

屋根からの滑落雪による人身事故対策についての基礎的研究

Basic research on measures against personal injury caused by snow falling from the roof

○高野陽和¹, 熊谷摩利¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³

*Akiyasu Takano¹, Mari Kumagai¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: The most common cause of snow damage is snow removal. Subsequently, a certain number of people are killed every year due to the damage caused by falling snow. Therefore, under condition of sliding snow and no need of snow removal, measures for falling snow are discussed. In an actual accident, the longer the scattering distance can cause damage to pedestrians and adjacent buildings. Therefore, to consider the prevention of accidents and damage by suppressing the scattering distance is needed. Suggestions include adjustment of snowfall amount, control of snowfall timing, and limitation of snowfall space are discussed.

1. はじめに

文献[1]によると、雪害による被害は「雪下ろし、除雪作業中」が原因の死者が最多である。続いて「落雪」による被害も毎年一定数死者も出ている (Figure1)。そのため、降雪をさせ雪下ろしを不要とし、その前提で必須となる落雪後の対策を検討する。実際の事故では飛散距離が伸びることで敷地から落雪が飛び出し、歩行者や隣の建物に被害が及んでいることから、飛散距離を抑え事故や被害の防止について考える。提案として、落雪量の調節、落雪のタイミングの制御、落雪スペースの限定が挙げられる。

上記を踏まえ、落雪対策について提案し実現性を検討する。

2. 雪止め装置による落雪量調節 (提案1)

落雪による被害として、一度に大量の雪が滑り落ちることによって、直撃したり生き埋めとなる事例がある。そのため、落雪量を少量にすることで落雪時の衝撃力を軽減して、被害を抑える方法を検討する。提案1として、ばね蝶番を使用した雪止めを提案する (Figure2)。ばね蝶番の一定の荷重が作用すると倒れる仕組みにより、屋根の下方から順に降雪させることで少量の落雪となる。また、降雪後に荷重がなくなると、雪止めが再度立ち上がる。積雪深が1mになると雪下ろしが必要になると想定して、装置の高さはそれより低くする必要があり、表層雪崩を考慮して500mmと設定する。これらは1m²あたりの雪荷重を負担するものを仮定する (Figure3)。設置方法としては、雪止めが倒れた際に降雪を妨げないように屋根面とのレベル差があまり出ないようにする。ばねの選定にあたりばね定数を式(1)より求める。雪止めの高さは500mm。多雪区域の雪荷重は300kg/m³であるため、雪体積を1m×1m×500mmとすると鉛直下向きの力は1500Nとなる。

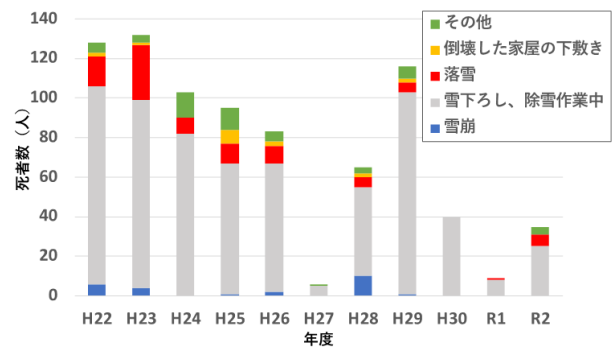


Figure1. Number of deaths due to snow by year^[1]

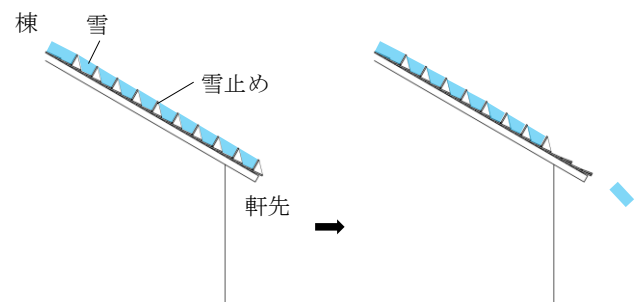


Figure2. Working image of snow stop device

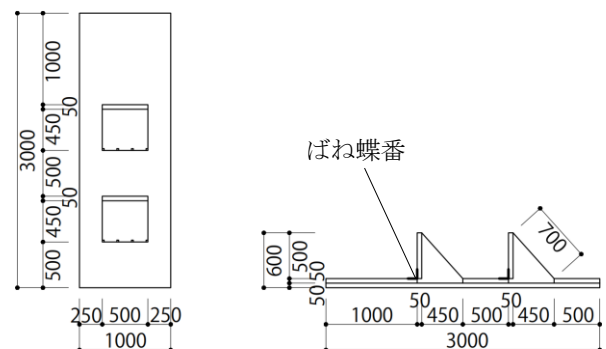


Figure3. Plan view (left) / elevation view (right) of the snow stopper

屋根勾配は一般的な住宅で用いられている 4/10 勾配 ($\theta = 21.8^\circ$) とすると雪止めにかかる荷重 F は 557.1N となる. この荷重が雪止めの中央に集中荷重としてかかり雪止めが 90° 傾くとき (Figure4) の回転剛性 k_r は式(1)より

$$F = kx \quad (1)$$

$$k_r = \frac{M}{\theta} = \frac{557.1 \times 250}{\pi/2} = 88710 \text{ (Nmm/rad)}$$

$k_r=88710 \text{ Nmm/rad}$ のばねを雪止め装置に用いることで, 深さ 500mm の積雪荷重がかかると倒れる.

