

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

火山噴火後の積灰荷重に対する降雨・降雪の影響

研究代表者氏名 堤 拓哉¹⁾
研究分担者氏名 千葉 隆弘²⁾ 山本 剛³⁾ 河島 克久⁴⁾

1) 北海道立総合研究機構建築・北方建築総合研究所 2) 北海道科学大学
3) 都城工業高等専門学校 4) 新潟大学

研究要旨

火山噴火が発生すると、火山周辺地の建築物には降下した火山灰による荷重（以下、積灰荷重）が作用する。噴火後に降雨が生じると火山灰が湿潤状態になり、建築物に作用する積灰荷重が増加する。加えて、積雪地の火山噴火では積灰荷重と雪荷重が同時に作用することも考えられる。本研究では、屋根勾配を変化させた試験体を用いて降灰後の降雨ならびに降灰後の降雪を模擬したモデル実験により、積灰荷重に対する降雨と降雪の影響について検討した。その結果、降雨の影響を受けた積灰荷重の最大値および降雨による割増荷重は、屋根勾配と反比例の関係にあることが分かった。また、火山灰が屋根に堆積すると滑雪阻害が発生し、屋根勾配 3/10 においても落雪しない状況がみられるなど、積灰荷重に降雪量分の荷重が割増されることが分かった。

A. 研究目的

火山噴火が発生すると、火山周辺地の建築物には降下した火山灰による荷重（以下、積灰荷重）が作用する。噴火後に降雨が生じると火山灰が湿潤状態になり、建築物に作用する積灰荷重が増加する。加えて、積雪地の火山噴火では雪荷重と積灰荷重が同時に作用することも考えられる。日本国内では、活火山が多数存在するにも関わらず、積灰荷重に係る研究例は極めて少ない^{例えば1)}。

本研究は、屋根試験体を用いた実験により、積灰荷重に対する降雨ならびに降雪の影響に関する基礎的な知見を得ることを目的としている。

B. 研究方法

B-1 降灰後の降雨を模擬したモデル実験

実験には、研究分担者が保管していた新燃岳 2011 年噴火時の火山灰と積雪寒冷地の一般的な勾配屋根を想定した屋根試験体を用いた(写真 1)。表 1 に使用した火山灰の土質試験結果を示す。火山灰の密度は $1.16\text{g}/\text{m}^3$ 、粒度は砂分(0.075-2mm)が 92.6%を占め、シルト・粘土分は 6.9%である。屋根試験体(屋根長さ 450mm×幅 225mm、軒高 300mm)の屋根材には塗装鋼板を用い、屋根勾配は、

1/10(5.7°)、2/10(11.3°)、3/10(16.7°)、4/10(21.8°)の 4 種類とし、各 2 体ずつ実験に供した。

表 1 火山灰の土質試験結果(抜粋)

項目	試験結果
湿潤密度	1.164g/cm ³
乾燥密度	1.162g/cm ³
自然含水比	0.2%
間隙比	1.333
礫分(2~75mm)	0.5%
砂分(0.075~2mm)	92.6%
シルト・粘土分(0.075mm未満)	6.9%
粘着力	5.9kN/m ²
内部摩擦角	39.3°

降雨の模擬には水槽に注射針(外径 0.6mm、内径 0.37mm)を取り付けた降雨装置(高さ 1500mm、降雨範囲 1900mm×600mm)を用いた(写真 2)²⁾。水槽に水を入れると注射針から水滴が落ちる仕組みとなっており、水深を一定(10cm)に保った状態で実験を行った。雨滴径は文献 3 を参考にすると約 3mm である。重量の測定にはロードセル(共和電業 LCN-A-5kN)を用い、屋根試験体の下に 4 個、軒先からの排水の受け皿の下に 4 個設置し、1 秒

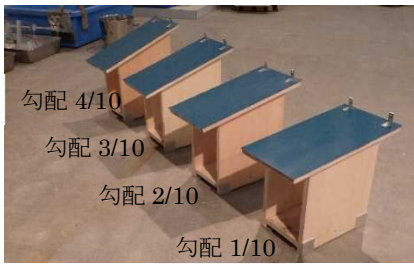


写真1 屋根試験体



写真2 降雨装置 (外観)



写真3 降雨装置(水槽・注射針)



写真4 ロードセルの設置状況



写真5 火山灰の堆積状況(4/10)

