

簡易浸透能試験機を用いた火山灰堆積斜面の浸透能の野外測定

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 坂井 佑介

日本工営株式会社 ○木佐 洋志, 田方 智, 上條 孝徳, 小林 豊

1. はじめに

火山噴火に伴う降灰により、火山灰に覆われた山地斜面では、斜面の浸透能が著しく低下し、小規模な降雨でも土石流が発生しやすくなると言われている¹⁾。そのため、降灰後の火山灰堆積斜面の浸透能を測定することは、土石流の発生危険性を推定するうえでのひとつの判断材料になると考えられる。野外における浸透能の測定法は、冠水型、流水型、散水型の浸透能試験がある²⁾。このうち、散水型浸透計としては、注射針を配置し点滴方式で散水する散水型山地浸透計³⁾やスプレーノズルを用いた振動ノズル式降雨実験装置⁴⁾などがある。また、如雨露を用いた試験法があり、この手法は試験に必要な資機材が軽量かつ小型で運搬しやすく、簡易に実施できる。この手法により、過去の火山噴火において、火山灰堆積斜面の浸透能の経年変化を把握するなどの研究成果が得られている⁵⁾。

一方で、火山噴火に伴う降灰後に、複数地点の浸透能を迅速に把握する必要がある場合や、浸透能を継続的に測定する場合には、異なる測定者が浸透能試験を行うことが想定される。著者らはこれまでの研究成果をふまえながら、統一的な手法で異なる測定者による測定結果の差異を小さくできること、また、測定経験が少なくても簡易に実施できることを目的とした、簡易浸透能試験機（以下、試験機）を試作し、試験を行ったので報告する。表-1 に試験機の目標性能を示す。

表-1 簡易浸透能試験機の目標性能

	目標性能
a	操作が簡単で、測定者の違いによる降水、表面流出量の測定の差異が小さい
b	試験区画の全体に均等な降水が可能
c	小型かつ軽量で山地斜面上での人力による運搬が可能
d	電気や燃料が不要で人力のみで測定が可能
e	使用する水の量が少ない
f	設置、試験、撤去が容易で測定を短時間で実施できる（火山噴火時の危険な地域での滞在時間が短い）
g	降灰下でも測定が可能

2. 試験機の概要

2.1 試験機の構成

試験機は、人工的な降雨を発生させる「降水部」とそれを支える「支持部」、表面流を捕捉するための集水樋などで構成される（図-1）。降水の発生位置は地表より約 65cm の高さで、水平 50cm×50cm の矩形範囲に降水される。支持部の 4 本の支柱は 18cm まで伸長が可能で、勾配 20° 程度までの斜面に設置可能である。降水部の重量は 3.7kg、支持部の重量は 1.1kg である。支持部は折り畳み可能である。

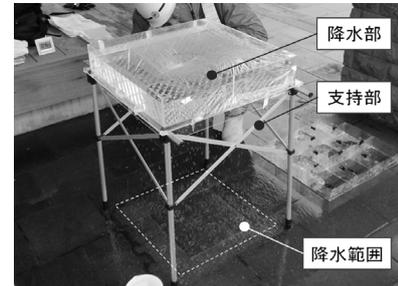


図-1 簡易浸透能試験機の構成（試験 B）

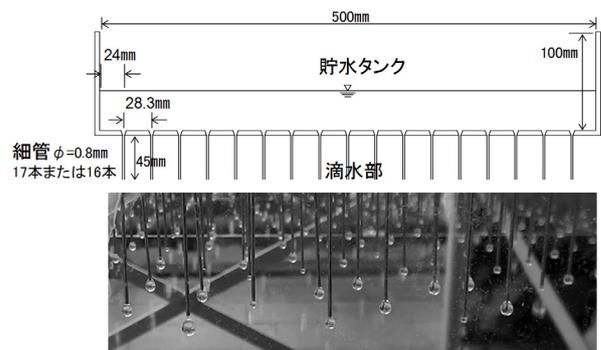


図-2 降水部の構造（上）、細管からの滴水（下）

2.2 降水部の構造

降水部は、貯水タンクとその底面に取り付けられた 545 本のステンレス製の細管（内径 0.8mm、長さ 45mm）からなる（図-2）。貯水タンクに給水すると各々の細管の下端より、滴水がなされる仕組みである。また、降灰がタンクに入ることを防ぐため、給水部分を除く貯水タンクの上部はラップフィルムで覆われている。

