降雨により土石流や泥流が頻発するようになるといわれる。これは一般に、火山灰が地表面を覆うことにより地表面の浸透能が低下し、降雨時に表面流が発生しやすくなるのが原因であるとされる¹⁾。噴火後の火山における土石流の発生には火山灰の堆積とその浸透特性が大きく影響しており、噴火後の緊急的な対策を講じる場合には流出規模の予測計算のために火山灰の浸透特性を迅速に把握することが課題となる。しかしながら、噴火中や噴火直後に現地における浸透試験の実施や、室内試験用に火山灰を多量に採取することは極めて危険である。また、一刻を争う緊急事態に透水試験や浸透試験に費やす時間的な余裕もないことから、過去のデータを基に予め火山灰の浸透特性を把握しておくことや、できる限り迅速かつ簡易的に透水係数を把握する方法が必要となる。

そこで、本研究では国内外の火山において火山灰の浸透

能や透水係数を計測した事例を収集し、これまでに土木研究所で実施してきた試験結果と合わせて整理した。また、粒度試験などの簡便な土質試験結果を基に簡易的に透水係数を推定する手法の検討を行った。

2. 各火山における火山灰の浸透能・透水係数

既存の研究結果と土木研究所の試験結果を基に、火山灰、火砕流、火砕サージを対象に浸透能や透水係数の値を整理した(図-1)。各火山ごと、試験方法ごとにばらつきがあるが、平均で $10^{-2} \sim 10^{-4} \text{ cm/s}$ オーダーとなり、 10^{-3} cm/s オーダーのものが多く結果となった。全ての火山で実施されている透水試験の結果をみると、有珠山(2000年火山灰)や三宅島でやや低い値を示した。

3. 透水係数と粒度組成および間隙比との関係

火山灰の透水性と粒度組成や間隙比との関係をみていくが、浸透試験には一部大きめの値を示すことも指摘されており²⁾、試験方法による影響を少なくするために透水試験を実施している事例を抽出し、粒度組成や間隙比との関係を

