

勾配屋根における膜材を利用した屋根雪制御装置の計画

Planning of roof snow control device using membrane material for sloped roof

○清水陽斗¹, 菊池碧大¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³*Haruto Shimizu¹, Aoto Kikuchi¹, Yuichiro Isinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: We propose a roof snow control method using a device that uses a membrane that can be attached to the roof of an existing house. In the research by Kamimura et al, a simple snow-sliding experiment using simulated snow was conducted, and the effectiveness of snow-sliding was reported. However, issues include verification of snow-sliding performance on a realistic scale, mounting method of the device on the existing roof, and examination of a hot air device that can heat the entire inner surface of the membrane. In this report, we examine materials for verifying snow-sliding performance on a realistic scale.

1. はじめに

平成18年豪雪では全国で152名が犠牲となり、その3/4が除雪作業中の事故であった。問題として、地域の過疎化・高齢化による除雪の担い手の高齢化や、作業者の「不慣れ」、自宅での除雪作業には安全帯の装着の義務が適用されないことが挙げられる。これらには本質的に高いリスクが存在し、さらに法律や制度で規定しにくいために、その対策は容易ではない^[1]。そこで、屋根雪制御方法として勾配のある既存住宅の屋根に取り付けることができる膜材を利用した装置を提案する。上村らの研究^[2]では、模擬雪を使用した簡易滑雪実験により、滑雪の有効性が報告されている。しかし、課題として実大規模における滑雪性能の検証や装置の既存屋根への取り付け方法や、膜内面全体を温めることができる温風装置の検討などが挙げられた。本報では、実大規模での検証を想定した部材の検定を行う。

2. 屋根雪制御装置概要

屋根雪制御装置の概略図をFigure 1に示す。装置は既存屋根の上に雪切りと二重膜パネルを設置し、パネル内に軒先から温風を入れて滑雪を制御するものとする。地上あるいは室内より温風装置を操作して滑雪の制御が可能であれば、屋根に上がることによる雪下ろしは不要となり、事故の対策として期待できる。

装置は屋根上の周囲に沿って設置することを想定し、屋根に対して、下膜、角パイプ、上膜の順によって構成する(Figure 2)。外枠と勾配方向に配置する角パイプは下膜の上に金物を用いて固定し、張力を導入した上膜は角パイプの上面に接合する。また、温風装置は送風管により軒先の角パイプに接続し、角パイプの膜内側に穴をあけることで二重膜内への送風が行われる。なお、軒先から頂部までの中間には勾配方向と直交するような、空気の流れを妨げる方向の部材は設けないものとする。

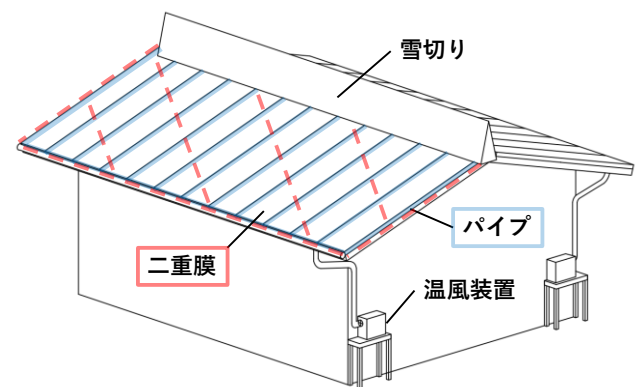


Figure 1. Device to Control the Snow of the Roof

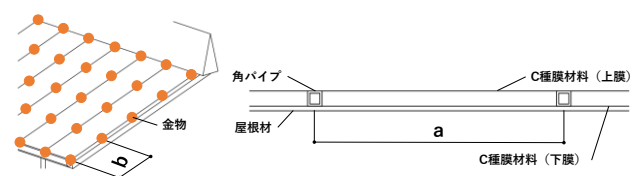


Figure 2. Constitution of the Device

設置する建築物は2階建の住宅を想定し、最高高さ7.56m、屋根勾配11.3度とする^[3]。角パイプの間隔を a 、角パイプを固定する金物の奥行き方向の間隔を b とする。母屋と垂木の位置関係から、 a を0.455mと0.91m、 b を0.91mとし、検討荷重は積雪荷重と風荷重とする。積雪荷重は、対象地域を北海道岩見沢市とし、垂直積雪量160cmより、 $w_s=4.8\text{kN/m}^2$ とする。風荷重は、この装置が屋根ふき材に該当することから、基準風速30m/s、粗度区分IIより、平均速度圧 485N/m^2 、Figure 3より、ピーク風力係数は-4.2となり、風荷重は $w_w=2.0\text{kN/m}^2$ とする。膜材料は、C種のウルトラマックスタイプCを使用する(Table 1)。勾配と直交方向に引張剛性の高いたて糸を使用する。短期許容応力度は、 19.3N/mm^2 となり、単位幅当たりの許容引張力は、 10.6kN/m となる。また、膜の設計用初期張力は 1kN/m とする。