2.3 降水特性の確認

2.3.1 細管による滴水試験（試験 A）

細管からの滴水特性を確認するため、細管を取り付けた小型の容器に給水し、滴水量の測定や滴水状況の観察を行った。滴水の時間間隔は、水位が一定の条件ではおおむね同じ間隔で滴水されることが確認され、一定の水位を維持すれば、時間あたり滴水量はほぼ一定となることが分かった。また、細管から水滴が落下するのは、水滴に働く重力が、表面張力により細管の周囲に沿って上向きに作用する力より大きくなったとき⁶⁾と考えるならば、同じ形状の細管を用いている降水部より滴下される水滴の径はほぼ均一と考えられる。細管からの一定時間の滴水量と滴水数より、水滴の直径を計算したところ 3.3mm であった（水位 4cm、水温 16°C の条件）。

2.3.2 降水試験（試験 B）

試験機を用いて降水試験を行った。貯水タンクの水位を大きくすると、滴水間隔が短くなり、雨量強度が大きくな

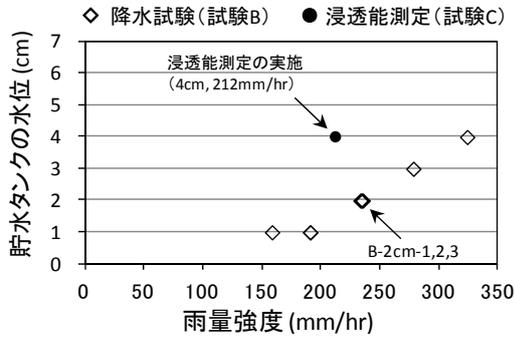


図-3 貯水タンクの水位と雨量強度

ることが確認された (図-3)。また、水位 2cm の条件で 1 分間の降水量を 3 回の測定をしたところ、236、235、234mm/hr であり、ほぼ同じ値が得られた (図-3 中の B-2cm-1,2,3)。

試験機による降水範囲を 9 つの正方形区画に等分割して雨量強度の平面分布を調べた。各区画の上方には、60 本ないし 61 本の細管がある。図-4 に示すとおり、雨量強度の平面的な分布は最大と最小の差が 52mm/hr であったが、区画全体へおおむね均等な降水が認められた。

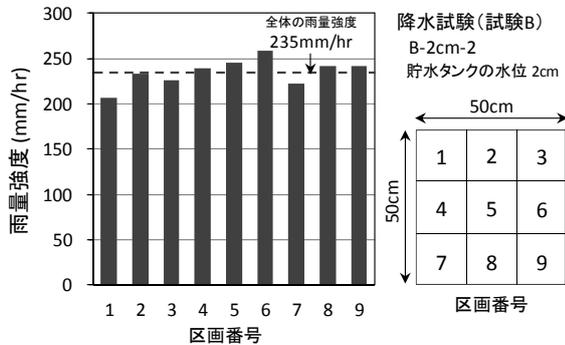


図-4 試験区画における雨量強度の分布

3. 火山灰堆積斜面の浸透能の野外測定 (試験 C)

松島の昭和火口より東側約 3km の鍋山川流域内の火山灰堆積斜面において、簡易浸透能試験機を用いた浸透能測定を行った。試験は、既往の試験手法⁶⁾を参考にしながら、以下の手順で実施した。①勾配が約 15° の斜面に 50cm × 50cm の矩形の試験区画を設定し、仕切り板を試験区画の上端および左右に設置した。②斜面の最下端に表面流出水を集水するための桶と容器を設置した。③試験開始前に試験区画全体をビニールで覆い降水を集水できるようにした。④貯水タンクに給水し、ビニール上への降水を開始し、雨量強度が 240mm/hr 程度となるように調整した (この測定時では水位 4cm)。⑤ビニールを取り除き、試験区画への降水を開始した。⑥1 分間隔で試験区画より流出する表面流を 1 分間採取し、表面流出量を測定した。⑦表面流出量がおおむね一定になるまで⑥を繰り返し、一定になったところで測定を終了した。