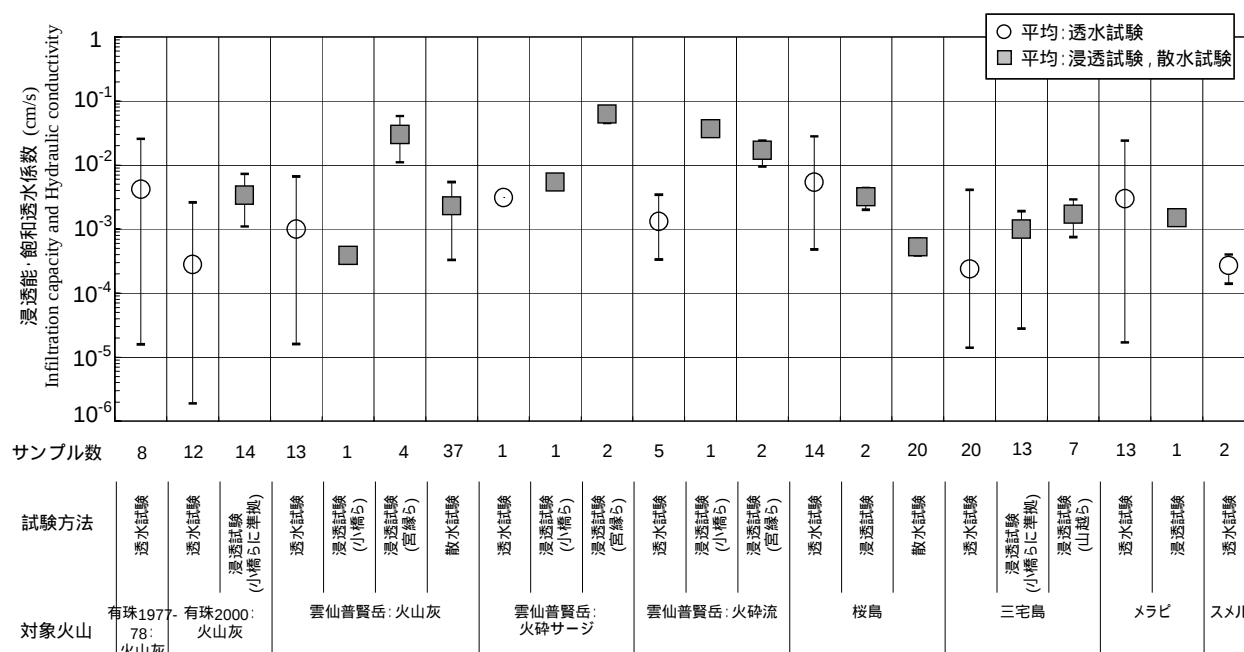


図-1 火山ごと、試験方法ごとの浸透能・透水係数

キーワード：火山灰，透水係数，浸透能，粒径，間隙比

連絡先：茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ

TEL：029-879-6785 FAX：029-879-6729 E-mail：yamak226@pwri.go.jp

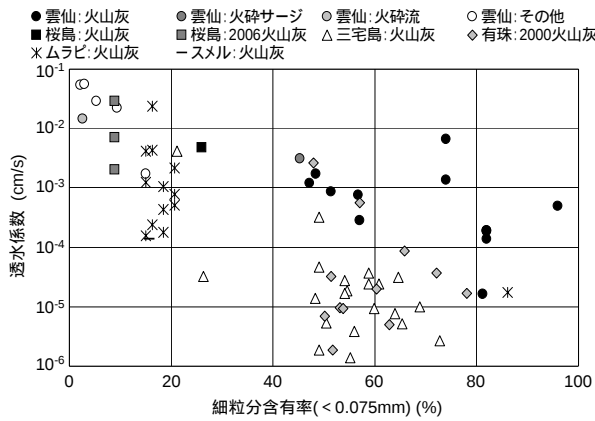


図-2 細粒分含有率(0.075mm 以下)と透水係数の関係

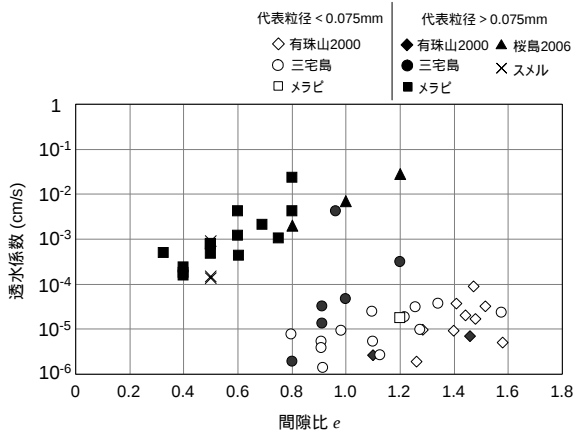


図-3 間隙比と透水係数の関係

検討した。代表粒径や細粒分含有率、粘土含有率と透水係数の関係を調べたが、ここでは細粒分含有率(0.075mm 以下)と透水係数の関係を示す(図-2)。ばらつきはあるものの負の相関性がみられ、細粒分が多いと透水係数が低い値を示す傾向を示した。次に、間隙比と透水係数の関係を図-3 に示す。ここでは、50%粒径 0.075mm を境に分類しているが、それぞれのグループでみると間隙比が大きいくほど透水係数が大きくなる傾向が認められた。

4. 透水係数の推定式の検討

上記のように、火山灰の透水係数は粒度組成および間隙比と関係があることがわかる。これまでに提案されている土の透水係数の推定式も多くは粒径と間隙率の関数となっている³⁾。ここでは主に土木研究所で実施した土質試験結果を基に、既往の推定式で算定される推定値と実測値の比較を試みるとともに、火山灰試料の粒度組成や間隙比と透水係数を変数として重回帰分析を行い、透水係数を推定する重回帰式の検討を行った。既往推定式として Hazen 式、Zunker 式、Terzaghi 式を用いたが、ここでは最も良い適合を示した Terzaghi 式による推定値と実測値の比較を示す(図-4)。全般的によく合う結果となったが、透水係数 10^{-4} cm/s 以下で推定値の方が大きめの値を示す傾向が認められた。

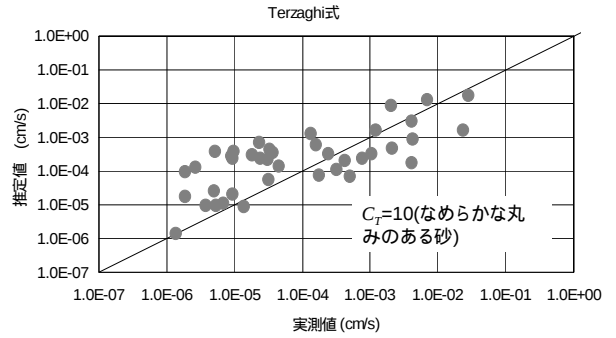


図-4 Terzaghi 式による推定値と実測値

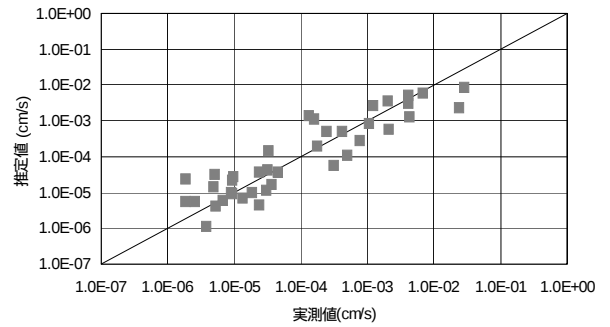


図-5 重回帰式による推定値と実測値

次に、透水係数 k_s を目的変数とし、説明変数を間隙比 e 、粒径(D_{50} , D_{30} , D_{10})、細粒分含有率 F_c 、均等係数 U_c 等の組み合わせを用いて重回帰分析を行った。その結果、30%粒径 D_{30} 、均等係数 U_c 、間隙比 e の組み合わせで最も高い重相関係数 $R=0.909$ が得られた。これらを変数として求めた透水係数の推定式を(1)式に示す。

$$k_s = 3.07 \times (D_{30})^{2.80} \times (U_c)^{-0.69} \times e^{2.23} \quad \dots (1)$$

ここで、 k_s : 透水係数(推定値)(cm/s)、 D_{30} : 30%粒径(mm)、 U_c : 均等係数 ($=D_{60}/D_{10}$)、 e : 間隙比である。

(1)式を用いた透水係数の推定値と実測値の比較を図-5 に示すが、1 オーダー程度のばらつきがあるがあるものの、Terzaghi 式より良く一致する結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、既往の成果や土木研究所で実施した試験結果を基に火山灰の透水性について整理した。そして、粒径や間隙を指標とした火山灰の透水係数の推定式を検討し、概ね良い結果が得られた。今後は、火山灰の堆積厚や時間変化など火山灰の透水性に及ぼす諸要因との関係について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 池谷浩: 雲仙・水無川の土石流発生機構について, 砂防学会誌, Vol.46, No.2, pp.15-21, 1993
- 2) 高橋裕・安藤義久・盛谷明弘: 流域地表面の浸透能測定法の相互比較, 水利科学, Vol.29, No.1, pp.35-44, 1985
- 3) 最上武雄編: 透水 - 設計へのアプローチ, 鹿島出版会 pp.75-79, 1976