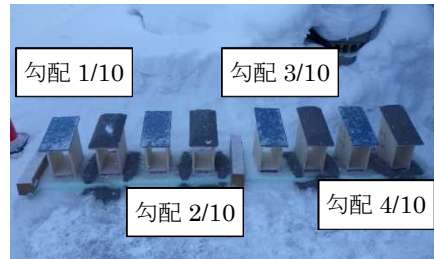


写真6 設置状況(屋外)

間隔で記録した(写真4)。土壌水分センサー(ARP社製WD-3-W5Y)を屋根の棟側(水上側)の屋根面から5cmの高さに設置し、火山灰の含水率の変化を1秒間隔で記録した。

火山灰は開閉シャッター付きの亚克力製の枠を用いて屋根試験体の上に10kg載せた。この時の火山灰の層厚は約10cmである(写真5)。実験では、ロードセルに屋根試験体を載せた後、枠のシャッターを開け火山灰が滑り落ちて堆積形状が安定してから模擬降雨に曝した。

B-2 降灰後の降雪を模擬したモデル実験

実験には、B-1と同じ屋根試験体を用いた。同じ勾配の一方の試験体に火山灰を5kg(層厚約5cm)載せ、もう一方の試験体には何も載せずに冬季の屋外に並べて暴露した(写真6)。実験は2020年2月から3月にかけて北方建築総合研究所(北海道旭川市)の敷地内で行った。屋根試験体の積雪状況は定期的に目視で観察すると共にタイムラプスカメラを用いて10分間隔で記録した。

C. 研究結果

C-1 降灰後の降雨を模擬したモデル実験

図1に勾配1/10~3/10の積灰荷重と体積含水率の測定結果、図2に勾配4/10の積灰荷重と軒先からの流出量の測定結果を示す。なお、勾配4/10の試験体では、枠のシャッター開閉時の落灰の影響により水分センサーが露出したため含水率のデータは取得できなかった。測定の終了は、

重量もしくは含水率が増加しなくなった時点とした。いずれの試験体においても、降雨中に火山灰が滑り落ちるような現象(落灰)は確認されなかった。体積含水率が一定になると荷重も最大値となり、1/10勾配の積灰荷重は降雨前の約1.6倍、2/10勾配の積灰荷重は降雨前の約2.4倍、3/10勾配の積灰荷重は降雨前の約2.1倍、4/10勾配の積灰荷重は降雨前の約1.6倍となった。

図3に屋根勾配と単位面積あたりの積灰荷重(火山灰+降雨)の最大値との関係、図4に屋根勾配と降雨による単位面積あたりの割増荷重との関係を示す。積灰荷重(火山灰+降雨)の最大値と降雨による割増荷重は、屋根勾配と反比例の関係にあり、屋根の勾配が緩くなるほど、積灰荷重の最大値は大きくなるのが分かった。

C-2 降灰後の降雪を模擬したモデル実験

図5に気象庁アメダス(旭川)による暴露期間中(2021/2/7-3/23)の気象状況、写真7に積雪時の状況(2/10)と落雪後の状況(3/23)を示す。暴露期間中の累積降雪量は160cmであった。暴露期間中に、気温がプラスになる状況や降雨の発生など、落雪が生じる条件が度々生じ、火山灰が載っていない試験体では、その都度、落雪した。一方、火山灰を堆積させた試験体では、火山灰による屋根雪の滑雪阻害がみられ、勾配3/10と4/10では、落雪する時期が大幅に遅れたほか、勾配1/10と2/10では、落雪および落灰は生じず、屋根に火山灰と積雪がある状態が全て融雪するまで続いた。

