

## 積雪後の降雨浸透による屋根雪荷重増加についての実験的研究

## Experimental study on increment of roof snow load due to rainfall infiltration after snowfall

○谷口峻<sup>1</sup>, 武藤誠吾<sup>1</sup>, 石鍋雄一郎<sup>2</sup>, 中島肇<sup>3</sup>\*Ryo Taniguchi<sup>1</sup>, Seigo Muto<sup>1</sup>, Yuichiro Ishinabe<sup>2</sup>, Hajime Nakajima<sup>3</sup>

Abstract: Heavy snowfall in the Kanto and Koshin regions in February 2014 caused damage to many buildings due to the incremental load caused by rainfall after snow accumulation. In particular, the roof surface of the Kumagaya Dome in Kumagaya City, Saitama Prefecture, was damaged due to the increased snow load caused by rainfall. In response to this, a revised notice was promulgated on January 15, 2018, regarding the increased snow load for gently sloped roofs above a certain size, taking into account rainfall after snow accumulation. In the future, the number of situations in which rainfall occurs after snow accumulation may increase due to the effects of global warming, etc. Therefore, it is necessary to further study the method of setting snow loads that take rainfall into account according to the reproduction period. The objective of this study is to understand the maximum load increment due to rainfall and to visually understand the drainage mechanism of rainwater in the snow coverage through experiments using simulated snow, based on previous literature, by comparing experimental and theoretical values.

## 1. はじめに

2014年2月の関東甲信地方を中心とした大雪では、積雪後の降雨による荷重の増分によって、多くの建築物が被害を受けた。特に埼玉県熊谷市ではくまがやドームの屋根面が降雨による積雪荷重の増加により、屋根面に損傷を受ける等の被害が生じた。これを受けて、一定規模以上の緩勾配屋根については、積雪後の降雨も考慮した積雪荷重の割増しに関する改正告示が2018年1月15日に公布された。今後、地球温暖化等の影響によって積雪後に降雨が発生する状況が増加する可能性があるため、再現期間に応じて降雨を考慮した積雪荷重の設定方法に関してさらに検討する必要がある。

本研究では、実験及び理論値との比較を行い、既往文献<sup>[1][2][3][4][5][6]</sup>より、降雨による最大荷重増分の把握および、模擬雪を使用した実験にて積雪内における雨水の排水メカニズムを視覚的に把握することを目的としている。

## 2. 積雪後の降雨から排水までのメカニズム

Figure1は、積雪後の降雨が発生し排水が起こるまでのメカニズムを示している<sup>[6]</sup>。まず初めに積雪後の降雨により積雪表面から浸透が始まり、降雨による荷重増分が始まる。その後、積雪内を雨水が浸透することによって、不飽和層及び毛管保持層を形成する。毛管保持層で保持できなくなった水は流出層を形成し屋根下端から排水される。本研究の最大積雪荷重は、棟から軒までの屋根面に流出層が形成され、流出層からの流出量と降雨量が釣り合う場合と仮定しているため不

飽和層、毛管保持層、流出層における雨水の滞留量が降雨荷重増分になると考えられる。したがって雨水の流出量を求めることによって、降雨荷重増分を求めることが可能となる。なお、毛管保持層は不飽和であるため不飽和層として考える。また、流出層は飽和層として考える。

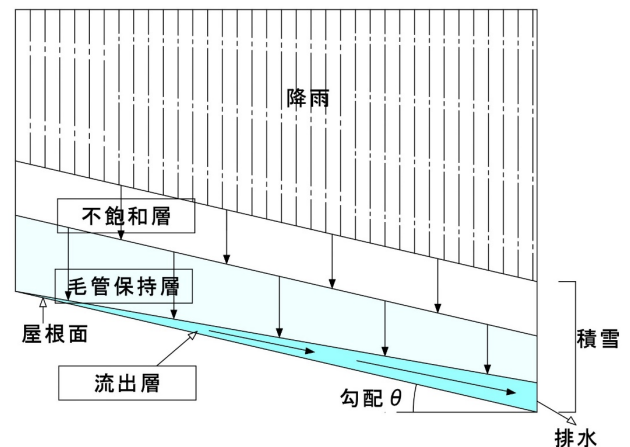


Figure 1. Infiltration of rainfall after snow accumulation

## 3. 流出量の計算方法

積雪内に蓄えられた雨水は、許容量を超えると屋根下端から流出を開始する。本研究では、この流出量を実験値と理論値で比較をする。雨水の流出量の計算方法は以下のように表せる。雨水の流出量はダルシー則から求められる流速と流出層の厚さの積によって求められる<sup>[1]</sup>。ダルシー則を(1)式に、動水勾配を(2)式に、透水係数と固有透過度を(3)式に、Shimizu式を(4)式に示す。

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・教員・建築

$$v = K_s i \quad (1)$$

$$i = \tan\theta \quad (2)$$

$$K_s = gB_0/V \quad (3)$$

$$B_0 = 0.077d^2 \exp[-0.78\rho_s] \quad (4)$$

ここで流速 $v$  (cm/s), 透水係数 $K_s$  (cm/s), 動水勾配 $i$ , 重力加速度 $g$  (m/s<sup>2</sup>), 固有透過度 $B_0$  (m<sup>2</sup>), 流体の動粘性係数 $V$  (m<sup>2</sup>/s), 粒径 $d$  (m), 水に対する乾き雪密度の比 $\rho_s$  である. (1)~(4)式より粒径および屋根勾配から流速を求める. 雪の粒径は, 水に侵食されると時々刻々と変化する. 雪粒の平均粒径は時間 $t$  (hour)の3分の1乗に比例して増大するものとして計算する<sup>[5]</sup>.