試験斜面への降水開始前、終了後の雨量強度は、試験前で 221mm/hr で試験後 204mm/hr であったため、試験中の雨量強度は平均で 212mm/hr とした。最終の表面流出量は 530cm³ であり、式(1)により最終浸透能 85mm/hr が算出された。

$$I = R - \frac{Q}{A \cdot T} \cdot 600 \quad \dots(1)$$

I : 浸透能 (mm/hr), R : 雨量強度 (mm/hr), Q : 測定時間 T の間に捕捉された表面流出量 (cm³), A : 区画の水平面積 (cm²)=2,500, T : 測定時間 (min)

浸透能の野外測定に要した時間は、設置に 19 分、雨量強度の調整に 20 分、浸透能測定に 14 分、撤去に 3 分で計 56 分であった。試験に要した水の量は、雨量強度の調整に約 12 リットル、浸透能測定に約 11 リットル、測定後に貯水タンク残量 10 リットルを加え、計 33 リットルであった。

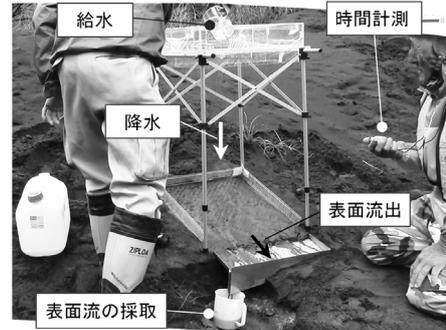


図-5 火山灰堆積斜面の浸透能の測定状況 (試験 C)

ここで特筆すべき事項として、浸透能試験 (試験 C) における貯水タンク内の水位と雨量強度 (4cm, 212mm/hr) が、降水試験 (試験 B) における貯水タンクの水位と雨量強度との関係とに大きな差があったことである。現段階では、この差の原因は不明である。ただ、内径 0.8mm、長さ 45mm の細管を用いているため、水温の違いによる水の粘性が単位時間あたりの滴水量に影響を与えている可能性や、細管への空気貯まりなどの可能性等が推測されるため、今後、検討が必要と考えられる。

4. おわりに

簡易浸透能試験機を試作し、火山灰堆積斜面における浸透能の野外測定を行った。表-1 の簡易浸透能試験機の目標性能に対しては、b) 試験機は試験区画におおむね均等に降水させられることが確認できた。一方で、雨量強度の制御に課題が認められた。また、c) 人力運搬は可能だが、必ずしも長距離の人力運搬に適しているとは言えないため、さらに軽量、小型化の検討の余地がある。d) 電気、燃料は不要で人力のみで試験が実施できた。a), e), f), g) については、今後測定事例を増やし研究を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) 池谷 (1993), 雲仙・水無川の土石流発生機構について, 砂防学会誌, Vol. 47, No. 2, pp. 15-21
- 2) 恩田ら (1996), 水文地形学 (1996), 古今書院, pp. 25-30
- 3) 竹内ら (1976), 散水型山地浸透計の試作, 日誌, 58(11), pp. 407-409
- 4) 加藤ら (2008), 振動ノズル式降雨実験装置を用いた荒廃ヒノキ人工林における浸透能の野外測定, 水文・水資源学会誌, Vol. 21, No. 6, pp. 439-448
- 5) 地頭蘭ら (1996), 雲仙普賢岳周辺における火山灰の分布と浸透能, 砂防学会誌, Vol. 49, No. 3, pp. 33-36
- 6) 薬学のための物理化学, 化学同人, pp. 155-156