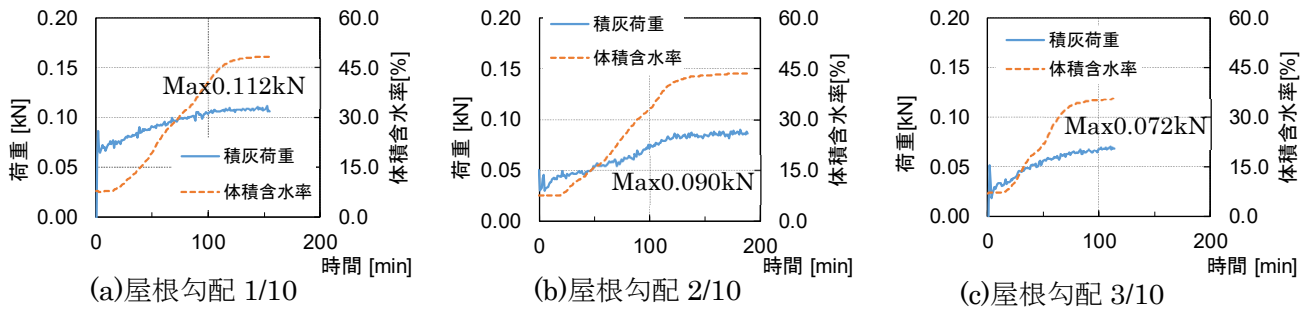


図1 積灰荷重と体積含水率の測定結果

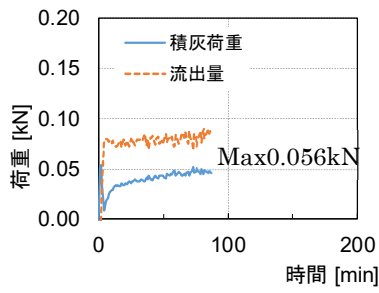


図2 積灰荷重の測定結果(4/10)

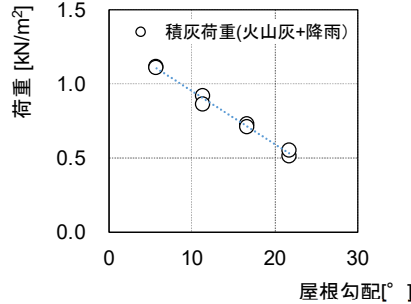


図3 屋根勾配と積灰荷重の関係

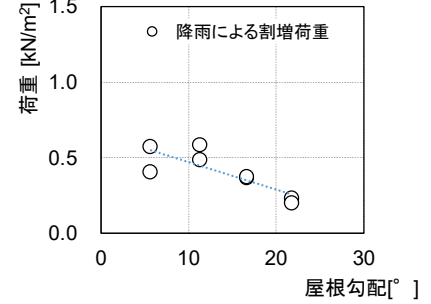


図4 屋根勾配と割増荷重の関係

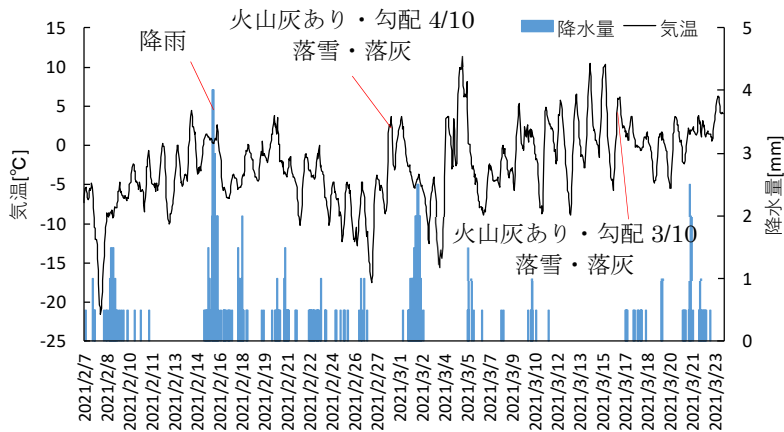


図5 暴露期間中の気象状況



写真7 屋根試験体の状況

D. 考察

実験の結果、積灰荷重に対する降雨と降雪の影響は屋根勾配に依存することが分かった。降雨による積灰荷重の増加、堆積した火山灰による勾配屋根の滑雪阻害が確認されたことから、積灰荷重による被害を防ぐには、降灰後、速やかに屋根の除灰を行うことが重要である。物性の異なる火山灰に関するデータ整備が今後の課題である。

E. 結論

本研究では、屋根勾配を変化させた試験体を用いて、降灰後の降雨ならびに降灰後の降雪を模擬したモデル実験を行い、積灰荷重に対する降雨と降雪の影響を明らかにした。

参考文献

- 山本剛, 井上正文: 木造住宅の屋根に堆積した火山灰の滑動に関する一考察, 日本建築学

会構造系論文集, 724, 959-969, 2016.

- 千葉隆弘ほか: 積雪後の降雨に配慮した屋根雪荷重の評価に関する研究 その6 積雪で満たされた軒どいの排水性能に着目した模型実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造I, 87-88, 2016.
- 安田聖, 岸本嘉彦: 風雨に曝される建築壁体表面の等価降雨量モデルに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境I, 2012.

F. 研究発表

- 論文発表
なし
- 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

なし