#### 4. 実験計画

Figure 2に屋根上積雪実験装置を示す. 本実験は屋根勾配 $2^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ とし, 降雨強度は $15\text{mm/h}, 25\text{mm/h}$ を想定する. 実験装置は, 屋根上積雪モデルの装置と厚さ $5\text{mm}$ の亚克力板で作られた降雨用水槽を使用する. 雨水は, 着色した水を用いる. また, 模擬雪は氷を削ったものを用いる. 削った氷をふるいにかけることで粒径を一定にする.

#### 5. まとめ

積雪後の降雨による最大積雪荷重について, 毛管保持層を考慮した雨水の排水メカニズムを視覚的に明らかにする方法を示した.

#### 6. 今後の方針

今後は本報で示した実験計画及び実験装置を用いて実験を行う. その後, 得られた数値と理論値の比較を行っていく予定である.

#### 7. 参考文献

[1]櫻井大介, 小嶋志龍, 大槻政哉, 喜々津仁密, 石原直, 高橋徹: 積雪の毛細管現象を考慮した降雨中の屋根雪荷重の推定方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第85巻, 第776号, pp.1255-1262, 2020年10月  
 [2]大槻政哉, 高橋徹, 千葉阿隆弘, 石原直, 喜々津仁密: 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7 浸透流解析による割増荷重の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.29-30, 2017年7月  
 [3]石原直, 喜々津仁密, 大槻政哉, 高橋徹, 岩田善祐, 奥田泰雄: 積雪後の降雨による割増荷重の算定に用いる等価勾配について, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.19-20, 2018年7月

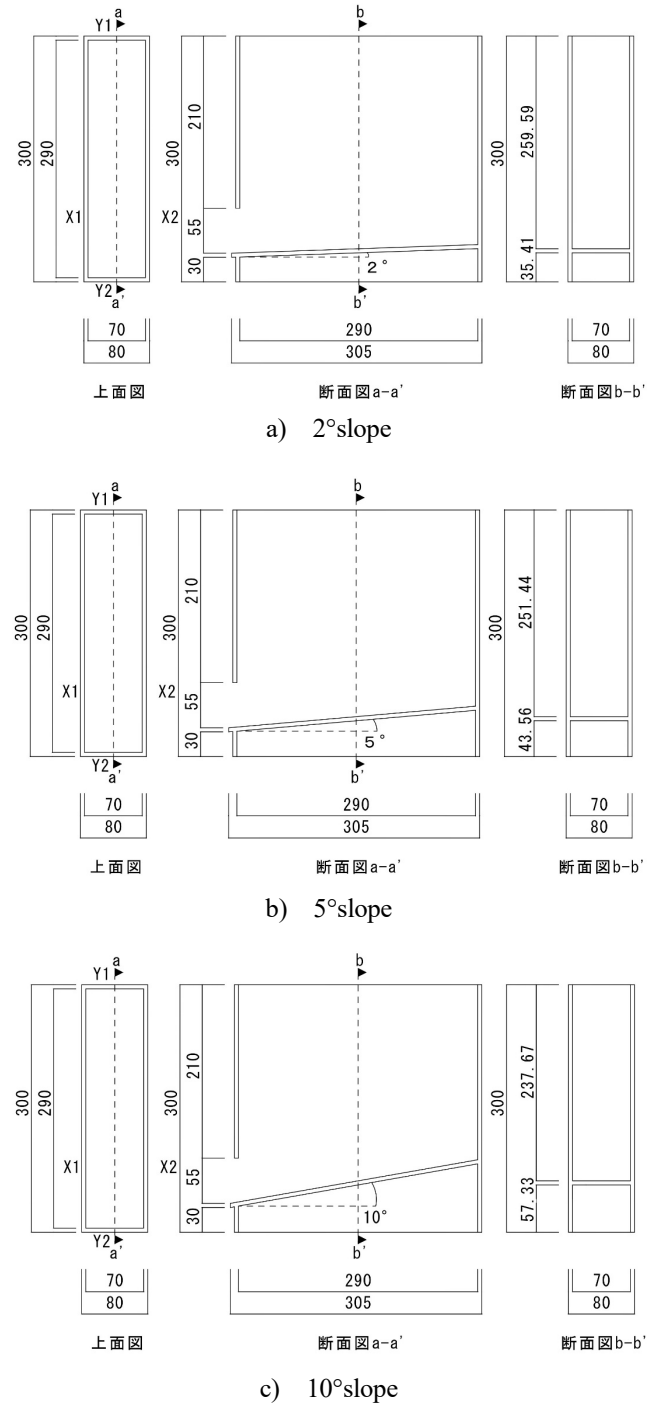


Figure 2. Experiment system of roof snow

[4]坂井勝, 取出信夫: 水分保持曲線と不飽和透水係数の水分移動特性モデル, 土壤物理学会土壤の物理性, 第111号, pp.61-73, 2009年1月  
 [5]対馬勝年: 水に浸った雪の粗大化, 日本雪氷学会誌雪氷, 第40巻, 4号, pp.1-11, 1978年12月  
 [6]木村和典: 積雪内における雨水の排水メカニズムおよび荷重増分に関する基礎的研究, 日本大学理工学部卒業研究, 2022年3月