3. 部材検定

前項で設定した条件を用いて積雪荷重時，風荷重時の膜と角パイプの検定を行う．応力算定のモデルをFigure 4に示す．滑雪への影響を考え，膜の変位について式(1)により求める．

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3wL^4}{64E_t}} \tag{1}$$

角パイプの検定では，角パイプに必要な断面係数 req.Z の値から角パイプの大きさを求める．角パイプにかかる等分布荷重 w (スラスト H, 鉛直力 V) による曲げモーメント M_H, M_V を式(2)により求める．このとき，勾配方向に配置する角パイプを連続梁として曲げモーメントを求めるため，支点，中間によって値が異なる．5 スパン連続梁として曲げモーメントを求める場合，最大になる係数の値は -0.105 より，式(2)では安全側を考慮して，0.11 を wL² に乗じる．

$$M_{H,V} = 0.11wL^2 \tag{2}$$

次に，req.Z_H, req.Z_V を式(3)により求める．このとき，角パイプの基準強度として 235N/mm² を用いる．

$$req.Z_{H,V} = \frac{M_{H,V} \times 10^6}{235} \tag{3}$$

req.Z_H と req.Z_V の和が必要な断面係数 req.Z となる．これらの検定結果を Table 2 に示す．a が 0.455m と 0.91m の場合で，それぞれ積雪荷重時，風荷重時の膜と角パイプの検定結果である．膜の検定においては，設計引張力が許容引張力以下であることが確認できた．角パイプの検定においては，a が 0.455m, 0.91m の場合では，それぞれ□-40×40×1.6, □-40×40×2.3 の角パイプを使用できることが分かった．

4. まとめ

本研究では，角パイプや金物の配置から一つの骨組を仮定し，骨組にかかる積雪荷重時，風荷重時の膜と角パイプの検定を行った．a が 0.455m と 0.91m の場合では，ウルトラマックスタイプ C を膜材料として使用できることが確認できた．今後は，既存住宅屋根への取り付け方法，角パイプに温風を吹き込んだ時に膜内面全体を温める方法について検討していく必要がある．これらの検討を行い，実大規模での検証を行うための屋根雪制御装置の提案をする予定である．

部位 \ θ	10度以下	20度	11.3度
の部位	-2.5	-2.5	-2.5
の部位	-3.2	-3.2	-3.2
の部位	-4.3	-3.2	-4.2
の部位	-3.2	-5.4	-3.5

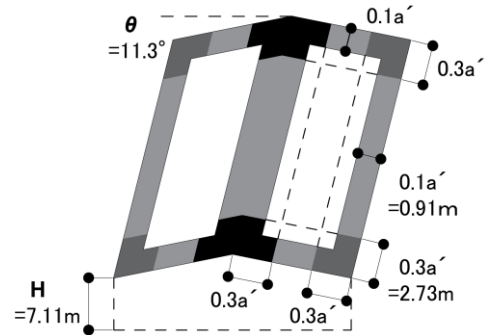


Figure 3. Negative Peak External Pressure Coefficient

Table 1. Material Constant

膜材料	品番	厚さt(mm)	基準強度F _m (N/cm)		引張剛性E _t (kN/m)	
			たて	よこ	たて	よこ
C種	ウルトラマックスタイプC	0.55	425	359	285	163

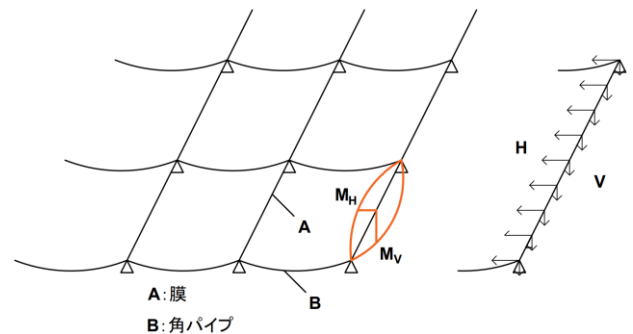


Figure 4. Structural Model

Table 2. Calculation Result

	a : 0.455m		a : 0.91m	
	積雪荷重	風荷重	積雪荷重	風荷重
変位 : δ (cm)	3.2	2.4	8.1	6.1
設計引張力 : T(kN/m)	4.99	3.20	7.47	4.53
許容引張力 : F _t (kN/m)	10.6			
検定 T/F _t ≤ 1.0	0.47 < 1.0 OK	0.30 < 1.0 OK	0.70 < 1.0 OK	0.43 < 1.0 OK
断面係数 : req.Z(cm ³)	2.35	1.44	3.66	2.12
角パイプの断面	□-40×40×1.6	□-40×40×1.6	□-40×40×2.3	□-40×40×1.6

6. 参考文献

- [1]日本建築学会：雪と建築，技報堂出版，2010
- [2]上村聖，森田駿平，石鍋雄一郎，中島肇：勾配屋根における膜材を利用した屋根雪制御方法に関する実験的研究，日本大学理工学部学術講演会，2020.12
- [3]日本建築学会：構造用教材，2014