

勾配屋根における屋根雪処理方法の提案 ～雪下ろし中の死亡事故 0 に向けて 既往文献の分析～

Proposal of roof snow processing method on slope roof

～Analysis of the past literature toward 0 for death accident while snowing down～

○間壁紗瑛¹，中島肇²，石鍋雄一郎²

Sae Makabe¹，Hajime Nakajima，Yuichiro Ishinabe

Abstract : Although there are several studies on roof snow, such as snow cover and sliding snow, the number of accidents during snowfall has not decreased (Figure 1). It is understood that the number of death accidents related to the roof snow, such as falling down to the roof due to snowfall and being squashed by falling snow from the roof, is larger than other factors. In this research, we will summarize the existing research, propose finishing materials on the slope roof, propose optimum roof shape, and consider new countermeasures.

1. はじめに

積雪や滑雪等，屋根雪に対する研究はいくつもあるにも関わらず，雪下ろし中の事故は減ってはいない (Figure1)。雪下ろしのために屋根に上り落下したり，屋根からの落雪につぶされたりと屋根雪に関わる死亡事故は他の要因と比べても数が多いことがわかる。本研究は勾配屋根における仕上げ材や最適な屋根形状の提案，新たな対策方法の検討を目的とする。

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。

2-1. 融雪処理

何らかの熱源により屋根雪を溶かす。雪下ろしの必要がなく堆雪空間がいらぬが融雪のために装置をつけたり，その装置を稼働させメンテナンスすることや，コストがかかることがある。装置の能力を超える降雪が発生した場合や停電時等の屋根雪処理が困難になる。

2-2. 堆雪処理

屋根雪を放置し堆雪させ，自然融雪させる。雪下ろしの必要がなく堆雪空間がいらぬが，雪を屋根の上にのせたままにしておくため構造補強対策が必要になる。つららや雪庇に注意がいる。

2-3. 滑雪処理

勾配屋根を利用したもので既存住宅に多い形。設置等の初期費用が不要で燃料や電力もいらぬがうまく滑雪しないと雪下ろしが必要になる。軒下へ堆雪した滑落雪の処理が必要である。

本研究では一般的でありながら死亡事故につながる危険性が高い，勾配屋根における滑雪処理方法を採用し検討していく。

3. 屋根の仕上げ材の分析

文献^[2]より屋根の仕上げ材は凍着強度の発生を最小限にすることと屋根葺材の素材に表面自由エネルギーの小さな材料を用い，雪氷体との付着面積を最小にするために材料表面を平坦に仕上げた材料であることが望ましいとある。膜材は高分子で撥水性が大きいいため屋根葺材と雪氷体との界面に空隙のある状態で凍着したため凍着面積が小さくなる。凍着強度は表面粗さと表面自由エネルギーによるもので，膜材は表面粗さが 21.84 と大きい表面自由エネルギーが小さいため凍着強度が小さくなるため滑雪を目指す場合は，屋根の仕上げ材に適していると言える。

3-1. 膜材の性能

膜材料 A 種ではなく膜材料 C 種であっても原料などは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 μm ，膜材料 C 種が 21.86 μm とほぼ同じ^[3]で，膜材料 A 種に比べて施工が容易であることがわかる。そのため，本研究では膜材料 C 種を屋根仕上げ材として提案する。

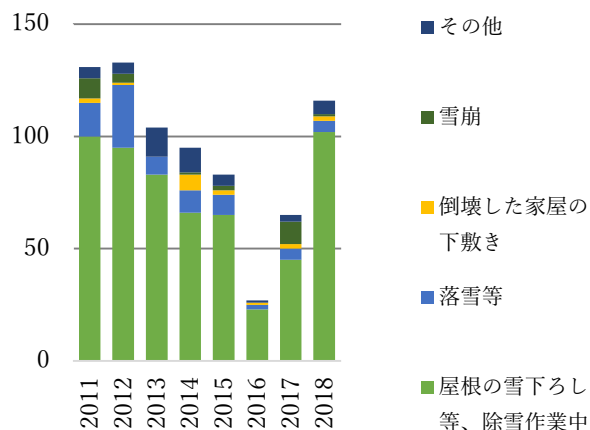


Figure 1. Breakdown of victims by year^[1]

4. 屋根形状の分析

屋根長さ $\ell=5\text{m}$, 軒高 $h=3\text{m}$, 積雪深 $d=2\text{m}$, 雪密度 $\rho=0.300\text{g/cm}^3$, 凍着強度 $\tau_a=0.02\text{kg/cm}^2$ として以下の計算を行う。

4-1. 滑雪開始条件

膜材料 C 種の正確な静止摩擦係数が発見できなかったため、膜材料 A 種の静止摩擦係数を用いることとする。静止摩擦係数 (μ) は 0.16 と仮定する。

$$\ell \times d \times \rho \times \sin \theta >$$

$$\ell \times d \times \rho \times \mu \times \cos \theta + \ell \times \tau_a + d \times \sigma_t \dots (1)$$

