

積雪寒冷地域の勾配屋根における屋根雪制御方法に関する基礎的研究

Fundamental study on roof snow control method on sloped roof in snowy cold region

○小沼光紀¹, 金子亮大¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³

*Kouki Konuma¹, Ryota Kaneko¹, Yuichiro Isinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: Despite many studies on roof snow such as snow and snowfall, every year there are endless fatal accidents caused by falling snow or falling from the roof (Figure 1). In addition, many elderly people are unable to remove snow on their own. In this study, we propose a roof snow control method that artificially controls the snow on the roof for the purpose of preventing fatal accidents during snow removal of the roof, and verify the effect by a simple snow sliding experiment.

1. はじめに

積雪や降雪など屋根雪に対する研究は数多くあるにも関わらず、毎年、雪下ろし中の転落や屋根からの落雪による死亡事故が後を絶たない(Figure1)。また多くの高齢者は自力での雪下ろしができないのが現状である。本研究では、屋根の雪下ろし中の死亡事故を防ぐことを目的として、屋根に積もった雪を人為的に制御する屋根雪制御方法を提案し、簡易降雪実験によりその効果を検証するものである。

- その他
- 雪崩
- 倒壊した家屋の下敷き
- 落雪等
- 屋根の雪下ろし等、除雪作業中

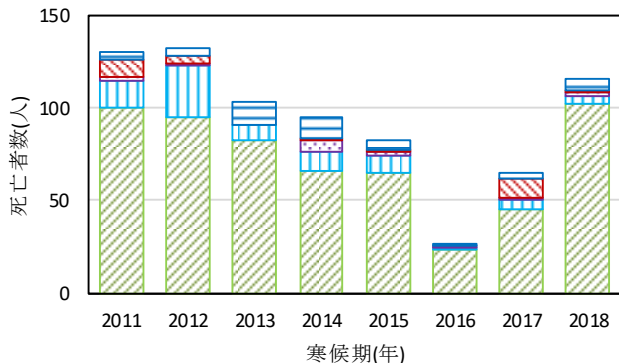


Figure 1. Damage caused by snow [1]

2. 屋根雪処理方法の分析

勾配屋根における屋根雪処理方法は主に3つある。今回は勾配屋根を利用した屋根雪処理方法で既存住宅に最も多い形である降雪処理で行う。初期費用が不要で燃料や電力もいらぬがうまく降雪しないと雪下ろしが必要になる。また軒下へ堆雪した降雪の処理が必要である。さらに、降雪飛距離についても検討が必要である。本研究では一般的でありながら、降雪による死亡事故につながる危険性が高い勾配屋根における降雪処理方法を採用し検討していく。

降雪開始条件式は、降雪力 F_g 、代表的な抵抗力として静摩擦抵抗力を F_{st} 、凍着抵抗力を F_a 、上部雪との引

張抵抗力を F_t とすると下式で表せる[2]。

$$F_g > F_{st} + F_a + F_t \dots (1)$$

具体的には屋根勾配を θ として式(2) [3]となる。

$$\ell \times d \times \rho \times \sin \theta > \ell \times d \times \rho \times \mu \times \cos \theta + \ell \times \tau_a + d \times \sigma_t \dots (2)$$

ここで、 ρ は雪密度、 τ_a は凍着強度、 σ_t は雪の引張強度である。雪切りなどで上部連続雪による引張抵抗力 F_t が生じないような対策を講じ、さらに最大の降雪抵抗力である凍着抵抗力の発生を防ぐことができれば式(2)は、

$$\tan \theta > \mu \dots (2a)$$

のように静摩擦係数と屋根勾配のみの関係になる。膜材料 A 種の静摩擦係数(μ)が 0.16 であれば、約 9.1° で降雪すると予想できる。

3. 実験計画

3-1. 屋根勾配の分析

本実験では降雪開始条件に近い 1.6/10 寸勾配 (9.1°), 屋根葺材と屋根勾配の関係から 2/10 寸勾配 (11.3°), 3/10 寸勾配 (16.7°), 瓦屋根の必要最低勾配の 4/10 寸勾配 (21.8°) の 4 パターンを用いて行う。1/10 寸は 0.1 度より傾斜が緩やかで滑らない可能性が高いため今回は用いない。また実験をする際には 2/10 寸~4/10 寸を用いるが、急な勾配から実験を行う。

3-2. 降雪制御装置 (Figure2)

降雪処理の原理として、屋根雪は凍着抵抗力が最も大きく作用する力で凍着抵抗力を無くすことによって降雪する。そのためこの凍着抵抗力を無くすためには屋根葺材を表面自由エネルギーの小さなものにするのが望ましい。よって表面自由エネルギーの小さな膜材を用いて実験装置を作った。去年の実験では空気膜を均一的に温めることができず、十分な降雪が確認できなかった。そのため温風が二重膜内のどの面において均等に入るように工夫する。

膜材の種類としてはフッ素樹脂/ガラス繊維膜材料 (A 種) と PVC/ガラス繊維膜材料 (B 種) と PVC/合成繊維膜材料 (C 種) があり、一般的な建築物の場合