3. 落雪飛散防止装置 (提案 2)

次に提案 2 として屋根からの落雪の一部を落下途中で受け止める方法を示す. 方法としては, 手前に落ちる雪はそのまま落下させ, 遠くまで飛散する雪は金網フェンスで受け止める. 雪を途中で受け止めることで落下高さを低く抑えることができ, それにより遠くへの飛散を防止することができる (Figure5).

飛散距離は下記の式(2), (3)^[2]を用いて求める. D は飛散距離, V_0 は飛び出し速度, h は落下高さ, θ は屋根の角度, g は重力加速度, L は滑落距離, μ は摩擦係数を表している.

$$D = \frac{V_0 \cos \theta (\sqrt{2gh + (V_0 \sin \theta)^2} - V_0 \sin \theta)}{g} \quad (2)$$

$$V_0 = \sqrt{2gL(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)} \quad (3)$$

落下高さ h は飛散距離を考慮して 2.5m が適していると考えられる. $h=2.5\text{m}$, $\theta = 21.8^\circ$, $h=2.5\text{m}$, $l=5\text{m}$, $\mu = 0.1$, $g=9.8\text{m/s}^2$ として計算すると, 飛散距離は約 2.6m となる. 部材は雪を受け止める部分が金網フェンス, 水平材がワイヤー, 斜材が H 形鋼とする. 金網フェンスの面積を 1m^2 として多雪区域で 1m 積雪するとき, 雪の荷重は 3kN/m^2 . 高さ 2.5m からの落雪の衝撃は約 250kN/m^2 ^[3]. フェンス 1m^2 ごとに落雪を支えるとして, 斜材の角度 45° として計算すると, ワイヤーに 250kN , 鋼材に -354kN が作用する. 鋼材を H-200×200×8×12 とすると, 設計用圧縮応力度は 55.72N/mm^2 , 許容圧縮応力度は 111.6N/mm^2 となるので, 鋼材の検定比は 1.0 以下であると確認した.

4. 落雪飛散距離抑制装置 (提案 3)

最後に提案 3 としてネットを垂らして落雪の飛距離を抑える方法を示す. この方式は落雪を途中でネットに当てることで敷地内に落とすという方法である

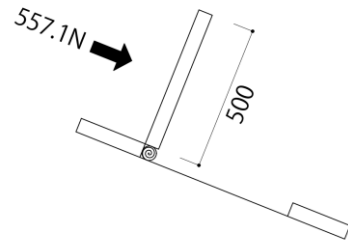


Figure4. Mechanical model of snow stopper

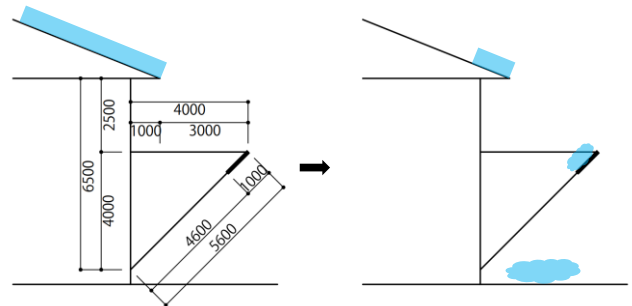


Figure5. Device for preventing falling snow and scattering

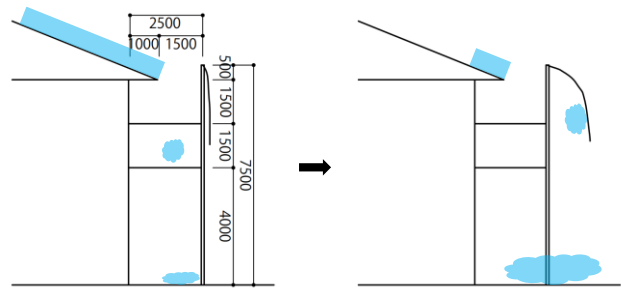


Figure6. Snowfall distance control device

(Figure6). ネットは力を分散しやすい六角ネットを用いたり, 風でなびいて敷地を超えないように下側に鎖をつけるなど検討する必要がある.

5. まとめ及び今後の課題

本研究では, 屋根からの落雪による人的被害を調査し, その防止対策として 3 つの方法を提案した. しかしまだ提案段階であり, さらに検討を進めていく必要がある. 今後の各モデルの検討課題として以下のことが挙げられる.

- 提案 1) 雪止めの位置ごとに最適な許容荷重の検証
- 提案 2) 材料および設置方法の検討
- 提案 3) ネットの許容衝撃荷重の実証

6. 参考文献

- [1] 雪害調査研究委員会: 今冬の積雪と雪害発生状況について(速報), 日本雪工学会誌, pp.46-50, 2021 年 4 月
- [2] 日本建築学会, 雪と建築 p.44, 技報堂出版, 2010 年
- [3] 日本建築学会, 建築物荷重指針・同解説 p.243, 丸善出版, 2015 年