$\sigma_t (2.49 \times 10^{-5} \text{kg/cm}^2)$ は引張強度である。滑雪力 ((1) 式左辺) が滑雪抵抗力 (同右辺) より上回った時、本条件では約 29° で滑雪が開始する (Figure 2)。

4-2. 飛距離・飛び出し速度

膜材料 C 種における落雪の飛距離 D について検討した。新雪のモデル雪 1 とざらめ雪のモデル雪 2 の落雪の飛距離 D を式 (2), 式 (3) を用いて計算する (Figure 3)。それぞれの動摩擦係数はモデル雪 1 が 0.355, モデル雪 2 が 0.203 である。

$$D = \frac{V_0 \cos \theta \left(\sqrt{2gh(V_0 \cos \theta)^2 - V_0 \sin \theta} \right)}{g} \dots (2)$$

$$V_0 = \sqrt{2g\ell(\sin \theta - \mu \cos \theta)} \dots (3)$$

Figure 3 よりモデル雪 1 では屋根勾配が 20° の時の飛距離が一番短く、次に短いのは 50° の時である。モデル雪 2 では 50° の時の飛距離が一番短い。

4-3. 飛散距離

飛散距離 L を式 (4), (5) を用いて検討する (Figure 4)。

$$L = 3.4 \ln(P) - 15.4 \dots (4)$$

$$P = 0.5 \times d \times \rho \times \frac{V_0^2}{9.8} \dots (5)$$

飛散距離は屋根勾配が大きくなるにつれて長くなっている。

5. 対策方法

現存している住宅の屋根上で滑雪するような対策を検討する。

一つ目は既存の屋根にその角度のまま膜材料 C 種をかける。一般的な瓦屋根の勾配は 4 寸以上 (21.80° 以上) が必要勾配とされているため、このままの角度の屋根に膜材料 C 種をかけるだけでも滑雪しやすくなると考えられる。

二つ目に角度を調整した膜材料 C 種を屋根にかける。テントのようなもので角度を調整し屋根の上からかけることで屋根の勾配に影響されずに滑雪する。

6. まとめ

屋根雪に関する文献調査を行い滑雪開始条件や飛距離、飛び出し速度、や飛散距離について分析、整理した。今後新たな対策方法に関して研究を進めていく。

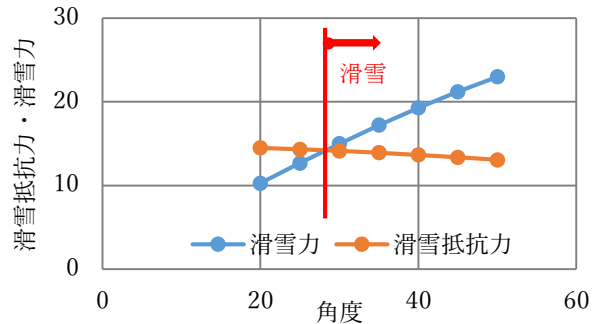


Figure 2. Sliding start condition

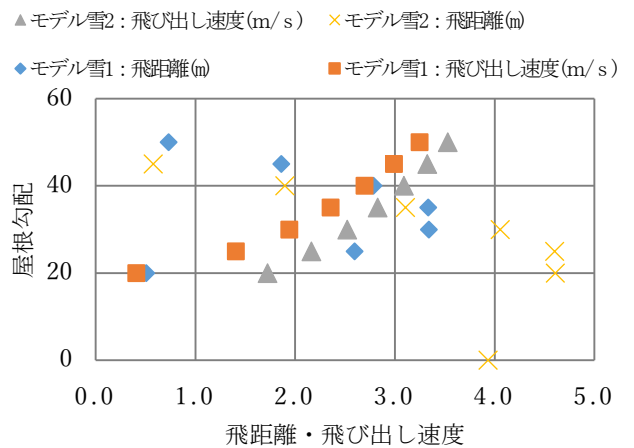


Figure 3. Falling snowflake of model snow 1 and 2

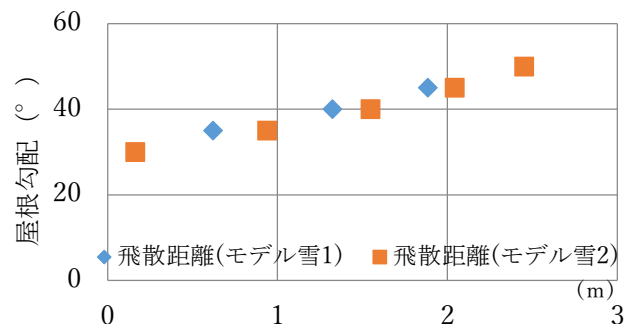


Figure 4. Distribution distance of model snow 1 and 2

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] 伊東敏幸、苔米地司、三橋博三：屋根葺材と屋根雪との凍着性状に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.470，pp.43-51，1995.4.
 [3] 小林敏道、千葉隆弘、苔米地司、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