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

は膜材量 A 種が用いられる。しかし膜材料 A 種ではなく膜材料 C 種であっても原料などが違うものの性質に差はなく、表面粗さも膜材料 A 種が $21.84\mu\text{m}$ 、膜材料 C 種が $21.86\mu\text{m}$ とほぼ同じ^[4]である。さらに膜材料 A 種に比べて施工や入手が容易であるため、本研究では膜材料 C 種を屋根仕上げ材として提案する。本実験ではウルトラマックスタイプ C とブルシートを用いる。

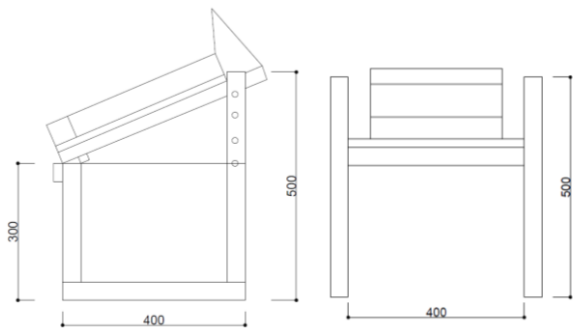


Figure 2. Snow sliding control device

3-3. 計測計画

上記に示した 4 パターンの屋根勾配と二種類の二重膜の仕上げ材を組み合わせた縮小模型を作成する。この縮小模型を用いて、簡易滑雪実験を行う。はじめに室温を -10°C に設定し一晩かけて氷を作成する。次にかき氷機で氷を削り 1mm のふるいで水平にした傾斜板上に設置した二重膜上に 10cm 積もらせる。そして凍着強度を発生させるため 30 分間放置する。次に所定の角度に傾斜板を調整しドライヤーを使い二重膜内にアルミ角パイプから温風を吹き込み、滑雪または 60 分間経過するまで 15 カ所設置した熱電対センサーで 30 秒ごとに温度を計測する (Figure3) (Figure4)。

今回の実験で用いる実験室は -10°C になるため熱電対センサーを用いる。熱電対とは二種類の異なる金属導体で構成された温度センサーのことで主に工業用として使用される。そのため種類記号が T の物で、使用温度範囲が $-200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ の物を用いる。特徴としては電気抵抗が小さく、主に低温下で精密測定が必要な際に多く利用されている。実験では設置個所が狭く、太い電熱線が入らないため T-G-0.32 を用いる。

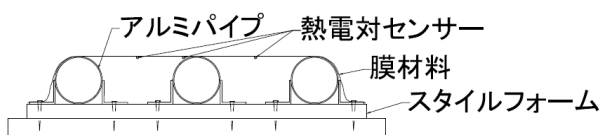


Figure 3. Thermocouple sensor Cross section

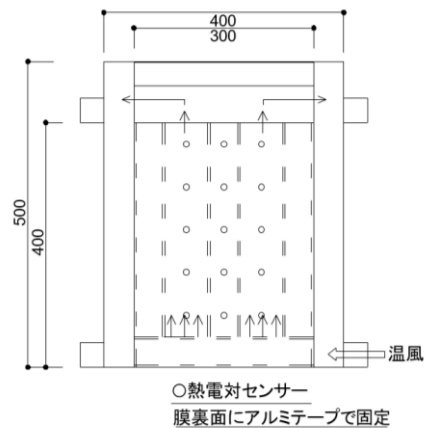


Figure 4. Thermocouple sensor layout

3-4. 実験フロー

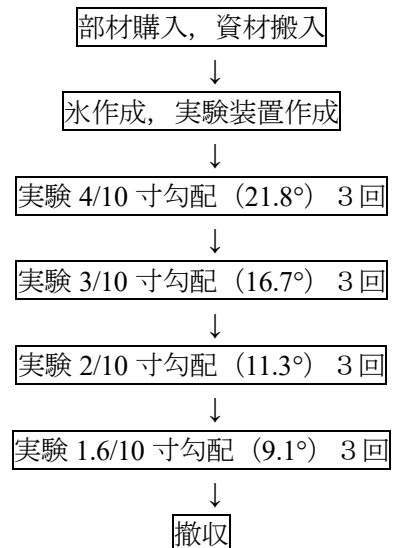


Figure 5. Experimental Flow Chart

4. まとめ

屋根雪に関する文献調査を行い、滑雪開始条件や屋根仕上げ材の性質について分析、整理した。今後は縮小模型を用いた簡易滑雪実験を行い、新たな対策方法や滑雪制御方法に関して研究を進めていく。

7. 参考文献

- [1] 総務省消防庁：今冬の雪による被害状況等，2011～2018
- [2] 日本建築学会編：雪と建築，2010.8.25
- [3] 高倉政寛，伊東敏幸，苫米地司：屋根上積雪荷重の制御に関する基礎的研究，その3 滑雪開始条件の検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 99-100，1994.9
- [4] 小林敏道，千葉隆弘，苫米地司，干場信司：畜舎施設における屋根上積雪荷重評価について，農業施設，Vol. 32, No. 2, pp. 69-77，2001.9